

休眠特性の解明による  
アスパラガス新作型の開発

2 0 1 5 . 3

岩手大学大学院  
連合農学研究科  
生物生産科学専攻  
(弘前大学)

山 口 貴 之

## 目次

第一章	緒言	1
第二章	外的要因がアスパラガスの休眠性に 及ぼす影響に関する基礎的研究	10
第一節	緒論	10
第二節	低温がアスパラガスの休眠に与え る影響	12
第三節	温度の違いがアスパラガスの休眠 導入および休眠打破に及ぼす影響	18
第四節	高温域がアスパラガスの休眠打破 に及ぼす影響	31
第五節	日齢の違いがアスパラガスの休眠 に与える影響	45
第六節	短日条件がアスパラガスの休眠に	53

与える影響	
第七節    長日条件がアスパラガスの休眠性	66
に与える影響	
第三章    アスパラガスの休眠性を人為的に制	73
御することによる端境期生産技術の確	
立に関する研究	
第一節    緒論	73
第二節    人為的な茎葉黄化技術の確立	75
第三節    低温を利用した端境期（11月生	86
産）生産技術の確立	
第四節    高温を利用した端境期（11月生	94
産）技術の確立	
第四章    総合考察	108
摘要	126

謝 辭 1 3 1

引 用 文 獻 1 3 4

## 第 1 章 緒言

アスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) は，ユリ科キジカクシ亜科に属す多年生植物であり，原産地は，東ヨーロッパ，イギリス，ヨーロッパの地中海沿岸，温帯アジアなどである（金浜，2007）．食用植物として，ヨーロッパや北米，南米，アジア，オセアニアまで，幅広く世界中で栽培が行われており，2009 年では，少なくとも 62 ヶ国 195,819 ha で栽培が行われている（Benson, 2012）．アスパラガスは，換金性が高い作物であることから，特に近年，本来の消費地ではない，ペルー（元木ら，2011）やタイ（山口ら，2014；山口ら，2012），メキシコ（甲村ら，2012）等で大規模な生産が行われており，主にヨーロッパや北米，日本に向けた輸出が行われている．日本におけるアスパラガス栽培は，1922 年に北海道で栽培が開始され，1925 年に缶詰向けのホワイトアスパラガス栽培が開始された．主に冷涼な地域での栽培が行われ，戦後になると，ホワイトアスパラガスだけでなく，グリーンアスパラガスの生産も行われるようになり，ホワイトアスパラガス缶

詰の需要が低下している今日においては，日本におけるアスパラガス栽培は，グリーンアスパラガスが中心となっている（Benson, 2012）．冷涼な地域での栽培が多かったアスパラガスであるが，現在は，沖縄県を含む全国で栽培が行われている（井上ら，2013）．日本における主な作型は，大別すると4つに分けられる（元木，2007）．まず，露地圃場に定植した株を養成し，毎年，春から初夏にかけて萌芽する若茎を収穫する「露地作型」である．本作型は，収穫終了後に茎を立てて茎葉で光合成を行い，秋まで株養成を行ったのち，翌春の萌芽，収穫となる．この作型は，作業が比較的単純であることから，大規模な面積での栽培が多い北海道や東北，長野県等での栽培が多く，地域により差はあるものの，4月～7月頃にかけて収穫を行う．次に，露地作型の収穫期間を秋まで延長させる，「露地長期どり作型」である．本作型は，露地圃場に定植した株を養成し，毎年，春に萌芽してくる若茎を収穫する点では露地作型と同じであるが，露地作型よりも春の収穫期間を短くし，1株あたり5本程度の茎（母茎と呼ぶ）

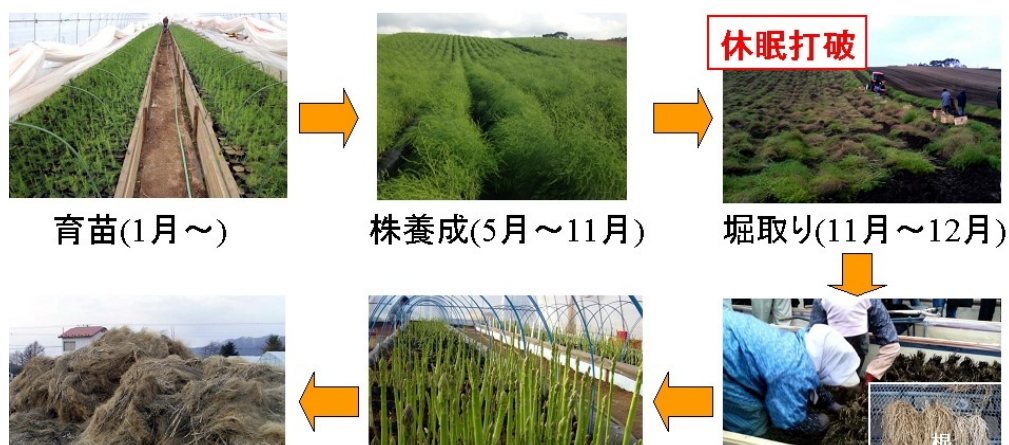
を立てた後，その後萌芽してくる若茎を10月まで収穫する作型である．母茎による光合成量と，秋までに収穫する若茎を萌芽させるために必要なエネルギーとの収支を合わせることにより，株を消耗させずに収量を大幅に増加させることができる．本作型は，露地作型よりも単位面積あたりの収量が高いことから，関東以西の比較的小規模な産地での栽培も行われている．さらに，露地長期どり作型と同様の栽培を無加温のビニールハウスで行う作型として，「ハウス半促成長期どり作型」がある．ハウス半促成長期どり作型は，露地長期どり作型よりも大幅に収穫期間が伸び，佐賀県や長崎県等の九州地方や四国地方等の温暖な地域では，2月から10月まで収穫期間を延ばすことができる．これにより，単位面積あたりの収量は飛躍的に伸び，長崎県や佐賀県の生産者の中には，10aあたり換算で6t以上の若茎を収穫する例もある（井上ら，2013）．しかし，秋から冬にかけては，露地作型，露地長期どり作型，ハウス半促成長期どり作型では収穫が困難である．そこで，この時期に収穫する作型として開発されたのが，

「伏せ込み促成作型」である。伏せ込み促成作型は、群馬県昭和村発祥の作型であり（群馬県そ菜技術研究会，1992），露地圃場で養成したアスパラガスの根株を秋に掘り取り，ハウス内に設置した伏せ込み床で伏せ込み，加温を行い，若茎の収穫を行うものである（第1図）。この方法を用いると，12月～3月頃にかけて，収穫を行うことが可能となる（第2図）。10aあたりの収量は600kg程度であるが，この時期は，夏場のアスパラガスと比較して単価が2倍以上になることから，1ha以上の大規模栽培を行うと収益性が高い。伏せ込み促成栽培は，アスパラガスの休眠打破に低温が必要であることから（林・平岡，1978），主に東日本の寒冷地を中心に栽培が広がり，群馬県のほか，秋田県や長野県，岩手県，山形県などで栽培が行われ（地子ら，2008），近年では，北海道でも取り組まれるようになってきている（地子ら，2012）。大株を養成して収量を高めるため，元々は2年間株を養成した後に根株を掘り取り，伏せ込みを行う作型であったが，近年は，より低コストに株の養成を行うため，定植時期や品種，養成法



などが改良され，1年株養成法が主流となってきている（小泉ら，2003）．群馬県では，主に1月からの出荷となっているものの（小泉ら，2002），

## アスパラガス「伏せ込み促成栽培」



第1図 アスパラガス伏せ込み促成栽培の栽培様式

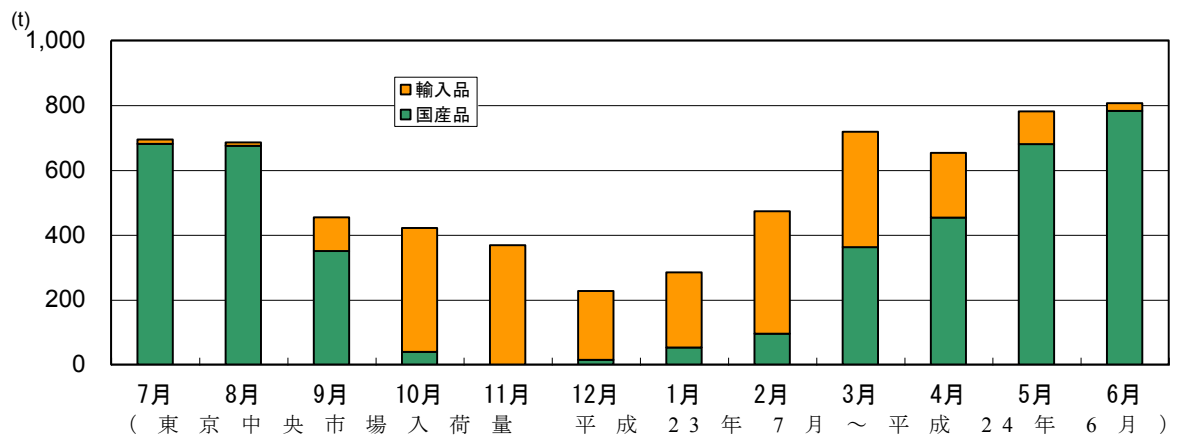


第2図 収穫直前のアスパラガス伏せ込み促成栽培

東北地域や北海道では，より高単価が期待できる 12 月からの出荷が中心となっており，年々，出荷時期の前進化が進んでいる（山口・山田，2010）．しかし，前述のとおり，アスパラガスは秋季に休眠性を有していることから，休眠打破前に掘り取りを行ってしまい，収量の低下を招いている事例も増えてきている．さらに，依然として国内生産がほとんどない 11 月の出荷は困難な状況である（Benson，2012）（第 3 図）．

アスパラガスの休眠は，秋冷により導入され，その後，一定期間低温に遭遇すると打破するとされ，休眠導入は 15℃ 以下，休眠打破は 5℃ 以下の気温により誘導されるとされている（春山，1981）．

伏せ込み促成栽培では，低温に一定期間遭遇することによる休眠打破後の掘り取り・伏せ込みが重要であり，生産現場では，春山（1981）を元に，5℃ 以下の低温遭遇時間を目安に掘り取り時期を決定している．伏せ込み促成作型において 11 月上旬からの生産を考えた場合，株の掘り取り・伏せ込みは 10 月上旬となる．しかし，伏せ込み促成作型の主産地である



第3図 国内におけるアスパラガスの流通状況



第4図 休眠打破が図られず収量や品質が低下した株からの萌芽の様子

東北地域や北海道地域であっても，休眠打破に必要な低温遭遇が不十分であり，実用的な収量・品質を得ることができない（第4図）．しかし近年，5℃以下の低温にほとんど遭遇していなくとも問題なく萌芽が見られる例もあり（武田・篠田，2008），アスパラガスの休眠は，その有無を含めて議論になっている．

本研究では，不明な点が多いアスパラガスの休眠について，温度や日長などの環境条件や株齢などの諸条件との関連について明らかにするとともに，得られた休眠特性を元に，国内生産がほとんどない11月にアスパラガスを生産する技術確立を目的として，諸条件の検討を行った．

第二章では，外的要因がアスパラガスの休眠性にもどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的とし，ポット栽培を行ったアスパラガスを用い，温度条件や日長条件，株齢がアスパラガスの休眠性に与える影響についての基礎的な研究を行った．

第三章では，端境期である11月にアスパラガスを生産する新たな生産技術の確立を目的とし，人為的

にアスパラガスの休眠を制御する技術について検討するとともに，休眠性に関与すると考えられている茎葉の黄化についても検討し，実用的な収量・品質が得られる生産技術の確立を行った．

第四章では，第二章および第三章の研究結果から，総合的な考察を加えた．

## 第二章

### 第一節 緒論

アスパラガスは、秋に休眠性を有していることが知られており、栽培現場においては、アスパラガスの休眠を意識した栽培管理が行われている。特に、アスパラガスの休眠期付近に掘り取り・伏せ込みを行う伏せ込み促成作型においては、株の休眠状態が収量に直接影響すると考えられていることから、栽培を行う上で非常に重要な要因となっている。アスパラガスの休眠には、低温が関与していると考えられていることから、特に、アスパラガスの休眠打破に必要な温度条件について研究が進められ、生産現場においては、5℃以下の低温遭遇時間を元に、株が休眠打破したかについて判断している。しかし、近年の報告においては、アスパラガスの休眠打破には、5℃以下の低温はあまり関与していないとの報告もあるとともに（武田・篠田，2007）、今まで生産現場において休眠打破の判断に利用してきた5℃以下の低温遭遇時間を元に掘り取り・伏せ込みを行っても、年によって収量が大きく減少する例も見られる

ようになってきた。また，春の育苗時のアスパラガスは，既報の休眠導入に必要な温度条件にさらされたとしても，休眠が導入されることなく萌芽が継続することから，株の齢の違いがアスパラガスの休眠に影響を与えている可能性がある。さらに，多くの植物の休眠は，短日条件によって支配されていることが知られているが，アスパラガスの休眠と日長についての報告はない。仮に，日長がアスパラガスの休眠に関与するのであれば，人為的に休眠を制御することが容易になると考えられる。

そこで本章では，アスパラガスが真に休眠性を有しているかについて明らかにするとともに，休眠導入および休眠打破に影響を及ぼす温度条件について，詳細に明らかにすることとした。また，齢の違いがアスパラガスの休眠導入に影響を与えるかについて明らかにしたことから，短日条件および長日条件がアスパラガスの休眠に与える影響について明らかにした。

## 第二節 低温がアスパラガスの休眠に与える影響

近年の報告では，秋のアスパラガスであっても，低温にほとんど遭遇しなくとも萌芽が見られるといった報告があるなど，アスパラガスの休眠性は必ずしも明らかになっていないと言えない．そこで，アスパラガスの休眠について，その有無を明らかにすることを目的とし，人為的に低温遭遇させた株を用い，アスパラガスの休眠性について検討した．

### 材料および方法

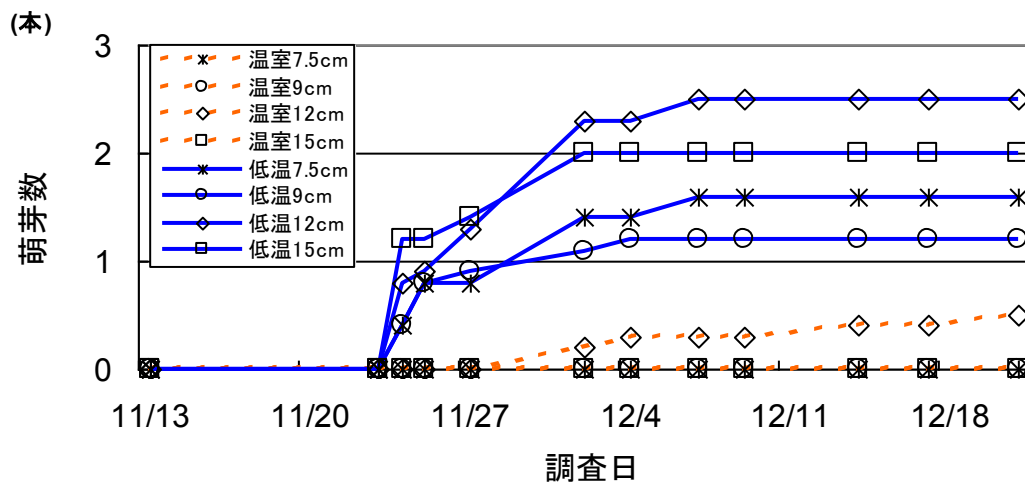
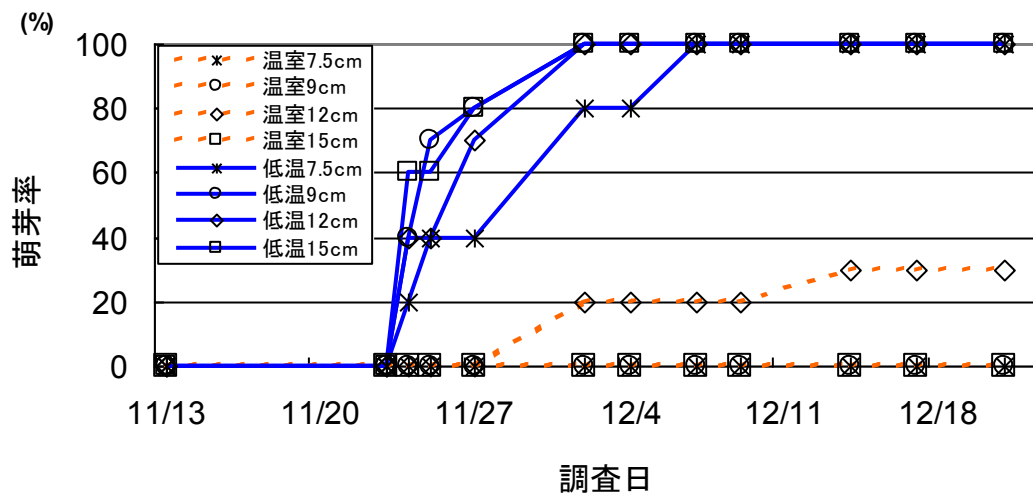
アスパラガス ‘ウェルカム’ を，2009年1月29日に，育苗培土（ソイルフレンド，三研ソイル．以後利用する育苗培土は全て本製品）を充填した200穴のセルトレイに播種し9cm黒ポットに鉢上げ後，根量が異なる株を作出するため，直径7.5cm，9cm，12cm，15cmの黒ポットに移植し，10月19日まで無加温ガラス温室で育苗を行った．10月19日に，各サイズのポットを2群に分け，一方は2℃の恒温器（ナエピット，三菱農機）へ搬入し（低温区），もう一方は，引き続きガラス温室で管理した（温室区）．



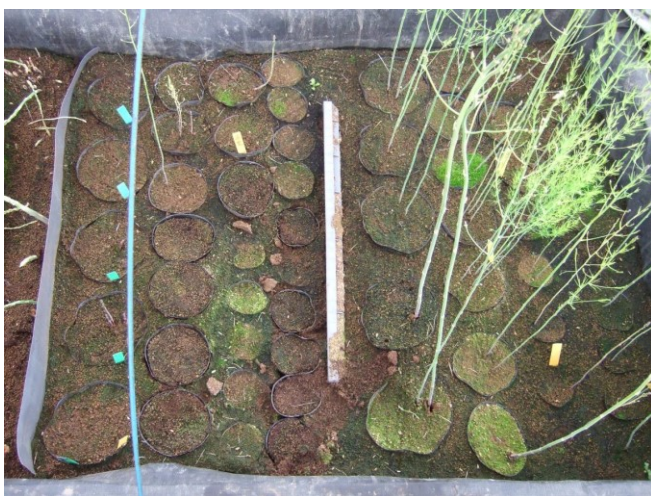
11月13日に、全ての株の茎葉部を刈り取り、無加温ビニールハウス内に設置した伏せ込み床にポットごと、伏せ込んだ。伏せ込み床は、幅140cm、長さ820cm、深さ20cm、高さ25cmとし、コンパネおよび断熱材を用いて作成した。また、伏せ込み床下部には、電熱線（農電ケーブル1-1000、筑波電器）を配線し、コントローラー（農電電子サーモND-810、筑波電器）を用いて、温度を自動調節した。伏せ込み床下部には、籾殻を2cm程度の厚さで敷き詰め、伏せ込み用培土は、育苗培土を用いた。伏せ込み床は、16℃に設定し、萌芽率と萌芽数を計測した。また、12月21日に、全ての株から萌芽している10cm以上の若茎の直径を測定し、半径×半径×3.14×100を、各若茎の容積と仮定した。さらに、12月21日に、全てのポットを伏せ込み床から取り出し、若茎を除去した後、地下茎および根を洗浄した。洗浄した地下茎および根は、通風乾燥機（ヤマト科学、DN-810）に搬入し、60℃で24時間乾燥した後、乾物重を測定した。

## 結果および考察

低温区において低温処理を行った，10月19日から11月13日の平均気温は，低温区で $2.0^{\circ}\text{C}$ ，温室区で $17.6^{\circ}\text{C}$ であった．伏せ込み床への伏せ込み後，低温区は，11月24日から萌芽が見られ始め， $7.5\text{cm}$ ポットの萌芽率は $20\%$ ， $9\text{cm}$ ポットの萌芽率は $40\%$ ， $12\text{cm}$ ポットの萌芽率は $40\%$ ， $15\text{cm}$ ポットの萌芽率は $60\%$ であった（第5図）．同日の温室区の株は，いずれの大きさのポットも，萌芽率が $0\%$ であった．その後，低温区では萌芽が継続し，12月7日には，全ての大きさのポットで，萌芽率が $100\%$ となった．同日の温室区の萌芽率は， $7.5\text{cm}$ ポットの萌芽率が $0\%$ ， $9\text{cm}$ ポットの萌芽率が $0\%$ ， $12\text{cm}$ ポットの萌芽率が $20\%$ ， $15\text{cm}$ ポットの萌芽率が $0\%$ であり，ほとんど萌芽が見られなかった（第5図，第6図）．低温区の萌芽率は，12月17日は全ての大きさのポットで $100\%$ となったことから，ポットの大きさによる違いは見られないが，12月21日の1ポットあたりの萌芽数は， $7.5\text{cm}$ ポットで1.6本， $9\text{cm}$ ポットで1.2本， $12\text{cm}$ ポットで2.5本， $15\text{cm}$ ポッ



第 5 図 処理温度とポットサイズの違いが伏せ込み後の萌芽率・萌芽数に与える影響

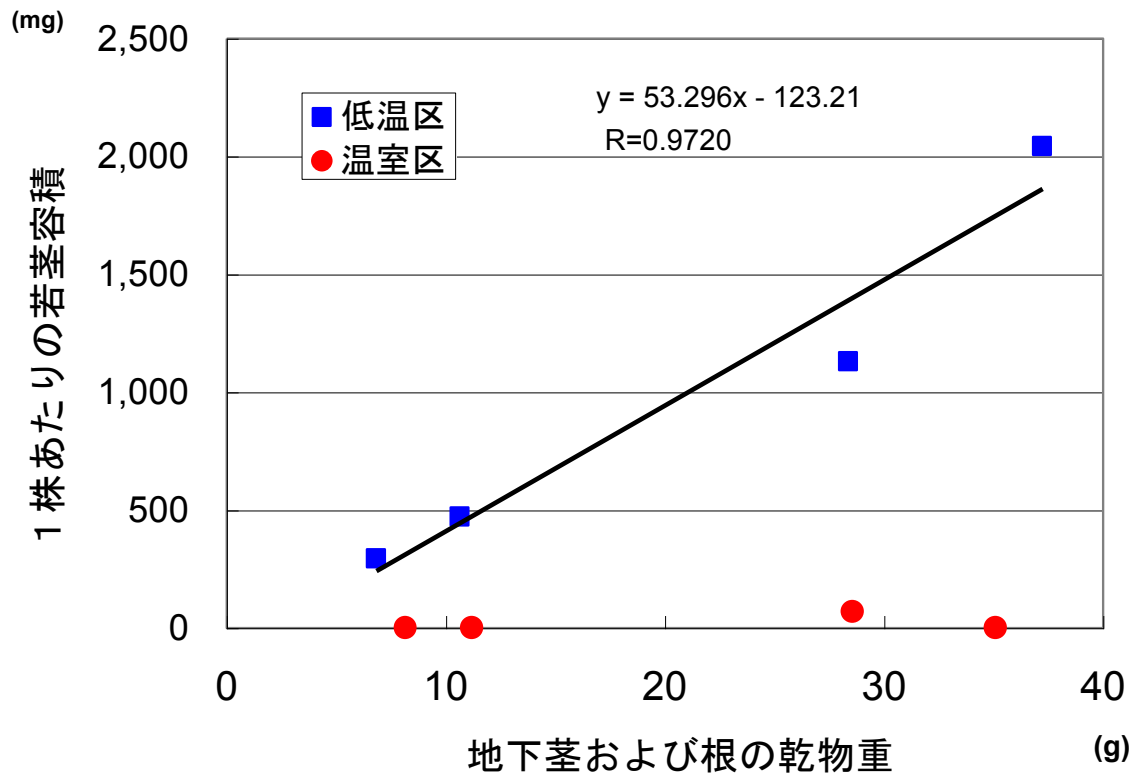


第 6 図 伏せ込み 60 日後の萌芽の状況 (左：温室区 右：低温区)

トで 2.0 本となった(第 5 図)。地下茎および根の乾物重は、低温区および温室区のいずれにおいても、ポットのサイズが大きくなるにつれて重くなる傾向が見られた(第 1 表)。若茎の容積については、低温区においては、ポットのサイズが大きくなるにつれて容積が多くなる傾向が見られ、低温区は、根の乾物重と若茎容積との間には、高い正の相関が見られた(第 7 図)。一方、温室区は、ポットのサイズを問わず、容積がみられないか、わずかであった。以上から、アスパラガス‘ウェルカム’は、株の大きさを問わず、秋季に休眠状態に入り、その後、一定期間、低温に遭遇にすることにより、休眠が打破されると考えられた。また、休眠中のアスパラガスは、地下茎や根量を問わず、ほとんど若茎がみられないものの、休眠打破されたアスパラガスは、地下茎や根量が多いほど、若茎の容量が多くなると考えられた。従って、伏せ込み促成栽培においては、低温による休眠打破が重要であり、休眠打破が的確に行われた場合は、大きな根株を養成することにより、収量が高くなると考えられた。

第 1 表 各 処 理 区 の 地 下 茎 お よ び 根 の 乾 物 重 と 若 茎 容 積

	低温区				高温区			
	7.5cm	9cm	12cm	15cm	7.5cm	9cm	12cm	15cm
地下茎および根の乾物重(g)	6.8	10.7	28.4	37.2	8.2	11.2	28.6	35.1
若茎容積	293.9	471.3	1129.8	2042.9	0.0	0.0	68.1	0.0



