

# 本邦産陽生低木種の種子発芽および芽生え定着過程における土壤環境ストレス反応の遺伝的差異の解明－河岸急傾斜地の植生工技術の改善－

## 要旨

1. はじめに
2. 試験の設計
  2. 1 種子採取と発芽試験
  2. 2 野外における播種試験
3. 種子発芽と実生の成長
  3. 1 環境制御下での種子発芽特性
  3. 2 実生の初期成長
  3. 3 実生の成長持続性
  3. 4 実生の枝分岐
4. 土壤条件に対する実生の成長反応の樹種間変異
  4. 1 葉の光合成関連特性
  4. 2 実生の成長量
  4. 3 地上部および地下部の現存量構成の樹種間差
5. タニウツギの利用における基礎的要件
  5. 1 種子の採取と発芽試験
  5. 2 種子発芽に影響する諸要因
6. 総合考察
  6. 1 種子発芽特性と播種工
  6. 2 実生の初期成長と播種工における早期地表被覆能力
  6. 3 土壤条件に対する実生の成長反応の重要性
  6. 4 タニウツギ実生の特異な成長特性
  6. 5 タニウツギの種子採取と播種にあたって
  6. 6 タニウツギ株の更新

## 引用文献

## 要 旨

河岸やその周辺では急傾斜地が生じ斜面緑化が求められるが、その際有用と見られる、本邦自生の低木種について、種子発芽特性、発芽当年の実生の成長発達特性、土壌条件に対する成長反応、地上部地下部の器官成長などの樹種間変異を、室内発芽試験や野外播種試験により調べ、一部樹種について緑化利用場面での重要事項について検討した。供試した樹種は、ヤマハギ、ヌルデ、ノイバラ、ムラサキシキブ、リョウブ、タニウツギである。

1. 室内発芽試験と野外での播種試験の結果は発芽力の面で概ね一致したが、反面、室内で高い発芽力を示したにもかかわらず、野外ではまったく発芽しない樹種が認められた。この原因については、播種直後に生じる種子乾燥による発芽力喪失や休眠誘導が関係していると考えた。

2. 播種後の初期の地表被覆能力について、発芽曲線と発芽実生主軸における開葉曲線の経時的変化の面から樹種評価をおこなった。発芽曲線については発芽の開始と発芽勢が、開葉曲線については開葉速度が重要な意味をもち、総合評価ではヤマハギが最も優れており、次いでノイバラであった。

3. 各樹種の発芽当年の実生成長量は、種子重が決定的に働くが、加えて実生主軸における開葉の停止時期の早晚が、形成される葉の量を通して、大きく関与していた。秋遅くまで開葉を続ける樹種は、ヤマハギ、ヌルデであった。

4. 発芽当年の実生において、実生主軸からの一次枝の分岐さらに一次枝からの二次枝の分岐については、分岐の有無や分岐の程度の面で樹種により大きく異なっていた。最もよく分岐するのはヤマハギで、次いでノイバラであり、ヌルデでは分岐は見られず、タニウツギではきわめてわずかであった。

5. 発芽当年の実生の根系については、主根型、分根型が見られたが、両タイプの出現傾向は樹種により異なっていた。ヤマハギでは主根型と分根型が均衡していたが、ヌルデでは主根型のみであり、ノイバラでは主根型が多くを占めた。無性繁殖をおこなうための特殊な地下器官については、いずれの樹種においても今回の試験では認められなかった。

5. 発芽当年の実生の、土壌条件に対する成長反応は、樹種により明らかに異なっていた。ヤマハギでは、給水により成長が促進されたが、施肥の効果はなかった。給水や施肥に最も敏感に反応したのはヌルデあり、タニウツギも比較的良好に反応した。

6. 発芽当年の実生の地下部器官重の比率は、樹種によりきわめて特徴的であり、個体サイズとの関係では、サイズが大きくなるにつれてヤマハギでは明らかな低下を示し、ヌルデ、ノイバラでは一定の変化はなかったのに対し、タニウツギでは明らかに増大した。これらの結果を反映して、ヤマハギなどでは地上部現存量に比べ地下部現存量は小さかったが、タニウツギでは地下部現存量が地上部を上回った。

7. タニウツギが植生地表面や土壌表層の侵食安定に優れた性質をもつと期待されたことから、利用面で求められる、基礎的要件の検討をおこなった。採取時期は 10 月以降、採取株は主幹の地際直径で 3cm 以上、主幹の長さで 2m ないし 2.5m 以上のものが適当である。播種前の低温処理は必要なく、播種に際しては、光発芽種子であることから、厚い被覆が起こらない十分配慮する必要がある。また、埋土種子利用による株の更新は、大いに期待できる。

## 1. はじめに

近年、河川やその周辺で、環境修復を意図して実施される斜面緑化においては、従来の外来草本種に代わって地域自生種をもちいた生物多様性に配慮した播種工が求められている（吉田，2009）。こうした事情から、地域自生の先駆性低木種への期待が高まっており、それらを導入して施工した後の定着・発達過程について地表被覆状態や本数密度，成長量など，かなり詳細な調査がおこなわれている（小畑ら，2007；野口ら，2008；細木ら，2008）。

樹木の育成に関する試験研究は，これまで高木種を中心におこなわれてきたことから，低木種個別の育成法については不明な点が少なくない（関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会，1980；林業科学振興所，1985）。樹木の育成利用においては，まずはそれぞれの樹種の特性をよく理解しておく必要があり（Kramer and Kozlowski, 1979），種子を播いて実生を育てるケースでは，とくに種子の発芽や芽生えの成長に関する性質が重要である。

低木種については，繁殖特性とかかわって，種子生産，発芽，実生の定着，初期の競合など，群落生態の面からアプローチがなされてきたが（丸山ら，1984；西脇ら，1993；新庄ら；2004），実生の成長や発達における環境生理的な面からの研究は限られている（橋本ら，2011）。緑化の場面では，事前の基盤づくりや事後のサイト管理において，とくに土壌条件に対する低木種それぞれの成長反応を環境生理学ベースで把握しておくことは，樹種特性を活かした植生誘導をおこなううえで重要である。また，緑化の当面の目標が，短期間のうちに安定した植生の発達を促す点にあることから，種子発芽力，初期成長能力，到達樹高などにこれまで注目してきたが，土壌の水分や栄養塩類などに対する成長反応についてはほとんど知見はないようである。また，低木種の地下部の研究については，根系の形態や発達特性，光合成生産物質の配分傾向など，ほとんど手つかずの分野となっている（松田・橋本，2001）。

本研究では，低木種の発芽当年の実生の成長について，樹種間差をもたらす要因，また土壌環境に対する成長反応のちがいの有無と程度に注目した。そして，有用樹種の選択基準として，地下部の発達・維持能力が重要であるとする視点から，そうした樹種に着目し，実際の利用につながるべく種子の取扱いについて検討することとした。

第一に，斜面緑化に有用と見られる，わが国自生の低木種 6 種を選び，種子発芽試験をおこなうとともに，野外に播種し，発芽後の芽生えの成長経過を追跡し，発芽当年の幹枝系の発達や成長量について調査した（第 3 章）。第二に，低木種の葉の光合成能力についてクロロフィル含有量，光化学系 II 電子伝達速度などを通して検討するとともに，給水試験および施肥試験を実施し，土壌条件に対する地上部地下部の成長反応の樹種間差について分析した（第 4 章）。以上の試験結果より，供試した低木種のうちスイカズラ科タニウツギが，土壌条件に対する成長反応や根系発達の面で有用と見られたことから，種子採取の時期，採取株，発芽促進要因など，利用にあたっての重要事項について精査をおこなった（第 5 章）。最後に，種子発芽や芽生え成長における樹種間の変異に注目し，発芽当年の成長量と結びつけ総合的に考察をおこなった（第 6 章）。

## 2. 試験の設計

### 2. 1 種子採取と発芽試験

#### 2. 1. 1 種子採取

2009 年の秋，長野県伊那地方および近隣各県の二次林地帯で，自生する低木種の種子採取をお

こなった。そのうち、本研究では、ヤマハギ (*Lespedeza bicolor* for. *acutifolia*), ヌルデ (*Rhus chinensis*), ノイバラ (*Rosa multiflora*), ムラサキシキブ (*Callicarpa japonica*), リョウブ (*Clethra barbinervis*), タニウツギ (*Weigela hortensis*) を供試材料とした。採取した種子は、持ち帰って精選し、ポリ塩化ビニル製の袋に入れ、4~5°Cに設定した低温貯蔵庫に貯蔵した。

## 2. 1. 2 発芽試験

2010年6月、温度制御した実験室で発芽試験を開始した。試験では、市販の園芸用プラスチック製角型プランター (23×46×17 (深さ) cm) に、市販の園芸用鹿沼土 (中粒) を入れ培地とした。なお、リョウブとタニウツギでは、同形で小型のプランター (15×27×12 (深さ) cm) を用いた。ヤマハギとノイバラは3つのプランターに、他の樹種は1つのプランターに播いた。

播種後、プランターは、植物育成用ラック (Plant Master, (株) BMS, 東京) の棚に置き、近赤外蛍光灯 (バイオルックス A, 40W, NEC) を光源とする人工光を1日14時間照射した (図2. 1)。給水は、プランター専用のトレイに水を張り上方への毛管水移動によりおこない、培地表面が適度に湿った状態に保った。播種後は、数日から1週間の間隔で発根の観察をおこない、発芽数をカウントした。発芽試験は、開始後137日で観察を締め切った。



図2. 1 実験室での発芽試験

培地表面の光強度 (光合成有効光量子束密度) は  $60\sim 70 \mu \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。試験期間中の実験室の気温、相対湿度はそれぞれ  $23.2 \pm 1.5^\circ\text{C}$ ,  $50.3 \pm 4.5\%$ 。

## 2. 2 野外における播種試験

### 2. 2. 1 試験区の設定と播種

2010年4月、農学部キャンパス内の附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センターの実験苗圃に試験区をつくった (図2. 2)。耕運、整地の後、1m×10mの床を6列つくり、各列を各供試樹種に割り当てた。各列に、1m×2mの播種区画を3区画つくり、試験区 (A, B, C区) とした。列の間隔は0.75m、各列における試験区の間隔は1mとした。

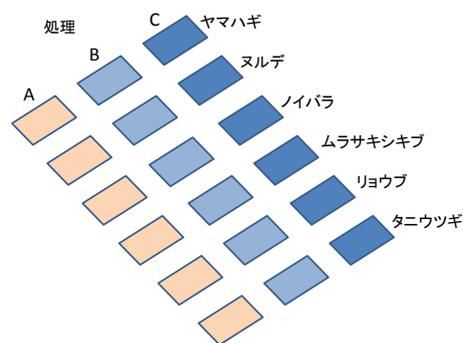


図2. 2 試験区の設定

河岸台地で土壌は浅く有機物含有量は低く乾燥しやすい。

播種前日に種子を貯蔵庫から取り出し、実験室の流し場で浸漬処理を一晩おこなった後、播種をおこなった。試験区あたりの播種量は、ヤマハギ、ヌルデ、ノイバラで 100g、ムラサキシキブで 13g、リョウブ、タニウツギで 14g とした。播種後は、種子乾燥や鳥などによる摂食被害を回避するため、稲わらを敷きつめた。

