

丹波黒大豆エダマメの収穫適期判定スケールの開発とその利用方法

廣田智子*・田畑広之進*・福嶋 昭**・井上喜正*

要 約

丹波黒大豆エダマメの収穫に適した成熟度を把握し、収穫適期の判定基準を明らかにするために、収穫適期判定スケールを開発した。

- 1 莢の厚さと莢色の変化は丹波黒大豆エダマメの収穫適期を示す良い指標となる。収穫適期の判断基準は、莢の厚さは12mm以上で、莢色がわずかに黄化した程度(黄化度110~130)とした。
- 2 収穫適期判定スケールは、莢の厚さを測る目盛(12mmと14mm)と莢色カラーチャート(5色票)を組み合わせて作製した。
- 3 スケールは収穫始めから終わりまでを判定できる。収穫適期を判定するカラーチャートは、色調重視から食味重視まで消費者ニーズに応じることができるよう3段階に区分して作製した。

Utilization of Scale as the Practical Guide to Evaluate the Optimum Maturity for Harvest in Immature Black Soybean 'Tanbaguro' (Edamame)

Tomoko HIROTA, Konoshin TAHATA, Akira FUKUSHIMA and Yoshinobu INOUE

Summary

To clarify an optimum maturity for harvest and to determine a good harvesting index of 'Tanbaguro' edamame, a scale was developed.

- (1) The thicknesses and the changing color of pods are one of the good indexes of the optimum maturity for harvest in edamame. The thicknesses of over 12mm and etiolation value of 110~130 of pods were defined as the evaluative standard of the optimum maturity for harvest.
- (2) A scale for the evaluation of the optimum maturity for harvest was composed of graduations (pods thicknesses: 12mm, 14mm) and pods color charts (five color groups).
- (3) The scale was used well from the beginning to the end of a harvest period. Color charts using the evaluation of the optimum maturity for harvest were classified into three color groups to meet the demand of a consumer (based on color and taste).

キーワード：丹波黒大豆，エダマメ，収穫適期，スケール

緒 言

丹波黒大豆のエダマメは、粒が大きく、食べ応えのある食感やほんのり黒豆を感じさせる独特の甘み、香りを持ち、その需要が近年増加している¹⁾。丹波黒大豆エダマメの優位性を保つためには、品質のそろった食味のよい商品を消費者に提供することが必要である。

丹波黒大豆エダマメは、10月中旬の約2週間が収穫期とされている^{1, 2)}。一般的なエダマメと比べると、丹波

黒大豆エダマメは、比較的長い収穫期間中に大きさ、色調、成分が大きく変化する^{1, 2)}。そのため、丹波黒大豆エダマメでは収穫適期の把握が重要である。しかし、収穫適期の判断は生産者の勤や経験に頼る部分が多い。

前報²⁾では、エダマメの収穫時期の違いが品質および官能評価に及ぼす影響について調査を行い、莢の厚さや莢色の着色程度から収穫期を判断できる可能性を報告した。本報では、丹波黒大豆のエダマメとしての収穫適期を判定するため、生産現場で測定できる形質として莢の厚さと莢色の変化を取り上げ、収穫適期判定スケールを開発した。開発した収穫適期判定スケールについて、株内での莢の最適な測定部位とスケールの実用性について

2003年8月29日受理

* 農林水産技術総合センター部長 (食品加工流通担当)

** 農林水産技術総合センター北部農業技術センター

も検討した。

材料及び方法

1 供試材料および調査方法

供試材料には兵庫県立農林水産技術総合センター北部農業技術センター（兵庫県朝来郡和田山町）のほ場で栽培した丹波黒大豆エダマメ（系統：兵系黒3号）を用いた。

着莢位置が品質に及ぼす影響を調べるため、2002年10月15日に1株の1枝毎（主莖節と分枝節のうち莢の着いている枝、下位から調査）に2粒莢と1粒莢について莢の厚さ、重量、色調について調査した。調査は3反復行った。