第 7 図 処 理 温 度 と 地 下 茎 お よ び 根 の 乾 物 重 の 違 い が ， 若 茎 容 積 に 与 え る 影 響

### 第三節 温度の違いがアスパラガスの休眠導入および休眠打破に及ぼす影響

アスパラガスは，秋から冬にかけて地上部が黄化し，その後，萌芽可能な温度域においても萌芽が抑制される．この現象を，アスパラガスでは休眠と呼び，休眠は一定時間の低温に遭遇すると打破されている．休眠打破に必要な条件として，5℃以下の低温の遭遇時間が目安とされるが，同じ品種・株齢においても，報告によって休眠打破に必要な低温遭遇時間が異なるなど，アスパラガスの休眠打破に必要な条件は必ずしも明らかになっていない．そこで，アスパラガスの休眠特性の解明を目的とし，秋期の低温処理が伏せ込み後の萌芽に及ぼす影響を検討した．

#### 材料および方法

##### (1) 低温前処理（8℃×480時間）が休眠打破に与える影響

アスパラガス‘ウェルカム’を，岩手県農業研究センター内ガラス温室にて，2008年2月12日に育苗

培土を充填した 200 穴セルトレイに播種し，その後 9 cm の黒ポットに鉢上げをし，引き続きガラス温室内にて育苗を行った．

4 月下旬に，岩手県農業研究センター内の露地圃場に，1 a あたり窒素成分 3 kg を施肥し，直径 25 cm，容量 12 リットルの不織布ポット（J マスタ R25，グンゼ）を畝間 140 cm，株間 40 cm で圃場に埋設し，施肥・耕耘を行った露地圃場の土壌を，不織布ポット内に入れ，幅 135 cm の黒マルチでマルチングを行った．その後，埋設した不織布ポットの中央に株が定植できるよう，株間 40 cm でマルチに穴を開け，4 月 28 日に定植し，根株を養成した（第 8 図）．

養成した根株は，2008 年 10 月 9 日に，不織布ポットごと露地圃場から掘り取り，直ちに 2 群に分け，15℃ に設定された育苗ガラス温室と，8℃ に設定された恒温室へ搬入し 20 日間処理後，茎葉部の黄化度と根の Brix 糖度を測定した．擬葉の黄化程度は，カラーチャート（タバコ I 号，富士フィルム）を用い，最も近いカラーチャートの色番号を黄化程度とした．また，根の重量は生重とし，貯蔵根 Brix 糖度は，根

株の掘り取り後直ちに，1株から3本の根を採取し，5mm程度に粉碎した後，ニンニク絞り器で搾汁した搾汁液を，糖度計（IPR-201 $\alpha$ ，アタゴ）にて計測した．

その後，不織布ポットごと，伏せ込み床へ伏せ込み，萌芽数を計測した（第8図）．伏せ込み床は，幅140cm，長さ820cm，深さ20cm，高さ25cmとし，コンパネおよび断熱材を用いて作成した．伏せ込み



第8図 不織布ポットを利用した株養成と伏せ込みの様子



(2) 低温前処理における温度と処理期間の組み合わせ（ $2\sim 8^{\circ}\text{C} \times 0\sim 190\text{h}$ ）の違いが休眠打破効果に与える影響

アスパラガス‘ウェルカム’を2007年8月30日に、育苗培土を充填した200穴セルトレイへ播種し、9cm黒ポットに鉢上げ後、岩手県農業研究センター育苗温室において育苗し、11月1日に岩手県農業研究センター内の露地圃場にうね間140cm、株間40cmで定植し、根株を養成した。養成した根株を2008年11月4日に茎葉部を刈り取って掘り取り、 $2^{\circ}\text{C}$ 、 $5^{\circ}\text{C}$ 、 $8^{\circ}\text{C}$ に設定された冷蔵施設へ搬入し、0、24、48、96、142、190時間後に搬出した。その後、全ての株を伏せ込み床へ伏せ込み、萌芽数および収穫した茎の重量を計測した。

伏せ込み床は、幅140cm、長さ820cm、深さ20cm、高さ25cmとし、コンパネおよび断熱材を用いて作成した。伏せ込み床下部には、電熱線（農電ケーブル1-1000、筑波電器）を配線し、コントローラー（農電電子サーモND-810、筑波電器）を用いて、温度を自動調節した。伏せ込み床の温度は $16^{\circ}\text{C}$ 設定とし

た．

### (3) 中温前処理温度（10℃～20℃×672時間）が休眠導入に与える影響

アスパラガス‘ウェルカム’について，岩手県農業研究センター内のガラス温室にて，2009年1月29日に育苗培土を充填した200穴セルトレイに播種し，その後，育苗培土を充填した9cmの黒ポットに鉢上げ後，育苗を行った．4月28日に，岩手県農業研究センター内の露地圃場にうね間140cm，株間40cmで定植し，根株を養成した．

10月15日に茎葉部を除去した後，アスパラガス専用掘り取り機（VD-1050A，ニプロ）を用いて根株を掘り取り，10℃，16℃および20℃に設定された恒温器に搬入し，672時間処理を行った．また，対照として，2℃に設定された恒温器に根を搬入し，672時間処理を行った．

温度処理が終了した根株は，岩手県農業研究センター内の無加温パイプハウスに設置された伏せ込み床へ伏せ込み，萌芽数を計測した．

伏せ込み床は、幅 140cm、長さ 820cm、深さ 20cm、高さ 25cm とし、コンパネおよび断熱材を用いて作成した。伏せ込み床下部には、電熱線（農電ケーブル 1-1000、筑波電器）を配線し、コントローラー（農電電子サーモ ND-810、筑波電器）を用いて、温度を自動調節した。伏せ込み床の温度は 16℃ 設定とした。

## 結果および考察

### (1) 低温前処理（8℃ × 480 時間）が休眠打破に与える影響

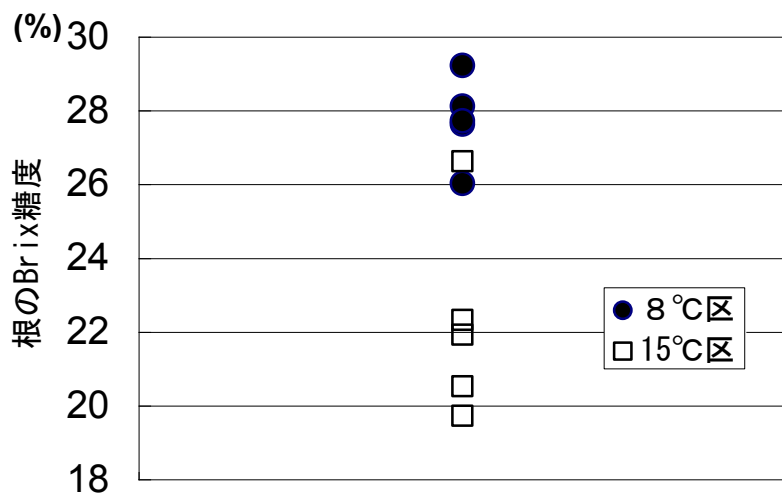
8℃ 区の株は処理開始から 20 日後に茎葉部が黄化したが、15℃ 区の株は茎葉部の黄化が見られ



8℃ 区

15℃ 区

第 9 図 処理温度の違いが若茎の黄化度に及ぼす影響



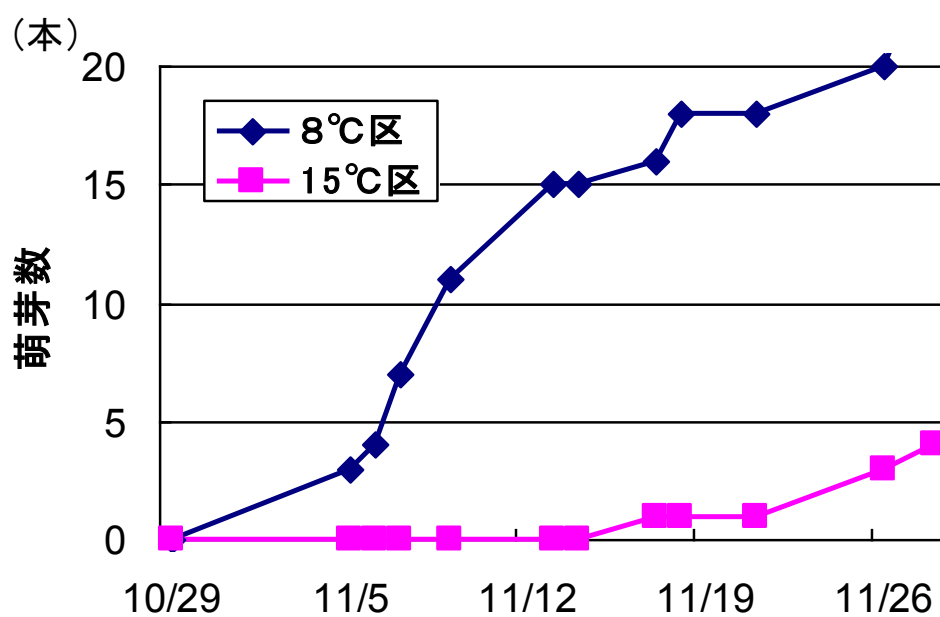
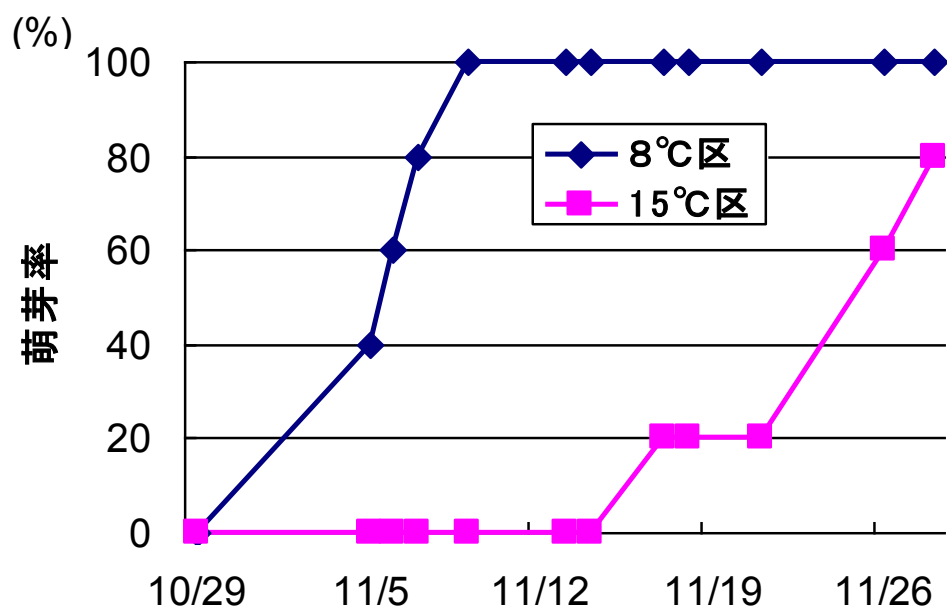
第 10 図 処理温度の違いが貯蔵根 Brix 糖度に及ぼす影響

なかった（第 9 図）。根の糖度は，8℃区が高くなった（第 10 図）。

また，伏せ込み後の萌芽数から，8℃区の株の休眠は打破されたと考えられたが，15℃区は休眠中であると考えられた（第 11 図）

以上より，アスパラガスの茎葉部の黄化開始温度は 8℃から 15℃の間にあり，アスパラガスの休眠導入が可能な温度上限は 15℃以上にあると考えられた。また，このことから，茎葉部の黄化がアスパラガスの休眠を導入しているのではないことが示唆された。

一方，休眠打破が可能な温度は，従来言われてい

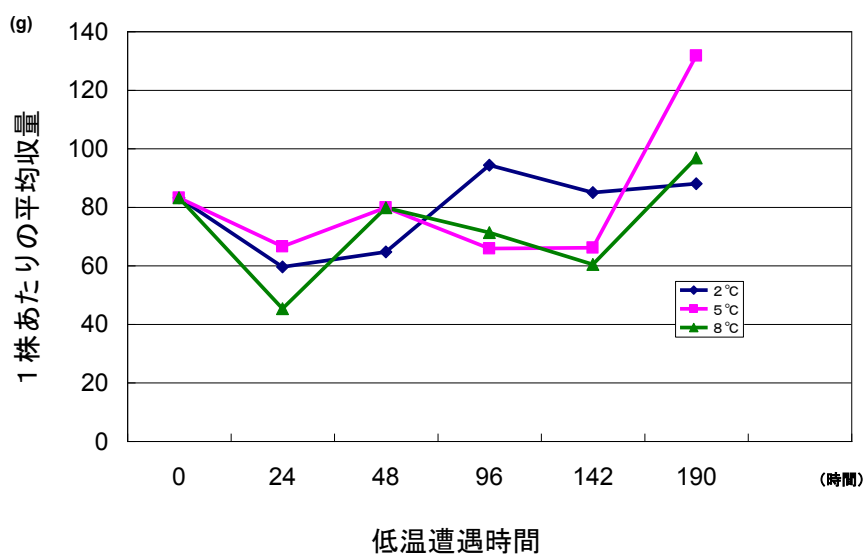


第 11 図 処理温度の違いが伏せ込み後の萌芽株率と萌芽数に及ぼす影響

た 5°C 以下ではなく、少なくとも 8°C には休眠打破効果があると考えられた。

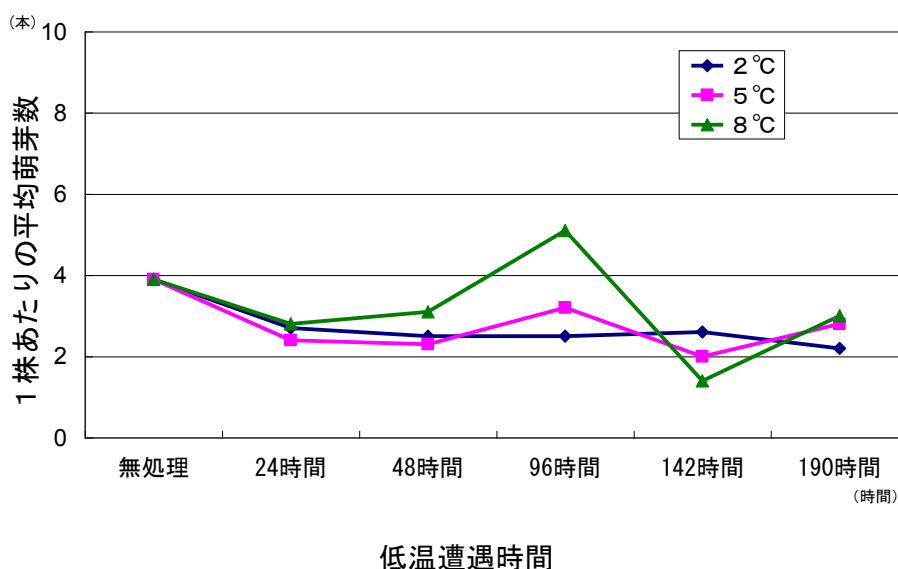
(2) 低温前処理における温度と処理期間の組み合わせ（2～8℃×0～190時間）の違いが休眠打破効果に与える影響

伏せ込み40日後の萌芽数では、いずれの温度であっても、24時間低温処理した株は、無処理の株よりも萌芽数が少ない傾向にあった。これは、2℃、5℃および8℃に、アスパラガスの休眠を導入する効果があったためと考えられた。一方、190時間の低温処理を行った株であっても、温度によっては、無処理の株より萌芽数が少ないか、温度処理を行わずに伏せ込んだ無処理と同等の萌芽数となった（第12図）。



第12図 処理温度および処理時間の違いが伏せ込み後の若茎の萌芽数に及ぼす影響

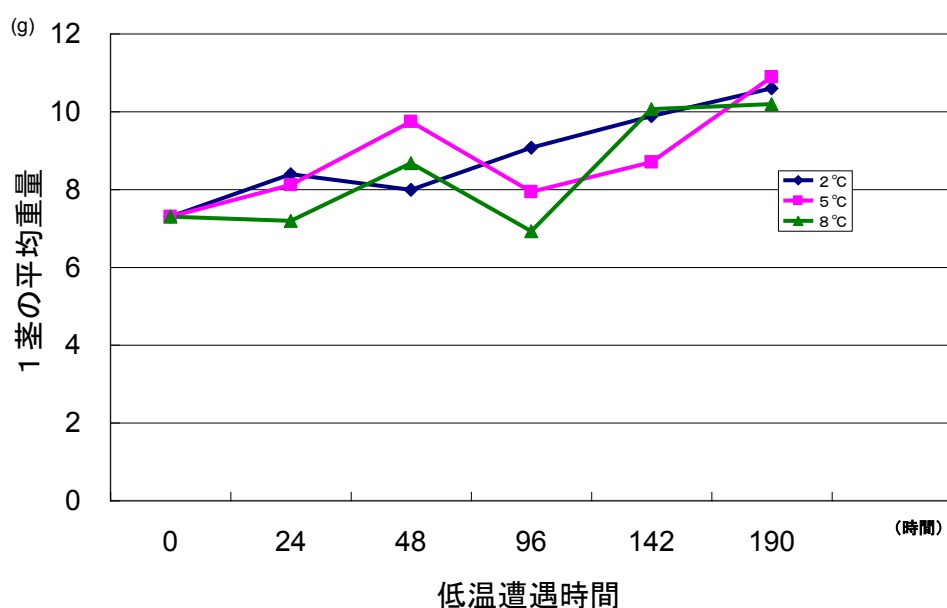
そこで，収穫した若茎を 5g 未満と 5g 以上，10g 以上に分け，処理毎の萌芽数を調査したところ，5g 未満の若茎は，8℃ 96 時間以外の区は，無処理区より萌芽数が少ない傾向にあり，処理温度や時間が休眠打破に与える影響は少ないと考えられた（第 13 図）。



第 13 図 処理温度および処理時間の違いが伏せ込み後の 5g 以下若茎の萌芽数に及ぼす影響

従って，5g 以下の細い若茎の萌芽性は，低温の影響を受けず，細い若茎は休眠性を持たないことが示唆された。一方，10g 以上の若茎では，処理期間が短い場合，無処理区よりもやや萌芽が抑制されたが，全ての温度で，190 時間の処理を行った株は，無処

理よりも萌芽数が多い傾向にあった。また、 $2^{\circ}\text{C}$ は96時間で萌芽数が回復したことから、温度の違いによって、休眠打破効果に違いがあることが示唆された（第14図）。



第14図 処理温度および処理時間の違いが伏せ込み後の10g以上の若茎の萌芽数に及ぼす影響

以上のことから、 $2^{\circ}\text{C}$ 、 $5^{\circ}\text{C}$ 、 $8^{\circ}\text{C}$ のいずれの温度域にも、アスパラガスの休眠を打破させる効果があると考えられ、また、処理温度や処理時間により、休眠打破に与える効果が異なると考えられた。

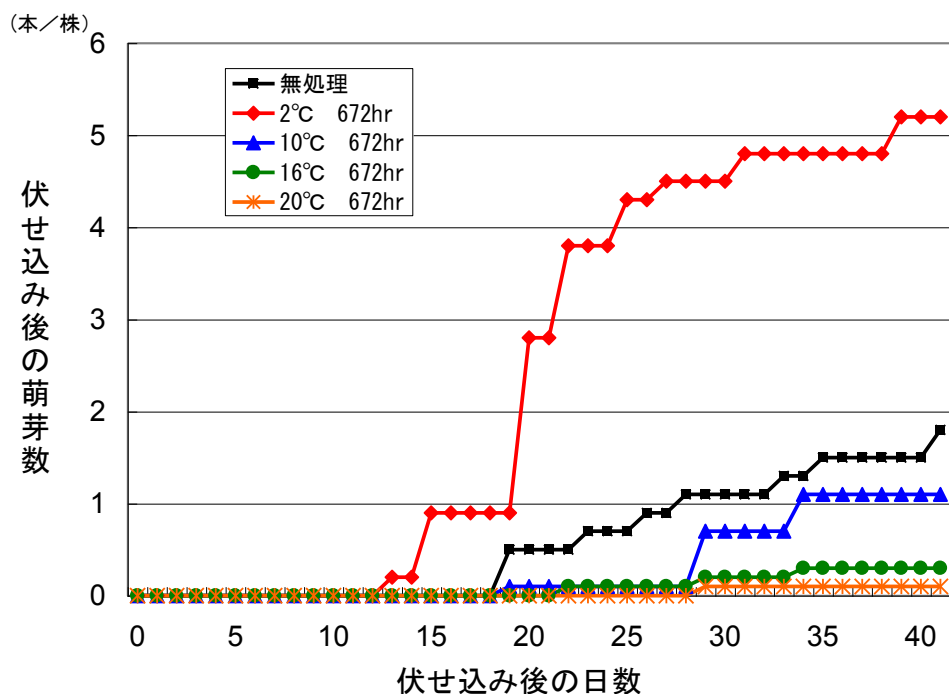
さらに、若茎の大きさ、つまり、リン芽の大きさにより、温度による効果が異なり、5g以下の細い若



茎は，休眠打破に関しては，温度の影響を受けないと考えられた。

### (3) 中温前処理温度（10℃～20℃×672時間）が休眠導入に与える影響

2℃ 672 時間の処理を行った株は，無処理の株よりも旺盛な萌芽が見られたが，10℃，16℃および20℃で672時間処理を行った株は，無処理の株よりも萌芽数が少なく，休眠中であると考えられた（第15図）。



第 15 図 処理温度の違いが伏せ込み後の若茎の萌芽数に及ぼす影響

春山（1985）では，アスパラガスの休眠は，気温が15℃を下回ると導入されるとしているが，本研究においては，品種‘ウェルカム’の場合，10℃～20℃の温度域に一定期間さらされることによって，アスパラガスの休眠は導入されると考えられた。

#### 第四節 高温域がアスパラガスの休眠打破に及ぼす影響

日本においては，主に，露地作型，ハウス半促成長期どり作型，伏せ込み促成作型の3つの作型により，11月を除き周年生産が行われている（Benson, 2012）．伏せ込み促成作型は，冬期間栽培が行われる作型であり，北日本での栽培が増加している（地子ら，2012）．この栽培法は，1960年代に群馬県で開発された（群馬県そ菜技術研究会，1992）．本栽培法ではまず，1月から2月に播種し，3月もしくは4月まで育苗を行う．育苗した苗は，露地圃場に定植し，秋まで株養成を行う．養成した株は，秋に根株を掘り取り，加温ができる伏せ込み床に，密植し，伏せ込む．伏せ込み後，2ヶ月から3ヶ月間，冬季に収穫ができる（小泉ら，2002）．伏せ込み促成作型は，他のアスパラガスの作型と，秋に根株を掘り取るという点で大きく異なる．

アスパラガスは多年草であり，秋に休眠を有することが知られている（林・平岡，1978；林・平岡，1983；春山ら，1985；小林・新須，1990；山口，2012；小

泉ら， 2013). そのため， 伏せ込み促成作型において収量を得るためには， 休眠を打破することが不可欠とされている（春山ら， 1985）． 休眠を打破させるためには， 一定期間， 株が低温に遭遇することが必要である（林・平岡， 1983）． 日本の市場においては， 1月よりも12月のアスパラガスの単価が高い． そのため， できるだけ早く休眠を打破し， 掘り取り・伏せ込みを行うことによって， 収益性が高い早期収穫が可能となる． 従って， 伏せ込み促成作型においては， 休眠を打破するために， 一定期間， 株を低温遭遇させることは非常に重要である．

休眠を打破するためには， 低温が必要であるため， 日本では， 東北や北海道といった寒冷地が， 本作型に適している． しかし， 近年の温暖化傾向によって， 秋季の気温が高く， 収穫時期が遅れる場合や， 休眠打破が的確に行われずに収量が減少している事例が見られてきている． 一方， 林・平岡（1978）は， 休眠中のアスパラガスであっても， 23℃以上の温度にさらされると休眠が打破すること（‘カリフォルニア500W’の場合）． また， Matsubara（1980）も同様に，

高温によりアスパラガスの休眠が打破されることを報告している。

低温により休眠が打破されたアスパラガスは、その後、伏せ込み床で想定される  $16^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$  といった温度におかれても萌芽が継続されるが、高温によって休眠打破が可能としたこれらの報告では、高温に株をさらした状態で、萌芽が継続することを確認している。もし、高温によりアスパラガスの休眠が打破するのであれば、一定期間の高温処理の後には、アスパラガスの生育が可能な温度に移したとしても、萌芽が継続するであろう。しかし、これらの報告では、常に高温に置かれた場合の試験であることから、本当に休眠が打破されたかについては明らかでない。

仮に、アスパラガスの休眠を高温により打破することができるのであれば、伏せ込み促成作型において、11月生産が可能となる新たな技術となる可能性がある。

そこで、本節では、伏せ込み促成作型で最も利用されている品種‘ウェルカム’を用い、高温による休眠打破効果を明らかにすることを目的とした。

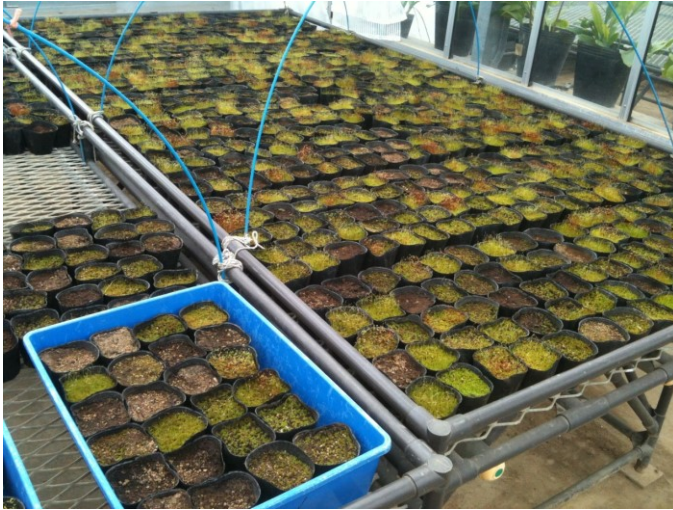
## 材料及び方法

### (1) 高温処理が休眠中のアスパラガスの萌芽に与える影響

アスパラガス‘ウェルカム’を，2010年1月28日および2月5日に，育苗培土を充填した200穴のセルトレイに播種し，その後，育苗培土を充填した9cmの黒ポットに鉢上げを行ったのち，岩手県農業研究センター内のガラス温室において育苗を行った。

品種‘ウェルカム’の休眠は，20℃以下で導入され，また，8℃以下になると休眠が打破されることが明らかになっていることから（山口ら，2009；山口ら，2010），11月からは，休眠導入が図られる温度帯を維持するとともに，8℃以下の低温遭遇による休眠打破を回避し（平均気温16.4℃，最低気温12.0℃，最高気温25.0℃），休眠株の作出を図った。休眠状態を確認するため，12月3日に全ての茎葉を除去したところ，かん水を行っても1ヶ月以上萌芽が認められず，株は休眠中であると判断された（第16図）。2011年1月20日に，休眠中の株を，20℃，22℃，24℃，26℃，28℃に設定された恒温器（

FLI-301NH, EYELA および BIOTRON NC350, NK System) へ 24 株ずつ搬入し, その後の萌芽数を計測した.



