

原著論文

挿し木によるヒハツモドキの増殖：挿し木に適する植物部位，挿し穂の節数，葉切除の程度ならびに時期の特定

大野 豪^{1*}・根本明子^{1,2}・玉城盛俊³

1 沖縄県農業研究センター石垣支所（*現所属：沖縄県病害虫防除技術センター）

2 琉球産経株式会社

3 沖縄県農業研究センター

要 約

沖縄県，特に八重山地域において古くから香辛料・薬用植物として利用されてきたヒハツモドキは，近年，機能性食料としても注目を浴びつつある。本種の栽培技術開発のための研究の一環として，挿し木による増殖法の確立に向け，挿し穂に適する植物部位，節数，葉切除の程度および挿し木に好ましい時期を特定するための一連の試験を行った。植物部位として，よじのぼり茎，ほふく茎およびよじのぼり茎から発生する側枝に分けて発根と初期生育を比較した。側枝の先端部はその発根率が3割未満と著しく低いために挿し穂に適さず，よじのぼり茎の先端部も発根に関する諸形質において他の部位に劣る場合があるため，挿し穂にはあまり適さないと考えられた。一方，よじのぼり茎の中間部は，その発根率が7割以上であるだけでなく，初期生育に関する諸形質においても優れるため，現時点では挿し穂として最も適した部位であると言える。ほふく茎の先端部と中間部は，発根と初期生育において，よじのぼり茎の中間部に次いで優れるため，挿し穂として利用可能である。挿し穂の節数については，発根に関する諸形質と取り扱いのしやすさの観点から，よじのぼり茎では3～4節，ほふく茎では2～3節が適していると考えられた。挿し穂の葉切除については，よじのぼり茎では切除の程度が大きくなるほど発根に関する諸形質が劣る傾向がみられ，側枝においても葉切除は発根率上昇効果を示さなかった。このため，本種の挿し木においては葉の切除は行わないほうがよい。挿し木に好ましい時期については，冬期の発根が他の時期より劣る場合が多かったため，春から秋にかけて挿し木を行うのがよいと考えられた。

キーワード：コショウ科，ピパーズ，天挿し，管挿し，育苗，琉球列島

緒 言

ヒハツモドキ *Piper retrofractum* Vahl（コショウ科）は，インドネシアやマレーシア，タイ等の東南アジア地域原産とされるつる植物であり，これらの地域を中心に，世界各地で香辛料や生薬として用いられている（Weiss, 2002; Lim, 2012）。日本においても，沖縄県，特にその南西端に位置する八重山地域では，本種は住居の周囲にしばしば植栽されており，ピパーズ，ピーヤシ等の方言名で呼ばれ，その果穂や葉は香りがよいために，古くから香辛料等に用いられてきた（たとえば，多和田，1981; 山門，1996）。本種は他のコショウ科植物と同様に，その果穂や葉等に piperine をはじめとした各種機能性成分を含むことから（たとえば，成井ら，1995; Banerjia *et al.*, 2002），最近では伝統食材としてだけではなく，健康食品としても注目されるようになってきている。このため近年沖縄においては，本種の果穂等の安定した収量を得るための栽培技術開発や有望系統選抜に対する要望が高まりつつある（大野ら，2016）。しかしながら，国内ではヒハツモドキの栽培研究が

なされた事例がなく，有望系統選抜の上で重要となる系統間での諸形質の変異についても，葉の形状に関する1研究例（皆川・中村，1995）があるのみである。また，主要な産地であるインドネシアにおいても，そうした栽培や形質変異に関する研究は十分には行われていない状況である（Djauhariya and Rosman, 2008; Evizal, 2013）。一方で，このような栽培技術開発や有望系統選抜のための研究や，それらの成果の普及を今後進める上では，苗の増殖が不可欠であるが，これについても研究事例は限られており（Evizal, 2013 とその引用文献を参照），増殖技術が確立されているとは言い難い状況である。そこで本研究では，挿し木による本種の効率的な増殖法の確立をめざした試験の一環として，挿し穂に適した植物部位，最適な挿し穂の節数，ならびに挿し穂の葉からの蒸散を防ぐ目的でしばしば行われる葉切除の必要性を明らかにするための試験を行った。さらに，これらの試験はいずれも異なる時期に複数回実施したため，全試験のデータを統合した上で，挿し木に適する時期の検討も行った。

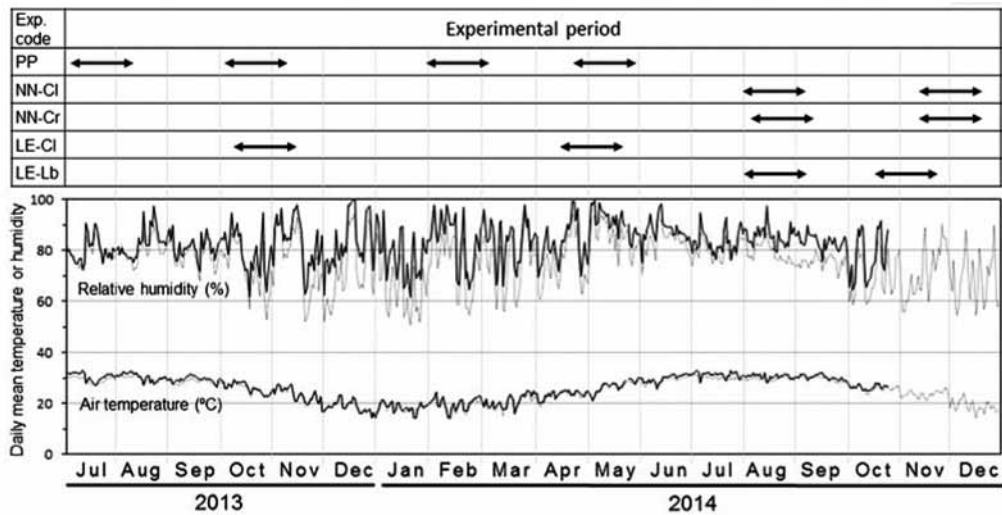


Fig. 1 Periods in which five different experiments (indicated as Exp. code) on propagation of *Piper retrofractum* were conducted (upper), and temporal changes in the daily means of air temperature and relative humidity during these periods (lower; solid and dotted lines indicating those in the experimental glasshouse and outside the house, respectively). The explanations for the Exp. codes are as follows: PP, testing the plant parts suitable for cuttings (see Table 1 for the results); NN-CI and NN-Cr, testing the number of nodes suitable for cuttings using the climbing stem and the creeping stem, respectively (see Table 3); LE-CI and LE-Lb, testing the effects of leaf excision from the cuttings on rooting using the climbing stem and the lateral branch, respectively (see Table 4). See Figs. 2-3 for further details on plant parts and experimental treatments.

材料および方法

試験場所とその環境

以下すべての試験は、沖縄県農業研究センター石垣支所（沖縄県石垣市；24.382°N, 124.191°E）において、2013年7月から2014年12月にかけて行った。個々の試験を実施した期間はFig. 1および以下に示す。供試材料（挿し穂の供給元となる親株や、挿し木後のセルトレイ、苗等）は、同支所内の育苗用ガラス室（17.6 m × 9.2 m）内の一角（5.5 m × 3.5 m）に保管した。この一角の側窓は風よけのために閉め切ったが、他の側窓については、その総面積の3分の1相当を、台風襲来時を除いて常に網戸の状態で開催した。この一角には遮光ネットとして、地表からの高さ1.9 m前後の位置に黒色ナイロンネット（2 mm 目合い）を2枚重ねて展張し（遮光率75%前後）、その下（高さ1.6 m前後）に散水ノズル9個をおおむね等間隔で吊り下げ、試験期間中は毎日、午前9時頃より10分間散水を行った。気温と相対湿度については、温湿度データロガー（おんどとり®TR-77Ui, T & D Corporation）を遮光ネットの真下に吊り下げ、30分ごとに記録した（ただし、2014年10月下旬以降は機器の不具合により記録できず）。試験期間中のガラス室内および外気の日平均温湿度の変動をFig. 1に示した（外気については石垣島地方気象台で取得されたデータを使用）。気温と相対湿度の双方とも、ガラス室内のほうが外気よりもほぼ一貫して高く推移していた。

親株の管理および植物部位の定義

2013年2月に石垣島の栽培者より、雌株のほふく茎（定義は以下参照）由来の苗を購入し、これを親株として育成した。これら苗は、支柱として長さ1 m前後、直径6~7 cmの丸太を立て、鹿沼土を底から5 cm前後の深さまで入れ、その上から石垣島産の赤土（国頭マージ）と堆肥（世美がえり、石垣島堆肥センター）とカナダ産ピートモス（Morning Glory, Theriault & Hachey Peat Moss 社）を体積比1:1:1で混合した土を入れた黒色プラスチックポット（容量18.5L、高さ29 cm、開口部内径30 cm、底部内径25 cm）に1本ずつ移植した。以下の試験では、特にことわらないかぎり、これら親株から繰り返し挿し穂を切り出した。苗移植時と、挿し穂を切り出した時には、化学肥料（くみあい尿素入りIB化成S1号、N:P:K = 10:10:10）を1親株あたり約20 g与えた。

