

栽培現場で利用できる土壌中のホウ素の簡易分析法

鹿児島県農業開発総合センター 果樹部
環境研究室

室 長 後 藤 忍

1. はじめに

植物が健全な生育を営むためには、酸素、水素、炭素、チッ素、リン酸、加里、石灰、苦土、硫黄および鉄の10元素は比較的多量に必要です。これ以外に微量ではありますが、必要で欠くことができない元素として、マンガン、亜鉛、銅、ホウ素、モリブデン、塩素などがあり、これらを微量要素と呼んでいます。

微量元素の一つであるホウ素は、植物に欠乏すると様々な障害を引き起こし、たとえばダイコンの中心部が褐色になる「赤芯症」がよく知られています。

近年、鹿児島県で栽培面積が増加しているマンゴーでも一部産地で果実の一部がへこみ、商品価値が無くなる欠乏症が発生（図1）し、花穂へのホウ砂溶液の散布が効果的¹⁾なことが明らかにな



図1. マンゴーのホウ素欠乏症（左；軽度，右；重度）



図2. ホウ素過剰による葉先の褐変（左，中央）と落葉

りました。

しかし、施用量を誤り、過剰にホウ砂溶液の散布やホウ素資材の土壌施用を行うと、一転して過剰害の発生事例がみられました²⁾（図2）。このように、微量元素であるホウ素は土壌中の適正範囲がきわめて狭い（適正域：0.8～2.0ppm）³⁾ため、適正域の上限値を超えてホウ素施用を行うと、たちまちにして過剰害が発

生しやすい危険な一面も併せ持っています。

これらの対策のためには、定期的に土壌分析を行い、土壌中のホウ素含量を監視して適正域に維持することが重要です。しかし、これまで利用されている一般的な分析法であるクルクミン法⁴⁾は分析手順が煩雑なうえに、分光光度計や恒温水槽等の高額の分析機器が必要でした。このため、ホウ素の分析は、これらの分析機器を保有する限られた分析機関でしかできませんでした。

そこで、栽培現場において手軽に利用できるように市販の水質分析キットと安価で自作できる簡易比色計を用いた簡易な分析法を開発しました。

2. 分析手順

1) 熱水抽出

土壌中のホウ素は植物に吸収可能と思われる「可給態ホウ素」として、土の重量25gに2倍(50ml)の熱水で抽出します。通常のガラス器具

にはホウ素が含まれており、熱水で抽出中にガラス器具からホウ素が溶け出すため、ガラス器具は使えません。そこで、アルミ缶⁵⁾をカッターで切り抽出器具とします。耐熱樹脂の時計皿をかぶせてホットプレート上で5分間沸騰させ、冷却後No.6のろ紙を使ってろ過します。この時、ろ液が黄色味を帯びている場合は分析値にプラスの誤差が生じるので、0.3gの活性炭を用いて再度ろ過し、無色のろ液にします。

2) 発色操作

ろ液をマイクロピペットで正確に2.0ml取り、水質分析キット(商品名:パケットテスト ホウ素用 WAK-B, (株)共立理化学研究所)のチューブの角を2カ所切り、そこから注入し軽く5~6回振り混ぜて、30~40分程度待ちます(図3)。同様に、ホウ素の標準溶液(0~5.0ppm)も発色させ検量線を作ります。この水質分析キットはアゾメチンH法⁴⁾に基づいていますが、抽出液の採取量を一定にできないことや、検量線があらかじめ組み込まれた分析器具で測定するため、分析値は正確とはいえませんでした。そこで、上述したように一部の操作を改善して定量分析ができるように工夫を加えました。従来法のクルクミン法では、発色操作に55℃を維持する恒温水槽が必要で、発色に1時間半程度かかるので、分析コストと時間が短縮されます。

