

## 伏せ込み促成栽培におけるアスパラガス品種の特性評価と 収穫前根株の糖組成

高 村 俊 太<sup>1)</sup>・上 野 敬 司<sup>2)\*</sup>・園 田 高 広<sup>3)</sup>・小野寺 秀 一<sup>2)</sup>

Characterization of cultivars and sugar composition of storage roots  
of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cultivated in “Fusekomi” forcing culture.

Shunta TAKAMURA<sup>1)</sup>, Keiji UENO<sup>2)\*</sup>, Takahiro SONODA<sup>3)</sup> and Shuichi ONODERA<sup>2)</sup>  
(Accepted 16 July 2015)

### I. はじめに

現在、国内産のアスパラガスは、主に3月から10月にかけて流通しており、冬期間はメキシコやオーストラリアなどの海外産の流通割合が国内産を大きく上回っている(農林水産統計) [1]。そのため、近年では、有利販売などを目的として冬期間に出荷する伏せ込み促成栽培が注目されている [2-4]。伏せ込み促成栽培には、春期に露地圃場に定植して同年の秋冬期に掘り取った根株をビニールハウス内の温床に伏せ込む1年生株養成法と夏秋期に定植して翌年の秋冬期に根株を伏せ込む1年半株養成法があり、本作型において萌芽の早晚や収量性に品種間差異があることが報告されている [5, 6]。伏せ込み促成栽培に用いられている‘ウエルカム’及び‘バイトル’は、‘グリーンタワー’及び‘スーパーウエルカム’よりも若茎の曲りが少なく収量が多いことが報告され、この要因として休眠特性の違いが指摘されている [5]。武田・篠田はアスパラガスの株の充実過程を①何らかの外的刺激(短日, 気温の低下一概に15℃以下)による地上茎の発生停止と、それに続く春芽の充実開始, ②春芽に養分を供給するための貯蔵根の急激な発生・伸長, ③新貯蔵根への光合成産物や地上部からの転流物質の蓄積と推定している [7]。

アスパラガスの地下部は地下茎と根からなり、地

下茎の先端にりん芽群があり、ここから若茎を地上に伸ばす。一方、地下茎は地中を伸長する。根は吸収根と貯蔵根に分かれている。吸収根は繊維質の細い根を指し、養分や水分の吸収機能を持つ。貯蔵根は多肉質の太い根で、貯蔵炭水化物であるフルクトオリゴ糖が蓄積している [8]。フルクトオリゴ糖とは、スクロースにフルクトースが数個結合したオリゴ糖であり、また多数結合した多糖類のことをフルクタンと言う。アスパラガスの貯蔵根に含まれるフルクタンは構造の違いからイヌリン型フルクタン、イヌリンネオ型フルクタンの2つに分けられる。イヌリン型フルクタンはスクロースにフルクトースが $\beta$ -2, 1結合で重合し、直鎖状の構造をしている。イヌリンネオ型フルクタンは、イヌリン型の末端グルコースの6位の炭素の水酸基にフルクトースの2位の水酸基が $\beta$ -2, 6結合し、結合したフルクトースに更にフルクトースが $\beta$ -2, 1結合により重合し伸長した構造を有する [9, 10]。この蓄積された養分が萌芽や伸長・収量に大きく関与すると考えられている。

本研究では、貯蔵根のフルクトオリゴ糖・フルクタンが休眠覚醒に関連しているのではないかと予想し、品種特性の異なるアスパラガスの伏せ込み前の根株のフルクトオリゴ糖・フルクタンの糖含量を調査し各品種の違いとフルクタンとの関連性を見出すことを目的とした。

<sup>1)</sup> 2014年度酪農学園大学農食環境学群食と健康学類食品栄養化学研究室卒業生

Laboratory of Food Nutrition and Chemistry, Department of Food Science and Human Wellness, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

<sup>2)</sup> 酪農学園大学農食環境学群食と健康学類食品栄養化学研究室

Laboratory of Food Nutrition and Chemistry, Department of Food Science and Human Wellness, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

<sup>3)</sup> 酪農学園大学農食環境学群循環農学類農場生態学研究室

Laboratory of Farming Ecology, Department of Sustainable Agriculture, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

