

土壌診断による バランスのとれた土づくり

Vol.2 ー土壌診断結果の見方ー



未来へと続く 風景を 創っています。

「当たり」が魅力の宝くじは、もうひとつ大切な役割を担っています。それが、皆さんの暮らしに「お役に立っている」収益金による街づくり事業です。教育施設、道路、橋、公民館等、幸せな生活を支えるさまざまなところに宝くじの収益金は役立てられています。



宝くじの収益金は、
身近な街づくりに役立っています。

財団法人 **日本宝くじ協会**

当せんはしっかり調べて、しっかり換金。

<http://www.jla-takarakuji.or.jp>

土壌診断によるバランスのとれた土づくり

Vol. 2 ー土壌診断結果の見方ー

INDEX

- 施肥改善の必要性 P3
- 土壌診断の種類
 - 2-1 土壌診断の主な種類 P4
 - 2-2 化学性診断の主な項目 P5
- 土壌診断の方法
 - 3-1 土壌サンプリング法 P6
 - 3-2 簡易診断機器の紹介 P7
- 土壌診断結果の見方
 - 4-1 pH (酸度) P8
 - 4-2 EC (電気伝導度) P10
 - 4-3 リン酸 P11
 - 4-4 塩基飽和度 P13
 - 4-5 塩基バランス P14



施肥改善の必要性

作物の生産量を高めていく中で、これまでより多くの肥料が施用されてきました。こうした中で、農林水産省が1979年から行っている土壌環境基礎調査によると、近年は土壌中のリン酸、カリウムは蓄積傾向にあることが報告されています。

農耕地も人間と同じで、年々肥満傾向となり、健全な土壌環境が損なわれ、作物の生育障害が発生する例も見られてきています。また、最近の肥料価格が高騰してきている中で、肥料代を節約し、コスト低減をしていくことも大切です。

■ リン酸、カリウムが過剰に蓄積された圃場の割合

	リン酸	カリウム
水田 (全国)	53%	29%
普通畑 (北海道)	37%	70%

資料：農林水産省 土壌機能モニタリング調査 (1990年～2003年)

このためには、土壌診断により現状の土壌状態を正確に把握し、問題点が見つかれば施肥改善をしていく必要があります。

土壌診断の種類

2-1 土壌診断の種類

土壌診断には、①土壌養分の含量を分析する化学性診断、②硬さや水はけなどの物理的な性質を分析する物理性診断、③診断方法としてはまだ確立されていませんが、土壌中の微生物相の健全性を診断する微生物性診断があります。

■ 土壌診断の種類

化学性診断：土壌の性質、養分含量、塩基バランスなどを調べる。

物理性診断：土壌の硬さ、保水性など、土壌の物理的性質を調べる。

微生物性診断：土壌の微生物相の健全性を調べる。
(但し、現在方法は確立されていない)

診断の実施に当たっては大きく分けて予防的に行う計画診断と、生育障害が起きた場合等に行う対策診断に大別できます。

計画診断とは人間が定期的に受ける健康診断と同じで、土壌の状態を計画的・定期的に調べ、悪いところがある場合には改善するというものです。予防診断と言われることもあります。

これに対して、対策診断は作物に障害が発生した場合に行なう診断であり、人間が病気になった時、病院に行き診療してもらうのと同じことだといえます。

■ 目的別診断の種類

計画診断

土壌の状態を計画的・定期的に調べ、傾向を見つづけるべき点を明らかにするため診断する。

対策診断

作物に障害が発生した場合、その要因を調べ改善対策を明らかにするため診断する。

2-2 化学性診断の主な項目

土壌診断において、化学性の診断が最も一般的な診断方法といえます。化学性の診断項目には、一般的項目としてpH、EC（電気伝導度）、有効態リン酸、交換性塩基バランス（カリウム・苦土・石灰）の分析が広く行われます。

これに対してオプション分析として、要望に応じて陽イオン交換容量(CEC)、リン酸吸収係数、腐植、全窒素、硝酸態やアンモニア態などの無機態窒素、水田でのケイ酸などの分析を追加できる場合があります。

