

【論文】

## 薬剤を用いた無花粉スギコンテナ苗の苗高成長を抑える育苗方法

杉田 久志\*・岡山 侑子\*・斎藤 真己\*

Method to produce containerized seedlings of pollen-free Japanese cedar  
suppressing height growth with plant growth regulating agents

Hisashi SUGITA\*, Yuko OKAYAMA\*, Maki SAITO\*

無花粉スギ「立山 森の輝き」のコンテナ苗は無花粉苗選抜の過程でジベレリン処理を行うため、徒長して大苗になるものが多く、規格に適合した割合の低下が問題となっている。薬剤により苗高成長を抑えて得苗率を改善する育苗法を検討するため、3つの植物成長調節剤の効果を調べた。ジベレリン処理を行った3年生苗を用いた場合、対照処理では規格(苗高35~70cm)に適合した得苗率が41%にとどまった。トリネキサパックエチル5倍処理、パクロブトラゾール標準処理、エテホン標準処理は、いずれも苗高成長を抑制する効果がみとめられ、とくにトリネキサパックエチルには得苗率を61%に改善する効果もみられたが、形状比は変わらなかった。残り2つの薬剤は得苗率と形状比に効果がなかった。ジベレリン処理なしの2年生苗を用いた場合は、トリネキサパックエチル処理で苗高と直径の成長がともに抑制されて形状比は変わらなかった。パクロブトラゾール処理では苗高と直径の成長に及ぼす影響は不明瞭であったが、形状比を低下させる効果がみられた。翌年春の苗畑植栽後には成長抑制効果は残留せず、むしろ形状比の高い植栽木の相対樹高成長率を高める効果がみられた。

キーワード：規格・形状比・植物成長調節剤・トリネキサパックエチル・パクロブトラゾール

### 1. はじめに

拡大造林期に造成された人工林が主伐期を迎えるなか、再造林にかかる経費をいかに削減するかが課題となっている。その解決策として期待されているのがコンテナ苗の導入である。コンテナ苗は運搬や植栽で利便性に優れ、効率的に植栽することができ(森林総合研究所九州支所 2013; 図子 2018)、植栽可能な季節が長い(山川ら 2013; 図子 2018)。伐採から植栽までの一貫作業システムと組み合わせることにより、再造林における経費縮減や省力化に効果を上げることが期待できる(今富 2011; 森林総合研究所九州支所 2013)。

密植で栽培されるコンテナ苗は一般的に裸苗に比べて徒長気味であり、形状比が高いことが指摘されている(Grossnickle and El-Kassaby 2016)。徒長気味のサイズの大きいコンテナ苗は、植栽地

への運搬や植栽効率、植栽後の倒伏などの観点から難があり(全国山林種苗協同組合連合会 2010)、植栽後の初期の樹高成長が裸苗より劣ることも報告されている(檀間ら 2015; 八木橋ら 2016)。良質なコンテナ苗を出荷するために形状的な規格が各都道府県で定められ、富山県では苗高35~70cmという規格になっているが、その上限を超えたものは規格外となって出荷できず、廃棄処分されている。とくに、近年花粉症が社会問題になるなかでコンテナ苗の導入が進められている優良無花粉スギ「立山 森の輝き」(斎藤・寺西 2014)は、無花粉のものを選抜する過程で強制的に着花させるためにジベレリン処理を行うので、その副作用で徒長して大苗になる傾向が強くなり、規格に適合した苗の割合(得苗率)の低下が問題となっている。このようなことから、コンテナ苗の苗高成長を抑制し、形状比を低く抑え得苗率を改

\* 富山県農林水産総合技術センター森林研究所 〒930-1362 富山県中新川郡立山町吉峰3 (Forest Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural, Forestry & Fisheries Research Center, 3, Yoshimine, Tateyama Town, Toyama 930-1362, Japan)

善する育苗技術が求められている（斎藤・後藤 2019；斎藤 2022a, b）。

苗高成長や形状比を抑える育苗法として、苗間を広げて低密度で育苗する方法、徒長した苗の梢端部分を切断する方法（斎藤・後藤 2019）、コンテナを傾斜させて積雪下に設置して根元曲がりを生じさせる方法（斎藤 2022b）などが提案されているが、植物成長調節剤を用いて成長を抑制するのも有効な方法のひとつと考えられる。スギの伸長成長抑制に有効な薬剤やその濃度について検討した研究には、エテホンの散布が1年生苗の苗高成長を抑制し、その効果は散布した年のみで翌年以降に影響がないことが報告されている（斎藤 2020）が、出荷時までの成長に、さらには植栽後の成長に及ぼす効果を検証したものはみられない。

本研究は、無花粉スギ「立山 森の輝き」のコンテナ苗の苗高成長の抑制に有効な薬剤とその濃度について探索し、さらに植栽後の抑制効果の残留性、植栽時の形状比と植栽後の成長との関係についても検討した。

## 2. 材料および方法

### 2.1 材料

#### (1) 苗木

富山県森林研究所で育成した「立山 森の輝き」の実生苗を実験に使った。この品種は雄性不稔遺伝子をホモ型 (aa) で保有する種子親の「F<sub>1</sub> 小原 13 号」とヘテロ型 (Aa) で保有する花粉親の「珠洲 2 号」を交配したものである（斎藤・寺西 2014）。セル苗（10～20 cm）をマルチキャビティコンテナ 300cc 用あるいは M スターコンテナ 400cc 用に移植した後、ビニールハウスで育成した。培土には、ココピートオールド（商品名：エージドココ）と赤玉小粒を 9：1 の割合で混合したものを使用し、元肥として緩効性コーティング肥料のハイコントロール 085（180 日タイプ、N 10：P 18：K 15）（ジェイカムアグリ社）を培土 1ℓ あたり 5g 投与した。2 年目以降は同肥料を追肥として個体あたり 2.5g 投与した。育苗中は、1 日 2 回（8 時と 17 時）の自

動ミスト灌水を行った。

実験 1 に供した苗木については、着花を誘導するために、2 年生時の 7 月上旬と中旬に 100 ppm に調整したジベレリン水溶液（協和発酵）を滴る程度に 2 回散布した。

#### (2) 薬剤（表-1）

以下の 3 つの植物成長調節剤を検討対象とした。

##### ①トリネキサパックエチル（TNE と略記）

ジベレリン生合成を阻害することにより葉の伸長及び茎部の節間伸長を抑制する。日本芝および西洋芝の刈り込み労力軽減や品質向上に用いられるが、スギ雄花の着花にも抑制効果があることが報告されている（西川ら 2008）。

##### ②パクロブトラゾール（PBZ と略記）

ジベレリン生合成を阻害し、植物に矮化作用を発揮する。シバ、農耕地外雑草の生育抑制および緑化木の新梢伸長抑制に用いられる。

##### ③エテホン（EP と略記）

散布後 1～2 日以内に植物体内で分解してエチレンを発生し、伸長成長の抑制や果実の成熟をもたらす。果樹類の着色・熟期促進、摘果・落葉促進、開花促進、倒伏軽減などに用いられる。1 年生のスギ苗の伸長成長を抑制することが報告されている（斎藤 2020）。

