

第8章

可搬型近赤外分光器による 葉中窒素測定と栄養診断法

この技術の目的

近年、ウンシュウミカンの高品質生産を目指すあまりに、樹の栄養状態が良好に保てなくなっている状況が増えています。ウンシュウミカンの施肥方法については、これまでに多くの研究や試験が行われてきており、それを基に各県で施肥基準が定められています。しかし、高品質果実が求められる近年、食味の優れたS～M玉を生産するために、窒素の遅効きによる品質低下を恐れて施肥量を減らす生産者が増えています。さらに、マルチ栽培の普及や、カラ梅雨、干ばつなどの異常気象の多発で、施肥はしても水がないため、樹が必要な時に肥料を吸収できないという状況も増えています。このため、栄養不良による樹勢低下と隔年結果が顕著になり、園地や樹による収量、品質のばらつきが大きくなっています。

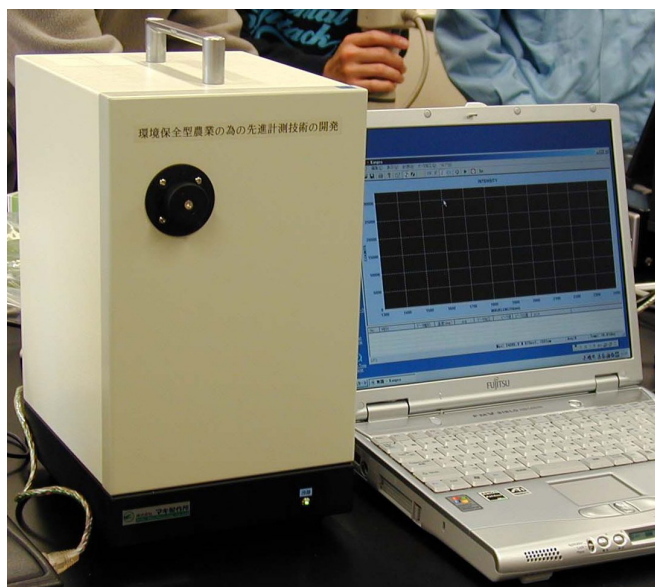
樹の栄養状態を良好に保つためには、いつでも簡単に葉中窒素量を測定できる技術が役立ちます。しかし、これまでは適切な方法がありませんでした（「コラム」参照）。

そこで、葉に近赤外線を当てると葉の成分によって吸収パターンが異なることを利用した、ポータブル型近赤外分光器による非破壊・迅速な葉中窒素含量の測定方法を開発しました。また、その測定結果を用いるウンシュウミカンの窒素栄養診断法も開発しました。

測定装置と測定の原理

測定に用いる装置を図1に示します。なお、現在のところ、装置に付属のソフトウェアの他に、データ処理のための市販ソフトウェア（CAMO社 The Unscrambler）が必要になります。

測定は、近赤外分光法によって行います。近



メーカーと共同開発した可搬型近赤外分光器。大きさは高さ320×幅190×奥行230 mm、重量8.5 kgで、電源はAC100Vを使用。光源は13Wのハロゲンランプで、回折格子により分光した1,300～2,400 nmの近赤外光を、直径9.5 mmの円形窓を通して、1 nm間隔に1回0.8秒でスキャンしながら試料に照射します。葉から反射してきた光をPbS（硫化鉛）センサーで検知し、連続した吸収スペクトルを得ます。サンプルの葉は、前面のバネ式のキャップを手前に引いてできた隙間にはさみ込みます。

図1 可搬型近赤外分光器

赤外線は、波長が約 700 ～ 2,500 nm (ナノメートル、1mm の 100 万分の 1) の電磁波で、赤い光よりも波長が長く目には見えない光です。測定装置を用いてミカンの葉に近赤外線を当てると、波長によって吸収される程度が異なり、どの波長がどの程度吸収されるかは葉に含まれる成分の種類や量によります。したがって、あらかじめ、葉中窒素量と吸収される波長の関係を調べて検量線を作成しておけば、測定装置で葉からの反射光を測定するだけで、窒素含量を計算で求めることができます。

測定の手順

測定手順の流れを図 2 に示します。分光器の暖機運転の後の詳細な手順は次のとおりです。

図 1 のように、装置の前面に葉をはさむキャップが付いています。キャップの裏が白色板になっており、測定の最初に一回、葉のない状態でこれを測定します。

続いて、生の葉の測定を行います。キャップはバネ式になっており、手前に引いてできた隙間に葉をはさみ込みます。ツルツルした葉の表を内側（光の当たる側）に向け、葉脈の主軸がかからないようにセットして測定します。測定操作は専用ソフトを使って簡単に実行できます。窒素計測には 1ヶ所の測定で十分であり、1ヶ所を 8 回計測した平均値を使用します。葉 1 枚の測定時間は約 8 秒です。そして、計測データをデータ処理ソフトウェアで処理することで、葉中窒素量を