特に、陽イオン交換容量は保肥力を示すもので、施肥方法に関係してくる項目なので、一度は分析しておいた方が良いでしょう。

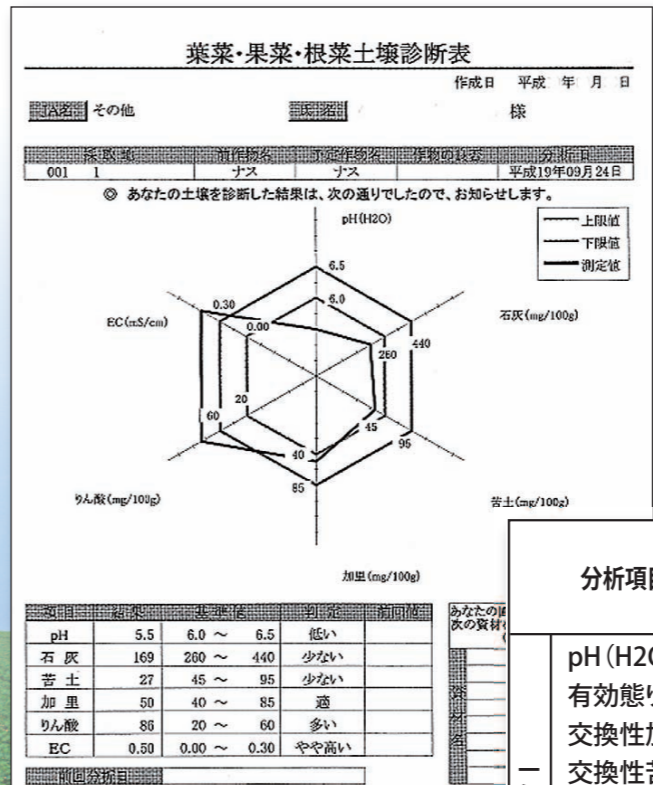
■ 化学性診断項目の例

<一般分析>

pH
EC（電気伝導度）
有効態リン酸
交換性カリウム
交換性苦土
交換性石灰

<オプション>

陽イオン交換容量(CEC)
リン酸吸収係数
腐植
全窒素
硝酸態窒素
アンモニア態窒素
有効態ケイ酸
微量元素 など



また、土壌分析結果は、専門機関から、表形式やレーダーチャート形式に整理されて、分析結果が送られてきます。

分析結果には、各県の土壌診断基準値と比較した診断コメントが記載されて送られてくる場合が多いです。

■ 土壌分析結果の例

分析項目	前回分析値 分析No.	本年分析値	単位	養分状態			基準値
				非常に低い	低い 適正	高い 非常に高い	
pH (H2O)		6.4				★	5.5~6.0
有効態りん酸		60.4	mg/100g			★	10~30
交換性加里		57.0	mg/100g			★	15~30
交換性苦土		61.2	mg/100g			★	25~45
交換性石灰		271.6	mg/100g	★			390~586
苦土・加里比		2.5	当量比			★	2以上
石灰・苦土比		3.2	当量比			★	6以下
石灰飽和度		27.8	%	★			40~60
塩基飽和度		40.0	%	★			60~80
銅			ppm				0.5~8
亜鉛			ppm				2~40
マンガン			ppm				50~500
ほう素			ppm				0.5~1

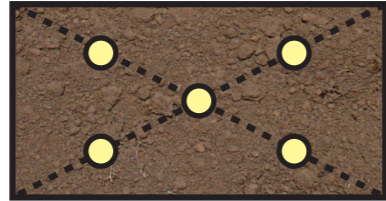
土壌診断の方法

3-1 土壌サンプリング法

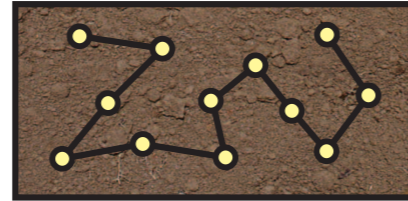
土壌診断に用いる土壌のサンプル採取は、非常に重要な作業です。いくら高精度の機器で分析しても、サンプリングが悪いと、正確な分析結果は得られません。

通常のサンプリングは対角線法といわれる方法で行います。直線に沿って採取していくのが難しい場合は、頭の中に5点くらいを想定して、ランダムに採るのが楽といえます。

■ 土壌サンプリング法



対角線法



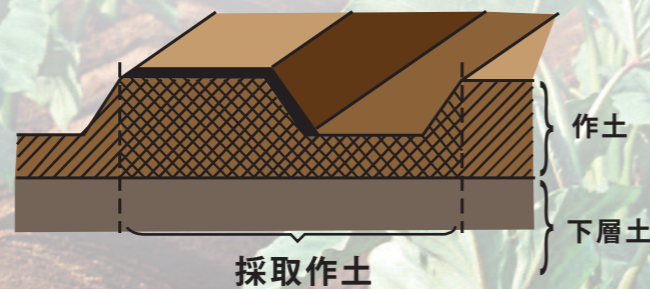
ランダム法

いずれの方法にしても、調べようとする圃場の作物の生育状況を見ながら代表となる土壌を採取することが重要です。

特に果樹園などの傾斜地では、傾斜の上と下で養分が違うことがあるので、このことを考慮して上下別々に採る必要があります。

また、圃場が耕耘されて均一になっておらず、畦に肥料が残っている場合には、畦と畦間を含めた形で土壌をとる必要があります。

土壌サンプリングは手間のかかる作業ですが、正確な結果を出すためにはとても大切なことですから、十分に配慮して行って下さい。



採取作土

3-2 主な簡易診断機器の紹介

本格的な土壌診断は専門的な分析の知識と技術が必要ですが、最近では簡単に分析可能な機器が開発され、手軽に土壌診断が行えるようになってきました。

測定項目や測定の検出範囲が限定されるなどの制約がありますが、スピーディに傾向を把握する等目的によっては十分活用できます。

「みどりくん」は、土壌養分を水で抽出して、試験紙につけ発色させ、カラーチャートと較べる方法です。価格も比較的安価で測定法も簡単なので手軽に使えるキットです。

「ドクターソイル」はpHを除くアンモニア態窒素、硝酸態窒素、可給態リン酸、カリウム、石灰、苦土、可給態鉄、交換性マンガン、塩化ナトリウムを1つの抽出液で分析することが出来ます。同様のもの「つち博士」という測定機器もあります。