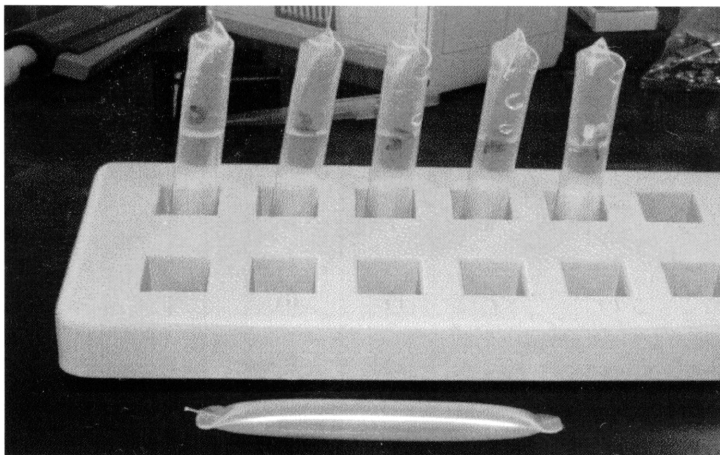


図3. 水質分析キット(手前)と発色の様子(後ろ)

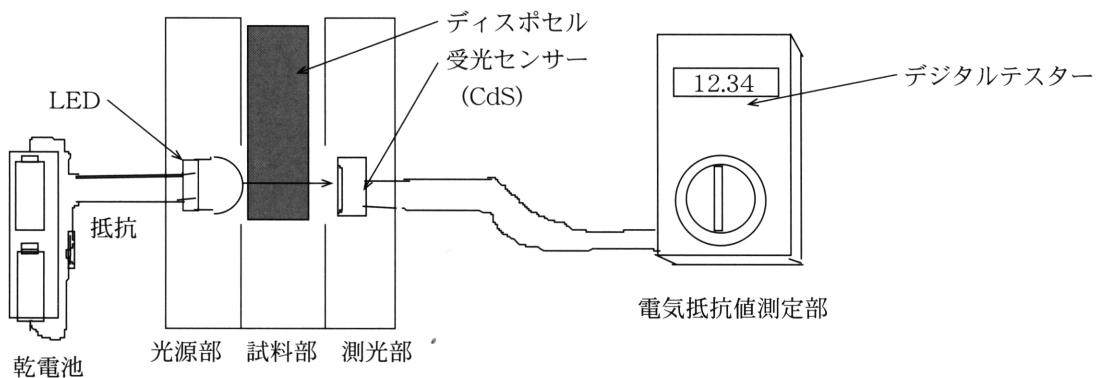


図4. 簡易比色計の構成

3) 測定操作

測定は理科教育教材として開発された簡易比色計を応用して作成しました⁶⁾。図4に簡易比色計の構成を示しました。光源部, 試料部, 測光部および電気抵抗値測定部(市販のデジタルテスター)より成り, 3千円程度で製作が可能で, その材料と価格は表1に示しました。

光源部は単3乾電池2個と1kΩ程度の電気抵抗で400nmの波長を持つ高出力紫発光ダイオードを点灯させます。試料部では, 発色させた検液をセル(ポリスチレン製で容量が3.0ml)に入れ, 暗黒条件下で400nmの透過光が通過します。測光部にはCdSセル(別名, 光導電素子)という半導体を用いました。CdSセルは, 測光面に光が当

準溶液で作成した検量線を参考に, 抽出液のホウ素濃度を計算します。

3. 分析精度

簡易比色法の分析精度を調べるために, 従来法であるクルクミン法を用いて, 分光光度計で測定した赤黄色土13点, 黒ボク土11点, 計24点の分析データと比較しました(図5)。簡易比色法は従来法と1:1の正の有意な相関関係を示し, 簡易法により精度良く測定できると判断しました。

さらに, 簡易比色法とクルクミン法で, 赤黄色土と黒ボク土の同一抽出液をそれぞれ10回測定した平均値は測定法による有意差はみられず, 実用的には十分な精度があると考えられました(表2)。

表1. 簡易比色計に用いた材料と価格

材料	価格(円)	備考
LED(400nm)	100	高出力紫発光ダイオードOSSV 511A
電気抵抗	100	1kΩ程度
デジタルテスター	1,200	ミニテスタ(CUSTOM M-04)
CdSセル	200	浜松ホトニクスp368
乾電池ホルダー	150	
乾電池(単3)	150	2個
on-offスイッチ	100	
プラケース	100	
リード線	100	
ディスプレイセル(セミミクロ)	170	1,700円/100個入り
本体作成用木材	300	比色計本体を製作する。
ラッカースプレー(黒)	200	本体を黒く塗装する。
計	2,870	

