

伏せ込み促成栽培における遮光フィルム資材を用いたホワイトアスパラガス生産

地子 立^{1*}・志賀義彦²・今野一男²・田中静幸¹¹北海道立花・野菜技術センター研究部野菜科 073-0026 北海道滝川市東滝川 735²財団法人北海道農業企業化研究所 061-0600 北海道樺戸郡浦臼町オサツナイ 315-118

White Asparagus Production with Opaque Film in Rootstock Planting Forcing Culture

Tatsuru Jishi^{1*}, Yoshihiko Shiga², Kazuo Konno² and Shizuyuki Tanaka¹¹Hokkaido Ornamental Plants and Vegetables Research Center, Takikawa, Hokkaido 073-0026²Hokkaido Agricultural Laboratory for Business Development, Urausu, Hokkaido 061-0600

Abstract

To facilitate the production of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears in winter, we studied spear blanching in rootstock planting forcing culture. A strong correlation was observed between the fresh weight of one-year-old rootstocks and their yields. Light conditions during the harvesting time had little influence on the yield, but, they influenced anthocyanin pigmentation in the spear. When asparagus spears were harvested under darkness maintained by an opaque film covering, anthocyanin pigments in the spears disappeared. There were differences between cultivar yields; these were caused by the differences in the extent of chilling exposure, which is necessary for each cultivar to break the dormancy of its rootstock. These results suggested that white asparagus spears can be produced with no anthocyanin pigment in forcing culture by using one-year-old rootstocks of cultivars with a low level of dormancy ('UC-157 F₁', 'GrandeF₁'), if spears are harvested under dark conditions maintained by opaque film covering.

Key Words : anthocyanin, dormancy, light condition, opaque film covering

キーワード : アントシアニン, 光条件, 休眠性, 遮光フィルム被覆

緒 言

国産グリーンアスパラガスの端境期となる11～1月に収穫可能な伏せ込み促成栽培は群馬県や秋田県等の東北地域を中心に行われているが、伏せ込み促成栽培を利用したホワイトアスパラガスの冬期生産はほとんどなく、それに関連した試験報告も少ない(元木ら, 2004)。また、一般的なホワイトアスパラガス栽培では若茎萌芽前に畝上に培土を行い、土中で若茎を軟白化させる方法が慣行となっているが、培土に適した砂質壤土が必要であること、若茎が土の表面に出る直前に収穫する必要があるため収穫回数が多いこと、収穫作業に熟練を要する等、問題が多い。培土を省略した若茎軟白化法についてはいくつか報告例がある(北條, 2004; 地子・田中, 2006; Makus・Gonzales, 1991; 元木ら, 2004)が、Makus・Gonzales (1991)は露地栽培において遮光フィルムを若茎萌芽前の畝上に被覆することによりホワイトアスパラガスが生産可能であると報告している。そこで本研究ではMakus・Gonzales (1991)の方法を応用

して根株の伏せ込み床にトンネルを設置し、その上から遮光フィルムを被覆する方法でホワイトアスパラガスの冬期生産を目指すこととした。ここでは若茎を軟白化するための遮光フィルム被覆が根株の収量性や若茎のアントシアニン発生に与える影響について検討し、本方法を用いて栽培した場合の品種間差についても調査した。

材料および方法

試験 1. 伏せ込み促成栽培における遮光処理が根株の収量性に及ぼす影響

伏せ込み促成栽培においてグリーンアスパラガス収穫区(以降, グリーン区と表記)と遮光フィルム被覆によるホワイトアスパラガス収穫区(以降, ホワイト区と表記)を用意し、収量性に関する比較を行った。本試験には'Gijnlim'の1年養成株を用いた。2005年3月7日に播種し、92日間育苗した9cmポット苗および同年4月7日に播種し、62日間育苗した紙筒苗を6月8日に北海道立花・野菜技術センター圃場に株間30cm, 畦間150cmで各々36株定植し、地上部茎葉が倒れないようフラワーネットによる倒伏防止対策を施しながら根株養成を行った。グリーンマルチを用いた30cm高畦栽培とし、施肥量は化成肥料を用いて

2007年8月20日 受付. 2007年10月24日 受理.

