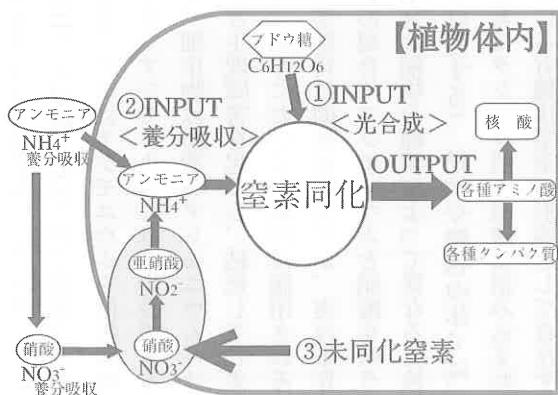
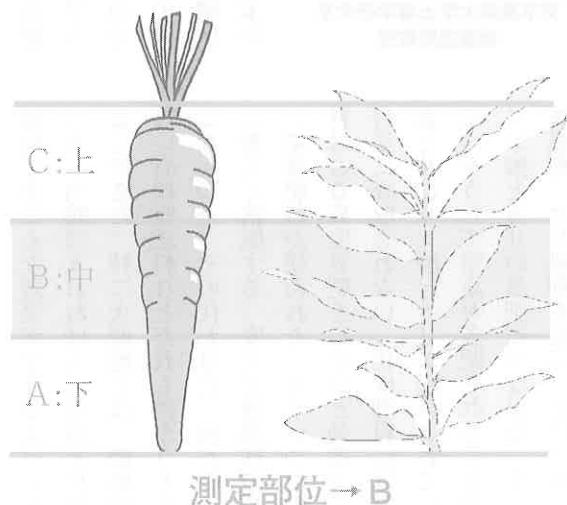
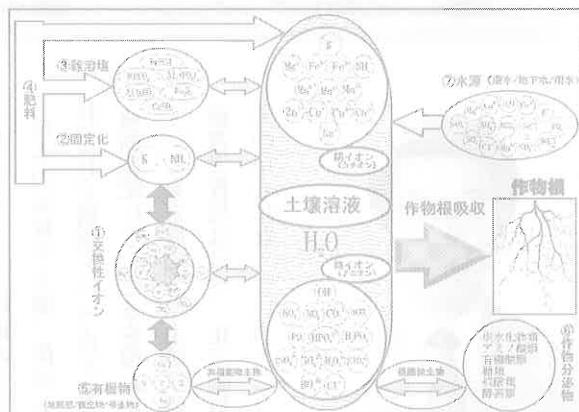


特集 「過剰施肥」 脱却のススメ

耕法の基本的な考え方である。どちらも植物の健康と最大の生産を目指していることには変わりはないが、前者は「不足」を克服するための、後者は「過剰」を克服するための時代の知恵である。

現代日本の農業は、明確に「過剰」の時代にある。「何を増やすか」ではなく、「何を減らすか」と考える」とよって、植物の健康と最大の生産が可能となる時代なのだ。

現 日本の農業は、明確に「過剰」の時代にある。「何を増やすか」ではなく、「何を減らすか」と考える」とによつて、植物の健康と最大の生産が可能となる時代なのだ。



土壤病害・生理障害の源流

生理障害が表れたら、要素欠乏。過剰だけでなく、その根本的原因を聞え！



東京農業大学土壤学研究室
後藤逸男教授

料が簡単に手に入るようになつて、日本の農業は「過剰施肥」による障害の時代を迎えていたこと、日本の過剰施肥が指摘されたのは昭和50年代ごろからであり、農業の歴史から考えるとごく最近のことである。「日本の気候や土壤、使用してきた肥料、社会情勢という点から考えると、過剰施肥にならざるを得なかつたのです」と東京農業大学土壤学研究室の藤逸男教授は言う。化学肥料が施肥体

野菜に吸収されない。化成肥料には窒素と共にリン酸とカリが配合されている。そうして窒素が多肥されることで、リン酸とカリの多肥につながり、リン酸過剰、カリ過剰も起こつていった。

アンモニアムから硝酸へ —硝化菌の働き

植物が吸収する窒素形態は、一部特殊なケースを除いて、アンモニウム (NH_4^+) か硝酸 (NO_3^-) の2形態のみである。イネはアンモニウムを直接吸収でき、アンモニウムのみで生長できるが、畑作物は窒素がアンモニウムだけだと生理障害を起こし、枯死してしまった。畑作において一般的に施用される化学肥料は硝酸態窒素だが、実は畑作物の場合、アンモニウムと硝酸を吸う割合は植物の種類によつて異なる（後述する）。植物や動物の体では、窒素はタンパク質や核酸に組み込まれている有機体窒素の形態として存在す

本誌が何度も取り上げている「施肥過剰」による富栄養化の問題は、多くの場合、各農業経営者の経営観に端を発している。「入れる」ことで「作がよくなる」という観念は、「入れれる」ものが少なく、高価で手に入らなかつた、言わば、飢えている時代の観念である。高度経済成長の後、日本が飽食時代を迎えると同じように、化成肥料が簡単に手に入るようになつて、日本の農業は「過剰施肥」による障害の

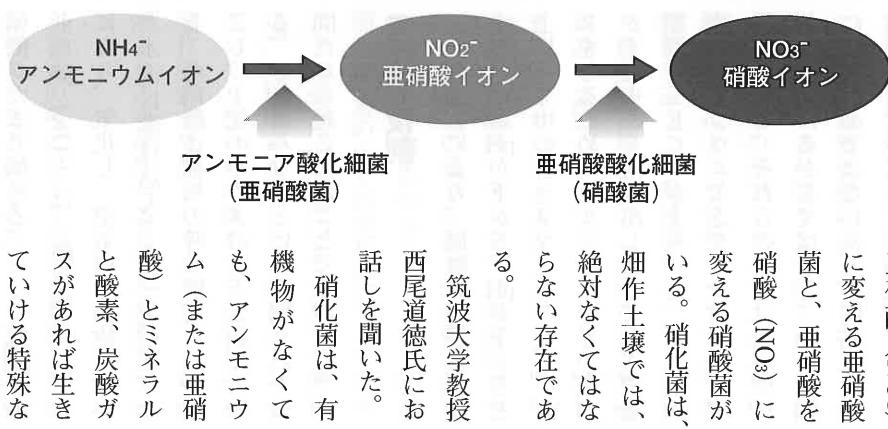
土は保肥力が小さく、気候的に雨が多い。そういったことが過剰施肥になる。背景としてあつた。