第 16 図 かん水を行っても 1 カ月以上萌芽が見られない休眠中の株

## (2) 高温処理による休眠打破効果

(1)の試験と同様の手法で作出した休眠株について, 2011年2月9日に, 28℃および5℃の恒温器(ナエピット, 三菱農機およびMCU1000, SANYO)に, それぞれ144株ずつ搬入した. 搬入日から2日後, 4日後, 8日後, 12日後, 15日後, 20日後に, いずれの恒温器からも24株ずつ搬出し, 搬出時に萌芽が見られていた若茎を全て除去した後, ガラス温室に移し(2月9日~4月9日の期間中, 平均気温18.2℃,

最低 12.0℃，最高 27.0℃)，萌芽する若莖数を計測した。また，2月9日から上記ガラス温室で管理した24株を無処理区とした。

## 結果および考察

### (1) 高温処理が休眠中のアスパラガスの萌芽に与える影響

1株あたりの平均乾物重は， $4.48 \pm 0.90$  g (SD)であった。また，品種‘ウェルカム’は，95日齢よりも若い株は，休眠感応性を持たないことが知られているが(山口・前田，2013)，試験に利用した全ての株は，95日齢よりも日齢が進んだ株であったことから，休眠感応性を有していると考えられた。

温度処理開始から21日後まで，20℃区，22℃区および24℃区では萌芽が見られなかった。一方，26℃区では10日目，28℃区では7日目から萌芽が見られた(第17図，第18図)。また，26℃区と28℃区では，萌芽率では違いがないものの，28℃区の方が萌芽数が多かった(第18図)。これは，アスパラガスは温度が高いほど伸長速度が速まることが知ら

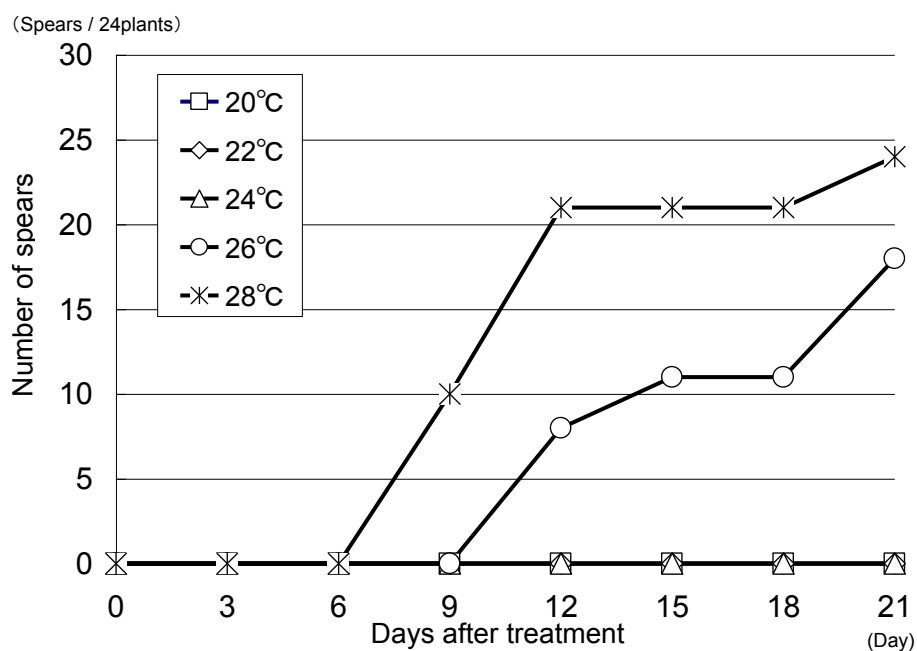




第 17 図 温度処理中の各区の萌芽状況  
 ( 左上 : 20℃ , 右上 : 22℃ , 左中 : 24℃  
 右中 : 26℃ , 左下 : 28℃ )

れていることから (Culpepper・Moon, 1939), 温度  
 が高いことによる若茎の伸長速度の違いによるもの  
 と考えられた。

以上から，‘ウェルカム’は，低温に遭遇していなくとも 26℃もしくは 28℃の高温に遭遇することにより，萌芽が回復することが明らかとなり，萌芽の回復が可能な下限温度は，24℃から 26℃の間にあると考えられた．この結果は，休眠状態は不明なものの，秋冬季の‘ウェルカム’でも 25℃で萌芽が見られるとした，奥田ら（2005）の結果と一致する．

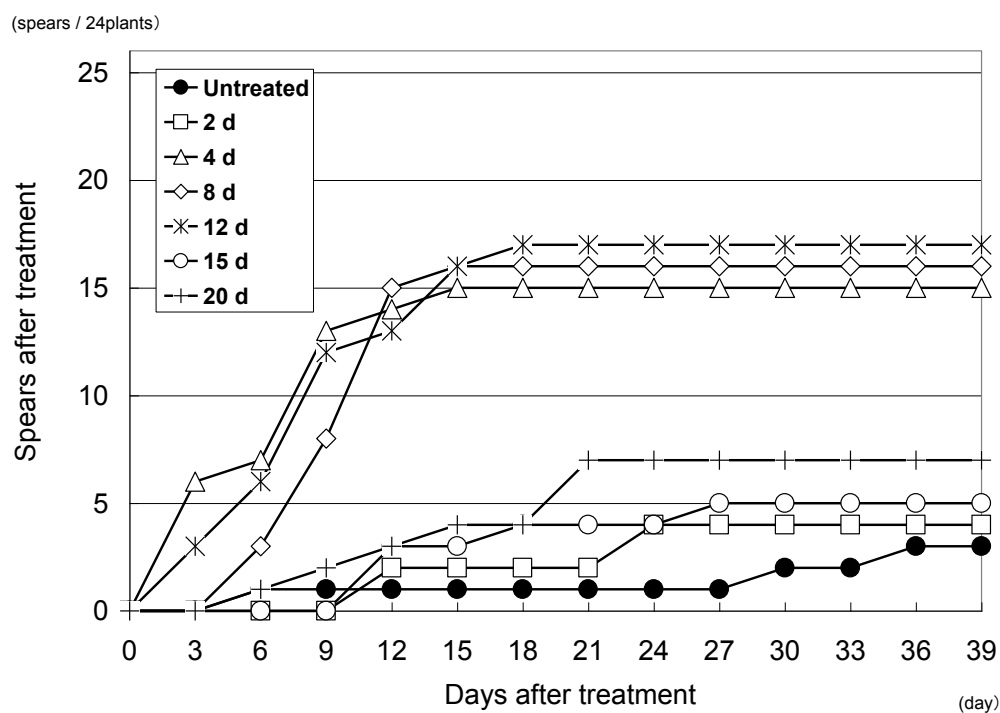


第 18 図 処理温度の違いが休眠中のアスパラガスの萌芽性に与える影響

## (2) 高温処理による休眠打破効果

休眠打破後であれば萌芽可能な温度域（平均気温 18.2℃）であっても，無処理区はほとんど萌芽が見

られず，休眠が継続していると考えられた(第 19 図)．  
28℃区は，2 日処理では無処理区と同様に萌芽がほとんどみとめられなかったものの，4 日処理，8 日処理，12 日処理，15 日処理および 20 日処理では旺盛な萌芽が見られ，萌芽率は無処理区および 2 日処理区よりも高く(第 19 図)，温度処理終了後も萌芽が継続した．しかし，15 日処理および 20 日処理では，温度処理終了後の萌芽数が少なかった．温度処理終了時に除去した若茎数を加算すると，15 日処理および 20 日処理いずれもこれは，温度処理時の萌芽数が多かったことによる株の消耗の影響によるものと考えられた．また，慣行法で休眠打破を図った 5℃処理区では，2 日処理，4 日処理，8 日処理では休眠打破効果は認められず，12 日処理，15 日処理，20 日処理で萌芽の回復が見られたことから，5℃の場合，12 日間以上の低温処理を行うことによって，休眠打破が図られると考えられた．しかし，処理期間は，28℃処理区よりもより多くの期間が必要であった(第 20 図)．したがって，28℃処理は温度処理終了から萌芽再開までの期間が非常に短く，慣行との優位



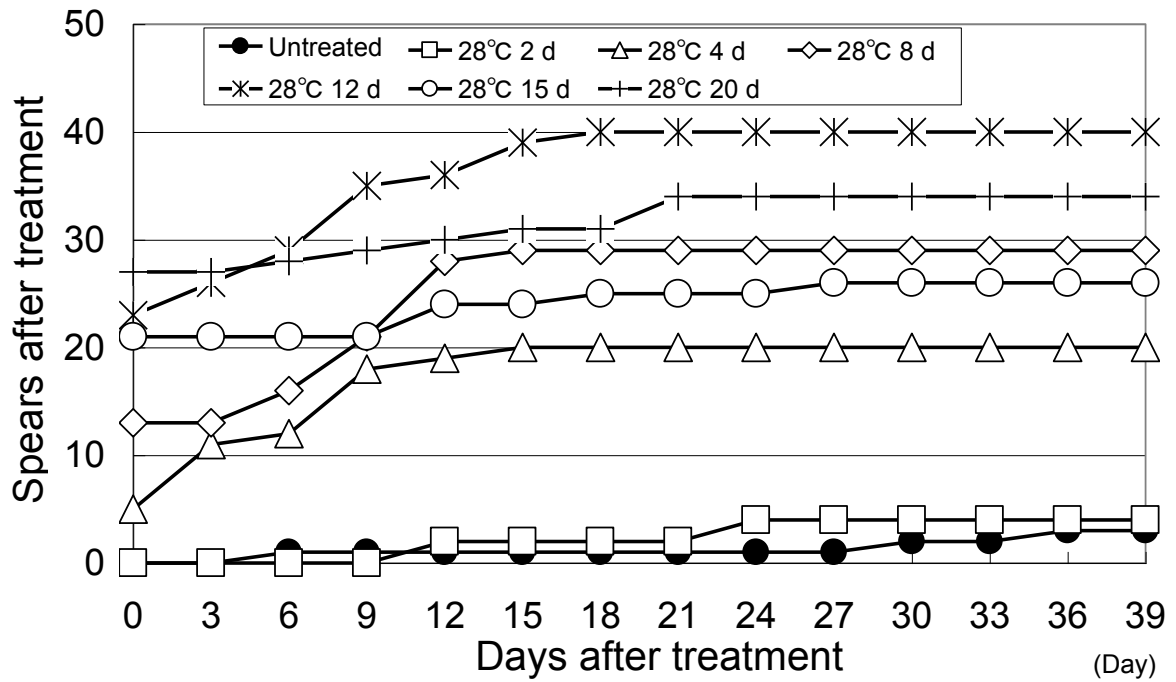
第 19 図 高温処理日数の違いが温度処理終了後の萌芽数に及ぼす影響

性が明らかとなった。

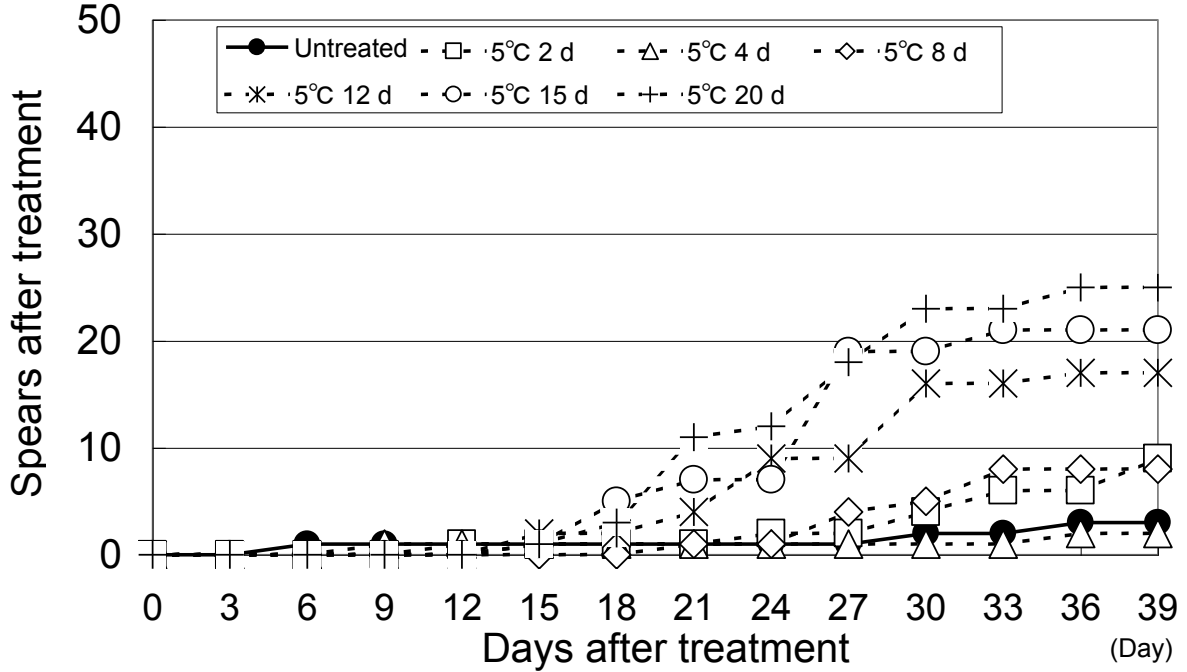
高温を利用した休眠打破技術の生産現場への利用を考えた場合，‘ウェルカム’においては， $28^{\circ}\text{C}$  4日間以上の処理を行うことにより萌芽が回復し，その後は慣行の伏せ込み床で想定される温度（ $16^{\circ}\text{C}$ ～ $20^{\circ}\text{C}$ 程度）でも萌芽が継続することから，従来に無い新たな休眠打破技術として利用できる可能性が考えられる。

さらに，伏せ込み促成栽培においては，伏せ込み床の底面に電熱線もしくは温湯管を配置して加温を

(Spears / 24plants)



(Spears / 24plants)



第 20 図 高温処理および低温処理日数の違いが温度処理終了後の萌芽数に及ぼす影響

行うことから，特別な装置を必要とせず簡易な方法で，高温による休眠打破が期待できる．

多くの植物で，秋から冬にかけての短日・低温条件で自発休眠に入り，その後の低温遭遇により打破することが知られている（長谷川・坪井，1960）．しかし，一部の種子（中村・佐藤，1965）や球根（矢澤，1976），塊茎（朴ら，2003）の休眠は，高温によって打破されることが知られているとともに，園芸植物の中には，低温だけでなく，高温によっても自発休眠が打破されるものが知られている（東部ら，1998）（田村ら，1993）．

また，Orffer・Goussard（1980）は，休眠中のブドウの芽は，50℃30分間の温水処理によって打破するとしている．堀内（1977）は，休眠中のブドウ‘デラウェア’に対し，37℃から47℃までの高温を24時間および48時間与え，その後の萌芽性を調査したところ，温度が高いほど，処理時間が長いほど，萌芽までの日数が短縮することを明らかにしている．このように，既知の高温を利用した休眠打破現象の場合，本試験で供試した温度よりも高い温度を利用

している場合が多い。そのため、本試験で効果が認められた温度より高い温度域であれば、より短期間に休眠打破が図られる可能性がある。

一方、伏せ込み床に設置された電熱線や温湯管による高温を利用した休眠打破を考えた場合、寒冷地の秋季においては、実現可能な高温域は制限されると考えられる。さらに、アスパラガスは高温にさらされた場合、若茎の品質に影響があるとの報告もある（金ら，1989）。また、休眠性には品種間差があるとの報告もある（小泉ら，2002）。そのため、栽培現場での高温を利用した休眠打破技術の普及に関しては、実際の栽培に利用する株を用いた上で、最適な温度域や処理期間、品種間差等について、より詳細に検討する必要がある。

本研究の結果により、アスパラガス品種‘ウェルカム’の場合、28℃で4日間の処理を行うことによって、休眠が打破され、温度処理後は、伏せ込み促成作型で想定される温度である16℃～20℃におかれても萌芽が継続することが明らかになった。日本では、休眠打破に必要な低温が得られないことから、11

月のアスパラガス生産は困難であるが，高温処理による休眠打破技術により，11月のアスパラガス生産が可能になることが期待される．



## 第五節 日 齡 の 違 い が ア ス パ ラ ガ ス の 休 眠 に 与 え る 影 響

アスパラガスは秋季に休眠性を有し、休眠中は若茎の萌芽が可能な温度帯におかれても萌芽が抑制される。これまで、第二節から第四節までの試験によって、アスパラガス品種‘ウェルカム’の場合、 $20^{\circ}\text{C}$ 以下の低温に遭遇すると休眠が導入され、 $8^{\circ}\text{C}$ 以下、もしくは $26^{\circ}\text{C}$ 以上の高温にさらされると休眠が打破されることが明らかとなった。

一方、生産現場においては、2月～5月にかけて、無加温パイプハウスで育苗を行うが、育苗を行っている早春期は、曇天時や夜間は、容易に休眠導入が可能となる温度以下になるにもかかわらず、苗は旺盛に生育する。植物の生育は、質的に異なる発育相で構成されていることが知られているが（Lysenko, 1954）、アスパラガスの生育においても、キクの花成における幼若期のように、種子の発芽から一定期間、休眠導入が可能な条件におかれても休眠が導入されない発育相を有していることを示唆している。そこで、アスパラガスがこのような発育相を有して

いるかについて検討した。

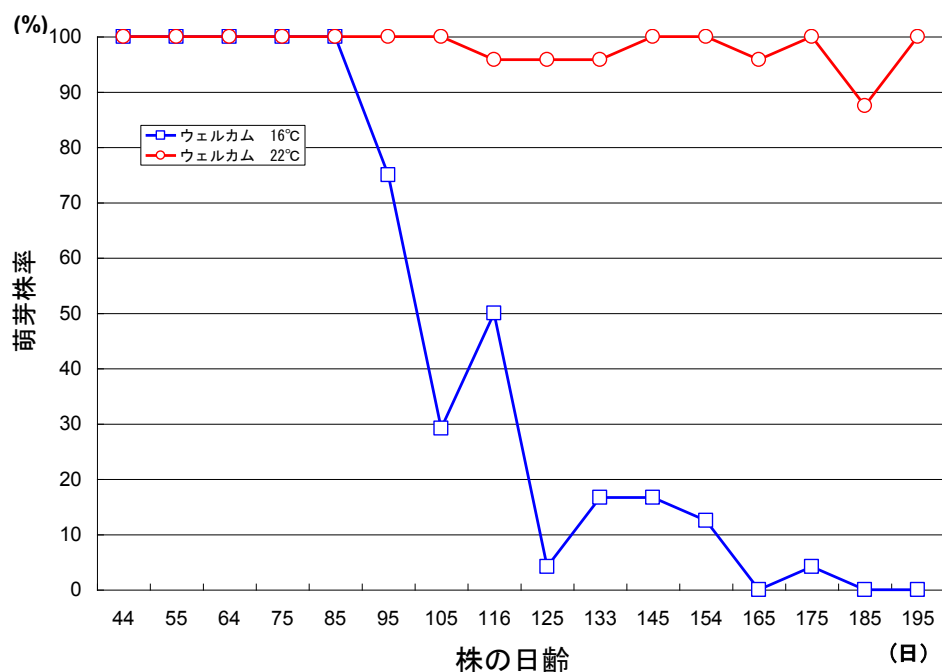
## 材料および方法

アスパラガス‘ウェルカム’‘スーパーウェルカム’  
‘PA100’の3品種（いずれも雌雄混合品種）につ  
いて，2012年3月12日，3月22日，4月2日，4  
月12日，4月23日，5月2日，5月14日，5月22  
日，6月1日，6月12日，6月22日，7月2日，7  
月12日，7月23日，8月2日，8月13日に，それ  
ぞれ育苗培土を充填した200穴セルトレイに播種し，  
岩手県農業研究センター内のガラス温室で管理した。  
それぞれ，播種1ヵ月後に，育苗培土を充填した9cm  
黒ポットに鉢上げ，全ての株は，9月22日まで，引  
き続きガラス温室内で管理し，9月22日の段階で，  
44日齢，55日齢，64日齢，75日齢，85日齢，95  
日齢，105日齢，116日齢，125日齢，133日齢，145  
日齢，154日齢，165日齢，175日齢，185日齢およ  
び195日齢の，日齢が異なる16種類の株を作出し  
た。9月23日に，各日齢，各品種について，全ての  
茎葉を除去したのち，2群に分け，休眠が導入も打

破もされない温度として、22℃に設定した恒温室（ナエピット，三菱農機）と，休眠が導入されるが打破はされない温度として，16℃に設定した恒温器（利雪型高湿予冷库，サンヨー）に，それぞれ24株ずつ搬入し，湿度がほぼ100%の暗黒条件下で管理し，温度処理開始後12日目の萌芽株率を調査した．

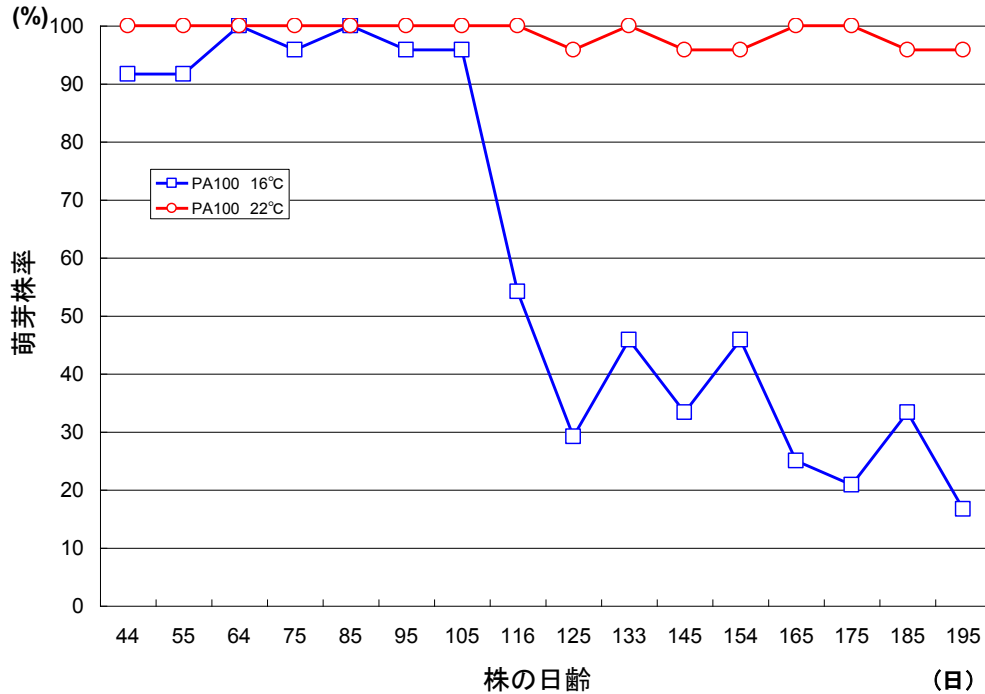
### 結果および考察

‘ウェルカム’ 22℃区は，いずれの日齢においても概ね90%以上の萌芽株率となり，休眠は導入されていないと考えられた．一方，‘ウェルカム’ 16℃区



第 21 図 株の日齢および温度の違いが温度処理12日目の萌芽数に及ぼす影響（‘ウェルカム’）

では，85日齢までの株は100%の萌芽株率であったものの，95日齢以降の株で萌芽株率が減少した（第

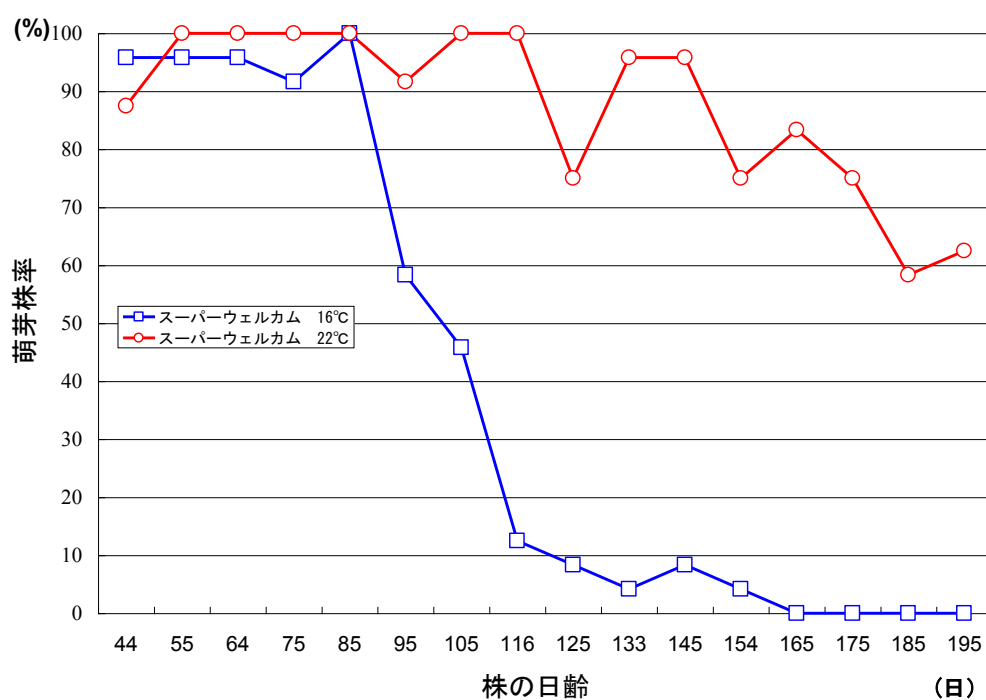


第 22 図 株 の 日 齢 お よ び 温 度 の 違 い が 温 度 処 理 12 日 目 の 萌 芽 数 に 及 ぼ す 影 響 ( ‘ PA100 ’ )

21 図 ) . 16℃ は , ‘ ウ ェ ル カ ム ’ が 休 眠 に 入 る 温 度 で ある に も か か わ ら ず , 85 日 齢 ま で の 株 は 全 て 萌 芽 が み ら れ た こ と か ら , 播 種 後 85 日 齢 ま で の ‘ ウ ェ ル カ ム ’ は , 休 眠 反 応 を 獲 得 し て い な い 発 育 相 に あ る と 考 え ら れ た ( 第 24 図 ) .

