

海外輸出に向けたツバキおよびイヌツゲ苗の品質保持技術

野田 亮*・塚崎守啓・井樋昭宏

福岡県は全国第 2 位の緑化木生産県であるが、国内消費が低迷しており、新たな販路として輸出への取り組みが求められている。ただし、EU などへの輸出には長期の輸送が必要である。そこで本県の主要な生産品目であるツバキ *Camellia japonica* L. とイヌツゲ *Ilex crenata* Thunb. の品質を低下させない輸送条件を検討した。密閉冷蔵コンテナを用いた船舶による EU 向け輸出を想定し、3 年生のツバキ苗およびイヌツゲ苗を 2℃、5℃、10℃で、6 週間、暗黒条件下で貯蔵した結果、呼吸量の増大や他の品目に影響するエチレンの発生は認められず、貯蔵後も品質は保持されていた。しかし、苗木にエチレンを 1ppm または 10ppm の濃度で曝露させると 1 週間では影響がなかったが、6 週間続けると落葉などの品質低下がみられた。9 月、11 月、1 月から 6 週間貯蔵した場合、根鉢をポリ袋で被覆すると重量減少や葉色変化が小さく、品質を保ったまま輸出できることが示された。ただし、9 月出荷では樹体が耐凍性を獲得していないため、輸出先の気候が厳寒期の場合は凍結傷害を起し、苗全体が枯死する可能性があることが明らかになった。

[キーワード：エチレン，包装形態，イヌツゲ，ツバキ，輸出]

Effect of Storage Condition to Export on the Quality and Stability of *Camellia japonica* and *Ilex crenata*. NODA Ryo, Morihiro TSUKAZAKI and Akihiro IBI (Fukuoka Agricultural and forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 5:68-74 (2019)

Fukuoka Prefecture is the second largest garden seedling producer in the country. Its major products include *Camellia japonica* L. and *Ilex crenata* Thunb. We investigated the optimal conditions for exporting *C. japonica* and *I. crenata* to the European Union. To simulate the conditions inside export containers, *C. japonica* and *I. crenata* were stored at 5 °C under dark conditions. Respiration speed and ethylene production indicated a lack of stress, even when the seedlings were exposed to vibration or their leaves were removed; ethylene was not generated. Exposure to ethylene at 1–10 ppm for 1 week slightly affected *C. japonica* and *I. crenata*, but 6 weeks of ethylene exposure caused leaf abscission and browning. Furthermore, resistance to freezing was not acquired by September, which clearly increased the likelihood that whole seedlings might die from freezing disturbance in severely cold export destinations. To help maintain quality for up to 6 weeks, long-term exposure of *C. japonica* and *I. crenata* to ethylene-producing products should be avoided; and pots of seedlings shipped during September, November, and January should be covered in polyethylene bags.

[Keywords: *Camellia japonica*, ethylene, export, *Ilex crenata*, packaging]

緒言

福岡県における緑化木の生産額は全国第 2 位であるが（農林水産省 2017a），国内需要が低迷し生産本数は減少傾向にある。緑化木生産額第 1 位の千葉県は、大径の造形木や盆栽をアジアや欧州に輸出しており、輸出額も第 1 位（農林水産省 2017b）である。本県でも生産者の所得向上のため、新たな販路として緑化木の輸出に向けた取り組みが求められている。

緑化木は重量とサイズが大きいことから、主に船舶によるコンテナ輸送が行われている。輸送時間が短い台湾には天井や壁面がないフラットベッド型のコンテナ（Flat Bed Container）も利用されているが、欧州までは 1 ヶ月以上の輸送時間が必要であることや熱帯地域を通過することから、密閉冷蔵コンテナ（Reefer Container）による輸送が一般的である。冷蔵コンテナには照明設備がないため、輸出用緑化木は暗黒・低温条件下で長期間輸送されることから、輸出先での着荷品質の低下が懸念されている。緑化木の輸出における品質保持技

術に関する報告は少なく、農林水産省（2007）の調査報告では、EU 向けに輸出されたツバキやイヌツゲが到着時に落葉などの品質低下が生じた事例が記されているが、樹木のサイズや輸送条件などの情報は記されていない。また千葉県（2011）では保冷库でツゲやイヌマキの造形樹苗を貯蔵した結果、品質保持に有効な温度は 5℃であり、根鉢のポリフィルム被覆が乾燥防止に有効であったことを報告しているが詳細なデータは示されていない。