### 2.2 実験方法

以下の 3 つの実験を行った。

#### <実験 1> ジベレリン処理を行った 3 年生苗を対象

ジベレリン処理を行った 3 年生のマルチキャビティコンテナ苗を用い、富山県森林研究所構内（富山県中新川郡立山町吉峰、標高 230m）において 7.5cm 間隔のコンテナに 1 列おきに配置し、野外で育成した。2020 年 6 月 9 日に追肥を与えた。薬剤は、①トリネキサパックエチル、②パクロブトラゾール、③エテホンについて(A) 標準濃度と(B)その 5 倍濃度の処理を設け、さらに何も散布しない対照処理 (0ppm) を加えた。標準濃度は、製造会社が定めた仕様書や文献（西川ら 2008）を参考に、表-1 のように決めた。供試個体数は、各薬剤・濃度で 45 個体、対照が 75 個体とした。薬剤は、同年 6 月 18 日

表-1 実験に供した薬剤と標準の希釈倍数・濃度

	①トリネキサパックエチル(TNE)	②パクロブトラゾール(PBZ)	③エテホン(EP)
濃度	11.2%	21.5%	10.0%
機構	ジベレリン生合成を阻害	ジベレリン生合成を阻害	エチレン作用
剤型	液剤	フロアブル剤	液剤
標準希釈倍数	2000倍	250倍	300倍
有効成分の標準濃度	56ppm	860ppm	333ppm



写真-1 実験2の様子

に所定の濃度に調整した液剤を苗 1 本あたり 14.5ml 葉面に散布した。散布は前後に降雨のない日に実施し、散布前後には灌水を一時停止した。同年 6 月 17 日と 10 月 16 日に苗高、地際直径を測定した。

#### 〈実験2〉 ジベレリン処理なしの2年生苗を対象

無花粉苗選抜を行わずに 2 成長期経過後に出荷することを想定して、ジベレリン処理をしていない 2 年生の M スターコンテナ苗を用い、6.5cm 間隔のコンテナに 1 列おきに配置して、実験 1 と同一場所において野外で育成した (写真-1)。2021 年 4 月 27 日に追肥を投与した。実験 1 において抑制効果がみとめられた薬剤について、その濃度を中心に 3 段階の濃度を検討した。供試個体数は各処理 40 個体 (薬剤あたり 120 個体)、対照処理 40 個体である。薬剤処理は同年 5 月 29 日に所定の濃度に調整した液剤を苗 1 本あたり 14.5ml 葉に散布した。苗高および地際直径の測定を同年 4 月 27 日と 11 月 15 日に実施した。

#### 〈実験3〉 植栽後の薬剤の効果の残留性を検証

植栽後の抑制効果の残留性を検証するために、実験 2 で用いた苗木を翌年春に河岸段丘上の平坦地 (標高 230m) に位置する富山県森林研究所の苗畑に植栽した (植栽時に 3 年生)。2022 年 4 月 22 日に幅 90cm の畝にディブルを用いて 30cm 間隔で植穴をあけて植栽した (写真-2)。本数は、トリネキサパックエチル 2.5 倍 38 本、同 5 倍 27 本、同 7.5 倍 37 本、パクロブトラゾール 0.5 倍 33 本、同標準 36 本、同 2.5 倍 34 本、および対照処理 28 本である。同年 10 月 31 日に樹高と地際直径を測定した。

### 2.3 解析方法

形状比、苗高および地際直径の成長と相対成長率は以下の式で求めた。

$$\text{形状比} = \text{苗高 (mm)} / \text{地際直径 (mm)}$$



写真-2 苗畑に植栽 (実験3)

$$\text{成長} = (\text{秋の値}) - (\text{春の値})$$

$$\text{相対成長率} = \ln(\text{秋の値}) - \ln(\text{春の値})$$

処理 (薬剤の濃度) による苗高、地際直径とそれぞれの成長量、相対成長率、および形状比とその変化のちがいを Kruskal-Wallis 検定により検討した。多重比較は Mann-Whitney の U 検定をすべての処理の組み合わせについて行い、 $p$  値の補正は Holm 法を用いた。形状比と相対樹高成長率との関係を Spearman 順位相関係数により検討した。富山県の苗木の規格 (苗高 35~70cm、地際直径 5mm 以上) に適合した本数の割合を得苗率として求め、そのちがいを Fisher の正確確率検定により検討した。

## 3. 結果

### 3.1 ジベレリン処理あり 3 年生苗 (実験 1)

実験 1 の結果を図-1 に示す。対照処理ではこの生育期間に苗高が平均で 59cm から 73cm へ、地際直径は 8.7mm から 9.5mm へ、形状比は 70 から 79 へと変化した。10 月の苗高の最大値は 100cm で、規格に適合した得苗率は 41.1% だった。

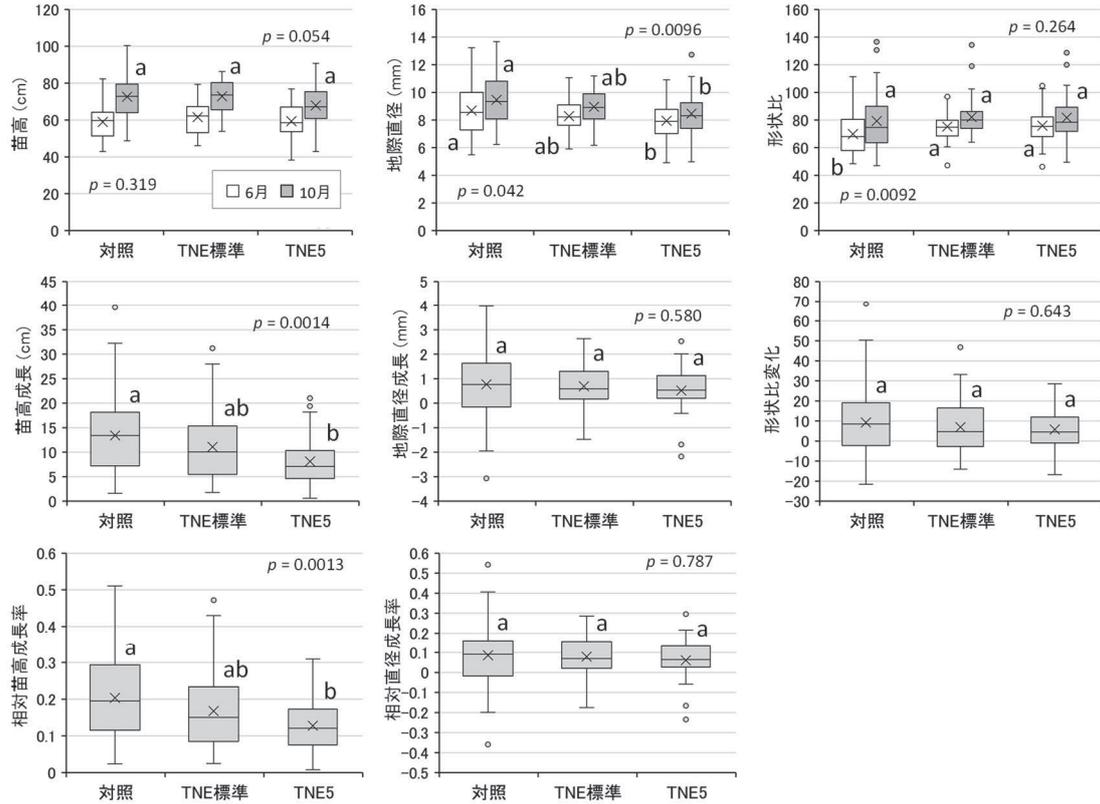
#### ① トリネキサパックエチル処理 (図-1 左上)