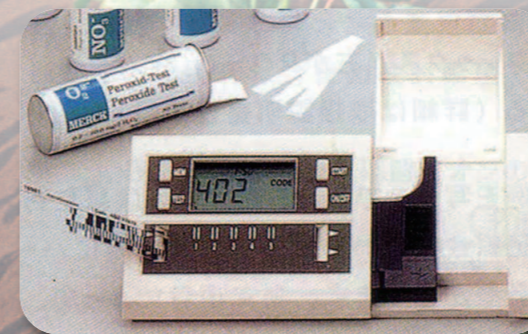
また、ポケットに入るような小型の「硝酸イオンメーター」や、農作物の栄養診断も出来る「RQフレックス」という機器もあります。



「みどりくん」



「ドクターソイル」



「RQフレックス」



「硝酸イオンメーター」

4-1 pH

pHは土壌養分の溶解性と関係する項目で、簡便に測定できる診断項目の中でも重要な項目です。

図の帯が細いところは肥料養分の溶解性が悪いことを示しています。

pHの低い方、高い方では（例外としてモリブデンのようなものもありますが）、ほとんどの養分の帯が細く、つまり養分の効が悪いことを示しています。

■ pHと肥料養分の溶解性

酸性				アルカリ性								
pH	強	中	弱	微	微	弱	中	強	pH			
4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
チ				ッ				ソ				
リ				ン								
カ				リ				ウ				
イ				オ				ウ				
カ				ル				シ				
マ				グ				ネ				
テ				ツ								
マ				ン				ガ				
ホ				ウ				ソ				
銅				・				ア				
モ				リ				ブ				
デ				ン								

注) 巾がせまい程可吸態養分が少ない。

■ 作物の種類別好適pH

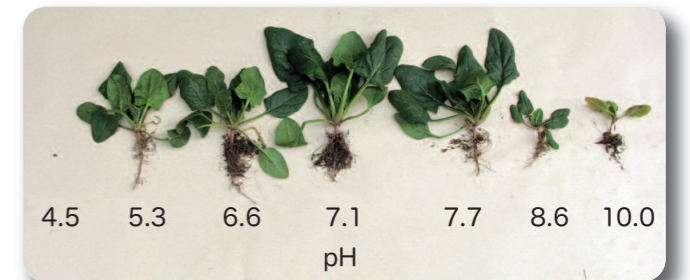
pH	普通作物	果菜・豆類	葉根菜類	果樹・花き
6.5~7.0	大麦		ホウレンソウ	イチジク
6.0~7.0	小麦	エンドウ、トマト	ダイコン、キャベツ、アスパラガス	ブドウ、アンス、カーネーション
6.0~6.5	サトイモ、大豆	インゲン、エダマメ、カボチャ、キュウリ、スイートコーン、スイカ、ソラマメ、ナス、ピーマン、メロン、アズキ	ウド、カリフラワー、コマツナ、シュンギク、ショウガ、セロリ、チンゲンサイ、ニラ、ネギ、ハクサイ、ブロッコリー、ミツバ、レタス	ナシ、カキ、キウイフルーツ、ユズ、キク
5.5~6.5	イネ、エンバク、ライムギ	イチゴ、ラッカセイ	カブ、ゴボウ、タマネギ、ニンジン	ウメ、リンゴ
5.5~6.0	サツマイモ、ソバ、ヤマノイモ、オカボ			モモ、オウトウ、ミカン
5.0~6.5	パレイショ			
5.0~5.5				クリ
4.5~5.5				ブルーベリー、チャ、ツツジ、シャクナゲ