様々な農産物で呼吸速度が速いほど代謝による成分の分解が進み、品質が低下するとされており（茶珍 1991）、品質低下の指標として呼吸速度が用いられ、品質保持のために呼吸の抑制を図ることが行われている。また、エチレンは植物の熟成や老化を促進する物質であり、環境ストレスによっても誘導され、落葉等の傷害発生因子となることが知られている（倉石 1988）。したがって、苗木の輸出において、輸送中の環境ストレスが呼吸速度の増加やエチレン生成を助長する可能性が考えられる。本県で生産量が多く、EU への輸出が想定されるツバキ、イヌツゲの長期冷蔵による呼吸量の増加やエチレン生成

*連絡責任者（森林林業部：noda-r9541@pref.fukuoka.lg.jp）

受付2018年8月1日；受理2018年11月19日

およびエチレン感受性を明らかにすることは重要であるが、これらの特性は明らかにされていない。現在、緑化木の輸出は成長休止期である冬期が中心となっているが、輸出拡大を図る上で出荷時期を秋まで広げることは重要である。9月から出荷する場合、ツバキは新芽形成期にあたり（富田・植松 1982）、冷蔵条件による輸送や日本に比べ寒冷な EU における着荷後の気象条件により新芽や葉に凍害等の品質低下が生じる懸念がある。凍害対策に関して、レタスでは過冷却保存時にポリプロピレン包装が凍結傷害を抑制する（Thin *et al.* 2017）ことが報告されている。したがって、ツバキの凍害対策として、フィルム被覆が有効である可能性が考えられる。

そこで、ツバキおよびイヌツゲ苗の EU 輸出を想定し、出荷時期や輸送中の貯蔵温度、包装形態、着荷後の寒気遭遇に対するフィルム被覆が苗木品質に及ぼす影響並びに両品目のエチレン発生量およびエチレン感受性について検討したので報告する。

材料および方法

供試材料

試験は 2015 年から 2018 年に行い、福岡県久留米市で生産されたツバキ「玉の浦」の 3 年生苗およびイヌツゲの 3 年生苗を用いた。ツバキ苗（平均苗高 48.8cm）は 12cm 径黒ポリポットに育苗されたもので、培土としてボラ土：ピートモス：鹿沼土＝8：1：1（容積比）を詰めたものを用いた。イヌツゲ苗（平均苗高 78.5cm）は 13.5cm 径黒ポリポットに培土としてボラ土：パーク：ピートモス＝1：1：1（容積比）を詰めたものを用いた。苗木は土が流出しないようにポットごと水切りネット（ストックングタイプ、200×200mm）を被せ、貯蔵開始日に根鉢を 30 分間水に浸漬・吸水させ、30 分間静置して水切りした後、試験に供した。

試験 1 貯蔵時期、貯蔵温度が苗木の品質や呼吸に及ぼす影響と苗木からのエチレン発生の有無

輸送に適した貯蔵温度と他の品目に影響を与えるエチレン発生の有無について検討した。苗木の品質は貯蔵前後に苗木を目視により調査した。呼吸速度およびエチレン発生速度は、底面をアクリル板で密閉した硬質ポリ塩化ビニル管（内径 15cm、厚さ 3mm、高さ 85cm）の容器内に苗木を 1 本ずつ入れ、上面をガスバリアフィルムで密閉して約 24 時間、貯蔵庫に静置し（第 1 図）、密閉前後の容器内の二酸化炭素濃度およびエチレン濃度の増加量からそれぞれ算出した。なお、二酸化炭素濃度はガスクロマトグラフ I（島津製作所製、GC-3200）、エチレン濃度はガスクロマトグラフ II（ジーエルサイエンス（株）、GC-2014）を用いて第 1 表に示した条件で測定した。

貯蔵温度は 2℃、5℃、10℃の 3 水準、試験は各温度、5 本で行い、貯蔵期間は欧州への船便輸出を想定し、暗黒条件下で 6 週間とした。出荷時期は① 9 月（貯蔵期間：9 月 3 日～10 月 15 日）、②11 月（貯蔵期間：10 月 30 日



第 1 図 呼吸速度・エチレン発生速度測定用容器

1) A：密閉済み塩ビ管，B：ガス抜き取り用シリコン栓

第 1 表 ガスクロマトグラフの設定条件

ガスクロマトグラフ I		ガスクロマトグラフ II	
測定ガス	O ₂ , CO ₂	測定ガス	エチレン
機器	GC-3200	機器	GC-2014
検出器	TCD	検出器	FID
カラム	①PoraPak T 50/80 ②Molecular Sieve 5A 60/80	カラム	RESTEK (Rt-Q-BOND, 30m) 内径 0.32mm
キャリアガス	He	キャリアガス	He
カラム入口圧	210kPa	流量	1.60ml/min
温度	OVEN 50℃, INJ 80℃, TCD 80℃	カラム温度	50℃
TCD電流	120mA		