日本の土壤は、酸性が強く、石灰苦土カリが少ない。ECも小さい。リン酸が効かない。そういった生産性の低い土である。現在集約性の高い大産地と呼ばれているところの多くは、元々開拓地であつた。開拓地は、非常に瘦せている土地であるからこそ原野として昭和の時代まで残っていたと言える。そこが開墾され、土壤改良され、昭和30、40年代に野菜产地へと変貌を遂げた。そういう開墾地では、昭和20～25年頃に大規模な土壤改良が行わ

過剰施肥と言うと化成肥料のみが檜
玉に上がることが多いが、家畜糞堆肥
の過剰施用も同様の問題を起させてい
る。地域によつては、過剰施肥の第一
の原因が家畜糞堆肥にあるというこ
うもある。

そんな背景を背負つて日本の畑の土
壤は「過剰」の時代を迎えることとな
つた。この「入れればできる」という
固定概念が生産者たちの頭にこびりつ
き、それが場合によつては2代目、3
代目に引き継がれて今に至つてゐる。
この固定概念のことと後藤教授は「土
作り神話」と呼んでいた。

「過剰施肥」脱却のススメ



アンモニア酸化細菌（亜硝酸菌）
アンモニウムイオン
→
亜硝酸イオン
→
硝酸イオン
アンモニア酸化細菌（亜硝酸菌）
亜硝酸化細菌（硝酸菌）
硝酸 (NO_3^-)

亜硝酸化細菌（硝酸菌）
硝酸 (NO_3^-)

亜硝酸 (NO_2^-)
に変える亜硝酸
菌と、亜硝酸を
変える硝酸菌が
いる。硝酸菌は、
絶対なくてはな
らない存在であ
る。

筑波大学教授
西尾道徳氏にお
話しを聞いた。
硝化菌は、有
機物がなくて
も、アンモニウ
ム（または亜硝
酸）とミネラル
と酸素、炭酸ガ
スがあれば生き
ていける特殊な
菌と共に苗を摂取する方法が考えられ
ているように見える。しかし過剰施

の何倍もの時間がかかる。つまり、土壤消毒をかけなければほぼ全滅してしまう硝化菌の増殖を当てにしていたのは、まず作物栽培は間に合わないだろうとのことである。

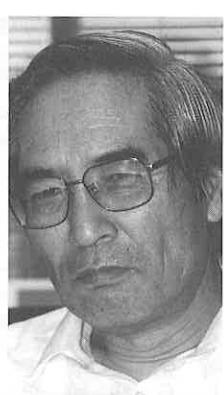
最近は、ビニールフィルムを張つて土壤消毒をした後、他の汚染土壤から病原菌が飛来してくるのを防ぐためにビニールを張つたままにしているケースが多い。その場合、新たな採取源がないので、硝化菌の回復は望めない。

土壤消毒をした後堆肥を入れれば、堆肥には多くの硝化菌が存在するので回復が望めるが、ビニールを張つたままで堆肥が入れられないでの、後は、苗床の床土に堆肥をたっぷり混ぜて硝化菌がたくさんいる苗床を作り、硝化菌と共に苗を摂取する方法が考えられていける。

（尚、本誌執筆者の関祐二氏によ

る。一部特殊なケースでそれら有機体窒素が直接植物によつて吸わることがある。そうだが、一般には、それら有機体窒素が微生物によつて無機化され、それを植物が吸収している。

土壤微生物によつて、有機体窒素はまずアンモニウムに変えられる。次に、アンモニウムは2つの硝化菌（硝化成菌）によつて硝酸に変化する。硝化菌には2種類あつて、アンモニウムを



筑波大学
西尾道徳教授

ると、土壤消毒をすると硝化菌が働かないでアンモニアが硝酸へと移行しない。スタート時には硝酸を足す必要があるとのこと。）

硝化菌の生育条件は、好気性細菌なので通気性がよいこと、適度な水分があること、pHが中性に近いこと、エサとなるアンモニウムがあることなどである。物理性のよい土壤であれば化学肥料だけでもよいが、一般的には化学肥料だと土壤が酸性に傾きやすくなる。すると硝化菌の働きは抑制される。土壤中に腐植物質が多い場合、腐植物質は通気性や保水性を土壤に与えると共に、陽イオン交換容量が高いので、土壤を一気に酸性に傾けないという効果があり、硝化菌の生息環境として適している。

亜硝酸態窒素の植物における被害

1962年、高知県南国市周辺のハウスで、土壤から発生する亜硝酸ガス

によって、ハウス内の野菜が一夜にして枯れてしまうという激しい生育障害が発生した。

土壤中では、亜硝酸菌と硝酸菌はどちらで存在しており、同じような土壤条件で生存している。だから、見かけ上アンモニアが直接硝酸に移行しているように見える。しかし過剰施

肥によつて、亜硝酸が硝酸に移行せず、植物に甚大な被害を与えるというケースがある。そこには2つのメカニズムが関係している。

その一つ、土壤に過剰な尿素が施用されると、土壤pHが上昇してアルカリ性になる。アンモニウム (NH_4^+) はアンモニア (NH_3) と平衡状態 ($\text{NH}_4^+ \leftrightarrow \text{NH}_3$) にあるが、この平衡状態はpHが高いとアンモニアの方に傾き、土壤中にアンモニアの量が多くなる。アンモニアは生物の体内に非常に入りやすく、また、押し並べて生物にとつては有毒である。そのアンモニアに対する抵抗力がある。そのアンモニアと硝酸菌とでは違い、硝酸菌の方が抵抗力が弱く先にへばる。すると土中に存在するアンモニウム (NH_4^+) は亜硝酸にはなるが、その先にいかなくなってしまう。それで亜硝酸が土中にたまることになる。これは汚水処理場の水でよく起こることだそうだ。しかし、アルカリが強いと氣化するのはアンモニアで亜硝酸は氣化しない。

もう一つは、尿素の施肥によつてアンモニウムが生成し、土壤は一端アルカリ性に傾き亜硝酸が土中にたまる、その後、アンモニウム (NH_4^+) が亜硝酸 (NO_2^-) に変わつていくに従つて、土壤pHがどんどん下がつて酸性が強くなっていく。すると今度は、硝酸菌は亜硝酸菌に比べ酸性に弱いので再び亜

最近は、ビニールフィルムを張つて土壤消毒をした後、他の汚染土壤から病原菌が飛来してくるのを防ぐためにビニールを張つたままにしているケースが多い。その場合、新たな採取源がないので、硝化菌の回復は望めない。

土壤消毒をした後堆肥を入れれば、堆肥には多くの硝化菌が存在するので回復が望めるが、ビニールを張つたままで堆肥が入れないので、後は、苗床の床土に堆肥をたっぷり混ぜて硝化菌がたくさんいる苗床を作り、硝化菌と共に苗を摂取する方法が考えられていける。