* Corresponding author. E-mail: jishi@agri.pref.hokkaido.jp

N:P₂O₅:K₂O = 15:30:15 (kg・10 a⁻¹), 堆肥は10 a当たり5 t施用した. 同年11月8日に根株を掘り取ってコンテナに詰め込み, シートで覆って屋外に保管した. 同年11月31日に根株を水で洗浄後, 一昼夜風乾し, 翌日生重の異なる根株を18株ずつ選び出した. グリーン区の供試根株生重(g)の平均値 ± 標準偏差は692 ± 238, ホワイト区のそれらは736 ± 287であった. 選んだ株については地下茎直下の貯蔵根を株元から根端に向かって約5 cmの長さで4~6本ずつ切り取り, それらをニンニク搾器で搾汁し, デジタル糖度計(‘PR-101α’, ATAGO社製)を用いてBrix(%)を測定した. 同センターのガラス温室内に深さ0.3 m, 幅0.6 m, 長さ3.0 mの溝を4本掘り, その底に15 cm深の地温を約20°Cに設定できるように電熱線を配置した. 根株は同年12月2日に30 cm間隔で伏せ込んだ. なお, 伏せ込み時の覆土の厚さは約3 cmとした. 伏せ込み後, それぞれの畝上に高さ50 cm, 幅60 cmの小型トンネルを設置し, 2本には透明のビニルフィルム, 残り2本には遮光フィルム(‘ホワイトシルバー’, 東罐興産社製)を被覆した. トンネル内の遮光条件を確認するために2006年1月14日, 17日, 18日, 21日に日中1回, 照度計(‘T-10’, KONICA MINOLTA社製)を用いて照度を測定した. また, 同年12月9日~12月22日にはトンネル内の15 cm高の気温を1時間毎に温度データロガー(‘おんどとり Jr. TR-52S’, ティアンドデイ社製)で測定した. 灌水は土壌の状態を確認しながら乾燥しないように適宜行った. 収穫は2005年12月15日~2006年1月20日(37日間)まで毎朝トンネルを開閉しながら行った. 24 cm以上に伸長した若茎と異常茎を地際で全て切り取り, 株毎に収穫した若茎本数およびその重量を調査した. なお, 本試験では若茎長24 cm調製時に一本重8 g以上で形状に異常がなければ, アントシアニン発生が認められても規格内若茎として扱った.

試験2. 遮光フィルム被覆を用いたホワイトアスパラガス伏せ込み促成栽培における若茎のアントシアニン発生および収量性の品種間差

‘Gijnlim’, ‘UC-157F₁’, ‘GrandeF₁’ (‘Gijnlim’は全雄系F₁品種, ‘UC-157F₁’, ‘GrandeF₁’は雌雄混合F₁品種)の1年養成株を供試した. 2005年の試験方法は試験1と同様であり, 2006年も特に断らない限り試験1に準ずる試験方法とした. 2006年は3月2日に播種し, 97日間育苗した9 cmポット苗および同年4月5日に播種し, 64日間育苗した紙筒苗を同年6月8日に定植した. 試験配置は1区12株, 3反復の乱塊法とした. 根株の掘り取りは同年11月9日に実施し, 同年11月30日に伏せ込んだ. なお, 収穫調査には品種毎に重さの異なる根株を13~18株用意した. 2005年供試根株生重(g)の平均値 ± 標準偏差は‘Gijnlim’が736 ± 287, ‘UC-157F₁’が693 ± 274, ‘GrandeF₁’が764 ± 276, 2006年のそれらは‘Gijnlim’が776 ± 239, ‘UC-157F₁’が802 ± 271, ‘GrandeF₁’が850 ± 277であった. 2006年は伏せ込み床上に高さ200 cm, 幅230 cmの大型トンネルを

設置し, 上記の遮光フィルムで被覆した. トンネル内の遮光条件を確認するために2007年1月5日, 10日, 15日, 26日に上述のように日中1回照度を測定した. 収穫は同年12月18日~2007年1月23日(37日間)に大型トンネル内に入ってヘッドライトで手元を照らしながら行った. 試験1同様にアントシアニン発生が認められても若茎長24 cm調製時に一本重8 g以上で形状に異常がない若茎は規格内若茎として扱うこととしたが, 本試験では2006年1月7日~1月16日, 2007年1月1日~1月15日に全供試根株から得られたM規格若茎(13~20 g未満)を対象に頭部および基部のアントシアニン発生を4段階で評価した. さらに2006年はアントシアニン発生程度をより詳細に調査するために生重1 kgの根株を‘UC-157F₁’は18株, ‘GrandeF₁’は15株伏せ込み, 大型トンネル遮光フィルム被覆条件下で50日間収穫して収穫若茎のアントシアニン発生本数を調査した.