～12 月 11 日) および③ 1 月（貯蔵期間：1 月 6 日～2 月 17 日）の 3 時期とし、呼吸速度およびエチレン発生速度を算出した。また、傷害によるエチレン発生速度については、輸送振動による軽微な傷害と人為的に摘葉を行った強い傷害を検討した。この傷害試験に関しては出荷時期①および②の 2 時期に 5℃で保存し、保存中に IDEX 社製振動試験機（BF-50UT）で加振（10～40Hz のスイープ振動を 100 回）したものについて各 5 本を調査した。またツバキについてのみ葉の総数の約 3 分の 1 を根元から除去した苗木を用いてエチレン発生速度を算出した。

試験 2 貯蔵中のエチレン曝露が苗木の品質に及ぼす影響

他品目との混載を想定し、エチレンがツバキおよびイヌツゲの苗木品質に及ぼす影響を検討した。エチレン曝露期間を 1 週間とした場合の貯蔵温度は、2℃、5℃、10℃の 3 水準、6 週間では 5℃のみとした。エチレン濃度は 0ppm、1ppm および 10ppm の 3 濃度とし、試験は 2 反復で行った。硬質ポリ塩化ビニル管（内径 30cm、厚さ 10mm、高さ 120cm）にツバキ 4 本、またはイヌツゲを 3 本ずつ入れ、ガスバリアフィルムで密閉し、容器内のエチレンガスが目的の濃度になるように市販のエチレンガス（濃度 99.5%）を注入し、所定の期間、各温度に設定した恒温室内に静置した。エチレンに対する感受性は、エチレン曝露後の落葉率により評価した。すなわち、ツバキは苗ごとに曝露前後の着葉枚数を調査し、落葉率を

算出した。イヌツゲは着葉数が多くカウントが困難であるため、遮光率 10%のポリプロピレン繊維不織布で作成した幅 24cm、高さ 100cmの袋に苗木を 1本ずつ収納してエチレン曝露を行った。処理終了後、袋内に落葉した葉の回収および苗木の葉の全摘葉を行い、それぞれ葉の生重を測定して、落葉率を算出した。

試験3 包装形態が苗木の品質に及ぼす影響

包装形態は無被覆、根鉢被覆（ポリエチレン（以下 PE）袋、厚さ 0.03mm、幅 23cm、高さ 34cm）および全被覆（PE 袋、厚さ 0.03mm、幅 24cm、高さ 100cm）の 3 形態を比較した。根鉢被覆は PE 袋を根鉢ポットにかぶせ、苗木の根元で PE 袋を結束タイで結束した。全被覆は苗木を PE 袋に入れた後、苗木上方の高さ約 80cm の位置を結束タイで結束した（第 2 図）。出荷時期は試験 1 に示した 9 月、11 月および 1 月の 3 時期とし、各包装形態 10 本を対象に貯蔵は 5℃、6 週間、暗黒条件下で行い、出庫直後の品質を調査した。

貯蔵終了直後に減量率、カビの発生株率、落葉程度、葉の変色程度を調査した。また葉色 L^* 、 a^* 、 b^* を色差計（日本電色工業株式会社製、ZE-6000）で 9 月、11 月のみ計測した。減量率はポットを含む苗木の全重量の減少から、カビの発生率はカビが確認された苗木の本数割合から算出した。なお、ツバキの葉の変色は、葉面積の 3 分の 1 以上が変色した葉の枚数をカウントした。また、イヌツゲの落葉は貯蔵前後の画像を比較し算出した。

試験4 出庫後の寒気遭遇が苗木の品質に及ぼす影響

試験 1 に示した 9 月、11 月および 1 月の 3 時期に出荷した苗木を用いて、寒冷な EU で起こりうる寒気遭遇が苗木品質に及ぼす影響を検討した。ツバキとイヌツゲを各 20 本ずつ厚さ 0.03mm の PE 袋で根鉢被覆して 5℃で 6 週間貯蔵し、出庫後に PE 袋を除去し、ポットトレイにツバキは 10 本/トレイ、イヌツゲは 5 本/トレイに並べた。試験区として上部被覆区と無被覆区を設定し、上部被覆区は厚さ 0.03mmPE フィルム袋をポットトレイの上部から被せ、トレイ上縁に養生テープで固定し、樹体上部のみを覆った。ツバキ 2 トレイ、イヌツゲ 4 トレイを -5℃に設定した冷蔵コンテナ内に搬入し、24 時間の寒気曝露を行った。寒気曝露後、被覆フィルムを取り外し、直射日光が当たらない屋外の外気条件で 2 週間保管した後に、落葉率や葉の変色程度について調査した。なお、ツバキの落葉率は試験前後の葉数から算出し、イヌツゲは画像を比較することで評価した。

