

File No. 32

土壌診断と適正施肥

土壌は地殻最表層の岩石が風化して、地形、気候、植生などの諸要因が総合的に作用して形成されたものである。土壌は農業生産の基盤として、農作物の生育と収量を支配する最も重要な因子の一つである。

土壌診断 (soil diagnosis) とは、農業生産の基盤としての土壌を調査分析し、農作物の生育に最適な土壌の物理性、化学性、生物性の基準に基づいて診断を下し、農家に施肥や対処方針を指示、また土壌変動を監視することをいう。

植物工場や溶液栽培など特殊な場合を除き、農作物の生育基盤は土壌であるため、土壌の物理性、化学性、生物性が農作物の生育を大きく影響する (図 1)。

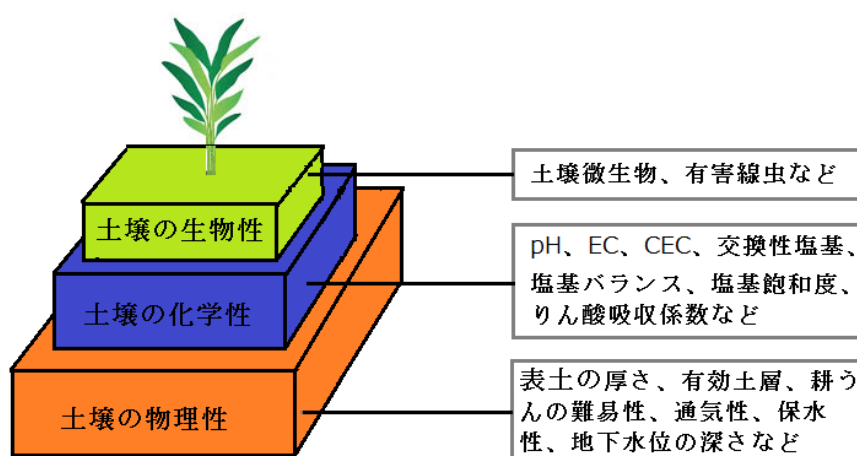


図 1. 土壌の性質が農作物の生育を大きく影響する

土壌診断項目は土壌の物理性、化学性、生物性に大別される。その最適な基準は水田や畑地、牧草地、果樹園により異なる。以下はそれぞれを簡単に説明する。

一、土壌の物理性

土壌物理性の診断項目は主に下記のものがある。

- 1. 表土の厚さ：** 表土は土壌の最表層で、植物の根が水分および養分を吸収するため容易に伸長できる土層のことである。表土の浅い場合には、根域は狭くなり、過湿過乾になりやすく、養分供給力は小さく、農作物の生育は抑制される恐れがある。
- 2. 有効土層の深さ：** 有効土層の深さは植物の根がかなり自由に貫入すると認められる土層のことである。有効土層が浅い場合には、根系の活動範囲が制限され、養水分の吸収に直接的な影響を与え、また過湿過乾にもなりやすい。
- 3. 表土の礫含量と耕うんの難易：** 表土の礫含量と耕うんの難易性は、植物根の生育と伸長を制限する要因である。多量の礫が表土中に存在する場合、細土量が少なく養分の供給力が小さく保肥力も小さいため、肥料成分が溶脱しやすい。また、保水力が小さいため過乾になりやすい。しかしながら、畑地、果樹園地などの土壌では、ある程度の礫の存在は

通気性や透水性を良好にし、かえって好適な条件を作り出している場合もある。また礫の存在は一般には耕起、砕土など農作業面に対して能率を低下させる。

4. 土地の乾湿： 土壌の乾湿は地下水の深さと土壌の粗孔隙に関連して、土壌の透水性、保水性、湿潤度などの要因が総合的に作用して現れたものである。

5. 湛水透水性： 湛水透水性は水田のみの項目である。透水過多な水田は肥料および養分の溶脱流亡が激しいため、水稲は養分欠乏を起こしやすく、秋落ち型の生育となって収量の低下、地力の低下などを起こしやすい。さらに、透水性が大きいため過度の用水量を必要とし、田面水温が上昇しにくく、水稲の活着不良、冷水害、養分の吸収能力低下を生じやすく、水稲の生育、収量に悪影響を与える。