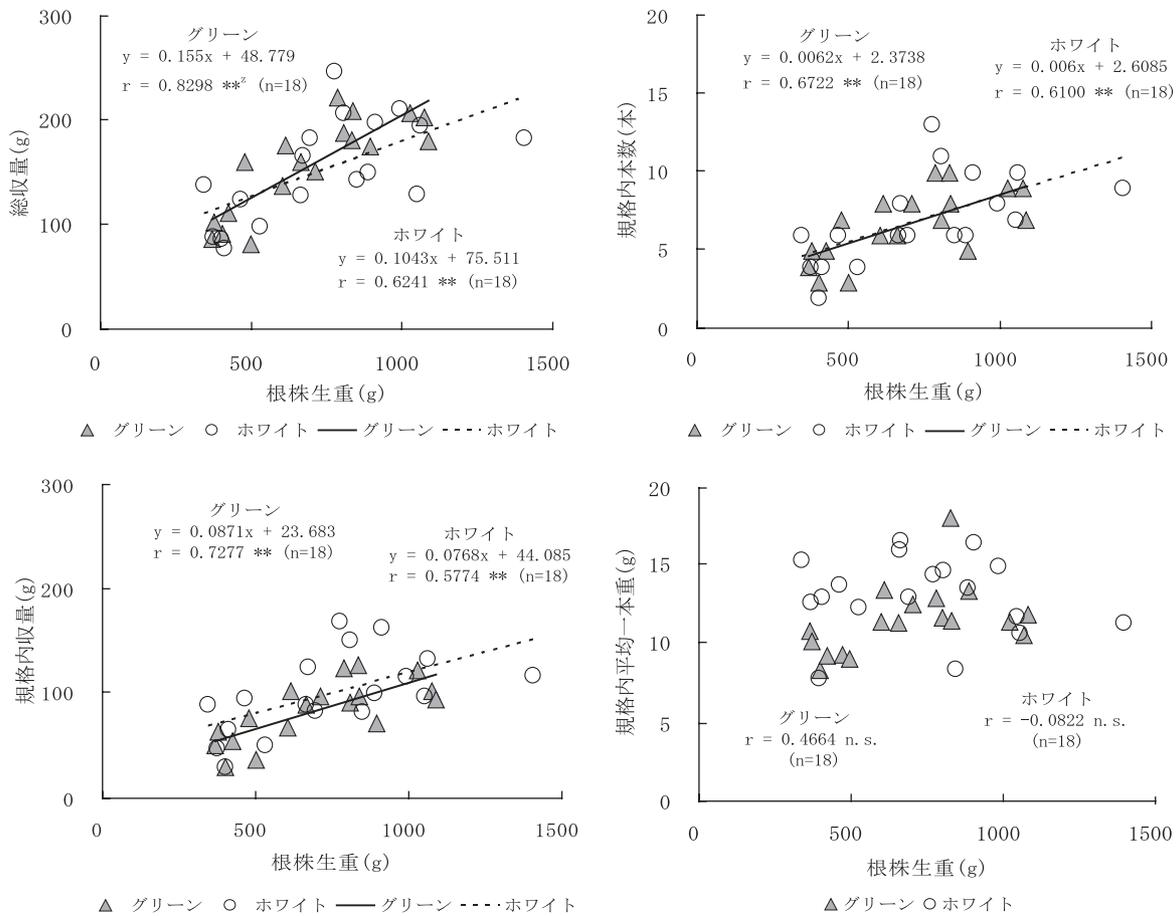
結 果

試験1. 伏せ込み促成栽培における遮光処理が根株の収量性に及ぼす影響

グリーン区の照度測定値が8.26~10400 lxを示す条件で, ホワイト区のそれが0.00~0.35 lxとなる遮光処理となった. トンネル内の2006年12月9日~12月22日の15 cm高の平均気温(温度範囲)は, ホワイト区が16.6°C(13.0~29.0°C), グリーン区が17.9°C(13.8~36.3°C)で, グリーン区の方が約1°C高かった.

