

分野：野菜・花き

ホウレンソウのルテイン含有量の安定化技術

試験研究計画名：健康の維持増進に有用な機能性成分高含有野菜の栽培実証と機能性表示食品の開発

地域戦略名：健康を維持増進する宮城県特産野菜による産地の差別化（宮城県）

研究代表機関名：宮城県・農業園芸総合研究所

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

宮城県では、特色ある地域野菜として、開張性品種のホウレンソウを冬季の寒気にさらして糖度を高めた「ちぢみほうれんそう（寒締めほうれんそう）」が生産されています。宮城県内での「ちぢみほうれんそう」生産は、冬季降雪が比較的少ない東松島市（旧矢本町）、登米市（旧豊里町）、仙台市（中田地区、六郷地区）で盛んです。作型は9月下旬まきの露地栽培が主流で、12月から翌年2月まで収穫され（写真1、2）、宮城県全体の「ちぢみほうれんそう」出荷数量は123 t、販売金額は7,344万円（平成26年度）となっています。「ちぢみほうれんそう」は葉柄糖度8度（Brix）以上と出荷規格が定められており、通常のホウレンソウよりも1~2割程度高値で販売されますが、生産者の高齢化、ゆきな及びコマツナの作付増加に伴い、生産面積は減少傾向です。また、北海道及び北関東地域でも作付が拡大しており、さらなる高品質化や差別化を図ることが市場からも求められています。

そこで、「ちぢみほうれんそう」に多く含有されるルテインの機能性表示販売を通じて、他産地との差別化、販売単価向上を図るため、全国初の生鮮ホウレンソウ機能性表示販売に向けて、ルテインを高含有する品種検索と現地での栽培実証を行いました。また、生鮮物特有の成分含有量のバラツキに係る要因を明らかにし、ホウレンソウのルテイン含有量の安定化に向けた栽培管理技術を開発しました。



写真1（左） 露地秋まきホウレンソウ圃場



写真2（右） 厳寒期のちぢみほうれんそう

技術体系の紹介：

1 品種選定

機能性表示販売に好適なルテイン含有量の高いホウレンソウ開張性品種を検索したところ、「雪美菜02」（雪印種苗株式会社）は、対照品種の「朝霧」よりもルテイン含有量が56~68%程度高く、他の開張性品種と比較しても高いことが明らかになりました（図1）。また「雪美菜02」は一株重、最大

葉長が「寒味」よりもやや大きく、「朝霧」よりも小さいほか、葉色が他の開張性品種と比較しても濃く、濃緑色であるため収穫後期も葉の黄化が少なく、在園性、外観品質にも優れます（写真3）。

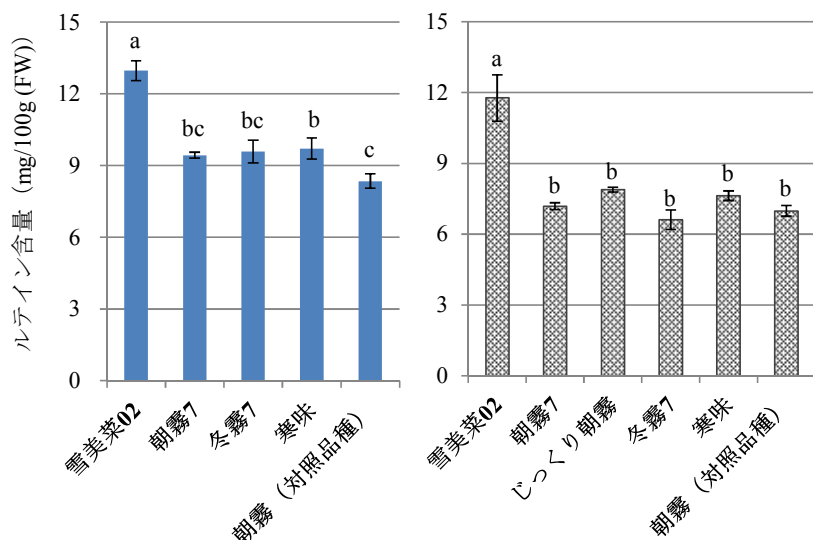


写真3 収穫時の「雪美菜 02」

図1 ホウレンソウ開張性品種のルテイン含有量品種間

注) 左図: 播種日: 2016年10月3日、収穫日 2016年12月3日、
 右図: 播種日: 2017年8月30日、収穫日 2017年10月10日
 栽培場所: 宮城県農業・園芸総合研究所 (雨よけ栽培)、
 5株を縮分し1サンプルとみなして3反復 HPLC で分析。
 異なる英数字は、Tukey の多重検定 1%水準で有意差あり。

2 現地実証

機能性表示販売を行う際の「一日摂取目安量当たり成分含有量」は平均値ではなく、下限値での表示が義務付けられていることから、高ルテイン含有品種「雪美菜 02」のルテイン含有量下限値について、宮城県登米市豊里町農業法人(露地ホウレンソウ栽培面積 2ha)での現地実証試験により評価しました。

