

Title	[原著論文] 主要な沖縄伝統野菜の呼吸量と栄養成分含有量
Author(s)	広瀬, 直人; 前田, 剛希; 玉城, 盛俊; 和田, 浩二; 宮城, 一菜
Citation	南方資源利用技術研究会誌 = Journal of the society tropical resources technologists, 33(1): 35-42
Issue Date	2018-03-30
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12001/24268">http://hdl.handle.net/20.500.12001/24268</a>
Rights	南方資源利用技術研究会

# 主要な沖縄伝統野菜の呼吸量と栄養成分含有量

広瀬 直人<sup>1\*</sup>、前田 剛希<sup>1</sup>、玉城 盛俊<sup>1</sup>、和田 浩二<sup>2</sup>、宮城 一菜<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 沖縄県農業研究センター

<sup>2</sup> 琉球大学農学部亜熱帯生物資源科学科

## Respiration rate and contents of nutrient composition in major Okinawan traditional vegetables

Naoto HIROSE<sup>1\*</sup>, Goki MAEDA<sup>1</sup>, Moritoshi TAMAKI<sup>1</sup>, Koji WADA<sup>2</sup>, Kazuna MIYAGI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Okinawa Prefectural Agricultural Research Center*

<sup>2</sup> *Department of Bioscience and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus*

キーワード：沖縄伝統野菜、アスコルビン酸、ポリフェノール、カロテノイド、葉酸

Key words : Okinawan traditional vegetables, ascorbic acid, polyphenol, carotenoid, folic acid

### 緒言

最近の野菜は生産性や市場流通性に優れた品目や品種が重視されている。そのため、地域で伝統的に栽培されてきた地方野菜の多くは、短い収穫適期、形状やサイズの不揃い、食味などの問題から、衰退の一途をたどってきた。近年、消費者ニーズの多様化や地域振興を背景として「伝統野菜」が見直され<sup>1)</sup>、京都の京野菜<sup>2)</sup>や大阪のなにわ伝統野菜<sup>3)</sup>など、各地で伝統野菜が再評価され、その栽培が盛んに進められるようになってきた。優れた機能性を持つ伝統野菜が多数見出され<sup>4,5)</sup>、健康機能性の面からも注目されている。沖縄県では、平成17年度に「健康長寿県として注目される沖縄において、戦前から導入され、伝統的に食されてきた地域固有の野菜」として28品目を沖縄伝統野菜（以下、島ヤサイと表記）

と定義し（沖縄県農林水産部 <http://www.okireci.net/dentou/>）、島ヤサイの優れた栄養や機能性成分に着目した研究を多く推進している<sup>6-8)</sup>。

沖縄県は、かつて長寿県として知られ、男女とも平均寿命が日本一の長寿を誇っていた。しかし、平成12年に男性が全国26位に後退して以来、平成22年には男性が30位、女性は3位と奮わない状況が続いている（平成22年都道府県別生命表の概況・厚生労働省）。平安山ら<sup>9)</sup>は、若年層の平均余命が低下した要因の一つとして、伝統野菜を含む沖縄伝統食の摂取量低下を指摘している。そのため、島ヤサイの復興は、沖縄県が長寿県として復活することにも大きく寄与するものと考えられる。一方、島ヤサイの多くは主に自家利用であったことから、生産量が多く県外への出荷も盛んなニガウリ（方言名：ゴーヤー、以下同様）<sup>10,11)</sup>やトウガン（シブイ）<sup>12)</sup>を除き鮮度保持に関する知見は極めて少ない。島ヤサイの利用促進を図るためには、一般的な野菜等で指標とされる外観や食味に加えて、機能

Corresponding Author: 広瀬 直人  
沖縄県糸満市真壁 820  
e-mail : hirosent@pref.okinawa.lg.jp

性の動向にも着目した鮮度保持条件を検討することが極めて重要である。そこで、島ヤサイの機能性も含めた鮮度保持における基礎的データの収集を目的として、島ヤサイの呼吸量と食品機能性に関する栄養成分について測定したので報告する。