結果および考察

試験1 貯蔵時期、貯蔵温度が苗木の品質や呼吸に及ぼす影響と苗木からのエチレン発生の有無

本試験では、ツバキ苗およびイヌツゲ苗を 2℃、5℃、10℃で暗黒下で 6 週間貯蔵し、貯蔵前後の苗木の品質を評価するとともに、貯蔵中の呼吸速度およびエチレン発生速度を算出し、長期輸送によるストレスの影響や貯蔵



第2図 各包装形態

1) 左：全被覆 中：根鉢被覆 右：無被覆

第2表 ツバキおよびイヌツゲの11月出荷における貯蔵温度別呼吸速度 (CO₂mg/kg/hr)

貯蔵温度	ツバキ			イヌツゲ		
	貯蔵開始時	6週間貯蔵後	有意差	貯蔵開始時	6週間貯蔵後	有意差
2℃	7.9	8.3	ns	15.9	15.6	**
5℃	15.2	16.0	**	23.2	22.8	**
10℃	39.0	41.1	**	41.6	40.8	**

- 1) 貯蔵期間：10月30日～12月11日
- 2) 有意差：各温度、各品目別に、貯蔵開始時と 6 週間貯蔵後の呼吸速度の差の検定（t 検定）、ns（有意差なし）、**（ $P < 0.01$ ）

第3表 ツバキおよびイヌツゲの出荷時期別呼吸速度 (CO₂mg/kg/hr)

出荷時期	品目別呼吸速度		
	ツバキ	イヌツゲ	
9月	19.1	18.1	c
11月	15.2	23.2	b
1月	19.4	30.1	a

- 1) 5℃貯蔵開始直後の呼吸速度
- 2) 品目別に英異文字間に 5%水準で有意差あり（Tukey-Kramer 法）、ns は有意差なし

性を検討した。

第 2 表に 11 月出荷のツバキおよびイヌツゲの貯蔵開始時および 6 週間貯蔵後の温度別呼吸速度を示した。両品目とも貯蔵温度が高いほど呼吸速度が高く、9 月、1 月出荷でも同様であった（一部データ略）。6 週間貯蔵後の呼吸速度は、ツバキでは 5℃および 10℃で貯蔵開始時よりも有意に高くなったのに対し、イヌツゲでは全ての温度で貯蔵開始時よりも低くなった。

第4表 出荷時期別貯蔵前1週間の気温(°C)

出荷時期	気温		
	最高	最低	平均
9月	29.5	17.1	22.8
11月	27.8	12.4	19.7
1月	14.1	1.8	7.8

- 1) 久留米アメダス測定点のデータ
- 2) 最高・最低は7日間の最高, 最低: 気温
- 3) 平均気温は日平均気温の7日間の平均値

第5表 11月出荷におけるエチレン曝露によるツバキおよびイヌツゲの落葉率(%)

エチレン濃度	1週間曝露		6週間曝露	
	ツバキ	イヌツゲ	ツバキ	イヌツゲ
0ppm	0.0 ns	0.1 ns	2.0 a	0.2 a
1ppm	0.3 ns	1.0 ns	0.0 a	20.6 b
10ppm	1.1 ns	1.9 ns	47.0 b	54.2 c

- 1) 貯蔵期間: 10月30日~12月11日
- 2) 落葉率: 落葉枚数/全枚数
- 3) 同一品目, 濃度間に英異文字間に5%水準で有意差あり (Tukey-Kramer法), nsは有意差なし

第6表 出荷時期および貯蔵時の包装形態が苗木の品質に及ぼす影響

樹種	包装形態	9月				11月				1月			
		減量率 (%)	カビ (%)	落葉 (枚)	葉変色 (枚)	減量率 (%)	カビ (%)	落葉 (枚)	葉変色 (枚)	減量率 (%)	カビ (%)	落葉 (枚)	葉変色 (枚)
ツバキ	無被覆	21.3 a	0	1.5	0.5	14.8 a	0	1	0.7	11.0 a	0	0	0.2
	根鉢被覆	9.6 b	0	1	1	8.1 a	0	0	0.1	4.3 b	0	0	0.1
	全被覆	3.1 c	90	1	1	0.4 b	90	0	0.3	0.1 c	100	0	0.5
イヌツゲ	無被覆	7.8 a	0	0.7		12.4 a	0	0.7		12.7 a	0	1.0	
	根鉢被覆	3.6 b	0	0.4		5.9 b	0	0.5		7.7 b	0	0.5	
	全被覆	0.5 c	40	0		0.2 c	20	0.4		0.2 c	50	0	

