

品種および収穫時期の違いが長期どり栽培されたアスパラガス(*Asparagus officinalis* L.)の破断応力およびルチン含量ならびにそれらの収穫後変化に及ぼす影響

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者名	元木, 悟 北澤, 裕明 酒井, 浩晃 松島, 憲一 濱渦, 康範
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	38巻5号
巻号補足	
掲載ページ	p. 271-276
発行年月	2012年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



品種および収穫時期の違いが長期どり栽培されたアスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) の破断応力およびルチン含量ならびにそれらの収穫後変化に及ぼす影響

元 木 悟^{*1†}・北澤 裕 明^{*2§}・酒 井 浩 晃^{*1}
松 島 憲 一^{*3}・濱 渦 康 範^{*3}

* 1 長野県野菜花き試験場

† 現所属：明治大学農学部

* 2 (独)農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

* 3 信州大学大学院農学研究科

Effects of Cultivar and Harvest Season on Rupture Stress and Rutin Content and Their Changes after Harvest of Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) Cultivated Using the Long-term Harvest Production System

MOTOKI Satoru^{*1†}, KITAZAWA Hiroaki^{*2§}, SAKAI Hiroaki^{*1},
MATSUSHIMA Ken-ichi^{*3} and HAMAIZU Yasunori^{*3}

* 1 Nagano Vegetable and Ornamental Crops Experiment Station, 1066-1, Soga, Shiojiri, Nagano 399-6461

* 2 National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization,
2-1-12, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642

* 3 Graduate School of Agriculture, Shinshu University, 8304, Minamiminowa, Kami-ina, Nagano 399-4598

We investigated the effects of cultivars and harvest season on the rupture stress and rutin content of open-cultured asparagus by using 4 cultivars that were 6 years old: 'UC157,' 'NJ953,' 'Gijnlim,' and 'Purple Passion.' From the results of the rupture stress test, we found that 'UC157' could easily be hardened during 7-day storage throughout the harvest seasons. 'NJ953' and 'Gijnlim' also showed the tendency to harden during storage in autumn. In 'UC157,' 'NJ953,' and 'Gijnlim,' rutin contents in spring were higher than those in summer or autumn. Among the cultivars, 'Purple Passion' had the highest rutin content from summer to autumn. These results suggested that rupture stress and rutin content and their changes after harvest were affected by cultivar and/or harvest season.

(Received Sep. 21, 2011 ; Accepted Mar. 1, 2012)

Key words : long-term harvest production system, rupture stress, open culture, rutin, Spear

長期どり栽培, 破断応力, 露地栽培, ルチン, 若茎

アスパラガスは収穫後の品質低下が著しい品目とされ¹⁾, 収穫後そのままの状態におくと, 水分および糖分の急速な減少が起こるとされている²⁾。また, 収穫後も若茎の伸長が続くことから³⁾, 若茎基部の切り口から先端部に向けて組織の繊維質化が急速に進行し硬化するこ

とも収穫後の品質低下の一因として懸念される⁴⁾。これらの収穫後における品質変化に, 収穫時期や作型, 天候などが影響を及ぼすという報告^{5), 6)}もあり, 収穫後の品質低下を防止するためには, 品種や栽培条件, 保存条件と品質変化との関係を明らかにする必要がある。

* 1 〒399-6461 長野県塩尻市宗賀1066-1

† 〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田1-1-1

* 2 〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

§ Corresponding author, E-mail: ktz@affrc.go.jp

* 3 〒399-4598 長野県上伊那郡南箕輪村8304

筆者ら⁷⁾は、春どりされた若茎の外観とアスコルビン酸含量の収穫後の変化に及ぼす品種および保存温度の影響について、現在、国内で栽培されている‘UC157’、‘ガインリム’、‘パープルパッション’の3品種を用いて調査し、この収穫時期における品質と収穫後の変化に品種間差異があることを明らかにした。また、‘ガインリム’は、‘UC157’、‘パープルパッション’と比較して品質が低下しやすく、流通においては、厳密な低温管理が必要である可能性を示唆した。