## 実験材料及び方法

### (1) 実験材料

島ヤサイ 28 品目のうち主要な品目<sup>13)</sup>として、葉菜類のニシヨモギ（フーチバー、供試系統は「石垣」）、ボタンボウフウ（サクナ）、カラシナ（シマナ、供試系統は「シマナー」）、ホソバワダン（ニガナ）、スイゼンジナ（ハンダマ）、カズラ（カンダバー）および果菜類のヘチマ（ナーベラー）の計 7 品目を用いた。ニガウリとトウガンは県外出荷も多く、鮮度保持の情報がすでに得られていることから本研究では対象としなかった。また、系統間の比較では、ニシヨモギについては「石垣」に加えて「久米島」、「芯黄」、「具志頭」、「知念」および「岡山」の 6 系統、カラシナでは「シマナー」に加えて「マーナ」および「インリー」の 3 系統（いずれも沖縄県農業研究センター収集系統）を用いた。これらの試料は 2014 年 6 月～12 月に沖縄県農業研究センター圃場で適期収穫し、洗浄や外葉除去、切り揃えなど農家における出荷を模した調製を行って新聞紙で包み、25℃の室内で一夜保存した後に供試した。

### (2) 呼吸量の測定

密閉雰囲気中における単位時間当たりの二酸化炭素濃度の増加量を、赤外線ガス分析計（CGT-7000、島津社製）で測定して算出した<sup>14)</sup>。すなわち、100 g 程度の試料を 9.7 L 容のプラスチック製デシケーターに入れて密閉し、25℃で 1 時間静置した後にデシケーター内雰囲気中の二酸化炭素濃度を測定し、濃度の増加量を算出した。

### (3) 分析方法

#### a) アスコルビン酸量

吉田ら<sup>15)</sup>の方法を参考に、小型反射式光度計（RQ Flex Plus、Merck Millipore 社製）およびアスコルビン酸試験紙（リフレクトクアント・アスコルビン酸テスト、Merck Millipore 社製）を用いて測定した。葉柄や茎を除去（ヘチマの場合は剥皮）した可食部 20.0 g と 5% メタリン酸水溶液 40 mL を混合し、10 秒間×3 回のホモジナイズ処理（T18、IKA

社製）を行った後、1,700×g、10 分間の遠心分離で得られた上清を測定試料とした。

#### b) 総ポリフェノール量

凍結乾燥した可食部粉末 0.1 g に 80% (v/v) エタノールを 20 mL 加え、70℃で 30 分間振とうした後、1,700×g、10 分間の遠心分離で得られた上清を分析に用いた。総ポリフェノール量は Folin-Ciocalteu 法<sup>16)</sup>を一部改変して測定し、生鮮重量 (FW) 100 g あたりの没食子酸相当量 (mg/100 g FW) として算出した。すなわち、96 ウエルプレートに試料抽出液とフォーリン・チオカルト・フェノール試薬および 5% (v/v) 炭酸ナトリウムを各 50  $\mu$  L ずつ加え、室温下にてミキサーで 20 分間攪拌した後に 750 nm の吸光度を測定した。

#### c) カロテノイド量

凍結乾燥した可食部粉末 0.05 g にアセトン：ヘキサン（4：6 v/v）を 20 mL 加えて氷冷下で 30 秒間×2 回のホモジナイズ処理を行い、1,700×g、10 分間の遠心分離で得られた上清を分析に用いた。カロテノイド量の簡易定量は分光光度法<sup>17)</sup>により、453 nm、505 nm、645 nm および 663 nm の吸光度を測定し、クロロフィル a、b および  $\beta$ -カロテン量として算出し合算した。

#### d) 葉酸総量

葉酸総量は、*Lactobacillus casei* ATCC 7469 を用いた微生物学定量法<sup>18)</sup>により測定した。凍結乾燥した可食部粉末 0.1 g にパンクレアチン（関東化学社製）5 mg および 0.1% (v/v) アスコルビン酸を含む 0.05 M リン酸緩衝液 (pH 7.2) を 20 mL 加え、37℃で 2 時間保温した後に沸騰水中で 30 分間保持して酵素を失活させた。1,700×g、10 分間の遠心分離で得られた上清を 0.20  $\mu$  m のメンブレンフィルター（Minisart RC15、Sartorius 社製）でろ過除菌し、定量キット（Vita Fast 葉酸キット、アヅマックス社製）を用いて定量した。

### (4) 統計処理

試験結果は平均値±標準誤差で示した。統計解析にはエクセル統計（Ver. 2.14、社会情報サービス社製）を用い、一元配置分散分析を行った後に、Tukey-Kramer の方法による多重比較を行った。また、相関係数の算出と無相関の検定にも、同ソフトを用いた。検定結果については、危険率 1% 以下 ( $p < 0.01$ ) を有意と判定した。