（尚、本誌執筆者の関祐二氏によ

る。一部特殊なケースでそれら有機体窒素が直接植物によつて吸わることがある。そうだが、一般には、それら有機体窒素が微生物によつて無機化され、それを植物が吸収している。

土壤微生物によつて、有機体窒素はまずアンモニウムに変えられる。次に、アンモニウムは2つの硝化菌（硝化成菌）によつて硝酸に変化する。硝化菌には2種類あつて、アンモニウムを

硝酸がたまり始める。そして低pHでは亜硝酸(NO_2)は一酸化窒素(NO)になり、気化し、空気中や植物についた水滴に溶け込んで再び亜硝酸となる。亜硝酸は植物の呼吸障害を引き起こし、上記のハウスのような結果となる。これはハウスという密閉された空間だから起つたことでもある。

腐植の役割

窒素過剰により、硝酸が土壤に蓄積すると土壤pHが下がる。pHが下がると土壤水中のプラスマイナスにバランスをとるために、カルシウムなどの塩類が土壤中から溶け出してきて土壤の塩類濃度(EC)が上昇する。これが植物のカルシウム欠乏やホウ素欠乏と関係している、それらの欠乏は土壤中に欠乏しているからではなく、硝酸過剰によるものではないかと、関祐二氏は指摘する。つまり、葉面散布でカルシウムやホウ素を供給するというのは、一時的な解決にはなるが、根本的な問題の解決ではないということだ。

実は土壤中の腐植の存在は、この点からも重要な役割を担っている。腐植物質は圧倒的にマイナス電荷を多く持つため、塩類を抱きかかえることがでできる。植物が腐熟し堆肥化されいく過程では、まず最初に低分子のアミ

ノ酸や糖類が分解される。この過程でピシウムという菌が増殖し、作物にとって有害な物質を生産する。堆肥場を圃場から遠ざけているのも、経験的にそういうことが知られてきたからであろう。堆肥は、低分子化合物が分解されつくされ、このピシウム菌が増殖しなくなつたところで圃場に投入されるのが一般的である。土壤中では、次に高分子化合物であり、微生物にとつては難分解性のヘミセルロース、セルロース、リグニンといった物質が時間をかけて分解されていく。微生物にとっては最も難分解性のリグニンがマインス電荷を多く持ち、土壤pHの安定化に貢献している。

作物生産に寄与するのは飢餓状態の微生物

「皆さん信用してくれないんだけれど、微生物が活発に増殖をしていたら、それは植物にとってどんな敵になるのです。菌が右肩上がりで増殖しているような土は、作物生産にとって不適なのです」と西尾教授は強調する。

栽培ではダイレクトに計測できる。これらはそこから見出された結果である。

露地では、一般に硝酸が窒素施肥の基本となる。それは、まず畑にある有機物が分解されてアンモニウムが出てくるため、それでかなりのアンモニウムは補えるからだ。更に、ネギなどのアンモニウムを多く要求する植物では、リン安系の化成や尿素系の化成をしてくれる。飢餓状態だからこそ、いづれもスタンバイの状態にあるのである。そこで繁殖する菌は一時的に粘質の糖類を分泌し土壤の团粒化も見られる。しかし、それらの糖類が分解しつつ、菌は一時に非常な勢いで増殖する。また、腐植によってできた团粒構造は難分解性であるから長持ちし、土壤の物理性に貢献する。

植物によつて異なる窒素の吸収形態

植物が吸収する窒素形態には、アンモニウム(NH_4^+)と硝酸(NO_3^-)の2形態あり、それぞれの吸収量は植物によつて異なることは先述した。

たとえば、ホウレンソウは100%硝酸の形態で窒素を吸収し、ネギは50%を硝酸の形態で吸収する。一般的には、レタスやトマトなどのように70%前後を硝酸の形態で吸収するものが多い。花卉では、ガーベラのような菊科の植物にはある程度のアンモニウムが必要だということだ。

アンモニウムと硝酸の比率は、水耕栽培ではダイレクトに計測できる。これらはそこから見出された結果である。

畑に有機物を施用しておらず、硝酸化成だけを施用している場合、トマトやナスなどでもアンモニア不足が起こつて、樹勢が弱るといったことが起こり得る。

「過剰施肥」脱却のススメ

機物も入っている。始めに硝酸が吸わ
れ、次にアンモニアが硝酸に変えられ、
有機物から徐々にアンモニア、硝酸が
供給されるという仕組みになつてい
る。

育苗培土にはアンモニア・硝酸が
7~3ぐらいの割合で入れてあり、有
機物も入っている。始めに硝酸が吸わ
れ、次にアンモニアが硝酸に変えられ、
有機物から徐々にアンモニア、硝酸が
供給されるという仕組みになつてい
る。

冷害の年にはイネのいもち病が発生
しやすくなるが、そのとき、窒素の施
行量が多いほどいもち病が発生しやす
くなることが知られている。イネは代
表的なケイ酸植物であるが、窒素が多
いと細胞膜が薄くなり、細胞のケイ酸
含量が低くなる。そして細胞が柔らか
くなり、いもち菌が侵入しやすくなる
のだそうだ。

リン酸とカリ過剰

西尾道徳教授著の『有機栽培の基礎
知識』（農文協）によると、わが国で
もフザリウムによるダイコン萎黄病、
トマト萎凋病、キュウリの割病がア
ンモニウムの過多によって激化されて
いるという報告があるそうだ（表参
照）。著書の中で西尾教授は、「アンモ
ニア態窒素の多肥による病害の激化
は、土壤消毒を行うと、消毒によつて
アンモニウムを硝酸イオンに酸化する
硝化細菌が死滅しやすいため、一層強
調される可能性がある」と指摘してい
る。

窒素の過剰施肥によつて、病気が激
化するケースが様々な作物である。こ
れも過剰なアンモニウムなのか硝
酸なのかによつて発生しやすい病気の
種類が違う（表参照）。

西尾道徳教授著の『有機栽培の基礎
知識』（農文協）によると、わが国で
もフザリウムによるダイコン萎黄病、
トマト萎凋病、キュウリの割病がア
ンモニウムの過多によって激化されて
いるという報告があるそうだ（表参
照）。著書の中で西尾教授は、「アンモ
ニア態窒素の多肥による病害の激化
は、土壤消毒を行うと、消毒によつて
アンモニウムを硝酸イオンに酸化する
硝化細菌が死滅しやすいため、一層強
調される可能性がある」と指摘してい
る。