処理により苗高成長が低下し、とくに 5 倍処理では対照処理と比べて有意に低かったが、10 月の苗高の値では有意でなかった。地際直径成長では処理間の有意なちがいがみられず、形状比の変化でも有意でなかった。得苗率は標準処理が 40.9% で対照と変わらなかったが、5 倍処理では 61.4% で対照より有意に高かった ( $p=0.038$ , Fisher の正確確率検定)。標準処理では色の異状はみられなかったが、5 倍処理では先端部の葉に黄変がみられた (写真-3)。

#### ② パクロブトラゾール処理 (図-1 左下)

標準処理の苗高の成長および相対成長率は対照より有意に低かったが、10 月の苗高の値では有意

①トリネキサパックエチル (TNE)



②パクロボトラゾール (PBZ)

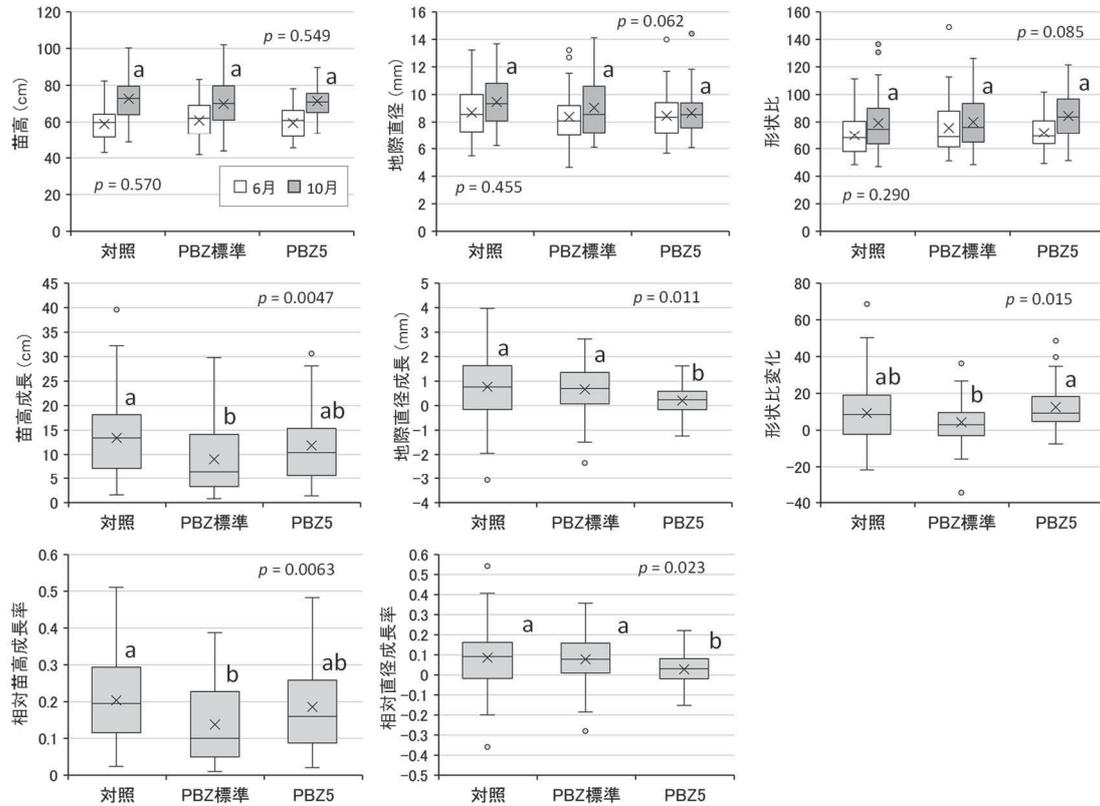


図-1 実験1における各処理の苗高, 地際直径, 形状比, およびその成長, 相対成長率の箱ひげ図  
 ①トリネキサパックエチル, ②パクロボトラゾール, ×は平均値, 処理によるちがいの有意性はKruskal-Wallis  
 検定 ( $p$ 値, 左下: 6月, 右上: 10月), 処理間の多重比較はMann-WhitneyのU検定,  $p$ 値の補正はHolm法,  
 同じ記号が付いたものは有意なちがいが無い ( $p > 0.05$ )