## 実験結果及び考察

### (1) 島ヤサイの呼吸量

農産物の呼吸量は、鮮度保持の技術開発における最も基礎的なデータである。そこで、供試した島ヤサイの 25℃における呼吸量を測定した。図 1 に示すように、葉菜類では最も呼吸量が高いニシヨモギの 427 CO<sub>2</sub>mg/kg/hr と最も低いカズラの 142 CO<sub>2</sub>mg/kg/hr で約 3 倍の差が見られた。呼吸量の評価のため、葉菜類のうち鮮度低下が比較的早いホウレンソウについて、日坂<sup>19)</sup>の報告を参考に 25℃における呼吸量を算出したところ、300 CO<sub>2</sub> mg/kg/hr であった。この値は呼吸量が高いニシヨモギやボタンボウフウ、カラシナとほぼ同程度であり、これらの島ヤサイは鮮度低下が比較的早いことが示唆された。収穫後の野菜は呼吸作用によって成分の減耗を生じる<sup>19)</sup>ことから、呼吸量は日持ち性を評価するための大きな指標となり得る。一方、野菜類は一般に重量減少が 5%以上になると商品価値が損なわれる。特に水気孔が多く表面積が大きい葉菜類では、蒸散量の影響が大きく表れる<sup>20)</sup>。また、保存中の呼吸量を低下させるためには低温が有効であるが、熱帯や亜熱帯原産の青果物では低温障害の発生も懸念される<sup>20)</sup>。従って、島ヤサイ各品目の鮮度保持条件を設定するうえで、蒸散量が大きい葉菜

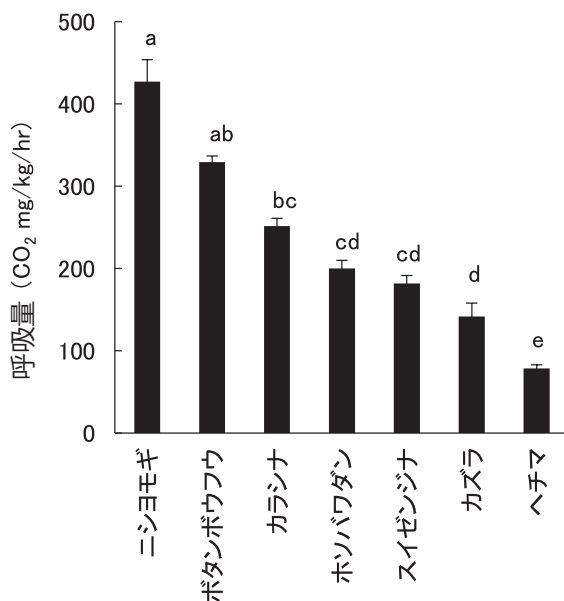


図 1 主要な島ヤサイ 7 品目の呼吸量比較  
エラーバーは標準誤差 ( $n=3$ )、異なるアルファベット  
で有意差を示した (Tukey-Kramer,  $p<0.01$ )。

類の重量減少抑制や、低温障害を示す品目の適切な保存温度設定を検討する必要がある。

### (2) 島ヤサイの栄養成分含有量

#### a) アスコルビン酸量

アスコルビン酸量は、葉菜類ではニシヨモギ、ボタンボウフウ、カラシナ、ホソバワダン、カズラ、スイゼンジナの順に多く含まれていたのに対し、果菜類のヘチマは含量が低かった (図 2a)。呼吸量との相関を調べたところ、呼吸量とアスコルビン酸量には高い正の相関 ( $r=0.967$ ,  $p<0.01$ ) が観察された (図 3a)。その要因の一つとして、呼吸作用などに伴って生成する活性酸素の植物体内における分解機構において、アスコルビン酸ペルオキシダーゼと共に L-アスコルビン酸が重要な役割を果たしていることが報告されている<sup>21)</sup>。したがって、呼吸量が高い品目ほどアスコルビン酸の含有量が高くなっていると推察された。一方、呼吸量の高い野菜では、保蔵中のアスコルビン酸の減少量が大きいことが報告されている<sup>22)</sup>。このことから、島ヤサイの付加価値を高めるためには、重要な栄養成分となるアスコルビン酸の含量を高く保持するための鮮度保持技術の確立が必要である。