試験区 A, B, C は、土壌の水分と養分に対する成長反応をみるためのもので、試験区 A は無給水無施肥であり、試験区 B では給水、試験区 C では給水と施肥をおこなった。なお、各試験区とも、降水による自然給水はなされた。給水は、8月初旬より実施し、9月下旬までおこなった。地表面がつねに湿った状態に保たれるよう、こまめにおこなった。土壌の水分状態は、ヌルデ試験区 A, B, C に、土壌水分センサー (ML2x, Delta-T Devices Ltd, Cambridge, UK) を埋め込み、毎日夕方読み取りをおこなった (図 2. 3)。施肥は、6月中旬より実施し、葉群の発生や葉色等を観察しながら 1 週間あるいは 2 週間の間隔で、9月中旬までおこなった。肥料は、市販の化学肥料 (白ばら化成肥料 8 号、ときわ化研 (株)、福島) を用い、各樹種 1 試験区あたり 1 回につき 75g を施用した。成分比は、アンモニア性窒素、可溶性りん酸、水溶性加里それぞれ 8% であった。

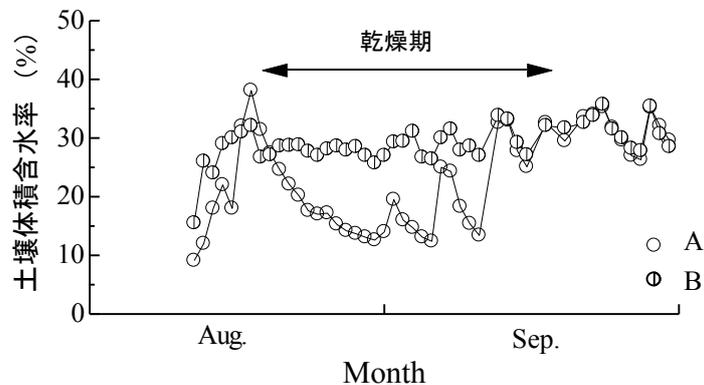


図 2. 3 試験区 A, B における土壌体積含水率の経過

## 2. 2. 2 実生の成長経過

播種後、発生した実生のなかから 3 個体を選び、実生地上部の主軸の長さを定期的に測定するとともに、主軸における開葉数 (子葉は除く) を数えた。成長経過の調査は、1 から 2 週間の間隔で 10 月中旬までおこなった。

## 2. 2. 3 実生の幹枝系の発達と成長諸量

### (1) 幹枝系の発達

2010 年 10 月上旬に、各試験区でサイズ構成を考慮して 8 本の実生を選び、主軸地際部で切断し、地上部を実験室に持ち帰った。それぞれの主軸について、地際直径と長さを測定した後、主軸から分岐する一次枝について、着生部位 (主軸地際部からの距離) と基部から先端までの長さを測定した。さらに、一次枝から分岐する二次枝について、それぞれの長さを測定した。

### (2) 成長諸量

2010 年 11 月に、ヤマハギ、タニウツギでは試験区の一部区画 (0.6×1m)、ヌルデ、ノイバラでは全区画の実生を地際部で切断し、各実生の幹の地際直径、主軸長、幹枝重量 (乾重) を測定した。次いで、各樹種の B 区の一部区画 (0.6×1m) 内の実生の地下部を掘り取り、実験室に持ち帰り、形態発達を調べ、地下部重量を測定した。

### 3. 種子発芽と実生の成長

#### 3. 1 環境制御下での種子発芽特性

発芽試験開始後の発芽率の経過は、樹種間で明らかに異なっていた（図3. 1）。平均発芽日数は、タニウツギで10日以下、リョウブとムラサキシキブで20日以下であった（表3. 1）。しかし、これら3樹種以外では30日を超え、ヌルデでは約80日であった。発芽率は、試験開始後28日でタニウツギ、ムラサキシキブ、リョウブでは20%を超え、とくにタニウツギでは70%以上におよんだ。これら3樹種以外では、ヤマハギでは10%を超えたが、ノイバラとヌルデでは2%以下で、とくにヌルデでは1%に満たなかった。最終発芽率は、リョウブ、ムラサキシキブ、タニウツギでは試験開始後28日の発芽率とちがいはなかったが、ヤマハギ、ヌルデ、ノイバラでは大きかった（ $z$ 検定,  $p < 0.01$ ）。

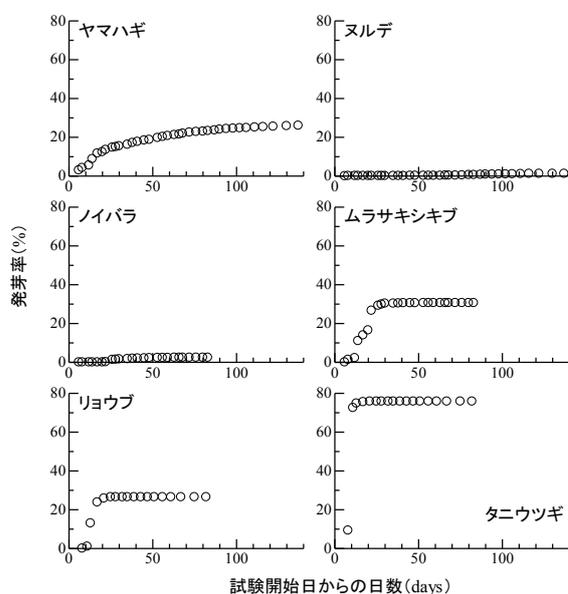


図3. 1 種子発芽率の経過

表3. 1 供試種子の1000粒重と発芽率

樹種	1000粒重 (g)	種子数				
		播付 (seeds)	発芽			
			28 days (seeds)	137 days (seeds)		
		(%)	(%)			
ヤマハギ	7.72	7418	1113	15.0	1931	26.0
ヌルデ	10.12	4171	5	0.1	49	1.2
ノイバラ	4.82	7221	103	1.4	200	2.8
ムラサキシキブ	0.73	23402	6982	29.8	7166	30.6
リョウブ	0.18	400	106	26.5	106	26.5
タニウツギ	0.19	400	303	75.8	303	75.8

発芽種子数は試験開始後28日と137日の値。

### 3. 2 実生の初期成長

野外での発芽は、実験室でおこなった発芽試験のそれと比べ、どの樹種でも遅くなるようであった。おおよその傾向として、発芽はヤマハギで早く、次いでノイバラであり、ヌルデやタニウツギで遅かった。なお、ムラサキシキブとリョウブでは、発芽は認められなかった。供試4種の発芽曲線と開葉曲線を比較すると、発芽曲線では、発芽はヤマハギで最も早いようであり、次いでノイバラ、タニウツギであり、ヌルデが最も遅く、発芽勢と発芽率はノイバラで最も高く、次いでタニウツギ、ヤマハギであり、ヌルデで最も低かった(図3. 2)。開葉曲線は、どの樹種も、開葉開始後、ある期間停滞した後、明らかな増加を示し、増加の程度は、ヤマハギで最も大きく、次いでノイバラであり、タニウツギであり、ヌルデ最も小さかった。以上の結果より、早期の地表被覆能力は、発芽の早さ、発芽率と発芽勢、そして開葉再開にともなう開葉速度で決まり、4樹種の間では、ヤマハギ、ノイバラが高く、次いでタニウツギであり、ヌルデが低い。

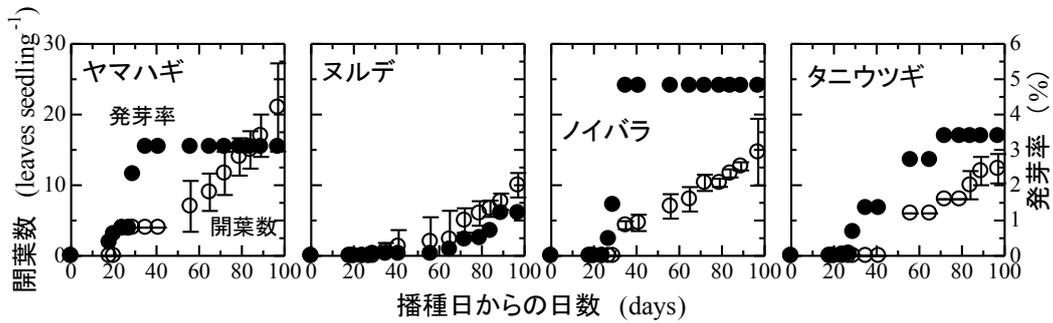


図3. 2 野外試験での種子発芽率と開葉数の推移

### 3. 3 実生の成長持続性

実生の幹主軸は、どの樹種も、6月～8月の夏場にかけて旺盛な伸びを示した(図3. 3)。ヤマハギとヌルデでは、8月に伸長が加速するようであり、こうした傾向はノイバラやタニウツギでは見られなかった。9月以降の伸長は、ヤマハギとヌルデでは引き続き認められたが、タニウツギではわずかになり、ノイバラではほとんど認められなかった。主軸伸長と開葉数の増加は、よく一致していた。各樹種の主軸長について開葉数との関係で見ると、ヤマハギやノイバラに比べると、ヌルデでは開葉数のわりに主軸長が長いのにに対し、タニウツギでは反対に短いようであった。

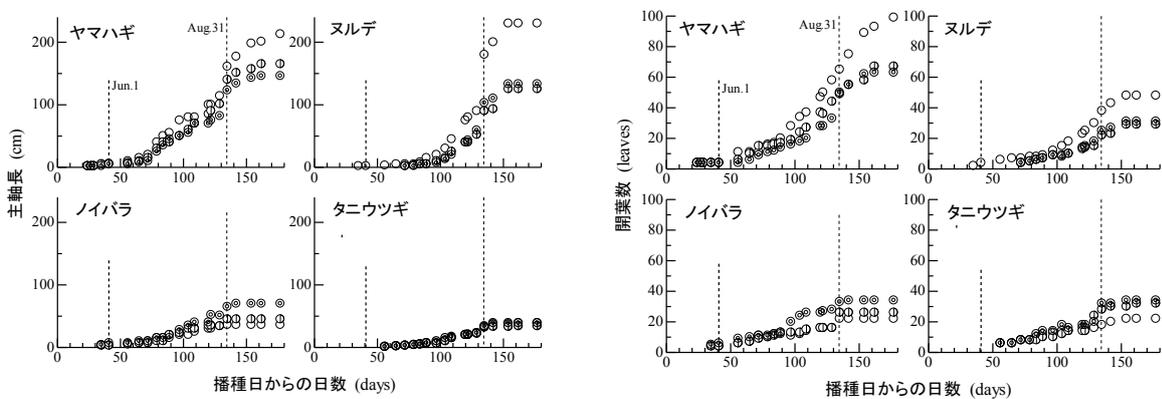


図3. 3 実生の幹主軸の伸長成長と開葉数増加の経過

### 3. 4 実生の枝分岐

一次枝の形成は、ヤマハギ、ノイバラ、タニウツギで見られたが、ヌルデでは見られなかった（図3. 4、表3. 2）。一次枝を形成した個体における、個体あたりの一次枝の本数は、ヤマハギが多く、ノイバラ、タニウツギで少なかった（Scheffe,  $p < 0.05$ ）。個体あたりの一次枝の総長についても、ヤマハギで大きく、ノイバラ、タニウツギで小さかった（Scheffe,  $p < 0.05$ ）。一次枝の分布は、ヤマハギでは中位から上位に、ノイバラでは大きなものが下位に集中する分布を示した。二次枝の形成は、ヤマハギとノイバラで見られたが、タニウツギでは見られなかった。個体あたりの二次枝の本数、総長は、ヤマハギがノイバラに比べ大きいようであったが、有意差は認められなかった（ANOVA,  $p > 0.05$ ）。主軸の成長量は、地際直径、長さともに樹種間で異なっていた（ANOVA,  $p < 0.01$ ）。直径は、ヌルデ、ヤマハギがタニウツギに比べ大きかった（Scheffe,  $p < 0.05$ ）。主軸長は、ヤマハギ、ヌルデで大きく、ノイバラ、タニウツギで小さかった（Scheffe,  $p < 0.05$ ）。