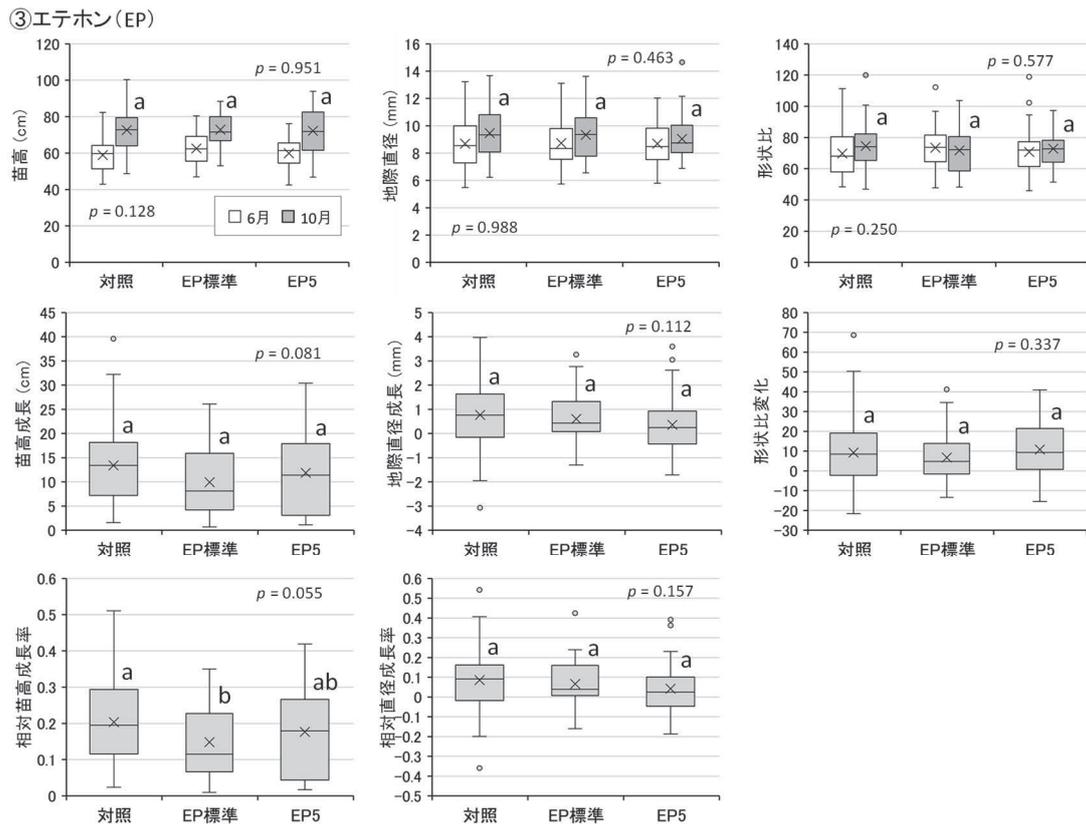


図-1 (続き) ③エテホン

なちがいにはなかった。地際直径成長は、標準処理では対照とちがいがなかったが、5倍処理では有意に低かった。10月の直径の値では処理間で有意なちがいはみられなかった。形状比の変化は標準処理で低い値を示したが、対照と有意なちがいはなく、10月の形状比の値でもちがいがなかった。5倍処理では形状比の値がむしろ高かった。得苗率は標準処理48.9%、5倍処理44.4%で、いずれも対照と有意なちがいはなかった。

③エテホン処理 (図-1 右)

標準処理の苗高成長は対照と有意なちがいがみられなかったが、相対苗高成長率では対照より有意に低かった。しかし、地際直径については成長、10月の値ともに処理間で有意なちがいはなかった。形状比でも同様に処理によるちがいはなかった。得苗率は標準処理34.9%、5倍処理41.9%で、いずれも対照と有意なちがいはなかった。

### 3.2 ジベレリン処理なし2年生苗 (実験2)

実験1において苗高成長に有意な抑制効果が

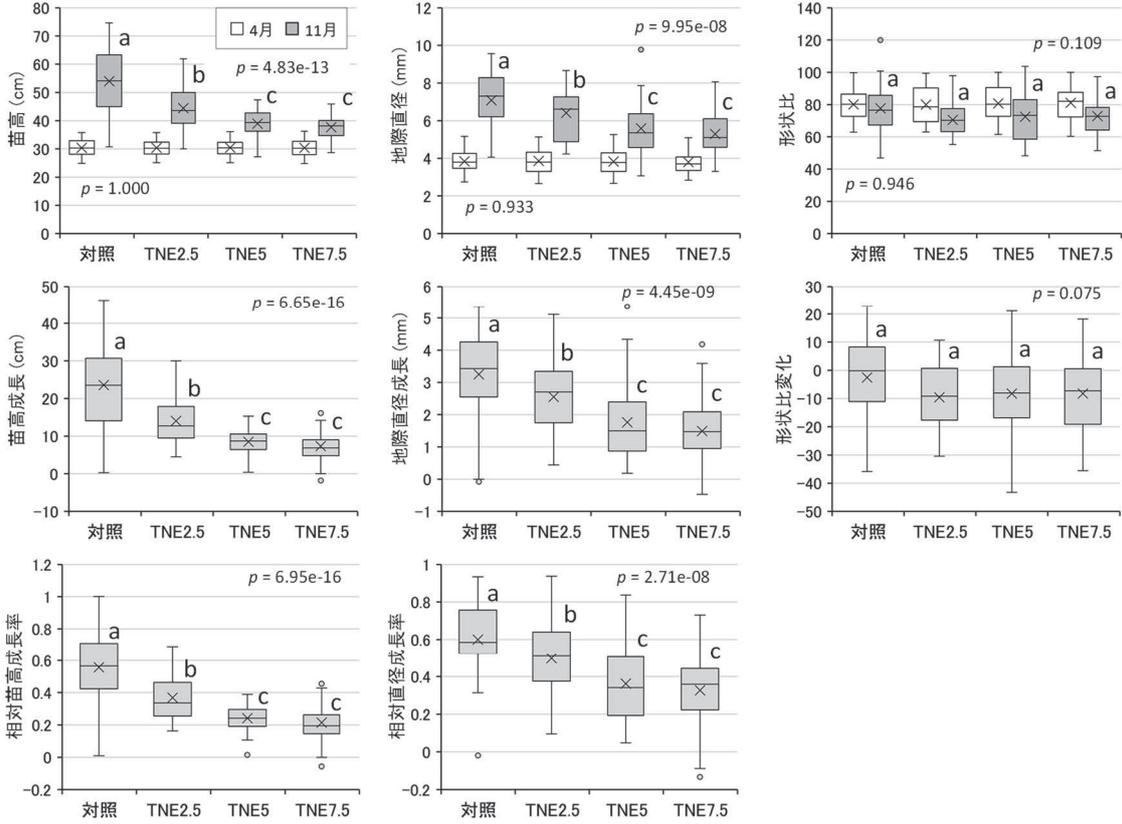


写真-3 トリネキサパックエチル5倍処理による褐変 (実験1)



写真-4 トリネキサパックエチルによる褐変 (実験2) (左): 7.5倍処理, (右): 2.5倍処理

①トリネキサパックエチル (TNE)



②パクロブトラゾール (PBZ)