アスパラガスの収穫後の品質変化に関しては、春どりされたものに関する報告が多い^{2), 7), 8)}。しかし、国内では長期どり栽培が全国的に広く普及していることから、春どり以外の収穫時期における品質変化について把握する必要がある。また、品質の中でもアスパラガスの若茎硬度やその収穫後の変化を調査した報告は少ない。伊藤⁹⁾は、‘メリーワシントン500W’の収穫物を、氷を詰めた箱に入れて実験室に輸送し、収穫6時間後から貯蔵温度1、5および10℃で保存試験を行ったところ、若茎の硬度は保存温度が高く、保存期間が長くなると大きく低下したと報告している。しかし、この試験では開始直前に箱内の温度が一旦18℃になったとされており、この温度上昇が試験結果に影響を及ぼした可能性が考えられた。また、この報告で供試された‘メリーワシントン500W’は、現在国内ではほとんど栽培されていない^{7), 9)}。したがって、この報告をアスパラガスの収穫後における品質変化の事例として活用することは難しいと考えられた。

近年、農産物の高付加価値化の観点から、その機能性成分に対する関心が高まりつつある。アスパラガスは抗酸化作用を有する機能性成分に富み^{10), 11)}、その代表的なものはルチンである^{10), 12)}。これまで、若茎に含まれるルチンの大半が、若茎頭部に存在することが知られているが¹⁰⁾、品種や収穫時期による変動については不明な点が多い。

以上より本研究では、アスパラガスの収穫後の品質や成分の変化を明らかにするために、長期どり栽培された、国内で生産されている4品種の若茎を用いて品種および収穫時期の違いが部位別の破断応力と機能性成分の一つであるルチンの含量の収穫後の変化に及ぼす影響を調査した。

実験方法

1. 供試材料および栽培条件

供試材料は、旧長野県野菜花き試験場（長野県長野市）の場内圃場で露地長期どり栽培された6年株の若茎を用いた。供試品種は、国内における作付状況と育成地を考慮し⁹⁾、‘UC157’（サカタのタネ）、‘NJ953’（パイオニアエコサイエンス）、‘ガインリム’（パイオニアエコサイエンス）および4倍体品種である^{13), 14)}ムラサキアスパラガスの‘パープルパッション’（サカタのタネ）の4品種とした。栽植様式は、畝幅150cm、ベッド幅80

cm、株間30cmの1条植え（栽植密度：2222株・10a⁻¹）とした。肥料は化成肥料を用いて、基肥としてN:P₂O₅:K₂O=20:20:20（kg・10a⁻¹）を、1年株では定植前に、2年株以降は萌芽前に施用した。追肥として各年とも6～8月の3か月間、半月ごとにそれぞれN:P₂O₅:K₂O=5:0:5（kg・10a⁻¹）を施用した。栽培期間中、灌水は天水のみとした。倒伏防止対策として、立茎時に培土と支柱誘引を行い、地際から50cmの高さまで下枝かきを行った。その他の栽培管理は、当場の慣行¹⁵⁾に準じた。

2. 収穫条件

収穫は、2008年5月2日～16日、同年7月18日～28日および同年9月29日～10月10日に行い、元木¹⁶⁾の分類に準じ、それぞれ順に春どり、夏秋どり・盛夏期、夏秋どり・温度降下期とした。収穫は、午前9時に行った。供試材料は、収穫時の長さが30cm以下の若茎を、出荷規格の25cm長に調製し、L級規格（長野県規格の1茎重で15g以上40g未満）に揃え、無作為に選んだものとした。ただし、‘パープルパッション’は、収穫物が他の品種に比べて太く、すべての調査に供試するためのL級規格の本数が確保できなかったため、この品種での先行知見のない、春どりにおける破断応力の調査および夏秋どりにおけるルチン含量の分析のみに供試した。