なお、コショウ科植物には、同一種がよじのぼり茎（climbing stem）やほふく茎（creeping stem）等の性質が異なる茎を発生させる例がしばしばあり（たとえば、Chaveerach *et al.*, 2006）、ヒハツモドキにも、葉の形態が互いに異なるよじのぼり茎とほふく茎が存在するとされる（皆川・中村, 1995）。しかし本種については、これら異なるタイプの茎の形態・生態的差異を詳述した文献が見当たらない。そこで今回、試験に先立ち、育成した親株と野外の株の観察に基づき、各タイプの茎・枝を以下のように定義した（模式図をFig. 2に示した）。親株導入から5ヶ月経過後（2013年7月）、一部の茎は各節から気根

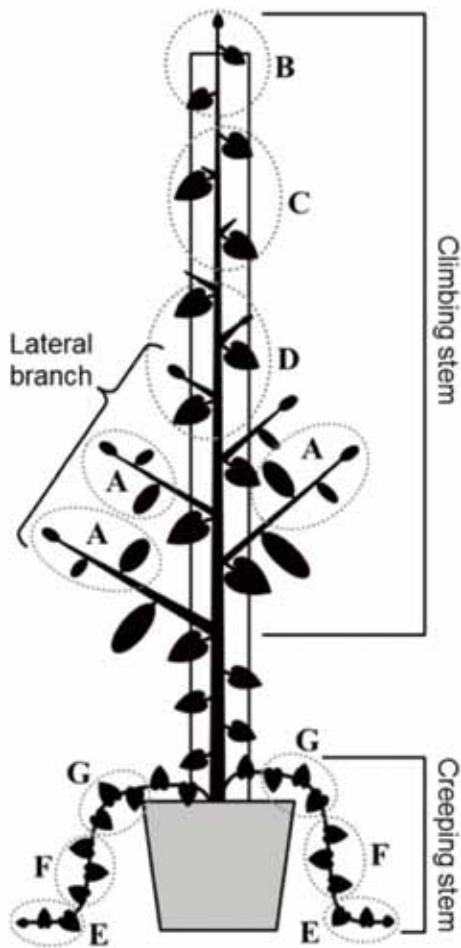


Fig. 2 Schematic representation of the definition of lateral branch, climbing stem and creeping stem of *Piper retrofractum*, and the plant parts used as cuttings (indicated with dotted ellipses and uppercase letters) in the present study. Although multiple climbing stems usually emerge by branching, only one was figured for simplification. A, tip of the lateral branch including three nodes (and thus three leaves, hereafter); B, tip of the climbing stem including three nodes; C and D, intermediate portions of the climbing stem including the fourth to sixth nodes and the seventh to ninth nodes, respectively; E, tip of the creeping stem including three nodes; F and G, intermediate portions of the creeping stem including the fourth to sixth nodes and the seventh to ninth nodes, respectively. See also Fig. 3f for external differences among the seven parts.

を発生させ、これを丸太に付着させて登っており、他の茎は地表から水平方向に伸長してポットの外に垂れ下がっていた。登っている茎は、基部と先端部をのぞく各節から、大型で楕円形の葉を有し、付着根のない枝（以降、これを側枝 lateral branch と呼ぶ）を発生させていた。野外株の観察では、果穂は例外なくこの側枝だけに認められた。地表から水平に伸長している茎は、心形～腎形で小型の葉を有し、この型の茎からは側枝の発生は認められなかった。こ

れをほふく茎と定義する。一方、よじのぼり茎については、支柱に付着している茎のうち、側枝が発生している最下位節より上の部分と定義する。したがって、地表と最下位の側枝の間の部分は、ほふく茎がよじのぼり茎に変化しつつある部分とみなし、本試験での調査対象からは除外する。よじのぼり茎の各節に直接着生する葉は心形であり、その大きさは側枝の葉とほふく茎の葉の中間であった。ほふく茎の節間はよじのぼり茎のそれより明らかに短く、よじのぼり茎の先端1～2節をのぞく各節にはほぼ例外なく気根の発生が認められたが、ほふく茎には気根が発生している節としていない節があった。ほふく茎の中間節が地表に接している場合、そこから土中への根の伸長がみられることがあった。

挿し穂の調製および挿し木法

試験用の挿し穂の切り出しはいずれの場合も、月齢6ヶ月以内の部位から行なった。切り出した挿し穂はすみやかに水に浸漬し、浸漬開始から6時間以内に挿し木した。挿し木培地には、市販のフェノール樹脂製の発泡成形育苗資材（オアシス® さし木育苗用（クサビ形）、Smithers-Oasis社、品番5615）を102穴（6穴×17穴、25cm×51cm）の専用セルトレイ（同社、品番5641）に1穴おきに入れ、十分に湿らせたもの（Fig. 3a）を用いた。挿し穂として用いた茎・枝の小片はすべて、最下位節より下の部分を挿ししろとして2.5cm前後（これに満たない場合はできるだけ長く）残し、挿し穂長（最下位節から最上位節までの長さ）を測定したのち（ただし挿し穂が1節の場合は測定せず）、最下位節が培地表面に接するかやや埋まる程度の深さまで挿して固定した。挿し穂は通常、培地表面中央にあけられている直径2mm程度の穴に挿したが、挿し穂が穴の径より細いために固定されにくい場合は、穴から5mm程度離れた位置に挿した。いずれの試験においても、異なる試験区の挿し穂を同一セルトレイ上に無作為順で挿し、セルトレイごとと水稲用育苗箱（30cm×61cm）に入れ、上記の遮光ネット下に置いた高さ65cmの台の上に静置した（Fig. 3a）。保管中に生じうる灌水ムラの影響を除去するため、挿し木から発根調査までの間、週2～3回、セルトレイの配置を入れ替えた。

発根調査法およびデータ解析

すべての試験において、発根調査は挿し木から35日後に行なった。挿し穂をセルトレイから抜きとり、必要に応じて培地を分解し、肉眼で発根の有無を確かめた。少なくとも1本の発根が認められた挿し穂についてはさらに、発根数を確認し、最も長い根の長さ（最大根長）を計測した。発根数について