収穫期における品質変化を調査するため、2002年10月2日から10月29日まで1週間毎に計5回、各2～3株（もぎ莢約1000g）ずつ収穫した。調査は、収穫直後の莢の厚さ、色調、子実中の水分含量について測定した後、もぎ莢を約25倍量の沸騰水中で5分間ブランチングを行った。水冷・水切り後、ブランチングしたサンプルの子実の色調について測定し、その後、分析時まで2か月間-25℃で保存した。糖含量の測定は凍結したサンプル（子実）を用いて行った。

スケールの実用性を明らかにするため、2002年10月29日に着色程度が異なる莢を収穫し、カラーチャートの色票3、色票4、色票5に相当するものにわけた。調査は、収穫直後の莢の色調と子実中の水分含量、ブランチング5分間後の子実の硬さについて行い、糖含量の測定は凍結したサンプルを用いて行った。

2 測定・分析方法

莢および子実の色調やカラーチャートの色調は、分光式色差計（日本電色工業製SE2000型）を用いて測定した。測定は5反復行った。莢の色調は、CIE Lab表色系⁹⁾のL値、a値、b値について測定し、黄化度として $L \times b / |a|$ 値を算出した。子実の色調は、a値、b値について測定し、彩度として $\sqrt{(a^2 + b^2)}$ 値を算出した。カラーチャートの色調は、L値、a値、b値、 $L \times b / |a|$ 値（黄化度）、色差として ΔE (Lab) 値 ($\sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$) を測定した。色票間色差は、色票間の色差の差を示し、値が大きいほど色票間の比色がしやすいことを示す。

糖含量（ショ糖および麦芽糖）の定量は以下の方法で行った。凍結子実（種皮を含む）を80%エタノール中で磨砕し、残さからは80%エタノールで同様に2回抽出した。抽出液をメンブレンフィルター（0.45 μm）に通してサンプル液とした。分離カラムに島津製 Shim-Pack

CLC-NH₂（6×150mm）を用い、アセトニトリル：水：メタノール（75：15：10）を移動相とした高速液体クロマトグラフ（島津製 LC-9A型）で分離し、示差屈折計（島津 RID-6A型）で定量した。測定は2反復行った。

子実の硬さは、レオメーター（フドー製 NRM-3002D型）を用いて測定した。子実（種皮を含む）は厚さを二分する面で半割にして試料ステージにのせ、ステージを2 cm min⁻¹の速度で上昇させ、固定された棒型プランジャー（直径3 mm）が子実を3 mm突き刺した状態の時の最大荷重を測定し、子実の硬さとした。測定は10反復行った。

3 収穫適期判定スケールの作製

丹波黒大豆エダマメの収穫適期判定スケールは、莢の厚さを測る部分と莢色のカラーチャートを組み合わせて構成した。莢色カラーチャートの作製は、鈴木ら⁹⁾や山崎ら^{8, 10)}の方法に基づいて行った。すなわち、未熟な莢から過熟な莢まで段階的に典型的な莢を集めた。莢サンプルはその色調に基づいてほぼ等差的に5段階に配列し、次に莢色をみながら等色の色票を作製した。莢の厚さを測定する部分（目盛）は、収穫始めの基準となる目盛と大きさの規格をそろえるために用いる目盛の2種類とし、スケール上に構成した。

結 果

1 着莢位置が莢の厚さ、重量、色調に及ぼす影響

2002年10月15日収穫のエダマメについて、2粒莢の厚さは平均12.7mm、重量は平均5.0gで、着莢位置の違いによる差はほとんどみられなかった（表1）。莢の色調（黄化度）は平均112で、株内でややバラツキがみられたが、着莢位置の違いによる一定の傾向はみられなかった。

