

農業生産性向上のための‘土壌診断分析’

1 はじめに

土壌診断分析とは、農業生産性の指標となる土壌肥沃度を判定し、作物栽培に必要な土壌改良資材や肥料の施用量を算定するための分析である。一般に、土壌分析といえば構成成分であるケイ素・アルミニウム・鉄などの元素組成分析と思いがちであるが、そのような分析は肥沃度判定にはほとんど役に立たない。例えば、カリウムがそのよい事例で、土壌中のカリウムの多くは砂を構成する正長石や白雲母の成分として存在するため作物には吸収利用できない。

肥沃な土壌とは、水はけと水持ちがよいこと（土壌物理性）・土壌のpH、塩類濃度が適切で生育に必要な養分を含むこと（土壌化学性）・多種多様な土壌動物や微生物が息できる環境（土壌生物性）の3つが整った三味一体の土で、それを判定するための分析が土壌診断分析である。ただし現状において、迅速性と簡易性が重要視される農業生産現場では土壌物理性と生物性判定のための分析法は確立されていない。そのため、土壌診断分析といえば、土壌化学性分析を指すことが一般的である。そこで、本稿では土壌化学性を中心に土壌診断分析法を解説する。

土壌診断分析はJA・肥料会社・農業改良普及センターなど農業生産現場に近い機関に置かれた全国約1000か所の土壌診断室で実施される。ICP-AESや自動化学分析装置、前処理ロボットなどが配備され、年間数万点の分析を行う土壌診断室から、簡易分析計だけの土壌診断室まで分析設備は千差万別である。そのため、分析法は必ずしも統一はされていない。また、施肥量算定のための土壌診断分析は、計量法の対象とはならない。

2 土壌診断分析項目と表示法

植物生育に不可欠な養分を必須要素といい、現状では17元素が知られている。酸素・炭素・水素・窒素・リン・カリウム・カルシウム・マグネシウム・イオウを必須多量要素、鉄・マンガン・銅・亜鉛・ニッケル・ホウ素・モリブデン・塩素を必須微量元素という。水蒸気あるいは二酸化炭素として葉から吸収できる酸素・炭素・水素を除く14元素が根を通じて土壌中から吸収される。土壌中ではそれらの元素が様々な形態で存在するが、土壌診断分析では、植物が吸収利用できる形態の成分（可給態あるいは有効態）を様々な抽出液で抽出し、その沝液中の各成分を原子吸光分析・ICP分析・比色分

析などにより定量する。

作物生育に最も影響する成分が窒素・リン酸・カリとよばれる三要素で、土壌診断分析では最も重要な項目である。なお、農業生産現場では土壌や肥料分析における窒素以外の多量要素の表示には元素ではなく酸化物を用いることが慣例となっている。リン：リン酸 (P_2O_5)、カリウム：カリ (K_2O)、カルシウム：石灰 (CaO)、マグネシウム：苦土 (MgO) と表示する。また、それらの単位もSI単位ではなく、慣用単位である $mg/100g$ が用いられる。

3 土壌診断分析法の概要

3.1 土壌化学性分析のための試料採取法と前処理

土壌診断は、対象となる農地の中央付近に深さ40～50cmの四角い穴（試坑）を掘り、その断面を調査することから始まる。土壌試料採取に先立ち、土層の緻密さ・土色・砂と粘土の混ざり具合である土性・粘性・湿り具合など土壌物理性を判定する。現状では、触感や肉眼による定性的判定が多い。続いて作土から土壌試料を200g程度採取する。土壌特に農耕地土壌では養分状態などが不均一であるため、試坑の周囲4か所から同量程度の作土を採取し、合計5か所から採取した土壌を混合・縮分して分析用試料とする。

次に採取した土壌を日陰で風乾し、乳鉢と木製の乳棒で土塊を崩して、2mm目の篩を通すことにより試料の均一化を図る。このように風乾・粉碎した土壌（風乾細土）を分析に供試する。ただし、酸化還元状態により形態が変化する項目の分析では湿った土壌（生土）をそのまま供試する。

3.2 pHと塩類濃度の測定

風乾細土に純水を質量比1：5で加えて1時間振とう後、懸濁状態で電気伝導率計により電気伝導率、続いてpHメーターによりpHを測定する。一般的な作物が正常に生育する適正域はpH6.0～6.5、電気伝導率は0.3 mS/cm 程度である。