\* Corresponding author

## II. 材料及び方法

### 1. 材料

試験には、2012年3月8日に播種し、6月5日に酪農学園大学内の露地圃場に定植して2013年10月31日まで栽培したアスパラガスの根株を掘り上げて用いた。供試品種は、伏せ込み促成栽培専用品種として(株)パイオニアエコサイエンスから販売されている‘太宝早生’、‘ウインデル (PA100)’と同作型に多く用いられている(株)サカタのタネの‘ウエルカム’の3品種、主に北海道では露地栽培用品種として用いられている(株)パイオニアエコサイエンスの‘ガイニンリム’、‘ゼンユウガリバー’、‘PA50’の3品種、紫品種として(株)パイオニアエコサイエンスの‘満味紫’、福島県育成の‘はるむらさきエフ’の2品種、計8品種とした。試験では、掘り上げた根株30株の根株重を計測し、平均的な3株の長さ30 cm以上に伸長した貯蔵根の地下茎からの長さ10 cmの部位を採取し、Brix糖度および糖分析のための試料とした。採取した試料は、分析に使用するまで-40℃の冷凍庫で保存した。残った27株の根株は、根株重の軽い3株を除いた24株を室温23±5℃の環境条件に設定したガラス温室内における伏せ込み促成栽培に供試した。

### 2. 伏せ込み促成栽培による収量等の特性調査

試験では、掘り上げた根株を粉碎籾殻堆肥と川砂を1:1の割合で混合した培土を用いて、幅68 cm×奥行34 cm×高さ26 cmの大きさのプランターに4株ずつ伏せ込んだ。試験は、1区2プランターで3反復とした。収穫開始日は、1区当たりの供試株数の半数以上の若茎が収穫された日とし、規格別収量を計測した。

### 3. 試薬

試薬、キットは特に明記しない限り、全て市販品を用いた。1-kestース、ニストースはホクレン農業協同組合連合会より恵与されたものを用いた。

### 4. 高速液体陰イオン交換クロマトグラフィー分析

グルコース、フルクトース、スクロース及びフルクトオリゴ糖の定量には、Shiomiの方法[11]をもとにDionex社のDX500を用いた高速液体陰イオン交換クロマトグラフィー(HPAEC)分析により実施した。すなわち、カラムには、Carbopac PA-1(4×250 mm, Dionex)を用い、検出器には Pulsed

Amperometric Detector を用いて0.3 μCのレンジで検出した。カラム温度は室温とし、150 mM 水酸化ナトリウムを溶離液として用い流速1 ml/minで行なった。酢酸ナトリウムを用いた濃度勾配は、30分間25~500 mMとなるよう以下の通り行なった。0-1分は25 mMのまま、1-2分で25 mMから50 mMに、2-20分で50 mMから500 mMに、20-22分は500 mM、22-30分で25 mMを維持した。

標準物質は20 μg/mlのグルコース、フルクトース、スクロース、1-kestース、ニストースを用い、3糖類の定量には1-kestース、4糖類の定量はニストースの数値を計算に用いた。

### 5. 糖の抽出操作

アスパラガスの貯蔵根を5 g精秤し、細かく刻んで70%エタノール50 mlと炭酸カルシウムを少量加え、還流冷却下で30分間加温抽出した。その後、布で濾過し、ろ液を抽出液として回収した。残渣に70%エタノール50 mlと炭酸カルシウムを加え、ミキサーで3分間ホモジナイズした後、還流冷却下で15分間加温し、布で濾過して、上述の抽出液に加えた。残渣に再び70%エタノール50 mlを加え還流冷却下で加温後濾過を2回繰り返し、最後に70%エタノールの代わりに蒸留水50 mlを用いて15分間加温後、濾過した液を抽出液に加え、500 mlにメスアップした。この糖抽出液を25 mlロータリーエバポレーターで乾固した後、蒸留水5 mlで再び溶解し、糖濃縮液とした。

### 6. フルクトタン量の測定

上述の糖濃縮液に、Megazyme社のFructan Assay Kitを用いフルクタンナーゼ処理を行ったのち、その反応液のグルコースとフルクトースの量をHPAECで分析し、フルクトタン量を算出した。