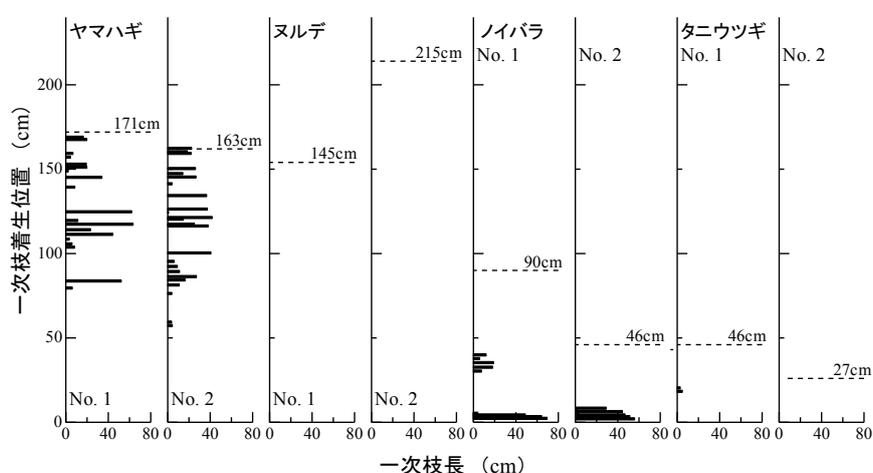


図3. 4 幹主軸から分岐する一次枝の分布

各樹種で一次枝が多数形成された個体を1本選んだ。ヌルデでは一次枝の形成はなかった。図中の数字は主軸長を示

表3. 2 供試4樹種の幹主軸の成長量と幹からの枝分岐

	幹主軸		一次枝			二次枝			
	$n_0$ (sdls)	地際直径 (cm)	主軸長 (cm)	$n_1$ (sdls)	本数 (bchs)	総長 (cm)	$n_2$ (sdls)	本数 (bchs)	総長 (cm)
ヤマハギ	8	0.9 <sup>a</sup> ± 0.4	154 <sup>a</sup> ± 52	6	26.8 <sup>a</sup> ± 15.3	530 <sup>a</sup> ± 360	4	14.5 ± 9.3	122 ± 85
ヌルデ	8	1.5 <sup>a</sup> ± 0.9	116 <sup>a</sup> ± 54	0			0		
ノイバラ	8	0.6 <sup>ab</sup> ± 0.2	58 <sup>b</sup> ± 17	8	3.6 <sup>b</sup> ± 2.9	126 <sup>b</sup> ± 88	3	1.0 ± 0.0	18 ± 13
タニウツギ	8	0.4 <sup>b</sup> ± 0.1	27 <sup>b</sup> ± 9	3	2.0 <sup>b</sup> ± 1.0	10 <sup>b</sup> ± 8	0		

$n_0$ は調査実生数、 $n_1$ はそのうち一次枝を、 $n_2$ は一次枝と二次枝を形成した実生数。枝の本数、総長は個体あたりの平均。樹種間で異なるアルファベットは有意なちがいを示す(Scheffe,  $p < 0.05$ )。

## 4. 土壌条件に対する成長反応の樹種間差

### 4. 1 葉の光合成関連特性

#### 4. 1. 1 無給水無施肥下における樹種間差

クロロフィル含有量 (a+b) は、ヤマハギがタニウツギに比べ高かった (図4. 1)。クロロフィル a/b 比については、樹種間でちがいはなかった。比葉面積重 (SLW) は、ヌルデがヤマハギ、ノイバラに比べ低かった。光飽和状態での電子伝達速度 ( $ETR_{max}$ ) については、樹種間でちがいはなかった。

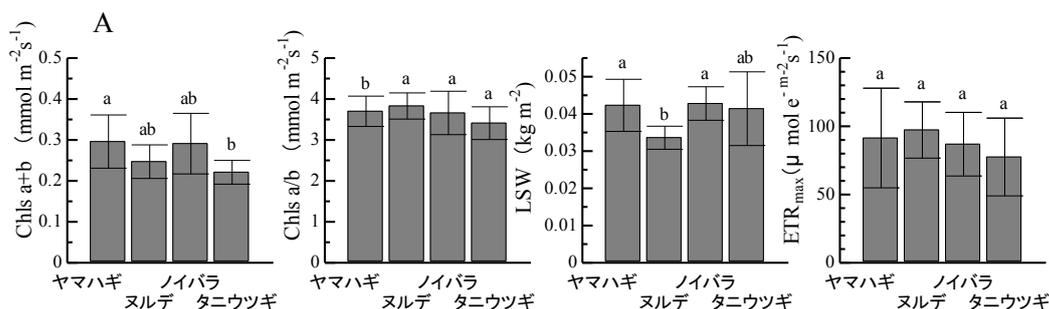


図4. 1 供試4樹種の葉の光合成関連特性

処理区Aから試料葉を採取し比較した。

以上の結果より、さまざまなレベルでこうした光合成関連特性を比べる場合、 $ETR_{max}$ は測定変動が大きいことから、適当ではないようである。また、クロロフィル a/b 比は樹種間のちがいは小さいようである。樹種間差は、クロロフィル含有量や SLW に出やすいようである。タニウツギは低いクロロフィル含有量に、ヌルデは低い SLW に特徴があった。ヤマハギとノイバラは、互いに似た性質をもつようである。

#### 4. 1. 2 給水および施肥に対する成長反応

SLW は、4 樹種いずれにおいても処理間にちがいはなかった (表4. 1)。クロロフィル含有量は、ヤマハギ、ノイバラでは処理間にちがいはなかったが、ヌルデではA区で最も低く、次いでB区であり、C区で高かった。タニウツギでは、A区で低く、B、C区で高かった。クロロフィル a/b 比は、ヤマハギ以外の3樹種では処理間にちがいはなかったが、ヤマハギではA区で高くB、C区で低かった。 $ETR_{max}$ は、4 樹種いずれにおいても処理間にちがいはなかった。

以上の結果より、処理間のちがいは、SLW に表れにくく、クロロフィルについては a/b 比に比べ含有量 (a+b) によく表れる。なお、 $ETR_{max}$  で処理間のちがいが見られないのは、測定変動が大きいことによると見られる。処理間のちがいをクロロフィル含有量で見た場合、処理の影響を最も敏感に反応するのはヌルデであり、給水により、さらに施肥により含有量を高める。タニウツギは、給水による含有量の上昇はないが、施肥にはよく反応する。これら2樹種に対して、ヤマハギやノイバラは給水に対しても施肥に対しても含有量の上昇を示さない。

表 4. 1 供試 4 樹種の各処理区における光合成関連諸量

樹種	処理	試料葉		葉比重		クロロフィル含有量		電子伝達速度
		<i>n</i>	(leaves)	SLW		a+b	a/b	ETR <sub>max</sub>
				(g m <sup>-2</sup> )		(mmol m <sup>-2</sup> )	(cm)	(μmol e <sup>-</sup> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
ヤマハギ	A	11	0.0423 <sup>a</sup> ± 0.0070	0.296 <sup>a</sup> ± 0.065	3.70 <sup>a</sup> ± 0.37	91.4 <sup>a</sup> ± 36.5		
	B	11	0.0417 <sup>a</sup> ± 0.0092	0.310 <sup>a</sup> ± 0.080	2.95 <sup>ab</sup> ± 0.89	93.3 <sup>a</sup> ± 27.9		
	C	11	0.0420 <sup>a</sup> ± 0.0058	0.342 <sup>a</sup> ± 0.055	2.82 <sup>b</sup> ± 0.88	102.8 <sup>a</sup> ± 34.7		
ヌルデ	A	10	0.0336 <sup>a</sup> ± 0.0031	0.247 <sup>c</sup> ± 0.041	3.83 <sup>a</sup> ± 0.32	97.3 <sup>a</sup> ± 20.6		
	B	10	0.0323 <sup>a</sup> ± 0.0067	0.303 <sup>b</sup> ± 0.036	3.72 <sup>a</sup> ± 0.64	115.5 <sup>a</sup> ± 17.8		
	C	10	0.0331 <sup>a</sup> ± 0.0049	0.359 <sup>a</sup> ± 0.025	3.44 <sup>a</sup> ± 0.49	115.6 <sup>a</sup> ± 26.1		
ノイバラ	A	10	0.0428 <sup>a</sup> ± 0.0045	0.291 <sup>a</sup> ± 0.074	3.66 <sup>a</sup> ± 0.53	86.9 <sup>a</sup> ± 23.29		
	B	10	0.0380 <sup>a</sup> ± 0.0051	0.308 <sup>a</sup> ± 0.071	3.57 <sup>a</sup> ± 0.41	89.8 <sup>a</sup> ± 25.0		
	C	10	0.0394 <sup>a</sup> ± 0.0061	0.347 <sup>a</sup> ± 0.062	3.79 <sup>a</sup> ± 0.35	109.4 <sup>a</sup> ± 22.1		
タニウツギ	A	10	0.0414 <sup>a</sup> ± 0.0099	0.221 <sup>b</sup> ± 0.029	3.41 <sup>a</sup> ± 0.40	77.5 <sup>a</sup> ± 28.5		
	B	10	0.0359 <sup>a</sup> ± 0.0038	0.233 <sup>b</sup> ± 0.034	3.60 <sup>a</sup> ± 0.30	87.7 <sup>a</sup> ± 18.9		
	C	11	0.0355 <sup>a</sup> ± 0.0029	0.294 <sup>a</sup> ± 0.036	3.27 <sup>a</sup> ± 0.31	97.7 <sup>a</sup> ± 16.8		