3. 測定タイミングと保存条件

既報^{1), 2), 7), 17)}ではアスパラガスの保存期間は3～5日間程度であるが、農産物の海外への輸送など¹⁸⁾、従来と比較し流通が長時間に及ぶ事例も多くなっていることから、各測定および分析は、収穫後3時間以内（収穫直後）および7日間保存後とした。収穫した若茎は、漆崎¹⁹⁾および元木ら²⁰⁾の報告を参考に、新聞紙に包み、10℃、湿度95%の暗黒条件下で、穂先を上にして立てた状態で保存した。

4. 破断応力の測定

若茎の部位別（切断面から2cmごとに0～10cm）の破断応力は、カッターナイフ替刃（特大H、オルファ株式会社。刃厚：0.7mm、刃幅：18mm）による切断時の最大応力として測定した。破断応力の測定には、引張圧縮試験機（SV-50型、今田製作所）を用いた。替刃はシリコン栓で挟み、これをプランジャーとして試験機に取り付けた。プランジャーの送り速度は40mm・min⁻¹とした。品種、収穫時期ごとに3～5本の若茎について測定した。

5. ルチンの定量および分析方法

ルチン抽出操作は若茎をフリーザー（-40℃）で凍結保存し凍結させたまま実施した。若茎に含まれるルチンの大半は頭部に集中して存在していることから¹⁰⁾、この部位を調査対象とした。抽出液は若茎頭部から5gの試料を採取し、水5mLおよびメタノール40mLを加え、乳鉢と乳棒ですり潰した後、ろ紙（No.5A、アドバンテック）でろ過し、さらにメンブレンフィルター（孔径0.45μm、アドバンテック）で再ろ過し、メタノールで50mLに

定容し得た。この抽出液を20 μ l採取し、HPLCシステム（ポンプ：20AB，検出器：SPD-6 A，島津製作所）に注入した。HPLCの分析条件は，流速：1.0ml・min⁻¹，カラム温度40℃，カラム：CAPCELL PAK C18（4.60×200mm，バイオクロマト）とし，移動相は，酢酸：アセトニトリル：水＝5：24：71とした。検出波長は354 nmとした。ルチンの純品（和光純薬工業）を用いて検量線を作成し，ピーク面積からルチン含量を算出した。品種，収穫時期ごとに3本の若茎について測定し，これらを反復とした。

実験結果

1. 品種および収穫時期の違いが収穫後の部位別破断応力に及ぼす影響

（1）収穫直後 品種ごとにみると，‘UC157’の基部（切断面）から2 cmと4 cmの部位における破断応力は，春どりで5.4～7.5N，夏秋どり・盛夏期で6.4～7.6N，夏秋どり・温度降下期で14.8および9.6Nであり，夏秋どり・温度降下期で高い値を示した（表1）。‘NJ953’では，切断面から8 cmの部位で収穫時期による差が認められ，春どりと夏秋どり・盛夏期で3.7N，夏秋どり・温度降下期で5.9Nであり，夏秋どり・温度降下期で高い値を示した。一方，‘ガインリム’および‘パープルパッション’では収穫時期による変化はみられなかった。

収穫時期ごとに品種間差をみると，‘UC157’，‘NJ953’，‘ガインリム’の間に有意な差はみられなかった

が，春どりで，基部から2 cmと4 cmの部位において，‘UC157’と‘パープルパッション’との間に有意差がみられ，‘UC157’が高い値を示した。夏秋どり・盛夏期では，いずれの部位においても，品種間差は認められなかった。夏秋どり・温度降下期における基部から2 cmの部位では‘UC157’と‘ガインリム’との間に有意差がみられ，‘UC157’が高い値を示した。

（2）7日間保存後 ‘UC157’はいずれの収穫時期においても収穫直後に比べて大きくなる傾向がみられた（表1）。‘NJ953’と‘ガインリム’では，夏秋どり・温度降下期において，収穫直後と7日間保存後との間に有意差が認められた。‘パープルパッション’では，調査を行った夏秋どり・盛夏期および温度降下期のいずれにおいても保存後の変化は認められなかった。