多くの作物の好適pHはpH6~6.5付近にありますが、作物によって適するpHが異なりますので栽培する作物を考慮して対応する必要があります。

例えば、ホウレンソウの試験ではpH4.5では発芽せず、また、アルカリに行き過ぎると生育が悪くなります。

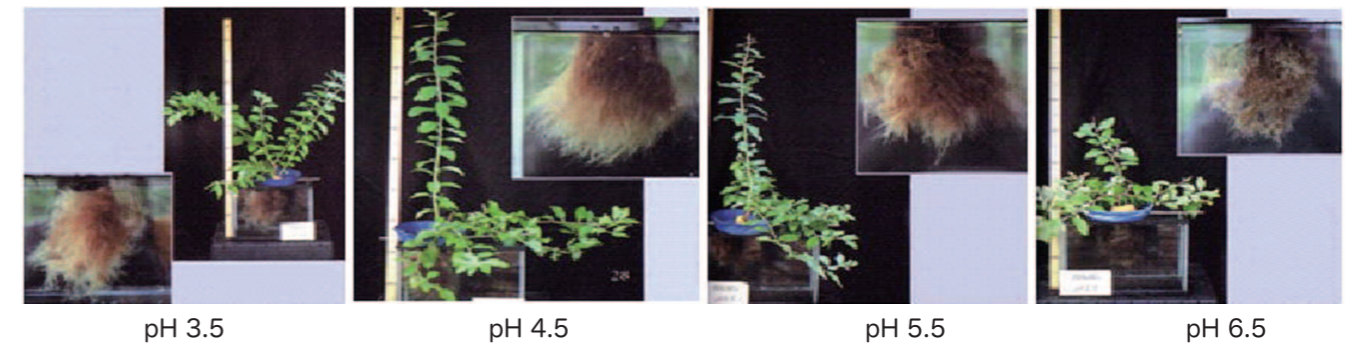
一方、酸性を好むブルーベリーではpH4.5で生育が良く、pH6.5では生育が悪くクロロシス（葉脈間が白くなる現象）が発生することがあります。

■ pHとホウレンソウの生育



資料：(財)日本土壌協会

■ pHとブルーベリーの生育 (ブルーベリー全書 2005)



畑作物の生育と硝酸態窒素など窒素の形態との関係を見てみますと、微酸性から中性付近の作物については、硝酸態窒素の割合が多いほど生育が良くなります。

酸性で生育の良いブルーベリーの様な作物では、アンモニア態窒素の割合が高い方が生育が良くなります。

このように畑作物は硝酸態窒素を好むものが多いので、肥料を選ぶ場合はこうしたことも考えて選択するのが良いでしょう。



4-2 EC (電気伝導度)

EC (電気伝導度) とは、土壤溶液の中にどのくらい硝酸、硫酸などの塩類が溶けているかを見るもので作物の耐塩性と関係します。ECが高いということは作物の根が塩漬けにされたような形になって、養分を吸収できにくくなり、作物の生育に影響します。

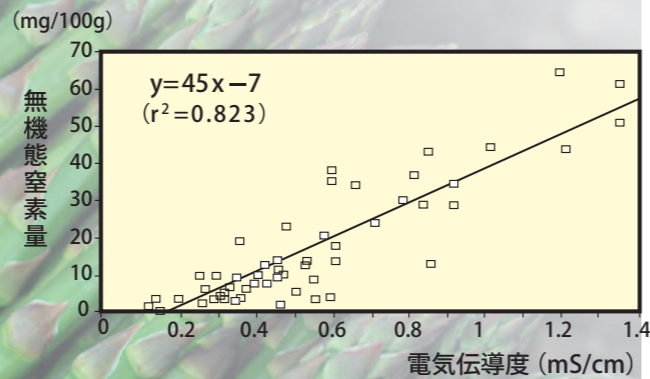
■ 作物の種類別耐塩性

耐塩性	EC (1:5) (mS/cm)	普通作物	野菜	果樹	その他
強い	1.5以上	大麦	ホウレンソウ、ハクサイ、アスパラガス、ダイコン		イタリアンライグラス、ナタネ
中程度	0.8~1.5	水稻、小麦、ライ麦、大豆	キャベツ、カリフラワー、ブロッコリー、ネギ、ニンジン、パレイショ、サツマイモ、トマト、カボチャ、スイートコーン、ナス、トウガラシ	ブドウ、イチジク、ザクロ、オリーブ	スイートクローバー、アルファルファ、スーダングラス、オーチャードグラス、トウモロコシ、ソルガム
やや弱い	0.4~0.8		イチゴ、タマネギ、レタス	リンゴ、ナシ、モモ、オレンジ、レモン、プラム、アンズ	タバコ、イグサ、ラジノクローバ、レッドクローバー
弱い	0.4以下		キュウリ、ソラマメ、インゲン		

電気伝導度と硝酸態窒素の関係については下図のように非常に高い相関があります。但し、この相関の傾斜は土壤の種類が異なると変わるので、どの土壤でも下図の様な相関の傾斜になると言うわけではありません。

土壤中には窒素だけが溶けているのではなく、色々なイオンが溶けています。硝酸イオン以外にもカルシウム、カリウム等と密接な相関関係があります。

■ ECと硝酸態窒素との関係



このようにECは、硝酸態窒素等との相関が高いことから、施肥量の目安に利用されることがあります。

下表の例では、EC値が0.3以下だと基準の窒素とカリウムの施肥量で良く、EC値が高くなるにつれ、施肥量を減らしていき、EC値が1.3~1.6以上になれば窒素とカリウムを施用する必要がないとしています。

■ 施肥前EC値による基肥(N・K) 施肥量補正の目安 (対基準量)