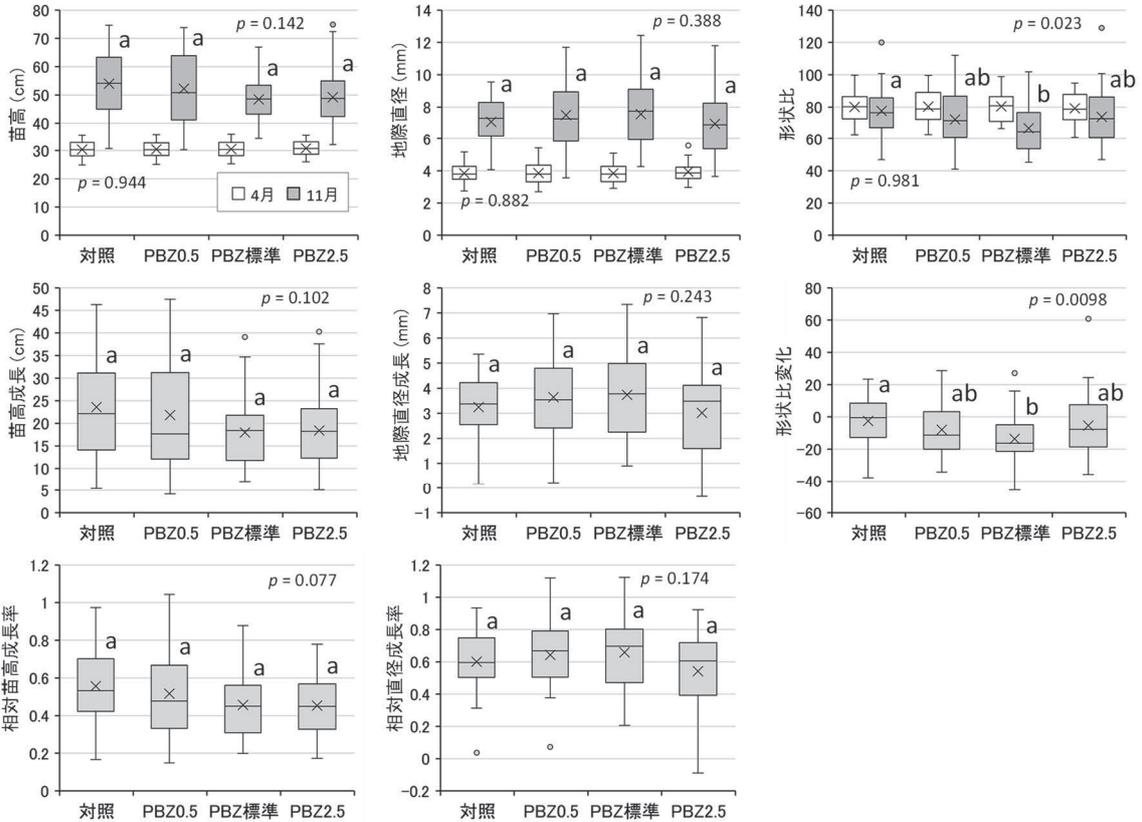


図-2 実験2における各処理の苗高, 地際直径, 形状比, およびその成長, 相対成長率の箱ひげ図  
 処理によるちがいの有意性はKruskal-Wallis検定 ( $p$ 値, 左下: 4月, 右上: 11月), 多重比較の  $p$  値の補正  
 はHolm法。同じ記号が付いたものは有意なちがいが無い ( $p > 0.05$ )

みとめられたトリネキサパックエチルとパクロブトラゾールについて、以下の3段階の濃度で実験を行った。前者は標準の(a)2.5倍、(b)5倍、(c)7.5倍、後者は標準の(a)0.5倍、(b)1倍、(c)2.5倍を設け、さらに対照処理を加えた。

実験2の結果を図-2に示す。対照処理ではこの生育期間に苗高が平均で30cmから54cmへ、地際直径が3.8mmから7.1mmへと成長し、形状比は80から78へと微減した。11月の苗高の最小値、最大値はそれぞれ30.7cm、74.6cm、規格の上限苗高(70cm)を超えたのは2本のみで、むしろ下限地際直径(5mm)を下回ったものが5本あり、得苗率は82.5%であった。

#### ①トリネキサパックエチル (図-2 上段)

散布により、どの濃度でも苗高、地際直径ともに成長および秋の値が濃度に応じて著しく抑制された。相対成長率は苗高、地際直径ともに成長と同じ傾向を示した。形状比は、値、変化ともに、どの濃度でも対照と有意なちがいはみられなかった。11月のサイズは規格の上限を超えたものはなく、むしろ下限を下回るものがみられ、得苗率は2.5倍が74.4%、5倍処理が62.5% ( $p=0.078$ )で対照と有意な差でなかったが、7.5倍では52.5%で対照より有意に低かった ( $p=0.008$ )。先端部の葉に褐変がみられ、とくに5倍、7.5倍で顕著であった(写真-4)。

#### ②パクロブトラゾール (図-2 下段)

苗高の成長と相対成長率は標準、2.5倍が対照より低かったが、有意な差ではなかった。直径の成長と相対成長率では、処理間でちがいがみられなかった。形状比の変化と11月の値では、標準処理が対照より有意に低い値を示した。得苗率は、0.5倍が75.0%、標準が92.5%、2.5倍が75.0%で、いずれも対照と有意なちがいはなかった。褐変などの外見上の異常な形状はみられなかった。

### 3.3 植栽後の抑制効果残留性 (実験3)

実験3の結果を図-3に示す。対照処理ではこの生育期間に樹高が平均で57cmから87cmへ、地際直径が7.4mmから17.3mmへと成長し、形状比は78から51へと著しく低下した。

#### ①トリネキサパックエチル (図-3 上段)

樹高成長は2.5倍処理で高く、7.5倍処理で低い値を示したが、どの処理も対照と有意なちがいはなかった。相対樹高成長率では2.5倍処理は対照よりも有意に高かった。地際直径成長はどの処

理も差がなく、相対成長率でみると7.5倍処理が対照より有意に高い値を示した。形状比はどの処理でも50程度に低下し、バラツキも小さくなり、対照とのちがいは有意ではなかった。10月の樹高、地際直径の値はともに5倍処理と7.5倍処理で対照より有意に低かった。実験2でみられた先端部の葉の褐変は、秋には解消していた。

#### ②パクロブトラゾール (図-3 下段)

標準処理の樹高成長は対照と有意なちがいはなかったが、相対成長率では有意に高かった。10月の樹高の値は、0.5倍処理と標準処理が対照と同等で、2.5倍処理は有意に低かった。地際直径成長は濃度にともない低下したが、2.5倍処理のみが対照より有意に低かった。相対成長率ではどの処理も差がなく、10月の値も対照と差がなかった。形状比はどの処理でも10月の値が50程度に低下し、バラツキも小さく、対照とのちがいは有意でなかった。