2 収穫期における莢および子実の品質変化と収穫適期の判定

収穫期における莢の厚さと色調の変化を図1に、子実中の成分変化を図2に示した。莢の厚さは10月上旬にかけて増加し、約13mmに達した後、ゆるやかに増加した。莢の色調は、10月上旬では緑色で、10月中旬まではわずかに黄化が進んだ程度であったが、10月下旬以降急激に莢の黄化が進んだ。子実の色調は、10月上旬では緑色であったが、収穫時期が遅くなるにつれて彩度が低下し黒紫色に変化した。子実中の水分含量は、10月上旬では75%あったが、収穫時期が遅くなるにつれて低くなり、10月下旬以降急激に低下した。子実100gあたりの全糖含量は、10月上旬には2.1gあったが、収穫時期が遅くなるにつれて増加し、10月中下旬には3gを超えた。

1999年から2002年までの収穫期における品質特性のデータを総合し、莢の厚さと莢色を基準にして丹波黒大豆エ

表1 着莢位置の違いが莢の厚さ、重量、色調に及ぼす影響 (2002年)

着莢位置 ^{a)}	2粒莢		1粒莢		莢の色調 黄化度 ^{b)}
	厚さ(mm)	重量(g)	厚さ(mm)	重量(g)	
1枝目	12.7±0.4 ^{a)}	4.8±0.4a	11.4±0.5a	2.3±0.2a	106.5±3.5bc
2枝目	12.2±0.3a	4.4±0.4a	11.6±0.3a	2.5±0.1a	112.2±4.8abc
3枝目	13.7±0.3a	5.7±0.2a	12.9±0.3a	2.8±0.1a	120.9±5.2ab
4枝目	12.6±0.3a	5.2±0.3a	13.0±0.3a	3.1±0.1a	98.2±3.5c
5枝目	11.7±0.3a	4.1±0.3a	12.5±1.2a	2.6±0.7a	130.5±9.9a
6枝目	12.8±0.3a	5.3±0.3a	13.1±0.4a	2.9±0.2a	110.7±3.5bc
7枝目	12.9±0.2a	4.6±0.3a	11.8±0.6a	2.4±0.2a	103.5±6.4bc
8枝目	12.9±0.4a	5.2±0.2a	12.4±0.5a	2.8±0.2a	116.3±9.3abc
9枝目	13.0±0.4a	5.4±0.2a	12.9±0.3a	3.0±0.2a	107.3±3.9bc
株平均	12.7±0.1	5.0±0.1	12.5±0.2	2.8±0.2	111.8±2.3

調査日：2002年10月15日

a) 着莢位置：主茎節と分枝節のうち莢の着いている枝について下位から調査

b) 黄化度： $L \times b / |a|$ 値、値が高いほど黄化程度が進む

c) 平均値±標準誤差

d) 同一列の異なるアルファベットは Tukey 法の多重比較において 5%水準で有意差あり

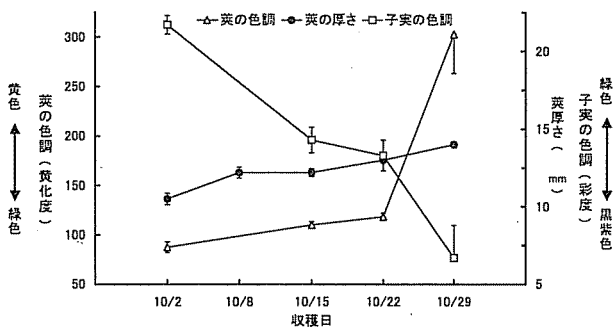


図1 エダマメ収穫期における莢の厚さおよび色調の変化(2002年)
黄化度(収穫直後): $L \times b / |a|$ 値、値が高いほど黄化程度が進む
彩度(プランテング後): $\sqrt{a^2 + b^2}$ 値、値が高いほど黒紫色に着色する
図中の垂線は標準誤差を示す

