

ホウレンソウのルテイン含有量に関する品種間差異

安川人央・浅尾浩史・西野精二・峯 圭司・西本登志

Different Lutein Contents of Spinach Cultivars

YASUKAWA Hitoshi, ASAO Hiroshi, NISHINO Seiji, MINE Keiji and NISHIMOTO Toshi

奈良県農業研究開発センター研究報告 第54号（令和5年）別刷

Reprinted from
the Bulletin of Nara Prefecture Agricultural Research and Development Center, No.54.2023

原著論文

ホウレンソウのルテイン含有量に関する品種間差異

安川人央・浅尾浩史・西野精二・峯 圭司・西本登志

Different Lutein Contents of Spinach Cultivars

YASUKAWA Hitoshi, ASAO Hiroshi, NISHINO Seiji, MINE Keiji and NISHIMOTO Toshi

Summary

From investigation of the lutein contents of spinach in 5 cultivars in April seeding, 5 cultivars in May seeding, 2 cultivars in June seeding, 3 cultivars in August seeding, 5 cultivars in early October seeding, and 7 cultivars in late October seeding, differences were observed among the cultivars in all seeding types. Lutein contents tended to be high in cultivars with dark leaf color and in cultivars with short plant height.

Key Words: leaf color, plant height, seeding time

キーワード：播種時期，草丈，葉色

緒言

奈良県大和高原地域では、1965年頃より夏期冷涼な気候を活かして雨よけ施設でホウレンソウの生産が行われてきた。販売単価が高い夏期を中心に、圃場ごとに年間4~5回程度作付けされ、冬期には雨よけフィルムを除去して休作されていた。ところが近年では夏期高温に伴う生育不良や萎凋病の発生により、生産量が減少しており、産地に対する市場評価、すなわち市場販売価格が低下している。そのため、夏期の収益減少を補うべく販売単価の低い冬期にも生産を行う生産者が増え、以前の夏どり産地から周年栽培産地へと変わりつつある。

ホウレンソウは、カロテン、ビタミンC、カリウムおよび鉄等の栄養成分が多く含まれている緑黄色野菜である(池上, 2000)。目黒ら(1991)は、ホウレンソウは外見のみではなく、栄養成分、安全性などに対する消費者の関心が高く、また、生産と消費を向上させるには食味が良く、栄養価が高いホウレンソウを消費者に供給していくことが必要であるとしている。

一方で、2015年4月より機能性表示食品制度が施行され、機能性成分が一定以上含まれることを科学的根拠に基づき明らかにすることで、生鮮農産物においても機能性を表示することが認められている。ホウレンソウに含まれている代表的な機能性成分には、ルチン、 β -カロテンおよびルテインがある。その中でルテインは、近年眼病予防として注目されてい

る成分であり、Kamoshitaら(2016)はルテインの摂取が加齢黄斑変性症の発症後の進行抑制や治癒に有効である可能性を示している。また、小沢ら(2016)は高含有ホウレンソウの継続摂取は生体内のルテイン量を増加させると報告し、橋本(2016)は、眼に対するコントラスト感度改善や光ストレスからの緩和という機能を期待する場合、ルテインを1日10mgを摂取することが合理的だとしている。

ホウレンソウのルテイン含量について、品種間差を調査した事例は幾つかあるが(大鷲ら, 2014; 尾形ら, 2016; 尾形ら, 2017; 尾形, 2020)、品種の形態的特徴とルテイン含量の関係について言及した報告は見当たらない。一方、コマツナでは、葉身色が濃い品種ほどルテイン含有量が高い傾向があることが見出されており(石本・馬場, 2021)、ホウレンソウにおいても同様の傾向が認められれば、ルテイン高含有品種の選択の際の指標になると考えられる。

そこで、本研究では、大和高原地域における雨よけ栽培を想定し、作型ごとにルテイン含有量を品種間で比較するとともに、葉身色を始めとする各形質とルテイン含有量との関係を調査した。