5. 酸化還元性： 酸化還元性も水田のみの項目である。湛水下土壌の還元化は、りん酸の有効化、pHの上昇、窒素利用率の向上など、水稲にとっては有益な働きをするが、還元化が度を過ぎると硫化水素、有機酸のような有害物質が集積し、水稲根の呼吸や養分、水分などの吸収を阻害する。

二、土壌の化学性

土壌化学性の診断項目は主に下記のものがある。

1. 土壌 pH： 農作物の生育は土壌 pH に大きく影響され、アルカリ性や酸性に傾いていると養分欠乏症、過剰症、生育不良などさまざまな障害を引き起こす。そのため、土壌の pH は常に弱酸性～中性に保つ必要がある。

2. 土壌 EC： EC は電気伝導度 (Electro Conductivity) の略で、水溶性塩類 (陽イオン、陰イオン) の濃度が高くなると、EC は高くなる。

一般に EC が高くなると農作物の根からの吸収が阻害され、体内の塩類含有量が高くなって生育不良になり、限界濃度を超えると枯死に至る。塩類による阻害程度 (耐塩性) は、農作物の種類により異なり、診断基準も農作物ごとに設定されている。

3. CEC (塩基交換容量)： CEC (Cation Exchange Capacity、塩基交換容量) は一定量の土壌が保持できる陽イオンの量を示すものである。CEC が高い土壌ほど、多くの養分を保持することができるため、保肥力が高く、肥沃度が高いといえる。CEC は土壌の養分保持力や pH などに深く関係しているとともに、石灰や苦土を含む土壌改良資材の適切な施用量を算出するために欠かせない値である。

4. 交換性塩基： 土壌コロイド表面に吸着されている陽イオン (交換性陽イオン) が土壌溶液中の他の陽イオンと交換することができる。なお、交換性陽イオンのなかで水素イオンを除いたものが交換性塩基と呼ばれる。

交換性塩基は土壌溶液中の水素イオンと置き換わり、農作物の養分となるが、一部は降雨とともに下層に溶脱される。陽イオン交換は土壌中の最も重要な反応の一つであり、物質の変化や移動、鉱物の風化、膨潤・収縮、透水などの物理性、植物への養分供給能などとの関係が深い。なお、交換性塩基の総量だけではなく、石灰、苦土、加里の占める比率も

それぞれ測定する必要がある。

①石灰： 石灰は植物の養分として欠くことができない要素であるが、それ以上に土壤団粒の形成、土壤 pH にかかわる緩衝能の向上、土壤物理性の改良や微生物活動にとって非常に大切な要素である。

②苦土： 苦土は葉緑素の構成元素であり、土壤中では交換性の苦土が石灰と同様に緩衝的な作用を持っている。しかし、石灰とは異なり、ケイ酸塩に変化しやすく、土壤溶液中から除外されやすい養分でもある。りん酸、石灰、加里の過量施用によって、この傾向を助長し、苦土欠乏症が発生する可能性がある。

③加里： 加里は植物の三大養分の一つであり、植物体内の含量も多い元素である。自然状態の土壤は可給態の加里を非常に多く含んでいる。長石、雲母あるいは粘土類などの風化にともなってカリウムイオン (K^+) が土壤溶液中に放出される。土壤溶液中の K^+ は植物に直接吸収されたり、土壤コロイドに吸着保持されたりする。さらに、吸着保持された交換性カリウムの一部はりん酸、アルミニウムなどと難溶性化合物をつくり、植物に直接利用されない形態になることもある。

交換性塩基類の総量は土壤 pH とも密接な関係にあり、pH の測定でもある程度類推することができる。しかし、総量だけでなく塩基間のバランスも重要な要素であり、それらの把握のためには個々の成分測定が必要になる。

5. 塩基バランス： 植物による塩基類の総吸収量はほぼ一定であるが、ある塩基が過剰に存在場合はほかの塩基の吸収を阻害するいわゆる養分吸収の拮抗作用が発生することがある。

養分の吸収が偏ると当然の結果として、養分欠乏が発生し、収量は低下してくる。石灰、苦土、加里の合計値から塩基飽和度を求め、目標値に照合して過不足を計算するが、農作物の種類により養分吸収量や最適 pH の条件などで変化するので、単純には決めることができない。通常、石灰／苦土（当量比）は 6 以下、苦土／加里（当量比）は 2 以上が望ましいとされている。