過剰窒素の形態によつて異なる 病原菌の発生

窒素の過剰施肥によつて、病気が激
化するケースが様々な作物である。こ
れも過剰なアンモニウムなのか硝
酸なのかによつて発生しやすい病気の
種類が違う（表参照）。

西尾道徳教授著の『有機栽培の基礎
知識』（農文協）によると、わが国で
もフザリウムによるダイコン萎黄病、
トマト萎凋病、キュウリの割病がア
ンモニウムの過多によって激化されて
いるという報告があるそうだ（表参
照）。著書の中で西尾教授は、「アンモ
ニア態窒素の多肥による病害の激化
は、土壤消毒を行うと、消毒によつて
アンモニウムを硝酸イオンに酸化する
硝化細菌が死滅しやすいため、一層強
調される可能性がある」と指摘してい
る。

7~3ぐらいの割合で入れてあり、有
機物も入っている。始めに硝酸が吸わ
れ、次にアンモニアが硝酸に変えられ、
有機物から徐々にアンモニア、硝酸が
供給されるという仕組みになつてい
る。

る。

施肥窒素の形態と発生病害の関係（「有機栽培の基礎知識」より）

病害/窒素形態	NH ₄ ⁻ Nで激化 (NO ₃ ⁻ Nで激減)	NO ₃ ⁻ Nで激化 (NH ₄ ⁻ Nで激減)
柔組織病 (表皮細胞の下の皮膚などの柔らかな組織の細胞を壊死させる)	フザリウム、リゾクトニア、アフェノミセス、セルコスボレラ（アブラナ科野菜白斑病菌など）、ナラタケ病菌など	コムギ立枯病菌、ビシウムストレプトミセスなど
導管病 (菌が導管の中で繁殖して水の上昇を抜げて地上部を萎れさせる)	フザリウム	パーティシリウム、フィアロフォラ（ダイズ落葉病など）、細菌（シュードモナス、コリネバクテリウムなど）

* NH₄⁻N : アンモニア態窒素、NO₃⁻N : 硝酸態窒素

た肥料を入れることで起きていく。
施肥されたリン酸は土壤から流れる
ことなく蓄積していく。しかし、リン
酸過剰の弊害というのは、実はなかなか
か見えてこなかつた。東京農業大学の
後藤教授によると、リン酸が過剰にな
ると鉄、亜鉛といった微量元素欠乏が
生じることは昔から知っていたそう
だ。最近はマグネシウム欠乏も生じる
と言われている。しかし、これがなか
なか見えてこなかつた。亜鉛欠乏など
は、ボルドー液の散布で自然に葉面散
布され欠乏の症状が現れてこなかつ
た。しかし現在は、窒素過剰同様、リ
ン酸過剰によつて土壤病害の発生が助
長されることが知られている。リン酸
が過剰になると、アブラナ科の根ごぶ
病やジャガイモのそらか病が助長され
る。

カリウム過剰で最も問題となるのは、カリはマグネシウムと拮抗するので、マグネシウム欠乏を起こしやすいことである。カリウムは一般的には土壤から溶脱しやすいと言われてきたが、最近ではそれほど溶脱せずに土壤に蓄積するといつことが分かつてきただ。

窒素は2~3年で溶脱する（地力窒
素は5年ぐらいもつ）が、一端土壤に
蓄積されたカリは10年、リン酸はもつ
と長く土壤に残つていて。一端過剰に
なつてしまつた土壤を回復することが

いかに難しいかが分かる。

土壤診断と土壤養液診断

しかしそれでも、過剰施肥の根本的
な解決策は、肥料を入れ過ぎないとい
うことにつきる。そしてそのための目
安として、土壤診断がある。現在の自
分の圃場がどういう状態にあるのか分
からなければ、今後どうしていけばよ
いのかも分からぬのは当然のことであ
る。

農協などで行つてゐる土壤診断をど
う活用したらよいか後藤教授に聞いた
ところ、土壤診断表の最後に、これこ
れをこれくらい入れなさいというとこ
ろは信用するな。信用せずに自分で判
斷して欲しい、計算は難しいものでは
ない、と強く言つていた。今の土壤診
断表は、例えば有効態リン酸が○○
mg/100gと書かれている（100
gの土の中に○○mgの成分が入つてい
る）。それをそのまま○○kg/10aと
読みかえればよい。リン酸が10mg残っ
ているのであれば、10a当たり10kg土
中に残つてゐる。元肥に20kg入れてい
るのであれば、10kg残つてゐるのだから
今回入れるのは10kgでよい。そうや
つて読んでもらえば、施肥は減らして
いいける。後藤教授は、「私はいつも、
施設栽培を経営している人には、土壤
診断をやらないんだつたら、農家をや

めろと言っています。それくらい土壤診断は大切なものです。」と言つていった。

また、「土壤分析とは元来大雑把なものであり、例えば窒素が5・6あると出でいれば、6ぐらいあるなど考えて見て欲しい。精密に診断してもらうことではなく、大雑把でもよいから多いか少ないかが判断できるようになつて欲しい」とも言つていた。

微量元素については話は別で、専門の分析機関でないとまともな値はでないと考えてよい。微量元素を計ることは必要だが、それは、微量元素が自分の圃場には足りているということを確認して欲しいからである。ほとんどの場合、微量元素が圃場に足りないということではなく、本当にたまにホウ素欠乏があるくらいだそうだ。開墾したばかりの土地では微量元素欠乏が起こることがあるが、10年20年使つてある畑で出ることはまずないそうだ。つまり、微量元素欠乏の多くが、施肥過剰によつて起こっているということでもある。

関祐二氏も、土壤診断の診断結果を自分で判断することの重要性を指摘す

る。ただ減らせと言つても、吸収率の悪い土壤で施肥量を減らしたら吸収量が下がる。吸収量が必要量より少なかつたら作物は育たない。そうなれば闇

雲には減らせない。10kgが必要量で、50kg入れないと10kgを吸収してくれないところで、25kgに減らしたのでは作はれないと。まず必要量に対しても、なぜそれだけ入れなければ駄目なのかと考えて欲しい。それは個々の圃場によって、作柄によって違う。土壤診断を通じてそれを考えて欲しいと関氏は指摘していた。

ただ土壤診断表を数字ではじくだけではなく、現場に密着した土壤を専門とした人材が育成されてこなかつたことが、日本の畑の土壤がこれほどまでになってしまった原因の大きな要素であることは、後藤教授、関氏共に指摘していた。後藤教授によると、土壤は農業ではなく、農業化学の分野に入る。普及員の採用は農業の分野で行われ、試験科目が全くことなつてしまふそうだ。だから土壤を専門とする普及員と会うことはほとんどない。であれば、ますます農業経営者一人一人が自分の圃場の診断結果を自分で判断することの重要性が高くなる。

土壤養液簡易診断の現状と課題

灌水をコントロールし、作物が要求する肥料成分を必要量だけ水に溶かし、土壤に点滴していく養液土耕では、特に窒素の動向がリアルタイムに把握できる必要がある。窒素の動向は日変