材料および方法

試験は、奈良県農業研究開発センター大和野菜研究センター内(標高約350m)のポリオレフィンフィルム(0.075mm厚、トーカンエースNHきらめき、

東罐興産(株)を展開し、ハウスサイドを開放したパイプハウスを用いて実施した。播種は、大和高原地域における近年の標準的作型を概ね網羅できるように、2021年4月15日、5月10日、6月14日、8月18日、10月7日および10月25日に行った(第1表)。作型ごとに、品種カタログを参考に、産地適応性を有すると考えられる品種の中から葉身色が大きく異なるように複数品種を選んで供試した。ハウレンソウの播種は手押し式播種機クリーンシーダ(AP-1, アグリテクノ矢崎(株))を用いて行い、畝幅150cm, 条間15cmの6条植とし、本葉2枚期に株間6cmになるように間引いた。元肥として燐硝安加里S604(N成分量10kg/10a)を施用し、追肥は行わなかった。なお、8月18日まき作型では遮光資材(タキイホワイト, 遮光率40%, タキイ種苗(株))を展開したパイプハウスを用いて栽培を始め、9月7日に遮光資材を除去した。

試験区は1区6m²とし3反復を設けた。調査は、宇陀地域のハウレンソウ出荷組織の出荷基準で販売単価が高い規格(草丈24~28cm)に達した頃を目安に、午前8時30分から9時頃に各区から平均的な株を9株サンプリングし、出荷基準に準じて子葉と本葉3枚までの下葉を除去した後に行った。調査項目は、ルテイン含有量、葉色SPAD値、乾物率、Brix糖度(以下、糖度)、草丈、最大葉長、最大葉幅および調製重とした。

ルテイン含有量は、冷凍保存した各区3株から25gをサンプリングし、日本農林規格JAS0008「ほうれんそう中のルテインの定量—高速液体クロマトグラフ法」(農林水産省, 2019)に従って、水酸化カリウムでけん化して分離精製・抽出し、フォトダイオードアレイ検出器(SPD-M30A, (株)島津製作所)を用いて445nmの吸光度で測定した。

葉色SPAD値は、最大葉の葉身について葉色計(SPAD-502, コニカミノルタ(株))で測定した。乾物率は、3株について調製重を計量した後に紙封筒に封入し、70°Cに設定した送風定温恒温器(SD452, 増田理化工業(株))で3日間乾燥させた後に乾燥重量を計量して算出した。糖度は、3株の地上部全体を家庭用ジューサー(BM-JH05, 象印マホービン(株))で搾汁した液をデジタル糖度計(PAL-1, (株)アタゴ)で測定した。

新鮮重100g当たりのルテイン含有量と他の調査値との関係をピアソンの相関係数検定により調べた。

結果

各作型における品種ごとのルテイン含有量、乾物率、糖度および生育特性の調査結果を第1表に示した。

4月15日まきにおけるルテイン含有量は、『晩抽サマースカイ』が5.6mg/100gFWと他の品種と比較して高く、『スクープ』が3.8mg/100gFWと最も低かった。『晩抽サマースカイ』の葉色SPAD値は、『スクープ』と『サマースカイR7』と比較して高かったが、他の2品種の間では有意な差が認められなかった。『晩抽サマースカイ』の糖度は、『スクープ』と比較して高かった。乾物率は品種間に有意な差が認められなかった。『晩抽サマースカイ』と『トリトン』の在圃日数は40日で他の品種と比較して長かった。

5月10日まきにおけるルテイン含有量は、『晩抽サマースカイ』が6.7mg/100gFWと、『トリトン』を除く3品種と比較して高かった。ルテイン含有量の高い『晩抽サマースカイ』と『トリトン』は他の3品種と比較して、葉色SPAD値と乾物率が高かった。草丈は『トリトン』が低く、『スクープ』が高かった。

6月14日まきにおけるルテイン含有量は、『スーパートニック』が6.8mg/100gFWと、『ジャスティス』の5.2mg/100gFWと比較して高かった。ルテイン含有量の高い『スーパートニック』では『ジャスティス』と比較して、草丈が低く、葉色SPAD値、糖度および乾物率には有意な差が認められなかった。