- 1) 5°C, 6週間貯蔵後に調査した
- 2) 減量率は根鉢を含めた全重量に対する重量減少割合
- 3) カビは発生株割合
- 4) ツバキの落葉, 変色の数値は苗1ポットあたりの発生枚数。3分の1以上が変色した葉を変色葉とした
- 5) イヌツゲの落葉は貯蔵前後の画像比較により算出
- 6) 包装形態間で英異文字間に5%水準で有意差あり (角変換, Tukey-Kramer法)

第3表にツバキおよびイヌツゲの出荷時期別の呼吸速度を示した。富田・植松(1982)は, ツバキには休止期(10月中旬~4月中旬), 伸長期(4月下旬~5月上旬), 新芽形成期(4月下旬~10月中旬)の生長サイクルがあると報告しており, 本研究に供した苗の出荷時期は, 9月が新芽形成期, 11月および1月が休止期にあたる。ツバキでは出荷時期別の呼吸速度に有意差は認められなかった。それに対し, イヌツゲでは9月に比べ11月, 1月と出荷時期が遅くなるほど呼吸速度は高くなった。出荷前1週間の気温は, 9月や11月では貯蔵温度5°Cとの較差が大きい(第4表)ため, 温度が下がったことに対してイヌツゲがストレス反応として呼吸速度が低下したとも考えられる。呼吸速度では, ツバキとイヌツゲで違った反応が見られたが, 2品目ともに, 9月, 11月, 1月の3出荷時期にいずれの貯蔵温度でも外観的な苗木の品質変化は認められず, 外気温で管理した出庫6週間後にも品

質変化はなかった(データ略)。したがって, 出荷時期を9月としても影響は小さく, 2°C, 5°Cおよび10°Cいずれの貯蔵温度でも輸送可能と考えられた。なお, 貯蔵中のエチレン濃度を測定したが, 2品目とも貯蔵温度や出荷時期に関わらずエチレンは検出されなかった(データ略)。エチレンは果実の成熟や組織の傷害などで生成されるが(倉石1988), 本試験においては, 両品目とも振動機による加振によりエチレンを発生せず, ツバキに関しては葉の除去に伴う傷害によってもエチレンを発生しなかった。したがって, ツバキ, イヌツゲともに出荷時期に関わらず2~10°Cの気温条件ではエチレンを発生せず, かつ軽微な傷害を受けてもエチレンを発生しないことが明らかになった。

試験2 貯蔵中のエチレン曝露が苗木の品質に及ぼす影響

第7表 出荷時期および包装形態別の貯蓄による葉の色差値の変化量

樹種	出荷時期	包装形態	貯蔵開始時			貯蔵終了時			変化量		
			L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
ツバキ	9月	無被覆	26.8	-2.4 a	3.3 a	24.6	-7.0 c	7.3 a	-2.2 b	-4.7 c	4.0 a
		根鉢被覆	25.7	-4.5 b	5.1 b	24.9	-4.6 b	7.3 a	-0.8 a	-0.1 a	2.2 b
		全被覆	26.3	-1.4 a	2.6 a	25.2	-2.7 a	4.3 b	-1.1 a	-1.4 b	1.7 b
	11月	無被覆	27.1 ab	-8.5	14.1	26.9 b	-5.6	12.5 b	-0.1	2.9	-1.6 b
		根鉢被覆	28.0 a	-7.6	13.4	28.2 a	-4.6	15.6 a	0.2	3.0	2.3 a
		全被覆	26.0 b	-8.7	11.8	26.5 b	-4.6	10.6 c	0.5	4.1	-1.2 b
イヌツゲ	9月	無被覆	32.1	-7.3	12.9	32.2	-7.3	12.7	0.1	-0.1	-0.2
		根鉢被覆	32.8	-7.3	13.4	32.3	-7.3	13.3	-0.5	0.0	-0.1
		全被覆	32.4	-7.2	12.6	32.6	-7.6	12.9	0.2	-0.4	0.3
	11月	無被覆	31.7	-7.1	12.4	30.8	-6.5	11.1 b	-0.9	0.6 a	-1.3 c
		根鉢被覆	31.9	-7.1	12.6	31.1	-6.7	12.0 ab	-0.8	0.4 a	-0.6 b
		全被覆	32.3	-7.1	12.6	31.3	-7.0	13.1 a	-1.0	0.1 b	0.5 a