ルテインの目標下限値については、「農産物9品目のレビュー 届出様式作成例」(農研機構 食品研究部門)と現在上市中の加工品のルテイン含有量から、「一日摂取目安量当たりの成分含有量」を 10 mg と想定しました。

その結果、宮城県内において9月下旬まきの露地栽培で「雪美菜 02」を栽培した場合に、ルテイン含有量が正規分布することを確認し、ルテイン含有量下限値として 7.79 mg/100g (FW) が期待でき

表1 宮城県内で生産された「雪美菜 02」のルテイン含有量分布の正規性確認と許容範囲

| 正規性の確認結果 | | 表示範囲の候補値計算結果 | |
|-----------------------|----------------|------------------|------|
| データ数 | 50 | 上限値・下限値表示 | |
| 平均値 (mg/100g FW) | 9.50 | 上限値 (mg/100g FW) | 11.2 |
| 標準偏差 | 0.72 | 下限値 (mg/100g FW) | 7.79 |
| 相対標準偏差 (%) | 7.60 | 元データの統計量 | |
| 尖度 (3±1以内か確認) | 3.14 | 平均値 (mg/100g FW) | 9.50 |
| 歪度 (0±1以内か確認) | 0.56 | 標準偏差 | 0.72 |
| Shapiro-wilk検定 (参考扱い) | | 相対標準偏差 (%) | 7.58 |
| 検定統計量W | 0.96 | データ数 | 50 |
| Wのzスコア | 1.51 | 許容区間のパラメータ | |
| Wのp値 | 0.07 | 集団カバー率P | 0.95 |
| 有意水準α | 0.05 | 信頼水準1-α | 0.95 |
| 検定結果 | 正規分布を否定する証拠はない | 実質カバー率 | 0.98 |

注) 播種日: 2016年10月3日、収穫日: 2016年12月26日、

栽培場所: 宮城県登米市豊里町農業法人 (露地栽培)

1株を1サンプルとみなして50反復 HPLC で分析。「農林水産物の機能性表示に向けた技術的対応」(農林水産技術会議)に基づいて正規性確認と許容区間算定を行った。

ることが明らかになりました（表1）。これにより「雪美菜02」を作付すれば出荷規格である200gで「一日摂取目安量当たりの成分含有量」を満たすと判断しました。

3 安定化技術

かん水量を段階的に変え、ルテイン含有量に及ぼす影響を調査しました。供試した3品種ともに湿潤区でルテイン含有量が最も低く、適湿区と比較して15.0~36.9%低くなりました（図2）。過度なかん水により収穫直前まで土壌含水率が高めに推移すると、ルテイン含有量や葉色が低下すると考えられます。マルチ利用によって土壌水分を調節することでルテイン含有量の安定化が可能と考えられます。

同様に、遮光資材により日射量を変え、ルテイン含有量に及ぼす影響について調査しました。遮光資材を常時展張した40%遮光区、60%遮光区のルテイン含有量は無遮光区よりも30.0%~37.6%低くなりました（図3）。軟弱徒長を避けるためにも、気象条件を確認しつつ、収穫の7~10日前には遮光資材を除去して順化させることが重要と考えられます。

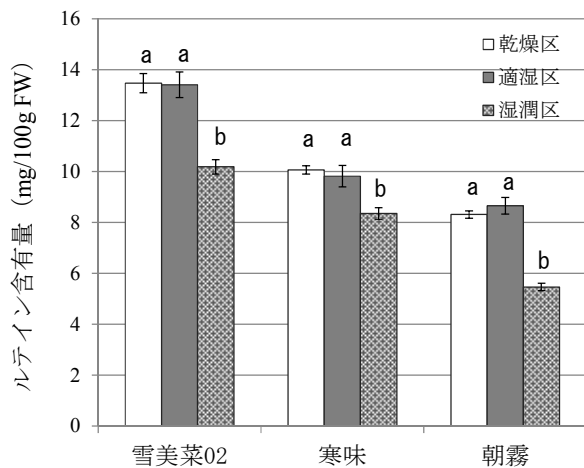


図2 土壌含水率がホウレンソウのルテイン含有量に及ぼす影響（秋まき品種）

播種日：2018年3月3日、収穫日2018年4月21日
栽培場所：宮城県農業・園芸総合研究所（雨よけ栽培）
乾燥区：累計かん水量 13 l /m²、適湿区：累計かん水量 17 l /m²、
湿潤区：累計かん水量 21 l /m²
異なるアルファベットは Tukey の多重検定により有意差あり。