8月18日まきにおけるルテイン含有量は、『スーパートニック』と『晩抽サマースカイ』がそれぞれ7.7mg/100gFW, 7.5mg/100gFWと、『ジャスティス』の5.6mg/100gFWと比較して高かった。『晩抽サマースカイ』と『スーパートニック』の乾物率は、『ジャスティス』と比較して高かった。スーパートニックの草丈は、『ジャスティス』と比較して低く、『晩抽サマースカイ』との間では有意な差が認められなかった。

10月7日まきにおけるルテイン含有量は、『ジュリオン』, 『スーパーヴィジョン』および『弁天丸』がそれぞれ7.4mg/100gFW, 6.7mg/100gFW, 6.1mg/100gFWであり、これら3品種は『サラダほうれんそう』の4.1mg/100gFWと比較して高かった。『ジュリオン』の葉色SPAD値は『スーパーヴィジ

第1表 各作型におけるホウレンソウの品種ごとのルテイン含有量，乾物率，糖度および生育特性（2021～2022年）

播種日	収穫日 (在圃日数)	品種	ルテイン含有量 (mg/100gFW)	葉色 SPAD値	乾物率 (%)	糖度 (° Brix)	草丈 (cm)	最大葉長 (cm)	最大葉幅 (cm)	調製重 (g)
4月15日	5月18日 (34日)	サマースカイR7	4.6 b ^z	44.0 b	7.5 a	5.4 ab	26.6 a	13.3 cb	8.4 c	26.1 c
		ジャスティス	4.1 bc	48.7 a	8.3 a	5.1 ab	28.2 a	14.7 ab	9.9 b	34.1 bc
		スクープ	3.8 c	43.1 b	6.9 a	4.9 b	28.9 a	12.5 c	8.7 c	33.0 bc
	5月24日 (40日)	トリトン	4.1 bc	47.0 ab	7.1 a	5.2 ab	27.9 a	15.0 ab	11.3 a	50.2 a
		晩抽サマースカイ	5.6 a	50.0 a	7.0 a	5.7 a	29.2 a	15.7 a	10.1 b	39.4 ab
5月10日	6月7日 (29日)	サマースカイR7	5.2 bc	40.0 b	6.6 b	5.2 b	32.1 ab	16.0 ab	9.1 a	33.7 b
		ジャスティス	4.7 c	40.1 b	6.4 b	4.8 c	30.3 ab	16.9 a	10.5 a	39.0 ab
		スクープ	4.3 c	38.8 b	6.1 b	4.3 c	33.1 a	15.9 ab	9.4 a	47.2 a
		トリトン	5.9 ab	47.9 a	7.8 a	6.0 a	25.5 c	14.8 b	10.4 a	31.5 b
		晩抽サマースカイ	6.7 a	45.8 a	7.5 a	5.9 ab	28.4 b	17.4 a	9.3 a	32.3 b
6月14日	7月12日 (29日)	ジャスティス	5.2	39.7	6.9	4.3	31.7	16.0	11.2	32.6
		スーパーニック	6.8	48.3	7.0	4.7	27.7	15.0	10.7	38.9
		有意性 ^y	**	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
8月18日	9月15日 (26日)	ジャスティス	5.6 b	42.7 a	6.8 c	4.8 a	26.8 a	14.2 a	10.1 a	25.4 a
		スーパーニック	7.7 a	46.3 a	9.0 a	5.2 a	23.7 b	13.5 a	11.0 a	24.7 a
		晩抽サマースカイ	7.5 a	42.9 a	8.1 b	5.5 a	24.9 ab	14.2 a	8.6 a	21.5 a
10月7日	11月15日 (42日)	ゴードン	5.0 bc	45.6 cd	8.1 b	6.4 b	29.1 ab	15.0 a	10.3 a	35.8 a
		サラダほうれんそう	4.1 c	41.6 d	8.2 b	7.0 ab	30.3 a	15.1 a	8.8 a	27.2 a
		ジュリオン	7.4 a	57.3 a	10.0 a	7.9 a	26.2 b	15.6 a	10.2 a	27.4 a
		スーパーヴィジョン	6.7 a	52.5 ab	9.0 ab	7.4 a	29.1 ab	15.0 a	10.2 a	32.8 a
		弁天丸	6.1 ab	48.0 bc	9.5 a	7.6 a	30.4 a	15.6 a	10.3 a	25.8 a
10月25日	1月11日 (79日)	寒兵衛	6.6 a	67.3 ab	12.9 c	11.6 b	25.1 ab	13.2 ab	10.6 a	33.3 a
		ゴードン	5.1 b	59.9 c	12.6 c	11.4 b	22.4 bc	11.6 b	7.7 b	30.8 a
		サラダほうれん草	5.2 b	54.3 d	14.5 ab	13.3 a	27.7 a	14.7 a	8.1 b	32.1 a
		ジュリオン	7.1 a	72.4 a	13.9 abc	13.3 a	18.9 d	11.7 b	8.1 b	28.4 a
		スーパーヴィジョン	7.0 a	66.1 b	14.9 a	12.5 ab	21.5 cd	11.7 b	8.4 b	30.9 a
		徳兵衛	6.4 a	63.8 bc	13.4 bc	12.3 ab	24.0 bc	13.9 a	11.2 a	39.8 a
		弁天丸	6.8 a	62.4 bc	14.3 ab	12.1 b	24.8 ab	13.3 ab	9.7 ab	30.9 a