### 7. 統計処理

統計解析は、一元配置の分散分析後、Tukeyの多重比較で検定した。有意水準は5%とした。

## III. 結 果

### 1. 伏せ込み促成栽培による収量等の特性調査

収穫開始日について、伏せ込み促成栽培用品種は3品種間で差はなく、露地栽培用品種よりも1~2日、紫品種よりも7~11日早かった(表1)。

収量について、伏せ込み促成栽培用品種では、‘太宝早生’が最も収量が多かったが、いずれの品種も若茎の曲りが要因となる規格外収量の割合は少なかった。

表1 アスパラガス8品種の伏せ込み促成栽培における萌芽の早晚

品 種	収穫開始日 <sup>a)</sup>	標準偏差
伏せ込み促成栽培品種	太宝早生	11月13日
	ウエルカム	11月13日
	ウインデル (PA100)	11月13日
露地栽培品種	ガインリム	11月15日
	ゼンユウガリバー	11月14日
	PA50	11月15日
紫品種	満味紫	11月24日
	はるむらさきエフ	11月20日

a) 収穫開始日：供試株数の半数以上の若茎が収穫された日

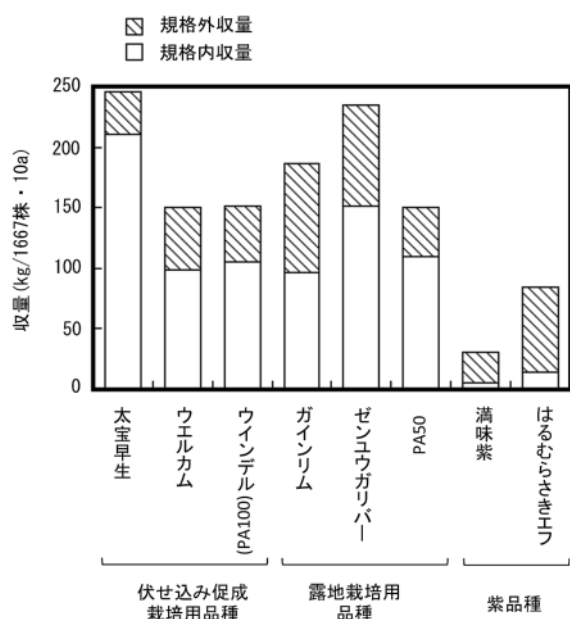


図1 アスパラガス8品種の伏せ込み促成栽培における規格内及び規格外収量

た(図1)。露地栽培用品種では、‘ゼンユウガリバー’、‘ガインリム’、‘PA50’の順で収量が高かったが、‘PA50’を除いて規格外収量の割合が多かった(図1)。紫品種では、‘はるむらさきエフ’が‘満味紫’よりも収量が高かったが、両品種ともに規格外収量が多かった(図1)。

## 2. 貯蔵根の Brix 糖度

各品種の貯蔵根の Brix 糖度は品種間で有意差は認められず、12~20%であった(図2)。「ウインデル(PA100)」の Brix 糖度が低い傾向であった。貯蔵根の Brix 糖度と収量との相関は認められなかった。