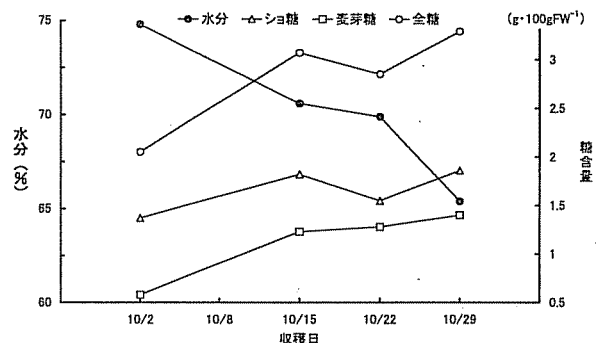


図2 エダマメ収穫期における成分含量の変化(2002年)
水分含量は収穫直後のサンプルについて測定
糖含量(g/100gFW)はプランテング5分後に冷凍保存したサンプルを測定

< 収穫期 >

	9月第4週	10月第1週	10月第2週	10月第3週	10月第4週	11月第1週
莢の厚さ	10mm以下	10mm~12mm	12mm~13mm	13mm	13mm~14mm	13mm~14mm
莢色 (莢黄化度)	濃緑色 (100以下)	緑色 (100~110)	黄緑色 (110~120)	黄緑色 (やや黄化) (110~130)	薄黄緑色 (130~200)	薄黄色 (200以上)

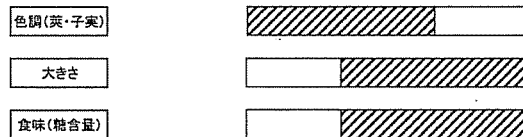


図3 丹波黒大豆エダマメの収穫適期の判定
1999年~2002年までのデータを総合し、莢の厚さと莢色を基準にしてモデル化した
▨: 収穫適期、□: 収穫可能期

エダマメの収穫適期をモデル化した(図3)。エダマメ収穫期における品質特性は、莢の厚さが12mmを超えた時期から莢の大きさや食味の評価が高くなり、莢色の黄化が進むにつれて莢および子実の外観評価が低くなった。収穫適期の判定基準は、莢の厚さと莢色とに対応させることができ、莢の厚さが12mm以上、莢色はわずかに黄化した

程度の黄化度110から130の範囲とした。収穫最適期は、莢の厚さが増し、糖含量が高く、食味評価が高く、莢色の黄化程度が進みすぎない時期で、10月中旬の1週間程度であった。莢および子実の色調を重視する場合には収穫期前半(10月上旬)、大きさや食味を重視する場合には収穫期後半(10月下旬)のものも収穫が可能であった。

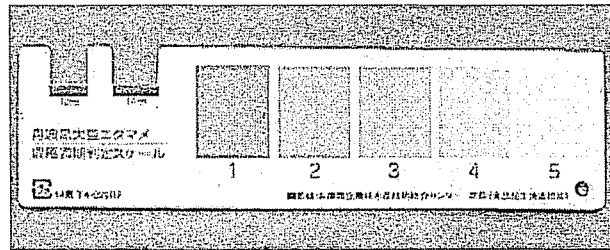


図4 莢の厚さと莢色カラーチャートを組み合わせた収穫適期判定スケール

表2 収穫適期判定スケールの莢色カラーチャートの色特性

色票 No.	L値	a値	b値	黄化度	色票間色差	エダマメの特徴
1	44.7	-17.4	21.2	54.4	>2.8	未熟(収穫不適)
2	51.8	-18.8	27.9	76.9	>3.4	色調重視
3	63.3	-19.8	35.8	114.5	>7.1	色調・食味共に良い
4	72.5	-14.1	36.2	185.5	>8.4	食味重視
5	76.6	-7.5	30.6	311.9		過熟(収穫不適)