化をする。そういう肥料分の動向は、乾土法では計れない。そこでその時に作物が吸収している土壤養液中の肥料

分を確認する養液診断を使用することになる。簡易養液診断の現状とこれから

の課題について関祐二氏に解説してもらつた。

窒素動向という点では、上記のよう

にアンモニウムと硝酸の比率が重要であることが分かつてきている。硝酸濃度の測定は、本誌でも何回も取り上げている大起理化工業(株)の製品のよう

に、従来から十分な技術手段があつたが、アンモニウムの定量については実用的段階にはなかつた。

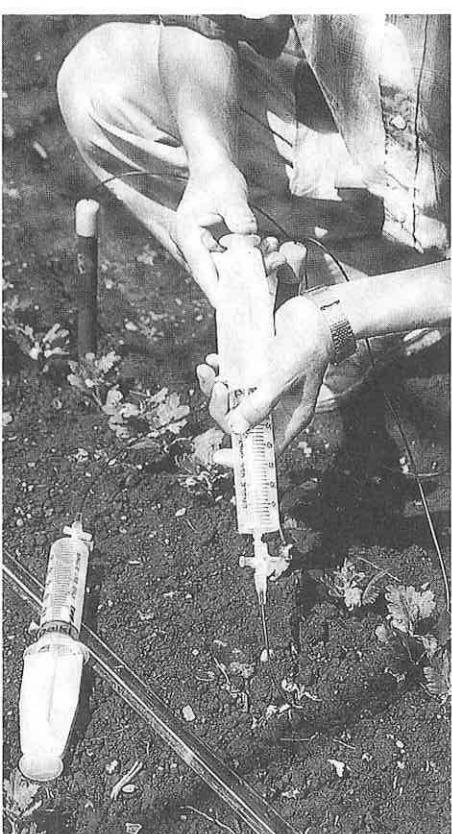
リン酸の定量において、乾土法では超過剰、適正の二つの圃場を養液診断で比べてもそれほどの違いが現れてこない。リン酸はリン酸カルシウムといふが、アンモニウムはカルシウムといふが、農業的にはそれほど気にしなくてよいとのことである。

現在、養液で簡易診断ができるのはpH、EC、硝酸、カリ、ナトリウムで

ある。これから土壤養液診断で必要とされるのは、アンモニウム、カルシウムでも出てくる。妨害イオンなどもあるが、農業的にはそれほど気にしない

でき（土壤中でリン酸イオンとカルシウムイオンになつて）、リン酸が鉄やアルミニウムと結合しているときは吸収できないと一般的には言われている。乾土法ではその理論に基づきトローリング法によつてリン酸カルシウムを調べてリン酸値を導き出している。しかし乾土法では、実際に植物によつてどれくらいリン酸が吸収されているかの実態がつかめない。養液にはリン酸の溶解度が低くそれが出てこない。これを詰めないといけない。

カリ過剰の場合、乾土法に準じて養液でも出てくる。妨害イオンなどもあるが、農業的にはそれほど気にしなくてよいとのことである。



大起理化工業(株)の「ミズトル (FAX情報番号0703)」使用による土壤養液の採取

「過剰施肥」脱却のススメ

ム、マグネシウム、ホウ素などである。ム、カルチャライザミニは、本体にセンサーカードを刺しこみ、センサーカードに土壤養液を注入するだけでpH、

測定項目(測定原理)	センサー	
	201	202
pH 電極法: 2.0~10.0	○	○
K ⁺ 電極法: 0.5~10.0mmol/L: 20~400ppm	○	○
Ca ₂₊ 電極法: 0.2~10.0mmol/L: 8~400ppm	○	
Mg ₂₊ 電極法: 0.2~5.0mmol/L: 5~120ppm	○	
H ₂ PO ₄ ⁻ 電極法: 0.5~5.0mmol/L: 50~500ppm		○
NO ₄ ⁺ 電極法: 0.5~5.0mmol/L: 9~90ppm		○
NO ₃ ⁻ 電極法: 4.0~20.0mmol/L: 250~1250ppm		○
EC 電気伝導度測定法: 1~1000mS/cm	○	○

(株)テクノメディカの養液測定装置「カルチャライザミニ」(右)と測定項目(左)



EC、カリ、カルシウム、リン酸、硝酸、アンモニウムが計測できる。298,000円とやや高価ではあるが、農業の現場でも使えるお勧めの商品である。

これからは、もつと土壤水分が少なくとも土壤養液が採取できるようになる必要があることを関氏は指摘していく。

様々な過剰施肥対策

まず最大の過剰施肥対策は、土壤診断をして必要量のみを入れて行くとい

うことなどを念頭にいれながら、過剰施肥対策としてどんなことが行われているのか検討する。

① 単肥の利用

最も確実かつ有効な対策。リン酸やカリは過剰になつており入れる必要がないのであるから、窒素単肥を施用するのが最もよい。窒素だけを与えるには尿素が最も優れている、と関氏は指摘する。硫安は土壤pHを下げることがあるが、尿素は中性で土を荒らさない。ただし、窒素成分が46%と高いので使い方に気を付けてください。尿素をウレアホルムなどでコーティングし緩行性にしているものもある。本来であれば液肥栽培ほど単肥を適用すればよいのであるが、混合のものが未だに使われている。



東京農業大学土壤学研究室が開発した「生ごみ肥料」

【使い方】

露地やハウスの野菜栽培に使用できる。標準施用量は10aあたり500~1,000kg(500kgで窒素20kg、リン酸7kg、カリウム3kgが施用される)。

【施用上の注意点】

- ① 園場に施用後、できるだけ早く混和すること。
- ② 施用して約1週間以降に播種や定植を行うこと。
- ③ 追肥としては利用しないこと。

② 家畜糞、生ごみ、汚泥の「肥料化」

従来、家畜糞は堆肥として、10a当たり何百kgも何tも土壤に入れられ過剰施肥の原因となってきた。これからは家畜糞、生ごみ、汚泥といったものは「堆肥」ではなく、「肥料」として使う考え方を定着させていきたい、と

後藤教授は語る。同研究室では、生ごみから作った肥料を開発した(窒素4%、リン酸1%、カリ1%)。これ

であれば緩行性もあり急激な溶脱も起きず環境に配慮したものになる。

③ 硝酸化抑制剤の利用

亜硝酸菌に働きかけ、アンモニウムが亜硝酸に変化するのを抑制する資材。AM(2-アミノ-4-クロロ-

6-メチルピリミジン)、STK(2-クリーニングクロップ)は窒素成分の持ち出しと共に、除塩の方法として効果的である。次頁の表のように、窒素やカリが過剰となつている施設土壤などではトウモロコシやソルゴーが適しており、カルシウム過剰の場合、大豆などの豆科の植物が適している。ただし、窒素以外の除塩効果を狙つた場合は、それを土壤に鋤き込んで塩類がまた土壤に還元されるだけなので、園場外へ持つていく必要がある(問い合わせは雪印種苗株、カネコ種苗株まで)。