*n*は試料葉数。データは平均値と標準偏差。

樹種間で異なるアルファベットは有意なちがいを示す(Scheffe, *p*<0.05)。

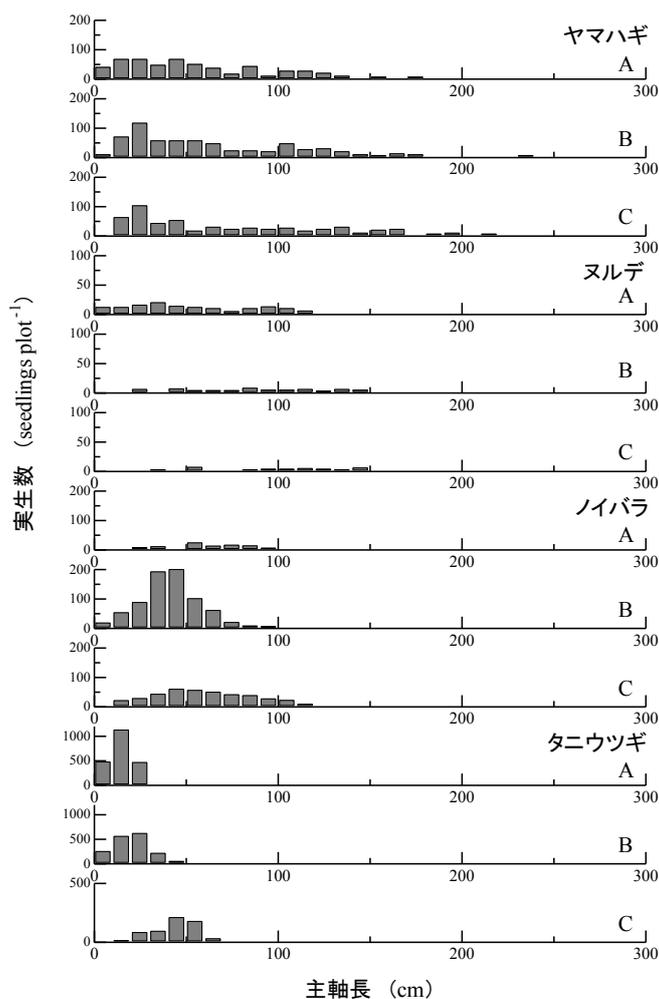


図 4. 2 供試 4 樹種の各処理区における幹主軸長別本数分布

表 4-2 供試 4 樹種の各処理区における幹の地際直径および主軸長

処理	n	ヤマハギ		ヌルデ		ノイバラ		タニウツギ	
		直径 (cm)	主軸長 (cm)	直径 (cm)	主軸長 (cm)	直径 (cm)	主軸長 (cm)	直径 (cm)	主軸長 (cm)
A	20	0.74 <sup>a</sup> ±0.23	136.9 <sup>b</sup> ±22.5	1.25 <sup>b</sup> ±0.32	13.5 <sup>c</sup> ±12.3	0.95 <sup>a</sup> ±0.22	95.1 <sup>b</sup> ±9.9	0.44 <sup>b</sup> ±0.15	29.7 <sup>c</sup> ±3.2
B	20	0.91 <sup>a</sup> ±0.32	168.9 <sup>a</sup> ±34.2	1.54 <sup>b</sup> ±0.54	134.4 <sup>b</sup> ±21.9	0.72 <sup>b</sup> ±0.16	88.5 <sup>b</sup> ±12.9	0.58 <sup>a</sup> ±0.16	43.7 <sup>b</sup> ±3.5
C	20	0.93 <sup>a</sup> ±0.22	180.2 <sup>a</sup> ±25.4	1.96 <sup>a</sup> ±0.68	168.4 <sup>a</sup> ±33.9	0.95 <sup>a</sup> ±0.22	116.4 <sup>a</sup> ±8.8	0.57 <sup>ab</sup> ±0.22	61.6 <sup>a</sup> ±4.7

nは調査個体数。直径と幹長のデータは平均値と標準偏差。  
処理間で異なるアルファベットは有意なちがいを示す (Scheffe,  $p < 0.05$ )。

## 4. 2 実生の成長量

### 4. 2. 1 幹主軸成長

主軸長別頻度分布の型は、ヤマハギでは逆 J 字型、ノイバラ、タニウツギでは正規型であり、ヌルデでは均一型になるようであった (図 4. 2)。供試樹種各処理区における上位 20 個体の幹地際直径と幹主軸長は、ヤマハギでは地際直径は処理間に差はなかったが、主軸長は A 区で小さく、B、C 区で大きかった (表 4. 2)。ヌルデでは、地際直径は A、B 区で小さく C 区で大きく、主軸長は A 区で最も小さく次いで B 区であり C 区で最も大きかった。ノイバラでは、地際直径は A、C 区で小さく B 区で大きく、主軸長は A、B 区で小さく C 区で大きかった。タニウツギでは、地際直径は A 区で小さく B 区で大きく、主軸長は A 区で最も小さく次いで B 区であり C 区で最も小さかった。

以上の結果より、給水効果が認められたのはヤマハギの主軸長、ヌルデの主軸長、タニウツギの地際直径と主軸長である。施肥効果が認められたのは、ヌルデの直径と主軸長、ノイバラの直径と主軸長、タニウツギの主軸長である。したがって、主軸長への影響に限定して言及するなら、ヤマハギでは施肥効果は出にくい、ヌルデ、タニウツギでは給水効果に加え施肥効果が出やすい。

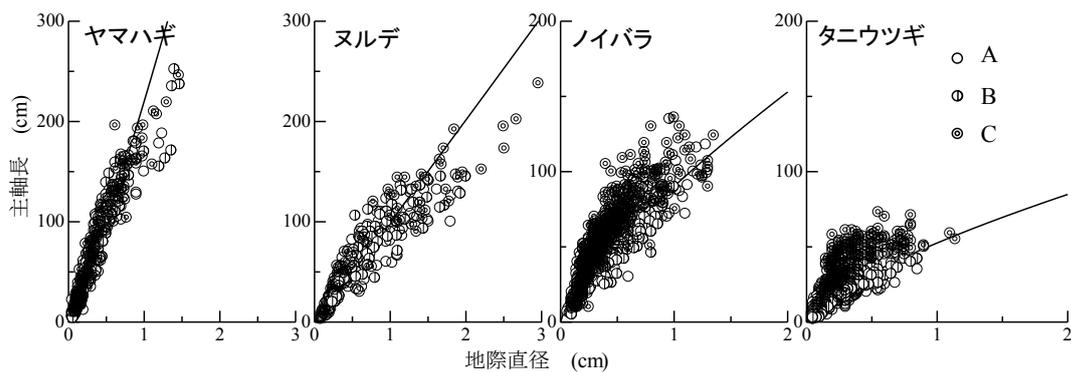


図 4. 3 供試 4 樹種の各試験区における実生の幹の地際直径 (D) と主軸長 (L) との関係

試験区 A の実生について回帰をおこなった ( $\ln y = a + b \ln x$ )。ヤマハギ:  $a=5.39$ ,  $b=1.15$ ,  $r=0.95^{**}$ 、ヌルデ:  $a=4.60$ ,  $b=1.02$ ,  $r=0.91^{**}$ 、ノイバラ:  $a=4.50$ ,  $b=0.761$ ,  $r=0.89^{**}$ 、タニウツギ:  $a=3.96$ ,  $b=0.691$ ,  $r=0.77^{**}$ 、 $^{**}: p < 0.01$ 。

#### 4. 2. 2 DL 関係

幹の地際直径 (D) と主軸長 (L) との関係 (DL 関係) は、供試樹種いずれもべき乗式でよく回帰されたが、回帰曲線は樹種により大きく異なっていた (図 4. 3)。処理間の回帰曲線のちがいは、ヤマハギ、ヌルデではちがいはないようであったが、ノイバラ、タニウツギでは施肥により相対的に主軸長の成長が優勢になるようであった。

以上の結果より、給水処理はいずれの樹種においても DL 関係に影響しない。一方、施肥の DL 関係への影響は影響する樹種としない樹種があり、影響する樹種では幹の直径成長よりは主軸伸長成長が大きく促進される。

#### 4. 3 地上部および地下部の現存量構成の樹種間差

##### 4. 3. 1 根系の発達

根系の発達は、樹種により異なりそれぞれ特徴があった (図 4. 4、5、6、7)。ヤマハギ、ノイバラ、タニウツギでは、主根型と分根型が見られたが、ノイバラでは主根型の方がほとんどであり、タニウツギでは主根型、分根型に加え、主根の先端部近くで分岐する「主根＋分根型」のものも見られた (表 4-3)。根の伸長量については、どの樹種も個体成長にみあった下方への伸長を示したが、側方への伸長は樹種で異なるようであり、ヤマハギ、ヌルデでは旺盛なものが見られたが、ノイバラ、タニウツギでほとんど見られなかった。無性繁殖をもたらす地下器官の発達は、いずれの樹種でも見られなかった。

##### 4. 3. 2 実生の地下部重比率

地下部重比率 (地下部重/地上部地下部重) は、個体が大きくなるにつれ、ヤマハギでは低下、タニウツギでは上昇を示したが、ヌルデ、ノイバラでは変化は小さかった (図 4. 8)。各樹種で大きな個体グループに注目し、地下部重比率を樹種間で比べると、ヤマハギ、ヌルデ、ノイバラでは 0.3~0.4 であり樹種間に大きなちがいはないが、これら 3 樹種に比べるとタニウツギではおおよそ 0.6 であり明らかに高かった。

##### 4. 3. 3 地上部および地下部現存量

処理区 A の地上部現存量は、ヤマハギで最も大きく、次いでヌルデ、ノイバラであり、タニウツギで最も小さかった (図 4. 9)。地下部現存量は、ヤマハギ、ヌルデ、ノイバラでは地上部現存量より小さかったが、タニウツギでは対照的に大きかった。その結果、地下部現存量は、ヤマハギに次いでタニウツギが高く、ヌルデ、ノイバラの順となった。

給水効果は、どの樹種でも地上部、地下部とも認められたが、ヤマハギで最も大きかった。給水効果は、ヤマハギ、タニウツギでは地上部で大きいのに対し、ヌルデ、ノイバラでは地上部地下部間のちがいは小さかった。

施肥効果は、地上部、地下部ともヌルデで最も大きく、ノイバラ、タニウツギでも認められたが、ヤマハギでは認められないようであった。施肥効果は、ヌルデ、ノイバラでは地上部地下部間でちがいは小さいが、タニウツギでは明らかに地上部で大きかった。

以上の結果より、地上部に対する地下部の発達については、樹種間で大きく異なり、ヤマハギ、ヌルデ、ノイバラは地上部優勢型であるのに対し、タニウツギは対照的に地下部優勢型である。給水や施肥による成長促進の効果は、地上部、地下部ともに認められるが、タニウツギでは地上部への効果が際立っている。