伏せ込み前の各供試根株の貯蔵根Brix(%)の平均値 ± 標準偏差(最小値~最大値)はホワイト区が, 18.4 ± 3.6(12.2~24.7), グリーン区が, 17.8 ± 3.5(11.1~24.5)であった. 根株生重と貯蔵根Brix(%)の間に有意な相関が認められなかったことから(ホワイト区:r=-0.0929, グリーン区:r=-0.0867), 根株生重と貯蔵根Brix(%)を説明変数, 各収量形質を目的変数として重回帰分析を行った. 目的変数を総収量とした場合のホワイト区の根株生重と貯蔵根Brix(%)の標準偏回帰係数は, それぞれ0.6182**(**は1%水準で有意性あり)と-0.06320, グリーン区のそれらは0.8312**と0.0165となり, 貯蔵根Brix(%)の寄与率は極めて低い結果となった. その他の各収量形質に関しても同様の傾向が見られたため, 以後は根株生重と各収量形質の単回帰分析を用いて解析することとした.

両処理区とも根株生重と総収量, 規格内収量および規格内本数の間には統計的に有意な高い正の相関が認められた(第1図). 一方, 根株生重と規格内平均一本重の間には相関は認められなかった. 次いで, 有意な相関関係が認められた根株生重と総収量, 規格内収量および規格内本数との関係について単回帰分析を行った結果, いずれも根株重量が大きくなるほど高くなる傾向にあったが, 総収量は根株生重が大きくなるにつれてグリーン区でホワイト区よりも多くなった. 規格内本数はグリーン区とホワイト区で差



第1図 'Gijnlim' の1年養成株における根株生重と収量形質の関係
^z** : 1%水準で有意性あり, n.s. : 有意性なし

がなく、規格内収量はいずれの根株生重でもホワイト区がグリーン区よりも多かった。

試験2. 遮光フィルム被覆を用いたホワイトアスパラガス伏せ込み促成栽培における若茎のアントシアニン発生および収量性の品種間差

2005年の小型トンネル遮光フィルム被覆は、収穫時の開閉によりトンネルの裾からわずかに光が漏れてしまう条件であったのに対し（照度測定値0.00～0.35 lx）、2006年の大型トンネル遮光フィルム被覆はトンネル内をほぼ完全な暗黒条件（照度測定値0.01 lx未満）に維持できた。その結果、2005年の収穫物には3品種ともに若茎基部にアントシアニン発生が認められたのに対し、2006年は調査若茎にアントシアニン発生は認められなかった（第1表）。また、大型トンネル遮光フィルム被覆条件下で生重1kg根株を用いた試験においても全ての収穫若茎にアントシアニン発生は認められなかった（第2表）。

2005年における'Gijnlim'、'UC-157F₁'および'GrandeF₁'の供試根株の貯蔵根 Brix (%) の平均値 ± 標準偏差は 18.4 ± 3.6、13.6 ± 2.0 および 19.2 ± 4.1 で、2006年はそれぞれ 24.1 ± 1.0、25.1 ± 1.4 および 26.0 ± 1.6 となり、貯蔵根 Brix (%) が高かった2006年で3品種ともに高収量となった。

しかしながら、年次および品種毎に根株生重と貯蔵根 Brix (%) を説明変量、各収量形質を目的変量として重回帰分析を行うと試験1同様、貯蔵根 Brix (%) の寄与率は根株生重と比較して明らかに低い傾向にあった。そこで本試験においても根株生重と各収量形質との関係を単回帰分析で解析することとした。その結果、3品種ともに年次に関係なく、根株生重と規格内収量には統計的に有意な高い正の相関が認められ、両年ともにいずれの根株生重でも規格内収量は'UC-157F₁'で最も高く、次いで'GrandeF₁'であり、'Gijnlim'で最も低かった。また、2005年の'Gijnlim'では根株生重の増加に伴う規格内収量の増加程度が小さかった（第2図）。また、3品種ともに根株生重と総収量、規格内本数との間にも同様の傾向が認められた（図省略）。一方、規格内平均一本重に関しては根株生重との間に相関が認められたのは2006年の'UC-157F₁'のみであった（第2図）。また、3品種のプロットはほぼ同じ位置に分布した。

9 cm ポリポット苗を定植し、1年間養成した場合の根株生重は第3表のようになり、これらの値を第2図の回帰式に代入して規格内収量の推定値を算出すると2か年とも'Gijnlim'が低収量となった。

第1表 遮光フィルム被覆条件が若茎のアントシアニン発生に及ぼす影響

品種名	部位	アントシアニン発生程度 ² 別若基本数							
		小型トンネル (2005年)				大型トンネル (2006年)			
		無	微	少	多	無	微	少	多
Gijnlim	頭部	24	0	0	0	10	0	0	0
	基部	1	4	16	3	10	0	0	0
UC-157F ₁	頭部	10	0	0	0	13	0	0	0
	基部	7	3	0	0	13	0	0	0
GrandeF ₁	頭部	17	0	0	0	18	0	0	0
	基部	8	8	1	0	18	0	0	0