^z 作型ごとの異なる英小文字間に Tukey's multiple range test で 5%水準で有意差があることを示す (n=3)

^y t検定で**は 1%水準で，*は 5%水準でそれぞれ有意差があり，nsは有意差がないことを示す (n=3)

ョン'を除く 3 品種と比較して高かった。'ジュリオン'の乾物率は'ゴードン'と'サラダほうれんそう'と比較して高かったが，他の 2 品種との間では有意な差が認められなかった。'ジュリオン'の糖度は，'ゴードン'と比較して高かったが，他の 3 品種との間では有意な差が認められなかった。'ジュリオン'の草丈は，'スーパーヴィジョン'並びに'ゴードン'と比較して有意な差が認められなかったが，他の 2 品種と比較して低かった。

10月25日まきにおけるルテイン含有量は，'ジュリオン'が 7.1 mg/100 gFW，'スーパーヴィジョン'が 7.0 mg/100 gFW，'弁天丸'が 6.8 mg/100 gFW，'寒兵衛'が 6.6 mg/100 gFW，'徳兵衛'が 6.4 mg/100 gFW であり，これら 5 品種は'サラダほうれんそう'の 5.2 mg/100 gFW と'ゴードン'の 5.1 mg/100 gFW と比較して高かった。葉色 SPAD 値は'ジ

ュリオン'，'寒兵衛'，'スーパーヴィジョン'の順で高く，'サラダほうれんそう'は他の 6 品種と比較して低かった。'サラダほうれんそう'の草丈は'寒兵衛'と'弁天丸'と比較して有意な差は認められなかったが，他の 4 品種と比較して高かった。'ジュリオン'，'スーパーヴィジョン'および'ゴードン'の草丈は販売単価の高い出荷規格 (24-28 cm) に至らなかった。

ルテイン含有量と各形質との相関を第 2 表に示した。葉色 SPAD 値との間では 4 作型において，乾物率ならびに糖度との間では，それぞれ 3 作型において有意な正の相関が認められた。草丈との間では 5 作型において有意な負の相関が認められた。最大葉長ならびに調製重との間で有意な負の相関が認められたのはそれぞれ 1 作型であり，他の 5 作型においては相関係数の絶対値が 0.5 未満であった。最大葉幅と

第2表 ルテイン含有量と各形質との相関 (2021~2022年)

播種日	n数	相関係数						
		葉色SPAD値	乾物率	糖度	草丈	最大葉長	最大葉幅	調製重
4月15日	15	0.517 * ^c	-0.177 ns	0.650 **	0.069 ns	0.478 ns	0.080 ns	-0.030 ns
5月10日	15	0.798 **	0.840 **	0.874 **	-0.643 **	0.195 ns	-0.137 ns	-0.730 **
6月14日	6	0.784 ns	-0.045 ns	0.497 ns	-0.866 *	-0.901 *	0.144 ns	0.459 ns
8月18日	9	0.281 ns	0.833 **	0.650 ns	-0.761 *	-0.132 ns	0.086 ns	-0.189 ns
10月7日	15	0.920 **	0.716 **	0.541 *	-0.657 **	0.060 ns	0.359 ns	-0.231 ns
10月25日	21	0.756 **	0.306 ns	0.110 ns	-0.477 *	-0.284 ns	0.274 ns	-0.109 ns