L値：明度、a値：+赤～-緑、b値：+黄～-青

黄化度： $L \times b / |a|$ 値、値が高いほど黄化程度が進む

色票間色差： $\Delta E(Lab)$ 、値が大きいかほど色票間の比色がしやすい

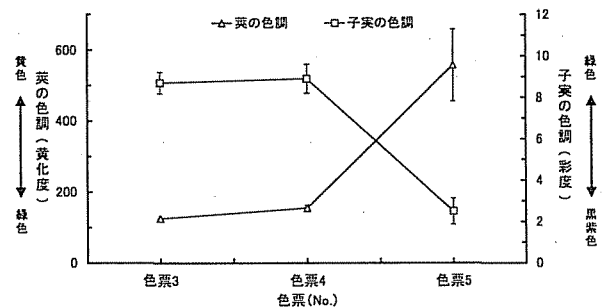


図5 同一収穫日(10/29)における莢着色度別の色調の変化(2002年)
色票の色特性は表2に示す
黄化度(収穫直後): $L \times b / |a|$ 値、値が高いほど黄化程度が進む
彩度(プランチング後): $\sqrt{a^2 + b^2}$ 値、値が高いほど黒紫色に着色する
図中の垂線は標準誤差を示す

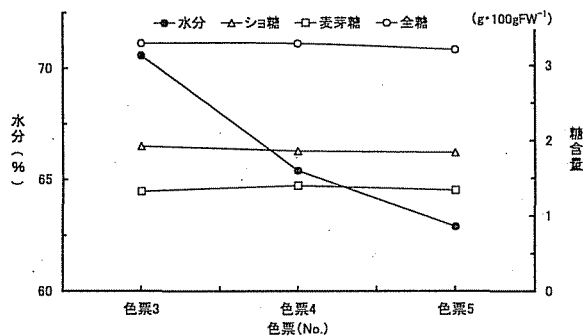


図6 同一収穫日(10/29)における莢着色度別の成分の変化(2002年)
色票の色特性は表2に示す
水分含量は収穫直後のサンプルについて測定
糖含量($g \cdot 100gFW^{-1}$)はプランチング5分後に冷凍保存したサンプルを測定

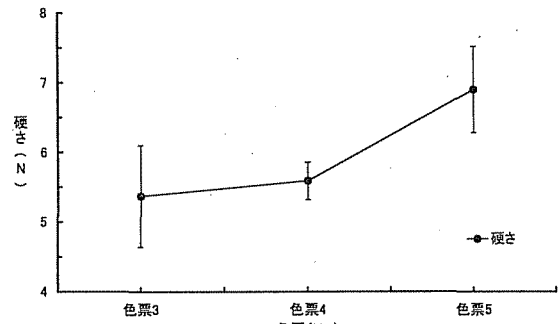


図7 同一収穫日(10/29)における莢着色度別の硬さの変化(2002年)
色票の色特性は表2に示す
子葉の硬さはプランチング5分後のサンプルについて測定
図中の垂線は標準誤差を示す

3 収穫適期判定スケールの作製

莢の厚さと莢色カラーチャートを組み合わせて構成した収穫適期判定スケールを図4に、莢色カラーチャートの色特性について表2に示した。カラーチャートは未熟な莢に相当する濃緑色の色票1から過熟な莢に相当する薄黄色の色票5まで5段階に区分した。収穫適期は、色票2の色調重視、色票3の色調・食味ともに良い、色票4の食味重視の3段階に区分した。作製したスケールの色票間の色差は平均5.4と大きく、比色しやすいカラーチャートとなった。収穫始めを判定する際に使用する色票1と色票2の間の色差は2.8と小さくやや比色しにくかった。収穫終わりを判定する際に使用する色票4と色票5の間の色差は8.4と大きく比色しやすかった。

莢の厚さが12mmを超えた時期から莢の大きさや食味の

評価が高くなることから、収穫始めの基準となる目盛の幅は12mmとした。莢を12mm幅の目盛に通し、莢の厚さが通らない(莢の厚さが12mm以上となる)時点を収穫始めとして判定することで、カラーチャート(色票1~2の間)の比色のしにくさを補った。収穫期後半には莢の厚さが14mmを超える莢もでてくるため、冷凍エダマメ原料など莢の大きさをそろえるために莢の厚さを測る14mm幅の目盛を作製した。