#### b) 総ポリフェノール量

総ポリフェノール量は、葉菜類のニシヨモギとボタンボウフウで極めて高かった。次いでホソバワダン、スイゼンジナ、カズラ、カラシナの順であり、果菜類のヘチマにはほとんど含まれていなかった (図 2b)。呼吸量と総ポリフェノール量にも正の相関 ( $r=0.904$ ,  $p<0.01$ ) が観察された (図 3b)。この要因は明らかでないが、ポリフェノール量は抗酸化活性と相関が高いことが知られている<sup>6)</sup>ことから、アスコルビン酸と同様に呼吸作用などに伴って生成する活性酸素の消去に関与している可能性があり、今後の研究が期待される。前田ら<sup>8)</sup>は市販の島ヤサイについて、カロテノイド、ビタミン C およびポリフェノールを定量し、報告している。ニシヨモギとボタンボウフウのポリフェノール類の含有量が高いという今回の測定結果は、前報の結果とよく一致した。一方、カズラやスイゼンジナなどは試料によって成分含量に差があることを指摘しており、これらの品目では品種や系統、あるいは収穫時期や保存状態によって成分含量が大きく変動する可能性を示唆している<sup>8)</sup>。野菜に含まれるポリフェ

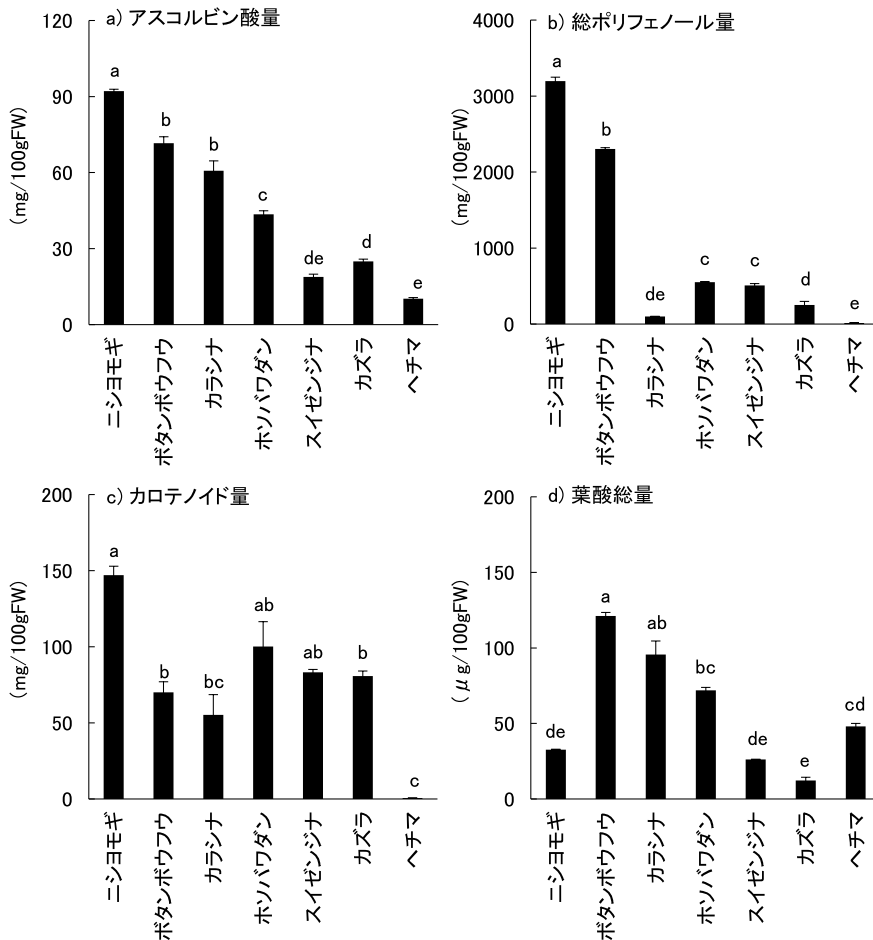


図2 主要な島ヤサイ7品目の栄養成分含有量比較  
エラーバーは標準誤差 (n=3)、異なるアルファベットで有意差を示した (Tukey-Kramer, p<0.01)。