2. 品種および収穫時期の違いが収穫後のルチン含量に及ぼす影響

（1）収穫直後 いずれの品種も春どりの収穫直後のルチン含量が最も高く，品種間に差は認められなかった（表2）。一方，夏秋どり・盛夏期および温度降下期における収穫直後のルチン含量は，‘パープルパッション’がそれぞれ62.9mg・100g⁻¹FWおよび68.9mg・100g⁻¹FWであり，他のグリーンアスパラガス用3品種の同時期のルチン含量のそれぞれ21.2mg・100g⁻¹FW～33.8mg・100g⁻¹FWおよび25.7mg・100g⁻¹FW～45.6mg・100g⁻¹FWに比べて大きい値を示した。

（2）7日間保存後 ‘UC157’の夏秋どり・温度降

表1 収穫時期がアスパラガスにおける部位別の破断応力とその収穫後の変化に及ぼす影響

品 種	作型・収穫時期	基部（切断面）からの位置および破断応力（N）											
		2 cm		4 cm		6 cm		8 cm		10cm			
		収穫直後	7日後 ^a	収穫直後	7日後	収穫直後	7日後	収穫直後	7日後	収穫直後	7日後	収穫直後	7日後
UC157	春どり	7.5b [*]	10.8 ***	5.4b	8.3 **	4.4b	7.5 **	3.9a	8.1 *	4.0a	9.2 NS		
	夏秋どり・盛夏期	7.6b	13.3 **	6.4b	11.3 **	5.6ab	10.4 **	4.3a	8.6 **	3.9a	7.0 **		
	夏秋どり・温度降下期	14.8a	21.6 **	9.6a	15.6 **	7.4a	14.8 **	6.2a	11.0 **	4.0a	10.7 **		
NJ953	春どり	6.5a	9.2 NS	4.2a	6.3 NS	4.0a	4.0 NS	3.7b	4.1 NS	3.4a	3.4 NS		
	夏秋どり・盛夏期	8.4a	9.6 NS	6.1a	7.5 NS	5.5a	4.7 NS	3.7b	4.0 NS	3.0a	3.8 NS		
	夏秋どり・温度降下期	9.7a	21.9 **	7.4a	18.5 **	7.1a	15.9 **	5.9a	13.3 **	4.3a	11.5 **		
ガインリム	春どり	6.9a	8.2 NS	4.8a	6.6 NS	4.7a	5.0 NS	4.2a	4.3 NS	4.2a	4.7 NS		
	夏秋どり・盛夏期	6.7a	6.2 NS	5.7a	6.1 NS	4.9a	5.2 NS	3.4a	4.5 NS	3.0a	3.4 NS		
	夏秋どり・温度降下期	8.7a	20.7 **	6.6a	17.1 **	5.6a	12.4 **	5.1a	11.4 **	3.7a	8.4 **		
パープルパッション	春どり	5.2	4.6 NS	4.1	3.8 NS	3.6	3.5 NS	3.7	3.7 NS	3.2	3.1 NS		
	夏秋どり・盛夏期	5.8	6.4 NS	5.6	5.7 NS	4.2	6.0 NS	4.3	5.0 NS	3.2	4.3 NS		
	夏秋どり・温度降下期	— ^w	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		NS ^v		NS		NS		NS		NS			

^a保存温度は10℃。

^v同一品種内の比較において，異なるアルファベット間にはTukey-HSD testにより5%水準で有意差あり（n＝3～5）。

^{*}同一の品種および収穫時期における収穫直後と7日後との比較において，t-testにより5%（*）または1%（**）水準で有意差ありまたはなし（NS）（n＝3～5）。

^w調査せず。

^vt-testにより5%水準で有意差なし（n＝3～5）（NS）。

表2 収穫時期がアスパラガスのルチン含量とその収穫後の変化に及ぼす影響

品 種	作型・収穫時期	ルチン含量 (mg・100g ⁻¹ FW)		
		収穫直後	7 日後 ^a	
UC157	春どり	117.2a ^b	103.3	NS ^c
	夏秋どり・盛夏期	21.2c	25.8	NS
	夏秋どり・温度降下期	45.6b	35.6	**
NJ953	春どり	136.4a	106.4	**
	夏秋どり・盛夏期	33.8b	26.3	*
	夏秋どり・温度降下期	40.4b	35.2	*
ガインリム	春どり	123.3a	122.6	NS
	夏秋どり・盛夏期	30.5b	28.4	NS
	夏秋どり・温度降下期	25.7b	24.3	NS
パープル	春どり	— ^w	—	—
パッション	夏秋どり・盛夏期	62.9	50.5	*
	夏秋どり・温度降下期	68.6	37.6	**