④ 雨滴によつて施設内土壤に蓄積した硝酸濃度を低下する

最も簡単な方法は、被覆資材を取り、施設内土壤を雨ざらしにして水を多量に入れることがある。ハウスが移動式になつていて土壤が雨ざらしになるシステムもある。

⑤ 緑肥(クリーニングクロップ)の利用

クリーニングクロップは窒素成分の持ち出しと共に、除塩の方法として効果的である。次頁の表のように、窒素やカリが過剰となつている施設土壤などではトウモロコシやソルゴーが適しており、カルシウム過剰の場合、大豆などの豆科の植物が適している。ただし、窒素以外の除塩効果を狙つた場合は、それを土壤に鋤き込んで塩類がまた土壤に還元されるだけなので、園場外へ持つていく必要がある(問い合わせは雪印種苗株、カネコ種苗株まで)。

⑥ 热湯土壤消毒機による施設内土壤からの過剰窒素の流出

フルタエンヌ(株)の川口氏から頼った資料によると、熱湯土壤消毒を掛けることによって土壤中の硝酸態窒素濃

A S U (1-アミヂノ-2-デオ尿素、ATC尿素(4-アミノ-1、2、4-トリアルギール塩酸塩))などが肥料に加えられ市販されている。

主な土壤伝染性病原菌の繁殖器官と耐久体（「有機栽培の基礎知識」より）

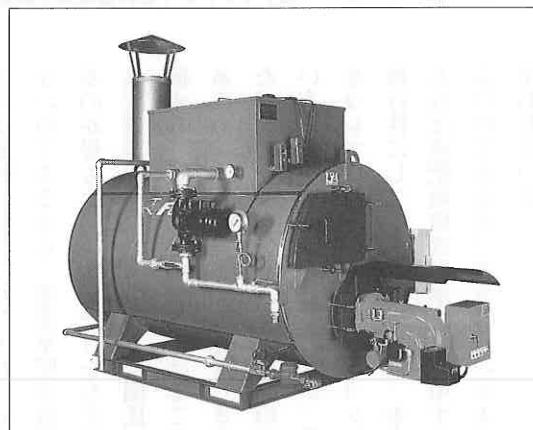
病原菌	繁殖期間	耐久体	
		器官名	生存期間
アブラナ科のねこぶ病菌	変形体、アメーバ	休眠胞子	5~6年（10年以内）
ビシウム菌	遊走子のう遊走子、菌糸	卵胞子（被のう胞子）	2~3年（12年）
アファノマイセス菌	同上	同上	2~3年（10年）
疫病菌	同上	卵胞子、厚膜胞子	2~3年
白絹病菌	担孢子、菌糸	菌核	1ヶ月以上~5年
紫紋羽病菌	同上	菌核・菌糸束	4~7年
リゾクトニア菌	同上	菌核・厚膜化細胞	2~3年（乾燥土±6年）
バーティシリウム菌	分生胞子、菌糸	菌核	12年
フザリウム菌	小型・大型分生胞子、菌糸	厚膜胞子	4~5年（11年）

注：生存期間の（ ）内は、室内保存で生存期間がもっとも長かった試験例

クリーニングクロップの集積性塩類吸収特性（kg/10a,推定）

作物名	生収量* t/10a	N	P	K	Ca	Mg	Cl
トウモロコシ	6	20	2	40	3	2	4
ソルゴー	6	20	2	25	3	2	6
イタリアン	3	10	1	15	2	1	5
エンバク	3	10	1	15	2	1	6
大豆	1.5	(10)	1	3	5	2	1
レーズブ	6	15	1	15	1	1	5

*夏作物は夏期45日、冬作物は春播きで60日栽培した場合
()：植物体の窒素固定量も含む



フルタエンネット(株)の熱湯土壤消毒ボイラNB-500

度が低下することが確認されている。

⑦耕作放棄の利用

耕作放棄は一般に悪いことのように言われているが、土壤の回復という点で積極的な利用ができないか。数年間の耕作放棄によって、過剰な窒素は溶脱し、雑草が繁茂することで有機体窒素へと還元される。リン酸やカリも少しずつ減っていく。ただし、土壤病害が蔓延してしまった土壤では、そう簡単にいくかどうか？菌レベルは下がるだろうがというのが西尾氏の答えだつた。15年牧草を植えて、それから作つたがやはり駄目だったという例がある。そうだ。土壤中に棲息する菌は、厚膜胞子や菌核を形成するなど様々な生き残り戦略を用意していて、耕作放棄ぐらいではへばらないということがあら。

過剰施肥をしない農業が微生物本来の働きを活かす農業

最後に、西尾教授が本誌に向けて語ってくれた言葉を紹介する。

「頭から微生物をよくすれば作物がうまくいくとは思わないで欲しいのです。今の日本での農業技術から言うと、微生物はたっぷりやっているし、物理性もトラクタで耕起するなど、微生物に依存しないで農業ができる状態にあります。実は微生物が一番活躍する土壤

というのは、養分が乏しい土壤なのです。養分の乏しい土壤で微生物が活躍しているという話を聞いて、養分がたっぷりある土壤で微生物に期待をするのはおかしなことなのです。何故、微生物への期待が高まったのかと言うと、連作による病害が出ているからです。しかしそれは、連作という無理やり病原菌が繁殖する条件を作つたからなのです。元を断たずに、微生物について、何かうまくそれを防止できるのではないかという話しありではないでしょうか。生物農薬が今脚光を浴びていますが、それは、よく考えてみると化学農薬の代わりに微生物農薬を使つていているだけなのです。病気が出やすい条件は温存していく、病気が出たところに化学農薬のかわりに生物農薬を使つてているわけです。それは本来微生物を活かす農業ではないと思うのです。微生物を活かす農業とは、過剰施肥をしないということ。また、化学肥料だけに依存しないで、有機質肥料や堆肥を使つていく。養分過剰を絶対避ける。それこそ微生物が本来的な働きをする土壤なのです。養分をたっぷり入れて肥満状態にしておいて、機械は使つた農薬は使つた、それでも埒がない。最後に訳の分からない微生物に期待する。それは本末転倒なのではないかと、私は思いますね。」

「過剰施肥」脱却のススメ

作物がよく育たない…。

春、作物を作付けする前には必ず石灰も播いているし、堆肥も肥料も十分に施用した上に最近取り沙汰されている微生物資材や、微量元素肥料も使って大切に育てているのに、どうして良い作物が育たないんだろう…まだ何か肥料が足りないんだろうか？