‘ PA100 ’ 22℃ 区 は , ‘ ウ ェ ル カ ム ’ 22℃ 区 と 同 様 に , い ず れ の 日 齢 に お い て も 概 ね 90% 以 上 の 萌 芽 株 率 と な っ た こ と か ら , 休 眠 は 導 入 さ れ て い な い と 考

えられた。‘PA100’ 16℃区は、105日齢までの株は、90%以上の萌芽株率を示したことから、105日齢までの‘PA100’は、休眠反応を獲得していない発育相にあると考えられた（第22図）。しかし、‘ウェルカム’16℃区であれば100%の株が休眠状態となった195日齢の株であっても、‘PA100’は、16.7%の株の萌芽が停止しておらず、また、116日齢から185日齢までの株も、54.2%～20.8%の株の萌芽が停止していなかった。これは、‘ウェルカム’であれば休眠



第 23 図 株の日齢および温度の違いが温度処理12日目  
の萌芽数に及ぼす影響（‘スーパーウェルカム’）

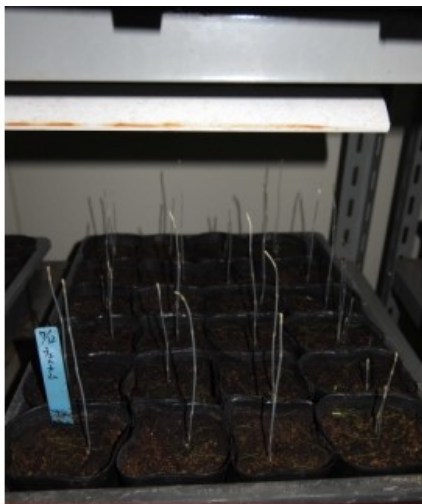
が導入される温度である16℃であっても、‘PA100

0' は休眠に入らない個体があることであり，休眠導入温度が品種により異なることを示していると考えられた．

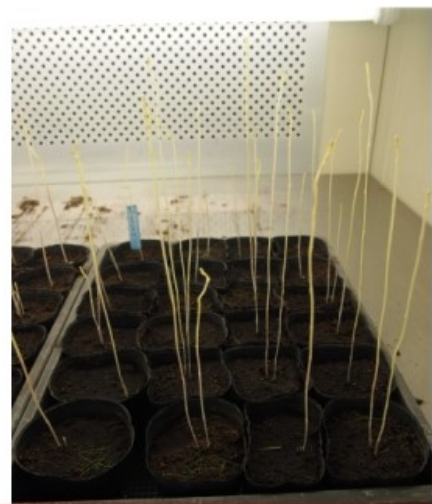
‘スーパーウェルカム’ 16℃区は，‘ウェルカム’と同様に，85日齢までの株は，100%に近い萌芽株率であったことから，85日齢までの‘スーパーウェルカム’は，休眠反応を獲得していない発育相にあると考えられた（第22図）．

一方，‘ウェルカム’や‘PA100’であれば，100%に近い株で萌芽が見られた22℃区であっても，62.5%の株でした萌芽が見られず，22℃であっても休眠が導入される個体があることを示している．

今回，試験に供試した3品種はいずれも，発芽から一定期間，休眠反応を獲得していない発育相を有していることが明らかになった．これは，アスパラガスでは初めて確認された現象である．さらに，休眠が導入される温度域についても品種間差があることが示唆され，‘ウェルカム’と比較した場合，‘PA100’は，より低い温度で休眠が導入され，また，‘スーパーウェルカム’は，より高い温度で休眠が



16°C  
(休眠に入る温度)



22°C  
(休眠に入らない温度)

75日齢



165日齢



第 24 図 温度処理中の萌芽状況（‘ウエルカム’）

導入される可能性が示された。

これらの 3 品種は，いずれも雌雄混合品種であるが，アスパラガスの休眠性には雌雄間差があることが報告されていることから（小泉ら，2001），特に，個体間で反応に違いが見られた，‘PA100’16°C 区および‘スーパーウエルカム’22°C 区については，株

の雌雄を判別した後に同様の試験を行うことによって、本現象をより詳細に明らかにすることが可能であると考えられた。



## 第六節 短日条件がアスパラガスの休眠に与える影響

第二節から第四節まで，アスパラガスの休眠に関与する外的要因として，温度に着目した研究を進めてきた．一方，多くの植物では，温度条件だけでなく，短日条件が休眠導入に重要な要因であることが知られている．もし，短日条件がアスパラガスの休眠に影響を与えるのであれば，露地の小菊栽培で行われているような，電照を用いた休眠コントロール技術によって短日条件を回避し，アスパラガスの休眠をコントロールできる可能性がある．しかし，アスパラガスの休眠性と日長に関する報告はないことから，‘ウェルカム’を用い，短日条件が秋のアスパラガスの生育に与える影響を調査した．

### 材料および方法

アスパラガス‘ウェルカム’について，2008年2月4日に，それぞれ育苗培土を充填した200穴セルトレイに播種し，岩手県農業研究センター内のガラス温室で管理した．播種1ヵ月後に，育苗培土を充

填した 9 cm 黒ポットに鉢上げ，4 月 27 日までガラス  
温室内で育苗した．4 月下旬に，岩手県農業研究セ  
ンター内の露地圃場に，1 a あたり窒素成分 3 kg を施  
肥し，直径 25 cm，容量 12 リットルの不織布ポット  
（J マスタ R25，グンゼ）を畝間 140 cm，株間 40 cm  
で圃場に埋設し，施肥・耕耘を行った露地圃場の土  
壤を，不織布ポット内に入れ，幅 135 cm の黒マルチ  
でマルチングを行った．

その後，埋設した不織布ポットの中央に株が定植  
できるよう，株間 40 cm でマルチに穴を開け，4 月  
28 日に定植した．

露地圃場において，8 月下旬から 9 月中旬にかけ  
てまで株を養成し，8 月 22 日，9 月 1 日，9 月 5 日，  
9 月 11 日の 4 回に分けて，不織布ポットごと，露地  
圃場から株を掘りとった．9 月 11 日に掘りとった株  
以外については，8 時間日長区（SD 区）と自然日長  
区（ND 区；平均日長 12 時間 6 分）で，10 月下旬まで  
日長処理を行った．9 月 11 日に掘りとった株は，SD  
区のみ処理を行った．

SD 区は，3 m × 10 m × 2.3 m の鉄パイプで作成した

フレームの全面に、遮光フィルム（ホワイトシルバー、東灌興産）を張り、フレーム内を遮光し、遮光中のフレーム内部は、0.5 ルックス以下となるよう、短日処理施設を作成した（第 25 図）。短日処理施設は、手動にて開閉可能とし、遮光時間は 17 時から 9 時までとした。

短日処理期間中は、擬葉の黄化程度、茎数の変化、主茎長、根の重量、貯蔵根 Brix 糖度を計測しました。擬葉の黄化程度は、カラーチャート（タバコ I 号、富士フィルム）を用い、最も近いカラーチャートの色番号を黄化程度とした（第 26 図）。また、根の重量は生重とし、貯蔵根の糖度は、根株の掘り取り後直ちに、1 株から 3 本の根を採取し、5mm 程度に粉碎した後、ニンニク絞り器で搾汁した搾汁液を、糖度計（IPR-201 $\alpha$ 、アタゴ）にて計測した。

日長処理終了後、全ての株は、ポットごと無加温ハウス内の伏せ込み床へ伏せ込んだ。

伏せ込み床は、幅 140cm、長さ 820cm、深さ 20cm、高さ 25cm とし、コンパネおよび断熱材を用いて作成した。伏せ込み床下部には、電熱線（農電ケーブル

ル 1-1000, 筑波電器)を配線し, コントローラー(農電電子サーモ ND-810, 筑波電器)を用いて, 温度を自動調節した. 伏せ込み床下部には, 籾殻を 2cm 程度の厚さで敷き詰め, その上に, 育苗培土を 5cm 程度の厚さで敷き詰め, 不織布ポットを埋設した後, 育苗培土を用いて伏せ込んだ. 伏せ込み床は, 16℃ に設定し, 伏せ込み後の茎数と若茎重を計測した.



第 25 図 日長調節を行った短日処理施設

9 月 5 日に掘りとった株以外は, 各区 5 株を供試し,

9月5日に掘りとった株は各区20株ずつ供試した。擬葉の黄化度と根の重量，貯蔵根 Brix 糖度は，9月5日に掘りとった株を用い，各測定日に5株ずつポットから根を取りだし，計測を行った。

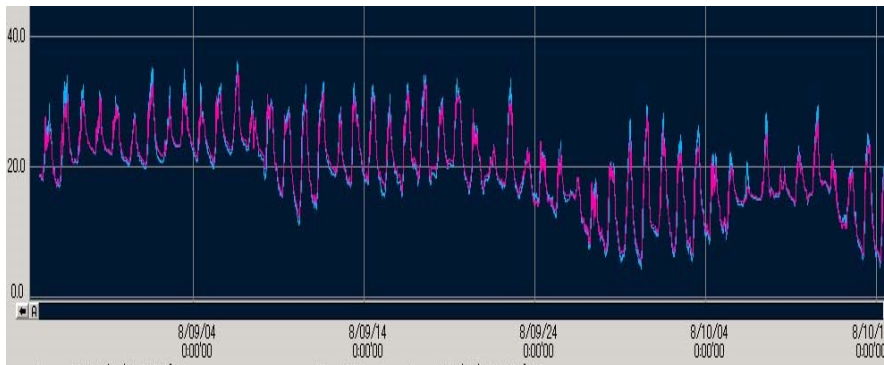


第26図 茎葉の黄化度の判定に利用したカラーチャート

## 結果および考察

### (1) 処理期間中におけるSD区とND区の気温

処理期間中における，SD区とND区の平均気温は，どちらも  $19.5^{\circ}\text{C}$  で違いが見られなかった。しかし，SD区は最高気温が  $34.3^{\circ}\text{C}$  ，最低気温が  $5.2^{\circ}\text{C}$  に対し，ND区は最高気温が  $36.0^{\circ}\text{C}$  ，最低気温が  $4.3^{\circ}\text{C}$  となり，ND区はSD区よりも温度の変化が大きかった（第27図）。これは，SD区の方が夕方から朝にかけて，いくらかの保温効果があったためではないかと考え



第 27 図 処理期間中における両区の気温の推移

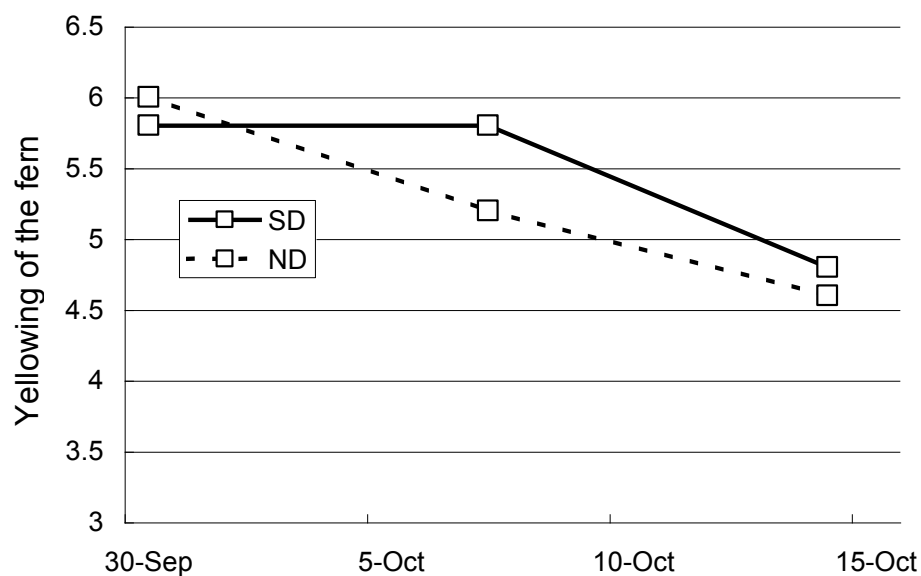
られた。

### (2) 擬葉の黄化度

擬葉の黄化度は，SD 区よりも ND 区の方が高く，ND 区の方が早く黄化する傾向が見られたが，差は小さかった（第 28 図）。この差は，日長の影響よりも，むしろ SD 区と ND 区の最低気温の違いにより引き起こされたのではないかと考えられた（第 27 図）。

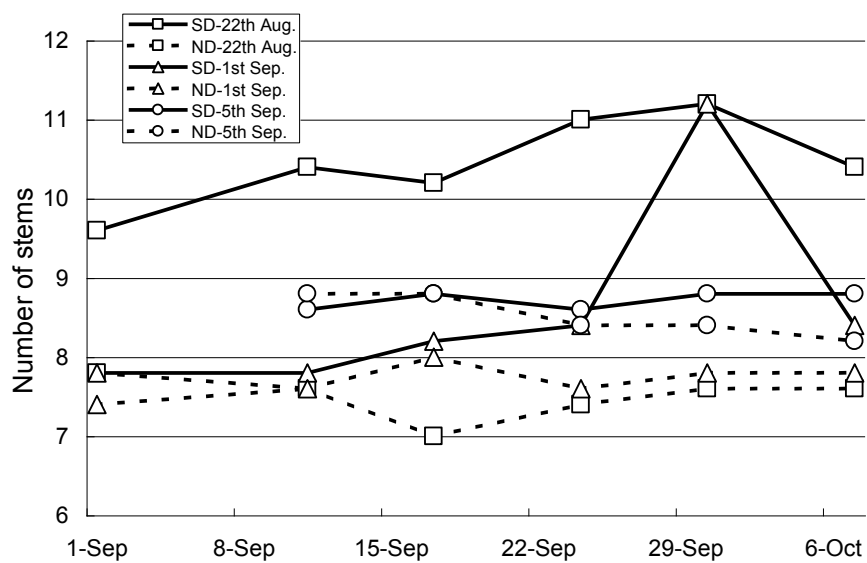
### (3) 茎数の変化

9 月 8 日から，10 月 6 日までに掘りとった株についての茎数の増減割合は，SD 区と ND 区との間に大きな違いは認められなかった。一方，9 月 5 日に



第 28 図 日長条件の違いが茎葉の黄化に与える影響

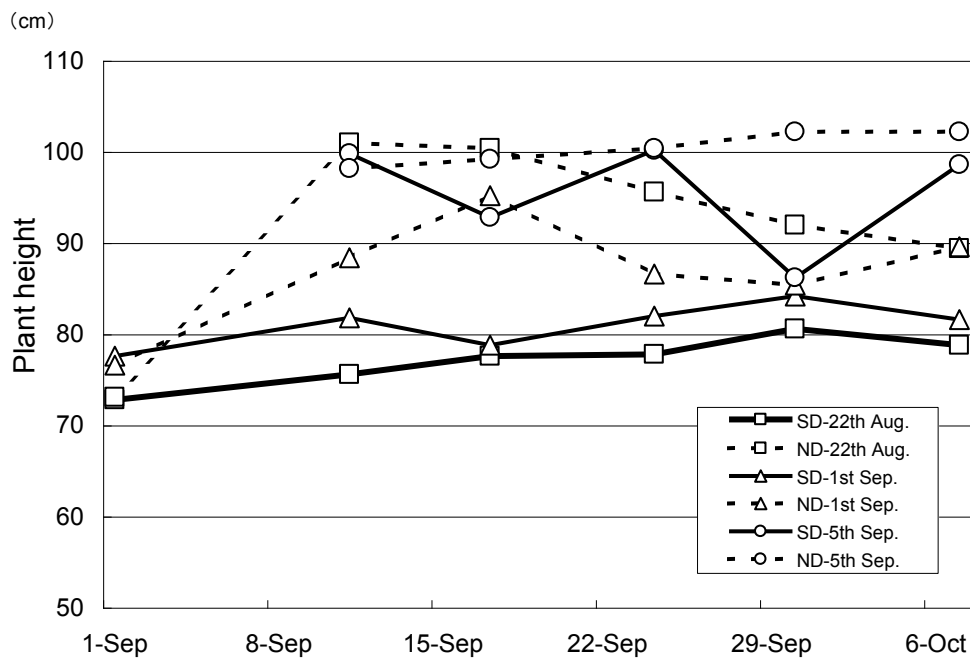
掘りとった株では，ND区の方がSD区よりも茎数が多かった（第 29 図）．この原因としては，SD区と比べ，ND区は，日照時間が長いことから，光合成量の違いによる影響ではないかと考えられた．



第 29 図 日長条件の違いが茎数に与える影響

#### (4) 主茎長の違い

主茎長は，SD区の方がND区よりも低い傾向にあった（第30図）。この傾向は，掘り取り時期が遅くなっても同様であった。ND区の主茎長が高い傾向となった理由としては，SD区が短日条件により伸長抑制を受けている可能性もあるが，根の重量や貯蔵根 Brix 糖度の結果から，むしろ光合成量の違いによるものではないかと考えられた。



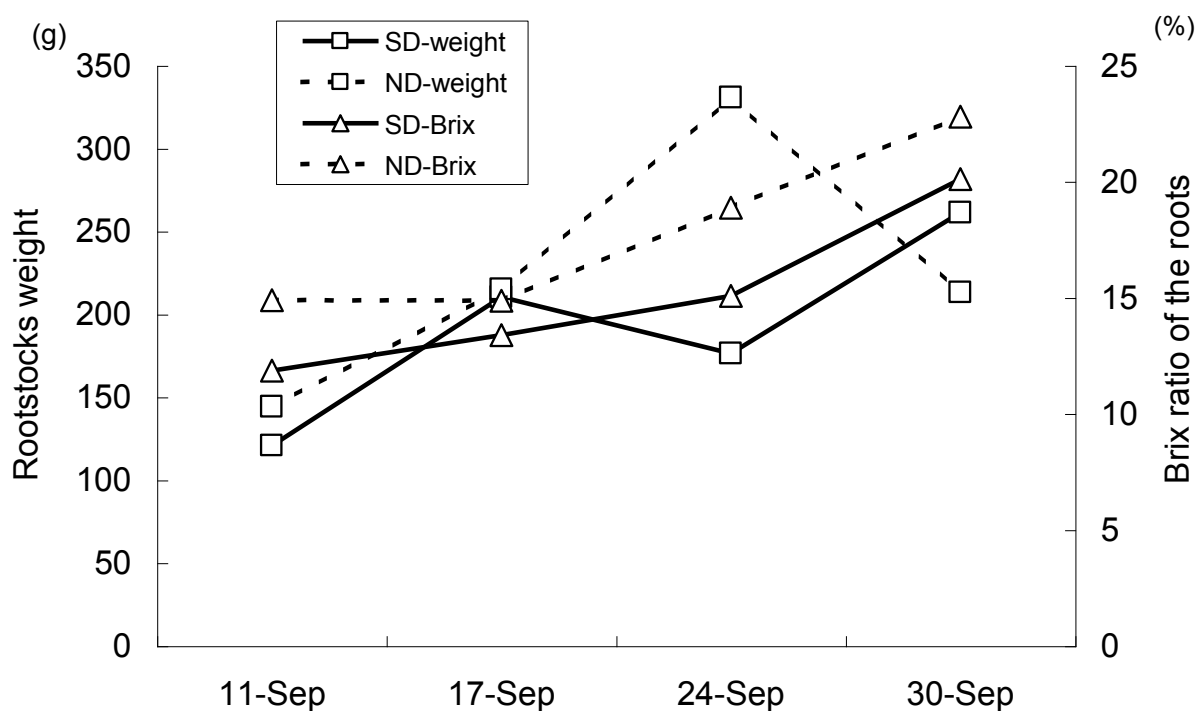
第 30 図 日長条件の違いが主茎長に与える影響

#### (5) 根の重量と貯蔵根 Brix 糖度

根の重量と貯蔵根 Brix 糖度は，SD区とND区のうちどちらにおいても，測定時期が遅くなるにつれて，



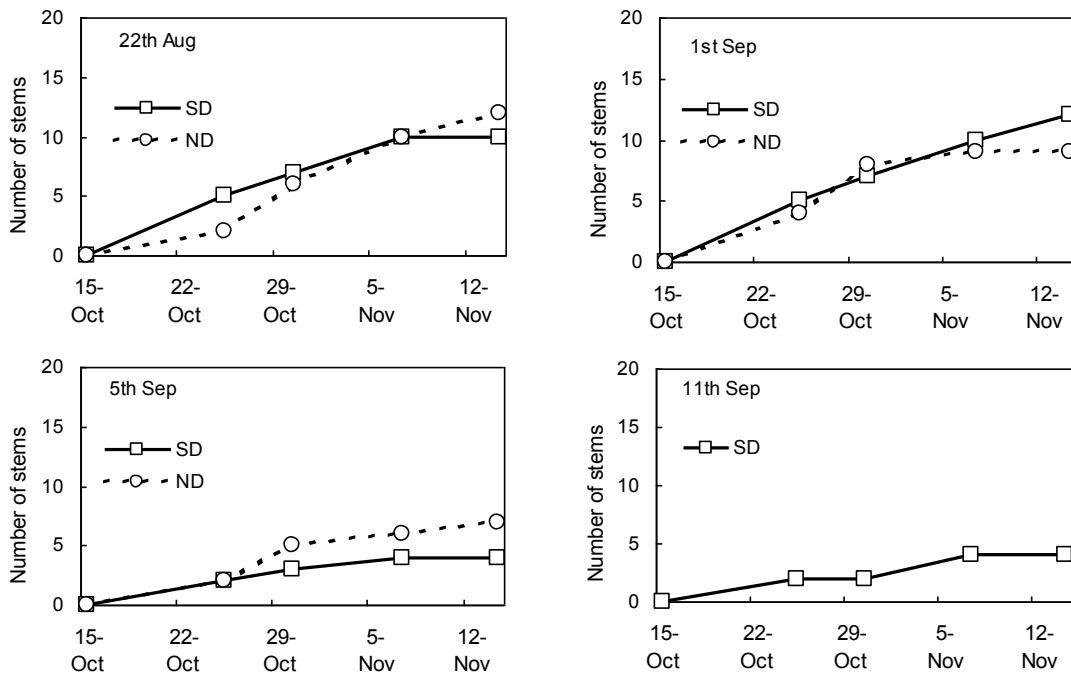
上昇する傾向にあった（第 31 図）。しかし，ND 区の方が，SD 区よりも常に高い傾向が見られた。仮に，アスパラガスの萌芽が短日の影響を受けるのであれば，より早期に耐凍性を高めるための現象として，貯蔵根 Brix 糖度を高めることが考えられる。しかし，SD 区よりも ND 区の方が高い傾向にあったことから，本結果についても，日長の影響よりも，光合成量の違いによって引き起こされたのではないかと考えられた。



第 31 図 日長条件の違いが根株重と貯蔵根 Brix 糖度に与える影響

## (6) 伏せ込み後の茎数

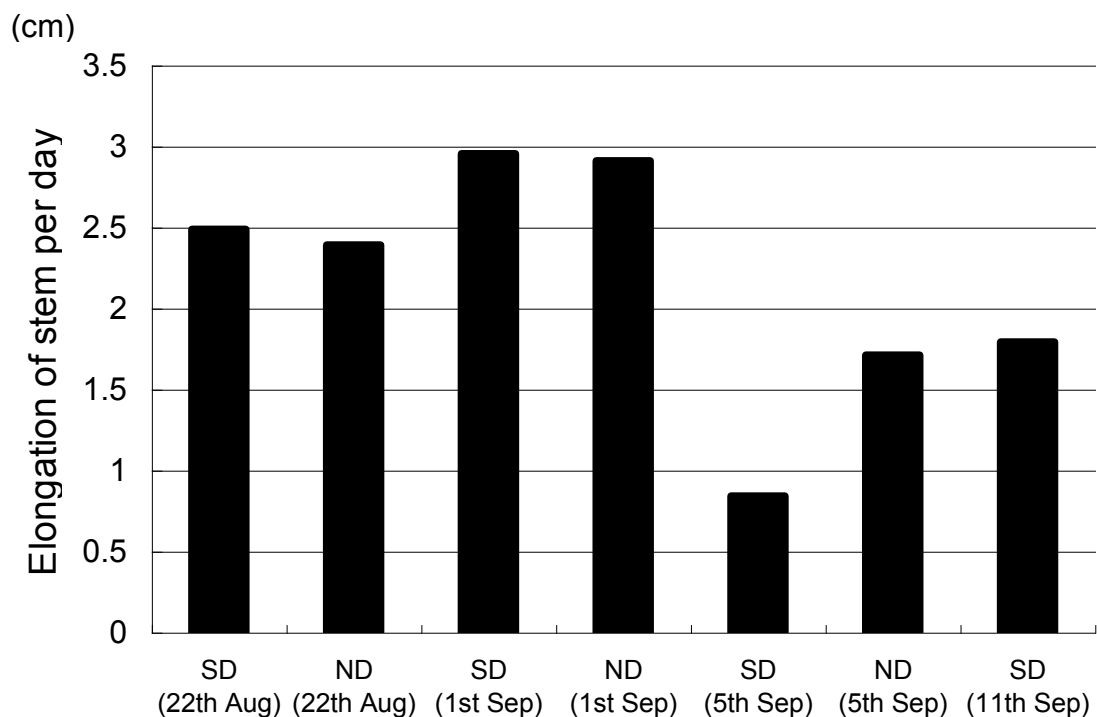
伏せ込み後の茎数については，SD区とND区との間で違いは認められなかった（第32図）．しかし，処理開始時期が遅くなるにつれて，萌芽数が減少する傾向にあった．処理開始時期が遅くなるにつれて萌芽数が減少する傾向は，処理開始時期が遅くなるにつれて外気温が低下し，それにより休眠深度が深まったためではないかと考えられた．



第 32 図 日長条件の違いが伏せ込み後の茎数に与える影響

萌芽速度は，8月22日掘った株と9月1日に掘った株については，SD区とND区との間に違いは見られなかった（第33図）．しかし，9月5日に掘りとっ

た株については，SD区の方がND区よりも萌芽速度が遅かった（第33図）．この結果からも，アスパラガスの萌芽性に対して，日長は影響をあたえていないことが示唆されるが，9月5日のSD区の萌芽速度が遅い点についての理由は明らかではなかった．しかし，9月5日のND区と9月11日のSD区との萌芽速度の差がないことから，9月5日のSD区の萌芽速度が遅い点について，日長の影響はないものと考えられた．