算出します。なお、検量線（「コラム」参照）は、ケルダール法による測定値（主にタンパク態窒素で、以下、ケルダール窒素と呼びます）を用いて作成したものと、CN コーダーによる測定値（硝

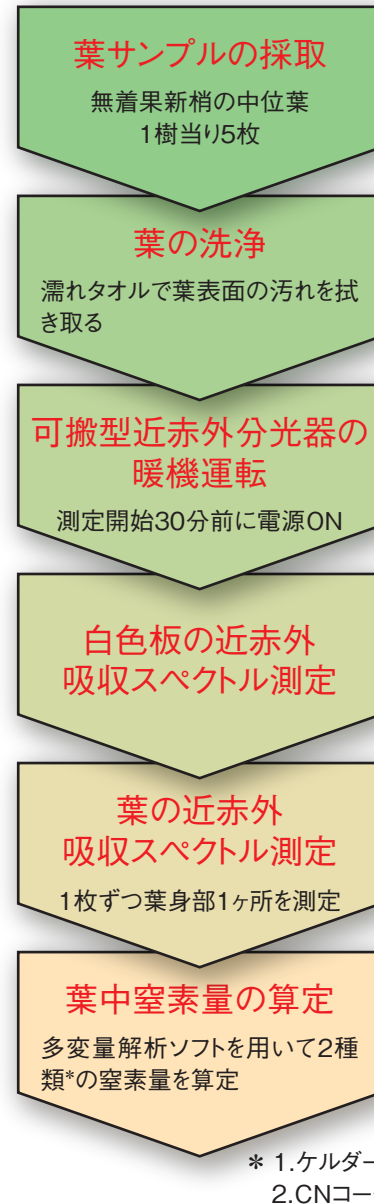


図 2 測定手順

コラム① これまでの栄養診断法

葉の分析による果樹の栄養診断法は 1970 年代はじめに確立されましたが、時間と労力のかかる化学分析では 8 ～ 9 月に 1 回のみ診断であり、多数の園地や樹のきめ細かな診断は不可能です。葉色板や葉緑素メーター (SPAD) による葉色診断も提唱されましたが、簡便ながら診断精度に問題があり、利用されていません。また、RQ フレックスによる葉柄汁液の窒素測定も検討されましたが、診断時期が 7 ～ 8 月に限定される上に測定精度が低いことから、実用化には至っていません。

窒素栄養の診断法

酸態や遊離アミノ酸を含む全窒素で、以下、CNコーダー窒素と呼びます）を用いて作成したものとがあるので、ケルダール窒素とCNコーダー窒素の両方を測定できます。

これら窒素の測定精度を、図3、図4に示しました。予測誤差の標準偏差は0.132～0.134%で、未知サンプルの約8割は予測誤差0.17%以内に入り、実用上問題のない測定精度です。

この技術による測定値を、ウンシュウミカンの高品質・連年生産のための窒素栄養の診断に活用する方法を述べます。

樹の栄養状態を診断するには、無着果新梢の中位にある春葉を、1樹当たり5枚程度採取して測定します。葉が硬化した7月中旬頃から測定できます。1年に7月中下旬、9月上旬、11月下旬、3～4月上旬の4回測定すれば、樹の栄養状態を正確につかむことができます。いつの時期から始めても構いません。

7～9月の生育期には2.7%以上のケルダール窒素および2.9%以上のCNコーダー窒素があれば良好と判断できます（図5）。ケルダール窒素は秋季に一旦減少しますが、11月下旬頃には7～9月と同じ水準まで回復しているのが望ましい状態です。また、3～4月上旬には、ケルダール窒素で2.6%以上、CNコーダー窒素で3.0%以上が必要であり、これ以下では樹が衰弱する傾向にあると言えます（図6）。

7～9月の葉中窒素量が不足すると果実肥大や収量が低下する傾向にあり、極端に欠乏すると果実品質（糖、酸、果皮色など）にも悪影響を与えます。不足と診断された場合には、窒素系の液肥を葉面散布します。また、3～4月上旬の葉中窒素量は樹の貯蔵窒素量を反映しており、貯蔵窒素は4～6月の発芽、開花、新梢伸長の原動力となる大切なものです。これが不足と診断された場合には、年間の施肥量や施肥時期を見直したほうが良いでしょう。