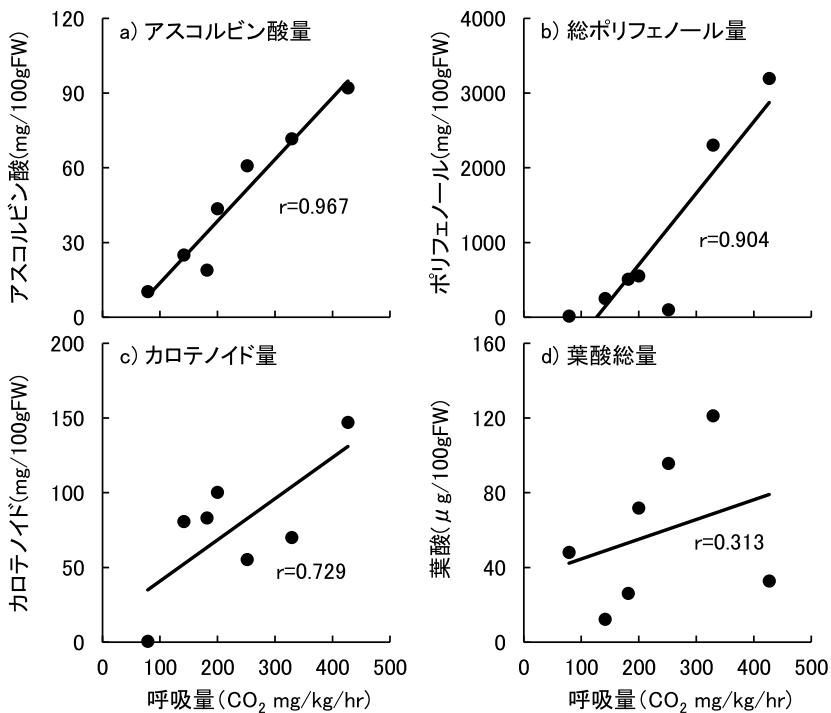


図3 呼吸量と栄養成分の相関  
数値は各品目の平均値 (n=3) を使用し、相関係数を図中に示した。



ノール類には、抗酸化活性以外にも多様な機能性が期待されていることから、今後、高付加価値な島ヤサイの流通に向け、ポリフェノールなど機能性成分に着目した品種育成と栽培技術の開発、さらには鮮度保持技術の開発が望まれる。

c) カロテノイド量

本試験で供試した7品目に関するカロテノイド量に関しては、ニシヨモギやホソバワダンおよびスイゼンジナで高く、次いでカズラやボタンボウフウ、カラシナの順で、ヘチマは極めて低かった(図2c)。また、カロテノイド量と呼吸量の間、相関は見られなかった(図3c)。カロテノイド類にはプロビタミンA活性を示すものが知られている<sup>23)</sup>ほか、強い一重項酸素消去活性を示すものもあるが、これら活性の強さはカロテノイド種によって大きく異なる<sup>24)</sup>。したがって、含有されるカロテノイドの種類と量について詳細な解析が必要である。

d) 葉酸総量

葉酸含量は、葉菜類のボタンボウフウ、カラシナおよびホソバワダンで多く、次いで果菜類のヘチマに多く含まれ、葉菜類でもニシヨモギやスイゼンジナおよびカズラでは少なかった(図2d)。葉酸含

量は、カロテノイド量と同様に呼吸量との相関が見られなかった(図3d)。葉酸はビタミンB群の一種であり、「日本人の食事摂取基準(2015、厚生労働省)」では、18歳以上の女性の葉酸推奨量は240  $\mu$ g/day、妊婦では480  $\mu$ g/dayとされているが、摂取量は十分ではなく、特に妊婦の経口摂取量における充足率が低いことが報告されている<sup>25)</sup>。また、沖縄県は低体重児の出生率が全国1位であり(平成24年度人口動態統計調査、厚生労働省)、その要因の一つとして貧血の原因となる葉酸不足が指摘されている(平成25年度妊婦の栄養調査に係る中間報告、全国健康保険協会沖縄支部)。果菜類であるヘチマは、生鮮重量100gあたりの葉酸含量が葉菜類のボタンボウフウやカラシナ、ホソバワダンに比較して半分程度と低いものの、沖縄県における一般的な調理方法である味噌煮として摂取する場合は1食あたりの摂取量が多くなることから、優れた葉酸の供給源として期待できる。