たると, 電気抵抗値が小さくなり, 暗くなると電気抵抗値が大きくなる性質を持っており, 街頭の自動点滅器などに用いられるものです。

市販のデジタルテスターでホウ素の測定ができる仕組みは次の通りです。ホウ素濃度が少ないと抽出液は無色透明に近く, 透過光が強くなり, CdSセルの電気抵抗値は小さくなります。逆に, ホウ素濃度が多いと抽出液は黄色味が強く, 濃くなり透過光が弱くなるので, 電気抵抗値が大きくなります。従って, この電気抵抗値の大小をデジタルテスターで読みとることによって得られるホウ素の検量線は右肩上がりの直線になります。標

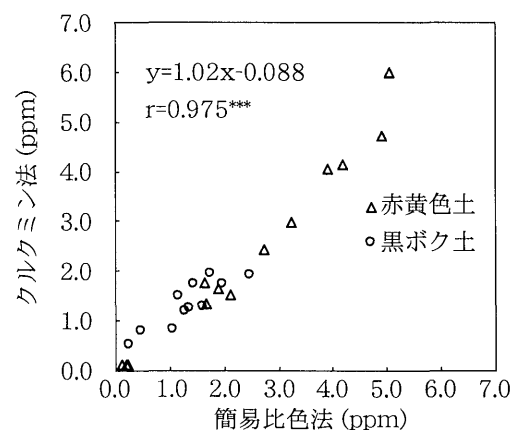


図5. 土壌中の可給態ホウ素の簡易比色法と従来法の関係 (***: 危険率0.1%で有意)

表2. 土壌の可給態ホウ素の測定法の違いによる平均値の比較

	簡易法	クルクミン法	有意水準
赤黄色土	2.79±0.15 (5.37%)	2.95±0.14 (4.75%)	5%
黒ボク土	1.89±0.12 (6.34%)	1.92±0.10 (5.20%)	5%

注) 単位は mgkg^{-1} , 同一抽出液を10回測定した。±は標準偏差を示す。
()内は相対標準偏差を示す。t-検定により平均値に有意差は無い。

4. まとめ

開発したホウ素の簡易比色法は、従来法より試薬調製の時間や発色操作にかかる時間が少なく済みます。また、分光光度計等の高額な分析機器も必要ありません。分析器具を除いた試薬だけの経費をパックテストの価格から算出すると、土壌1点当たり約100~200円と安い費用で分析できることがわかりました。この方法は果樹に限らず野菜や花き等、他作物の土壌の可給態ホウ素の診断にも活用できます。

5. 今後の課題

近年のLEDの進歩により、様々な波長を選択することが可能となっています。今回用いた簡易比色計のLEDを他の波長のものに交換することにより、これまで、原子吸光光度計や分光光度計等で分析されている土壌中の石灰、苦土、加里およびリン酸濃度を測定できる可能性が考えられます。今後、簡易比色計を用いて測定操作をさらに省力、低コスト化し、土壌診断の現場での活用をさらに広げていきたいと思えます。

参 考 文 献

- 1) 上之蘭 茂・西田 学・橋元祥一・東 明弘
2011. マンゴー果実の表面がくぼむ障害に対するカルシウム、ホウ素散布の効果. 鹿児島農総セ研報, 5, 17~22
- 2) 鹿児島県農業開発総合センター編 (2010)
平成21年度「普及に移す研究成果」第3回審査分, p9~10
- 3) 高橋英一・吉野 実・前田正男 (1980) 原色作物の要素欠乏・過剰症, 農山漁村文化協会, 東京. p.133-149
- 4) (財)日本土壌協会編 2001. 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質及び植物体分析法, 東京, p123~128
- 5) Ando,K.(1986)Determination of available boron in soil with a beer can.Soil Sci.Plant Nutr.,32(2), 333-336
- 6) 伏島 均 (2000) 自作簡易比色計を活用した教材の開発. 群馬県総合教育センター研究報告書, 186, 125~132