主根型  
垂直に深く入る



分根型  
垂直に深く入る



分根型  
下方伸長→側方伸長



主根型  
側根の発達が顕著

図4. 4 ヤマハギ発芽当年実生の根系



主根型, 垂直に深く入る



主根型, なかには分根型



主根型, 表層に横走根



主根型, 表層に横走根  
側根斜め下方によく伸長

図4. 5 ヌルデ発芽当年実生の根系



主根型  
垂直に深く入る，側根短い

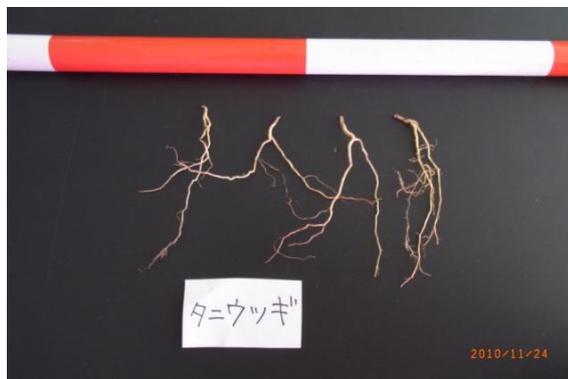


分根型  
側根短い

図4. 6 ノイバラ発芽当年実生の根系



主根型，主根先端で分岐，  
細根多い



分根型  
小個体



分根型，先端分岐  
細根多い



「主根＋分根」型  
主根の先端で分岐（分根化）  
細根多い

図4. 7 タニウツギ発芽当年実生の根系

表 4. 3 発芽当年実生の根系発達分類

樹種	発達型	伸長性		繁殖器官
		下方	側方	
ヤマハギ	主根型, 分根型	大	大	無
ヌルデ	主根型	大	大	無
ノイバラ	主根型>分根型	大	小	無
タニウツギ	主根型, 分根型, 主根+分根型	小	小	無

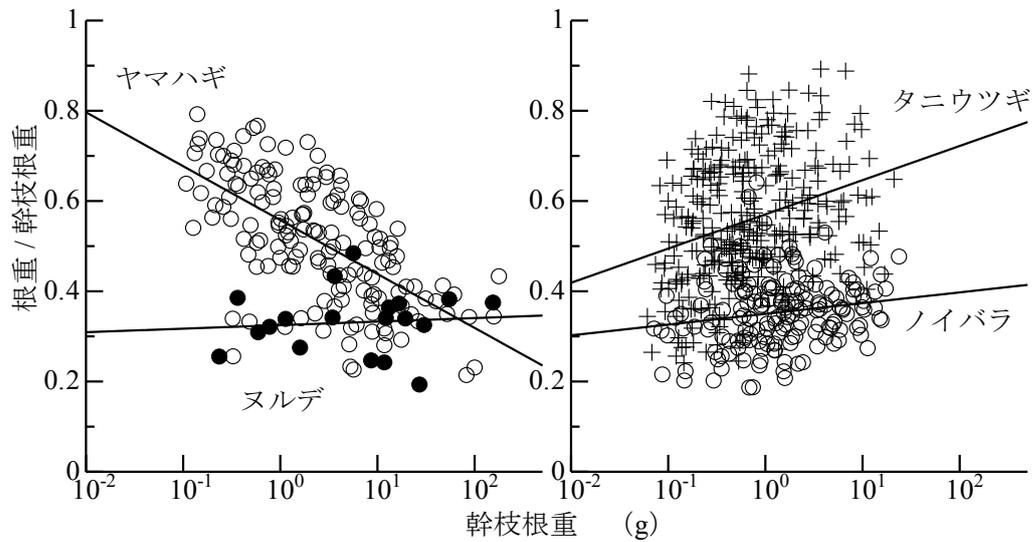


図 4. 8 実生の根重比と幹枝根重との関係

図中の直線は回帰式による ( $y=a+blnx$ )。ヤマハギ :  $a=0.558$ ,  $b=-0.0519$ ,  $r=-0.628^{**}$ 、タニウツギ :  $a=0.570$ ,  $b=0.0329$ ,  $r=0.293^{**}$ 、\*\* :  $p<0.01$ 。

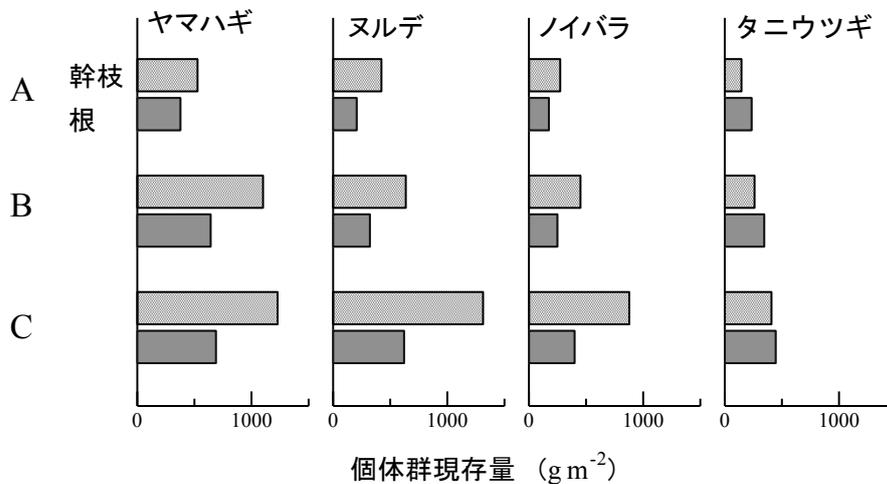


図 4. 9 個体群の地上部および地下部現存量

## 5. タニウツギの利用における基礎的要件

### 5. 1 種子の採取と発芽試験

盛岡の西約 25km、雫石川支流赤沢川中流域の、林道法面や林道路肩に自然発生したタニウツギから種子採取をおこなった(図5. 1, 2)。採取地は、岩手県雫石町御明神地区に位置し、岩手大学農学部附属御明神演習林の所管となっている。種子採取は、採取する適期等を検討するためのものと、採取する株のサイズを検討するための、二つに分けておこなった。前者の種子採取は、河岸に沿って開設された林道法面に生育する本種 2 株でおこなった。後者の種子採取は、河岸に向かう林道の路肩に生育する本種 10 株でおこなった。採取した株の生育場所は、いずれも上方がよく開けており明所であった。採取した株については、株から出ている幹の地際部の直径と幹の長さを測定した(図5. 3)。複数の幹が出ている株では、大きなものを 1 本あるいは数本選び測定をおこなった。これらの測定と並行して、株における朔果の着生状態(多少)を 5 段階で評価した。



図5. 1 雫石川支流赤沢川河岸急傾斜地



図5. 2 急傾斜面下部のタニウツギ群落



図5. 3 タニウツギ株から発生する幹



図5. 4 タニウツギ種子の発芽試験(上段)

種子採取の適期を検討する試験は、2011年7月7日から11月26日まで計6回採取しておこなった(表5.1)。播種前の低温処理の影響を調べる試験は、9月22日採取の種子を用いておこなった。発芽培地の光条件を調べる試験は、10月11日採取の種子を用いておこなった。株サイズの影響を調べる試験も、10月11日に種子を採取しておこなった。

種子採取では、大きい朔果を着ける果枝を1株から数本選び、実験室に持ち帰った。発芽試験をおこなう各培地に1朔果をあてることとし、各朔果の直径と長さを調べ、朔果内の種子数を数え、種子全体の重量を測定した。各朔果より大きめのものを50~80粒を選び、シャーレ(内径85mm)内の培地に並べた。シャーレ内には水で湿らせた濾紙を敷き、発芽培地とした。シャーレは、実験室内に設置した植物育成用ラック(Plant Master, (株)BMS, 東京)の棚に置き、近赤外蛍光ランプ(バイオルックスA, 40W, NEC)を光源とする人工光を1日14時間照射した(図5.4)。培地表面の光強度(光合成有効光量子束密度)は、 $60\sim 70 \mu \text{mol q. m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。実験室の気温、相対湿度は、それぞれ $23.2\pm 1.5^\circ\text{C}$ 、 $50.3\pm 4.5\%$ であった。試験開始後は、つねに培地表面が適度に湿った状態を保つように、給水した。毎日あるいは1日おきに発根の観察をおこない、発芽種子数をカウントした。発芽試験は、開始後56日で観察を締め切った。なお、低温処理では、 $4^\circ\text{C}$ に制御した保冷庫に種子を入れ、処理期間を1、2、3、4週間とした。光条件の影響を調べる試験では、発芽試験の際に種子に光をあてる条件とともに、光を遮断した暗条件を設けた。

表5.1 種子採取と発芽試験の設計

採取日	採取場所	株数	試験内容	培地	試験内容	培地
7月7日	J	2	適期	10		
7月29日	J	2	適期	10		
8月30日	J	2	適期			
9月22日	J	2	適期		低温処理	8
10月11日	J	2	適期		光条件	10
10月11日	K	10	株主幹サイズ	30		
11月26日	J	2	適期	10		

各培地には1朔果内の種子を用いた。

## 5.2 種子発芽に影響する諸要因

7月7日および7月29日に採取した種子では、発芽は認められなかった(図5.5)。発芽が見られたのは、8月30日以降に採取した種子であった。試験開始後14日および56日の発芽率は、ともに採取時期が遅くなるにつれて高くなったが、10月11日採取種子と11月26日採取種子ではちがいはなかった(表5.2)。8月30日および9月23日採取種子では、14日発芽率は56日発芽率に比べ低かった( $t$ 検定、 $p<0.01$ )。10月11日および11月26日採取種子では、14日発芽率は56日発芽率と明らかなちがいはなかった。

試験前低温処理の発芽への影響は、14日発芽率、56日発芽率ともに明らかではなかった(図5.6、表5.3)。試験時の光条件の影響はきわめて明瞭であり、暗条件下では、明条件下に比べ14日発芽率、56日発芽率ともに著しく低い値を示した。暗条件下で、14日発芽率に比べ56日発芽率が高くなるようであったが、その程度はわずかであった(図5.7、表5.4)。

発芽率は、14日発芽率、56日発芽率ともに、株間で明らかなちがいが認められた(ANOVA、 $p<0.01$ ) (図5.8、表5.5)。主幹の地際直径で3cm、主幹長で2.5mに満たないものでは、14日発芽率、56日発芽率ともに70%を割るものがあった(図5.9)。発芽率と主幹長との間に、

有意な相関が認められた ( $r=0.60, p<0.05$ )。株の着果度は、供試した 12 株のうち、ランク I、II、III、IV、V のものは、それぞれ 3、2、3、3、1 株であり、ランクと発芽率との関係は明らかではなかった (図 5. 10)。