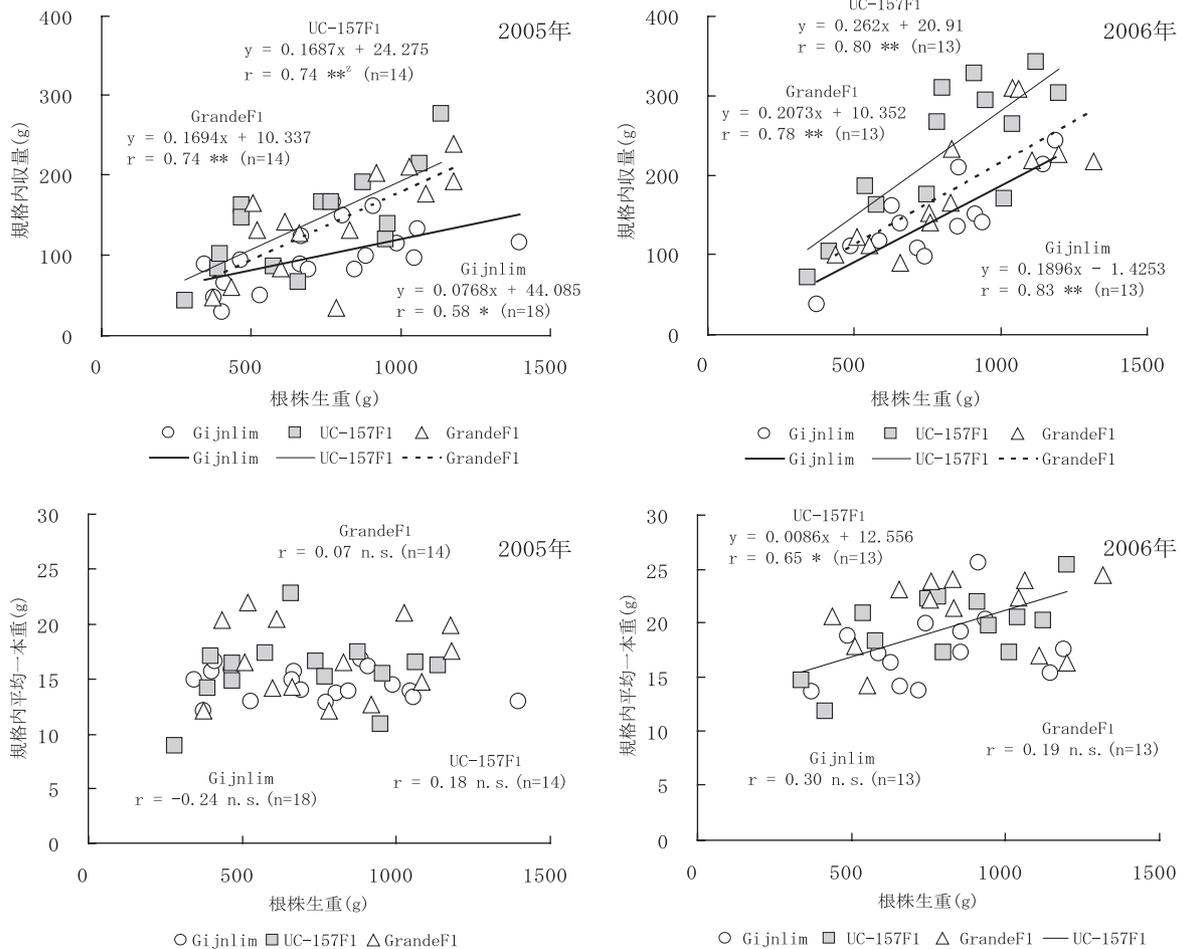
² アントシアニン発生程度は以下の4段階とした 無：発生なし，微：僅かに発生，少：発生有り，多：発生が甚だしい

第2表 大型トンネル遮光フィルム被覆条件下での生重1kg根株の収穫若基本数

品種名	規格内 ²				規格外 ³			
	2L	L	M	S	アントシアニン	小茎	曲がり	障害
UC-157F ₁	1.3	4.7	5.7	4.8	0	7.5	0.8	1.1
GrandeF ₁	0.3	4.0	5.2	3.7	0	2.7	0.8	0.5