4 スケールの実用性

スケールの実用性について検討するため、収穫期後半の同一収穫日(2002年10月29日)に莢色が色票3、色票4、色票5に相当するものにわけて品質を調査した。莢着色度別の色調の変化について図5に示した。莢の色調は、色票3の莢に比べて色票4の莢はやや黄化度が高い

程度であったが、色票5の莢の黄化度は急激に高くなった。子実の色調は色票3と色票4の莢ではほとんど変わらずわずかに黒紫色がかかった程度であったが、色票5の莢は種皮全体が黒紫色に着色した。莢着色度別の成分の変化について図6に示した。子実中の水分含量は、莢色が色票3から色票5に変化するにつれて低下した。糖含量は色票3から色票5までの莢着色度の違いに関係なくほとんど変わらなかった。莢着色度別の硬さの変化について図7に示した。子実の硬さは、色票3と色票4の莢ではほとんど変わらなかったが、色票5の莢は子実が硬くなった。

考 察

丹波黒大豆の開花時期は同一株内であっても花によって開きがあり、莢の登熟時期も同じではない。そこで、エダマメ収穫期における株内の着莢位置が莢の大きさや色調に及ぼす影響について調査し、収穫適期を判定する際の莢の最適測定部位について検討した。エダマメ収穫期において、莢の厚さや重量は着莢位置の違いによる大きな差はみられなかった。莢の色調は株内でややバラツキがみられたが、着莢位置の違いによる一定の傾向はみられなかった。そこで、収穫適期の判定を行う際は、着莢位置に関係なく、株内において莢の成熟度（莢の厚さ並びに色調）が平均的な莢を用いればよいとした。

丹波黒大豆は、極晩生で生育期間が非常に長く、多くのエダマメの収穫期が夏場であるのに対して10月中旬である^{1,2,9}。黄大豆エダマメの「玉すだれ」では、アラニン、グルタミン酸等の呈味成分は収穫適期の2日～3日後には減少し、うま味が落ちるとされている^{5,9}。また、茶豆エダマメは、最も高温の盛夏期の収穫となるため、成熟の進み方が速いととも、食味が最もよいのが莢の厚さが8mmから10mmのときで、収穫適期幅は3日程度とされている⁹。一方、丹波黒大豆のエダマメとしての収穫適期の判断基準は、莢の厚さと莢色とに対応させて、莢の厚さが12mm以上、莢色はわずかに黄化した程度の黄化度110から130の範囲とした。収穫最適期は、莢の厚さが増し、糖含量が多く含まれて、食味評価が高く、莢色の黄化程度が進みすぎない時期で、10月中旬の1週間程度であった。莢および子実の色調を重視する場合には収穫期前半（10月上旬）、大きさや食味を重視する場合には収穫期後半（10月下旬）のものも収穫が可能であった。

エダマメ収穫期後半は、莢色の黄化が著しくてバラツキが生じやすく、収穫終わりの判定が難しい。スケールの実用性について検討するため、収穫期後半の同一調査日（10月29日）において莢着色度別に品質を調査した。

色票3と色票4の莢を比較した場合、莢の色調はわずかに黄化が進み、水分含量が低下したが、子実の色調、硬さ、糖含量はほとんど変わらなかった。収穫終わりの判定に関係する色票4と色票5の莢を比較した場合、莢の色調は黄化が著しく、子実の色調は黒紫色に着色した。糖含量の変化はみられなかったが、水分含量が低下し、子実が硬くなった。以上のことから、収穫終わりを判定する際のスケールの実用性は高い。