(3) 島ヤサイの呼吸量と栄養成分含有量の系統間比較

平良ら<sup>26)</sup>はカズラの栄養成分含有量が品種や収穫時期、および栽培土壌で異なることを報告している。そこで、沖縄県農業研究センターにおいて収集

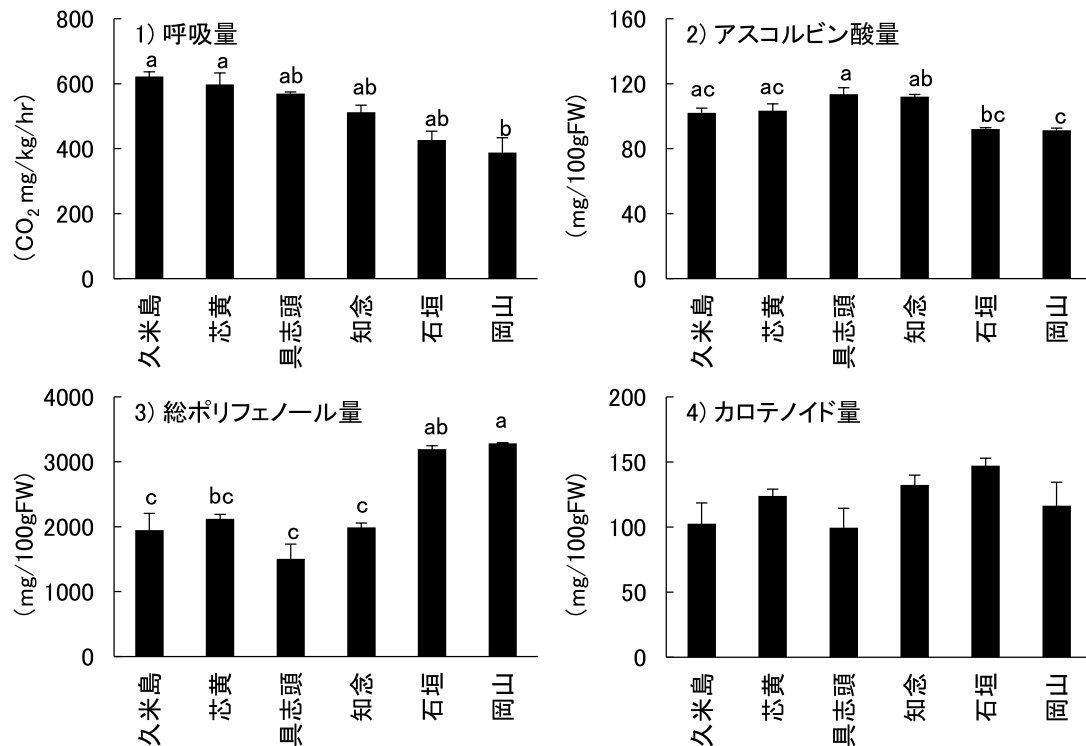


図4 ニシヨモギの呼吸量と栄養成分含有量の系統間比較  
エラーバーは標準誤差 (n=3)、異なるアルファベットで有意差を示した (Tukey-Kramer, p<0.01)。