^a保存温度は10℃。^b同一品種内の比較において、異なるアルファベット間にはTukey-HSD testにより5%水準で有意差あり (n=3)。^c同一の品種および収穫時期における収穫直後と7日後との比較において、t-testにより1% (**) または5% (*) 水準で有意差あり、またはなし (NS) (n=3)。^w調査せず。^vt-testにより1% (**) または5% (*) 水準で有意差あり (n=3)。

下期, 'NJ953' のすべての収穫時期, 'パープルパッション' の夏秋どり・盛夏期および温度降下期でルチン含量が収穫直後に比べて減少したが, 'UC157' の春どりと夏秋どり・盛夏期と 'ガインリム' のすべての収穫時期では, 有意差は認められなかった (表2)。

考 察

本研究では, 露地長期どり栽培された6年株の国内で生産されている4品種を用い, 収穫直後と10℃7日間保存後の破断応力を測定した。収穫直後と7日間保存後の破断応力には品種間差および収穫時期間差が認められ, 春どりおよび夏秋どり・温度降下期において, 'UC157' の基部に近い部分で他の品種に比べて破断応力が大きくなる傾向がみられた。また, ムラサキアスパラガス用品種である 'パープルパッション' は, グリーンアスパラガス用品種と比較し, 「筋っぽく」ならないのが特徴とされている¹⁴⁾。本研究においても, 収穫時期にかかわらず, 'パープルパッション' の基部における破断応力は 'UC157' に比べて小さい値を示し, 先の報告を支持する結果であった。筆者らは, 収穫前における1日あたりの若茎の伸長量は, 頭部に近いほど大きく, 基部では小さいことを明らかにしている²¹⁾。また, 春どりにおける若茎の伸長速度を 'UC157' と 'ガインリム' とで比較した場合, 'UC157' のほうが小さいことを報告している²²⁾。したがって, 伸長量が小さい基部では硬化が進行しやすいと考えられた。また, 収穫時期を通して収穫前の 'UC157' における基部の伸長量は, 他の品種

のそれと比較し, 小さかったものと推察された。

7日間保存後の破断応力をみると 'UC157' のみが, いずれの収穫時期においても大きくなる傾向を示し, 前報²²⁾で述べた, 収穫後の若茎の伸長進行程度の品種間差が現れたものといえる。一方, 夏秋期・温度降下期においては, いずれのグリーンアスパラガス用品種も7日後に破断応力が大きくなる傾向を示し, 収穫後の若茎の硬化程度は収穫時期の影響を受けることが明らかとなった。この要因については, 今後の検討を要するものと考えられた。

なお, 岡部ら¹⁷⁾は, アスパラガスの若茎基部を熱収縮フィルム, あるいは蜜蝋により覆うことにより, 切断面からの水分減少を抑制できることを報告している。若茎硬化の要因には繊維質化の進行などの要因があり⁴⁾, 水分減少のみに支配されるわけではないものの, 基部に近い部分での硬化が著しい品種や収穫時期においては, このような対策が有効であると思われる。

ルチン含量は, いずれの品種においても春どりが夏秋どり・盛夏期に比べて高い値を示した。アスパラガスのルチン含量およびその季節変動に関する報告は少ないが, 板森ら²³⁾は, 作型および収穫時期ごとのアスコルビン酸含量を比較し, いずれも露地普通栽培の春どりが最も高く, 次いでハウス半促成長期どり栽培の春どり, ハウス半促成長期どり栽培の夏秋どりの順となることを報告している。本研究における収穫時期の違いによるルチン含量の変動はアスコルビン酸含量の変化と類似した傾向で推移しているものと考えられた。