3.3 可給態養分量の測定（表1）

(1) 窒素：土壌中ではアンモニウムイオンと硝酸イオンが植物に吸収される窒素であるが、畑では好気性細菌の作用でアンモニウムイオンは速やかに硝酸イオンに変化する。そのため、畑では硝酸イオン、水田ではアンモニウムイオンが主要な分析対象成分となる。これらを土壌から抽出するには、 $1ML^{-1}$ 塩化カリウムを用いる。

表 1 主な土壌診断分析項目と抽出条件・測定法の事例

分析項目	抽出液	土壌：抽出液	抽出条件	測定法
pH	純水	1 : 5	1 時間振とう	ガラス電極
電気伝導率				電気伝導率計
交換性カルシウム	pH 7 1 ML ⁻¹ 酢酸アンモニウム	1 : 50	15 分振とう×3 回	AA・ICP-AES
交換性マグネシウム				
交換性カリウム				比色 (NH ₄ ⁺ の測定)
陽イオン交換容量	pH 7 1 ML ⁻¹ 酢酸アンモニウム 10 % 塩化カリウム			
アンモニア態窒素	1 ML ⁻¹ 塩化カリウム	1 : 10	30 分振とう	比色
硝酸態窒素				
可給態リン酸	0.001 ML ⁻¹ 硫酸	1 : 200	30 分振とう	比色
可給態ホウ素	0.01 ML ⁻¹ 塩化カルシウム	1 : 2	5 分煮沸	比色・ICP-AES
可給態鉄・マンガン・亜鉛・銅	0.1 ML ⁻¹ 塩酸	1 : 5	1 時間振とう	AA・ICP-AES

これらの無機態窒素の他に、土壌中には主にタンパク質の形態で有機態窒素が存在し、土壌微生物の作用で無機態窒素に変化する。そこで、農地から採取した土壌を 30℃ で 4 週間培養し、その間に無機化する窒素量を測定する分析が可給態窒素である。たいへん重要な分析であるが時間を要するため、最近では培養せず簡易的に測定する方法が普及しつつある。

(2) リン酸：植物根から分泌される有機酸により土壌中のリン酸が溶解・吸収されることから、0.001 ML⁻¹ 硫酸により抽出されるリン酸を可給態リン酸とする。作物が正常に生育する可給態リン酸の目安が 10~20 mg/100 g 以上である。

(3) カリ・石灰・苦土：土壌中の粘土と腐植は通常陰電荷を持つ陽イオン交換体で、そこに交換吸着されているカリウム・カルシウム・マグネシウムを pH 7, 1 ML⁻¹ 酢酸アンモニウムで交換抽出して定量する。その処理後の土壌を 80 % エタノールで洗浄して水溶性アンモニウムイオンを除去する。その後、土壌に吸着された交換性アンモニウムイオンを 10 % 塩化カリウムで処理して交換抽出されたアンモニウムイオンを定量することで、土壌の陽イオン交換容量 (CEC) を測定する。CEC に占める交換性カリ・石灰・苦土の当量割合を塩基飽和度といい、この値が小さいほど、土壌酸性が強くなる。塩基飽和度 80 % 前後が一般的な作物生育には最適で、その状態で pH は 6.0~6.5 となる。

(4) 微量元素：ホウ素については土壌診断室間で分析法がほぼ統一されていて、土壌に純水あるいは 0.01 ML⁻¹ 塩化カルシウムを加えて煮沸し、抽出されたホウ素を比色あるいは ICP 分析で定量する。しかし、その他の微量元素については、0.1 ML⁻¹ 塩酸、酢酸塩、DTPA などのキレート試薬による抽出法など土壌診断室により異なっている。また、各元素の分析には大形分析装置を必要とするため、微量元素の分析ができる土壌診断室はそれほど多くない。

4 今後の課題

現状における土壌診断室の分析所要日数は、通常 2 週間前後であるため、その迅速化が大きな課題である。そこで、1 種類の抽出液で全ての多量要素を抽出して、ICP 分析と自動化学分析装置で分析する 1 液抽出法^{1,2)} が検討され、一部で実用化が始まっている。また、現状では土壌診断室間での分析値の変動が大きいことも課題で、均一化した土壌試料を用いた土壌診断室間での手合わせ分析を行いながら変動を小さくするための検討も進められている。

文 献

- 1) 後藤逸男：ニューカントリー、2010 年 3 月号。
- 2) 日高秀俊、新妻成一、小宮山鉄兵、藤澤英司：日本土壌肥科学会誌、84, 386 (2013)。

〔東京農業大学 後藤逸男〕