第 33 図 日長条件の違いが伏せ込み後の若茎の萌芽速度に与える影響

多くの植物は，秋から冬にかけての厳しい環境に

備えるため、休眠に入る。また、休眠打破された場合、植物は耐凍性が増すことが知られている (Sakai, 1966)。

アスパラガスも、秋に休眠することが知られているが、日本のような緯度にある植物は、秋の訪れを知る情報としては、短日は温度よりも確実な情報と考えられる。そのため、秋に確実に休眠して耐凍性を高めるために、アスパラガスは休眠導入に日長を利用している可能性があると考え、本研究では、秋のアスパラガスの生育に短日条件が与える影響を調査した。

しかし、少なくとも1年生の‘ウェルカム’においては、擬葉の黄化や根の Brix 糖度、伏せ込み後の茎数といった、休眠に密接に関係していると考えられている要因については、短日の影響は、ほとんど認められなかった。

つまり、アスパラガスは、秋季に確実に休眠し、越冬率を高めていくための戦略として、日長反応よりも、温度反応を選択してきたと考えられる。日長を関知する茎葉を考えた場合、秋季のアスパラガス

の茎葉は，病虫害の影響を受けて枯死するものや，台風の影響を受けて茎を失ってしまうものもある．アスパラガスの株は，複数のリン芽群の集合体であり，それぞれのリン芽群は，独立した生育を行っている．そのため，休眠導入のシグナルとして日長を利用した場合，茎を失ったリン芽群は休眠に入ることができず，耐凍性が低下し，越冬率が低下すると考えられる．それゆえ，アスパラガスは，休眠導入のシグナルを日長ではなく気温に頼るものとし，そのために，‘ウェルカム’の場合で 20℃ 以下とあった，比較的高い温度で休眠が導入されるようになってきたのではないだろうか．

本研究の結果，短日条件はアスパラガスの休眠導入には影響を与えないことが明らかとなった．そのため，日長を利用して，アスパラガスの休眠をコントロールすることは困難であると考えられた．一方，このことは，アスパラガスの休眠を温度でコントロールする場合，日長の影響は排除できるということを示すものである．

## 第七節 長日条件がアスパラガスの休眠性に与える影響

アスパラガスの休眠については，温度との関係について検討した報告はあるものの（林・平岡，1980）（小泉ら，2002），休眠性を有する多くの植物にとって重要な日長条件については検討されてこなかった。

そこで，第五節において，短日条件がアスパラガスの休眠性に与える影響について検討し，短日条件は休眠性に影響しないことを明らかにしてきた（Yamaguchi, 2009）。

本節ではさらに，長日条件がアスパラガスの休眠性に与える影響について検討し，秋期のアスパラガスの休眠性と日長との関係を明らかにすることを目的とした。

### 材料及び方法

アスパラガス‘ウェルカム’を，2009年1月29日に育苗培度を充填した200穴セルトレイに播種して育苗後，12cmの黒ポットに鉢上げを行い育苗した。岩手県農業研究センター内の無加温ビニールハウス

内に，うね間 140cm，畦幅 60cm で作畦して，黒マルチを張ったのち，6月24日に株間 30cm で定植した．その後，8月24日まで，株養成を行った．8月24日にハウスの中間部を遮光フィルム（ホワイトシルバー，東灌興産）で光が漏れないよう間仕切りを行い，一方は，白熱電球を用い，16時30分から21時30分にかけて電照を行う長日区とし，もう一方は，電照を行わない自然日長区とした（第34図，第35図）．電照は11月6日まで行い，電照期間中の，莖数，主莖長，莖径を定期的に調査した．また，一部の株は9月24日に莖葉部を完全に除去し，莖葉除去後の萌芽数を計測した．調査は1区5株2連10株で行った．

## 結果及び考察

電照時の照度は，長日で76.2ルクス，自然日長区は0.37ルクスであった．川里・赤木（1980）によると，イチゴ‘ダナー’‘宝交早生’に対して電照を行う場合，40～60ルクスの照度が必要であり，20ルクスでは不十分としている．本研究における長日



第 34 図 長日処理を実施した無加温パイプハウス。  
(手前：長日区，奥：無処理区)



第 35 図 長日処理中の無加温パイプハウスの様子



区および自然日長区の照度は、長日区は 60ルクス以上であり、自然日長区は 20ルクス以下であったことから、電照による日長反応が期待できる照度であったと考えられた。ハウス内の平均気温はいずれの区も差が無く、処理期間中の平均気温は 17.6℃であった（第 2 表）。

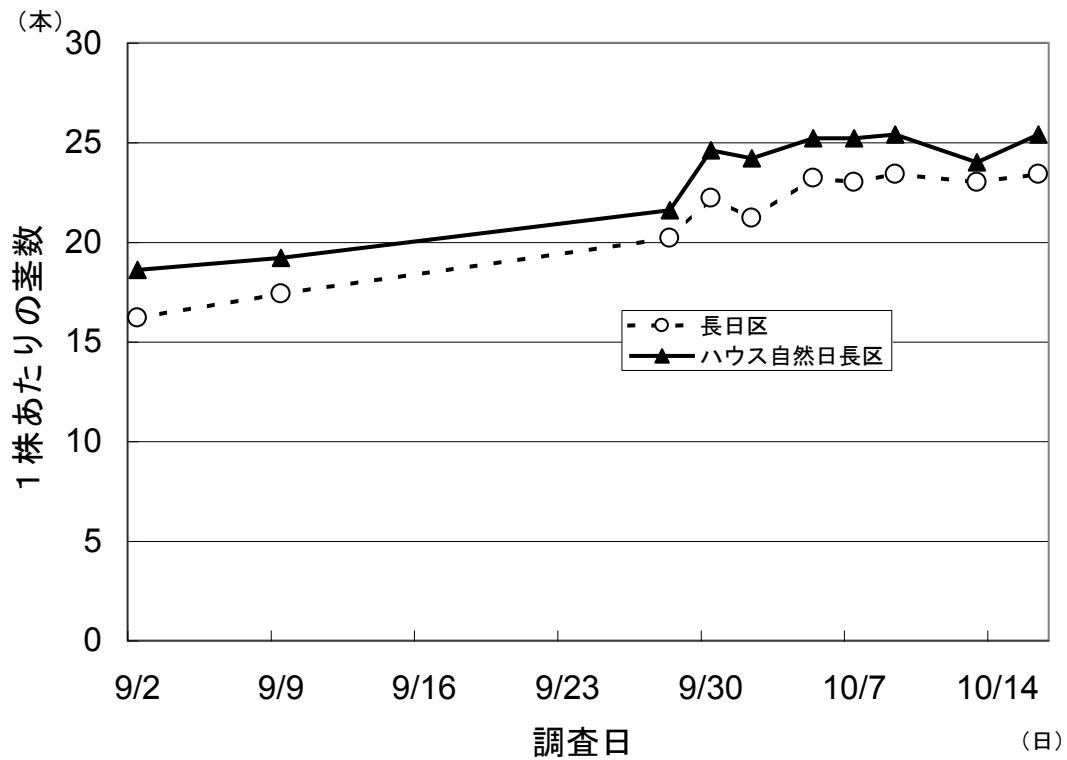
第 2 表 電照処理中の各区の照度および処理期間中の平均気温

	照度 (lux)	平均気温 (°C)
長日区	76.20	17.6
自然日長区	0.37	17.6

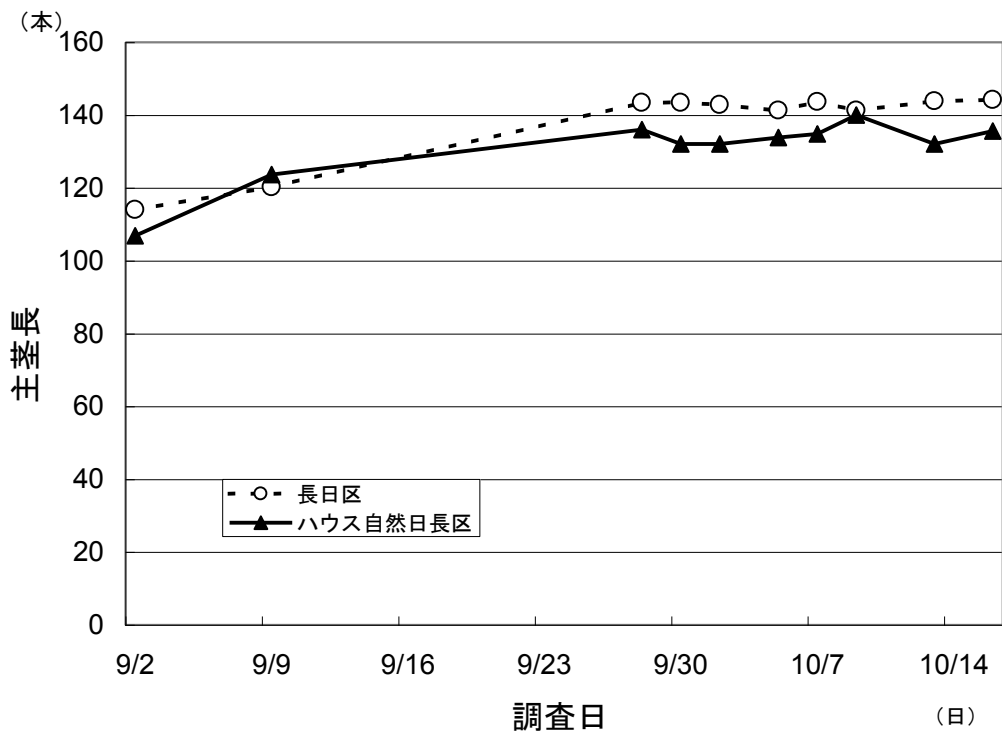
電照開始後の茎数の経時的変化を見たところ、自然日長区の茎数がやや多い傾向にあったものの、両区とも 9 月下旬以降ほぼ変化がなくなり、(第 36 図)、長日条件によって、秋の休眠が回避され、萌芽が継続されるといった効果は認められなかった。

また、主茎長や最大茎径も同様の傾向となり（第 37 図、第 38 図）、長日条件は、アスパラガスの休眠性や萌芽性に影響を与えていないと考えられた。

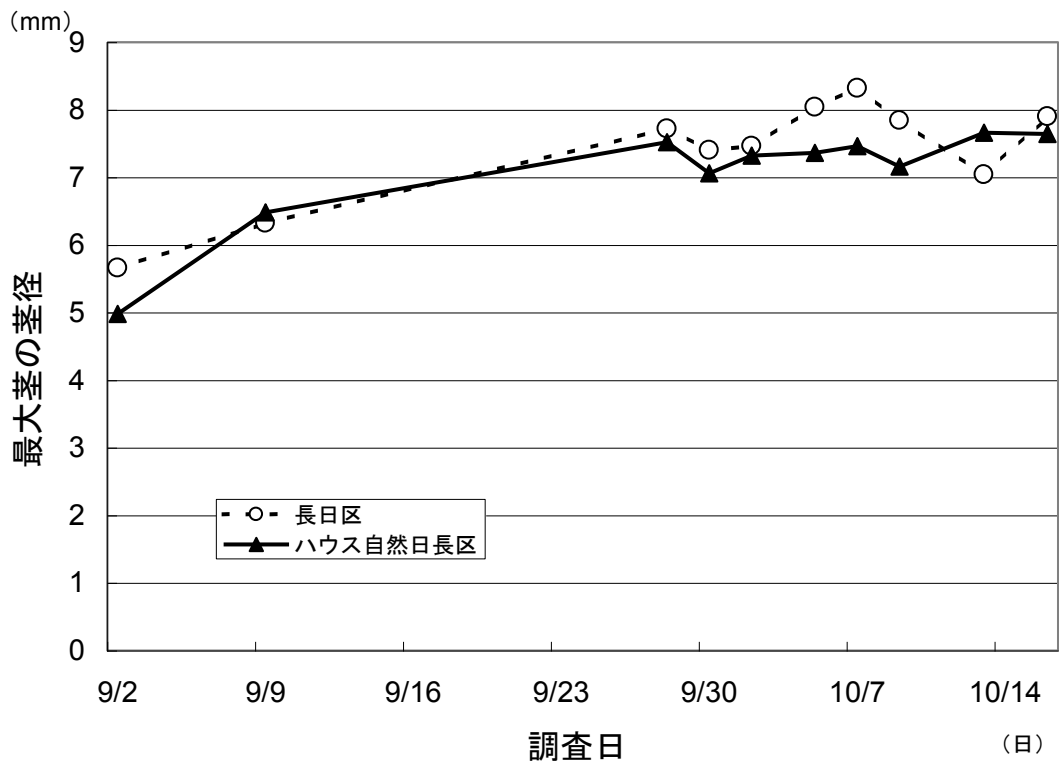
一方、茎葉除去後の萌芽数においては、長日区が



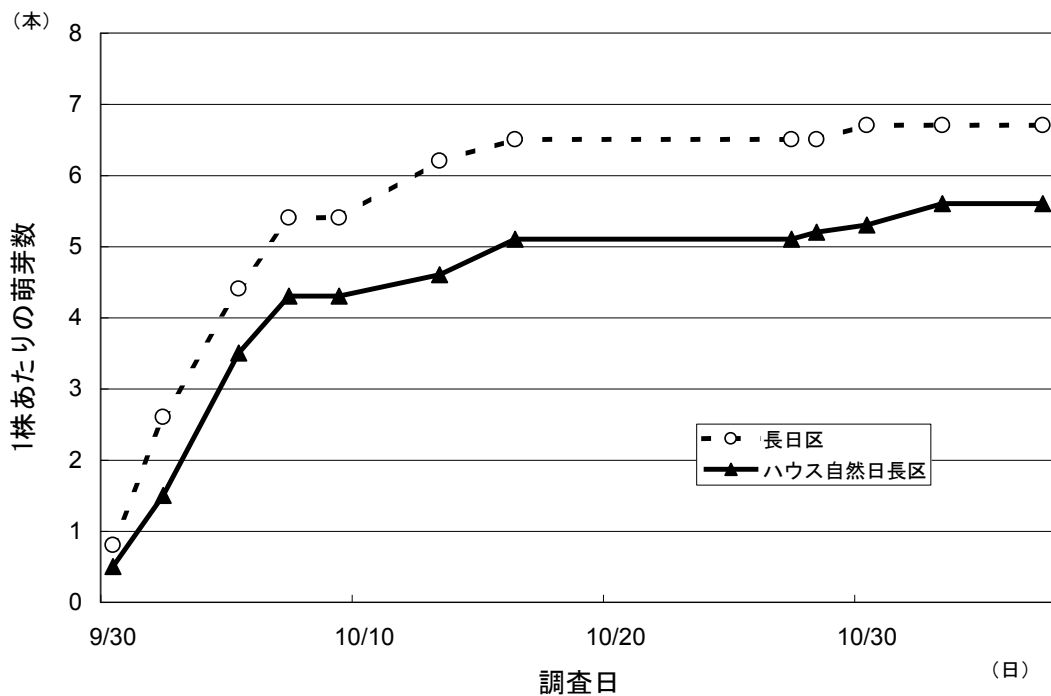
第 36 図 日長条件の違いが茎数に与える影響



第 37 図 日長条件の違いが主茎長に与える影響



第 38 図 日長条件の違いが茎径に与える影響



第 39 図 日長条件の違いがの茎葉除去後の萌芽数に与える影響

自然日長区よりやや高い傾向にあったものの、差は1株あたり莖数1本程度と小さかった(第39図)。

また、10月中旬以降は、いずれの区も新規の萌芽がほぼ停止し、長日処理による休眠導入回避効果は認められなかった。

休眠性を有する木本性植物は、秋の短日条件で休眠が導入され(Irving・Lanphear, 1967)、休眠打破後に耐凍性を獲得するが(Sakai, 1966)、そのような植物では秋に長日条件に遭遇すると、休眠導入が図られず耐凍性が低下することが知られている(永森, 1977)。しかし、今回の試験においては、アスパラガスは秋期に長日条件下におかれても、外気温の低下と共に萌芽が抑制され、10月中旬には、ハウス内平均気温が15℃程度と萌芽可能な温度帯であるにもかかわらず、萌芽が停止した状態となった。

以上のことから、前節で試験を行った短日条件の場合と同様、アスパラガスの休眠導入は温度に強く支配されており、長日条件の影響はほとんどないものと考えられた。

### 第三章 アスパラガスの休眠性を人為的に制御することによる端境期生産技術の確立に関する研究

#### 第一節 緒論

日本における主要なアスパラガスの作型は、2月～10月にかけて収穫が可能な、ハウス半促成長期どり栽培、5月～7月にかけて収穫が可能な露地普通作型、5月～10月にかけて収穫が可能な露地長期どり作型、および、12月～3月にかけて収穫が可能な伏せ込み促成作型となっており、11月にアスパラガスを生産することは困難となっている。そのため、この時期は、ニュージーランドやオーストラリア、ペルー、タイ等の輸入品に依存している。

10月まで収穫が可能なハウス半促成長期どり作型であっても、11月の生産は困難である。仮に、ハウスに暖房を導入して、アスパラガスの休眠導入を遅らせることを考えた場合、第2節で得られたアスパラ

ガスの休眠導入温度（‘ウェルカム’の場合，20℃以下）の場合，暖房コストが高くなるとともに，慣行のビニールハウスでは，11月下旬まで休眠が導入されない温度にハウス内を維持することは困難であろう．一方，12月から収穫が可能な伏せ込み促成作型の場合，早期に株が低温に遭遇することにより，より早期の掘り取り・伏せ込みとなり，早期出荷が可能となるが，秋冷が早い，北海道であっても，11月上旬からの出荷は困難である．

そこで，第二章において明らかにしてきた，アスパラガスの休眠特性を元に，本章では，人為的にアスパラガスの休眠をコントロールする技術を開発し，従来は国内での生産が困難であった11月上旬からの生産が可能となる新しい技術を開発することを目的とした．

## 第二節 人為的な茎葉黄化技術の確立

アスパラガスの収量は、株の養成量（根株重×貯蔵根 Brix 糖度）と正の相関があることが知られており（日笠，2000），伏せ込み促成作型の場合，仮に大株を養成できたとしても，秋の茎葉黄化が順調に行かない場合には，高収量は期待できない．茎葉の黄化は，秋の低温によって引き起こされると考えられており（春山ら，1985），また，黄化時期は品種間差があることも知られている（Landry・Wolyn，2012，池内，2010）．茎葉の黄化により，主にフルクタンとして貯蔵根に糖が蓄積され（金・崎山，1989），伏せ込み後の若茎の萌芽のエネルギー源として利用される．

茎葉黄化の時期は，秋の低温の早晩に依存しているが，秋遅くまで肥効が続いていると，黄化が遅れることも知られている（元木，2003）．

11月上旬からアスパラガスを生産する作型を考えた場合，遅くとも10月中旬までには根株を掘り取る必要があるが，この時期はまだ，アスパラガスの

茎葉は黄化しておらず，貯蔵根 Brix 糖度は上昇していない．そのため，11月にアスパラガスを生産するためには，人為的に休眠をコントロールする技術だけではなく，早期に茎葉を黄化させる技術も必要となる．

ところで，南半球に位置している南米のペルーでは，主に海岸沿いの乾燥地帯でアスパラガスを栽培しており，トルヒーヨやイカなどで，大規模な生産が行われている（元木ら，2011）．現時点では，アスパラガスの生産量は中国が世界第1位であるものの，輸出量はペルーが世界第1位である（元木ら，2011）．

この地域は，コスタと呼ばれる気候であり，年間を通じてほとんど降雨がない．また，平均気温は最も低い8月で20℃を下回ることはなく，最も高い2月で27℃を上回ることがないため，比較的気温の季節間差がない気象条件となっている．したがって，南半球の気象条件を活かし，北半球では生産が困難な端境期に生産することが可能であるだけでなく，アスパラガスが自発休眠に入る気温になること



がないため，周年生産が可能となっている．

ペルーでは，年間を通じて，ほとんど降雨がない条件で栽培を行っているため，国営事業で大規模な灌がい施設を整備し，全ての株は，点滴チューブによるかん水を行っている（元木ら，2011）．しかし，アスパラガスが休眠に入らない地域では，株を長期間にわたって維持していくには，アスパラガスを休ませる時期を設ける必要がある．

アスパラガスは極端な乾燥条件になると萌芽が抑制され（強制休眠），また，乾燥条件は茎葉の黄化を促進させることが分かっていることから（元木ら，2011），ペルーでは，一定期間かん水を停止することによって萌芽抑制および茎葉黄化を図り，株を休ませる時期を確保している（元木ら，2011）．

このように，年間を通じて降雨がほとんど無く，また，砂質土壌で栽培が行われているペルーの場合は，かん水を停止することにより根を乾燥状態にし，人為的に茎葉を黄化している．

日本においては，年間を通じて降雨が無い時期は無いことから，伏せ込み促成栽培の株養成時にかん

水を停止したとしても，根を乾燥状態にすることはできない．しかし，伏せ込み促成栽培は根を掘り取ることから，本節では，掘り取り後に根を乾燥状態にすることによって，早期に茎葉の黄化を促進することができないか検討した．

## 材料及び方法

アスパラガス‘ウェルカム’を，2009年1月29日および2010年2月5日に，育苗培土を充填した200穴セルトレイに播種し，岩手県農業研究センター内のガラス温室で育苗後，育苗培土を充填した9cm黒ポットに鉢上げを行い，引き続き育苗を行った．2009年4月28日および，2010年4月27日に，岩手県農業研究センター内の露地圃場に，うね間140cm，株間40cmで定植し，根株を養成した．2009年9月15日，10月1日，2010年9月10日，9月24日，9月30日に，アスパラガス専用掘り取り機（VD-1050A，ニプロ）を用い，茎葉部を付着させた状態で掘り取りを行った．また，2009年10月1日は，茎葉を付着させた状態と刈り取った状態で

掘り取りを行った（第40図）。

掘りとった株は，直ちに，1株から3本の貯蔵根を採取し，5mm程度に粉碎した後，ニンニク絞り器で搾汁した搾汁液を，糖度計（IPR-201 $\alpha$ ，アタゴ）にて計測した。

いずれの株も，掘り取り後は圃場内に静置し，茎葉が黄化するまでの日数を測定し，茎葉が黄化したのち，貯蔵根のBrix値（以下、糖度）を測定した。

2009年10月1日に掘りとった株については，12日間圃場に株を静置したのち，茎葉を付着させた状態の株と刈り取った状態の株のいずれについても，貯蔵根の糖度を測定し，茎葉を付着させた状態で掘りとった株については，茎葉を除去した。その後，全ての株は5℃12日間の冷蔵処理を行って休眠を打破させた後，伏せ込み床に伏せ込んだ。伏せ込み床は，幅140cm，長さ820cm，深さ20cm，高さ25cmとし，コンパネおよび断熱材を用いて作成した。また，伏せ込み床下部には，電熱線（農電ケーブル1-1000，筑波電器）を配線し，コントローラー（筑波電器，農電電子サーモND-810）を用いて，温度



第 40 図 茎を付着した状態での掘り取りのおよび掘り取った株の様子

を自動調節した。伏せ込み床下部には、籾殻を 2cm 程度の厚さで敷き詰め、伏せ込み用培土は、育苗培土を用いた。伏せ込み床は 16℃ に設定し、伏せ込み後の萌芽数を計測した。

### 結果および考察

茎葉を付着した状態で掘り取りを行った株は、いずれの場合であっても、圃場静置後 1 週間から 2 週間程度で茎葉が黄化し、掘り取り時よりも、貯蔵根 Brix 糖度が高まった（第 3 表）。

第 3 表 掘り取り時期の違いが茎葉を付着した状態で掘り取り圃場に静置した場合の黄化日数と貯蔵根 Brix 糖度に及ぼす影響

	掘り取り日	掘り取り時Brix (%)	放置後Brix (%)	平均気温 (°C)	黄化日数 (日)
2009年	9月15日	11.7	15.0	20.1	8
	10月1日	12.3	16.8	16.6	12
2010年	9月10日	8.5	14.8	19.9	14
	9月24日	15.2	18.3	17.1	18
	9月30日	14.8	18.2	18.1	12

各区とも、n=80~90株で実施。

全体の50%以上の株が黄化するまでの日数を黄化日数とした。

(富士葉色スケール タバコ用 I 号の指標3を目安に黄化と判断)

また、2009年10月1日に掘り取った株について

も，茎葉を付着させた状態で掘りとった株は，茎葉が黄化し（第40図），圃場静置10日後の貯蔵根の糖度は，茎葉を除去して圃場静置した株よりも高い傾向にあった（第4表）。

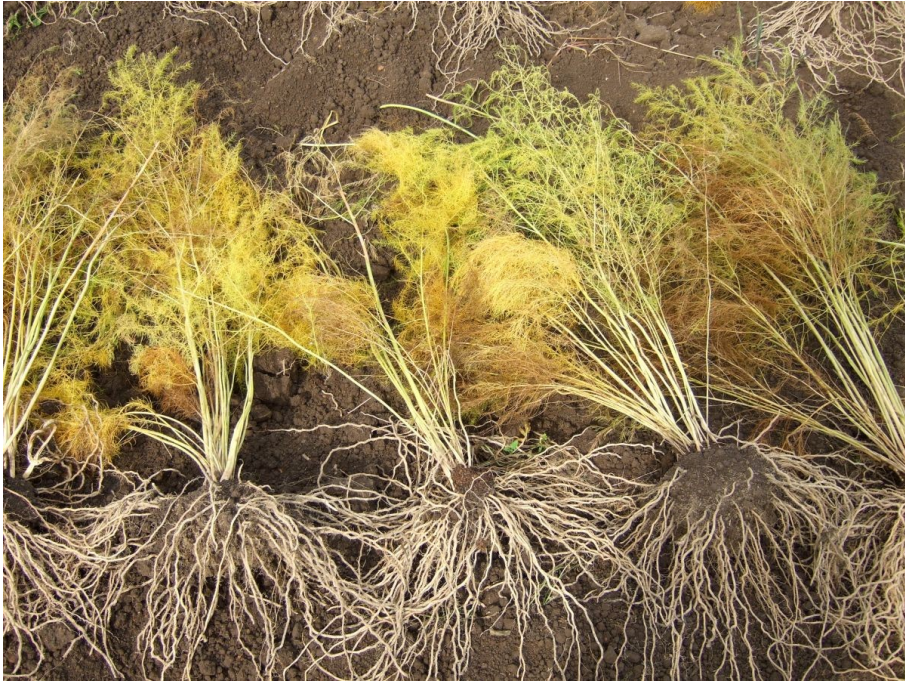
第4表 茎葉部の有無が根株掘り取り10日後の貯蔵根Brix糖度と根株重に与える影響