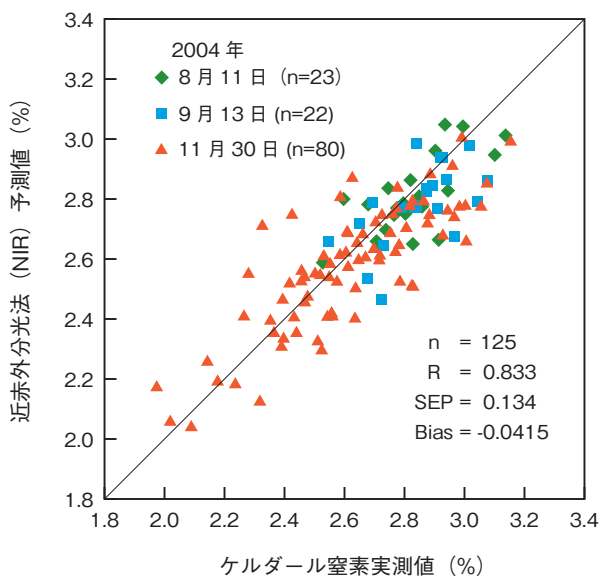


図3 ミカン葉中ケルダール窒素測定精度

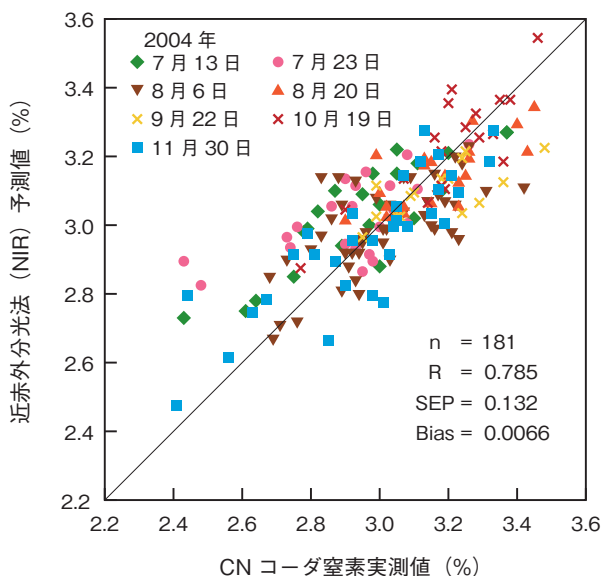
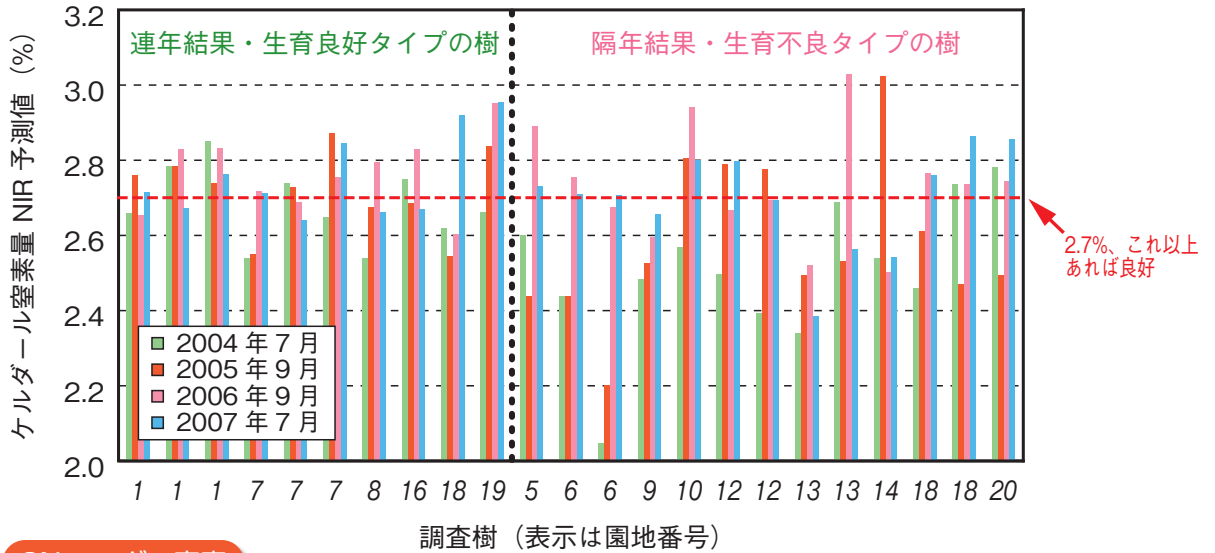