開発した収穫適期判定スケールの利用方法は以下の通りとした。収穫始めは、莢の厚さがスケール上の12mm幅の目盛を通らない時点とした。収穫適期は、莢の厚さが12mm以上で、莢色がカラーチャートの色票2～4に相当する範囲とした。収穫終わりは、莢色が色票4より黄化が進んだ時点とした。莢の厚さを測る14mm幅の目盛は、冷凍エダマメ原料など、大きさの規格をそろえるために用いることとした。実際の測定に際しては、色調が比較しやすいように直射日光が当たらないようにし、色票をはったスケールの上に莢をのせ、莢の色調と色票の色調を比較するものとした。

スケールの作製および適用試験は、1999年から2002年までの4年間、北部農業センターで栽培した丹波黒大豆（系統：兵系黒3号、6月上旬は種）を用いて行った。4年間行った調査において、収穫期にあたる開花後日数や日付は3日から7日程度のバラツキがみられたが、莢の厚さ、色調、成分含量の消長パターンは同様の傾向がみられた。このことから、収穫期における品質変化のデータを総合して、スケールの作製を行った。また、スケールの適用試験は兵庫県篠山市産の丹波黒大豆エダマメ（慣行栽培）も用いて行った。試験結果から、開発した収穫適期判定スケールは、兵庫県内の丹波黒大豆エダマメ慣行栽培（6月上旬は種）において適用可能とした。その他の栽培条件や異なる品種へのスケールの利用については、新たな適用試験が必要となる。

収穫適期判定スケールの特徴は、莢の厚さの目盛と莢色カラーチャートを組み合わせることで、収穫始めから終わりまでスケール上で判定できることである。このことから、生産現場で簡単に収穫適期を判定することができ、さらに店頭販売において消費者に丹波黒大豆エダマメの食べ頃を説明する等、付加価値をつけた販売も可能となる。また、スケールは、収穫期について色調重視、色調・食味共に良いもの、食味重視の3段階にわけて判定できるように構成した。収穫期を色調重視から食味重視まで3段階にわけることで消費者ニーズに応じた販売が行えるほか、用途別に販売することで収穫期の拡大が可能となる。

開発したスケールは、兵庫県内の丹波黒大豆エダマメ生産現場で統一的な収穫期の判定に活用できる。これにより、品質のそろった食味のよい丹波黒大豆エダマメを消費者に提供することが可能となる。

引用文献

- (1) 廣田智子・田畑広之進・福嶋昭・井上喜正(2000): 丹波黒ダイズのエダマメとしての収穫適期の判定と冷凍エダマメの品質に及ぼす収穫後の保存条件: 近畿中国農研 100, 33-37
- (2) 廣田智子・田畑広之進・福嶋昭・井上喜正(2003): 丹波黒大豆エダマメの収穫時期が品質に及ぼす影響: 兵庫農技総セ研報(農業) 51, 19-24
- (3) 今井弥生(1998): 色彩学・意匠学(家政教育社) 24-39
- (4) 小坂高司・島原作夫(1998): 丹波黒(兵庫県農林水産部) 31-33
- (5) 増田亮一・橋詰和宗・金子勝芳(1988): 冷凍枝豆の食味に及ぼす収穫後の貯蔵時間の影響: 日食工誌 35(11), 763-770
- (6) 増田亮一(1989): 野菜の冷凍(16) エダマメ: 冷凍 64(738), 359-376
- (7) 小野長昭(2000): 農業技術大系野菜編10(農山漁村文化協会) 基81-87
- (8) 鈴木勝征・山崎利彦・村瀬昭治・宮川久義・野方俊秀・水戸部満・森田彰(1981): 果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究(第3報) 成熟と果皮色との関係: 果樹試報 A8, 85-100
- (9) 山崎利彦・鈴木勝征(1980): 果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究(第1報) カラーチャートの色特性: 果樹試報 A7, 19-44
- (10) 山崎利彦・鈴木勝征・村瀬昭治・大竹智(1981): 果実の成熟度判定のためのカラーチャートの作成とその利用に関する研究(第2報) カキ‘平核無’のカラーチャートの色特性: 果樹試報 A8, 79-84