6. 塩基飽和度： 塩基飽和度とは、土壤の塩基交換容量（CEC）に占める交換性塩基の総量を百分率で表したものである。塩基飽和度が 100% を超えた場合は、塩類濃度障害が起きるが、塩基飽和度が低い場合は土壤養分の量が少なく、農作物の養分吸収が不足で、生育不良になる恐れがある。一般に交換性塩基類の総量が塩基交換容量の 80% 程度がよいとされている。

7. 有効態りん酸： 土壤中のりん酸は、ほとんどカルシウムやアルミニウム、鉄と結合した形態で存在している。カルシウムと結合したりん酸は可溶性やク溶性の性質を有し、植物に容易に吸収されるため、有効態りん酸を構成する。一方、アルミニウムと結合したりん酸は難溶性で、一部の吸肥力の強い植物や牧草を除き、ほとんど利用されないといわれている。鉄と結合したりん酸は難溶性のため、畑作物が利用するのは困難であるが、水田に於いて湛水して還元化が進むと、鉄の形態が変化して水に溶けるようになり、りん酸が

有効化し、水稻に吸収利用されることができる。

8. リン酸吸収係数： 土壌にりん酸肥料を施すと、一部の水溶性りん酸が農作物に直接吸収されるが、大部分のりん酸が土壌に残る。その中の一部が土壌中の鉄とかアルミニウムと結合して、難溶性のりん酸に変化する。このような水溶性から難溶性への変化をりん酸の固定と呼んでいる。固定力の強さを表す指標として、乾土 100g 当りに固定されたりん酸の量を mg 単位で示し、りん酸吸収係数と呼んでいる。

りん酸固定の特徴は、活性アルミニウムを多く含む火山灰土（黒ボク土）で強く、きわめて速やかに固定される。りん酸吸収係数の高い土壌に於いて、りん酸固定を弱めるために pH の矯正、堆肥などの有機質資材の施用、ケイ酸質資材の施用などが有効である。

三、 土壌の生物性

土壌生物性の診断項目は主に下記のものがある。

1. 土壌微生物分析： 土壌中に生息している糸状菌、放線菌、細菌、フザリウム菌、色素（ローズベンガル）耐性菌の種類と数量を分析することにより、土壌微生物のバランスを判明する。

また、ナス科植物を栽培する土壌は青枯病菌、アブラナ科植物を栽培する土壌はネコブ病菌も追加分析する必要がある。これは土壌伝染病害への適切な対策を行うためのものである。

2. 有害線虫分析： 土壌中のネコブ線虫、ネグサレ線虫、シスト線虫の有無と生息数の分析である。これらの線虫は植物に寄生して、養分の横取りや線虫から分泌される特殊な物質が農作物に危害を与え、収量と品質に悪影響を及ぼす。これも土壌伝染病害への適切な対策を行うためのものである。

土壌診断は、上記の項目をすべて行う必要がない。栽培予定の作物種、土壌種類、分析設備や費用を考慮して、必要な項目だけを選び出し、実施することを推奨する。

土壌診断を通じて、その土壌が農作物を作るのに適した状態であるか、改良する必要があるかが分かり、改良すべき項目と改良する方法や必要な資材を確認して実施することができる。また、土壌診断の結果と栽培予定の農作物種類に合わせて、施肥設計を行い、過剰な肥料成分を減肥することもできる。

近代農業の特徴は、高収量高品質品種の開発と普及、灌漑設備の整備、化学肥料と農薬の大量使用、人畜力に代わって機械化などを通じて、食料の増産と生活改善を図るもの収である。その反面、農業活動に伴う環境への過剰負担もしばしばクローズアップされる。その原因の一つは、過剰な施肥や農作物が吸収しきれなかった肥料成分の残留である。土壌診断、特に土壌化学性の診断を通して土壌の状態を正確に把握して、養分の過不足や土壌の養分保持能力を知ることにより、効果的かつ効率的な施肥いわゆる適正施肥を行うことができる。生産コストの削減だけでなく、環境負担を軽減することも可能である。従って、持続可能な近代農業を実現するには土壌診断と適正施肥が必要不可欠である。