1) 各数値は調査した10枚の平均値

2) 各出荷時期別に被覆処理間の英異文字間に5%水準で有意差あり (Tukey-Kramer法)

エチレンと樹木の落葉との関連については多くの報告がある (Beyer 1975, 田畑・大久保 1980)。試験1の結果から、ツバキ、イヌツゲとも貯蔵中に樹体からのエチレン発生は認められなかった。しかし、EUへの輸出では複数品目の混載輸送が想定されるため、外的エチレンに対する感受性を明らかにすることは重要である。第5表にエチレン曝露後の落葉率を示した。曝露期間が1週間の場合、エチレン濃度が1ppm、10ppmの両方で落葉が認められたが、ツバキは最大1.1%、イヌツゲで1.9%と落葉率は低く品質への影響は小さいと考えられた。しかし、曝露期間が6週間になると、ツバキではエチレン10ppmで落葉率47.0%、イヌツゲでは1ppmおよび10ppmでそれぞれ20.6%および54.2%の落葉率を示し、エチレンの影響が明らかに認められた。また、ツバキはエチレン1ppmで落葉しなかったことから、品目によりエチレン感受性に差があることが明らかになった。以上のことから、エチレンを発生しない品目とであれば混載輸送が可能と考えられた。

試験3 包装形態が苗木の品質に及ぼす影響

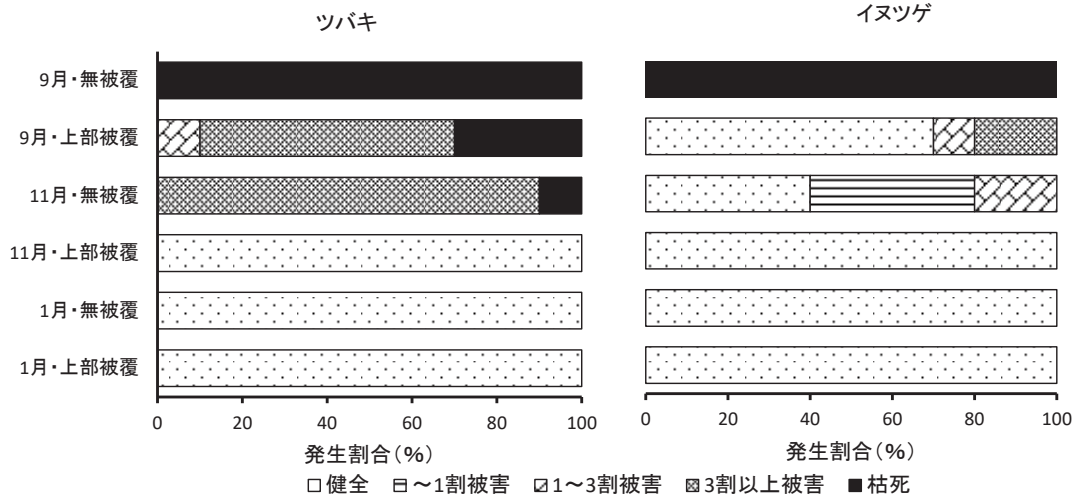
出荷時期および貯蔵中のPEフィルム被覆がツバキおよびイヌツゲの品質に及ぼす影響を第6表に示した。減量率は両品目とも無被覆、根鉢被覆、全被覆の順に低く、出荷時期が異なっても同じ傾向が認められた。いずれの試験区においても落葉や葉の変色など明らかな品質低下はごくわずかであった。ただし、全被覆の場合は枝にカビが多発し (第3図)、包装内部の過湿状態がカビの発生を助長したと推察された。

第7表にツバキおよびイヌツゲの貯蔵前後の葉の色差



第3図 貯蔵期間中の全被覆により苗木に生じたカビ
ツバキ(左)・イヌツゲ(右)

値 (L^* , a^* , b^*) を示した。被覆条件の違いによる色差値変化量を比較すると、9月出荷のツバキでは、根鉢被覆区および全被覆区は無被覆区と比較して、 ΔL^* 値、 Δa^* 値、 Δb^* 値のいずれも小さかったことから、また、イヌツゲの9月出荷では、色差値の変化量に差は認められなかったが、11月出荷では Δb^* 値に差がみられ、根鉢被覆による葉色の保持効果が認められた。全被覆で発生したカビは苗木の樹皮や支柱などに発生するのみで、健全な葉や芽には見られなかった。カビは開封後に乾燥して確認できなくなり、出庫後の苗木の品質への悪い影響はなかったことから、無害なカビであり外観品質のみ低下したと判断された。千葉県(2011)は苗木輸送中の品質低下の主要因として、輸送温度と根鉢の乾燥を指摘している。また、古川・及川(1982)はスギ、ヒノキ、アカマツの苗木の根鉢の土を落とし全体をポリエチレンフィルムで包



