

農産物不良センシング技術の研究

- ソラマメ内部の「しみ症」の検出 -

電子部 久保 敦, 仮屋 一昭, 上園 剛, 尾前 宏, 伊藤 博雅*

Study on Sensing Defect of Agricultural-Products - Detection of Browning Spot of Seed Skin of Broad Bean -

Atsushi KUBO, Kazuaki KARIYA, Tsuyoshi UEZONO, Hiroshi ONOMAE and Hiromasa ITO

ソラマメ内部の種皮に現れるしみ様の褐変について、非破壊で検出するために、カルシウム含量、近赤外分光スペクトル、水分含量の測定を行った。しみ症の発生原因とされるカルシウムについては、しみ症の有無で相違を見ることはできなかったが、近赤外分光スペクトル及び水分含量の測定により、しみ症と水分について関係が深いことが分かった。水分含量を測定する方法としてインピーダンスの測定を試み、相関を確認した。

1. 緒言

鹿児島県は、全国でも有数のソラマメ産地であり、県内の主な産地のソラマメは、「かごしまブランド」の指定を受け、品質等の向上に取り組んでいる。

ソラマメは鮮度保持のため莢付きの状態でも出荷されるが、ソラマメの種皮にしみ様の褐変が発生し（以下、「しみ症」という。）、消費者が莢を開くまでしみ症かどうか分からず、問題になっている。

このため、出荷段階でしみ症を非破壊で（ソラマメの莢を開くことなしに）検出する方法の開発が要望されている。

県農業試験場では、しみ症の発生原因や防止対策のための研究^{1), 2)}がなされており、しみ症の発生原因は、カルシウム不足で、施肥により発生を抑制することができるが、しみ症の発生を皆無にするには至っていないと報告している。

このしみ症は、子実の種皮部に現れ（図1）、莢の外観から判別することはできず、X線画像（図2）でも、子実の形状と、子実の厚い部分が黒く観察されるのみで、しみ症の判別は困難である。



図1 ソラマメしみ症

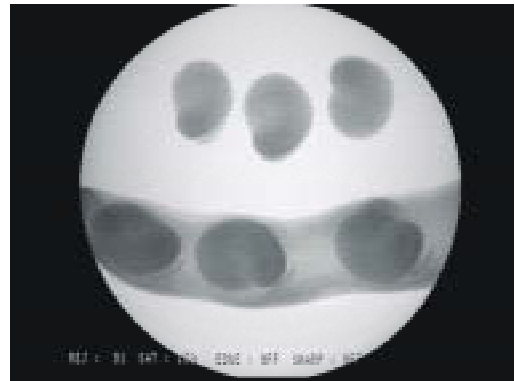


図2 X線画像

そこで今回は、しみ症の特徴を示すと思われる子実中のカルシウム含量、近赤外分光スペクトル³⁾、水分含量、インピーダンスについて検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 供試試料

測定には県農業試験場から提供を受けたソラマメ（品種：ハウス陵西）を用いた。

2.2 カルシウム含量の測定

しみ症子実9個、及びしみ症の発生のない（以下、「健全」と言う。）子実9個を、凍結乾燥させ、種皮を剥ぎ取り、灰化、酸分解し、原子吸光光度計（パーキンエルマー社AAAnalyst800）でカルシウム含量を測定した。

2.3 近赤外分光スペクトルの測定

しみ症子実22個、健全子実22個の近赤外分光スペクトルを測定した。測定に用いた装置は、ブラン・ルーベ社500型で、子実を粒サンプル用のオリブカップにセットし反射法で、波長650nm～2500nmまで2nmステップで測定した。

2.4 水分含量の測定

しみ症子実14個、健全子実14個を減圧加熱乾燥させ水分

*企画情報部

含量を測定した。莢付きの状態で、しみ症7個、健全7個の水分含量を同様に測定した。

2.5 インピーダンスの測定

子実のインピーダンスは、図3に示すような装置で、子実の上下に平板電極を配置し、電圧1Vrms、周波数50Hz～1MHzで容量値及び抵抗値を測定した。

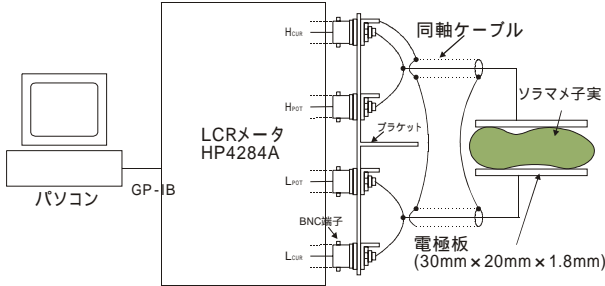


図3 インピーダンスの測定

3. 結果及び考察

3.1 カルシウム含量の測定

カルシウム含量の測定結果を図4に、その統計値を表1に示す。しみ症の有無によりカルシウム含量で、t検定を行ったところ0.031で有意水準5% (t分布表=1.746) で有意差は見られなかった。