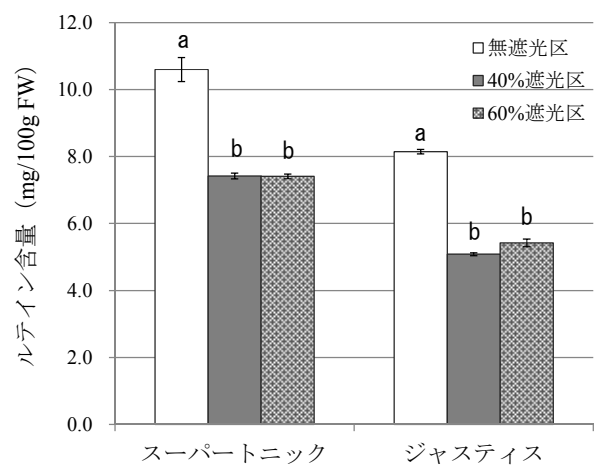


図3 遮光資材がホウレンソウのルテイン含有量に及ぼす影響（春・夏まき品種）

播種日：2017年5月25日、収穫日2017年6月27日
栽培場所：宮城県農業・園芸総合研究所（雨よけ栽培）
無遮光区：処理なし、40%遮光区：ふあふあ40常時展張、
60%遮光区：ふあふあ60常時展張
異なるアルファベットは Tukey の多重検定により有意差あり。

技術体系の経済性は：

経営改善効果

現地実証試験での成果に基づき、実証経営体が消費者庁に機能性表示届出を平成30年3月27日に提出し、平成31年1月16日に受理されました。生鮮ホウレンソウの機能性販売事例としては全国初の事例です。平成31年1月25日~2月21日の宮城県仙台市2店舗での試験販売を行った結果、卸値130円/袋（平均卸値：90~100円/袋）で30~44%の単価増加が実証されました（写真4）。

ちぢみほうれんそう露地秋まき作型での収量を1,630kg/10a、平均販売単価506円とした場合、機能性表示販売による30%単価向上することにより247千円/10aの利益増加が見込めます。機能性表示販売にかかる費用は合計577千円であるため、栽培面積23a以上の経営体であれば単年度で分析等の経費を償却可能で、次年度以降の費用負担は出荷前のモニタリング費用のみとなります（表2）。なお、今回の取り組みでは、①栽培品種をルテイン含量の高い「雪美菜02」に限定したこと、②作型を寒じめ

栽培に限定しルテイン含量を安定化したこと、以上の2点をポイントとしたことから、機能性表示に向けた栽培にかかる新たな費用負担は発生していません。

表2 機能性表示販売にかかる経費試算

| 摘要 | 経費（円） |
|--------------------|---------|
| 分析費用（下限値算出 30点） | 388,800 |
| 分析費用（出荷前モニタリング 3点） | 38,880 |
| パッケージ作成費用 | 120,000 |
| 出荷ラベラー一式 | 30,000 |
| 計 | 577,680 |

*ルテイン分析費用を1点12,960円と仮定

*黄色部分は、モニタリングのために毎年出荷前にかかる費用



写真4 機能性表示生鮮ホウレンソウ販売イベント（宮城県仙台市）

経営的な波及効果

ホウレンソウのルテインも機能性表示販売することにより、他産地と差別化することができ、販売単価を30%程度高めることが可能となります。野菜の機能性に着目した特徴ある販売戦略の展開により、産地としての認知度を高めることができます。

こんな経営、こんな地域におすすめ：

宮城県登米市、石巻市、東松島市、仙台市等の冬季に比較的降雪の少ない、ちぢみほうれんそう露地秋まき作型の産地での普及拡大が見込まれます。ホウレンソウの寒締め栽培が行われている北海道、東北太平洋沿岸地域でも同様の手法で取組みが可能と考えられます。機能性表示届出に際しては、出荷組織内のルテイン含有量のバラツキを抑えるために、商品規格として栽培管理や品種について統一することが望ましく、均等な栽培管理が可能で、GAP やその手法に準じた生産管理体制を持った大規模な経営体であれば比較的容易に導入できると考えられます。

技術導入にあたっての留意点：

- ・機能性表示販売は、機能性に関するエビデンス（科学的根拠）についての書類を消費者庁へ届出し、受理されることで可能となります。消費者庁から受理の回答があるまで機能性表示販売はできないため、差戻し対応のことも考慮し、時間に余裕をもって取り組む必要があります。
- ・機能性表示販売のためには、機能性関与成分の「一日摂取目安当たりの成分含有量」として平均値を用いることはできず、下限値を算出することが必要です。下限値の算出に当たっては、サンプルの成分濃度が正規分布していることを確認する必要があるため、サンプル数は30点以上が望ましいとされています（「農林水産物の機能性表示に向けた技術的対応について」（農林水産技術会議））。
- ・ルテイン含有量の分析を委託する場合は、健康増進法第26条第3項に規定する登録試験機関又は食品衛生法第4条第9項に規定する登録検査機関であることが求められるため、委託業者の選定の際に留意する必要があります。ルテイン含有量の分析費用は1点あたり9,000～13,000円と高額であるため、綿密なサンプリング計画を立てて取り組んでください。

研究担当機関名：

宮城県農業・園芸総合研究所

お問い合わせは：宮城県農業・園芸総合研究所

電話 022-383-8118

E-mail marc-kk@pref.miyagi.lg.jp

執筆分担（尾形和磨、鹿野弘、山村真弓）