第4図 出荷時期別の寒気遭遇による被害とフィルム被覆の効果

1) ツバキは葉の総数に占める被害割合, イヌツゲは苗木ごとの被害割合

んで 11 月下旬から貯蔵した試験において, 5℃ではカビが発生し植栽後の活着率が低下したのに対し, 0℃および 3℃貯蔵では 5 月までカビが発生せず, 貯蔵温度は-3~3℃が適していること, ならびにフィルムではなく菰巻きすると苗木が乾燥し活着率が低下したことを報告している。本研究では試験期間を通じて落葉や変色など明らかな品質低下が認められず, 包装形態と苗木品質との関連性は明らかにできなかった。しかし, ツバキでは根鉢被覆を行うことで色差値の変化が有意に小さくなったこと, 全被覆ではカビの発生による外観品質の低下やカビが植物検疫では病害菌と判断される懸念があることを考慮すると, 包装形態は根鉢被覆がよく, 2~10℃の範囲では低い貯蔵温度が品質保持に有効であると考えられた。

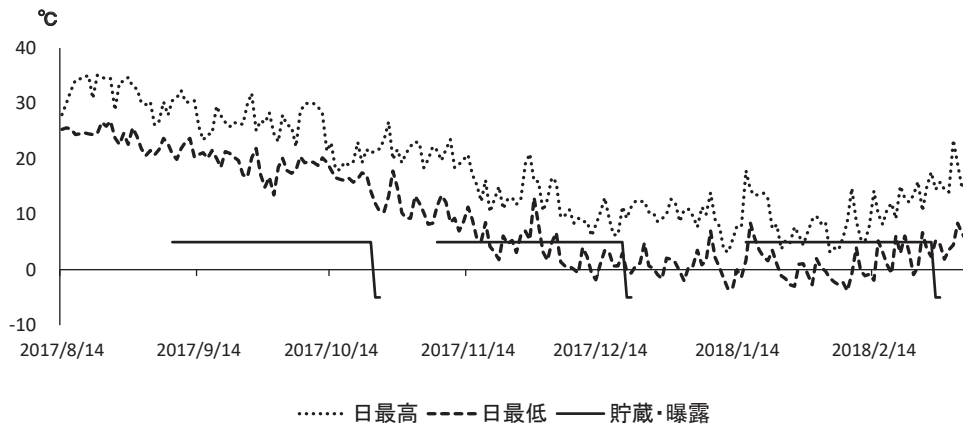


第5図 11 月出荷後の寒気曝露によるツバキ苗木の被害

1) a: 貯蔵前 b: 寒気曝露 14 日後
c: 寒気曝露直後 d: 寒気曝露 14 日後

試験4 出庫後の寒気遭遇が苗木の品質に及ぼす影響

6 週間 5℃で貯蔵した苗を, -5℃に 24 時間静置し, 出荷時期別の寒気遭遇による被害とフィルム被覆の効果を図 4 に示した。無被覆の場合, ツバキおよびイヌツゲとも 9 月出荷苗は寒気遭遇後に全ての苗が枯死した。11 月出荷の無被覆のツバキでは 10%の苗が枯死し (第 5 図),



第6図 貯蔵試験・寒気曝露試験時の気温 (久留米)