	茎葉有		茎葉無	
	Brix(%)	根株重(g)	Brix(%)	根株重(g)
1	19.5	422	10.5	572
2	20.3	488	11.2	580
3	15.0	716	13.8	510
4	18.8	678	14.2	662
5	10.6	634	11.7	516
平均	16.84*	587.6	12.28*	568.0

\* student検定で5%以下で有意差あり

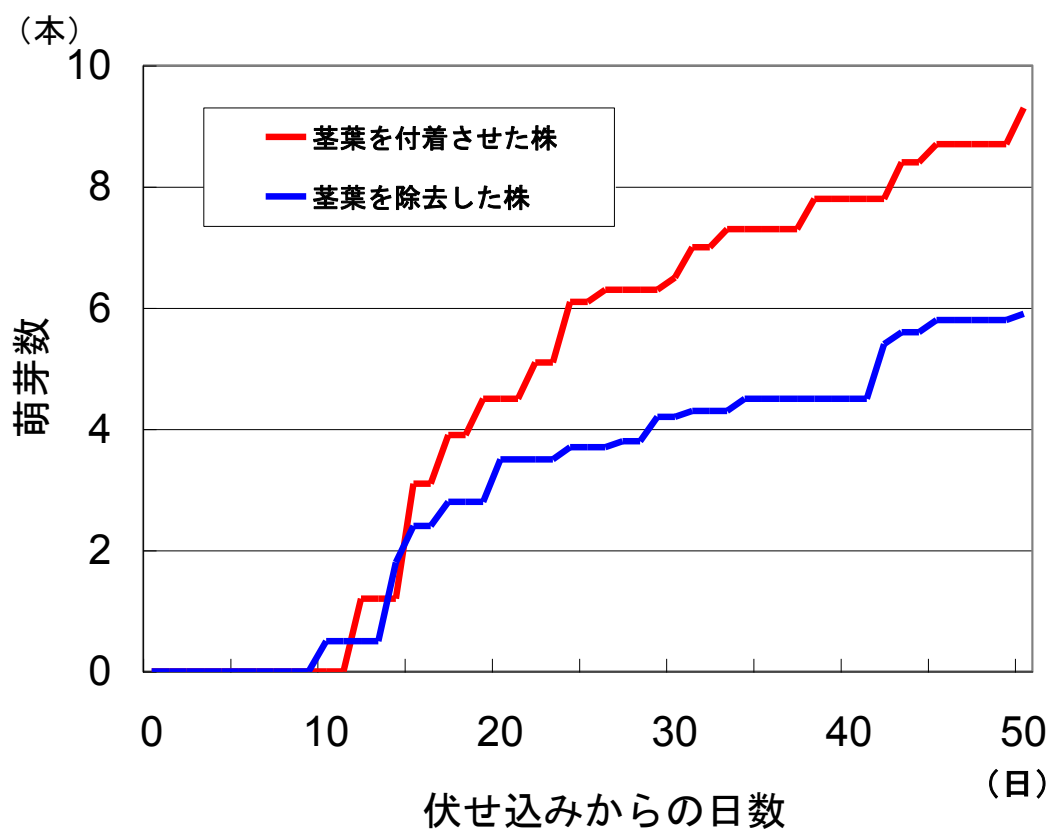
さらに，これらの株は，伏せ込み後の萌芽数を調査したが，茎葉を付着した状態で掘りとった株の萌芽数が多い傾向にあった（第41図）。

従来，アスパラガスの茎葉の黄化は，秋の低温によって引き起こされるとされてきた。しかし，本研究において，茎葉を付着させた状態で根を掘り取り，



第 40 図 人為的に黄化处理を行った茎葉の黄化状況

圃場内に静置することにより，茎葉が黄化して貯蔵根の糖度が高まり，伏せ込み後の収量も増加することが明らかとなった．これは，掘り取り後に圃場に株を静置することによって，根が乾燥状態となり，茎葉の黄化が引き起こされたためではないかと考えられた．



第 41 図 圃場静置中の茎葉の有無が伏せ込み後の萌芽数に与える影響

また，茎葉を刈り取った状態で掘り取りを行い，圃場に静置した株の貯蔵根糖度は上昇しなかったことから，乾燥によって貯蔵根の水分含量が減少した



のではなく，茎葉から貯蔵根に対して養分転流が行われたものと考えられた

本手法により，伏せ込み促成栽培において，人為的に根の糖度を高めることが初めて可能となった．

### 第三節 低温を利用した端境期（11月生産）生産技術の確立

国内のアスパラガスにおいて、ハウス長期どり作型と伏せ込み促成栽培の端境期となる11月は、そのほとんどを輸入品に依存している。アスパラガスは秋季に休眠性を有しており、ハウス長期どり作型では11月の萌芽が抑制されることから実用的な収量を得ることは困難である。そのため、この時期の生産の可能性が高い作型は伏せ込み促成栽培となるが、休眠打破に必要な低温を十分に得ることができないばかりか茎葉の黄化も始まらないため、実用的な収量を得ることができない。

そこで、アスパラガスを11月上旬から生産することを目的として、第二節で確立した人為的な茎葉黄化処理技術（山口ら，2010，篠田ら，2011）と、第二章第三節で確立した、低温処理による休眠打破法（山口・高橋，2011）を組み合わせることによって、11月生産体系の確立を図ることを目的として、特に、本技術に適した品種と、掘り取り時期について検討した。

## 材料および方法

### (1) 11月生産に適した品種

アスパラガス ‘ウェルカム’ ‘ガインリム’ ‘ゼンユウヨーデル’ ‘スーパーウェルカム’ について、2010年2月5日に、育苗培土を充填した200穴セルトレイに播種し、育苗培土を充填した9cm黒ポットに鉢上げ、育苗後、4月28日に、岩手県農業研究センター内の露地圃場に、うね間140cm、株間40cmで定植し、根株を9月30日まで養成した。いずれの品種も茎葉を付着したまま、アスパラガス専用掘り取り機（VD-1050A、ニプロ）を用いて根株を掘り取り、2週間圃場に静置し茎葉の黄化を図った。

その後、茎葉を刈り取り、地下茎と貯蔵根を、5℃に設定した冷蔵施設（MCU1000、サンヨー）に搬入し、12日間低温処理を行ったのち、伏せ込み床へ伏せこみ、収量を調査した。伏せ込み床は、幅140cm、長さ820cm、深さ20cm、高さ25cmとし、コンパネおよび断熱材を用いて作成した。伏せ込み床下部には、電熱線（農電ケーブル 1-1000、筑波電器）を配

線し，コントローラー（農電電子サーモ ND-810，筑波電器）を用いて，16℃設定とした．

## （2）11月生産に適した掘り取り時期

アスパラガス‘ウェルカム’を，2010年2月5日および2011年2月4日に，育苗培土を充填した200穴セルトレイに播種し，育苗培土を充填した9cm黒ポットに鉢上げ後，岩手県農業研究センター内のガラス温室にて育苗した．2010年4月28日および2011年4月27日に，岩手県農業研究センター内の露地圃場へ，うね間140cm，株間40cmで定植を行い，根株を養成した．2010年は9月2日，9月24日，9月30日，10月8日および10月18日に，2011年は9月27日，10月4日および10月12日に，いずれも茎葉を付着したまま，アスパラガス専用掘り取り機（VD-1050A，ニプロ）を用いて根株を掘り取り，2週間圃場に静置して茎葉の黄化を図った．その後，全ての株の茎葉を刈り取り，地下茎と根を，5℃の冷蔵施設で12日間低温処理を行って休眠打破を図り，伏せ込み床へ伏せ込んだ後，収量を調査

した。伏せ込み床は，幅 140cm，長さ 820cm，高さ 20cm，高さ 25cm とし，コンパネおよび断熱材を用いて作成した。伏せ込み床下部には，電熱線（農電ケーブル 1-1000，筑波電器）を配線し，コントローラー（農電電子サーモ ND-810，筑波電器）を用いて，16℃設定とした。

## 結果および考察

### (1) 11 月生産に適した品種

いずれの品種も 11 月からの収穫が可能であったが，収穫開始日は‘ウェルカム’が 11 月 17 日，‘ゼンユウヨーデル’が 11 月 19 日，‘ガインリム’および‘スーパーウェルカム’が 11 月 30 日と，品種により異なった（第 5 表）。これは，品種により休眠特性が異なるためと考えられた。また，‘ウェルカム’以外の品種は，萌芽数が少ないとともに細茎の発生が多く，いずれの品種も 11 月の 1 株あたり商品茎収量が 10g 以下と，実用的な収量は得られなかった。これらの品種については，5℃12 日間の低温処理では休眠打破が図られず，それにより，収量が得られ

なかったものと考えられた。以上のことから、本手法を用いた11月生産に適した品種は‘ウェルカム’であると考えられた。

第5表 品種および掘り取り時期の違いが11月の商品茎収量に及ぼす影響

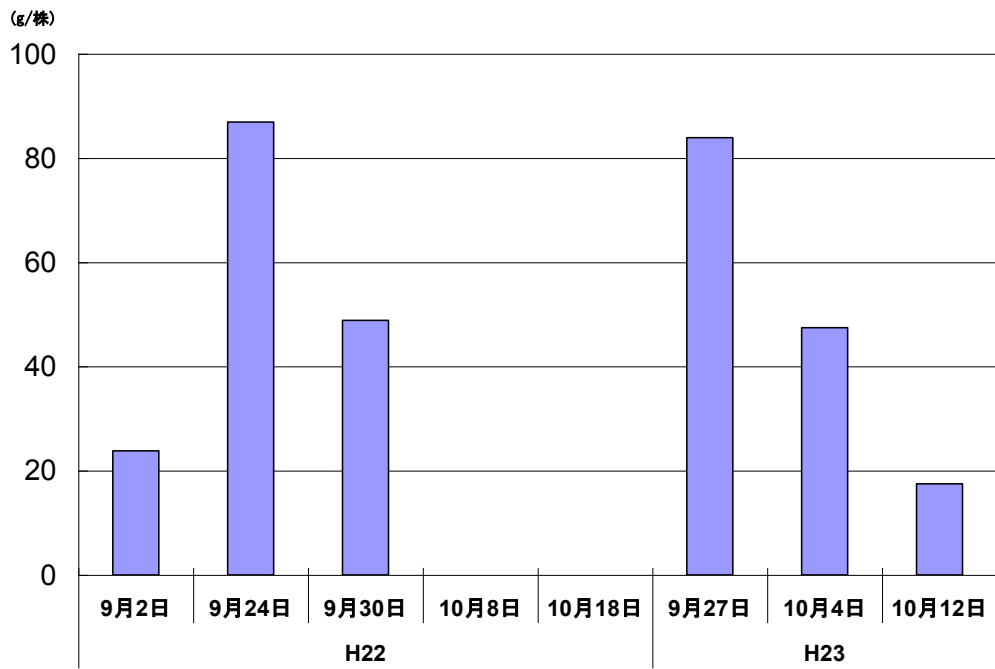
調査年	品種	掘り取り日	根株重(kg)	収穫開始日	11月収量(g/株)	11月収量(kg/10a)	11月収穫本数(本/株)
2010	ウェルカム	9月2日	0.82	10月14日	23.8	40.5	4.3
	ウェルカム	9月24日	1.60	11月1日	86.9	147.8	8.1
	ウェルカム	9月30日	1.37	11月17日	48.8	83.0	6.8
	ガインリム	9月30日	1.13	11月30日	2.5	4.3	0.2
	ゼンユウヨーデル	9月30日	1.04	11月19日	6.0	10.2	0.6
	スーパーウェルカム	9月30日	1.20	11月30日	1.9	3.2	0.2
	ウェルカム	10月8日	1.40	12月2日	0.0	0.0	0.0
	ウェルカム	10月18日	1.47	12月6日	0.0	0.0	0.0
2011	ウェルカム	9月27日	1.09	10月31日	83.9	142.6	11.0
	ウェルカム	10月4日	1.30	11月16日	47.5	80.7	4.9
	ウェルカム	10月12日	1.35	11月30日	17.5	29.8	1.5

1区10株2連での結果。5g以上の若茎を商品茎とした。根のBrix糖度は掘り取り時のもの。10aの株養成本数を1700株とした。

## (2) 11月生産に適した掘り取り時期

11月から収穫が可能であった区は、2010年は9月2日掘り取り区、9月24日掘り取り区および9月30日掘り取り区であった(第42図)。また、2011年は9月27日掘り取り区、10月4日掘り取り区および10月12日掘り取り区であった。しかし、10月に入ってから掘り取りでは収穫開始日が遅くなり、11月に実用的な収量が得られなかった。

従って、本手法を用いて11月生産を行うためには、遅くとも9月中に掘り取りを行う必要があると考え



第 4 2 図 掘り取り時期の違いが 11 月商品茎収量に与える影響



第 4 3 図 11 月生産体系における 11 月の萌芽状況  
( 2010 年 11 月 2 日 )

られた。また，2010年9月2日掘り取り区は，11月収量が低かった。これは，早い時期の掘り取りであったため，根株重が小さいことが原因であると考えられた。

以上のことから，本手法で11月生産を行うには，‘ウェルカム’を9月下旬に茎葉付で掘り取り，圃場静置による早期黄化手法で2週間処理後，10月上旬から根株を5℃12日間で低温処理した後に伏せ込みを行う（第44図）。

これにより11月上旬から収穫が可能となり，11月に1株あたり80～90g程度の収量が得られることが明らかとなった（第43図）。

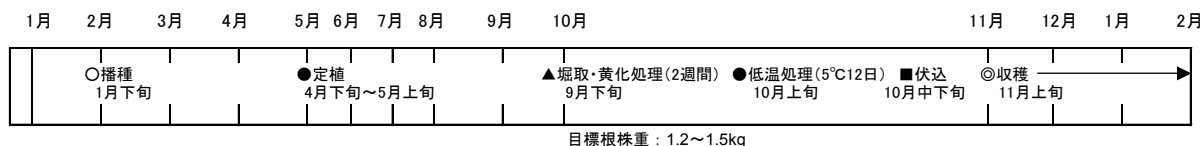
本技術を用い，11月生産を行った場合の収量および収益について試算を行った（第6表）。本収益試算においては，11月の若茎の単価を輸入品の単価として計算しているため，粗収益は，慣行作型と大きく違いがない。しかし，少なくとも12月よりは高単価で販売可能と予想できることから，実際に11月に生産を行った場合は，慣行作型よりも飛躍的に粗収益が増加することが期待できる。



第 6 表 掘り取り時期の違いが 10 月から 1 月の収量と収益に及ぼす影響

掘取り日	根株重(kg)	収穫開始日	10月収量 (g/株)	11月収量 (g/株)	12月収量 (g/株)	1月収量 (g/株)	総収量 (g/株)	総収量 (kg/10a)	粗収益 (円/10a)	茎葉処理・冷蔵処理 に必要な経費 (10a)
9月2日	0.82	10月14日	7.8	23.8	3.7	8.5	43.8	74.5	¥60,020	¥13,646
9月24日	1.60	11月1日	0.0	86.9	50.2	15.8	152.9	260.0	¥231,600	¥13,646
9月30日	1.37	11月17日	0.0	48.8	69.8	22.3	140.9	239.6	¥230,852	¥13,646
11月8日 (慣行)	1.30	11月29日	0.0	16.0	85.2	42.0	143.2	243.4	¥249,675	¥0

品種'ウェルカム'、1区10株2連での結果。商品茎収量(5g以上)の結果。10aの株養成本数を1700株とした。  
 人件費4,020円(作業時間6hr/10a、単価670円)、光熱費9,626円(1坪予冷库750W2台12日間利用、東北電力管内20A契約の場合)  
 各月の単価: 10月692円 11月749円 12月1910円 1月1585円(10月・11月は東京中央青果H20~H22の平均値。12月・1月はH20~H22の奥中山地区実績)



第 44 図 早期黄化手法と低温処理を組み合わせたアスパラガス伏せ込み作型 11 月生産体系

#### 第四節 高温を利用した端境期（11月生産）技術の確立

アスパラガスは、秋季に休眠性を有し、一定期間低温に遭遇しないと休眠は打破されない。しかし、林・平岡（1978）は、休眠中のアスパラガス品種‘カリフォルニア 500W’であっても、23℃以上の高温にさらすことにより萌芽が回復するとしている。さらに、第二章において、休眠中の品種‘ウェルカム’であっても、26℃もしくは28℃の高温にさらすことにより萌芽が回復するとともに、28℃で4日間以上高温処理することによって、処理終了後も長期間萌芽が回復することを明らかにしてきた。しかし、これらの試験はポット苗を利用した試験であり、萌芽した若茎の品質は考慮していない。

伏せ込み促成栽培の場合、大部分の吸収根は、脱落もしくは乾燥状態となり、伏せ込み時には株の吸水能力は大幅に減少している。若茎の90%以上が水分であるアスパラガスにおいて、連続的にりん芽から若茎を萌芽させ、伸長させるためには、貯蔵根に含まれる水分だけでは到底足りず、吸収根で伏せ

込み床から吸水する必要がある。そのため、伏せ込み後、できるだけ早期に吸収根の再生を促す必要がある。吸収根の再生を早めるためには、伏せ込み後、できるだけ萌芽を遅らせることが重要であり、そのために、伏せ込み後 1 週間から 10 日程度は加温を行わないことが、伏せ込み促成栽培では重要となっている。仮に、伏せ込み後すぐに加温を開始してしまうと、直ちに萌芽が開始され若茎の萌芽および伸長に利用できる水分が不足し、低収および品質低下の原因となる。

第二章において、アスパラガスを一定期間、高温にさらすことによって、休眠を打破させることができることを明らかにしてきた。しかし、休眠打破ができる温度である  $26^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$  は、アスパラガスが旺盛に生育可能な温度であることから、高温を利用した休眠打破を行った場合、休眠打破は可能であったとしても、高温処理中に若茎の萌芽が開始されてしまい、伏せ込み後の品質が低下する可能性がある。そこで、実際の栽培で利用される大きさの株を用い、 $28^{\circ}\text{C}$  4 日間の高温処理を行った場合の休眠打破効

果および萌芽する若茎の品質を明らかにするとともに、予備試験で有望であると考えられた品種については、より短い処理期間で休眠打破が可能であるかについて明らかにすることとした。

## 材料および方法

### (1) 高温処理による休眠打破効果の品種間差

アスパラガス‘スーパーウェルカム’‘PA100’‘太宝早生’‘クリスマス特急’‘ガインリム’‘ポールトム’‘ゼンユウヨーデル’‘メリーワシントン 500W’‘満味紫’‘バーガンディ’の 10 品種について、2013 年 2 月 5 日に、育苗培土を充填した 200 穴セルトレイへ播種し、岩手県農業研究センター内のガラス温室で管理し、育苗培土を充填した 9cm 黒ポットに鉢上げ、5 月 1 日に岩手県農業研究センター内の露地圃場にうね間 140cm、株間 40cm で定植した。その後は、慣行法で 10 月 28 日まで株を養成した。10 月 28 日に、茎葉を全て除去したのち、アスパラガス専用掘り取り機（VD-1050D、ニプロ）を用いて根株を掘り取った。掘り取った根株は、品種ごとに 28℃に

設定した恒温室（ナエピット，三菱農機）へ，それぞれ 10 株 3 区ずつ搬入して暗黒条件下で 4 日間の高温処理を実施した．高温処理後，株ごとに，萌芽数を調査した．その後，無加温パイプハウス内に設置した伏せ込みへ伏せ込み，伏せ込み後の萌芽数および若茎重量を調査した．伏せ込み床は，幅 140cm，長さ 820cm，深さ 20cm，高さ 25cm とし，コンパネおよび断熱材を用いて作成した．伏せ込み床下部には，電熱線（農電ケーブル 1-1000，筑波電器）を配線し，コントローラー（農電電子サーモ ND-810，筑波電器）を用いて，16℃設定とした．

## （2）処理時間の違いが高温処理による休眠打破効果に与える影響

アスパラガス‘PA100’について，2013年2月5日に，育苗培土を充填した200穴セルトレイへ播種し，岩手県農業研究センター内のガラス温室で管理し，育苗培土を充填した9cm黒ポットに鉢上げ，5月1日に，岩手県農業研究センター内の露地圃場にうね間140cm，株間40cmで定植した．その後は，

慣行法で10月28日まで株を養成した。10月28日に、茎葉を全て除去したのち、アスパラガス専用掘り取り機（VD-1050D，ニプロ）を用いて根株を掘り取った。掘り取った根株は、品種ごとに28℃に設定した恒温室（ナエピット，三菱農機）へ、それぞれ10株3区ずつ搬入して暗黒条件下で1日間，2日間および4日間の高温処理を実施した。高温処理後，株ごとに，萌芽数を調査した。その後，無加温パイプハウス内に設置した伏せ込みへ伏せ込み，伏せ込み後の萌芽数および若茎重量を調査した。伏せ込み床は，幅140cm，長さ820cm，深さ20cm，高さ25cmとし，コンパネおよび断熱材を用いて作成した。伏せ込み床下部には，電熱線（農電ケーブル1-1000，筑波電器）を配線し，コントローラー（農電電子サーモND-810，筑波電器）を用いて，16℃設定とした。

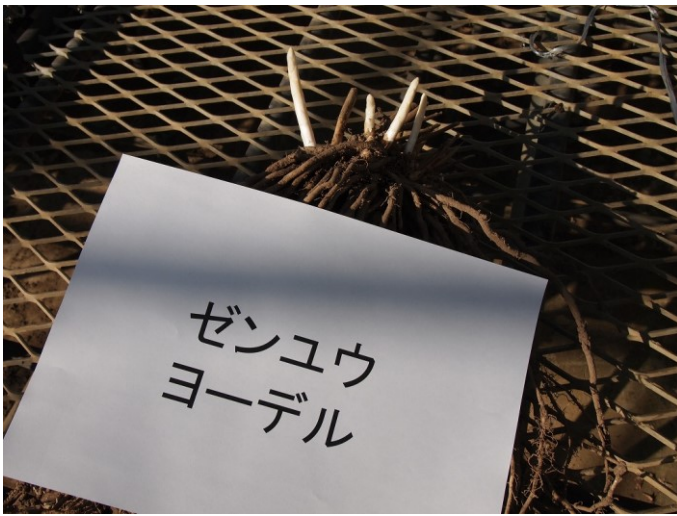
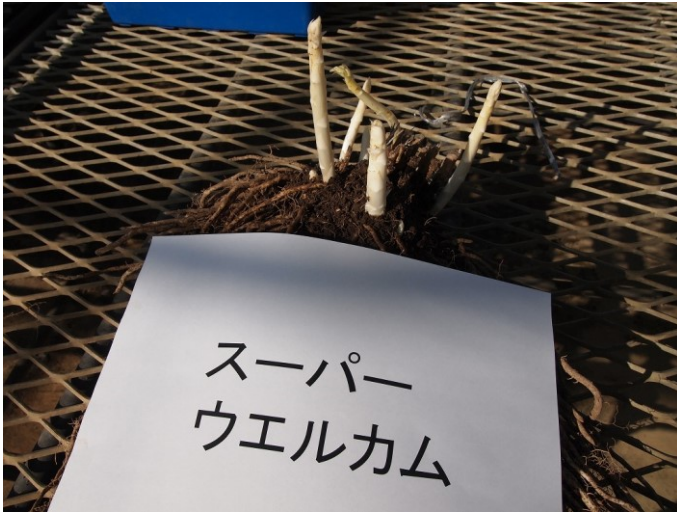
## 結果および考察

### (1) 高温処理による休眠打破効果の品種間差

28℃4日間の高温処理が終了した直後に各品種の萌芽株率を調査したところ，紫品種である‘満味紫’

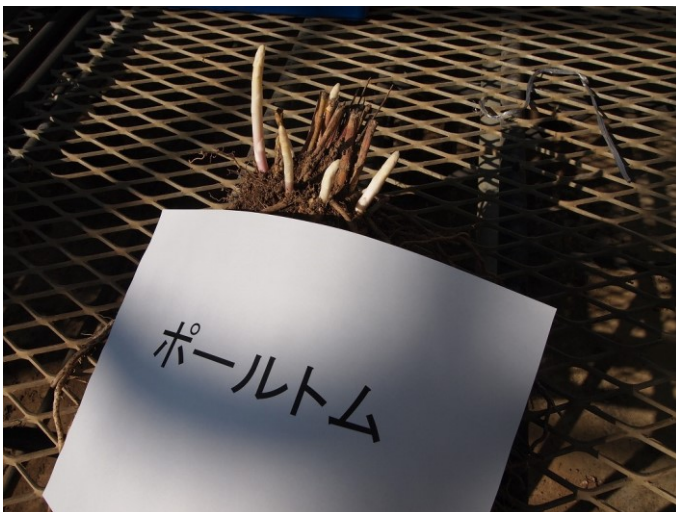
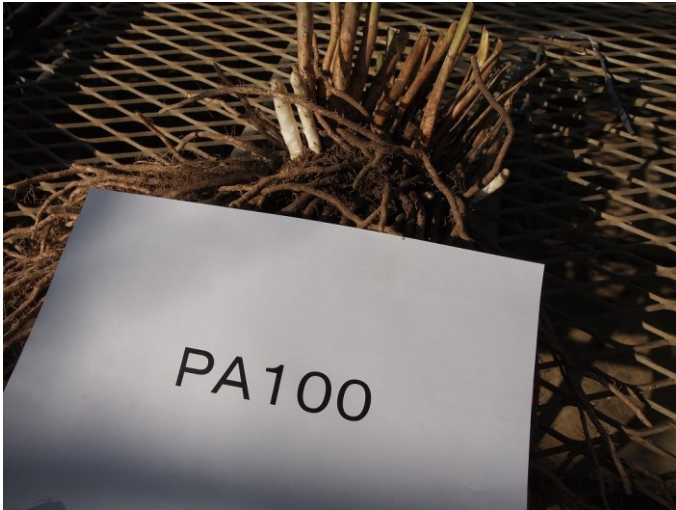
は全く萌芽がみられず，‘バーガンディ’は，10%の株でしか萌芽が見られなかった．また，‘ガインリム’は90%の株で萌芽が見られ，それ以外の品種は，全ての個体で萌芽がみられた（第44図，第45図，第46図，第47図，第48図）．