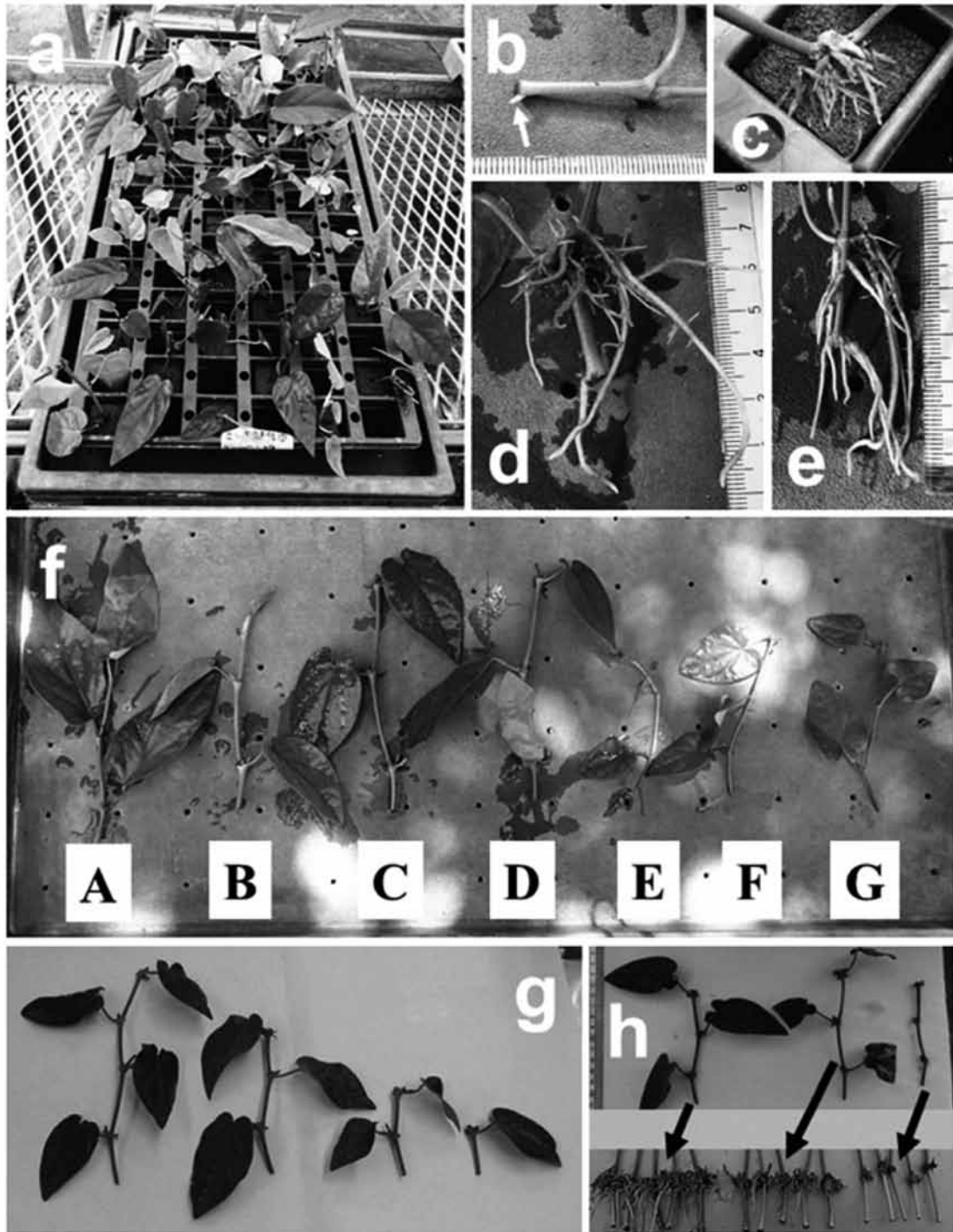


Fig. 3 Examples of the rooting media used, successful rooting, the plant parts used, and experimental treatments on the plant parts in propagation of *Piper retrofractum* by cutting. a: The growing media and tray used, and cuttings thereon. For all experiments in the present study, Oasis® Wedge® medium was embedded in every other cell of the dedicated tray with 102 cells, and different cutting types, as shown in photos f-h, were put in the media in a randomized order. Each cutting was inserted into the medium so that the undermost node of the cutting was in touch with the medium. b-d: Rooting observed on cutting derived from varying plant parts (see below and Fig. 2). The photo b shows a small root (indicated by the arrow) that emerged on terminal of the lateral branch. The photo c shows roots of an intermediate portion of the climbing stem that are recognizable on the surface of the rooting medium. The photos d and e show roots of intermediate portions of the climbing stem and the creeping stem, respectively, which have grown inside the rooting media. f: External differences among seven plant parts (A-G) used to determine the parts suitable for cuttings (see Fig. 2 for detailed explanations). g: Cuttings varying in the number of nodes that were used to examine the number of nodes suitable for cutting. h: Cuttings varying in the degree of leaf excision that were used to test the effects of leaf excision on rooting (upper), and apparent differences in the degree of rooting observed after 35 days (lower; leaves removed for ease of recognition).

は、多数の発根が認められた場合の多くで根が互いに癒合しており、肉眼での計数が困難であったため、根数が10以内であれば全数を計数したが、明らかに10本以上の発根が認められる場合はすべて10以上として記録した。なお発根は主として挿し穂の最下位節に認められたが、挿し穂最下端の切り口や、最下位節と切り口の間に認められる場合もあった (Fig. 3b-e)。発根数は、こうした発根部位の違いにかかわらずひとまとめにして記録した。発根率 (発根が認められた挿し穂の割合)、発根数、最大根長、および挿し木時に得た挿し穂長のデータは、必要に応じて、異なる試験区間で多重比較した (有意水準5%)。発根率については、Fisherの正確確率検定によって総当たりで比較したのち、FDR (false discovery rate) 法 (Benjamini and Hochberg, 1995) によって有意差がある組み合わせを選び出した。発根数のデータについては、4つのランク (1~3本なら1, 4~6本なら2, 7~9本なら3, 10本以上であれば4) に配分して順序変数とし、Mann-WhitneyのU検定で総当たりの比較を行い、同様にFDR法により有意性を判定した。最大根長と挿し穂長については、Tukey-KramerのHSD検定によって多重比較した。

試験1: 挿し穂に適する植物部位の検討

本試験では、上のように定義した各部位をさらに細分し、Fig. 2およびFig. 3fに示したA~Gの7部位間で発根率等の比較を行った。すなわち、部位Aは側枝の先端3節、部位Bはよじのぼり茎の先端3節、部位Cは同じく先端から4~6節、部位Dは同じく先端から7~9節、部位Eはほふく茎の先端3節、部位Fは同じく先端から4~6節、部位Gは同じく先端から7~9節とした。なお、側枝の中間部については、全節に葉を備えた挿し穂を十分量得ることが困難であったため、本試験には用いていない。部位B~Dに側枝の発生がみられた場合、これを切除してから試験に用いた。ほふく茎の中間節から土中への根の伸長が認められた場合、その節より上位を試験に用いた。本試験は2013年7月5日~8月9日、同年10月3日~11月7日、2014年1月29日~3月5日、同年4月24日~5月29日の4回実施した (Fig. 1)。ただし3回目と4回目の試験においては、部位DとGをのぞく5部位間の比較とした。いずれの部位とも、挿し木前に挿し穂の最下位節における気根の有無を記録した。部位E~Gではいずれも、最下位節に気根があるものとなないものが認められたが (結果を参照)、これらの間で発根率、発根数あるいは最大根長が有意に異なることはなかったため (データ省略)、結果では気根の有無にかかわらずひとまとめにして算出したデータを

示す。

さらに、異なる部位間での発根後の活着率や初期生育の比較を行うため、上記4回の試験のうち1回目と4回目では、挿し木後の発根調査に引き続いて以下のような調査を行った。発根が認められた挿し穂については、親株育成に使用したのと同じ混合土を十分量入れた黒色ポリポット (570 ml, 口径10.5cm) に1本ずつ、最下位節が土表面から1 cm程度の深さに埋まるように植えかえ、上記と同じ化学肥料を3粒 (1.5 g 前後) 与え、部位を記したラベルを挿したポット苗とした。これらポット苗は各部位40本を上限に準備し、上記と同じ台の上に無作為順で並べて保管した。1回目の試験では移植から40日後 (2013年9月18日) に、4回目の試験では移植から50日後 (2014年7月18日) に、苗ごとに活着の有無を判定し、さらに活着したと判定されたものについては最大茎長、茎数、側枝数および葉数を記録した。ここで、節数の増加が認められた苗は活着しており、枯死しているか節数が増加していない苗は活着していないと判断した。最大茎長については、最も長い茎の土表面から茎先端 (葉を含まない) までの距離とした。茎数は、主茎 (もとの挿し穂を含む茎) の各節 (土中の最下位節も含む) から発生している側枝ではない分枝を数え、これに1 (主茎の数) を加えたものとした。側枝数はすべての茎の側枝の数の合計、葉数は苗全体の展開葉数とした。なお茎と側枝については、少なくとも1枚の展開葉を有するものだけを数えた。活着率の部位間での多重比較については発根率の場合と同様であり、他の値についてはTukey-KramerのHSD検定によって比較した。

試験2: 最適な挿し穂の節数の検討

ヒハツモドキの挿し穂の節数と発根・生育等との関係については、インドネシアの研究例があるが (Darwati *et al.*, 1991; Januwati and Effendi, 1992)、いずれも土・肥料等の混合物を挿し木培地として使用した例であり、本研究のように発泡成形育苗資材を用いた研究例はないため、検討することとした。ここでは、試験1において良好な発根が確かめられた、よじのぼり茎の中間部とほふく茎の中間部 (結果を参照) を用いた試験を、それぞれ2回ずつ実施した (Fig. 1)。1回目の試験は、よじのぼり茎では2014年8月1日~9月5日に、ほふく茎では同年8月4日~9月8日に行った。2回目の試験は、よじのぼり茎・ほふく茎双方とも、同年11月13日~12月18日に行った。双方の茎とも、茎先端2節を除く、3節~12節程度の間から挿し穂を切り出した。よじのぼり茎に側枝がある場合、試験1と同様に切除した。ほふく茎については、親株からだけでは十分なサン

ブル数が確保できなかったため、試験1の4回目の試験で初期生育比較のために用いたポット苗のうち、ほふく茎 (E・F) 由来のものからも同様に挿し穂を切り出して用いた。中間節から土中への根の伸長がみられた場合の扱いについても、試験1と同様である。試験区については、挿し木前後の取り扱いのしやすさや挿し穂の安定性から、よじのぼり茎では1節から4節の4区 (Fig. 3g)、ほふく茎では1節から5節の5区とした。茎の特定の部位 (たとえば、先端寄り) が特定の区に偏って配分されることがな

いよう、節数が異なる挿し穂の切り出しは無作為順で行った。なお、1節の区においては節間がないために、挿し穂長はゼロとした。

試験3：挿し穂の葉切除の必要性の検討

挿し穂の葉切除は、蒸散の抑制による発根促進効果が期待されることに加え、葉面積が小さくなるために、挿し床の単位面積あたり挿し穂数を増やせるという利点をもたらさう。本研究では隣接する挿し穂どうしの干渉 (隣の挿し穂の葉によって培地表