こういった疑問を抱えている農家は結構多いんじゃないでしょうか。

このような疑問や不安を解決するためには、農家にとって従来常識とされてきた土づくりに対する考え方を根本から改める必要があります。

その方法についてふれる前に、当社の概要について簡単に述べさせて頂きたいと思います。

当社は、研究所という名前がついておりますが、本来農家で農園を60ha程度所有して、菊栽培を專業としております。

私が農業に従事したのは16年前(30才の時)になりますが、当時の土づくりに対する指導は、農協の指導員や改良普及所の技術員があたっており、その指導の根底にあつたのが、長野県統一施肥基準でした。

ある作物を栽培するに当たって、まず石灰を播いて肥料は基肥として**化肥を何kg追肥は、この時期に***化成を何kgを基準として施用するよう

過剰施肥を乗り越える

真の環境保全型農業の確立を目指して

(有)上ノ原農園 土壌環境技術研究所
代表取締役 池上洋助



過剰施肥により土壤バランスを崩すと、その改善策は過剰成分を減らし、必要な成分のみ圃場に投入するという方法以外にない。しかし、「減肥」という意識のハードルを越えるためには、単なる土壤分析表の行き来だけではない、適切なコンサルティングこそが大きな助けとなる。自ら菊の栽培を行い現場に密着しながら、民間として土壤分析・診断・土壤改良・施肥改善のコンサルティングに取り組む池上洋助さんに事例をまじえて解説していただきます。

特に、日本は火山国で火山灰土壤が多く存在しますので、従来からリン酸肥料の多量施肥が行われてきました。しかし、私が今まで土壤診断をした畑の少なくとも80%程度は、作物にとって必要とされるリン酸(可給態リン酸)が適量もしくは過剰傾向にあります。このような畑には、一切肥料としてリン酸を施用する必要はありません。

肥料としてリン酸が必要ないという事は、多くの農家が通常利用している、窒素-リン酸-カリの三要素がそろつた複合肥料を使う必要がないという事です。

言い換えるれば、合理的な施肥設計を行ったためには、複合肥料を使わずに単肥に切り替え、不足傾向にある肥料成分を必要なだけ単肥で施用するといった取り組みが大切であるという事になります。

ここで、極端な過剰施肥が生育阻害要因であったAさんの事例を、その解決方法を交えて紹介致しましょう。

に…といった指導体制です。
私は、このような指導体制に多くの疑問を感じ、大学(東京農業大学大学院土壤学専攻)で学んだ事を、実際の農業の現場で活かそうと農園内に土壤診断施設を完備し、農家の視点に立つた、農家による土壤診断に取り組み始めました。

農園内に研究所を開設して以来、15年余り当園の土壤診断はもちろんのこと、各地の土壤診断を手がけて参りましたが、石灰や窒素・リン酸・カリといった肥料成分が根本的に少なくて作

物がよく育たないというような事例は少ないのです。

逆に、石灰や窒素等が多すぎる事によって作物の生育障害が発生している事例が大変多いのです。

このような状況にあるにも関わらず、よい作物を栽培しようと相変わらず施肥基準に準じた施肥体系を継続している…これでは作物がよく育つわけありません。

このような状況から抜け出して健全な作物の生育をはかるためにはどうしたらいいのでしょうか? 答えは簡単で

す。
目的にかなつた正しい土壤診断を実施し、畑のおかれている現状を知る事です(人間の健康診断と同じです)。

土壤診断の結果、過剰と診断された肥料成分は、少なくとも肥料として畑に施用する必要はありません。

Aさんは、施設園芸でキュウリを栽培しているのですが、定植してもキュウリがいつこうに大きくならず、大半が途中でダメになってしまいます。過去に農協や普及所に相談してみたが具体的な対応がとれず大変困っているという相談でした。

既に障害のおきたハウスのキュウリは整理されていましたが、早々に生育不良ハウスの土壤診断を実施したところ、その結果は悲惨なまでに過剰施肥の環境下にありました。

土壤診断結果の概要は、図1の通りです。（土壤の専門用語が出て参りましたが、今回は紙面の都合上、用語の説

Aさんから相談を受けたのは、10年前さかのぼります。

Aさんは、施設園芸でキュウリを栽培しているのですが、定植してもキュウリがいつこうに大きくならず、大半が途中でダメになってしまいます。過去に農協や普及所に相談してみたが具体的な対応がとれず大変困っているという相談でした。

既に障害のおきたハウスのキュウリは整理されていましたが、早々に生育不良ハウスの土壤診断を実施したこと、その結果は悲惨なまでに過剰施肥の環境下にありました。

*** 石灰資材の施用中止**

以上です。基肥として肥料を一切施用しないという事は、定植後水だけでもキュウリを栽培するという事です。

この対策を、Aさんに提示したところ、いくらなんでも肥料を全く入れないでキュウリができるわけがないだろう…という反応が返ってきました。

しかし、現状の土壤環境で施肥をし

以上の診断結果から、次期作付け時点でとった対策は次のとおりです。

*** 基肥として肥料（窒素・リン酸カリ）は一切施用しない**

な場合は枯死（青枯れ）してしまいます。

作物が水分を吸収する事ができず結果として土壤が適度に湿っていても極端

池上さんは自ら土壤分析機器を揃え、土壤サンプルを分析し、タイムリーに診断・改善策を伝える



明は割愛させて頂きます)

*** 極端なカルシウム過剰による土壤のアルカリ化（塩基飽和度180%以上）**

*** 硝酸態窒素過剰によるECの高騰（EC値20000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 以上）**

*** 可給態リン酸の過剰集積（可給態リン酸250 mg/100 g以上）**

上)