^z Pearson's correlation coefficient test で, **は1%水準で, *は5%水準でそれぞれ有意差があり, nsは有意差がないことを示す

の間の相関係数の絶対値はいずれの作型においても0.4未満であり, 有意な相関は認められなかった。

考察

各種苗会社が, ベと病のレースの発達や周年生産に対応できるようなハウレンソウ品種の育成に力を入れてきたことで, 多くの品種が販売されている(香川, 2001a)。生産農家は品種の選択については, ベと病抵抗性, 早晚性, 耐暑性, 晩抽性, 収穫調製における作業のしやすさおよび収量性等を重視するが, 決めかねるために種苗販売店, 農協営農指導員および農業普及指導員に相談しながら作付け時期ごとに品種を決定している。

本試験では石本・馬場(2021)がコマツナで得た結果と概ね同様, ルテイン含有量と葉色 SPAD 値との間に6月まき作型と8月まき作型を除く4作型で有意な正の相関が認められ, また, 6月まき作型では相関係数が0.784と高いこと, 8月まき作型においても負の相関は認められないことから, 少なくとも, 葉身色の濃さを指標とすることは, ルテイン含有量の高い品種の選定を妨げないことが示された。

ハウレンソウの葉は生育の早い高温期に薄いことが知られている(香川, 2001b)。田丸ら(2019)は, キャッサバの葉厚がクロロフィル含量と SPAD 値の相関性に影響を与える要因の一つであることを, また, 吉川ら(1994)は樹木の葉の SPAD 値が葉厚とクロロフィル濃度の影響を受けることを, それぞれ示している。8月まき作型では, 高温期のために葉が薄く, クロロフィル含量が葉色 SPAD 値に反映されず, ルテイン含有量と葉色 SPAD 値の相関関係が認められなかった可能性がある。

ルテイン含有量と草丈との関連について, 4月まき

作型を除く作型で有意に負の相関が認められた。4月まき作型で相関関係が認められなかったのは, ‘晩抽サマースカイ’と‘トリトン’の生育速度が遅く, これら2品種の収穫調査日を遅くしたためである。柳瀬(2001)は, ハウレンソウの生育はかん水量が多すぎると軟弱徒長して葉身色が淡くやわらかなものになってしまうが, 慣行に比べてかん水量を少なくすると生育が遅れるものの葉身色が濃くなり収穫量も増えるとしている。一方で, かん水量が多く土壌が湿潤条件で推移するとハウレンソウのルテイン含有量は少なくなることが報告されている(宮城県農業・園芸総合研究所, 2019), これらから草丈の伸長が速い品種は, 遅い品種と比較して生育ステージが速く進むために水分吸収量が多く, 生育がやや軟弱徒長となり, ルテイン含有量が少なくなった可能性もある。

以上のことから, 草丈の伸長が緩慢で葉身色の濃い品種を選定した上で, 灌水量を減らして草丈の伸長を抑制する, 夏期の栽培では遮光率の低い資材を利用して葉身色を濃くする, といった栽培を行うことで, ルテイン含有量の高いハウレンソウが収穫できると推察される。

機能性表示制度が開始されて以降, 幾つかの青果物が機能性表示食品として販売されるようになった(山本, 2020)。尾形(2020)は宮城県産の「野菜でルテインちぢみほうれんそう」が試験販売において高単価で販売されたと報告している。一方で, 佐々木(2021)は, 青果物の機能性表示について, 消費拡大をもたらす可能性があるとしながらも, 付加価値に直結することを示す統計データは見当たらないと指摘している。今のところ, 大和高原のハウレンソウ産地からは機能性表示食品としての販売を望む声は聞こえないものの, 健康に寄与する成分はおいしさとともに不可欠な野菜の商品要素であるため, 今後も, 産地の意向に注意深く耳を傾けながら, 栽培方法と

機能性成分の関係について、研究を進めたい。

摘要

ホウレンソウの4月まき作型、5月まき作型、6月まき作型、8月まき作型、10月上旬まき作型、10月下旬まき作型でそれぞれ5品種、5品種、2品種、3品種、5品種および7品種を供試し、ルテイン含有量を調査した結果、いずれの作型においても品種間に差異が認められた。また、ルテイン含有量は、葉色SPAD値が高く、草丈が低い品種で高い傾向があった。

引用文献

橋本正史. 機能性食品におけるルテインとゼキセアチンの科学的根拠. *ファルマシア*. 2016, 52(5), 534-538.