Table 1. Comparison of external characteristics and rooting among cuttings derived from varying plant parts of *Piper retrofractum*

| Experiment No. (period)/plant parts tested ^a | <i>N</i> | Cutting length (cm) ^{b,c} | % cuttings with aerial roots ^{d,e} | % rooting ^{d,f} | No. of roots (rank) ^g | Maximum root length (cm) ^{b,h} |
|---|----------|------------------------------------|---|--------------------------|----------------------------------|---|
| Exp. 1 (5 Jul.-9 Aug., 2013) | | | | | | |
| A | 38 | 6.39 ± 0.20 b | 0.0 a | 2.6 a | 1.00 | 0.30 |
| B | 25 | 7.37 ± 0.18 c | 100.0 c | 68.0 b | 3.47 ± 0.24 bc | 1.89 ± 0.24 a |
| C | 23 | 10.71 ± 0.26 d | 100.0 c | 91.3 b | 3.90 ± 0.10 cd | 3.54 ± 0.30 b |
| D | 21 | 9.67 ± 0.28 d | 100.0 c | 90.5 b | 3.89 ± 0.11 cd | 3.78 ± 0.36 b |
| E | 36 | 4.61 ± 0.18 a | 77.8 b | 75.0 b | 3.11 ± 0.20 ab | 4.31 ± 0.31 b |
| F | 35 | 6.55 ± 0.23 bc | 71.4 b | 85.7 b | 2.93 ± 0.20 ab | 4.70 ± 0.27 b |
| G | 26 | 6.82 ± 0.33 bc | 61.5 b | 76.9 b | 2.65 ± 0.25 a | 4.50 ± 0.46 b |
| Exp. 2 (3 Oct.-7 Nov., 2013) | | | | | | |
| A | 51 | 5.20 ± 0.18 ab | 0.0 a | 23.5 a | 1.08 ± 0.08 a | 1.67 ± 0.33 a |
| B | 45 | 7.44 ± 0.26 c | 93.3 c | 97.8 b | 2.59 ± 0.16 b | 1.93 ± 0.17 a |
| C | 37 | 9.99 ± 0.23 d | 100.0 c | 100.0 b | 3.84 ± 0.08 c | 4.08 ± 0.20 b |
| D | 31 | 10.58 ± 0.36 d | 100.0 c | 93.5 b | 4.00 ± 0.00 c | 3.64 ± 0.19 b |
| E | 28 | 4.67 ± 0.29 a | 75.0 b | 92.9 b | 2.19 ± 0.21 b | 4.19 ± 0.34 bc |
| F | 24 | 6.15 ± 0.38 b | 70.8 b | 100.0 b | 2.21 ± 0.22 b | 4.72 ± 0.29 bc |
| G | 15 | 6.23 ± 0.34 bc | 66.7 b | 93.3 b | 2.36 ± 0.17 b | 5.39 ± 0.59 c |
| Exp. 3 (29 Jan.-5 Mar., 2014) | | | | | | |
| A | 14 | 3.39 ± 0.18 ab | 0.0 a | 0.0 a | No data | No data |
| B | 27 | 4.10 ± 0.18 bc | 96.2 c | 40.7 b | 1.64 ± 0.34 ab | 0.49 ± 0.11 a |
| C | 22 | 6.44 ± 0.19 d | 100.0 c | 77.3 c | 2.71 ± 0.29 b | 0.68 ± 0.08 a |
| E | 29 | 2.97 ± 0.20 a | 65.5 b | 41.4 b | 1.08 ± 0.08 a | 0.63 ± 0.18 a |
| F | 24 | 4.48 ± 0.28 bc | 54.2 b | 20.8 ab | 1.20 ± 0.20 ab | 0.68 ± 0.43 a |
| Exp. 4 (24 Apr.-29 May, 2014) | | | | | | |
| A | 14 | 4.01 ± 0.27 a | 0.0 a | 0.0 a | No data | No data |
| B | 46 | 5.39 ± 0.19 b | 100.0 c | 87.0 b | 2.03 ± 0.13 a | 3.12 ± 1.17 a |
| C | 47 | 7.95 ± 0.14 c | 100.0 c | 100.0 c | 3.89 ± 0.08 b | 4.98 ± 0.92 b |
| E | 27 | 4.06 ± 0.20 a | 66.7 b | 92.6 bc | 1.92 ± 0.18 a | 5.07 ± 1.66 b |
| F | 19 | 5.14 ± 0.32 b | 47.4 b | 89.4 bc | 1.76 ± 0.24 a | 4.92 ± 1.12 b |

a: The letters A-G represent plant parts tested, as shown in Fig. 2 and Fig. 3f. b: Mean ± SE. Values with the same letter are not significantly different (Tukey-Kramer HSD test, $P = 0.05$). The data without SE indicate $N = 1$ and were thus excluded from the statistical comparison. c: Linear distance between the uppermost (first) and the undermost (third) nodes of the cutting at the start of the experiment. d: Values with the same letter are not significantly different (Fisher's exact tests followed by FDR adjustment, $P = 0.05$). e: Percentage of cuttings bearing at least one aerial root on the undermost node at the start of the experiment. f: Percentage of cuttings bearing at least one newly emerged root at the end of the experiment. g: Mean ± SE of the number of newly emerged roots recorded as an ordinal variable with four ranks as follows: 1, one to three roots; 2, four to six roots; 3, seven to nine roots; 4, 10 or more roots. Values with the same letter are not significantly different (Mann-Whitney U tests followed by FDR adjustment, $P = 0.05$). The data without SE indicate $N = 1$ and were thus excluded from the statistical comparison. h: Length of the longest root among the newly emerged roots.

結果および考察

面が覆われ、水がかかりにくくなることなど)をできるかぎり防ぐため、すべての試験においてセルトレイに1穴おきに挿し木しているが (Fig. 3a), 葉が小さいほふく茎では、全穴に挿し木してもこうした干渉は問題にならず (筆者らによる観察), また葉を切除せずとも発根がよいことが試験1で確かめられている (結果を参照). このため本試験ではほふく茎は用いず, 比較的大型の葉を有するよじのぼり茎 (中間3節) と側枝 (先端3節) を用いて, それぞれ2回ずつ試験を実施した (Fig. 1). よじのぼり茎を用いた試験は2013年10月9日~11月13日と2014年4月15日~5月20日に, 側枝を用いた試験は2014年8月1日~9月5日と同年10月17日~11月21日に行った. 試験区については, 葉を切除しない対照区 (NE), 3葉すべてを葉幅が最大となる部分で切除する部分切除区 (PE), および3葉すべてを葉柄基部から切除する全切除区 (AE) (Fig. 3h) を設けた. よじのぼり茎については試験2と同様に, 茎先端から3節~12節程度の間から挿し穂を切り出し, 側枝がある場合はこれを切除し, また特定の部位が特定の区に偏って配分されないよう, 3試験区の処理は無作為順で行った. なお, よじのぼり茎の2回目の試験では, 上記親株と異なる株から挿し穂を切り出した. これらの株は, 2013年7月に沖縄本島 (糸満市) の野外から採取したよじのぼり茎を, 本論文に記したのと同様な方法で挿し木・育苗し, 同年10月に同様の丸太を立てたポットに移植して育成したものである.

挿し木に適する時期の検討

以上3試験のデータから, 挿し穂の節数が3節で, かつ葉切除をしていないものの挿し穂長および発根に関するものを抽出し, 挿し木に適した時期の検討を行った. ここで, 試験1におけるよじのぼり茎の部位CとDは, 挿し穂長や発根, 活着, 初期生育に関するすべてのデータにおいて同一試験期間内では有意に異ならなかったため (結果を参照), これらはよじのぼり茎中間部としてひとまとめにし, 挿し穂長や発根に関するデータを再計算した. 同じ理由で, ほふく茎の部位FとGのデータも, ほふく茎中間部としてひとまとめにした. また, よじのぼり茎中間部を用いている試験1の2回目と試験3の1回目では試験期間が大幅に重なっており (Fig. 1), 挿し穂も同じ株から切り出したものであるため, これらのデータもひとまとめにして扱った. 一方, 試験1の4回目と試験3の2回目についても同様に試験期間が重なっているが (Fig. 1), 上述のとおり後者では他の試験とは用いた挿し穂の由来が異なるため, 後者のデータは除外した.

挿し穂に適する植物部位

Table 1に, 挿し木前の挿し穂長と最下位節の気根有無, および挿し木後の発根に関するデータを要約した. 挿し穂長については, 4回の試験すべてに共通した傾向がみられ, よじのぼり茎中間部 (C・D) が一貫して他よりも有意に大きく, よじのぼり茎先端部 (B) とほふく茎中間部 (F・G) がそれに続き, 側枝先端部 (A) とほふく茎先端部 (E) は他よりも有意に小さいことが多かった. 気根有無についても一貫した傾向があり, 側枝先端部 (A) は気根を備えておらず, 一方でよじのぼり茎の各部位 (B~D) はそのほとんどが気根を備えており, ほふく茎の各部位 (E~F) では気根を備えるものが5~8割を占めた. これらの結果は, 各部位の定義のための上記観察を裏付けるものである. 発根率についてはまず, 側枝先端部 (A) が一貫して他よりも劣っており, 高くても2割強であったが, 一方でよじのぼり茎中間部 (C・D) においては全試験を通じて7割以上と良好であった. よじのぼり茎先端部 (B) とほふく茎の各部位 (E~G) の発根率はやや劣る場合があり, 前者では3回目と4回目の試験において, 後者では3回目の試験においてのみ, よじのぼり茎中間部の発根率より低かった. ほふく茎の先端部 (E) と中間部 (F・G) の間では発根率が有意に異なることはなかった. 発根数については, 多くの場合でよじのぼり茎中間部 (C・D) がほふく茎の各部位 (E~G) より多く, よじのぼり茎先端部 (B) がそれらの中間に位置するという結果になった. 2回目の試験では側枝先端部 (A) の発根数も統計検定に含めることができたが, 他のすべての部位より少なかった. 最大根長については, 3回目の試験をのぞき, よじのぼり茎先端部 (B) が, よじのぼり茎中間部 (C・D) とほふく茎の各部位 (E~G) よりも劣っていた. 3回目の試験では, ほふく茎中間部のうち部位Gが, 最大根長においてよじのぼり茎中間部 (C・D) より勝っていた. 2回目の試験のみ, 側枝先端部 (A) の最大根長も検定に含めることができ, よじのぼり茎先端部 (B) とは有意に異ならなかったが, 他の部位には劣った.