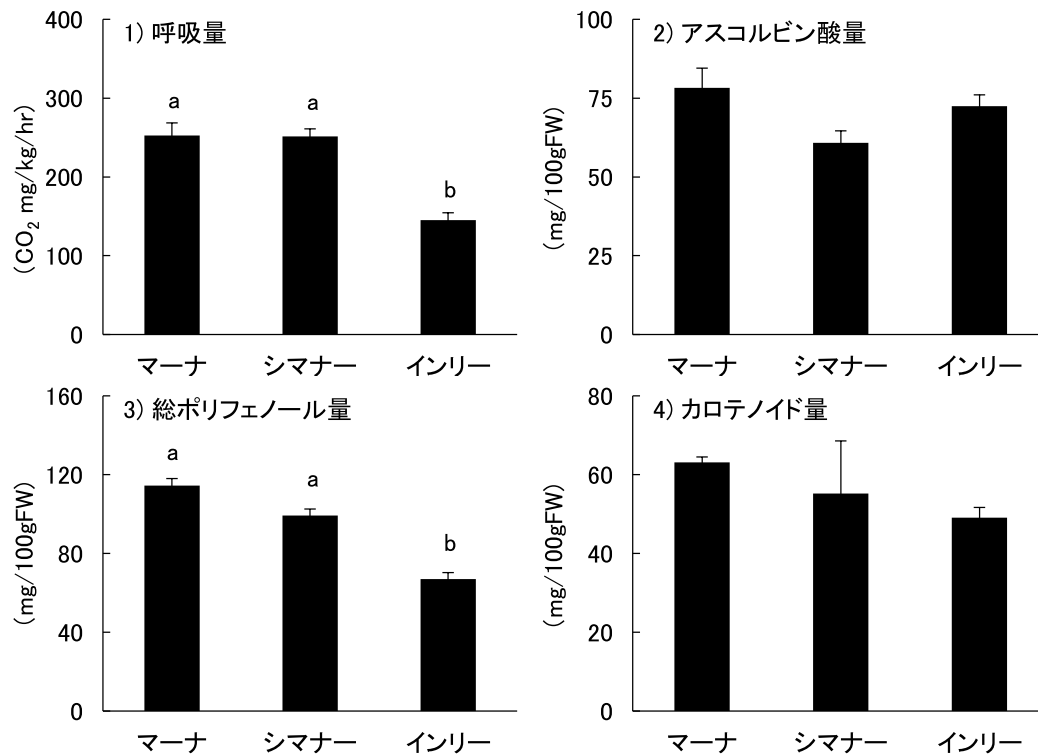


図5 カラシナの呼吸量と成分含有量の系統間比較  
 エラーバーは標準誤差 (n=3)、異なるアルファベットで有意差を示した (Tukey-Kramer, p<0.01)。

を進めている島ヤサイのうち収集数の多いニシヨモギとカラシナについて、呼吸量と栄養成分含有量に関する系統間の比較を行った(図4, 図5)。その結果、ニシヨモギでは呼吸量とアスコルビン酸量、および総ポリフェノール量に系統間の有意差が検出され、総ポリフェノール量では最大値と最小値で2.2倍、呼吸量では1.6倍の差が見られた(図4)。一方、カラシナでは呼吸量と総ポリフェノール量で収集系統間に有意差が検出され、最大値と最小値の差はいずれも1.7倍であった(図5)。これらの有意差は栽培土壌や収穫時期の違いには由来しないことから、純粋に品種間の差であると考えられる。

島ヤサイの振興を図るためには、鮮度保持技術の開発によって市場流通性を高め、かつ、機能性成分含有量の多い品種の確保が必須と考える。本研究では、鮮度保持における基礎的データとして、島ヤサイ主要7品目の呼吸量と食品機能性に関与する栄養成分を測定した。今後、これらの知見を元に鮮度保持条件を決定し、栄養成分の動向を解明する必要がある。また、本研究で得られたデータは、高付加価値を有する島ヤサイの系統選抜や品種育成においても有用な知見となることが期待される。

## 要約

沖縄県伝統野菜の呼吸量と食品機能性に寄与する栄養成分含量を測定した。呼吸量やアスコルビン酸含有量は、ニシヨモギやボタンボウフウおよびカラシナで高かった。総ポリフェノール含有量は、ニシヨモギやボタンボウフウで高かった。カロテノイド含有量は、ニシヨモギやホソバワダンおよびスイゼンジナで高かった。ヘチマは、測定したいずれの項目でも低値であった。葉酸はボタンボウフウ、カラシナ、ホソバワダンおよびヘチマで高かった。ニシヨモギとカラシナにおいて、呼吸量とポリフェノール含有量に系統間の差異があることを確認した。これらの知見は、呼吸量と栄養成分含量を指標とした鮮度保持技術の開発に加えて、系統選抜や品種育成に貢献できる。

## 英文要約

Respiration rate and content of components in major Okinawan traditional vegetables were measured. The respiration rate and the ascorbic acid content were high in Nishiyomogi, Botanbouhuu and Karashina. The polyphenol content

was high in Nishiyomogi and Botanbouhuu. The carotenoid content was high in Nishiyomogi, Hosobawadan and Suizenjina. On the other hand, Hechima showed lower in respiration rate and these contents. Folic acid content was high in Botanbouhuu, Karashina, Hosobawadan and Hechima. In Nishiyomogi and Karashina, differences in respiration rate and total polyphenol content were shown between lines. These findings can contribute not only development of freshness preservation technology based on indexes of respiratory rate and the contents of nutritional components but also the line selection and breeding for Okinawa traditional vegetables.

## 謝辞

本研究は、うちなー島ヤサイ商品化支援技術開発事業（沖縄振興特別推進交付金事業）において実施された。島ヤサイ収集システムの提供と多大なるご助言を頂いた、元沖縄県農業研究センターの高江洲賢文氏に深謝いたします。