² 調製重で8～13g未満をS規格，13～20g未満をM規格，20～33g未満をL規格，33g以上を2L規格とした

³ 規格外若茎は以下のように定義した アントシアニン：アントシアニン発生が僅かでも認められた若茎，小茎：S規格より小さい若茎，曲がり：湾曲が認められた若茎，障害：その他の異常若茎



第2図 3品種の1年養成株における根株生重と規格内収量および規格内平均一本重の関係

² ** : 1%水準で有意性あり，* : 5%水準で有意性あり，n.s. : 有意性なし

第3表 1年養成株掘り取り時の根株生重と回帰式から推定された伏せ込み時の規格内収量

年次	品種名	根株生重 ^z (g)	規格内収量 ^y (kg · 10 a ⁻¹)
2005年	Gijnlim	819 ± 43 a ^x	238 ± 7 a
	UC-157F ₁	832 ± 16 a	366 ± 6 b
	GrandeF ₁	981 ± 26 b	392 ± 10 b
2006年	Gijnlim	845 ± 18 a	353 ± 8 a
	UC-157F ₁	983 ± 44 a	619 ± 26 c
	GrandeF ₁	956 ± 34 a	463 ± 16 b

^z9 cm ポリポット苗を1年間養成した時の根株生重

^y栽植密度を2222株・10a⁻¹とし、全株を伏せ込んだ場合の推測値

^x数値 = 平均値 ± 標準誤差. Tukeyの多重比較により異なる文字間には5%水準で有意差あり (n = 3)

考 察

一般にアスパラガスの収量は前年の株養成量に大きく左右され、その構成要因は根株の大きさと貯蔵根 Brix (%) と言われている (日笠, 2000; 多賀ら, 1980). そこで、供試根株生重と貯蔵根 Brix (%) を測定し、これら2つの形質を説明変量、各収量形質を目的変量として重回帰分析を行ったが、試験1および試験2ともに根株生重に比較すると貯蔵根 Brix (%) の収量形質への寄与率は低かった. 37日間という短期間収穫であったため貯蔵根 Brix (%) の影響が十分に現れる前に収穫を終了した可能性があること、供試根株の貯蔵根 Brix (%) の変動幅が小さかったことなどが寄与率を下げた要因としてあげられた. 単回帰分析の結果では、根株生重と総収量、規格内収量および規格内本数とのそれぞれの間に統計的に有意な高い正の相関が認められ、根株生重が大きいほど、総収量および規格内収量が高く、規格内本数も多かった. これらの結果は春山ら (1985) の報告とも一致しており、伏せ込み時の根株生重が重要な収量構成要素であることが再確認された.

アスパラガス若茎の伸長は気温の影響を強く受け、高温ほど伸長量が大きくなると言われている (Culpepper・Moon, 1939; 金・崎山, 1989a) ため、試験1の各処理区の平均気温を測定したが、処理間差は1℃程度であり、異なるフィルム被覆処理によって生じる温度差が若茎伸長に与える影響は小さいものと考えられた. また、グリーン区では最高気温が35℃を超える日があり高温障害の発生が懸念されたが収穫期間を通して高温による異常茎の発生も認められなかった. そこで、試験1の結果より遮光処理の有無が収量性に及ぼす影響について検討したが、ホワイト区とグリーン区の総収量、規格内収量、規格内本数に関する単回帰式には明瞭な処理間差は認められなかった. 金・崎山 (1989b) はアスパラガスの1年生株を自然光室内と暗室内に配置し、同一温度条件で萌芽させ、若茎伸長量に光の影響がないことを報告し、若茎成長に若茎自体の光合成の影響はなく、必要な炭水化物は貯蔵根から供給されると考察している. また、Ledgardら (1994) は窒素同位体を用いた試験を行い、前年夏に吸収され茎葉に蓄積されていた窒

素が、秋には地下茎と貯蔵根に移動、蓄積され、翌年春の若茎形成に優先的に用いられると報告している. 従って、伏せ込み促成栽培の収量は掘り取り時の根株生重(大きさ)や貯蔵根 Brix (%) によりすでに決定されており、伏せ込み時の光条件による影響を受けないものと推察されることから、遮光フィルム被覆によって若茎を軟白化し、ホワイトアスパラガスとして収穫しても、光条件下でグリーンアスパラガス若茎を収穫した場合と同程度の収量を確保できると考えられた. ただし、ホワイト区の規格内平均一本重はグリーン区よりも全体的に重く、同様な傾向は Makus・Gonzales (1991) の試験でも報告されている. 一般に培土で栽培されたホワイトアスパラガスは土の圧力により若茎が硬くなり、若茎一本重もグリーンアスパラガスより重くなることが知られている (八鍬, 2004) が、培土を省略した遮光フィルム被覆のみの軟白化によっても若茎の硬さや内部品質等の変化により若茎一本重が重くなる可能性が認められた.