残りの苗にも 3 割以上の葉に落葉または葉枯れの傷害が認められた。11 月出荷の無被覆のイヌツゲでは、9 月出荷苗と比較すると凍結傷害は大きく減少し、健全 40%、1 割未満の落葉等 40%、1~3 割の落葉等が 20%の発生株率となった。また、1 月出荷苗では両品目とも被覆の有無に関わらず落葉や葉枯れは認められなかった。第 6 図に試験を行った久留米市の貯蔵試験期間を通じた日最高・日最低気温の推移を示した。9 月貯蔵前の日最低気温は 20℃程度であるのに対し、11 月と 1 月の貯蔵前は日最低気温がそれぞれ 10℃、5℃程度であり、貯蔵前の温度が低いほど寒気遭遇による葉の被害が少ない結果となった。石塚ら(2015)は、温度応答モデルを用いた検討から、トドマツの耐凍性獲得のタイミングは低温シグナルにตอบสนองし、低温に遭遇する機会の蓄積に応じて耐凍性が徐々に高まり、温度に依存した応答調節機能が存在するとしており、今回の試験結果はそれを支持する結果であった。クワの枝(直径 0.6mm、長さ 1.5cm)の皮層組織では 5℃、5~20 日の貯蔵で、ヤブツバキでは-1~-4℃、20 日貯蔵で耐凍性が獲得されている(酒井 1956, 1978)。本研究では、3 出荷時期とも苗木は 5℃で 6 週間貯蔵されており、特に 9 月、11 月貯蔵は貯蔵前より低い 5℃で 6 週間貯蔵されたにもかかわらず耐凍性に差が生じた。ツバキは 9 月が新芽形成期、11 月が休止期(富田・植松 1982)であり、葉の成熟度が耐凍性獲得に影響したとも考えられた。大畠ら(1981)はマツ属の樹木について耐凍性の季節変動を調査し、耐凍性の獲得は低温の刺激だけでなく、短日条件が関与している可能性も示唆している。したがって、暗黒条件で貯蔵を行った本研究においても、出荷前に短日条件で管理するならば、貯蔵中の低温条件で耐凍性が獲得される可能性があり、今後、さらに研究が必要である。

苗木の上部をポリエチレンフィルムで被覆した場合、寒気遭遇による凍結傷害は、品目に関わらず抑制されることが明らかになった。フィルム内外で温度差はなかったことから、フィルムによる被覆は凍結防止ではなく、冷蔵室内の冷気に対する防風、乾燥防止であったことも考えられ、今後も検討が必要である。以上のように出荷時期によって苗木の耐凍性が異なることから、出荷する輸出相手国が寒冷な気象条件である場合は、苗の保管時に覆い資材等を用い直接寒気に当たらないようにすることで傷害発生を軽減できると考えられた。

引用文献

Beyer EM (1975) Abscission the initial effect of

ethylene is in the leaf blade. *Plant Physiol.* 55 : 322-327.

- 茶珍和雄(1991)呼吸作用. 青果物・花き鮮度管理ハンドブック. サイエンスフォーラム, 東京, p.25-28.
- 千葉県(2011)輸出用植木の長期輸送技術の開発. 千葉県農林総合研究センター平成 23 年度業務概要. p.72.
- 古川 忠・及川伸夫(1982)林木の苗木の低温貯蔵試験. 林業試験場研究報告 317 : 139-145.
- 石塚 航・小野清美・原 登志彦・後藤 晋(2015)北方針葉樹トドマツの低温への適応; 耐凍性獲得のタイミングと遺伝的変異. *低温科学* 73 : 81-92.
- 倉石 智(1988)植物ホルモン第 2 版. 東京大学出版会, 東京, p.1-149.
- 農林水産省(2007)輸出実行プラン(花き)平成 19 年度海外輸出環境現地調査報告 イタリア編 II. http://www.maff.go.jp/j/shokusan/export/e_zikkou_plan/flower/pdf/report_01_02.pdf (2018 年 5 月 16 日閲覧)
- 農林水産省(2017a)平成 27 年花木等生産状況調査. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500510&tstat=000001046964&cycle=7&year=20150&month=0&tclass1=000001046965&tclass2=000001102856> (2018 年 7 月 16 日閲覧)
- 農林水産省(2017b)平成 28 年農林水産物・食品の輸出実績. http://www.maff.go.jp/j/shokusan/export/e_info/attach/pdf/zisseki-54.pdf (2018 年 7 月 16 日閲覧)
- 大畠誠一・長谷川洋三・酒井 昭(1981)マツ属の耐凍性と分布: I. 耐凍性の季節変化. *日本生態学会誌* 31 : 79-89.
- 酒井 昭(1956)植物における耐凍性増大と外圍温度. *低温科学* 14 : 7-15.
- 酒井 昭(1978)日本の常緑及び落葉広葉樹の耐凍性. *低温科学* 35 : 15-43.
- 田畑勝洋・大久保良治(1980)ヒノキの fenitrothion (Sumithion[®])による異常落葉現象のメカニズム(I). *日林誌* 62 : 249-253.
- Thinh NQ, Iwamura K, Shrestha R, Sugimura N (2017) A Study on Supercooled Storage of Leaf Lettuces Produced in Plant Factory. *Japan Journal of Food Engineering* 18 : 25-32.
- 富田 広・植松盾次郎(1982)ツバキ属の生育・開花に関する研究. 埼玉県園芸試験場報告 11 : 21-28.