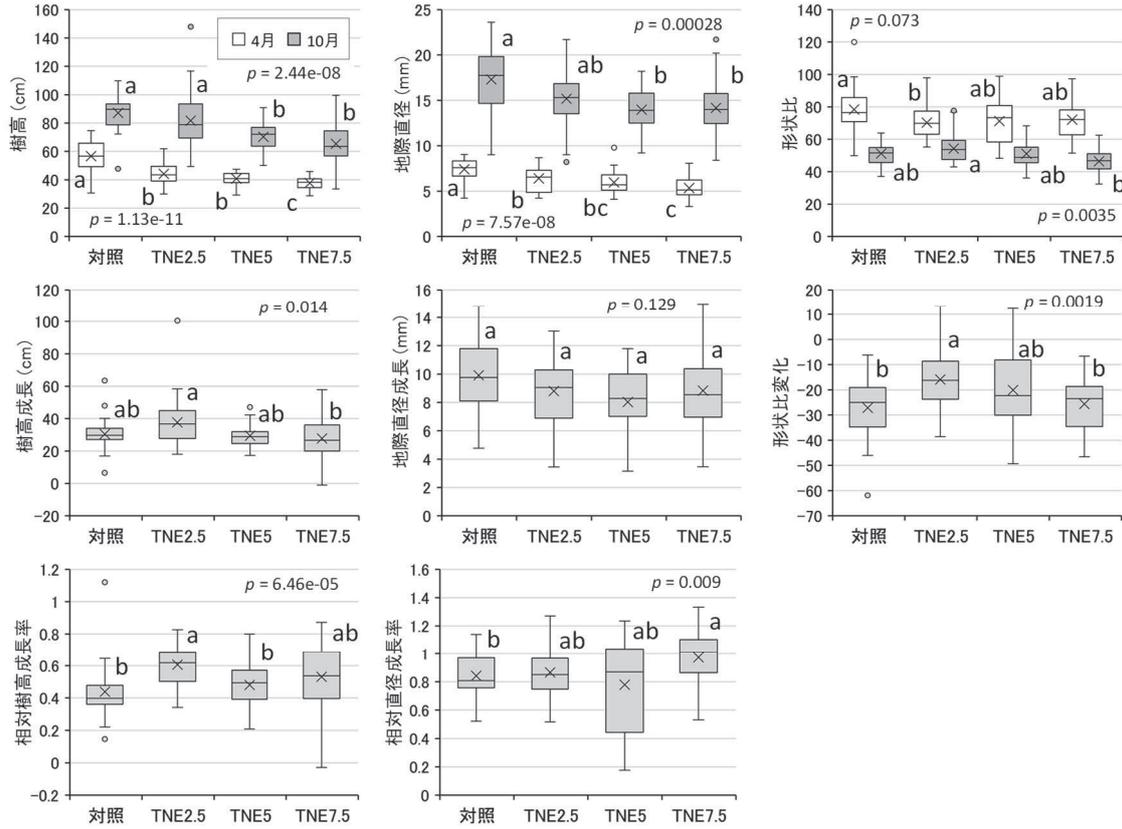
植栽時の形状比と植栽当年の相対樹高成長率との関係を図-4に示す。対照処理では10%水準ではあるが負の相関がみられた。一方、トリネキサパックエチルはどの濃度でも相関がみられず、パクロブトラゾールでは0.5倍と2.5倍で有意な負の相関がみられたが、標準ではみられなかった。また、このグラフでは形状比70以上と未満に分けて、それぞれその処理と対照との相対成長率のちがいを検定し、その $p$ 値を示している。形状比70未満ではどの処理も対照との相対成長率のちがいはみられなかったが、70以上では形状比と成長率の間に相関がみられなかった処理に限り、相対成長率が対照よりも有意に高かった。

## 4. 考察

### 4.1 苗高成長抑制に有効な薬剤とその濃度

「立山 森の輝き」は半数の苗が有花粉となるため、2年生時にジベレリン処理を行い強制的に着花させて無花粉の苗を選別する必要がある(斎藤・寺西 2014)。その選別は3年生の春に行うため、苗高成長の速いものでもそれまで出荷できず、秋植えの苗を生産する場合にはさらに秋まで成長させることになる。ジベレリン処理を行って3成長期育成して無花粉苗を出荷することを想定した実験1において、対照処理の秋の苗高の平均値(73cm)が富山県の規格上限(70cm)を超え、得苗率が41%と非常に低かった(図-1)のは、ジベレリン処理により苗高成長が必要以上に促進され、しかも3年生秋まで据え置かれたために過

①トリネキサパックエチル (TNE)



②パクロブトラゾール (PBZ)

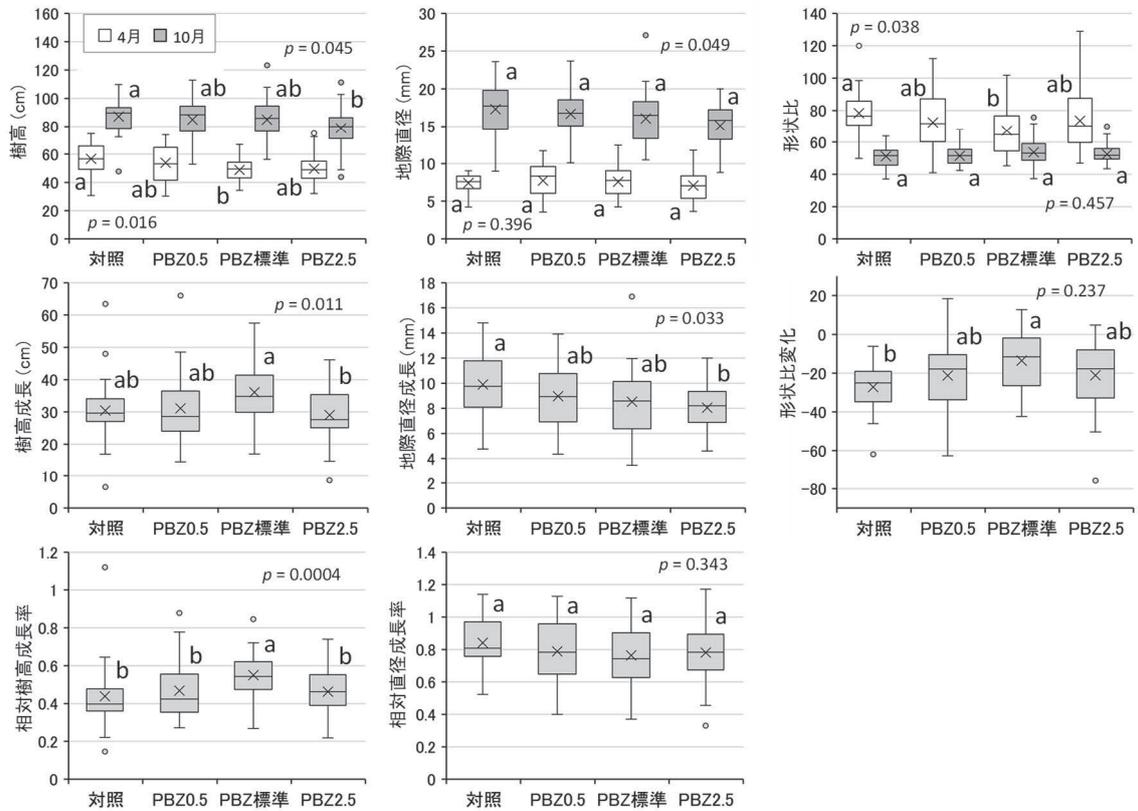


図-3 実験3における各処理の苗高, 地際直径, 形状比, およびその成長, 相対成長率の箱ひげ図  
 処理によるちがいの有意性はKruskal-Wallis検定 ( $p$ 値, 左: 4月, 右: 10月), 多重比較の  $p$  値の補正はHolm  
 法。同じ記号が付いたものは有意なちがいが無い ( $p > 0.05$ )