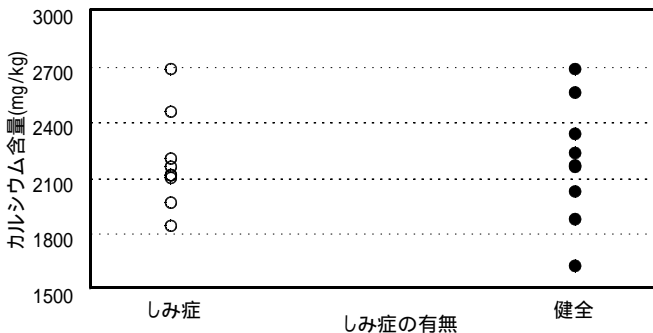


図4 しみ症の有無とカルシウム含量

表1 しみ症の有無とカルシウム含量の統計値

	データ数	平均値	標準偏差	標準誤差
しみ症	9	2180	325	109
健全	9	2180	251	84

カルシウム含量の単位：mg/kg

3.2 近赤外分光スペクトルの測定

ソラマメ子実の近赤外スペクトルを図5に、二次微分スペクトルを図6に示す。二次微分スペクトルの特徴を表すピークが符号が反転されて表現され、波長1420nm及び1900nmに鋭いピークが現れている。これは炭水化物の帰属波長1440nm及び1900nmの近傍と思われる。また、波長780nm, 890nm, 980nm, 1170nm, 1470nm, 1790nmに比較的小さなピークが現れている。これは水、タンパク質、脂質等ソラマメの成分の帰属波長の近傍と思われる。

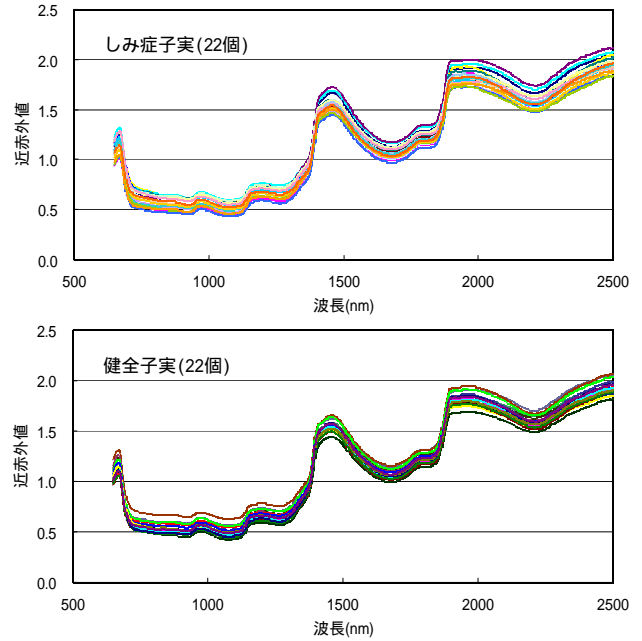


図5 子実の近赤外スペクトル(上:しみ症, 下:健全)

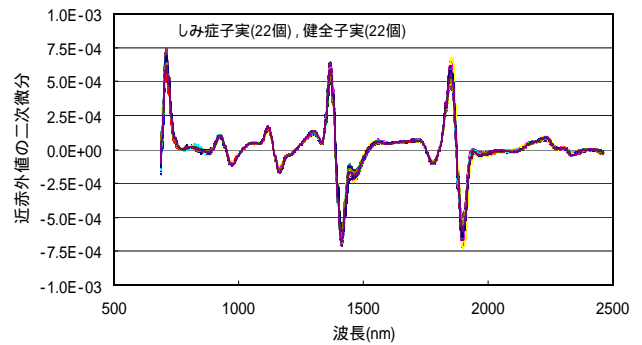


図6 二次微分スペクトル

近赤外波長域800nm～2500nmのうち1100nm以上の近赤外波長域は、一般に水分50%～60%以下の対象物の測定に利用されている。食品分析表によると可食部のソラマメの水分は約70%であることから、波長1100nmまでの近赤外値について、しみ症の有無によりt検定を行った(図7)。

波長700nm～810nmまで有意水準1% (t分布表=2.423) で有意差が見られた。

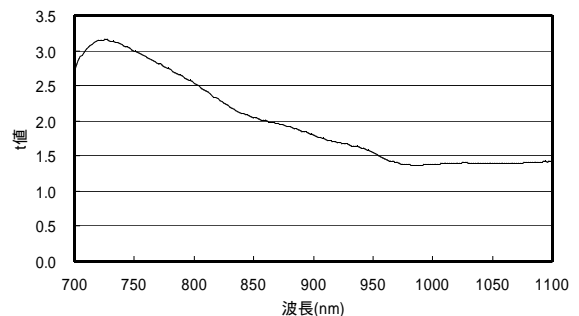


図7 近赤外値のt検定

測定装置に付属のスペクトル解析ソフトウェア (Sesami Ver3.1) を利用し解析を行った。解析にあたり, しみ症を定量化するために, 表皮部分のしみ症を剥ぎ取り, 重量を測定し, 表皮との割合を求めた。図8にしみ症の定量値のヒストグラムを示す。スペクトルの前処理として正規化を行い, 44スペクトルの内39スペクトルを検量線作成用に, 残り5スペクトルを検量線予測用に設定し, 近赤外値としみ症の定量値で重回帰分析を行った。