土壤の種類	EC値				
	0.3以下	0.4~0.7	0.8~1.2	1.3~1.5	1.6以上
腐植質黒ボク土	基準施肥量	2/3	1/2	1/3	無施用
粘土質・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

4-3 リン酸

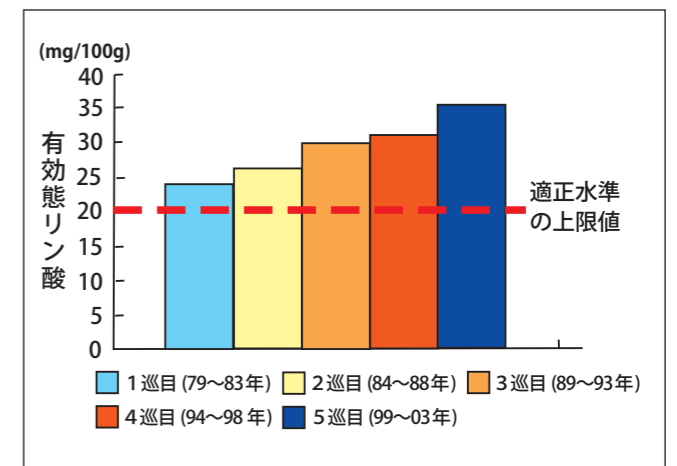
火山灰土壤の多い日本では、施用されたリン酸の大部分は土壤に吸着され作物に利用されない形のリン酸になってしまいます。その吸着程度を表す指標として、リン酸吸収係数があります。特に火山灰土壤でリン酸吸収係数が高く、新規の開墾時には、リン酸吸収係数の5~10%を投入して土壤改良を行うこともあったようです。

しかし、最近は土壤中へのリン酸集積が問題になっております。

リン酸は多く施用しても生育障害が出にくいとされてきましたが、最近、リン酸による生育障害が明らかにされてきています。

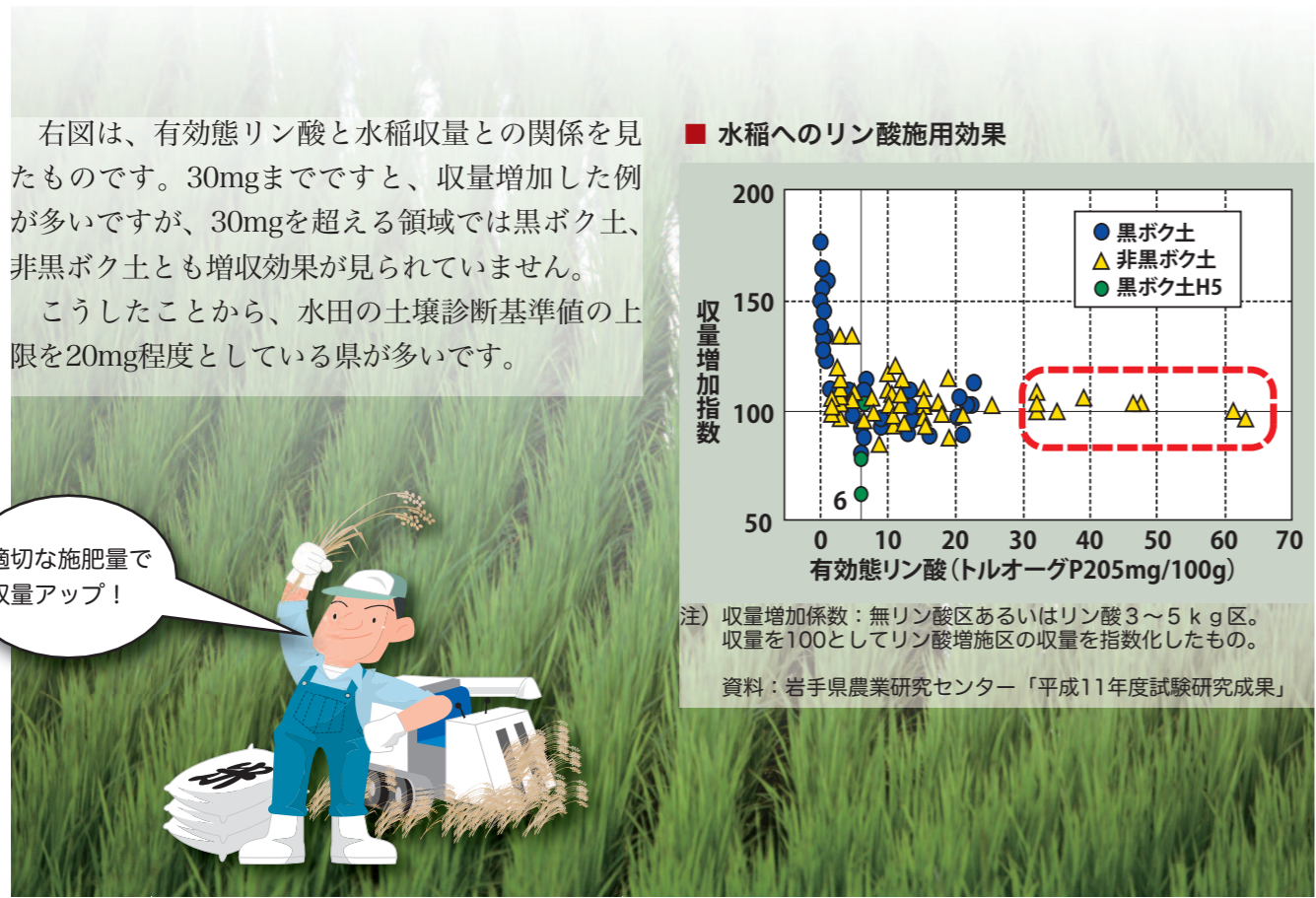
また、リン酸は作物の種類によってリン酸濃度と生育等の関係が異なりますが、各作物とも多量に施用しても効果が見られないリン酸濃度があり、肥料費コスト低減の観点から留意して施用していく必要があります。