ホワイトアスパラガスの培土栽培では収穫が遅れ、若茎頭部が培土から露出するとアントシアニン色が濃くなり、等級が低下すると言われている (八鍬, 2004) が、本試験でも萌芽から収穫までの遮光方法 (光条件) によって若茎のアントシアニン発生程度に差が生じた. すなわち、2005年の小型トンネル遮光フィルム被覆では収穫時の開閉作業によりトンネルの裾から光が漏れ、3品種ともに若茎基部にアントシアニン発生が認められ、特に 'Gijnlim' で発生が目立った. 対照的に、2006年の大型トンネル遮光フィルム被覆では萌芽から収穫までの照度を常に0.01 lx未満という条件に維持することで、3品種ともにアントシアニン発生のない若茎を収穫できた. 従って、遮光フィルム被覆によって萌芽から収穫までの期間を完全な暗黒条件に維持できれば、伏せ込み促成栽培においてもアントシアニン発生がないホワイトアスパラガスを生産できることが示唆された. なお、グリーンアスパラガス栽培では気温の低下により若茎のアントシアニン色が濃くなることが報告されているが (土居・土肥, 2002)、伏せ込み促成栽培は冬期間の収穫ではあるものの、電熱線等の加温により一定の温度条件下で管理するため低温によるアントシアニン発生の心配は

ないと考えられた。

本試験ではアントシアニン発生はみられなくとも、若茎頭部がわずかに黄色ないし、クリーム色に着色する傾向が観察された。これは、収穫後に若茎を光条件下に放置したところその部分が緑色に変色したことから葉緑素による変色だと思われた。Makus・Gonzales (1991)も遮光フィルム被覆で生産したホワイトアスパラガス若茎において同様な発色を観察しており、今後は発色程度やクロロフィル含有量についても調査する必要がある。

収量性には供試根株の貯蔵根 Brix (%) に起因すると思われる年次間差がみられ、3品種ともに2006年の方が高収量となったが、品種間の序列は2か年ともに同じであった。アスパラガスには休眠現象があり、その休眠は低温処理によって打破され、休眠が完全に打破されていない根株を伏せ込んだ場合は収量性が低くなることが知られている(春山ら, 1985; 林・平岡, 1983; 小林・新須, 1990)。また、休眠打破に必要とする低温遭遇量には品種間差があることや株年齢によっても差が生じ、1年生株の方が2年生株より短いことも報告されている(小泉ら, 2002)。さらに、小泉ら(2002)は休眠打破に必要とする低温遭遇量には雌雄間差があることも報告しているが、本試験は品種比較を目的とした試験であったため、品種内の雌雄間差については考慮しないこととした。各年次の根株の低温遭遇量を春山(1981)の休眠の深さの算出法を用いて求めると、2005年は合計607時間(在圃期間中:117時間、掘り取り後:490時間)、2006年は合計600時間(在圃期間中:226時間、掘り取り後:374時間)となった。小泉ら(2002)は‘UC-157F₁’、‘GrandeF₁’の2年生株の休眠打破低温遭遇量について言及しており、‘UC-157F₁’は350時間程度、‘GrandeF₁’は500時間以上必要であるとしている。上述のように1年生株の休眠打破低温遭遇量は2年生株よりも短いとされているため、本試験で供試した‘UC-157F₁’と‘GrandeF₁’の根株は2か年ともに伏せ込み時にはすでに十分な低温に遭遇し休眠が打破されていたため、品種本来の収量が得られたと考えられた。一方、‘Gijnlim’は明らかに低収となった。本品種は北海道の露地普通(春どり)栽培において‘UC-157F₁’よりも多収となることが報告されており(土居・土肥, 2002; 浦上ら, 1993)、低温要求量が高く休眠打破が不十分であったことが低収となった一要因であると推察された。ただし、本試験では低温遭遇量に関する処理水準を設けていないため休眠性の品種間差については今後さらなる検討が必要である。