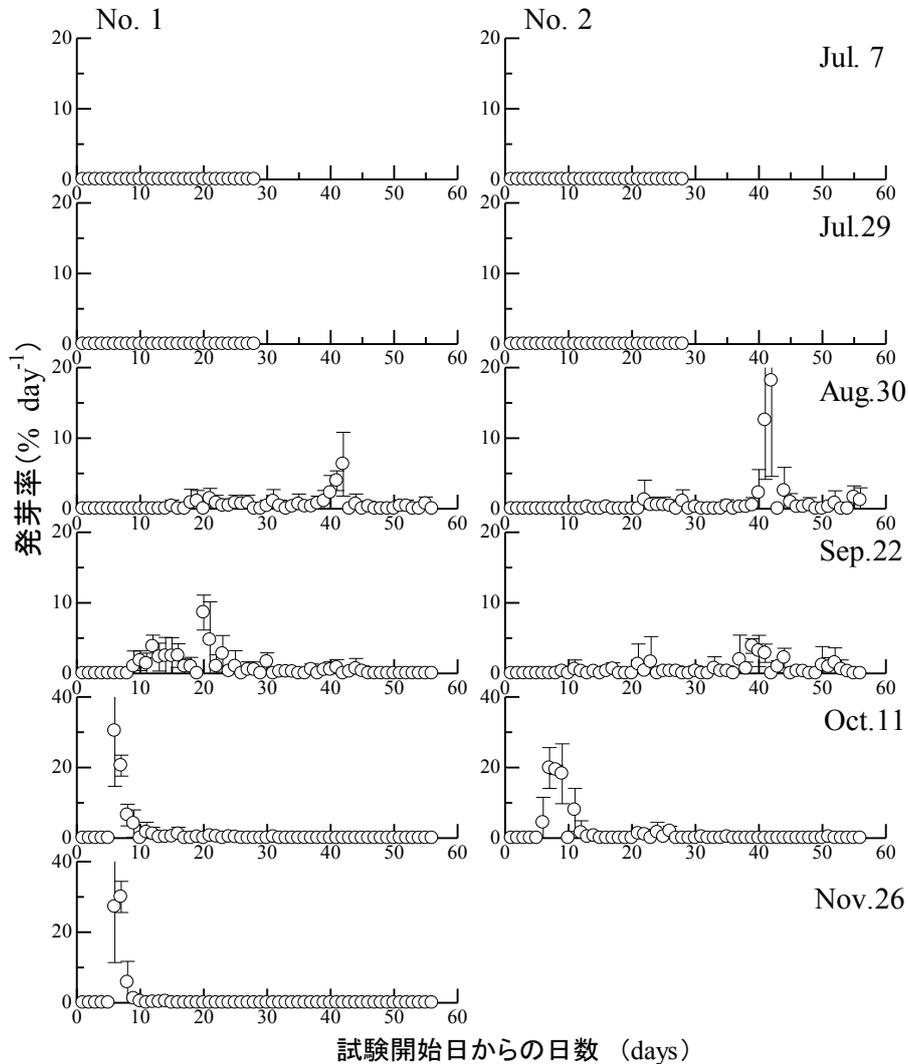


図 5. 5 種子採取時期別の発芽試験

表 5. 2 種子採取時期と発芽率

採取日	No.1 培地 <i>n</i>	発芽率		No.2 発芽床 <i>n</i>	発芽率	
		14 days (%)	56 days (%)		14 days (%)	56 days (%)
Jul. 7	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Jul. 29	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Aug. 30	5	0.0 <sup>b</sup> ± 0.0	27.9 <sup>c</sup> ± 13.5	5	0.2 <sup>b</sup> ± 0.5	47.6 <sup>ab</sup> ± 31.1
Sep. 22	5	12.8 <sup>b</sup> ± 3.6	45.1 <sup>bc</sup> ± 9.0	5	1.5 <sup>b</sup> ± 2.5	29.1 <sup>b</sup> ± 11.9
Oct. 11	5	65.0 <sup>a</sup> ± 10.0	69.0 <sup>a</sup> ± 10.7	5	72.3 <sup>a</sup> ± 10.9	79.5 <sup>a</sup> ± 8.5
Nov. 26	5	65.4 <sup>a</sup> ± 9.7	65.4 <sup>ab</sup> ± 9.7			

No.1、2は採取株番号。発芽率は試験開始後14日、56日の値。

データは平均値と標準偏差。異なるアルファベットは有意差を表す (Scheffe,  $p<0.01$ )

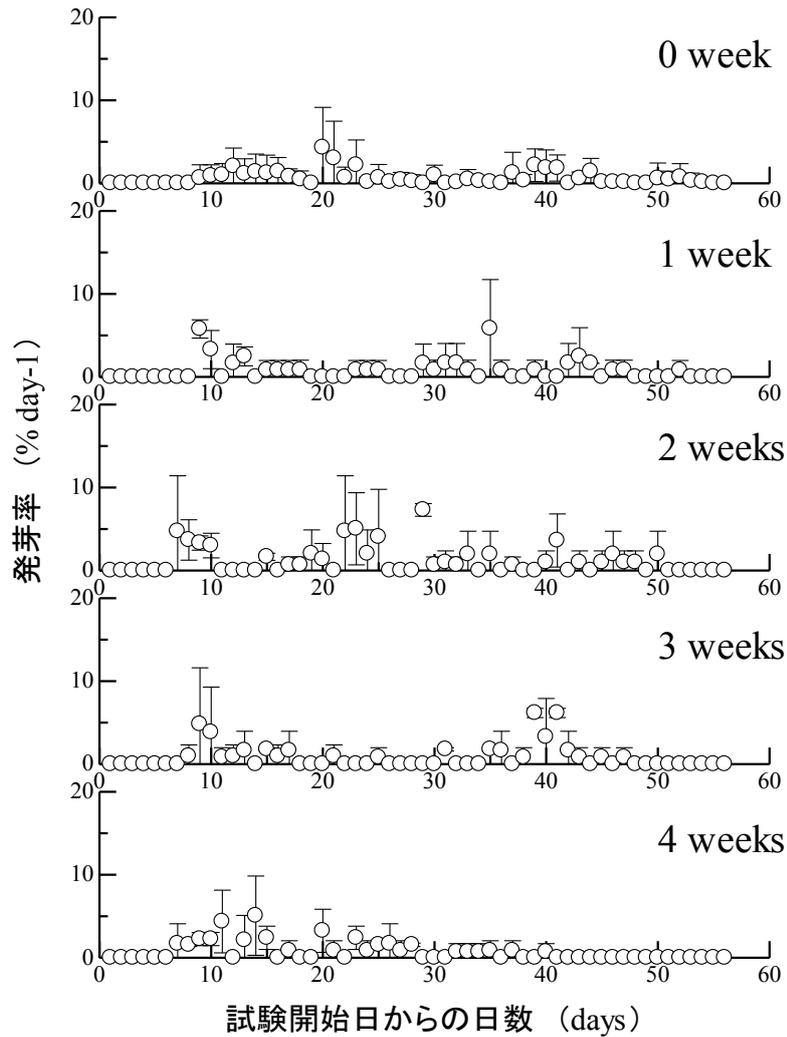


図 5. 6. 試験前種子低温処理期間別の発芽試験

表 5. 3 試験前種子低温処理期間と発芽率

低温処理 (weeks)	培地 <i>n</i>	発芽率	
		14 days (%)	56 days (%)
0	10	7.1 <sup>a</sup> ± 6.6	37.1 <sup>a</sup> ± 13.0
1	2	13.2 <sup>a</sup> ± 6.9	41.3 <sup>a</sup> ± 0.5
2	2	14.7 <sup>a</sup> ± 9.7	63.6 <sup>a</sup> ± 15.1
3	2	13.0 <sup>a</sup> ± 11.5	44.9 <sup>a</sup> ± 3.7
4	2	19.3 <sup>a</sup> ± 10.5	40.1 <sup>a</sup> ± 0.9

No.1、2の株の種子を供試。発芽率は試験開始後14日、56日の値。

データは平均値と標準偏差。異なるアルファベットは有意差を表す (Scheffe,  $p < 0.01$ )

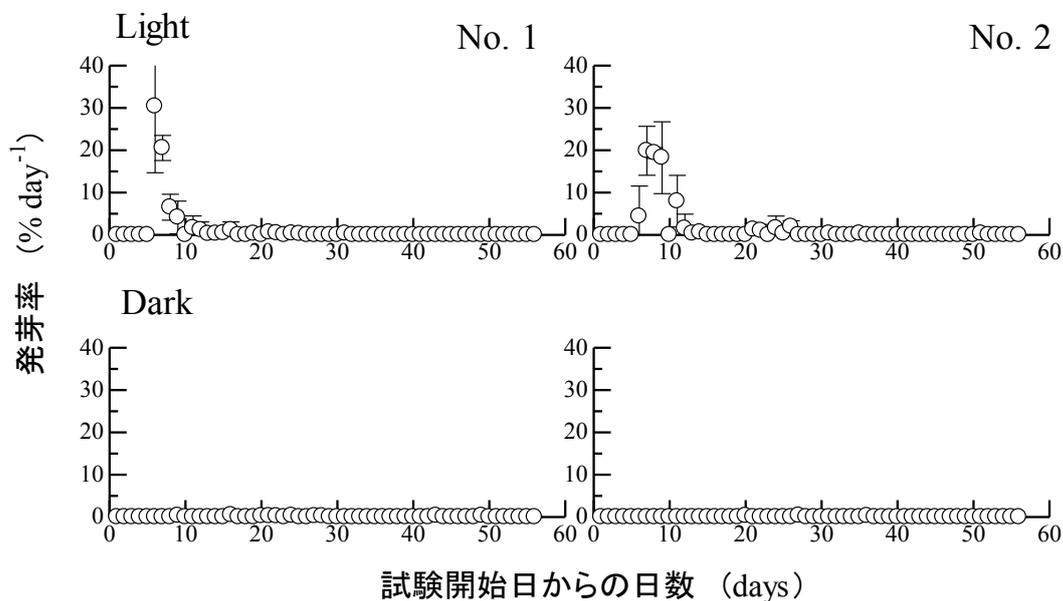


図 5. 7 試験時光条件別の発芽試験

表 5. 4 試験時種子光条件と発芽率

光条件	No.1		発芽率		No.2		発芽率	
	培地	n	14 days (%)	56 days (%)	培地	n	14 days (%)	56 days (%)
照射		5	65.0** ± 10.0	69.0** ± 10.7		5	72.3** ± 10.9	79.5** ± 8.5
遮断		5	0.3 ± 0.7	3.0 ± 2.7		5	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.9

No.1、No.2は採取株。発芽率は試験開始後14日、56日の値。

データは平均値と標準偏差。処理間で分散分析(\*\*:  $p < 0.01$ )