■ 水田土壤に蓄積している有効態リン酸の推移



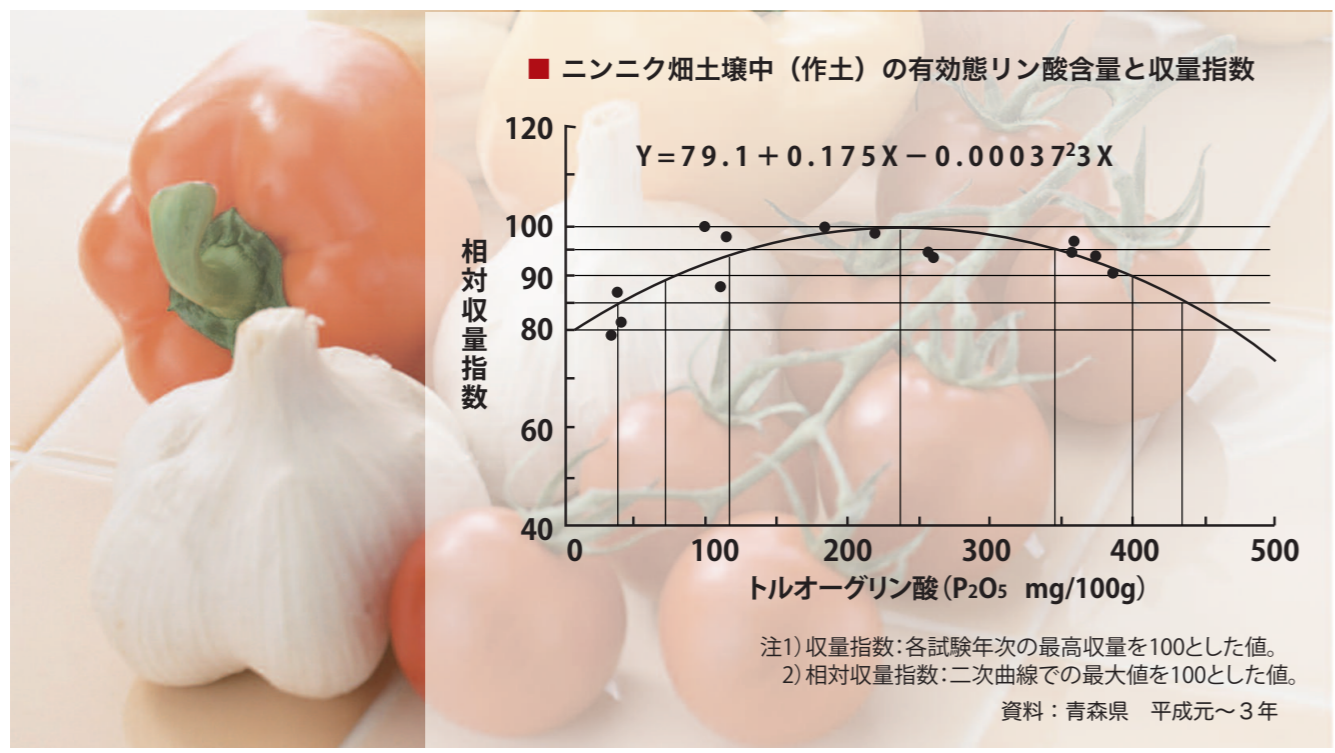
資料：「土壤環境基礎調査(1979-1998)」
「土壤機能モニタリング調査(1999-2003)」

注：点線は、水田の有効態リン酸含有量の上限値(20mg)



有効態リン酸は、トルオーグリン酸とも言い、作物の根から吸収されやすいリン酸のことです。青森県のニンニク畑の調査では有効態リン酸が増えていくと、相対的に収量指数は増えていきますが、ある点を過ぎると下がるという結果を発表しています。