一般に，‘満味紫’や‘バーガンディ’，‘ガインリム’は，休眠が深いことが知られており，低温によって休眠打破を行うためには，伏せ込み促成栽培で利用されている‘ウェルカム’や‘PA100’等の品種より，より低温遭遇時間を長くする必要がある．高温を利用した休眠打破技術の場合であっても，休眠が深い品種は，28℃4日間の処理では完全に休眠覚醒が行われていないことから，高温を利用した休眠打破技術であっても，伏せ込み促成栽培で利用されているような，休眠が浅い品種が適していると考えられた．一方，高温処理直後に100%の株で萌芽が見られた品種であっても，伏せ込み後30日間の収量は，品種により大きな差が見られた（第48図）．‘ウィンデル’‘太宝早生’‘クリスマス特急’といった，伏せ込み促成栽培に一般的に用いられている，休眠が



第 44 図 28℃ 4 日 処 理 後 の 萌 芽 状 況  
( 上 : ス ー パ ー ウ エ ル カ ム , 中 : ゼ ン ユ ウ ヨ ー  
デ ル , 下 : ガ イ ン リ ム )





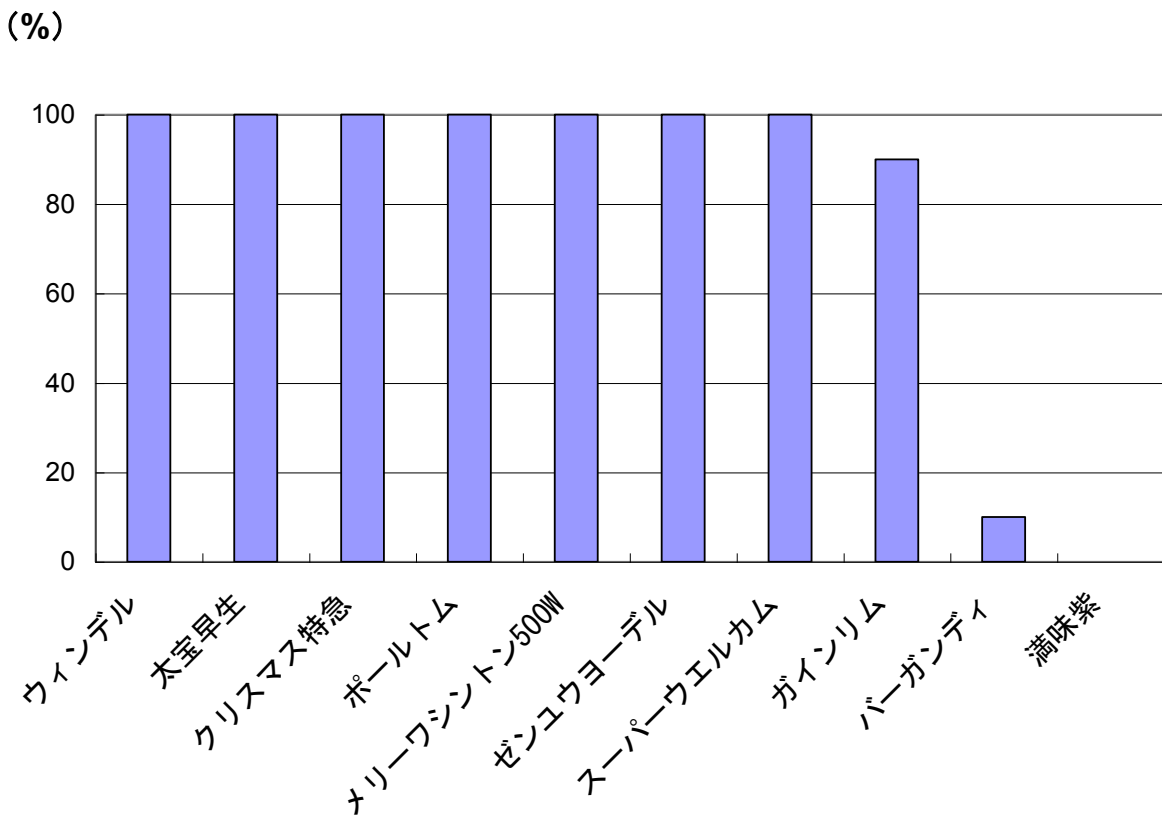
第 45 図 28℃ 4 日 処 理 後 の 萌 芽 状 況  
( 上 : PA100 , 中 : ク リ ス マ ス 特 急 , 下 : ポ ー ル ト ム )



第 46 図 28℃ 4 日 処 理 後 の 萌 芽 状 況  
( 上 : メ リ ー ワ シ ン ト ン 500W , 中 : 太 宝 早 生 ,  
下 : バ ー ガ ン デ ィ )

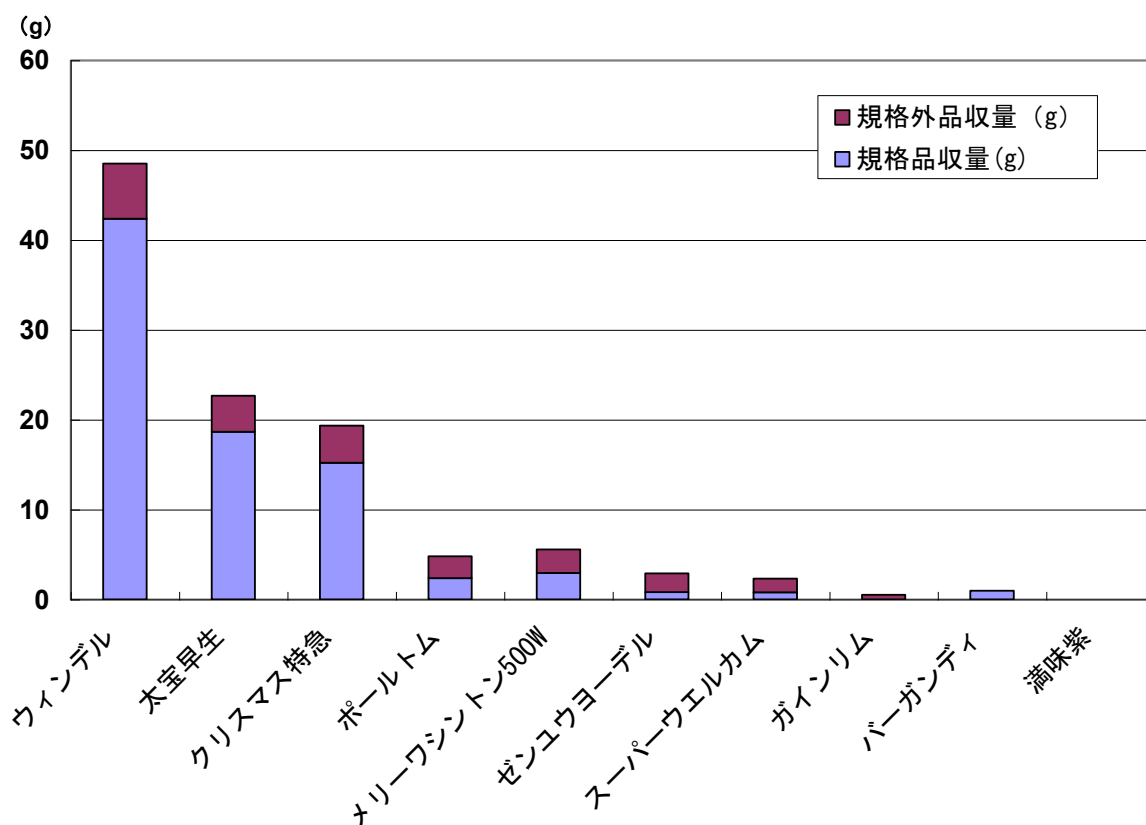


第 47 図 28℃ 4 日 処 理 後 の 萌 芽 状 況  
( 満 味 紫 )



第 48 図 品 種 の 違 い が 28℃ 4 日 処 理 後 の 萌 芽 株 率 に 与 え  
る 影 響

浅いとされる品種は，収量が比較的優れている傾向にあった．これは，休眠特性の違いよりもむしろ，伏せ込み・高温処理後の吸水能力の違いによるものではないかと考えられた．しかし，最も規格品収量が高い‘ウィンデル’であっても，低温により休眠が打破させた同品種より規格品茎数が少なく，規格外茎数が多いことから（第48図），28℃4日間の高温処理においては，栽培現場での実用化は困難であると考えられた．



第49図 品種の違いが28℃4日処理後の伏せ込み収量に与える影響

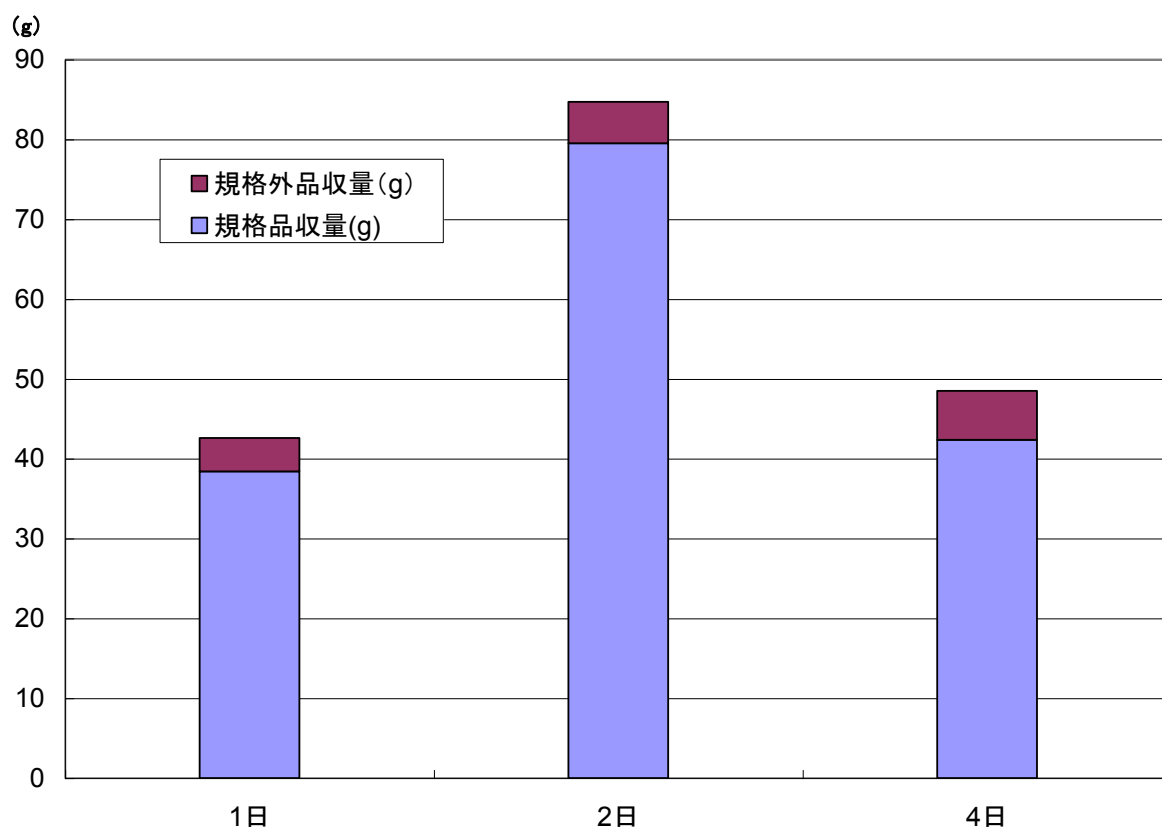


第 50 図 高温処理中に萌芽し品質が低下した若茎

## (2) 処理時間の違いが高温処理による休眠打破効果に与える影響

高温を利用した休眠打破技術の場合，高温処理中に若茎の萌芽が見られるが，根からの吸水ができないことから，若茎の品質が大きく低下する（第 49 図）。そこで，高温処理期間をより短くした場合の休眠打破効果や若茎の品質について検討したところ，伏せ込み後 30 日間の株あたり収量は，2 日間処理が最も高く，11 月に 79.5g の商品茎収量を得ることが可能となった（第 50 図）。次いで，4 日間処理，1 日処理であった。1 日処理は，4 日処理よりも収量が

低かったことから、完全に休眠が打破されていないものと考えられた。さらに、2日間処理は、収量だけでなく、規格品割合も高かったことから、品種‘PA100’の場合、28℃で2日間の処理を行うことによって、低温処理を利用した場合と同程度の、実用的な収量が得られるものと考えられた。



第 51 図 処理期間の伏せ込み収量に与える影響  
(28℃処理，品種‘PA100’)

以上から、高温を利用した休眠打破技術による11月生産体系は、品種‘PA100’を慣行法で株養成を

行い，10月下旬に慣行法で掘り取りを行う。その後，  
28℃で2日間高温処理を行ったのち，伏せ込み床へ  
伏せ込みことによって，11月上旬からの収穫が可能  
となることが明らかとなった。

#### 第四章 総合考察

国内のアスパラガスは、大別すると、露地普通作型、露地長期どり作型、ハウス半促成長期どり作型、伏せ込み促成作型の4つの作型で生産されている。しかし、いずれの作型であっても、秋季にアスパラガスが有する休眠性のため、11月の生産が困難となっていた。また、12月～2月にかけては、寒冷地の伏せ込み促成作型により、アスパラガスの生産が行われているものの、本作型で掘り取り・伏せ込みを開始する時期は、アスパラガスの休眠がまだ打破されていない時期になることもあり、生産が不安定となっていた。

国内においては、アスパラガスの休眠は、林・平岡（1978）により、季節により萌芽可能な温度域が異なることが報告され、また、特に伏せ込み促成栽培に重要な休眠打破の目安については、春山（1981）の報告を元に、多くの産地で、掘り取り時期の目安を判断してきた。しかし、春山（1981）の計算式を用いて休眠打破時期を判断、掘り取り、伏せ込みを行った場合にあっては、休眠打破が的確に図られないこ



とによる収量低下が見られるなど，生産現場では，アスパラガスの休眠性についてより詳細な研究が求められていた．さらに，従来は，アスパラガスの休眠打破には5℃以下の低温が必要であると考えられてきたが，5℃以下の低温にほとんど遭遇していなくとも，萌芽の回復が見られる例も報告されているなど（武田・篠田，2008），研究者によっては，アスパラガスの休眠の有無自体に対して疑問を呈しているものもあった．さらに，多くの植物の休眠においては，秋季の低温とともに，短日条件が休眠導入の重要な要因となっていることが知られているが，アスパラガスの休眠と日長について検討したものはなかった．

本研究ではまず，伏せ込み促成栽培で多く利用されている‘ウェルカム’について，アスパラガスの休眠性の有無について明らかにすることとし，2℃による低温処理の有無が，秋季のアスパラガスの萌芽性にどのような影響を与えるかについて検討を行った．その結果，低温処理を行わなかった株については，処理終了後60日目にあってもほとんど萌芽が見

られなかったことから，平均気温  $17.6^{\circ}\text{C}$  におかれた株は休眠中であると考えられた．一方，低温処理を行った株については，全ての株で萌芽が認められたことから，秋季に誘導されたと考えられる休眠が，低温により打破されたものと考えられた．

次に，アスパラガスの休眠打破が可能な温度域について検討を行った．日本で栽培されている休眠性を有する園芸植物と同様に（高井・施山，1978），アスパラガスの休眠は  $5^{\circ}\text{C}$  以下の低温により打破するとされており，また，本研究においても， $5^{\circ}\text{C}$  で12日間以上の低温処理を行うことにより，アスパラガスの休眠が打破することが明らかとなっている．しかし，温度域の違いによる休眠打破効果の違いを検討した物，特に  $5^{\circ}\text{C}$  以上の温度に着目して休眠打破効果の違いを検討したものはなかったことから， $5^{\circ}\text{C}$  よりも高い温度域が休眠に与える影響について研究を行った．その結果， $8^{\circ}\text{C}$  にはアスパラガスの休眠を打破できる効果があることが明らかとなった．これはアスパラガスでは初めでの報告である．一方， $8^{\circ}\text{C}$  よりも高い温度として  $10^{\circ}\text{C}$  についても検討を

行ったが、 $10^{\circ}\text{C}$ には、休眠打破効果が認められず、株は休眠状態となった。従って、アスパラガスの休眠は、 $2^{\circ}\text{C}$ 、 $5^{\circ}\text{C}$ 、 $8^{\circ}\text{C}$ のいずれの温度においても打破されることが明らかとなり、休眠打破が可能な温度上限は、 $8^{\circ}\text{C}$ から $10^{\circ}\text{C}$ の間にあると考えられた。

近年、 $5^{\circ}\text{C}$ 以上の温度とアスパラガスとの休眠に着目した報告があることから、より詳細な説明が望まれる（渡辺ら、2008；渡辺ら、2010）。

また、同様に、アスパラガスが休眠する温度域については、既報では、 $15^{\circ}\text{C}$ 以下で休眠が誘導するとされているものの（春山、1981）、本研究においては $10^{\circ}\text{C}$ 、 $15^{\circ}\text{C}$ 、 $16^{\circ}\text{C}$ 、 $17.6^{\circ}\text{C}$ 、 $18^{\circ}\text{C}$ 、 $20^{\circ}\text{C}$ のいずれにおいても、アスパラガスの萌芽がほぼ停止状態になることから、ウエルカム'の場合、 $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ の温度域に一定期間さらされることにより、アスパラガスは休眠に入ることが明らかとなり、従来報告されている温度域よりも、高い温度でアスパラガスの休眠は導入すると考えられた。従って、11月上旬からの生産を考えた場合、西南暖地のハウス半促成長期どり栽培に対して、保温や加温を行うことによ

る収穫期の延長は、アスパラガスの休眠導入が、従来考えられていた温度域よりも高いことがあきらかになったことから、困難と考えられる。

一方、既報では、休眠中のアスパラガスであっても、 $23^{\circ}\text{C}$  や  $25^{\circ}\text{C}$  といった、比較的高い温度にさらすことによって、休眠中の株であっても萌芽が行われるとの報告がある。そこで、休眠中の‘ウェルカム’を、これらの温度域にさらすことによって、どのような萌芽を示すかについて検討した。その結果  $20^{\circ}\text{C}$  ,  $22^{\circ}\text{C}$  ,  $24^{\circ}\text{C}$  については、休眠中のアスパラガスの萌芽を回復することはなかったが、 $26^{\circ}\text{C}$  ,  $28^{\circ}\text{C}$  については、休眠中のアスパラガスであっても萌芽が認められた。しかし、仮にこれらの温度域で萌芽が認められたとしても、それをもって休眠打破とはいえない。つまり、これらの温度域で休眠打破が図られたのであれば、一定期間高温にさらした後には、休眠打破とは関係がない温度（例えば伏せ込み促成栽培の伏せ込み床で想定される  $16^{\circ}\text{C}$ ）に株をおいたとしても、萌芽が継続するはずであろう。しかし、既報は全て、常に高温状態においた状態で萌芽

の継続性を調査しているため、真に休眠が打破されたかどうかは明らかではなかった。そこで、休眠中のアスパラガスの萌芽回復が可能な温度である 28℃について、休眠中のアスパラガスを 2 日間から 20 日間まで、異なる処理期間で処理を行ったのち、平均気温 18.2℃に移した後の萌芽数について調査を行った。その結果、28℃で 4 日間以上処理した株については、休眠打破が図られたと考えられた。

以上のことから、アスパラガスの休眠は、2℃、5℃、8℃および 26℃、28℃で打破されることが明らかとなった。これにより、今までは人為的にアスパラガスの休眠をコントロールすることを考えた場合、低温による休眠打破しか考慮されてこなかったが、新たな温度域として、26℃や 28℃が示されたことから、積極的に休眠をコントロールを行う新たな作型開発に応用できる可能性が示された。

一方、育苗期間が長いアスパラガス栽培においては、通常、寒冷地であっても、1 月～4 月にかけて育苗を行う。そのため、曇天時や夜間は、‘ウェルカム’の場合、休眠導入が可能な温度域である 10

℃～20℃といった温度域に，株がさらされることとなる．これは，発芽後一定期間の間は，休眠が導入できる温度にさらされても休眠することができない発育相を，アスパラガスが有している可能性がある．そこで，日齢を変化させた3つの品種を準備し，日齢の違いが休眠性に与える影響について調査した．その結果，品種‘ウェルカム’の場合，85日齢までの株は，休眠導入可能な温度域にさらされても，休眠せずに萌芽が継続することが明らかとなった．また，‘スーパーウェルカム’の場合は85日齢まで，‘PA100’の場合は，115日齢までの株は，休眠性を有していないことが明らかとなり，発芽から一定期間，休眠感応性を獲得しない期間は，品種によって差があることも明らかとなった．さらに，品種‘スーパーウェルカム’にあっては，195日齢の株であっても，22℃で休眠する株があるとともに，品種‘PA100’では，195日齢の株であっても，16℃で休眠しない株が見られている．これは，品種により，休眠導入可能な温度域が異なることを示唆している．

アスパラガスは、1つの株が複数のリン芽群で構成されていることが明らかとなっており、伏せ込み促成栽培で利用される1年養成株であっても、10個程度のリン芽群の集合体となっている。

発芽直後のアスパラガスは、1個のリン芽群で構成されているが、地下茎の成長とともに、新たなリン芽群が分化し、徐々に1株あたりのリン芽群数は増加していく。そのため、秋に掘りとったアスパラガスの株は、分化してからの日数が異なるリン芽群の集合体であると考えられる。

また、アスパラガスのリン芽は、地下茎の成長に従って、次第に大きくなっていくことが知られており、大きいリン芽からは、太い若茎が得られることもあきらかとなっている。

本研究において、品種‘ウェルカム’の場合、播種後85日齢までの株は、休眠感応性を獲得していないことが明らかとなった。同様の現象が、分化したリン芽についても、見られると仮定した場合、つまり、リン芽群も、種子と同様に、分化後一定期間休眠性を獲得していない期間があるとするならば、休

眠中のアスパラガスを伏せ込んだ場合，休眠性を獲得していないリン芽群から，若茎が萌芽する可能性がある．さらに，休眠性を獲得していないリン芽群は，分化後の期間が短いことから，リン芽群の大きさは小さいであろう．つまり，休眠性を獲得していないような小さなリン芽群からは，細い若茎が萌芽するのではないだろうか．その結果，休眠打破が図られていない株を伏せ込むと，細い茎が萌芽するとされていたのではないかと考えられる．

今後，リン芽群が分化してからの日数と，休眠性の獲得の有無についての研究を進めていく必要がある．さらに，春芽の萌芽時のアスパラガスも同様に，休眠導入可能な温度域での萌芽にもかかわらず，旺盛な萌芽を見せることから，休眠打破後に一定期間花成を停止するイチゴのように（Muizenberg et al., 1942），休眠性を喪失する期間があるのかもしれない．これらについても，今後，研究を進めていく必要がある．

本研究において，多くの植物の休眠に関与している，日長について検討を行った．例えばイチゴの休



眠など (Jonkers, 1965), 多くの植物は, 低温だけではなく, 秋の短日条件によって, 休眠が導入されるが (Darrow and Waldo, 1933), アスパラガスについては, 休眠性と日長を検討した報告はなかった. 仮に, アスパラガスの休眠に日長が関与するのであれば, 例えば露地の小菊栽培の様に, 夏期から秋季にかけて電照を行って日長を長くし, 本来であれば休眠に入る時期の休眠導入を遅らせることができるかもしれない. そこで, 短日および長日条件が, 夏から秋にかけてのアスパラガスの萌芽性に与える影響について検討を進めたが, 短日および長日, いずれも, アスパラガスの休眠には影響を与えていないものと考えられた. これにより, アスパラガスの休眠を制御する方法としては, 日長の利用が困難であることが明らかとなったが, 温度条件の変化によって休眠をコントロールする技術を開発する場合には, 日長の影響を排除できるということでもある.