1回目と4回目の試験について, 発根確認後にポットに移植した各部位由来の挿し穂の, その後の活着率および初期生育に関するデータを Table 2に要約した. 2回の試験を通じて, いずれの部位由来の挿し穂の活着率も9割以上と高く, 部位間に有意差はなかった. 最大茎長については, 2試験の間でやや結果が異なった. すなわち, よじのぼり茎先端部 (B) と比べた場合, 1回目の試験ではよじのぼり茎中間

Table 2. Comparison of the survival and early growth among the nursery plants of *Piper retrofractum* derived from varying plant parts

| Experiment No. (period)/plant parts tested ^a | N | % survival ^b | Maximum stem length (cm) ^{c,d} | No. of stems ^{e,e} | No. of lateral branches ^{e,f} | No. of leaves ^{e,g} |
|---|----|-------------------------|---|-----------------------------|--|------------------------------|
| Exp. 1 (9 Aug.-18 Sep., 2013) | | | | | | |
| B | 17 | 94.1 a | 22.4 ± 1.26 a | 1.50 ± 0.13 a | 3.81 ± 0.53 a | 14.5 ± 0.97 ab |
| C | 21 | 100.0 a | 29.0 ± 0.76 c | 3.10 ± 0.16 c | 4.75 ± 0.62 a | 21.1 ± 1.20 d |
| D | 19 | 100.0 a | 28.4 ± 1.21 bc | 3.44 ± 0.22 c | 4.44 ± 0.64 a | 22.8 ± 1.15 d |
| E | 27 | 100.0 a | 19.7 ± 0.79 a | 2.30 ± 0.12 b | 0.11 ± 0.11 b | 12.1 ± 0.57 a |
| F | 30 | 90.0 a | 22.6 ± 1.08 a | 3.00 ± 0.09 c | 0.04 ± 0.04 b | 17.0 ± 0.75 bc |
| G | 20 | 100.0 a | 24.0 ± 1.35 ab | 3.10 ± 0.12 c | 0.00 ± 0.00 b | 19.2 ± 0.84 cd |
| Exp. 4 (29 May-18 Jul., 2014) | | | | | | |
| B | 36 | 100.0 a | 24.3 ± 1.07 a | 1.83 ± 0.12 a | 3.14 ± 0.31 a | 17.1 ± 1.14 a |
| C | 40 | 100.0 a | 28.1 ± 1.09 ab | 2.73 ± 0.12 b | 4.43 ± 0.45 b | 23.9 ± 1.64 b |
| E | 23 | 100.0 a | 30.3 ± 1.55 b | 2.61 ± 0.16 b | 0.04 ± 0.04 c | 19.3 ± 1.20 ab |
| F | 16 | 100.0 a | 30.9 ± 2.17 b | 3.00 ± 0.20 b | 0.06 ± 0.06 c | 22.9 ± 1.48 ab |

a: Same as those in Table 1. At the end of Exp. 1 and Exp. 4 in Table 1, each rooted cutting was transplanted to a 570 ml-pot containing a mixture of red soil (Kunigami-maaji), manure compost, and Canadian peat moss. b: Percentage of the rooted cuttings that survived the experimental period. Values with the same letter are not significantly different (Fisher's exact tests followed by FDR adjustment, $P = 0.05$). c: Mean ± SE. Values with the same letter are not significantly different (Tukey-Kramer HSD test, $P = 0.05$). d: Length of the longest stem (usually including the initial cutting length) at the end of the experiment. e: Sum of the number of main stem (including the initial cutting) and of other stems that newly branched during the experimental period. f: Total number of lateral branches (see Fig. 2) with at least one leaf at the end of the experiment. g: Total number of leaves on all stems and branches at the end of the experiment.

部 (C・D) が大きく、ほふく茎の各部位 (E～G) との有意差はなかったが、4回目の試験ではほふく茎の各部位 (E・F) が大きくなり、よじのぼり茎中間部 (C) とは有意差がなかった (ただし E・F と C との間にも有意差なし)。茎数については、よじのぼり茎とほふく茎の、ともに中間部 (C・D・F・G) が、一貫してよじのぼり茎先端部 (B) よりも多く、ほふく茎先端部 (E) については、中間部と比べて少ない場合 (1回目の試験) と有意差がない場合 (4回目の試験) があつた。側枝数については、よじのぼり茎とほふく茎の間に顕著な差がみられ、前者では苗あたり平均で4本前後の側枝を発生させていたのに対し、後者ではほとんどあるいは全く発生させていなかった。1回目の試験では、よじのぼり茎の先端部 (B) と中間部 (C・D) の間で側枝数に有意差はなかったが、4回目の試験では、前者の側枝数が後者のそれより少なかった。葉数については、一貫してよじのぼり茎中間部 (C・D) で最も多く、よじのぼり茎先端部 (B) ではこれらより少なかった。ほふく茎の各部位 (E～G) については、葉数がよじのぼり茎中間部 (C・D) と比べて少ない場合 (1回目の試験) と同等である場合 (4回目の試験) があつた。また1回目の試験では、ほふく茎先端部 (E) の葉数が、中間部 (F・G) と比べて少なかった。以上のように、本研究によって、ヒハツモドキの

どの部位を挿し穂に用いるかによって、発根やその後の初期生育が顕著に異なることが明らかになり、本種の増殖法確立の上で重要となるデータが得られた。今回試験に用いた各部位の中で、側枝先端部 (A) は、その発根率が著しく低く、また発根が認められた場合でも根が少なく短いため、挿し穂としては最も適さないと考えられる。一方、よじのぼり茎中間部 (C・D) は、発根と初期生育に関するすべてのデータにおいて、ほぼ一貫して最も数値が高く、したがって現時点では挿し穂として最も適した部位であると言える。これらに続いて発根等が優れたのが、ほふく茎の各部位 (E～G) である。これらの部位とよじのぼり茎中間部を比較した場合、発根数については1回の試験を除けば同等であり、最大根長においては勝る場合もあつた。ただし、ほふく茎の各部位由来の苗には、発根した挿し穂の移植から40～50日後においても側枝の発生がほとんど認められないため、これが欠点となる可能性はある。すなわち、果穂の発生は側枝だけに認められるため、ほふく茎由来の株の果穂の収穫開始時期は、よじのぼり茎由来の株よりも遅れる可能性があり、また果穂の収量も低くなるかもしれない。これらの点を明らかにするためには、苗移植後の生育や収量について長期的な比較を行う必要がある。

Table 3. Relationships between the number of nodes of cuttings of *Piper retrofractum* and their subsequent rooting

| Plant parts used ^{a/} experiment No. (period)/ No. of nodes ^b | <i>N</i> | Cutting length (cm) ^c | % rooting ^d | No. of roots (rank) ^d | Maximum root length (cm) ^d |
|---|----------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--|
| Climbing stem | | | | | |
| Exp. 1 (1 Aug.-5 Sep., 2014) | | | | | |
| 1 | 38 | 0.00 | 100.0 a | 3.58 ± 0.12 a | 2.16 ± 0.14 a |
| 2 | 39 | 5.16 ± 0.17 | 100.0 a | 3.82 ± 0.10 a | 2.87 ± 0.18 b |
| 3 | 38 | 10.62 ± 0.35 | 92.1 a | 3.97 ± 0.03 a | 3.56 ± 0.22 c |
| 4 | 38 | 16.07 ± 0.34 | 97.4 a | 3.86 ± 0.10 a | 4.02 ± 0.20 c |
| Exp. 2 (13 Nov.-18 Dec., 2014) | | | | | |
| 1 | 49 | 0.00 | 98.0 a | 3.69 ± 0.11 a | 1.14 ± 0.07 a |
| 2 | 49 | 4.57 ± 0.12 | 98.0 a | 3.90 ± 0.07 a | 1.26 ± 0.10 a |
| 3 | 48 | 8.87 ± 0.19 | 97.9 a | 3.79 ± 0.11 a | 1.40 ± 0.09 a |
| 4 | 48 | 13.93 ± 0.27 | 97.9 a | 3.57 ± 0.13 a | 1.39 ± 0.11 a |
| Creeping stem | | | | | |
| Exp. 1 (4 Aug.-8 Sep., 2014) | | | | | |
| 1 | 53 | 0.00 | 100.0 a | 2.58 ± 0.12 a | 4.76 ± 0.17 a |
| 2 | 51 | 3.27 ± 0.11 | 100.0 a | 2.94 ± 0.17 a | 4.94 ± 0.26 a |
| 3 | 51 | 6.72 ± 0.21 | 94.1 ab | 2.81 ± 0.17 a | 5.29 ± 0.24 a |
| 4 | 50 | 9.68 ± 0.38 | 86.0 bc | 2.42 ± 0.18 a | 4.75 ± 0.35 a |
| 5 | 50 | 12.55 ± 0.41 | 68.0 c | 2.62 ± 0.23 a | 4.72 ± 0.46 a |
| Exp. 2 (13 Nov.-18 Dec., 2014) | | | | | |
| 1 | 51 | 0.00 | 74.5 ab | 1.84 ± 0.18 a | 1.41 ± 0.19 a |
| 2 | 51 | 3.43 ± 0.12 | 80.4 a | 2.22 ± 0.16 a | 1.72 ± 0.18 a |
| 3 | 51 | 6.99 ± 0.25 | 72.6 ab | 2.11 ± 0.18 a | 1.56 ± 0.17 a |
| 4 | 51 | 10.02 ± 0.32 | 64.7 ab | 2.55 ± 0.19 a | 1.71 ± 0.20 a |
| 5 | 51 | 13.87 ± 0.37 | 51.0 b | 2.04 ± 0.21 a | 1.58 ± 0.28 a |