この試験に付随した色々な調査から、有効態リン酸が170mg以上あればリン酸肥料を施肥しなくても立派にものが育つことがわかっており、適正領域は120mg前後ではないかとされています。



4-4 塩基飽和度

土壌中の肥料養分で塩基として安定して存在しているものとして、カリウム・苦土・石灰があります。

これらの塩基類を土壌粒子に保持する量の大きさをあらわす指標として、陽イオン交換容量 (CEC) があります。いわゆる保肥力を示すもので、これは土壌の特性によるところが大きいです。腐植含量が多くなるとこの値が大きくなります。

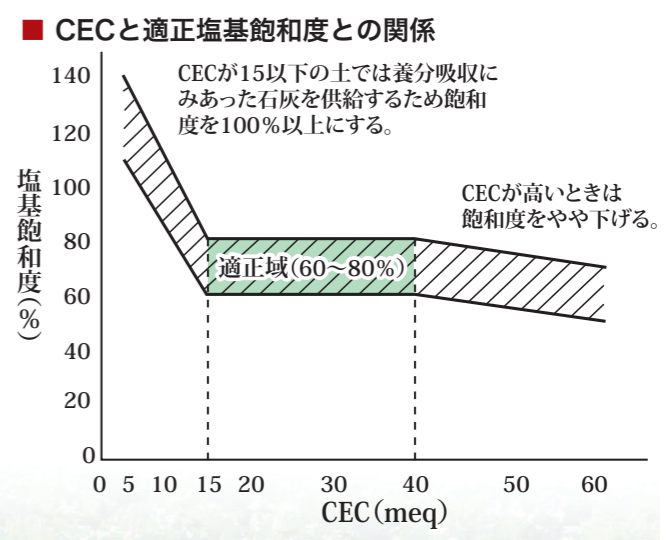
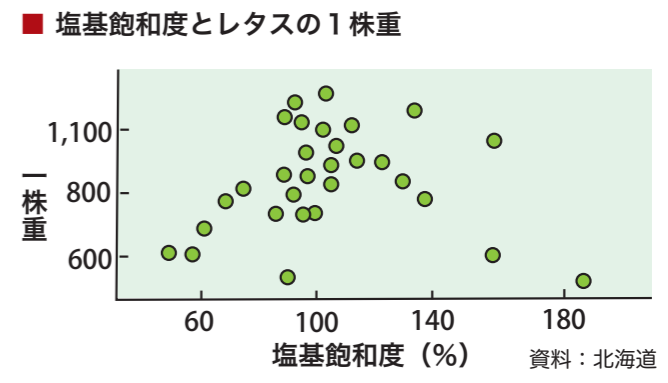
よく土壌診断結果表の中の1つの診断指標として塩基飽和度が掲げられています。

これは土壌の陽イオン交換容量 (CEC) に占める交換性陽イオン (カリウム・苦土・石灰) の比率を示したものです。

塩基類が土壌の陽イオン交換容量 (CEC) を超えて蓄積した場合、作物の生育に影響が出てきます。

砂質土壌のような陽イオン交換容量 (CEC) のかなり低い土壌を除いて一般の土壌はCECが15～40(meq)であり、その場合の適正域は60～80%です。(右図参照)