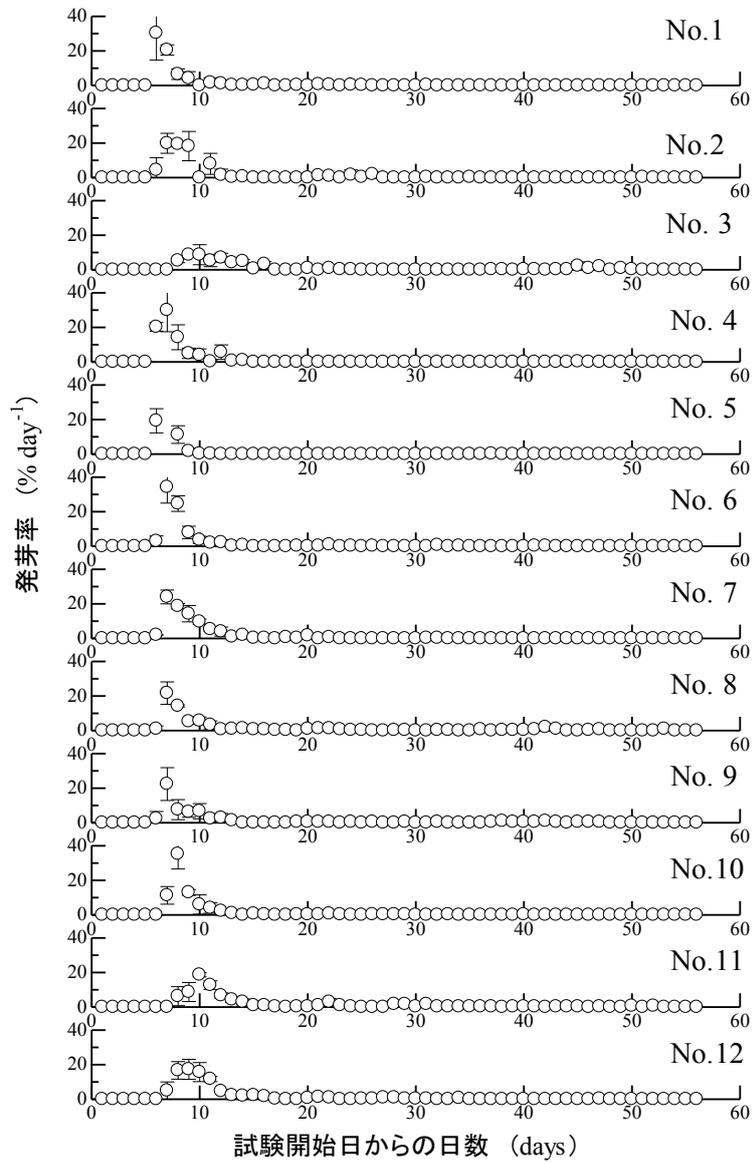


図 5. 8 種子採取した株主幹のサイズ別の発芽試験

表 5. 5 種子採取した株主幹のサイズと発芽率

株 No.	主幹直径 (cm)	主幹長 (m)	着果度	培地 <i>n</i>	発芽率	
					14 days (%)	56 days (%)
1	3.0	2.1	II	5	65.1 ± 10.0	69.0 ± 10.7
2	1.9	1.7	IV	5	72.3 ± 10.9	79.5 ± 8.5
3	2.6	1.7	IV	3	44.3 ± 9.0	59.7 ± 12.3
4	3.1	2.6	II	3	81.3 ± 2.1	81.7 ± 2.5
5	2.5	2.2	III	3	80.7 ± 4.9	81.0 ± 4.4
6	2.2	2.1	I	3	79.0 ± 6.9	83.0 ± 6.1
7	3.9	3.4	III	3	81.0 ± 4.4	85.7 ± 3.5
8	1.2	1.5	I	3	54.3 ± 5.9	70.0 ± 7.5
9	1.8	1.4	I	3	51.9 ± 9.3	61.4 ± 6.5
10	5.0	3.1	III	3	73.0 ± 11.1	78.0 ± 9.0
11	2.5	2.2	V	3	60.3 ± 11.9	79.7 ± 9.5
12	2.4	2.3	IV	3	75.3 ± 8.3	87.3 ± 4.6

発芽率は試験開始後14日、56日の値で、株間で分散分析をおこなった。14日発芽率:  $p < 0.01$ , 56日発芽率:  $p < 0.01$ 。

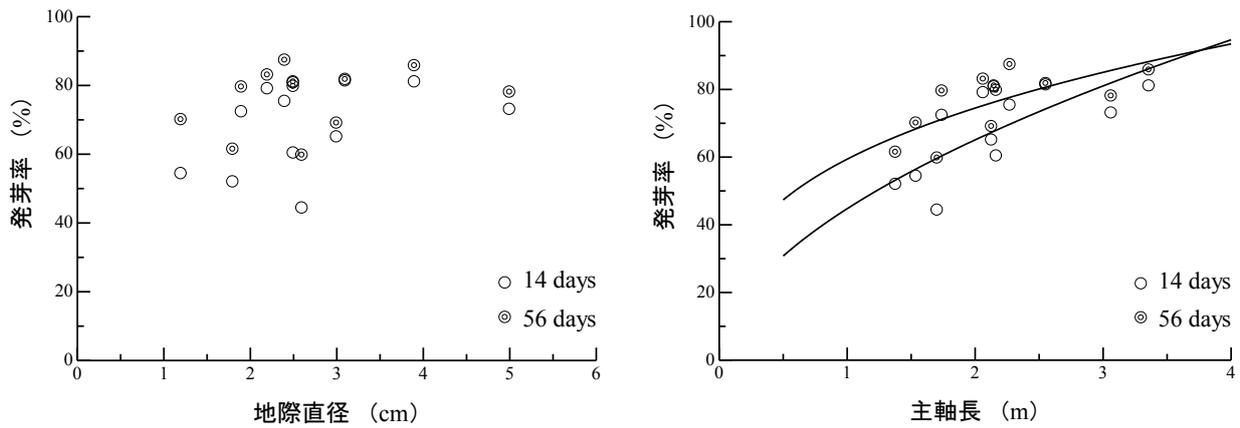


図5.9 種子採取した株主幹のサイズと発芽率との関係

主軸長との間に有意な相関が認められた。回帰式は  $\ln y = a + b \ln x$ 、14日発芽率： $a=3.80, b=0.540, r=0.699^*$ 、56日発芽率： $a=4.08, b=0.327, r=0.681^*$ 、\*： $p < 0.05$ 。

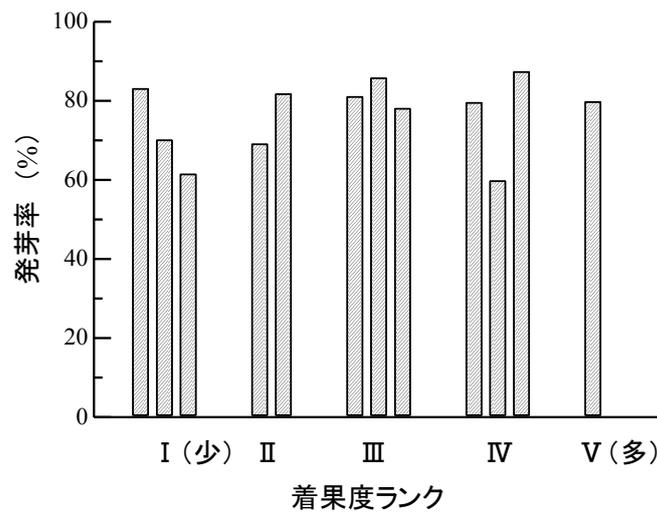


図5.10 株主幹果枝の着果度と当該種子の発芽率  
発芽率は56日発芽率。

## 6. 総合考察

### 6. 1 種子発芽特性と播種工

供試樹種の室内発芽率については、既往の報告等から（林業科学振興所、1985）、ヤマハギで高い値を示すと見られたが、最も高い値を示したのはタニウツギであり、ムラサキシキブやリョウブも高い値を示した（表3. 1）。タニウツギが高い発芽率をもち、発芽勢（短期発芽力）も高く、発芽力の面で優れている点は十分留意しておきたいところである（丸山ら、1984）。ヌルデの発芽率は、種子の種皮組織が物理的・化学的に発芽を抑制しているためであり（鷲谷、1993；鈴木、2003）、熱湯処理などをおこなうことで発芽率が向上する（林業科学振興所、1985）。ノイバラも発芽率が低かったが、これについては、不発芽種子について胚の有無を検査するとともに、種子の採取時期、精選方法、貯蔵方法などについても検討する必要がある。

一方、野外での試験では、ムラサキシキブとリョウブは、実験室での発芽試験が比較的好成績であるにもかかわらず、発芽は見られなかった。ムラサキシキブについては、経験者によると、播種床に必ずしも敷わらをする必要はないが、種子自体が乾燥を嫌うことから、つねに湿った状態に保つことが重要としているおり、播種後の乾燥で発芽能力を失ったのではないかと見られる。一方、リョウブについては、乾燥種子（低含水率）であることから、播種後の乾燥によって発芽能力を失ったとは考えにくいので、休眠が誘導されたのではないかと見られる。ムラサキシキブにしてもリョウブにしても、花や果実あるいは樹形や樹皮に特徴があり、緑化で積極的に活用したい樹種であるが、通常の播種工には向かない。

### 6. 2 実生の初期成長と播種工における早期地表被覆能力

播種後、早期に地表を緑で覆うことができるかどうかは、播種後の種子発芽と発芽後の実生の葉群形成が直接関係する。播種後早く発芽し発芽率が高いほど、そして子葉展開の後、新たな葉群形成が早く進むほど、早期の地表被覆力は高い。播種後早く発芽するのは、ヤマハギ、ノイバラであり、発芽率も高いが、葉群形成について両樹種をくらべると、開葉曲線の上昇はヤマハギで明らかに大きかった（図3. 2）。これらのことから、播種工をおこなった場合、早期地表被覆能力はヤマハギで最も高く、これまで東北地方に限ってもヤマハギが広く斜面緑化に導入されてきた実績は十分納得のいくところである。

発芽後の実生の幹主軸の伸長は、どの樹種も夏の間に進むが、9月以降の伸長は樹種で異なり、引き続き活発に伸長を続ける樹種、伸長が衰える樹種、伸長を停止する樹種があった（図3. 3）。伸長を停止する時期の早晩は、成長期間と密接に結びつく。発芽当年の成長期末の幹主軸成長量は、直径、長さともに樹種間で異なっていたが、これには成長期間の長短が大きく関与している。供試樹種のなかでは、ヤマハギが最も遅くまで開葉を続ける性質をもち、とくに幹主軸の上方への伸長量は大きく、成長力の面で優れた性質を確認することができた。低木種の成長特性評価にあたっては、これまで春先の開葉開始時期に重さが置かれていた感があるが、秋に入ってからいつまで開葉を続けるのか、この開葉停止時期は開葉開始時期と結びついて1年の成長期間の長短を決定するので、樹種のさまざまな成長特性のなかでも、とくに重要である（青木・橋本、1995）。

発芽当年の実生が、幹主軸の伸長に対して主軸からの一次枝分岐さらには一次枝からの二次枝の分岐をするかしないか、するとすればどの程度活発にするか、こうした幹枝系の発達特性は、植生の内部構造と密接にかかわるもので、植生の侵食防止の機能や気象害抵抗性との絡みで重要

な意味をもっている。幹主軸からの枝分岐については、分岐の有無や分岐の仕方などの面で樹種間にちがいがあった（図3. 4、表3. 2）。活発に分枝する樹種は、ヤマハギ、次いでノイバラであり、植生の拡大や内部構造に関して一定の影響をもっていると思われる。なお、枝分岐する樹種では、よく分岐する個体ほど、大きなサイズを獲得している。