a: See Fig. 2 for the plant parts. For both types of stems, those excluding the two apical nodes were used. b: Stems were cut into pieces with varying numbers of nodes as shown in Fig. 2g. c: Mean ± SE of linear distance between the uppermost and the undermost nodes of the cutting at the start of the experiment. For cuttings with one node, this length is regarded as zero due to lack of internodes. d: See Table 1 for explanations.

また、よじのぼり茎の先端部 (B) は、側枝先端部 (A) よりは発根について有意に優れているものの、よじのぼり茎中間部 (C・D) と比べると発根や初期生育に関して劣る場合が多かったため、挿し穂としてはあまり適さないだろう。一方で、ほふく茎の先端部 (E) と中間部 (F・G) の間には、よじのぼり茎で観察されたような特性の差はみられなかった。すなわち、発根については先端・中間部に有意差がみられることはなく、初期生育に関しては、1回の試験において、先端部の茎数と葉数が中間部に劣ったのみであった。挿し木による増殖を行う際に、植物体の茎・枝の先端部を用いる場合 (すなわち、天挿し) と中間部を用いる場合 (管挿し) のいずれが発根において優れるかは、植物種によって異なる (たとえば, Reynoso *et al.*, 2001; 山田ら, 2007; 水島, 2013)。ヒハツモドキの場合では、この点は使用する茎の種類によっても異なる (すなわち、よじのぼり茎を用いる場合では管挿しのほうが好ましいが、ほふく茎を用いる場合ではどちらでもよい) ことがわかり、たいへん興味深い。こうした部位間での挿し穂としての適性の差は、何らかの生

理的あるいは物理的性質の差に起因すると思われるが、現時点ではその原因は不明であるため、今後詳しく調べる必要があるだろう。

なお、側枝先端部 (A) については、今回の結果からは挿し穂として適しないと判定されたが、一方でこの部位は、よじのぼり茎中間部から3節の挿し穂を1本切り出す場合に、多くて同時に3本得られる (Fig. 2)。この点で、今後側枝も挿し穂として利用できるようになれば、増殖効率をかなり高められることが期待される。このために、発根促進剤の利用等により、側枝の発根率を高める試みを進めることには価値があるだろう。

最適な挿し穂の節数

Table 3に、互いに節数が異なる挿し穂の発根に関するデータを要約した。よじのぼり茎中間部を用いた試験では、2回の試験とも、1～4節の挿し穂間に発根率と発根数の有意差はみられなかった。最大根長については、1回目の試験でのみ、節数が多くなるほど長くなる傾向がみられ、3～4節のものが1～2節よりも長くなった。一方で、ほふく茎中間

Table 4. Effects of leaf excision from cuttings of *Piper retrofractum* on subsequent rooting

| Plant parts used ^a / experiment No. (period)/ treatment ^b | <i>N</i> | Cutting length (cm) ^c | % rooting ^c | No. of roots (rank) ^c | Maximum root length (cm) ^c |
|---|----------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--|
| Climbing stem | | | | | |
| Exp. 1 (9 Oct.-13 Nov., 2013) | | | | | |
| NE | 24 | 8.80 ± 0.32 a | 100.0 a | 3.67 ± 0.17 a | 2.97 ± 0.25 a |
| PE | 24 | 8.68 ± 0.25 a | 100.0 a | 3.67 ± 0.17 a | 2.14 ± 0.21 b |
| AE | 24 | 8.43 ± 0.28 a | 25.0 b | 1.83 ± 0.48 b | 0.20 ± 0.05 c |
| Exp. 2 (15 Apr.-20 May, 2014) | | | | | |
| NE | 17 | 8.67 ± 0.37 a | 88.2 a | 3.93 ± 0.07 a | 3.09 ± 0.29 a |
| PE | 17 | 9.08 ± 0.49 a | 88.2 a | 3.40 ± 0.25 a | 2.11 ± 0.27 b |
| AE | 17 | 9.04 ± 0.36 a | 17.7 b | 1.67 ± 0.67 b | 0.23 ± 0.03 c |
| Lateral branch | | | | | |
| Exp. 1 (1 Aug.-5 Sep., 2014) | | | | | |
| NE | 51 | 4.96 ± 0.15 a | 7.8 a | 1.25 ± 0.25 a | 0.10 ± 0.00 a |
| PE | 51 | 5.13 ± 0.15 a | 3.9 a | 1.00 ± 0.00 a | 0.80 ± 0.70 a |
| AE | 51 | 5.08 ± 0.18 a | 2.0 a | 1.00 | 0.30 |
| Exp. 2 (17 Oct.-21 Nov., 2014) | | | | | |
| NE | 23 | 5.04 ± 0.23 a | 4.4 a | 1.00 | 0.60 |
| PE | 23 | 4.80 ± 0.24 a | 0.0 a | No data | No data |
| AE | 24 | 5.47 ± 0.28 a | 0.0 a | No data | No data |

a: See Fig. 2 for the plant parts. For climbing stems, those excluding the two apical nodes were cut into pieces with three nodes each and used as cuttings. For the lateral branches, the three apical nodes were cut off and used as cuttings. b: NE, leaves not excised (control); PE, leaves partially excised (cut at the maximum breadth) as shown in Fig. 3h (center); AE, all leaves, including petioles, were excised as shown in Fig. 3h (right). c: See Table 1 for explanations.

部を用いた試験では、2回の試験を通じて、1～5節の挿し穂間に発根数と最大根長の有意差はみられなかったが、発根率については節数が多くなるほど低くなる傾向がみられた。特に、1回目の試験では1～2節の挿し穂と4～5節の挿し穂の間で発根率が異なり、2回目の試験では2節の挿し穂と5節の挿し穂の間で発根率が異なった。

このように、本試験によって、挿し穂の節数と発根との関係が、茎の種類によって異なることが明らかになった。すなわち、今回試した節数の範囲内においては、よじのぼり茎では節数が多いほうが安定して根の伸長が優れ、ほふく茎では節数が少ないほうが発根率が優れる傾向があるという興味深い結果が得られた。このような差異をもたらす原因については現時点では不明であり、今後追及されるべきである。よじのぼり茎については、より節数を増やせばさらに根の伸長がよくなる可能性はあるが、5節以上の挿し穂を用いる場合、今回供試した挿し木培地では、いったん挿して固定した後も、風や運搬時の揺れ、挿し穂の自重等によって緩みやすく（筆者らの経験による）、したがって取扱いのしやすさの面で難がある。このため、よじのぼり茎を挿し穂に用いる場合には3～4節が適していると言える。一方ほふく茎では、4節以上だと発根率が有意に劣る場合があるため、発根率だけに着目すれば、3節以内が好ましいと考えられる。しかし、1節のみの挿し穂には節間がないために、これをセルトレイから

取り出す際には葉をつまんで持ち上げなければならず、この時にしばしば葉をちぎってしまうことがあるため（筆者らの経験による）、やはり取扱いのしやすさに難がある。したがって、ほふく茎を挿し穂に用いる場合には2～3節が適しているだろう。なお、今回の試験では、挿し穂の節数を変えた結果、挿し穂の長さや葉数の双方が同時に変わっているため、いずれの要因が発根率や根の長さの違いにより強く寄与しているのかは不明であり、この点はさらに追究する必要があるだろう。

インドネシアでの研究結果を見ると、Januwati and Effendi (1992) は、sulur vertikal（垂直な蔓；図示されていないが、おそらくよじのぼり茎に相当）の1節から3節の挿し穂を土・砂等の混合物に挿し木した場合、3節のものが根や茎の生長において優れると述べており、よじのぼり茎では3～4節のものが1～2節のものよりも根の伸長が優れる場合があるとする本研究の結果と一致する。したがって、このような傾向は挿し木培地の種類によらず安定したものであると考えられる。一方、Darwati *et al.* (1991) は、挿し穂の節数と土への挿し木後の株の生育との関係を調べ、3節よりも1～2節のほうが生育が優れると述べており、この点でJanuwati and Effendi (1992) とは異なる。Darwati *et al.* (1991) では、どの部位を挿し穂としたのかが明記されていないが、用いた部位がJanuwati and Effendi (1992) とは異なったため、結果も異なったという可能性もある。今後はよじの