この適正幅は作物の種類によって異なり、適正幅の広いものと狭いものとがあります。



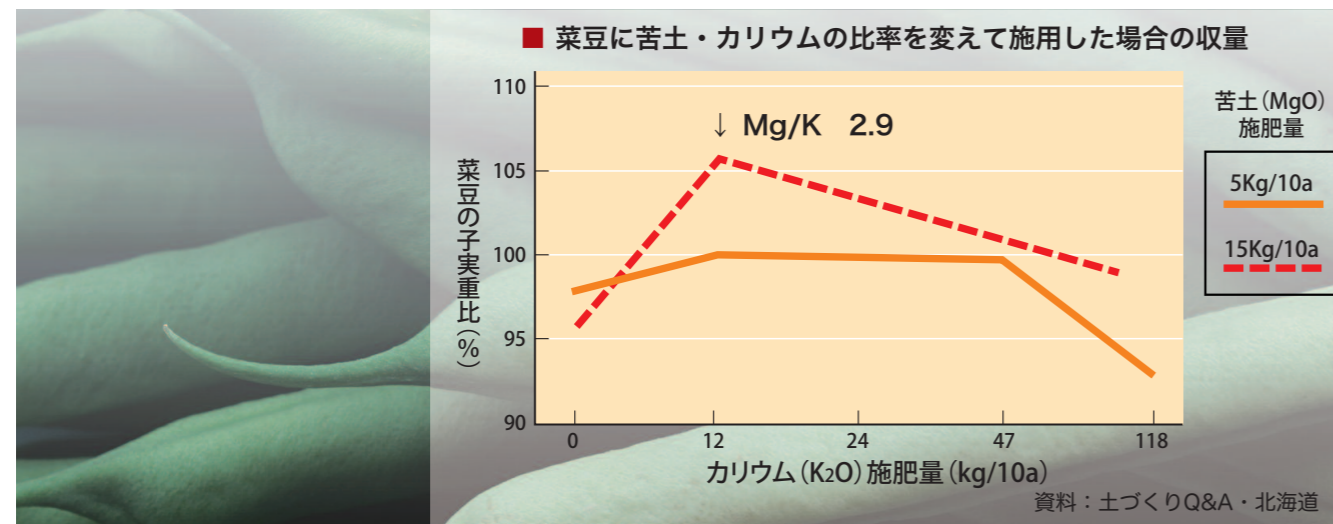
土壌診断結果の見方

4-5 塩基バランス

カリウム、マグネシウム、カルシウムは相互に拮抗作用があります。例えば、①カルシウムの吸収はカリウムの多用で抑制される。②マグネシウムの吸収はカリウムの多用で抑制される。③カリウムの吸収はカルシウム、マグネシウムの多用で抑制されるという関係にあります。これらのバランスが崩れると作物の生育が悪くなったり異常をきたす場合があります。

よく土壌診断結果の表の中の苦土・カリウム比といった指標がありますが、これは塩基バランスが適正であるかどうかを見るものです。

菜豆で苦土とカリウムの施用比率を変えて収量を調査した結果、下図のように苦土・カリウム比(当量比) 2.9の場合が最も収量が多くなっています。一般に苦土・カリウム比は2以上が適正バランスとしている例が多いです。



また、交換性カリウムが過剰な条件下で、ベト病菌が関与するブロッコリーの花蕾や芯が黒くなる黒変症が発生することがあります(埼玉県)。

土壌分析だけでなく、作物自体も分析した結果、カリウム過剰でベト病に罹りやすくなったことが原因と考えられます。

もう一度、モデル的にベト病菌を散布した再現試験でも、同じ症状が確認されたので、原因はカリウム過剰が誘引していることは確かです。

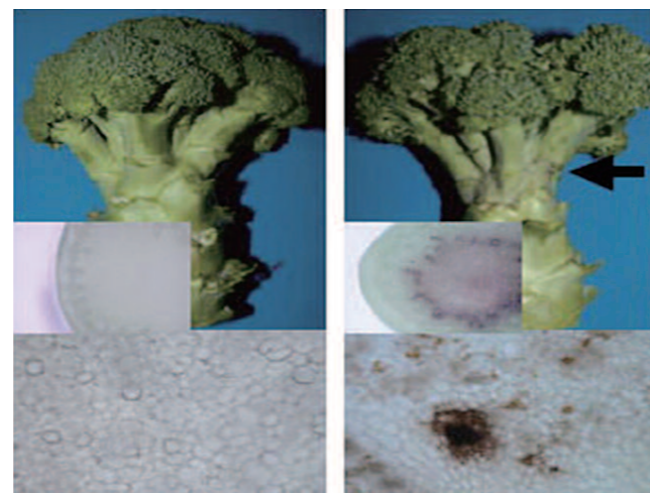
このように再確認のために再現試験をするのが確かなやり方です。過剰なカリウム施肥は良くないという一例です。

■ 現地ほ場における土壌中の無機成分含量

試験区	交換性塩基 (mg/100g)		
	K ₂ O	CaO	MgO
発病少	54	151	26
発病多	113	350	61

資料：埼玉県

■ ブロッコリー花蕾黒変症



対照区

カリウム過剰区 (4倍)

参考資料

【写真】

- 機器メーカー等 (富士平工業、メルク社、堀場製作所、東京農大)

【図表】

- 十勝農協
- JA群馬

【文献】

- 鎌田 淳：カリウム過剰による障害と対策—ブロッコリー花蕾黒変症の発生機作について 土作りフォーラム研究会資料 (2008)
- 鎌田 淳・日高 伸：花蕾黒変症の発現にはカリの増肥が関係する (2008)
- 藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎著：土壌診断の方法と活用 農文協 (1996)
- 農林水産省：地力増進基本指針 (改良目標値)
- トルオーグ (1949) 岡崎正規ら訳 新版・土壌肥料 全国農業改良普及支援協会 (2005)
- ブルーベリー全書 日本ブルーベリー協会 (2005)
- 土づくりQ&A総括編北海道農業を支える土づくり パートII 2004年7月
- 相馬 暁：農業技術体系 土壌施肥編4 診断の実際 (本文中に記載分は除く)



この冊子は、宝くじの普及宣伝事業として助成を受け作成されたものです。

平成21年度

土壌診断によるバランスのとれた土づくり Vol.2 ー土壌診断結果の見方ー

企画・編集・発行：財団法人 日本土壌協会 会長理事 松本 聡
〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-58
TEL: 03-3292-7281~3 FAX: 03-3219-1646
E-Mail: mail@japan-soil.net
URL: http://www.japan-soil.net

制作協力：株式会社 イメージヴォックス



この印刷物は、環境にやさしい100%再生紙と生分解性に優れた大豆インクを使用しています。