伏せ込み促成栽培は定植1年目ないし2年目で根株を掘り取ってしまうため、初期生育が旺盛であることも重要な形質であるが、‘Gijnlim’は2か年ともに掘り取り時の根株生重が他の2品種よりも軽い傾向にあり、このこともさらなる低収要因になると考えられた。このように、休眠打破に時間を要すること、1年目の根株生重が軽いことから、‘Gijnlim’は掘り取り後、可能な限り早期に収穫を開始す

る伏せ込み促成栽培には利用しにくいと考えられた。一方、他の2品種は休眠打破に要する時間が短く、早期に収量が得られ、若茎のアントシアニン発生に関しても問題がないことから、遮光フィルム被覆によるホワイトアスパラガス伏せ込み促成栽培に適した品種であると思われた。

摘 要

冬期間にホワイトアスパラガスを生産するために伏せ込み促成栽培における若茎の軟白化に関する試験を実施した。1年養成株の根株生重と収量性には強い正の相関関係が認められた。収穫時の光条件は収量性にほとんど影響を与えなかったが、若茎のアントシアニン発生に影響を与えた。遮光フィルム被覆による暗黒条件で収穫された場合、若茎にアントシアニン発生は認められなかった。休眠打破に必要な低温遭遇量が品種によって異なることから収量性には品種間差が認められた。これらの結果から、休眠性が浅い品種(‘UC-157F₁’, ‘GrandeF₁’)の1年養成株を用いた伏せ込み促成栽培において遮光フィルム被覆による暗黒条件で若茎が収穫された場合、アントシアニン発生がないホワイトアスパラガスの生産が可能であることが示唆された。

引用文献

- Culpepper, C. W. and H. H. Moon. 1939. Effect of temperature upon the rate of elongation of the stems of asparagus grown under field conditions. *Plant Physiol.* 14: 225-270.
- 土居晃郎・土肥 紘. 2002. 露地栽培グリーンアスパラガスの品種選択指針. 北海道立農試集報. 84: 27-30.
- 春山 実. 1981. ほう芽性からみたアスパラガスの休眠現象. *農耕と園芸.* 1: 83-85.
- 春山 実・大塚猛行・池田 洋・村松洋一. 1985. グリーンアスパラガスの年内出荷. 群馬農研D園芸. 1: 1-15.
- 林 英明・平岡達也. 1983. アスパラガスのほう芽性に関する研究(第2報)低温処理ならびに各種生長調節物質処理が根株のほう芽と若茎の生長におよぼす影響. 神奈川農総研研報. 124: 15-21.
- 日笠裕治. 2000. アスパラガスにおける生育特性と根部の糖類集積特性に基づく生産の持続性に関する研究. 北海道立農試報. 94: 37-57.
- 北條雅也. 2004. 筒状遮光資材を用いたアスパラガスの簡易軟白栽培法の検討. *園学雑.* 73(別2): 185.
- 地子 立・田中静幸. 2006. 簡易遮光を利用したアスパラガスの春季ホワイト, 夏季グリーン収穫法. *園学雑.* 75(別1): 172.
- 金 永植・崎山亮三. 1989a. アスパラガス若茎の伸長生長に及ぼす気温の影響と若茎重の推定. *園学雑.* 58: 155-160.
- 金 永植・崎山亮三. 1989b. アスパラガス若茎の生長に対する肥料及び光の影響. *園学雑.* 58: 161-166.
- 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: 205-208.
- 小林雅昭・新須利則. 1990. アスパラガスの雨除け栽培技術の確立. 長崎総農林試研報. 18: 117-145.
- Ledgard, S. F., J. A. Douglas, M. S. Sprosen and J. M. Follett. 1994. Uptake and Redistribution of ^{15}N Within an Established Asparagus Crop after Application of ^{15}N -labelled Nitrogen Fertilizer. *Annals of Botany* 73: 169-173.
- Makus, D. J. and A. R. Gonzales. 1991. Production and quality of white asparagus grown under opaque rowcovers. *Hort-Science* 26: 374-377.
- 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. 2004. 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) : 303.
- 多賀辰義・岩渕晴郎・山吹一芳・佐藤滋樹. 1980. アスパラガスの生産に及ぼす環境要因の解析 第1報 若茎収穫期間の長短と貯蔵根中の炭水化物濃度及び収量. 北海道立農試集報. 43: 63-71.
- 浦上敦子・吉川宏昭・永井 信. 1993. 主要国育成のアスパラガス品種の特性. 北海道農試研報. 158: 57-65.
- 八鍬利郎. 2004. 野菜園芸大百科 第2版 アスパラガス. 3-59. 農文協. 東京.