### 6. 3 土壌条件に対する実生の成長反応の重要性

発芽実生は、個体全器官のなかで葉の割合が高いので、その成長量は一義的には個葉の光合成能力で決まり、葉の光合成能力が高い樹種ほど、活発な成長をおこなうと考えられる。葉の光合成関係因子のなかで、クロロフィル含有量に樹種間差が認められ、ヤマハギで高い値、タニウツギで低い値を示した（図4. 1、表4. 1）。こうした差異は、実生の幹主軸の伸長成長や肥大成長そして実生の重量成長を決めている。なお、クロロフィル a/b 比や比葉面積重については、有意なちがいはなく、電子伝達速度（ETR<sub>max</sub>）も同様で差異は認められなかった。クロロフィル含有量に樹種間差があるのに、電子伝達速度になかった点は、理論的には考えにくいので、おそらく電子伝達速度の測定誤差によるものと見られる。個体の成長とかかわって葉の生理評価をおこなうにあたっては、測定法の問題として留意しておく必要がある。ここで、クロロフィル含有量が有用な生理指標となるようであったことから、従来からおこなわれている携帯型の葉緑素計による生理計測も有効と考えられる。本研究でも、ここでは報告していないが、有効であることを裏付けるデータを得ており、基盤づくりや管理に大いに活用したいところである。

給水や施肥をおこなった場合の成長量促進の効果は、樹種間で明らかに異なっていた（図4. 2、表4. 2）。ヤマハギでは、給水効果はあったが、施肥効果は認められなかった。給水効果が認められたのは、ヤマハギの他、ヌルデ、タニウツギであり、施肥効果については、ヤマハギを除く全樹種で認められた。乾燥貧栄養地において、無給水無施肥で発芽実生の成長量を大きくしたいと言うのであれば、ヤマハギが適している。一方、土壌条件を改善して大きな実生を育てたいのであれば、ヌルデが適している。ヌルデは、条件次第では、発芽当年で 3m 近くの樹高成長が見込めるはずである。ノイバラでは施肥による成長促進が期待されるし、タニウツギでは給水さらには施肥により大きく成長を促進することが可能である。こうした樹種特性は、緑化場面の樹種多様性を高めるうえで十分考慮に入れておきたい。

### 6. 4 タニウツギ実生の特異な成長特性

陽生の低木種では、発芽にともなう実生の葉群の形成は、他種との競合状態のなかで、定着を確実にするうえで大きな役割を担っている。厳しい種間競合条件の下では、実生の物質経済において葉群発達への物質配分にウェイトをかけるのが、定着を確実にするうえで有利であろう。葉群の発達には地上部の幹枝系の発達であり、地上部の発達を意味する。発芽実生においては、より発達している実生ほど地上部重の比率が高くなっている、すなわち地下部重の比率が低くなっていると見られる。

しかしながら、こうした器官形成は、タニウツギでは見られず、実生の地下部重の比率と実生サイズとの関係において、発達した実生ほど地下部重の比率は大きい（図4. 8）。他の樹種については、実生サイズが大きくなるにつれ、地下部重の比率は、ヤマハギでは明らかな減少、ヌルデ、ノイバラでは一定の関係がなかったことから、タニウツギの増大はきわめて特徴的である。タニウツギが、他樹種と比較して、発芽実生の成長量が小さいのは、この点も一因である。また、

地上部地下部の現存量構成において、タニウツギは他の樹種とは対照的に、地下部現存量が地上部を上回っている点も注目に値する（図4. 9）。

タニウツギの実生が他樹種と比較して地下部重の発達にウェイトをかけている点は、実生成長全体を犠牲にするが、反面、環境ストレスに対する耐性を高めていると考えられる。実生個体において、相対的によく発達した根系は、水分や無機養分が制限される環境下で、資源獲得と個体の維持に有利に働くはずである。また、緑化の場面においては、地表面あるいは土壌表層における侵食防止は最も重量な事項であることから、タニウツギのように、地上部の発達を抑えて地下部の発達を優勢にする成長特性は、地表下の浅いところの根の密度を高くすると見られることから、地表面や土壌表層の安定化につながるのではないかと見られる。

## 6. 5 タニウツギの種子採取と播種にあたって

タニウツギは、北海道、本州の主に日本海側に広く分布し、暖温帯上部から冷温帯下部の山野でよく目にする。本種は、高さ2~3mの陽生の落葉低木で、年を経て株立状に発達し、林道切土法面下部や林道の路肩などでよく出現し、1株見つければ、近傍周辺に多数見られるのが普通である。また、東北地方では、放牧地にススキ群落にまじって、よくタニウツギ群落が成立している（西脇ら、1993）。毎年多くの花を着け、種子生産に凶作年がないと見られることから、種子の大量採取はきわめて容易である。

タニウツギの種子採取は、10月以降におこなうのがよい（図5. 5、表5. 2）。ただし、11月になると、朔果が裂開して種子が落下するので、実際にはその直前を見計らって採取するのがよい。11月下旬以降、果枝上に裂開した朔果が多数見られ、大半の種子は落ちているが、子房基部にはまだ相当量の種子が入っており、発芽力のある良い種子が採取できる。どのような株から種子を採取するのか、気になるところであるが、株の大きさよりは、株から発生する主幹のサイズに注目したい。主幹を見て、基部直径で3cm以上、主幹の長さで2mないし2.5m以上のものから採取するのがよい（表5. 5、図5. 9）。

タニウツギの播種に際しては、播種前の低温処理は必要としない（図5. 6、表5. 3）。したがって、採り播きが可能であるが、晩秋の低温下で発芽するかどうか、また冬が越せるかどうかについては今回は調べていない。採取後低温貯蔵し、翌年春に播種するのが、無難であろう。低木種のなかでは、きわめて高い発芽力を持ち、野外での播種成績も最も好成績が期待できる樹種の一つと見られる。ただ、今回の試験でも明らかかなように、暗条件の下ではほとんど発芽が認められないことから、典型的な光発芽種子であり、播種後の地表被覆については十分注意しておく必要がある（図5. 7、表5. 4）。

## 6. 6 タニウツギ株の更新

タニウツギは陽生低木種であり、株の近くに高木種等が発達してくると、急速に衰退するようであるが、こうした光競合を除去する作業をおこなえば、タニウツギの株の寿命は数十年以上あり、長期にわたってタニウツギ低木群落を維持することが可能である。株の下には埋土種子の集団が形成されており、堆積有機物層直下の土壌表層をサンプルして播き出し試験を実施したところ、容易に発芽が認められたこと（図6. 2）、株が古くなって主幹の発達が衰えた場合は、株を伐採し、堆積有機物層を剥ぎ土壌表層を攪乱すれば、容易に更新が可能と見られる。

低木種の樹種特性に関しては、成熟枝のフェノロジー、幹主軸の交代パターン、株の維持機構

などについて調べられている（松田・橋本, 2001; 八田ら, 2003; 若山・八田, 2004）。しかし、実際の緑化場面で、植生導入し年月を経て発達した株の、維持や更新については、試験例に乏しく、今後の課題となっている。引き続き検討を進めることにしている。



図6. 1 タニウツギの果枝（左：2011年7月29日、右：2011年9月22日）

7月で子房は外観上十分成長している。9月では子房はまだ緑色であるが、葉が枯れてきており、これが種子成熟の一応の目安になる。しかし、採取は10月まで待つ方がよい。



図6. 2 実験室での埋土種子播き出し試験（2011年12月）

試験開始後3週間するとたくさんの芽生えが出てくる。種子がすぐに必要な場合は株下の堆積有機物層を除去し、直下の鉱物質土層を浅く採ればよい。

## 引用文献

- 青木享宏・橋本良二（1995）冷温帯コナラ二次林における構成樹種の葉のフェノロジー．岩手大学農学部演習林報告 26: 29-41.
- 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育苗部会（1980）樹木のふやし方ータネ・ホ取りから苗木までー. 340pp, 農林出版, 東京.
- Kramer, P.J. and Kozlowski, T.T. (1979) Physiology of Woody Plants. 811pp. Academic Press, Inc., Florida.
- 橋本良二・太田理恵子・園原正二（2011）数種陽生低木種の種子発芽および芽生えの成長試験ー斜面緑化への利用と関係してー. 岩手大学農学部演習林報告 42: 111-118.
- 八田洋章・持田秀雄・磯田 恵（2003）樹形研究の一環としてみた多様な実生形態. フェノロジー研究 38: 6-12.
- 細木大輔・中村勝衛・亀山 章（2008）湿潤な切土法面における外来緑化草本と先駆樹種を用いた播種工の成果比較. 日本緑化工学会誌 34: 384-394.
- 丸山幸平・志田武司・石河 満・浅井涌太郎（1984）飯豊山麓・温身平林道法面の二次遷移（IV）種類組成の変化. 日本林学会誌 66: 83-92.
- 松田 将・橋本良二（2001）造林初期段階に出現する低木種の栄養繁殖型. 岩手大学農学部演習林報告 32: 77-83.
- 西脇亜也・菅原和夫・伊藤 巖（1993）放牧影響下にあるススキ型草地での低木群落の成立. 日本草地学会誌 39: 1-6.
- 野口 宏・高橋陽一・宇田友紀子・中西 収・松井宏光（2008）ダムサイト法面における在来木本種の播種および表土を用いた緑化対策の事例. 日本緑化工学会誌 34: 168-171.
- 小畑秀弘・中村 剛・谷口伸二（2007）表土シードバンクを吹付けに活用した施工事例（V）切土のり面における施工後4年の植生調査結果. 日本緑化工学会誌 32: 513-516.
- 林業科学技術振興所（1985）有用広葉樹の知識ー育て方と使い方ー. 514pp, 財団法人林業科学技術振興所, 東京.
- 新庄久尚・西脇亜也・菅原和夫（2004）放牧地の侵入低木種であるタニウツギ（*Weigela hortensis* K. Koch）の種子発芽特性. Grassland Science 50: 369-371.
- 鈴木善弘（2003）種子生物学. 411pp, 東北大学出版会, 仙台.
- 若山治彦・八田洋章（2004）低木類の生活形と茎の内部構造との関係. 筑波実験植物園研究報告 23: 29-106.
- 鷲谷いづみ（1993）種子発芽時における環境モニター. 生育にふさわしい場所と時を選ぶメカニズム. 化学と生物 31: 382-384.
- 吉田 寛（2009）斜面緑化における播種工の成績判定方法のあり方. 日本緑化工学会誌 34: 459-465.

#### 助成事業者紹介

橋本良二 岩手大学農学部教授（農学博士）

主な著書 都市の自然再生プランニング（地域環境再生研究会、平成 20 年）

地域のための環境再生読本－県境廃棄物投棄サイト－（地域環境再生研究会、平成 18 年）

#### 共同研究者

小山浩正 山形大学農学部准教授（博士（農学））

主な著書 発芽生物学－種子発芽の生理・生態・分子機構（文一総合出版、平成 21 年）

ニセアカシアの生態学（文一総合出版、平成 21 年）

杉田久志 独立行政法人森林総合研究所植生管理研究室長（農学博士）

主な著書 森の生態誌：北上山地の景観とその成り立ち（古今書院、平成 17 年）

雪山の生態学（東海大学出版会、平成 14 年）