アスパラガスの内容成分含量が、春どりと比べて夏秋どりで小さくなる一因として、気温との関係が考えられた。若茎の1日当たりの伸長量は気温が高いほど大きくなり²³⁾、若茎の生長が旺盛な夏秋どり・盛夏期には、1日に10cm以上伸長することから³⁾、夏秋どりでは若茎の伸長量と比べて内容成分の生成量が著しく小さくなっている可能性が考えられる。これと関連し、夏秋どり・温度降下期において‘ガインリム’のルチン含量が‘UC157’と比較し有意に少なかった理由は、‘ガインリム’が北海道をはじめとした寒冷地での栽培に適した品種であり^{7), 9), 16)}、夏秋どり・温度降下期における若茎の伸長量が‘UC157’と比較し大きかったことに関連していると推察された。本研究では、春どりの‘パープルパッション’のルチン含量を分析することができなかったが、5年株を用いたMAEDA *et al.*²⁴⁾および8年株を用いた甲村・渡邊¹³⁾のいずれの報告においても、春どりされた‘パープルパッション’のルチン含量は、‘UC157’に比べて高いことが報告されている。このように株の年生の違いに関わらず、同一の傾向が得られていることから、本研究で対象とした6年株においても、‘UC157’より高かったものと推察される。さらに、今回明らかとなった夏秋どりにおける測定結果を考慮すれば、‘パープルパッション’のルチン含量が高い傾向は異なる収穫時期においても維持される可能性が高いと考えられるが、これらの点については、その他の品種との比較を含め、今後の検討を要する。

以上より、アスパラガスにおいて収穫時期や品種により、収穫直後の破断応力およびルチン含量、ならびにそれらの収穫後の変化程度が異なることが明らかとなった。現在、アスパラガスの収穫直後の調製や流通段階において、品種や収穫時期、ならびに若茎基部の硬化程度を考慮した対策は行われていないが、今後は今回明らかとなった知見を基に、収穫時期や品種に対応した鮮度保持方法を確立する必要があるものと考えられた。

要 約

露地長期どり栽培された6年株のアスパラガス4品種を用いて、品種および収穫時期がアスパラガスの部位別の破断応力およびルチン含量、ならびにそれらの収穫後の変化に及ぼす影響を調査した。‘UC157’は他の3品種と比較し、収穫後の硬化が進行しやすかった。夏秋どり・温度下降期においては、‘NJ953’および‘ガインリム’においても収穫後の硬化が認められた。ルチン含量は、春どりにおいて最も高く、夏秋どりでは、大幅に減少した。また、品種間の比較では、夏秋どりにおける‘パープルパッション’のルチン含量は他の3品種より有意に高かった。以上より、アスパラガスの破断応力およびルチン含量とその収穫後の変化は、品種や収穫時期により異なることが明らかとなった。