## 3. 各品種の貯蔵根の糖分析

各品種のグルコース、フルクトース、スクロースの貯蔵根中の各糖含量に有意差は認められなかった(図3a)。総フルクタン量では「ガインリム」が高い値

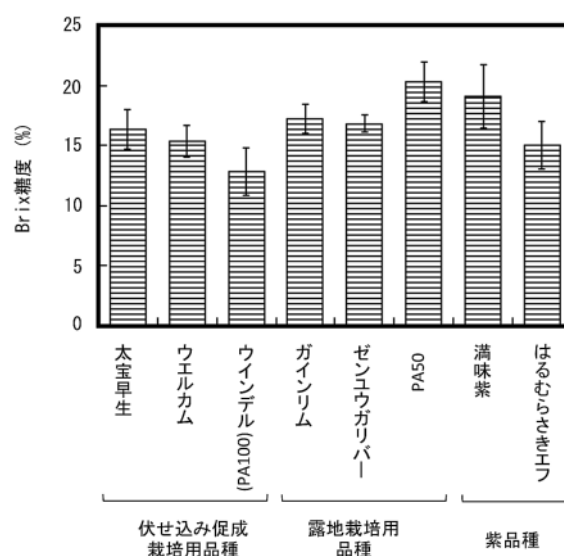


図2 伏せ込み前のアスパラガス根株の貯蔵根 Brix 糖度

エラーバーは標準誤差を示す。英字標記がないグラフは5%水準で有意差がないことを示す。

を示し「ウインデル」と比べて有意差が認められた。それ以外の品種間では有意な差は認められなかった(図3b)。貯蔵根中の総フルクタン量と収量との相関は認められなかった。また、各品種の貯蔵根中のフルクトオリゴ糖を分析し、重合度3、4の糖濃度、総フルクタン中のオリゴ糖組成を表2に示した。重合度3、4の糖濃度の平均値は4.02~7.49 mg/g F.W.と同程度で品種間に有意差は認められず(表2)、収量との相関は認められなかった。

## 考 察

伏せ込み促成栽培用品種は、収穫開始日が早く、規格外収量が少なかったが、露地栽培用品種及び紫品種は収穫開始日が伏せ込み促成栽培用品種よりも遅く、規格外収量が多い傾向であった(表1, 図1)。小泉ら[5]は、低温遭遇により休眠覚醒が進むことで曲がり症が低下すると推定していることから、供

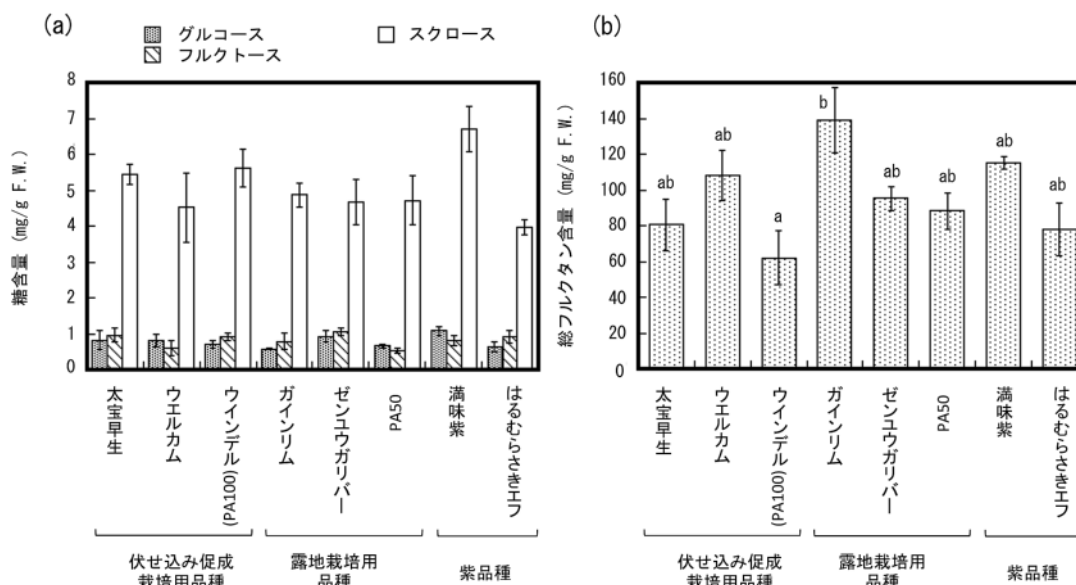


図3 伏せ込み前のアスパラガス根株の貯蔵根糖含量

(a) グルコース、フルクトース、スクロース含量, (b) フルクタン含量

エラーバーは標準誤差を示す。英字標記がないグラフ及び同一の英字記号は5%水準で有意差がないことを示す。

表2 伏せ込み前のアスパラガス根株の貯蔵根のオリゴ糖含量と組成

品 種	三糖類		四糖類		
	糖含量 <sup>a)</sup>	組成 <sup>b)</sup>	糖含量 <sup>a)</sup>	組成 <sup>b)</sup>	
	mg/g F.W.	%	mg/g F.W.	%	
伏せ込み促成栽培品種	太宝早生	4.59	5.70	6.25	7.76
	ウエルカム	5.64	5.22	6.75	6.24
	ウインデル (PA100)	5.72	9.21	6.23	10.03
露地栽培品種	ガインリム	4.02	2.89	4.94	3.55
	ゼンユウガリバー	5.83	6.11	7.49	7.85
	PA50	4.89	5.54	6.06	6.86
紫品種	満味紫	6.39	5.54	7.49	6.50
	はるむらさきエフ	4.72	6.07	6.25	8.05