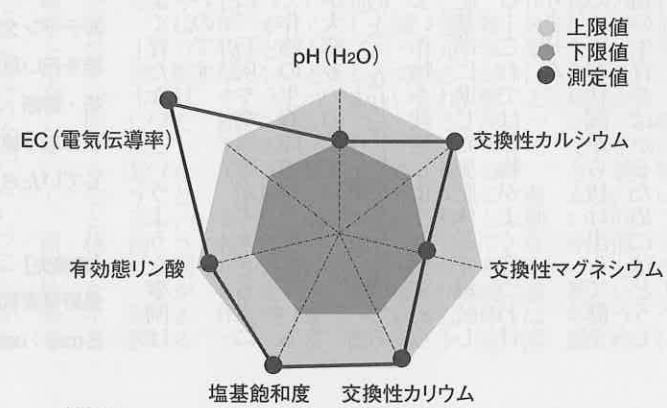
*** カリの過剰集積**

このような環境下では、生育不良になつて当然の結果です。特に硝酸態窒素過剰による土壤溶液濃度（EC・電気伝導率）の高騰は、

図1：生育不良ハウスの土壤診断表

項目	単位	測定値	下限	上限
土性				
密度	mm			
腐食	%	3.00		
全窒素	%			
C/N比				
EC (電気伝導率)	$\mu\text{s}/\text{cm}$	2200	200	□ ▶ 500
pH (H_2O)		7.15	6.00	□ ▶ 7.00
pH (KCl)		6.85	5.00	□ ▶ 6.00
CEC (塩基交換容量)	me/100g	18.50		
交換性カルシウム	me/100g	23.50	8.29	□ ▶ 12.54
交換性マグネシウム	me/100g	4.18	2.34	□ ▶ 4.41
交換性カリウム	me/100g	6.15	0.25	□ ▶ 1.98
交換性ナトリウム	me/100g	0.75		
塩基飽和度	%	182.9	70.00	□ ▶ 100.0
Ca/Mg比		5.62	2.60	□ ▶ 3.75
Mg/K比		0.68	2.00	◀ □ 12.5
Ca/K比		3.82	6.50	◀ □ 12.5
有効態リン酸	me/100g	285	10.0	□ ▶ 100
リン酸吸収係数				
アンモニア態窒素	me/100g	3.52		
硝酸態窒素	me/100g	87.6		

項目	単位	下限	上限
土性	ppm	0.80	3.00
密度	ppm	4.50	
腐食	ppm	1.00	
全窒素	ppm	1.00	
C/N比	ppm	1.00	



当面の課題

- * 次期作付け時点での基肥は、窒素・リン酸・カリ共に一切肥料として施用する必要はありません。当面は現状の土壤中に残存する肥料成分だけで管理することが得策です。
- * 石灰資材の利用は、今後一切取り止めて下さい。

根本的な施肥改善が必要です。土壤診断に基づいた正しい土づくりを行いましょう。

「過剰施肥」脱却のススメ



池上さんは年間30万本を出荷する菊の生産者である。

特にリン酸は、土壤診断開始時点から10年を経過した現在でも、基肥並びに肥料管理を行っています。(図2参照)。特記すべき点は、従来慣例として利用してきた複合肥料は一切取り止め、単肥による施肥設計で作付けをしていました。

池上さんは年間30万本を出荷する菊の生産者である。

最後に当研究所では、土壤診断(調査・分析・指導)はもちろんの事、研修会・講演等も受け付けておりますので、必要のある方はご遠慮なくお問い合わせ下さい。

これまでAさんのハウス土壤は、定期的に収穫できました。しかし、今までまともに生育できなかつたキュウリが、ちゃんと最後まで収穫できたのです。これには、Aさんも感激していました。

現在までAさんのハウス土壤は、定期的に収穫終了時点まで定期的な土壤診断を継続して、土壤診断に基づいた栽培管理を行っています。(図2参照)。特記すべき点は、従来慣例として利用してきた複合肥料は一切取り止め、単肥による施肥設計で作付けをしていました。

特にリン酸は、土壤診断開始時点から10年を経過した現在でも、基肥並びに肥料管理を行っています。(図2参照)。特記すべき点は、従来慣例として利用してきた複合肥料は一切取り止め、単肥による施肥設計で作付けをしていました。

土づくりに、誰にでもあてはまる基準なんてものはありません。当然の事として、施肥基準なる物が堂々とまり通り通っている事自体おかしな事なんだという事に早く気付く事が過剰施肥から脱却する最も賢明な手段であり、環境保全型農業確立のための位置づけにつながるものと思います。

限られた紙面の中ですので、説明不足も重なり、理解しにくい事柄も多いかと思いますが、将来にわたって継続可能な効率的な土づくり、真の環境保全型農業の確立に向けて何らかの参考にして頂ければ幸いです。

最後に当研究所では、土壤診断(調査・分析・指導)はもちろんの事、研修会・講演等も受け付けておりますので、必要のある方はご遠慮なくお問い合わせ下さい。

でいく限り何等解決にはつながらないという事を説明し、とにかく基肥ゼロで定植して頂きました。

結果は:今までまともに生育できなかつたキュウリが、ちゃんと最後まで収穫できたのです。これには、Aさんも感激していました。

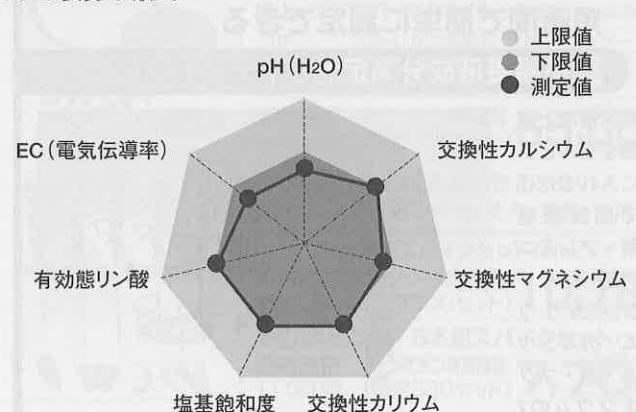
Aさんの事例でも明らかな通り、畑に追肥とともに肥料としては一切施用しません。

自らの畑の状態を正しく把握する事、そのための手段が土壤診断であるという事を十分に理解する事が大切です。

図2: 対策後の土壤診断表

項目	単位	測定値	下限	上限
土性				
密度	mm			
腐食	%	3.00		
全窒素	%			
C/N比				
EC (電気伝導率)	μs/cm	240	200	500
pH (H ₂ O)		6.35	6.00	7.00
pH (KCl)		5.80	5.00	6.00
CEC (塩基交換容量)	me/100g	18.02		
交換性カルシウム	me/100g	12.50	8.29	12.54
交換性マグネシウム	me/100g	3.85	2.34	4.41
交換性カリウム	me/100g	1.95	0.25	1.98
交換性ナトリウム	me/100g	0.25		
塩基飽和度	%	101.6	70.00	100.0
Ca/Mg比		3.25	2.60	3.75
Mg/K比		1.97	2.00	12.5
Ca/K比		6.41	6.50	12.5
有効態リン酸	me/100g	125	10.0	100
リン酸吸収係数				
アンモニア態窒素	me/100g	1.05		
硝酸態窒素	me/100g	24.6		

項目	単位	下限	上限
土性	ppm	0.80	3.00
密度	ppm	4.50	
腐食	ppm	1.00	
全窒素	ppm	1.00	
C/N比	ppm	1.00	



土壤概況

*基本的な土壤環境は、ほぼ良好な状態で推移しています。

当面の課題

*秋定植後1ヶ月程が経過していますが、肥料成分的には全て適量範囲内にありますので、追肥は現時点では必要無かろうと思われます。

現状の土壤環境を維持しましょう。