池上保子. ほうれんそう. *食べ物栄養事典*. 日本文芸社, 2000, 36-37.

石本太郎, 馬場 隆. 機能性食品表示のためのコマツナ含有ルテインに関する基礎的研究. *日本食品科学工学会誌*. 2021, 68(2), 77-83.

香川 彰. 品種の特性と作型適応性. *農業技術体系野菜編ホウレンソウ基礎編*. 農文協, 2001a, 7, 43-68.

香川 彰. 生育ステージと生理, 生態. *農業技術体系野菜編ホウレンソウ基礎編*. 農文協, 2001b, 7, 11-39.

Kamoshita, M., E. Toda, H. Osada, T. Narimatsu, S. Kobayashi, K. Tsubota and Y. Ozawa. Lutein acts via multiple antioxidant pathways in the photo-stressed retina. *Scientific Reports*. 2016, 6, 1-10.

目黒孝司, 吉田企世子, 山田次良, 下野勝昭. 夏どりホウレンソウの内部品質指標. *土肥誌*. 1991, 62, 435-438.

宮城県農業・園芸総合研究所. “ルテイン含有量が安定して多いホウレンソウを生産する技術”. 宮城県. 2019-04-25. <https://www.pref.miyagi.jp/documents/20174/>

732486.pdf, (参照 2022-08-22).

農林水産省. “日本農林規格「ほうれんそう中のルテインの定量－高速液体クロマトグラフ法 (JAS0008)」”. 大臣官房新事業・食品産業部食品製造課基準認証室. 2019-01-13. https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/attach/pdf/kokujikaisei-75.pdf, (参照 2019-01-13).

尾形和磨. ルテイン含有量が安定して多いホウレンソウを生産する技術. *グリーンレポート*. 2020, 609, 14-15.

尾形和磨, 鹿野 弘, 高野岩雄. 遮光資材と施肥量が夏まきホウレンソウの品質, 収量およびルテイン含量に及ぼす影響. *東北農業研究*. 2016, 69, 97-98.

尾形和磨, 鹿野 弘, 高野岩雄. ホウレンソウ‘雪美菜 02’を用いた秋まき寒締め栽培におけるルテイン含量. *園学研*. 2017, 16(別2), 487.

大鷲高志, 加藤春男, 高野岩雄, 渡辺 満. ホウレンソウの品種・栽培条件の違いがルテイン含有量に及ぼす影響. *東北農業研究*. 2014, 67, 121-122.

小沢洋子, 永井紀博, 鈴木美砂, 栗原俊英, 篠田肇, 渡辺 満, 坪田一男. ルテイン高含有ホウレンソウ摂取による黄斑色素密度に対する効果のパイロットスタディ. *日本眼科学会雑誌*. 2016, 120, 41-48.

佐々木奈穂. 機能性表示食品ミカン, 制度開始から5年経過. *農耕と園芸*. 2021, 春号, 111.

田丸翔太郎, 藪田 伸, 坂上潤一. キャッサバの葉の厚さがクロロフィル含量と SPAD 値の相関性に及ぼす影響. *日本作物学会第 248 回講演会要旨集*. 2019, 115.

山本万里. 5年目を迎えた機能性食品表示制度と農林産物での活用. *Functional Food Research*. 2020, 16, 11-20.

柳瀬関三. 灌水. *農業技術体系野菜編ホウレンソウ基礎編*. 農文協, 2001, 7, 93-95.

吉川 賢, 井上雄介, 嶋 一徹, 千葉喬三, 坂本圭児. 樹木の葉のクロロフィル濃度の季節的変化. *日緑工誌*. 1994, 19(4), 215-222.