a) 平均値

b) 総フルクタン量に対する割合

試した伏せ込み促成栽培用の3品種は露地栽培用品種及び紫品種よりも休眠覚醒が進んでいたと考えられた。貯蔵根のBrix糖度には品種間で有意な差は認められなかった(図2)。これまでに伏せ込み前の貯蔵根のBrix糖度や総糖量、総フルクタン量の値が高く十分に根株に養分が蓄積しているにも関わらず収量が低い、もしくはその逆の事例が多く報告されており、貯蔵根Brix糖度だけでは休眠覚醒の時期を判断できないことが指摘されている[3, 13, 14]。本試験からも同様のことが考えられた。最近、伏せ込み前の根株への強制的な低温遭遇により、収量が増加した事例が報告されている[15, 16]。強制的な低温遭遇などにより休眠覚醒の調節が可能となれば、本試験において収量の低かった品種、特に紫ア

スパラガスでも他の品種と同程度のBrix糖度及び総フルクタン量であったことから高収量が期待されることが考えられた。

伏せ込み促成栽培における各品種の収量等の特性調査や掘り上げ時の貯蔵根のフルクトオリゴ糖・フルクタン含量及び組成を調査した。その結果、各品種の収量及び収穫開始日は異なる傾向を示した。一方、総フルクタン量では、収穫開始日の遅い‘ガインリム’と収穫開始日の早い‘ウインデル (PA100)’の間で有意な差が見られたものの、収量との相関は認められず、休眠覚醒とフルクトオリゴ糖・フルクタンとの関連性を見出すことはできなかった。休眠覚醒については、5℃以下の低温に一定時間以上遭遇する必要があり、低温遭遇時間が少ないと収量が低

下すること[17], 品種により低温遭遇に必要な時間が異なること[5]が報告されている。品種間における収穫開始日の違いは, 休眠覚醒に関わる特性の違いと考えられた。しかし, 本試験で調査したフルクトオリゴ糖・フルクタン含量及び組成と収量との関係に有意な関係性が認められなかったことは, 休眠覚醒と糖含量及び糖組成に関しては品種間で単純に比較できない可能性が考えられた。伏せ込み促成栽培において低温遭遇を受ける秋期に根株の貯蔵根 Brix 糖度及びフルクタン量が増加すること[12]が報告されていることから, さらに精査が必要であると考えられた。