以上のことから, アスパラガス ‘ウェルカム’ の休眠特性について概説すると,

1. 2℃～8℃は，休眠打破が可能な温度域である．
2. 2℃～20℃は，休眠導入が可能な温度域である．
3. 26℃～28℃は，休眠打破が可能な温度域である．
4. 播種後 85 日齢までの株は，休眠性を獲得していない．
5. 日長は，休眠性に関与していない．

次に，これまで明らかにしてきたアスパラガスの休眠性を元に，11月にアスパラガスを生産するための新しい作型の構築を行った．

まず，11月からアスパラガスを生産するためには，掘り取り・伏せ込み・伏せ込み床での萌芽開始に必要な期間として，少なくとも2週間以上の期間が必要であることから，10月中旬より前に，株の掘り取りを行う必要がある．

アスパラガスの収量は，根の重量×貯蔵根 **Brix** 糖度と相関があることが知られており（日笠，2000），たとえ大きな株を養成したとしても，貯蔵根の **Brix** 糖度が低い場合は，低収となる．

貯蔵根の糖度は，秋に茎葉が黄化するにつれて，茎葉の養分が貯蔵根に転流することによって起こる

とされているが，10月中旬では，まだ茎葉の黄化が起こらないことから，仮に10月中旬に休眠が打破され，掘り取り・伏せ込みが行われたとしても，収量が低くなることが予想される．そこで，休眠の制御だけでなく，人為的に茎葉の黄化，貯蔵根への養分転流を行うための技術が必要であった．一般には，アスパラガスの茎葉の黄化は，秋の低温によって引き起こされるとされるが，アスパラガスが休眠せず，また，茎葉の黄化が起こるほどの低温に株が遭遇しないペルーでは，人為的にかん水を停止し，それにより根を乾燥状態とし，茎葉の黄化および養分転流を行っているとされている（元木ら，2011）．

温暖湿润気候で降雨がある日本においては，露地圃場では，人為的にかん水を停止し，根を乾燥状態にすることは不可能であろう．しかし，根株を掘り取る伏せ込み促成栽培であれば，株を掘り取った際，根が地上部に露出することから，根を乾燥状態とすることは容易であると考えられる．一方，伏せ込み促成栽培の株の掘り取りは，通常，茎葉を除去してから掘り取りを行う．そのため，仮に根株を掘りと

って根を乾燥状態にしたとしても，既にその時点では茎葉がないため，養分転流は起こらない．そこで，伏せ込み促成栽培では行われたことがない，茎葉を付着した状態で根の掘り取りを行い，その後，圃場内で根を乾燥状態にすることによって，人為的に茎葉の黄化および養分転流を行う技術を開発した．掘り取りは，通常，アスパラガスの掘り取りに使用するアスパラガス専用掘り取り機で対応可能であり，掘り取り後，一定期間圃場に静置することによって，本来，アスパラガスが黄化しない時期であっても，茎葉の黄化および養分転流を図ることが可能となった．

本技術は，伏せ込み促成栽培では初の技術である．また，人為的に根を乾燥状態にし，茎葉の黄化をコントロールするといった考えは，ハウス半促成長期どり栽培等，他の作型への応用も期待できる．

人為的に茎葉の黄化時期をコントロールできるようになったことから，休眠打破技術との組み合わせにより，11月にアスパラガスを生産するための作型を検討した．

まず，従来の考え方である，低温遭遇による休眠打破技術であるが，一般的に利用されている冷蔵施設の温度である 5℃ の場合，12 日間以上の低温処理をすることにより，休眠打破を図ることができる．そこで，茎葉を付着した状態で株を掘り取る黄化処理と 5℃ 12 日間の冷蔵処理を組み合わせた生産技術について，品種や掘り取り時期等を検討したところ，9 月下旬に掘り取り，茎葉の黄化処理後，5℃ 12 日間の冷蔵処理・伏せ込みを行うことにより 11 月上旬からの収穫が可能となり，実用的な収量が得られることが明らかとなった．これにより，今までは生産が皆無であった 11 月上旬からの生産が可能となり，アスパラガスの国内での周年生産が初めて可能となった．本技術は，既に現場に普及しており，岩手県だけでなく，他地域でも本生産技術が利用され，11 月の生産が行われている．

一方，低温による休眠打破を利用した作型の場合，9 月下旬の掘り取りとなることから，株養成期間が短く，根株が小さい傾向にある．また，茎葉の黄化処理が終了した後の茎葉は，手刈りする必要がある，

労力コストがかかる。

そこで、11月にアスパラガスを生産する技術として、高温による休眠打破を利用した作型について検討を行った。低温による休眠打破とは異なり、高温による休眠打破は、処理日数が少ないことが利点としてあげられる。つまり、5℃処理の場合は12日間以上の処理日数が必要であるが、28℃の場合は、4日間以上で休眠打破を図ることができる。

さらに、低温により休眠打破が図られた株は、伏せ込みから萌芽開始に至るまで1週間から10日程度の日数が必要であるが、高温による休眠打破の場合は、既に高温処理中に萌芽が開始していることから、伏せ込み後には、直ちに萌芽が開始される。

そのため、11月上旬から収穫を開始する場合、10月下旬に掘りとりることが可能となる。その場合、既に茎葉の黄化が始まり、養分転流が開始している時期となることから、低温による休眠打破の際に必要なであった茎葉黄化処理が不要となる。

本研究において、28℃4日間の高温処理に適した品種を検討したところ、伏せ込み促成栽培に適した

休眠が浅いとされている品種は，収量が高い傾向にあり，一方，紫アスパラガス品種や，休眠が深いとされている‘ガインリム’は，極めて低収であった．従って，各品種の休眠打破に関する品種特性は，高温による休眠打破の場合であっても，低温による休眠打破と同様の傾向にあり，休眠打破に必要な低温遭遇時間が短い伏せ込み促成栽培で利用される品種は，高温処理による休眠打破にも適していると考えられた．一方，高温処理を行うと，処理中に萌芽が開始することから，伏せ込み後に吸収根からの吸水が間に合わず，若茎の品質が低下することも明らかとなった．

通常，伏せ込み促成栽培の場合，伏せ込み後に加温を行わず，掘り取り時にダメージを受けた吸収根を新たに再生させ，根の吸水能力を高めてから加温・萌芽を行うことが重要とされている．そのため，できるだけ高温処理中の萌芽が起こらないように，より短期間の処理による休眠打破効果を調査した．その結，‘PA100’の場合，28℃2日間の処理でも休眠が打破され，その場合，若茎の萌芽はいくらか開始

されているものの、4日間処理の場合と比較すると、その程度は低く、伏せ込み後の若茎の品質も、実用レベルであることが明らかになった。

以上のことから、‘PA100’を、慣行法で10月下旬まで株養成を行い、茎葉を除去後に掘りとった根株を28℃の恒温器で2日間高温処理を行う。その後、伏せ込み床に伏せ込みことによって、11月上旬から実用レベルでの収穫が可能となることが明らかとなった。

さらに、伏せ込み床には通常、下部に電熱線もしくは温湯管が配置されていることから、28℃といった温度であれば、伏せ込み床自体で高温処理が可能になると考えられる。また、その場合、伏せ込んだ株の根が伏せ込み資材である土と密着した状態での高温処理となることから、吸収根の再生といった観点でも優利であると考えられる。今後、伏せ込み床を利用した高温処理による休眠打破技術を確立することによって、生産者は慣行よりも10日程度早く掘り取り・伏せ込みを行い、その後、一定期間伏せ込み床の温度設定を高温にすることのみで、11月



の生産が可能となり，これにより非常に簡易に 11 月にアスパラガスが生産できる技術が確立できるものと考えられる．

アスパラガスは，多くの世代に人気の野菜であり，サラダ等で簡単に食べられる野菜であることから，鮮度が高く安全・安心なイメージが強い国産品の周年供給が求められている．本研究によって，低温による休眠打破技術と高温による休眠打破技術といった，今までにない新技術を利用した，2タイプの11月生産技術を確立することができた．今後，これらの技術を広く普及していくことによって，アスパラガスの周年安定供給が実現でき，国民の食生活や食産業に大きく貢献できるものと考えられる．

## 摘 要

アスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) は、ユリ科に属す多年草であり、若茎を食用する植物として、多くの国で営利栽培が行われている。国内では、主に4つの作型、「露地普通作型」「露地長期どり作型」「ハウス半促成長期どり作型」「伏せ込み促成作型」で栽培が行われているが、アスパラガスが持つ休眠性の影響により、11月の国内生産はできない状況にあった。また、12月から3月にかけての収穫を行う伏せ込み促成作型にあっては、秋季の休眠覚醒が順調に行われなかったことによる収量低下が起こっていた。一方、アスパラガスの休眠特性については、温度との関係が調べられていたが、既知の休眠に関する知見を用いても、現場での生産が安定しないこともあり、アスパラガスの休眠性について、より詳細に明らかにすることが求められていた。

本研究は、不明な点が多いアスパラガスの休眠特性について詳細に明らかにするとともに、国内生産が不可能であった11月上旬からアスパラガスの生産が可能となる作型の開発を目指し、積極的な休眠

制御を行うことによる作型開発を行った。

本研究の成果は次のとおりである。

## 1. アスパラガスの休眠に関する基礎的研究

1) 品種 ' ウェルカム ' の場合，休眠は  $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$  の温度により導入され，導入された休眠は，少なくとも， $2^{\circ}\text{C} \sim 8^{\circ}\text{C}$  および  $26^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$  の温度域に一定期間遭遇することによって打破される。  $5^{\circ}\text{C}$  で休眠打破を行うために必要な低温遭遇日数は 12 日間以上，  $28^{\circ}\text{C}$  で休眠打破を行うために必要な高温遭遇日数は 4 日間以上である。

2) 休眠が打破された株は，根の乾物重が多いほど，萌芽する若茎の量が多くなり，根の乾物重と若茎の量は正の相関がある。しかし，休眠中の株は，根の乾物重が多くなったとしても，萌芽する若茎の量が少ない。

3) 日齢が 44 日齢から 195 日齢まで，10 日間隔で日齢が異なる株について，品種 ' ウェルカム ' の休眠が導入される温度である  $16^{\circ}\text{C}$  と，休眠に関与しない温度である  $22^{\circ}\text{C}$  に搬入し，その後の萌芽性を

調査した。その結果，‘ウェルカム’および‘スーパーウェルカム’は85日齢までの株，また，‘PA100’品種は105日齢までの株は，休眠導入が可能な温度におかれても休眠しないことから，‘ウェルカム’および‘スーパーウェルカム’の85日齢までの株および‘PA100’の105日齢までの株は，休眠感応性を獲得していないと考えられ，日齢が浅いアスパラガスは，休眠する能力がないことが明らかとなった。

4) 秋季のアスパラガスに対して，短日処理を行った結果，萌芽数や主茎長，最大茎径に，自然日長区との差は認められず，また，日長処理後の株を伏せ込んだ後の萌芽数や萌芽速度についても，自然日長区との差は認められなかったことから，短日条件は，アスパラガスの休眠に関与していないことが明らかとなった。

5) 秋季のアスパラガスに対して，白熱電球による長日処理を行った結果，長日処理中の茎数や主茎長，最大茎径に，自然日長区との違いは認められなかった。また，生育中に茎葉を除去し，その後萌芽する

若茎の本数を調査したが，自然日長区との差は認められなかったことから，長日条件は，アスパラガスの休眠に関与していないことが明らかとなった．従って，アスパラガスの休眠に日長は関与していないと考えられた．

## 2. 人為的な休眠制御による11月生産技術の確立

1)アスパラガスの休眠を制御し，伏せ込み促成栽培において11月上旬からの生産が可能となる作型を開発するため，人為的に茎葉の黄化を可能とする技術開発を行った．通常の伏せ込み促成栽培の場合，茎葉を除去してから株の掘り取りを行うが，茎葉を付着した状態で株の掘り取りを行い，圃場に1週間～10日程度静置することにより，茎葉の黄化が行われる．これによって，貯蔵根の糖度が上昇し，伏せ込み後の収量が増加する．

2)低温を利用した休眠打破技術によって11月からアスパラガスを生産する場合，慣行法で品種‘ウェルカム’の株養成を行い，9月下旬に茎葉を付着した状態で株を掘り取る．掘り取った株を，1週間

～10日程度圃場に静置して茎葉の黄化を図る。茎葉の黄化後、茎葉を除去し、5℃の冷蔵施設で12日間以上低温処理を行う。これによってアスパラガスの休眠が打破され、慣行法で伏せ込みを行うことによって、11月上旬からの生産が可能となり、11月に、1株あたり86.9gの若茎を得ることができる。

3)高温を利用した休眠打破技術によって11月からアスパラガスを生産する場合、慣行法で‘PA100’の株養成を行い、10月下旬に茎葉を除去した後、株を掘り取る。掘り取った株を、28℃の恒温器で2日間高温処理を行う。これによってアスパラガスの休眠が打破され、慣行法で伏せ込みを行うことによって、11月上旬からの生産が可能となり、11月に、1株あたり79.5gの若茎を得ることができる。

以上により、2つの異なる方法でアスパラガスの休眠を制御し、国内生産が困難であった11月からのアスパラガス生産を可能とする伏せ込み促成栽培の新作型を開発した。これにより、国産アスパラガスの周年供給が可能となり、生産者の収益性向上にも寄与できると考えられる。

## 謝 辞

本研究の遂行および論文のとりまとめにあたり、多くの方々のご支援・ご協力をいただいた。ここに心から感謝の意を表す。

弘前大学農学生命科学部准教授前田智雄博士には、岩手大学大学院連合農学研究科における主指導教員として、多くのご指導を賜った。また、弘前大学農学生命科学部准教授本多和茂博士および岩手大学農学部准教授庄野浩資博士には、同副指導教員として、多くのご指導を賜った。

本研究の一部は、農林水産省の委託事業である「新たな農林水産施策を推進する実用技術開発事業（課題番号21006）」による共同研究成果である。共同研究の推進にあたっては、東北農業研究センター山崎篤博士、北海道大学教授荒木肇博士、野菜茶業研究所浦上敦子博士をはじめとする、多くの共同研究者諸氏から、多大なアドバイスを賜った。また、同課題において、外部有識者としてアドバイスを賜った、茨城大学准教授佐藤達雄博士、群馬県農業技術センター小泉丈晴博士および長野県野菜花き試験場

元木悟博士（現明治大学）からは，本研究に対するご助言のみならず，同課題全体に対する多大なるご助言を賜った．

園芸学会アスパラガス研究小集会の諸氏からも多くのアドバイスを賜った．特に，小集会発起人である九州大学准教授尾崎行生博士，酪農学園大学教授園田高広博士からは，基本的なアスパラガスの生態や病害に関する多くのご助言を賜った．

秋田県農業試験場篠田光江氏，北海道上川農業試験場地子立博士，九州沖縄農業研究センター渡辺慎一博士，パイオニアエコサイエンス株式会社松永邦則氏からは，特にアスパラガスの休眠に関する多くのご助言を賜った．

岩手県農業研究センター漆原昌二氏（現岩手県立農業大学校），高橋拓也氏（現岩手県農林水産部），藤尾拓也氏には，共同研究者として実験を行うとともに，多くのご助言を賜った．

大学院への入学・通学にあたっては，岩手県農業研究センター宮下慶一郎所長（現岩手生物工学研究センター），高橋伸男所長（現全農いわて），木内



豊所長をはじめとする上司・同僚から多くのご配慮と激励を賜った。同センター日々雇用職員ならびに臨時職員の皆さんには、圃場作業や調査の他、研究を進めていくために多くの作業にご協力を賜った。同センター小黒沢清人氏には、アスパラガスの掘り取りをはじめとする多くの圃場作業にご助力を賜った。

最後に、大学院入学にあたり、多くの理解や励ましをいただいた、妻の山口恵子に感謝するとともに、時には苗のかん水や調査を手伝ってくれた、3人の子供たち、智弘、和徳、正澄にも感謝したい。

本研究の一部は、農林水産省「新たな農新水産施策を推進する実用技術開発事業（課題番号21006）」および岩手大学大学院連合農学研究科「平成24年度連大学生研究プロジェクト経費」により実施した。

引用文献

Benson, B. L. 2012. 2009 update of the World's asparagus production areas, spear utilization and production periods. *Acta Hort.* 950:87-100.

Culpepper, C. W., Moon, H. H. 1939. Effect of temperature upon the rate of elongation of the stems of asparagus grown under field conditions. *Plant Physiol.* 14: 255-270.

Darrow G. M. and G.F. Waldo 1933. The Dorsett, Fairfax, and Narcissa strawberries. U.S. Dept. of Agriculture. No.257, pp.7.

群馬県そ菜技術研究会 1992. 群馬の野菜産地. p178 - 179. 群馬県そ菜技術研究会. 群馬.

芳賀紀之 2011. アスパラガス伏せ込み促成栽培における地温管理が若茎収量に及ぼす影響. 園学

研 . 10 ( 別 2 ) : 463 .

長谷川聖人・坪井瀧 . 1960 . 桑樹冬芽の休眠覚醒  
におよぼす低温の影響について . 日本蚕糸学  
雑誌 29:63-68 .

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 . 36(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 . 群馬農業研  
究 D 園芸 . 1:1-15 .

林 英明・平岡達也 1978 . アスパラガスのほう芽  
性に関する研究 . 第 1 報 . ほう芽温度の季節的  
変化 . 神奈川農総研報 . 121:1-7 .

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 -2- 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.

堀内昭作． 1977. ブドウの芽の休眠現象とその  
制御に関する研究． 大阪府立大学学位論文．  
pp.253.

池内隆夫 2010. アスパラガス半促成長期どり栽培  
における秋冬期茎葉黄化の簡易評価法．園学研．  
9（別2）:228.

井上勝広・元木悟・前田智雄・尾崎行生・渡辺慎一・  
園田高広・浦上敦子・佐藤達雄・山口貴之・甲  
村浩之・重松武・小川恭弘・北澤裕明・池内隆  
夫 2013. 世界のアスパラガス生産の現状と  
展望(13) 13. アスパラガスの国内生産および輸  
入，消費の動向． 農業および園芸．

88(1) :4-13.

Irving, R. M. and F. O. Lanphear. 1967.

Environmental control of cold hardiness in woody plants. Plant Physiol., 42:1384-1388.

Jonkers H. 1965. On the flower formation, the dormancy and the early forcing of strawberries. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen. 65:1-71.

地子 立・午来 博・門傳千賀子・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.

地子 立・志賀義彦・今野一男・田中静幸 2008. 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. 園学研. 7(2):241-247.

金 浜 耕 基 2007. 野 菜 園 芸 学 . pp.313. 文 永 堂 出 版 .

金 永 植 ・ 崎 山 亮 三 1989. ア ス パ ラ ガ ス 貯 蔵 根 に  
お け る 発 芽 前 後 の 糖 の 変 化 . 園 学 雑 . 58(2):383  
- 390.

川 里 宏 ・ 赤 木 博 1980. イ チ ゴ の 促 成 作 型 確 立 に  
関 す る 研 究 . 第 2 報 電 照 栽 培 に お け る 照 度 並 び  
に 電 照 方 式 が 生 育 , 収 量 に 及 ぼ す 影 響 . 栃 木 農  
試 研 報 . 26:85-92.

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.

小 泉 丈 晴 ・ 中 條 博 也 2008. 伏 せ 込 み 促 成 ア ス パ ラ  
ガ ス 栽 培 に お け る 1 年 半 株 養 成 法 が 茎 枯 病 発 生 ,  
根 株 お よ び 若 茎 の 生 育 に 及 ぼ す 影 響 . 群 馬 農 技  
セ 研 報 . 5:44 - 45.

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.

鹿野 弘・高野 岩雄. 2008. ホワイトアスパラガス 1  
年生株伏せ込み栽培における 5°C 以下低温遭  
遇時間と収量の関係. 東北農業研究. 61: 173 -  
174.

金永植・崎山 亮三・田附 明夫 1989. 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.

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. 長崎県総合農林試験場研  
究報告 農業部門. 18:117-145.

Ku, Y., D. J. Woolley, A. R. Hughes and M. A.

Nichols. 2007. Temperature effects on dormancy, bud break and spear growth in asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *J. Hort. Sci. Biotech.* 82: 446-450.

甲村浩之・元木悟・浦上敦子・尾崎行生・佐藤達雄・松永邦則・荒木肇・山口貴之・前田智雄・園田高広 2012. 世界のアスパラガス生産の現状と展望(7)7. 米国との自由貿易協定で拡大したメキシコのアスパラガス生産. 農業および園芸. 87(1):102-111.

Landry, E. J. and D. J. Wolyn. 2012. Analysis of cold acclimatization in two asparagus cultivars with varying patterns of fall senescence. *Acta Hort.* 950:229-234.

Lysenko, T. D. 1954. *Agrobiolgy: Essays on problems of genetics, plant breeding and seed growing.* Foreign Languages



Publishing House.

Matsubara, S. 1980. ABA content and levels of GA-like substances in asparagus buds and roots in relation to bud dormancy and growth. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 105: 527-532.

松尾健太郎・山崎 篤 2011. アスパラガス伏せ込み栽培における培地の検討. 農作業研究 46巻(別号1):83-84.

元木 悟 2003. アスパラガスの作業便利帳. pp.152. 農文協.

元木 悟・井上勝広・前田智雄 2008. アスパラガスの高品質多収技術. pp.213. 農文協.

元木 悟・前田智雄・井上勝広・山口貴之・渡辺慎一・松永邦則・尾崎行生・浦上敦子・甲村浩之・佐藤達雄・荒木 肇・北澤裕明 2011. 世界の

アスパラガス生産の現状と展望 [ 1 ]. 1 . 世界  
および日本のアスパラガス生産の動向 . 農及園 .  
86 ( 7 ) : 775 - 783 .

元木 悟 ・ 渡辺 慎一 ・ 山口 貴之 ・ 松永 邦則 ・ 前田 智  
雄 ・ 尾崎 行生 ・ 竹内 陽子 ・ 荒木 肇 ・ 地子 立 ・  
井上 勝広 ・ 佐藤 達雄 ・ 浦上 敦子 2011 . 世界の  
アスパラガス生産の現状と展望 [ 3 ] . 3 . 急速に  
拡大するペルーのアスパラガス生産 . 農及園 .  
86 ( 9 ) : 961 - 972 .

Muizenberg, E. W. Van Den. 1942. The influence of  
light and temperature on the periodic  
development of strawberry and its  
significance in cultivation. Mededelingen  
Laboratorium Tuinbouwplantenteelt,  
Wageningen, No.37.

中村 俊一郎 ・ 佐藤 忠弘 1965 . ラッカセイ種子の休  
眠 . 園学雑 . 34 : 134 - 138 .

永峯 淳一・鈴木 実幸・伊藤 政憲 2011. アスパラガス根株養成中の摘心または養成畑の灌水が，根株重および促成収量に及ぼす影響．園学研．10（別2）：467.

Orffer, C. J., Goussard, P. G. 1980. Effect of hot water treatments on bud burst and rooting of grapevine cuttings. *Vitis* 19: 1-3.

奥田 延幸・藤目 幸擴・デュアンパン アチャナ・鈴木 晴雄・松井 年行・柳 智博 2005. アスパラガスの萌芽に及ぼす定温処理の影響．農業生産技術管理学会誌 .12:65-68.

朴 炳宰・遠城 道雄・富永 茂人・志和 地弘信・林 満 2003. ダイジョ (*Dioscorea alata* L.) 塊茎の休眠並びに休眠覚せいと外的要因との関係．熱帯農業．47:42-50.

Pauley, S. S. and Perry, T. O. 1954. Ecotypic

variation of the photoperiodic response in  
*Populus*. J. Arnold. Arbor. 35:167-187.

園田高広・元木 悟・甲村浩之・尾崎行生・瀧澤民  
雄・山口貴之・松永邦則 2013. 世界のアスパ  
ラガス生産の現状と展望 [15]. 15. 世界およ  
び国内各地で問題となる茎枯病対策. ～発生生  
態とタイおよび国内産地の対策事例～. 農及園.  
88 (3) :341-349.

佐藤正昭. 2008. 促成伏せ込みアスパラガスの根株  
への低温遭遇方法と若茎収量. 東北農業研究.  
61: 171-172.

篠田光江・武田 悟・山口貴之・新井正善. 2011.  
アスパラガス伏せ込み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.

Sakai, A. 1966. Studies of frost hardiness in

woody plants II. Effect of temperature on  
hardening. Plant Physiol. 41:353-359.

高井隆次・施山紀男 1978. 低温制御によるイチゴ  
の寒冷地向き半促成栽培の確立. 野菜試験場  
報告. B, 盛岡. (2):43-53.

武田 悟・本庄 求. 2005. 促成アスパラガス養成  
株の掘り取り時期の判定. 東北農業研究. 58:  
189-190.

武田 悟・篠田光江. 2007. 乾物, 糖類, 窒素の動  
態から見たアスパラガス促成栽培用株の充実過程.  
園学研. 6(別2):228.

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.

田村文男・田辺賢二・伴野潔・池田隆政 1993. ニ

ホシナシ"二十世紀"の芽の休眠打破に及ぼす高温処理の影響．園学雑．62:41-47.

田村 晃・林 浩之・本庄 求 2002. 播種期が促成アスパラガス用の根株養成に及ぼす影響．東北農業研究．55:189-190.

東部光伸・望岡亮介・堀内昭作・尾形凡生・塩崎修志・黒岡浩 1998. ブドウの芽の高温による休眠打破時のACCとグルタチオンの役割．園学雑.67:897-901.

渡辺慎一・古谷茂貴・大和陽一 2010. 暖地のアスパラガス伏せ込み促成栽培における萌芽性回復に有効な低温上限の推定．園学研．9(別1):170.

山口貴之・藤尾拓也 2012. 11月生産を目指したアスパラガス伏せ込み促成栽培新生産体系．園学研．11(別1):120.

Yamaguchi, T. 2012. Effects of short-day photoperiod on the growth of asparagus in autumn. *Acta Hort.* 950: 253-260.

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.

山口貴之・前田智雄．2013．アスパラガス幼苗における生育ステージ依存的休眠導入の品種間差．園学研．12(別1): 145.

山口貴之・元木 悟・松永邦則・前田智雄・井上勝広・兼子まや・甲村浩之・佐藤達雄・園田高広・浦上敦子・荒木 肇 2012．世界のアスパラガス生産の現状と展望 [10]．10．周年供給と輸出，東南アジアのアスパラガス生産．農及園．87(4) : 441 - 450.

山口貴之・元木 悟・浦上敦子・松永邦則・國久美由紀・植野玲一郎・山崎 篤・芳賀紀之・常盤

秀夫・山田文典・酒井浩晃・瀧澤民雄・池内隆夫・渡辺慎一・新里仁克・遠山智之・鈴木卓・小泉丈晴・北澤裕明 2011. アスパラガス 1 年養成株における根株重および貯蔵根 Brix 糖度の地域間差. 園学研. 10 (別 2): 212.

山口貴之・高橋拓也・漆原昌 2009. 秋期の低温処理が伏せ込み促成栽培のアスパラガス萌芽に及ぼす影響. 園学研. 8 (別 2): 249.

山口貴之・高橋拓也・漆原昌二 2010. 低温及び茎葉部の黄化がアスパラガスの休眠性に及ぼす影響. 園学研. 9 (別 1): 173.

山口貴之・山田修 2010. 年内どりを目指すアスパラガス伏せ込み促成栽培の最適な根株掘り取り時期. 農耕と園芸. 65(10):116-119.

山口貴之・山田修・及川一也 2008. 根株養成期間の違いが伏せ込み栽培のアスパラガス萌芽に



与える影響．園学研．7（別1）：156．

山口貴之・元木悟・園田高広・松永邦則 2014．世界のアスパラガス生産の現状と展望[追加その2]．周年安定供給と気候変動との戦い．～タイおよびラオスにおけるアスパラガス生産の現状と今後の方向性～．農業および園芸．89(4)：453-464．

矢澤進 1976．グラジオラス球茎の休眠打破におけるサイトカイニンの作用機構(農学部門)．京都府立大学学術報告．農学．28:40-50．

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．

渡辺慎一・古谷茂貴・大和陽一．2010．暖地のアスパラガス伏せ込み促成栽培における萌芽性回復に有効な低温上限の推定．園学研．9(別1)：158．