ソフトウェアから自動で選択された波長は, 780nm, 1058nm, 2478nmで重相関係数は0.92, 検量線作成時の標準誤差は2.1, 検量線予測時の標準誤差は2.4となった。

第1波長に選択された波長780nmは水の帰属波長の近傍である。

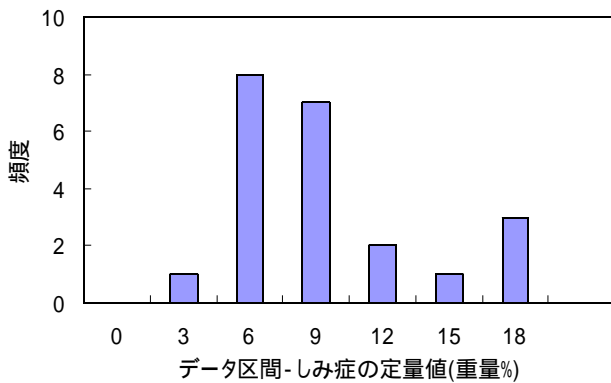


図8 しみ症の定量値のヒストグラム

3.3 水分含量の測定

子実の水分含量についてしみ症の有無により, t検定を行ったところ8.293で有意水準1% (t分布表 = 2.479) で有意差が見られた。表2に統計値を示す。

莢付きの状態でも同様に, t検定を行ったところ2.267で有意水準5% (t分布表 = 1.872) で有意差が見られた。表3に統計値を示す。

どちらの場合でもしみ症が有れば水分含量が多い傾向が見られた。

表2 ソラマメ子実の統計値

子実	データ数	水分含量の 平均値	標準偏差	標準誤差
しみ症	14	77.5	2.9	0.8
健全	14	68.2	3.1	0.8

水分含量の単位: 重量%

表3 ソラマメ莢付きの統計値

莢付き	データ数	水分含量の 平均値	標準偏差	標準誤差
しみ症	7	83.3	2.6	1.0
健全	7	80.2	2.7	1.0

水分含量の単位: 重量%

3.4 インピーダンスの測定

インピーダンスの測定値と減圧加熱乾燥して求めた水分含量で重回帰分析を行ったところ, 周波数5kHzで水分含量とインピーダンスに高い相関が見られた (図9)。

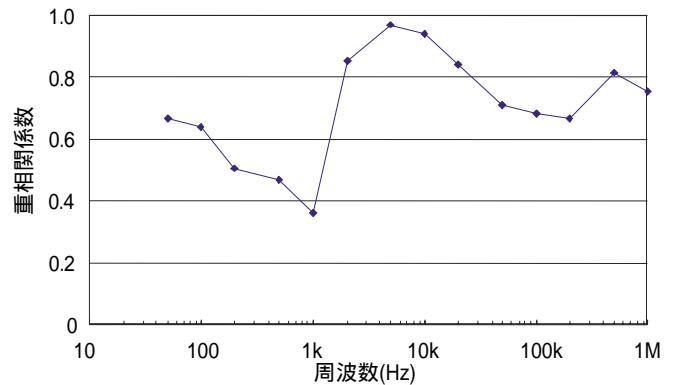


図9 周波数と重相関係数

4. 結 言

今回の検討により, 次のようなことが分かった。

- (1) しみ症検出の一つの手段と考えられたカルシウム含量について測定した結果, 統計的な有意差は認められなかった。
- (2) しみ症の程度を定量化し, 近赤外スペクトルで重回帰分析した結果, 重相関係数が0.92と高く, 比較的良好な検量線を得ることができた。
- (3) しみ症のソラマメ子実には健全な子実に比べ水分含量が多い。また, 有意水準5%ながら, 莢付きのソラマメも同様の傾向が見られた。
- (4) 水分含量の違いを, 非破壊で検出する方法として, インピーダンスを測定する方法を試み, ソラマメ子実の水分含量とインピーダンスに周波数5kHzで高い相関が見られた。

謝 辞

本研究を行うにあたり, ご指導をいただいた独立行政法人食品総合研究所分析科学部非破壊研究室の河野室長, 並びにご協力をいただいた宮崎県食品開発センター応用微生物部岡崎主任技師, 試料の提供をいただいた鹿児島県農業試験場園芸部三角主任研究員に深く感謝します。

参 考 文 献

- 1) 田布尾尚子ら: 九州農業研究, 55, 59 (1993)
- 2) 福崎国隆ら: 九州農業研究, 62, 146 (2000)
- 3) 岩元睦夫, 河野澄夫, 魚住純: 近"赤外分光法入門", 幸書房