## 謝 辞

本研究は, 酪農学園大学 2014 年度学内共同研究【アスパラガス根株の糖組成比較試験】の一部として実施した。

## 引用論文

- 1) 農林水産省ホームページ. 2014 年. 青果物卸売市場調査月別結果. [http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/seika\\_orosi/index.html](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/seika_orosi/index.html).
- 2) 山口貴之, 及川一也. 2008. 品種の違いが伏せ込み栽培の萌芽に与える影響. 園学研. 7(別 2): 205.
- 3) 地子立, 午来 博, 門傳千香子, 荒木 肇. 2012. 北海道オホーツク地域のグリーンアスパラガス伏せ込み促成栽培における 10 月掘り 1 年生株の若茎収量. 園学研. 11(4): 491-495.
- 4) 午来 博, 地子 立, 園田高広, 荒木 肇. 2014. 美幌町における 11 月出荷を目指した 1 年半養成根株によるグリーンアスパラガス伏せ込み促成栽培 (第 2 報) 新品种 '太宝早生' を用いた取り組み. 北園談会報. 47: 84-85.
- 5) 小泉丈晴, 山崎博子, 大和陽一, 濱野 恵, 高橋邦芳, 三浦周行. 2002. アスパラガス促成栽培における若茎の生育に及ぼす品種, 低温遭遇量, 株養成年数および性別の影響. 園学研. 1(3): 205-208.
- 6) 小泉丈晴, 剣持伊佐男, 町田安雄. 2003. アスパラガス 1 年生株の生育と促成栽培での収量・品質の雌雄間差. 園学研. 2(4): 275-278.
- 7) 武田 悟, 篠田光江. 2008. 糖類の蓄積から見た促成アスパラガスの株充実過程. 東北農業研究. 61: 169-170.
- 8) 農文協編. 1989. 野菜園芸大百科 11. タマネギ, アスパラガス, ウド 社団法人農山漁村文化協会
- 9) Shiomi N. 1989. Properties of fructosyltransferases involved in the synthesis of fructan in liliaceous plants. Journal of Plant Physiol. 134: 151-155.
- 10) Shiomi N. 1993. Structure of fructopolysaccharide (asparagosin) from roots of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). New Phytol. 123: 263-270.
- 11) Shiomi N. 1991. Separation of fructooligosaccharide isomers by anion-exchange chromatography. Agric. Biol. Chem. 55: 1427-1428.
- 12) Shiomi N. 1992. Content of carbohydrate and activities of fructosyltransferase and invertase in asparagus roots during the fructooligosaccharide- and fructo-polysaccharide accumulating season. New Phytol. 122: 421-432.
- 13) 佐藤正昭. 2008. 促成伏せ込みアスパラガスの根株への低温遭遇方法及若茎収量. 東北農業研究. 61: 171-172.
- 14) 渡辺慎一, 古谷茂貴, 大和陽一. 2008. 暖地でのアスパラガス伏込み促成栽培の収量性に及ぼす伏込み時期の影響. 園学研. 7(別 1): 158.
- 15) 篠田光江, 武田 悟, 山口貴之, 新井正善. 2011. アスパラガス促成栽培養成株掘り上げ後の冷蔵および乾燥処理が地下部の糖類に及ぼす影響. 園学研. 10(別 2): 213.
- 16) 篠田光江, 本庄 求, 武田 悟. 2013. アスパラガス促成栽培養成株掘り上げ後の冷蔵処理の検討. 園学研. 12(別 2): 176.
- 17) 鹿野 弘, 高野岩雄. 2008. ホワイトアスパラガス 1 年株伏せ込み栽培における 5℃以下低温遭遇時間と収量の関係. 東北農業研究. 61: 173-174.

## 要 約

本研究ではアスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) の休眠覚醒にアスパラガス地下部の糖組成が関与していると予想し, 特性の異なるアスパラガス 8 品種の伏せ込み促成栽培における収量及び伏せ込み前の根株のフルクトオリゴ糖・フルクタンの糖含量を調査した。その結果, 伏せ込み促成栽培用品種は, 収穫開始日が早く, 規格外収量が少なかったが, 露地栽培用品種及び紫品種は収穫開始日が伏せ込み促成栽培用品種よりも遅く, 規格外収量が多い傾向で

あった。各品種の貯蔵根グルコース、フルクトース、スクロース量に有意差は見られず、総フルクタン量では‘ガインリム’と‘ウインデル’との間で、有意な差が見られたものの、収量との相関は認められなかった。各品種とも貯蔵根に同程度のフルクタンが蓄積しており、伏せ込み促成栽培に適する品種であ

る‘太宝早生’や‘ウェルカム’などの貯蔵根フルクタン量と比べ、収量の低かった紫アスパラガス品種においても同程度であった。休眠覚醒とフルクトオリゴ糖・フルクタンとの関連性を見出すことはできなかった。

### Summary

Eight asparagus cultivars with different characteristics were cultivated using the “Fusekomi” forcing culture. We investigated the harvest start date, yield, and storage root fructan content of the asparagus cultivars. The yield of ‘Taihowase’, which is suitable for “Fusekomi” forcing culture, was higher than those of the other cultivars. The harvest start date of purple asparagus cultivars was later than that of the other cultivars. Fructan content in storage roots was similar among cultivars, although the each cultivar showed different harvest characteristics.