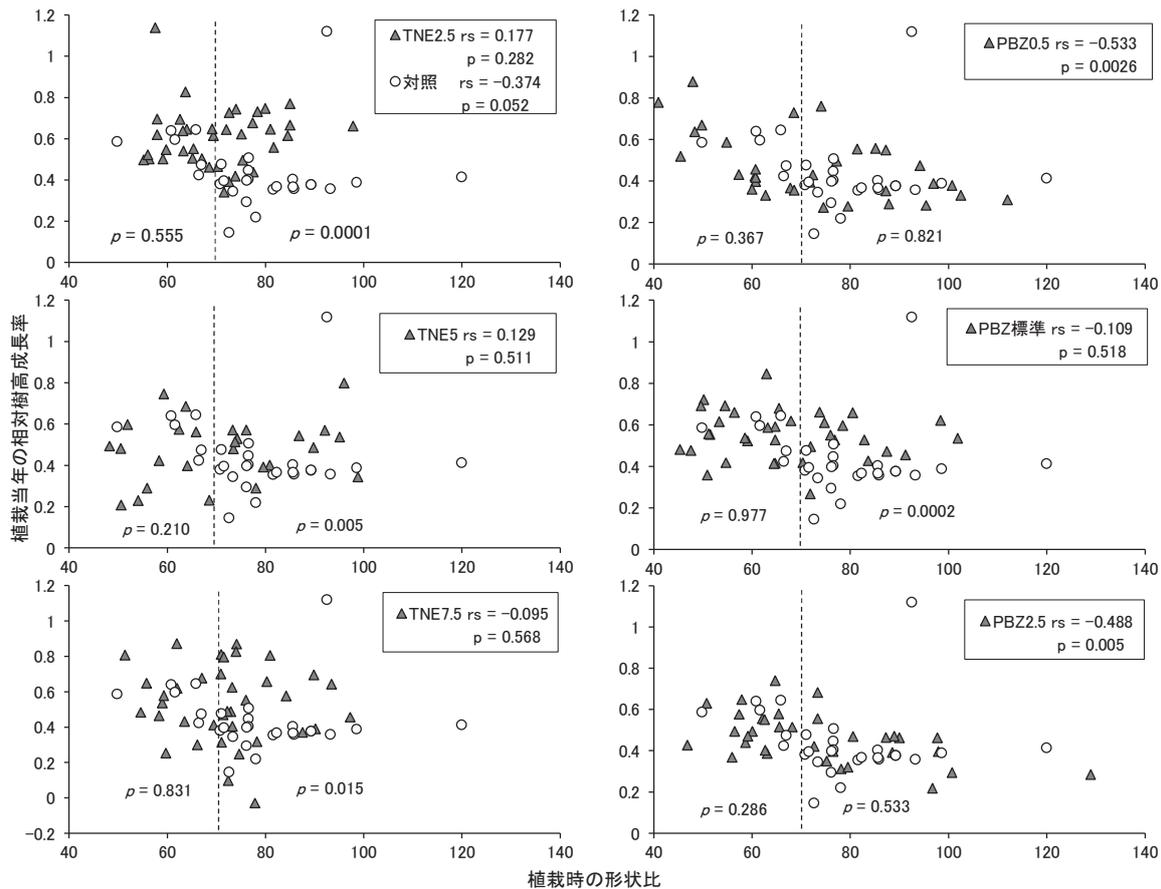


図4 実験3における各処理の植栽時の形状比と植栽後の相対樹高成長率との関係

TNE : トリネキサパックエチル, PBZ : パクロブトラゾール, *rs* : 形状比と相対樹高成長率との Spearman 順位相関係数。それぞれの処理と対照との相対樹高成長率のちがいを形状比 70 以上, 未満別に Mann-Whitney の U 検定で検討。

半数の苗が規格外になってしまったとみられる。無花粉スギとして出荷できる割合はさらに半減して 20%程度と見込まれる。この事実は、得苗率の低下が深刻であり、現行の規格の下では苗高成長抑制が望ましいことを示すものである。

実験1では、トリネキサパックエチル5倍、パクロブトラゾール標準、エテホン標準処理で苗高成長抑制効果がみられることが示された(図-1)。そのうちトリネキサパックエチル5倍処理はその効果が最も顕著であり、得苗率を改善する効果もみられたことから、この処理は「立山 森の輝き」の苗高成長を抑える育苗法として最も効果的であると評価される。しかし形状比を低下させる効果を示す処理はなかった。

ジベレリン処理を行わないで2成長期育てて出荷することを想定した実験2でも、トリネキサパックエチルは苗高成長を抑制する効果を示し、さらに地際直径に対しても顕著な成長抑制効果を示した(図-2)。一方、パクロブトラゾールには苗高成長、直径成長ともに抑制する効果はみられ

なかったが、形状比を低下させる効果がみられた。実験2の結果は実験1の結果と多くの点で異なっており、ジベレリン処理の有無や苗齢のちがいが影響しているのであろう。3年生苗では幹の木質化が進んで薬剤の吸収量が2年生苗と異なり、抑制効果の顕れ方も異なると考えられるが、詳細は不明であり、実験事例を増やして検討する必要がある。なお、実験2の事例では対照処理でさえも規格上限を超えるものがほとんどみられないため得苗率が高く、むしろ下限の地際直径(5mm)を下回るものがみられ、トリネキサパックエチル処理ではむしろ得苗率の低下がもたらされたことは、あえて薬剤を用いて苗高成長を抑える必要のない事案であったことを示している。

#### 4.2 薬害による変色の評価

トリネキサパックエチル処理を行った苗では先端部の葉に薬害とみられる変色がみられ、実験1では枝の先端のみが黄変する程度だった(写真-3)が、実験2では苗の上部のかなりの部分が著

しく褐変し、いかにも病的な様相を呈した(写真-4)。この薬剤による変色については従来から報告されている(西川ら 2008)。変色がみられた処理における薬剤の濃度は、実験1で標準濃度の5倍、実験2で2.5倍以上であり、通常使われるよりもはるかに高いことがわかる。そのような高濃度の処方をもたらす変色は苗木の外観を損ない、商品としての価値を著しく低下させ、流通できない可能性があるため、変色が起こらない濃度を検討する必要がある。

実験2において2.5倍処理の褐変の程度が5倍処理、7.5倍処理よりも著しくないこと(写真-4)から、ジベレリン処理を行った苗でも濃度のランクを増やした実験を行い、変色が著しくなく、かつ苗高成長抑制の効果もみられる濃度を見出して処方することが有効と考えられる。もしその両方を満たす濃度が存在しない場合には、苗高成長抑制効果はトリネキサパックエチルほど顕著ではないものの変色がみられないパクロブトラゾール標準処理やエテホン標準処理を使用することも選択肢になると考えられる。

#### 4.3 薬剤処理が植栽後の成長に及ぼした影響

苗木の出荷時までは運搬・植栽の効率の観点から苗高成長を抑えることが求められるが、植栽後には旺盛な伸長成長を促して速やかに下層植生を抜けさせることが保育経費を削減するために必要である。そのため、薬剤による伸長成長抑制効果は植栽後に持続しないのが望ましい。薬剤処理をした3年生コンテナ苗を春に植栽することを想定した実験3では、薬剤を用いたいずれの処理でも植栽後の樹高成長が対照と同等以上の成長を示し、有意に高い事例(パクロブトラゾール標準の相対成長率)もみられた(図-3)。地際直径の成長でも、パクロブトラゾール2.5倍を除けば対照より有意に劣る処理はなかった。形状比はいずれの薬剤、どの濃度でも著しく低下して対照とともに50前後の値に収束した。このことから、この2つの薬剤については植栽当年には成長量が通常のレベルに戻り、伸長成長を抑制する効果は植栽後には残留しないと判断される。トリネキサパックエチル処理によって生じた褐変も解消し、外観上の悪影響も植栽後には残らないとみられる。