ぼり茎とほふく茎の双方について、挿し穂の節数と挿し木後の株の生育との関係も明らかにする必要があるのであるだろう。

挿し穂の葉切除の必要性

Table 4 に、試験に用いた挿し穂の長さ、および挿し穂の葉の全切除あるいは部分切除が発根に及ぼす影響に関するデータを要約した。挿し穂長に処理区間での有意差がみられることはなかったため、区間でこの値には偏りがなかったとみなすことができる。よじのぼり茎中間3節を用いた試験では、2回の試験とも、全切除 (AE) 区が発根率と最大根長が他の2区よりも劣り、さらに最大根長については部分切除 (PE) 区も対照 (NE) 区より劣るという結果となった。側枝先端3節を用いた試験では、全切除 (AE)・部分的切除 (PE) とも、発根率、発根数あるいは最大根長のいずれにも有意な向上効果を示すことはなかった。

このように、今回供試した2種の挿し穂について

は、葉の切除が発根に好ましい影響を及ぼすことはなかったため、今回の実験条件下では、葉からの蒸散は問題にならないと考えられる。したがって、ヒハツモドキのよじのぼり茎に関しては、挿し床のスペースに制約がない場合は、葉の切除は行わないほうがよいだろう。スペースに制約がある場合、部分切除ならば行ってもよいかもしれないが、この処理は発根率と発根数には悪影響を示さないものの、根の伸長には悪影響があることを念頭に置く必要がある。部分切除が発根後の生育等に及ぼす影響については、今後詳しく調べる必要があるだろう。なお、側枝の発根の向上について今後追及する価値があることは上で述べたとおりであるが、葉の切除はこのための一手段として適さないことが、本試験の結果から結論できる。

挿し木に適する時期

Table 5 に、挿し木前の挿し穂長と挿し木後の発根を時期間で比較するためのデータを、挿し木部位別

Table 5 Relationships between the rooting of *Piper retrofractum* cuttings and the season when the cutting was implemented

| Plant parts used ^a /experimental period | N | Cutting length (cm) ^b | % rooting ^b | No. of roots (rank) ^b | Maximum root length (cm) ^b |
|--|----|----------------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Apical part of lateral branch (A) | | | | | |
| Jul.-Aug., 2013 | 38 | 6.39 ± 0.20 d | 2.6 a | 1.00 | 0.30 |
| Oct.-Nov., 2013 | 51 | 5.20 ± 0.18 c | 23.5 a | 1.08 ± 0.08 a | 1.67 ± 0.33 b |
| Jan.-Mar., 2014 | 14 | 3.39 ± 0.18 a | 0.0 a | No data | No data |
| Apr.-May, 2014 | 14 | 4.01 ± 0.27 ab | 0.0 a | No data | No data |
| Aug.-Sep., 2014 | 51 | 4.96 ± 0.15 bc | 7.8 a | 1.25 ± 0.25 a | 0.10 ± 0.00 a |
| Oct.-Nov., 2014 | 23 | 5.04 ± 0.23 c | 4.4 a | 1.00 | 0.60 |
| Apical part of climbing stem (B) | | | | | |
| Jul.-Aug., 2013 | 25 | 7.37 ± 0.18 c | 68.0 ab | 3.47 ± 0.24 c | 1.89 ± 0.24 b |
| Oct.-Nov., 2013 | 45 | 7.44 ± 0.26 c | 97.8 c | 2.59 ± 0.16 b | 1.93 ± 0.17 b |
| Jan.-Mar., 2014 | 27 | 4.10 ± 0.18 a | 40.7 a | 1.64 ± 0.34 a | 0.49 ± 0.11 a |
| Apr.-May, 2014 | 46 | 5.39 ± 0.19 b | 87.0 bc | 2.03 ± 0.13 a | 3.12 ± 1.17 c |
| Intermediate part of climbing stem (C and D) | | | | | |
| Jul.-Aug., 2013 | 44 | 10.22 ± 0.21 c | 90.9 ab | 3.90 ± 0.07 b | 3.66 ± 0.23 b |
| Oct.-Nov., 2013 | 92 | 9.88 ± 0.19 c | 97.8 b | 3.84 ± 0.06 b | 3.64 ± 0.13 b |
| Jan.-Mar., 2014 | 22 | 6.44 ± 0.19 a | 77.3 a | 2.71 ± 0.29 a | 0.68 ± 0.08 a |
| Apr.-May, 2014 | 47 | 7.95 ± 0.14 b | 100.0 b | 3.89 ± 0.08 b | 4.98 ± 0.13 c |
| Aug.-Sep., 2014 | 38 | 10.62 ± 0.35 c | 92.1 ab | 3.97 ± 0.03 b | 3.56 ± 0.22 b |
| Nov.-Dec., 2014 | 48 | 8.87 ± 0.19 b | 97.9 ab | 3.79 ± 0.11 b | 1.40 ± 0.09 a |
| Apical part of creeping stem (E) | | | | | |
| Jul.-Aug., 2013 | 36 | 4.61 ± 0.18 b | 75.0 b | 3.11 ± 0.20 c | 4.31 ± 0.31 b |
| Oct.-Nov., 2013 | 28 | 4.67 ± 0.29 b | 92.9 b | 2.19 ± 0.21 b | 4.19 ± 0.34 b |
| Jan.-Mar., 2014 | 29 | 2.97 ± 0.20 a | 41.4 a | 1.08 ± 0.08 a | 0.63 ± 0.18 a |
| Apr.-May, 2014 | 27 | 4.06 ± 0.20 b | 92.6 b | 1.92 ± 0.18 b | 5.07 ± 1.66 b |
| Intermediate part of creeping stem (F and G) | | | | | |
| Jul.-Aug., 2013 | 61 | 6.66 ± 0.19 c | 82.0 bc | 2.82 ± 0.16 c | 4.62 ± 0.24 b |
| Oct.-Nov., 2013 | 39 | 6.18 ± 0.26 bc | 97.4 d | 2.26 ± 0.15 b | 4.97 ± 0.29 b |
| Jan.-Mar., 2014 | 24 | 4.48 ± 0.28 a | 20.8 a | 1.20 ± 0.20 a | 0.68 ± 0.43 a |
| Apr.-May, 2014 | 19 | 5.14 ± 0.32 ab | 89.5 bc | 1.76 ± 0.24 ab | 4.92 ± 0.27 b |
| Aug.-Sep., 2014 | 51 | 6.72 ± 0.21 c | 94.1 cd | 2.81 ± 0.17 c | 5.29 ± 0.24 b |
| Nov.-Dec., 2014 | 51 | 6.99 ± 0.25 c | 72.5 b | 2.11 ± 0.18 ab | 1.56 ± 0.17 a |

a: See Fig. 2 for the plant parts. Data from parts C and D were combined into one group, and those from F and G were combined into another group. b: See Table 1 for explanations.

に要約した。

側枝先端部 (A) においては、全試験期間を通じて発根率が低く、時期間で発根率が有意に異なることはなかった。複数の挿し穂に発根がみられた2013年の秋期(10～11月)と2014年の夏秋期(8～9月)のデータを比較すると、発根数には有意差がみられなかったが、最大根長は前者のほうが大きかった。この原因については現時点では不明であるが、後者の期間のほうが明らかに日平均気温が高かったため (Fig. 1)、これが根の伸長を阻害した可能性はある。

よじのぼり茎先端部 (部位 B) においては、冬春期(2014年1～3月)の発根率が他の時期に劣り(ただし2013年7～8月とは有意差がない)、また最大根長も他の時期より劣った。このため、冬期に特有の環境要因(たとえば、低温)が発根やその後の根の伸長を阻害した可能性がある。しかしながら、冬期では同時に、供試した挿し穂の長さが他の時期よりも小さかった。このため、挿し穂のサイズが小さいことによる栄養面等での不利さが、発根に反映された可能性も残る。他の時期に着目すると、夏期(2013年7～8月)においては、発根率は秋期(同年10～11月)より低く春期(2014年4～5月)と同等であったが、発根数は両時期に勝り、最大根長は秋期と同等であったが春期には劣った。これらの結果は、高温時には発根数は増えるものの、上述の側枝先端部の場合でも示唆されたように、根の伸長阻害が起こることを示唆しているのかもしれない。ただし、ここでも挿し穂長が春期と夏～秋期の間で異なっていたため、結果の解釈には注意が必要である。