文 献

- 1) 一丸禎樹・犬塚和男：アスパラガスの鮮度保持に関する研究，長崎総農林試報，32，1～14（2006）
- 2) 八鍬利郎：アスパラガス，地域資源活用食品加工総覧 第10巻 素材編，農文協，pp.19～32（2000）
- 3) 前田智雄：アスパラガスの成分と鮮度保持（元木 悟・井上勝広・前田智雄編著：アスパラガスの高品質多収技術），農文協，pp.189～199（2008）
- 4) 牛流清志：葉菜類その他の真空冷却（大久保増太郎編著：野菜の鮮度保持），養賢堂，pp.127～135（1988）
- 5) 板森敏宣・地子 立・植野玲一郎・中野雅章・目黒孝司：ハウス立茎および露地普通栽培におけるグリーンアスパラガス若茎のBrix値とアスコルビン酸含量，北海道立農試集報，98，51～54（2006）
- 6) 田村 晃・篠田光江：アスパラガス長期どり栽培収穫物における糖と遊離アミノ酸含量の推移，東北農業研究，56，219～220（2003）
- 7) KITAZAWA, H., MOTOKI, S., MAEDA, T., ISHIKAWA, Y., HAMAIZU, Y., MATSUSHIMA, K., SAKAI, H., SHIINA, T. and KYUTOKU, Y. : Effects of storage temperature on the post harvest quality of three asparagus cultivars harvested in spring, *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 80, 76～81（2011）
- 8) 伊藤和彦：青果物の鮮度保持に関する研究，第1報 グリーンアスパラガスの短期包装貯蔵，北海道大学農学部邦文紀要，15，7～18（1986）
- 9) 元木 悟：品種を選び、その特性を活かす（元木 悟・井上勝広・前田智雄編著：アスパラガスの高品質多収技術），農文協，pp.39～56（2008）
- 10) 前田智雄：アスパラガスの成分と鮮度保持（元木 悟・井上勝広・前田智雄編著：アスパラガスの高品質多収技術），農文協，pp.189～199（2008）
- 11) 元木 悟・前田智雄・宮野幸一郎・小竹優人・吉田清志・五味文誠・芹澤啓明・北澤裕明・坂崎孝志・酒井浩晃・中村憲太郎・袖山栄次：アスパラガスの栽培法の違いが若茎の形状および機能性成分に及ぼす影響，園学研，10（別2），216（2011）
- 12) 津志田藤二郎・鈴木雅弘・黒木証吉：各種野菜類の抗酸化性の評価および数種の抗酸化成分の同定，日食工誌，41，611～618（1994）
- 13) 甲村浩之・渡邊弥生：紫アスパラガス‘パープルパッション’の全期立茎栽培における生育・収量特性と食味・ポリフェノール含量評価，近中四農業研究，6，50～56（2005）
- 14) 元木 悟：ムラサキアスパラガスの栽培，農業技術体系野菜編8（2）タマネギ・アスパラガス，農文協，pp.基299～306（2011）
- 15) 元木 悟・上杉壽和・小澤智美・小松和彦・塚田元尚：アスパラガス長期どり栽培における立茎方法および立茎数が収量に及ぼす影響，長野野菜花き試

- 報, 12, 19~29 (2004)
- 16) 元木 悟: アスパラガスの作業便利帳, 農文協, pp.155 (2003)
- 17) 岡部和広・大木 淳・工藤郁也: アスパラガス収穫物の切り口を中心とした品質低下防止技術, 東北農業研究, 60, 207~208 (2007)
- 18) ISHIKAWA, Y., KITAZAWA, H. and SHINA, T.: Vibration and shock analysis of fruit and vegetables transport — Cherry transport from Yamagata to Taipei —, *JARQ*, 43, 129~135 (2009)
- 19) 漆崎末夫: 農産物の鮮度保持, 筑波書房, pp.190 (1988)
- 20) 元木 悟・川畑朋崇・濱渦康範・松島憲一・酒井浩晃・北澤裕明・前田智雄・重盛 勲: 収穫時期, 品種および保存方法の違いがアスパラガスの品質に及ぼす影響, 園学研, 9 (別1), 174 (2010)
- 21) 元木 悟・鈴木尚俊・宮下和久・塚田元尚・前田智雄・矢崎明美・小澤智美・小松和彦・金子 博: アスパラガス新品目 '生食用ホワイトアスパラガス' の特性, 園学雑, 73 (別1), 313 (2004)
- 22) MOTOKI, S., MATSUNAGA, K., MAEDA, T. and KUTSUZAWA, T.: Selection of Asparagus Cultivars for Cold Areas of Japan, *Acta Hortic.*, 776, 357~366 (2008)
- 23) 元木 悟: 若茎の収穫, 農業技術体系野菜編8 (2) タマネギ・アスパラガス, 農文協, pp.43~47 (2010)
- 24) MAEDA, T., KAKUTA, H., SONODA, T., MOTOKI, S., UENO, R., SUZUKI, T. and OOSAWA, K.: Antioxidation capacities of extracts from green, purple, and white asparagus spears related to polyphenol concentration, *HortScience*, 40, 1221~1224 (2005)
- (平成23年9月21日受付, 平成24年3月1日受理)
-