図4 ミカン葉中CNコーダー窒素測定精度

ケルダール窒素



CN コーダー窒素

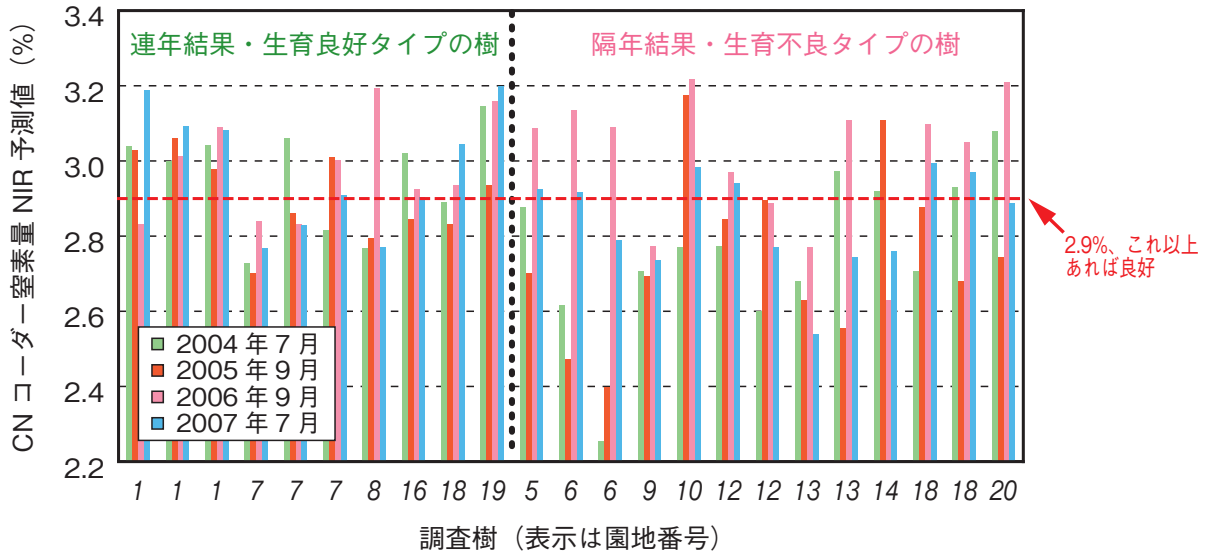


図5 連年結果樹と隔年結果樹の7～9月葉中窒素量の違い (有田川町金屋地域)

コラム② 検量線の作成

現在、付属ソフトには検量線作成機能や検量線の登録と演算、結果表示機能がないため、市販の多変量解析ソフトが別途必要になります。

検量線の作成は、以下のようにして行いました。

測定装置によるスペクトルデータ (波長毎の吸収量データ:吸光度) は、CSV 形式のファイルで保存され、自由に本体から取り出すことができます。ベースラインを補正し成分によるスペクトル変化を顕在化させるために、Savitzky-Golay 法による二次微分処理を行います。さらに、各波長におけるサンプル間の吸光度変化を同じ尺度で比較できるように、正規化処理を行います。そして、1600～2300 nm の 2 nm 間隔データを用いて、PLS 回帰分析法により検量線を作成しました。目的変数となる窒素含量の実測値には、本文で述べたとおり、ケルダール法および CN コーダーで測定した値の 2 種類を用い、それぞれに検量線を作成しました。

単位収量の年次推移



葉中ケルダール窒素量の季節推移



図6 収量や新梢量が異なる樹の葉中窒素量季節推移の違い (有田市 A 園の事例)

さいごに

本測定法では、1 樹当たり数分間で迅速にケルダール窒素および CN コーダー窒素含量が測定できます。季節を追った測定値を活用すれば、窒素栄養状態を正確に診断することができ、高品質果実生産に必要なきめ細かい窒素栄養管理が可能になります。

今後、装置に専用のデータ解析ソフトが付属されれば、本装置だけで、誰でも簡単に窒素含量の測定が可能になります。

また、他の成分についても検量線が作成でき

れば測定可能であり、利用範囲はもっと広がることが期待できます。

参考文献

- 石原正義. 「果樹の栄養診断」. 農山漁村文化協会. 1982.
- 高辻豊二. 農業技術体系, 果樹編, カンキツ. 施肥と土壌管理II, 施肥の基本と施肥設計. 農山漁村文化協会. p.145-154. 1987.
- 高野和夫・妹尾和憲. 近赤外分光方法によるモモ生葉中無機成分の非破壊測定. 岡山農総セ農試研報. 18. p.29-33. 2000.

お問い合わせはこちらへ

近畿中国四国農業研究センター

〒765-8508 香川県善通寺市仙遊町 1-3-1

電話 0877-63-8107

FAX 0877-63-1683

E-Mail www-wenarc@affrc.go.jp