よじのぼり茎中間部 (C・D) においては、2014年の冬春期(1～3月)の発根率と最大根長が他のいくつかの時期より劣り、発根数は他のすべての時期より劣った。また、2014年の秋冬期(11～12月)の最大根長も同様に、他の春～秋期の場合より劣った。このため、上述の先端部の場合と同様に、低温等が発根や根の伸長を阻害した可能性があるが、2014年の冬春期では挿し穂のサイズが他の時期より小さいことが同時に影響した可能性も残る。一方で、2014年秋冬期(11～12月)の挿し穂長は、少なくとも同年春期(4～5月)のものと同様であり、したがってこの場合では、冬期における根の伸長程度の低下と挿し穂のサイズは関係していないと考えられる。また、春期の最大根長が他の時期より優れたという点も先端部と同様であったが、一方で夏期の発根数が他の時期より多いという、先端部でみられた傾向はみられなかったため、部位間で気温等の環境条件への反応性が異なる可能性がある。しかしながら、中間部の発根数ランクの平均値は、冬期を

除けばいずれの時期においても4に近く、これは、ほとんどの挿し穂で10本以上の発根がみられたことを示している。今回の調査法では、10本以上の発根がみられた挿し穂間での発根数の差は検出できないため、実際には夏期においてより発根が多かった可能性も否定できず、この点は今後詳しく調べる必要がある。

ほふく茎先端部 (E) においては、冬春期(2014年1～3月)の発根率、発根数および最大根長のいずれも他の時期に劣っていたが、挿し穂長も他の時期より小さかったため、これが同時に発根に影響した可能性も残る。また、発根数においては夏期(2013年7～8月)が他の時期に勝るという、よじのぼり茎先端部と同様の傾向がみられた。ほふく茎中間部 (F・G) においても類似した傾向がみられ、2014年の冬春期(1～3月)と秋冬期(11～12月)の発根率や発根数、最大根長が他の時期に劣る場合が多かった。挿し穂長については、よじのぼり茎中間部と類似した傾向がみられ、2014年冬春期のものは他のいくつかの時期より小さかったが、2014年秋冬期ではそのようなことはなく、むしろ他の時期より大きい場合があった。夏秋期(2013年7～8月および2014年8～9月)の発根数もまた、よじのぼり茎・ほふく系の先端部と同様に、他の時期に勝っていた。

以上の結果を総合すると、全試験期間を通じて発根率が低かった側枝先端部を除けば、いずれの部位においても、冬期を含む時期に挿し木した場合、発根率・発根数・最大根長のうち少なくともひとつが他の時期に劣るという結果となった。よじのぼり茎とほふく茎の先端部については、冬期の試験で供試した挿し穂が他の時期のものより小さかったため、これが冬期特有の環境要因(低温等)と同時に発根に影響した可能性を排除できなかったものの、それらの中間部については必ずしもそうではなかったため、少なくともこれらの部位については、冬期は挿し木に適していないと結論してよいだろう。春から秋の期間のうちどの時期が挿し木に適するかという点については、いくつかの部位で夏期に発根数が多くなる傾向がみられたものの、最大根長については夏期が春期あるいは秋期に劣る場合もみられたため、今回の結果からは結論できない。この点については、挿し木時期と、その後の生育や収穫に関する諸特性との関係を明らかにした上で再検討する必要がある。

謝 辞

試験準備や育苗施設の管理、データ取得等の作業を手伝って下さった沖縄県農業研究センター石垣支所の宮里 進、東嘉弥真勇人、宮平米浩、登野城泰佑、福本 光、大山朋美、野崎真由、大瀨俊三、平良直美、岸本光邦、豊平康友の諸氏、オアシス®を用いた育苗法についてご教示いただいた石垣市在住の玉城真男氏および藤原政之氏、ならびにインドネシアの文献収集に協力して下さったインドネシア香辛料・薬用植物研究所の Oti Rostiana 博士に厚くお礼申し上げる。本研究は沖縄振興特別推進交付金による「うちなー島ヤサイ商品化支援技術開発事業」の一環として行われた。

引用文献

- Banerjia, A., M. Sarkara, R. Dattaa, P. Senguptaa, and K. Abraham (2002) Amides from *Piper brachystachyum* and *Piper retrofractum*. *Phytochemistry* 59: 897-901.
- Benjamini, Y. and Y. Hochberg (1995) Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *J. Royal Stat. Soc., Ser. B, Stat. Methodol.* 57: 289-300.
- Chaveerach, A., P. Mookamul, R. Sudmoon, and T. Tanee (2006) Ethnobotany of the genus *Piper* in Thailand. *Ethnobotany Research and Applications* 4: 223-231.
- Darwati, I., S. M. D. Rosita, G. Bangun, and T. Handayani (1991) Effect of triacontanol and number of internodes on growth of cutting of long pepper (*Piper retrofractum* Vahl.). *Bul. Littro. (Indonesia)* 6: 39-46. (in Indonesian with English abstract)
- Djauhariya, E. and R. Rosman (2008) Technology status of Java long pepper. *Perkembangan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat (Indonesia)* 20: 75-90. (in Indonesian with English abstract)
- Evizal, R. (2013) Development of pharmacognosy and agro-technology of Java long pepper (*Piper retrofractum* Vahl.). *Jurnal Agrotropika* 18: 34-40. (in Indonesian with English abstract)
- Januwati, M. and D. S. Effendi (1992) Perbanyakan vegetatif tanaman cabe jawa (*Piper retrofractum*) dan teknik penanamannya. *Warta Tumbuhan Obat Indonesia* 1: 15-16. (in Indonesian)
- Lim, T. K. (2012) *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 4, Fruits*. Springer Netherlands (Dordrecht) p.439.
- 皆川礼子・中村武久 (1995) 琉球諸島のヒハツモドキの起源種に関する研究. *東京農業大学農学集報* 40: 100-107.
- 水島智史 (2013) ウワバミソウ挿し穂の発根に及ぼす挿し芽用土、挿し穂採取部位およびインドール酪酸処理の影響. *園学研* 12: 269-272.
- 成井孝雄・竹内幹尚・石井玲子・石田寿昌・奥山 徹 (1995)

沖縄産香辛料ヒハツモドキ *Piper hancei* の成分研究. *Natural Medicines* 49: 438-441.

大野 豪・根本明子・宮里 進・東嘉弥真勇人・宮城徳道・山城信哉・玉城盛俊 (2016) 沖縄県におけるヒハツモドキの地理的分布と生育環境の特徴、ならびに害虫等による本種の被害・障害に関する予備的知見. *熱帯農業研究* 9: 1-11.

Reynoso, G. A., A. Hasegawa, Y. Masuda and M. Goi (2001) Propagation of *Telopea speciosissima* from softwood cuttings. *Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ.* 53: 67-69.

多和田真淳 (1981) 沖縄薬草 家庭栽培と薬効. 新星図書出版 (那覇) p.447.

Weiss, E. A. (2002) *Spice Crops*. CABI Publishing (Wallingford) p.429.

山田康裕・真崎修一・宮崎潤二・佐々木義則 (2007) 抵抗性クロマツの挿し木増殖における管挿しと低温貯蔵の検討. *九州森林研究* 60: 125-127.

山門健一 (1996) 香りのまちづくり構想について. *沖大経済論叢* 19: 1-2.

Vegetative Propagation of Javanese Long Pepper, *Piper retrofractum* Vahl, by Cutting: Determination of Plant Parts, Number of Nodes, Degree of Leaf Excision, and Seasons Suitable for Cuttings

Suguru Ohno^{1*}, Akiko Nemoto^{1,2} and Moritoshi Tamaki³

1 Ishigaki Branch, Okinawa Prefectural Agricultural Research Center

(*Present affiliation: Okinawa Prefectural Plant Protection Center)

2 Ryukyusankei Co.Ltd.

3 Okinawa Prefectural Agricultural Research Center

Abstract

The Javanese long pepper, *Piper retrofractum*, has been used as a traditional spice and medicinal plant in the Ryukyu Archipelago including Okinawa Prefecture, southwestern Japan. Recently, this plant has been focused on for its functionality, but its cultivation technique is not well-developed. To establish a propagation technique for *P. retrofractum* by cutting, we conducted a series of experiments to determine plant parts, number of nodes, degree of leaf excision, and seasons suitable for cuttings. The lateral branch, climbing stem, and creeping stem were tested. The apical part of the lateral branch was not suitable for cutting due to its lower rooting percentage (<24%). The apical part of the climbing stem also seems unsuitable because its rooting traits were sometimes inferior to those of the other parts tested. The intermediate part of the climbing stem was consistently superior in not only rooting traits, including rooting percentage (>77%), but also in traits for early growth of the rooted nursery plant, indicating its suitability for cuttings. For the creeping stem, both the apical and intermediate parts were generally good for rooting and early growth, demonstrating their suitability for cuttings; however, in some cases, they were inferior to the intermediate part of the climbing stem. The optimum number of nodes for cutting varied between the climbing and creeping stems: three to four nodes and two to three nodes were suitable for the former and for the latter, respectively, in terms of their rooting traits and ease of handling. With respect to leaf excision, both partial and full excisions from the climbing stems resulted in poor rooting, and excision from the lateral branches did not improve rooting. These results indicate that leaf excision is unnecessary for *P. retrofractum* cutting. As the rooting traits in winter were overall inferior to those of other seasons, *P. retrofractum* cuttings should be grown from spring to autumn.

Keywords: Artificial propagation, cuttage, Piperaceae, Ryukyus, Yaeyama region