苗木植栽時の形状比が植栽後の成長に影響することが多くの研究で指摘されている(平田ら 2014; 八木橋ら 2016; 壁谷ら 2016)。植栽直後

の樹高の成長や相対成長率は植栽時の形状比と負の相関を示すことが報告され、裸苗より優れた成長が期待できるのは植栽時の形状比が70以下のものであると指摘されている(八木橋ら 2016)。形状比の高いコンテナ苗が植栽後に直径成長を優先して樹高成長を抑えることは競合植生から抜け出るのを遅らせ、誤伐の被害も多くなり、保育経費削減にマイナスに働くと考えられている(八木橋ら 2016)。本研究の実験3の事例でも、対照処理では植栽時の形状比と植栽当年の相対樹高成長率の間に負の相関がみられた(図-4)。しかしながら、トリネキサパックエチルの3つの処理およびパクロブトラゾール標準処理を施された苗では負の相関がみられず、形状比70以上では対照より旺盛な樹高成長を示した。これらの処理はいずれも実験2において顕著な苗高成長の抑制あるいは形状比の低下を示したものであったこと(図-2)から、植栽前に薬剤により伸長成長を抑えたことがその反動として植栽後に形状比の高い苗の樹高成長の低下を改善する働きをしたものと考えられる。

しかしながら、植栽当年秋の樹高はトリネキサパックエチル5倍以上、パクロブトラゾール2.5倍の高濃度処理で対照よりも有意に低かった(図-3)。地際直径も、トリネキサパックエチル5倍以上で有意に低かった。このことは、植栽後の成長が対照と同等のものに回復したとはいえ、植栽後1成長期を経た段階では薬剤の抑制効果により生じた育苗期の成長の遅れを取り戻せていないことを示している。薬剤を用いて成長を低下させることが下層植生から抜け出るのを遅らせることになる可能性も考えられる。ただし、育苗中に生じたコンテナ苗のサイズのちがいがあっても、植栽後の樹齢の上昇に伴って平準化されて差がなくなることが報告されており(袴田ら 2020)、その遅れが今後取り戻せる可能性も否定できない。植栽後数年間の追跡による検証が必要であろう。

#### 謝 辞

本研究をまとめるにあたり貴重なご教示をいただいた富山県農林水産総合技術センター森林研究所の岡子光太郎博士、松浦崇遠副主幹研究員、森林研究・整備機構 森林総合研究所の八木橋 勉博士、本研究で使用した苗木の育成にご尽力いただいた富山県森林研究所の大宮 徹博士、篠原裕

子試験研究補助員, 測定にご協力いただいた岩崎矢須子試験研究補助員に厚くお礼申し上げます。

### 引用文献

- Grossnickle SC, El-Kassaby YA (2016) Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. *New Forests* 47:1-51
- 袴田哲司・山本茂弘・近藤 晃・三浦真弘・平岡裕一郎・加藤一隆 (2020) スギコンテナ苗の植栽時のサイズと初期成長の関係. *森林遺伝育種* 9: 51-60
- 平田令子・大塚温子・伊藤 哲・高木正博 (2014) スギ挿し木コンテナ苗と裸苗の植栽後 2 年間の地上部成長と根系発達. *日林誌* 96: 1-5
- 櫃間 岳・八木橋 勉・松尾 亨・中原健一・那須野 俊・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・柴田鏡江 (2015) 東北地方におけるスギコンテナ苗と裸苗の成長. *東北森林科学会誌* 20: 16-18
- 今富裕樹 (2011) スギ再造林の低コスト化を目指した技術開発一伐採・地拵え・植栽の一貫作業による低コスト化一. *現代林業* 542: 52-55
- 壁谷大介・宇都木 玄・来田和人・小倉 晃・渡辺直史・藤本浩平・山崎 真・屋代忠幸・梶本卓也・田中 浩 (2016) 複数試験地データからみたコンテナ苗の植栽後の活着および成長特性. *日林誌* 98: 214-222
- 西川浩己・久保満佐子・入月浩之 (2008) ジベレリン生合成阻害剤トリネキサパックエチルによるスギ雄花の着花抑制. *山梨県森林総合研究所研究報告* 27: 1-7

- 齋藤真己 (2020) 農業用機械を活用した無花粉スギの省力的な育苗体系. *森利誌* 35: 25-30
- 齋藤真己 (2022a) 規格外になった無花粉スギ実生大苗をコンテナさし木苗へ転換する方法. *富山森林研報* 14: 1-4
- 齋藤真己 (2022b) 積雪による根元曲がりを活用した無花粉スギコンテナ苗の形状比を低く抑える育苗方法. *富山森林研報* 14: 5-8
- 齋藤真己・後藤 晋 (2019) マイクロカッティング技術を応用した無花粉スギの苗木生産量の倍増法. *森林遺伝育種* 8: 1-7
- 齋藤真己・寺西秀豊 (2014) 無花粉 (雄性不稔) スギ品種の開発. *日本花粉学会誌* 60: 27-35
- 森林総合研究所九州支所 (2013) 低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集. 45pp. 森林総合研究所九州支所, 熊本
- 八木橋 勉・中谷友樹・中原健一・那須野 俊・櫃間 岳・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・松本和馬・山田 健・落合幸仁 (2016) スギコンテナ苗と裸苗の成長と形状比の関係. *日林誌* 98: 139-145
- 山川博美・重永英年・久保幸治・中村松三 (2013) 植栽時期の違いがスギコンテナ苗の植栽後 1 年目の活着成長に及ぼす影響. *日林誌* 95: 214-219
- 全国山林種苗協同組合連合会 (2010) コンテナ苗の取り組みの現状と課題について. *緑化と苗木* 151: 3-7
- 図子光太郎 (2018) 乾燥期に植栽したスギコンテナ苗と裸苗の活着, 生育および積雪被害発生状況の比較. *森利誌* 33: 73-80

### Summary

Containerized seedlings of the pollen-free cedar 'Tateyama Mori no Kagayaki' tend to overgrow beyond standard size into large seedlings due to the growth-promoting effects of the gibberellin treatment used to select for pollen-free seedlings. This results in a low proportion of individuals within range of the standard size. To investigate a method of producing pollen-free containerized seedlings by suppressing height growth and improving the proportion of standard-size seedlings, we examined the effects of three plant growth regulating agents on seedling growth. Trinexapac-ethyl treatment showed suppressing effects on height growth and improved standard size proportion but had no effect on height-diameter ratio. Paclobutrazol treatment and Etephon treatment suppressed height growth but did not affect height-diameter ratio and standard size proportion. The three regulating agents examined were thus all effective for suppressing height growth. Trinexapac-ethyl and Paclobutrazol treatments did not continue the growth-suppressing effects after planting, rather promoted the height growth for seedlings with high values of height-diameter ratio.

Key words: chemical agents, height-diameter ratio, paclobutrazol, standard size, trinexapac-ethyl