## 参考文献

- 1) 草間壽子：伝統野菜にみる地域名と地図、地図情報、34, 8-10 (2014).
- 2) 松井実：京野菜ブランド化戦略の新展開、フードシステム、18, 113-116 (2011).
- 3) 内藤重之、森下正博：「なにわの伝統野菜」の復活と地域・産業振興の取り組み、大阪食とみどり技七研報、43, 5-12 (2007).
- 4) 林未央、道島俊英、勝山陽子、三輪章志、川島正男、矢野俊博、榎本俊樹：県産農産物を活用した機能的食品の研究、石川工試報、54, 57-64 (2005).
- 5) 渡辺克美、佐藤庸平：京野菜を中心とした野菜の機能的性、近大農紀要、50, 41-45 (2016).
- 6) 須田郁夫、沖智之、西場洋一、増田真美、小林美緒、永井沙樹、比屋根理恵、宮重俊一：沖縄県産果実類・野菜類のポリフェノール含量とラジカル消去活性、日食科工誌、52, 462-471 (2005).
- 7) 前田剛希：沖縄伝統野菜の低密度リポタンパク質 (LDL) の酸化抑制能、沖縄工技報、8, 65-70 (2006).
- 8) 前田剛希、伊波聡、津志田藤二郎：沖縄伝統野菜のカロテノイド、ビタミンCおよびポリフェノールの定量、日食科工誌、58, 105-112 (2011).
- 9) 平安山明子、村田晃：沖縄県における栄養素等と食品群別の摂取状況、佐賀短大紀要、36, 111-118 (2006).
- 10) 広瀬直人、前田剛希：沖縄県産農産物の低温輸送および鮮度保持技術の開発・ニガウリの呼吸特性と低温輸送条件、沖縄農研報、1, 6-10 (2008).
- 11) 広瀬直人、大城篤、照屋亮、前田剛希、吉武均：ニガウリ実腐病の発生に及ぼす果実の貯蔵条件と表面乾燥処理による発生防止、沖縄農研報、3, 1-6 (2009).
- 12) 辰巳保夫、邨田卓夫：ウリ科果実の低温耐性と組織の膜透過性との関係について、園学雑、50, 108-113 (1981).
- 13) 首藤垂耶乃、恵飛須則明、高江洲賢文、栄野比美德、恩田聡：うちなー島ヤサイ商品化に向けた消費者ニーズの把握、九農研要旨、78, 121 (2015).
- 14) 広瀬直人、澤岬哲也、照屋亮、吉武均、秋永孝義：温熱処理によるマンゴー (アーウィン) 炭疽病の防除、日食保蔵誌、34, 267-273 (2008).
- 15) 吉田祐子、浜本浩：日射量と気温がホウレンソウのアスコルビン酸含量の変動に及ぼす影響、園学研、9, 333-338 (2010).
- 16) Furita, S., Suda, I., Nishiba, Y. and Yamakawa O.: High *tert*-butylperoxyl radical scavenging activities of sweet potato cultivars with purple flesh, *J. Food Sci. Technol. Int. Tokyo*, 4, 33-35 (1998).
- 17) 永田雅靖、山下市二：トマト果実に含まれるクロロフィルおよびカロテノイドの同時、簡便定量法、日食工誌、39, 925-928 (1992).
- 18) 宮本梯次郎：野菜中葉酸の微生物定量検液調製法の検討、大市大生科紀要、28, 19-24 (1980).
- 19) 日坂弘行：ホウレンソウ貯蔵中における呼吸量、糖含量の変化と外観の劣化との関係、日食工誌、36, 956-963 (1989).
- 20) 細田浩：収穫後の野菜の品質に及ぼす種々の要因、食糧、32, 83-108 (1994).
- 21) 森村洋子：植物はなぜビタミンCを多量に合成するのか、恵泉女学園大園芸文化研報、4, 48-58 (2007).
- 22) Techavuthiporn, C., Nakano, K. and Maezawa S.: Applicability of a respiration-based ascorbic acid



- prediction model to a range of selected vegetables, *J. Soc. Agric. Mach. JPN*, 70, 74-81 (2008).
- 23) 廣田才之、近雅代：野菜・果実のカロテノイド、栄養、51, 293-316 (1993).
- 24) 向井和男、大内綾：食品の抗酸化能・一重項酸素消去活性評価法 (SOAC 法)の開発、オレオサイエンス、13, 371-378 (2013).
- 25) 近藤厚生、木村恭祐、磯部安朗、上平修、松浦治、後藤百万、岡井いくよ：二分脊椎症と葉酸：葉酸経口摂取量と葉酸血清濃度、日泌尿会誌、94, 551-559 (2003).
- 26) 平良淳誠、大見のり子、上地邦彦：沖縄産カンショ茎葉部の葉酸とポリフェノール含量、日食科工誌、54, 215-221 (2007).