

ウワバミソウの繁殖方法に関する研究

2018 年

水島 智史

目 次

緒 言	1
第 1 章 我が国におけるウワバミソウの生産状況	5
第 1 節 全国での生産の状況	5
第 2 節 生産・研究実績のある県へのアンケート調査	7
第 2 章 ウワバミソウの生態的特性	13
第 3 章 瘦果（種子）の発芽に及ぼす発芽促進処理の効果	26
第 4 章 挿し芽繁殖における増殖効率向上のための処理	33
第 1 節 挿し芽時の条件が発根とその後の生育に及ぼす影響	33
第 2 節 挿し穂採取本数の増加方法	48
第 3 節 挿し芽苗の生育に及ぼす窒素施肥量の影響	105
第 5 章 珠芽による繁殖	110
第 1 節 珠芽の水耕による挿し穂採取用母株の育成	110
第 2 節 自発休眠打破に及ぼす採取時期と低温処理期間の関係	120
第 3 節 自発休眠打破に及ぼすジベレリンおよびベンジルアミノプリン処理の効果	128
総合考察	137
総摘要	146
謝 辞	154
引用文献	155
Summary	163

緒言

ウワバミソウ (*Elatostema involucreatum* Franch. & Sav.) は、イラクサ科ウワバミソウ属の宿根草であり、日本全国に分布し、山林の中や溪流沿いなど湿った場所に自生している (大沢, 1986). 本種は、春～秋にかけて収穫される茎葉、秋に葉腋に形成される珠芽および根茎を食用とする山菜であり、アクが少なく特有のぬめりを持ち、一夜漬けや炒め物、汁物の実、煮物などに調理される他、塩漬けやしょうゆ漬けなど保存用に加工される (大沢, 1986). ウワバミソウの染色体数は、 $2n=26$ であり (兼本, 2003), ウワバミソウ属のヒメミズ (Kanemoto, 2002), アマミサンショウソウ, クニガミサンショウヅル, ヨナクニトキホコリおよびランダイミズ (兼本・横田, 1997) の染色体数も $2n=26$ である. これらの結果から、Kanemoto ら (2015) はウワバミソウ属の染色体の基本数は $x=13$ であると報告した.

磯野 (2009) によると、我が国におけるウワバミソウの初出文献は 1805 年に成立した本草綱目啓蒙である. 重訂本草綱目啓蒙において、ウワバミソウは赤車使者の名で掲載されており、別名であるクチナハジャウゴ (クチナワジョウゴ) は「此草蛇過食ノ時食バ即消ス」こと、ミヅ (ミズ) は「凡円茎ニシテ淡紅色透明ノモノヲミヅト云蚯蚓ノ略ナリ」に由来すると示しており、地方名として加州のヤマカゴ、佐州のシヅクナ、但州のミヅナ、南部のミヅが記載されている (小野, 1847).

ウワバミソウは全国的に自生しているにもかかわらず、食用にする地域は東北および東北以南の日本海側に限定されている (本間, 2012). 杉浦・岸本 (1989) は山菜に対する嗜好性を調査し、好きな山菜としてウワバミソウをあげた消費者は、山形市の 68 人中 21 人に対し、東京 23 区や横浜市などの都市部では 196 人中 7 人とごく少数であったと報告し、その原因として都市部の消費者はウワバミソウに馴染みがなく、その味や料理法を知らないことが考えられると推論している. したがって、都市部でも利用方法を周知させ、知名度の向上を図れば、新たな需要を喚起できる可能性があると考えられる.

ウワバミソウはこれまで自生地で採取されていたが、東北や北陸などでは近年、栽培化

が徐々に進められており、その背景として資源量の減少が指摘されている（大沢，1994；佐藤・岩村，1988）．栽培にあたり，牧野・塩谷（2004）および松本（2004a）は光環境と生育の関係について，沢野ら（2002）は施肥の効果について，渡辺ら（1994）は根茎の休眠特性と促成栽培技術について報告した．また，ウワバミソウでは品種の分化は見られないが，茎の色には差が認められている．すなわち，通常の赤色を帯びた茎の他に，緑色の茎を持ち，植物体のサイズが大きな系統が存在することが報告されている（松本，2004b）．鈴木（2004）も東北および北陸の自生地から 10 系統を収集し，栽培したところ，緑色のものから濃赤色まで系統によって大きな変異が見られることを報告している．また，鈴木・久田（2006）は，ウワバミソウの特徴である茎の独特な粘りに着目し，茎抽出液の粘度をもとに選抜を試みた．成分分析の結果では抗酸化能が高く（林・三輪，2002），ビタミン B₂ およびビタミン C を多く含むこと（宍戸・児玉，1967）が明らかにされている．

ウワバミソウの栽培にあたっては苗の供給量が限られており，野生植物の乱獲などを防ぐためにも，自家育苗を含めた安定的な繁殖・育苗法の確立が必要である．ウワバミソウの繁殖方法は，挿し芽，珠芽の利用および株分けで，繁殖方法の違いに関わらず，育成した苗は春または秋に定植するが，苗の活着は秋の方が優れるとされる（大沢，1986）．これらの繁殖方法のうち，挿し芽繁殖（本論文では，草本の茎を用いる挿し木を挿し芽や芽ざしとした町田（1974）の分類に従い，挿し芽と呼ぶこととする）では，シュートを確保できる時期に挿し芽し，苗の大きさを考慮して当年の秋または翌年に定植する．珠芽を利用した繁殖では，秋に形成される珠芽を採取し，植え付けた後，露地で管理するか，低温処理して休眠打破した後に植え付ける．珠芽を採取した翌年の秋に苗が完成するので（大沢，1986），苗の育成には時間がかかる．株分けでは，根茎を掘り取り，春か秋に定植する（大沢，1986）．いずれの場合も苗を定植した翌年以後に収穫を始め，一度定植すれば根茎で越冬することから数年にわたり収穫を継続できる．しかしながら，越冬器官である根茎自体も食用とされる．さらに，ウワバミソウの改植年数と収量の関係は明らかにされていないが，フキ（小泉ら，2010）やアスパラガス（元木ら，2006）のような多年生の栄養繁殖性

の作物では、同一個体で栽培を続けた場合に収量や品質が低下することが知られている。このような理由から、ウラボミソウの栽培では一度定植すれば複数年にわたって収穫を継続できるものの、安定した苗の供給が必要となる。株分け繁殖については、佐藤・岩村(1988)は株間と条間をそれぞれ 15 cm として根茎を植え付けている。その場合、10 a 当たり 40,000 本以上の根茎を必要とすることから、自生地から根茎を採取した場合には自生地の環境破壊につながる。挿し芽繁殖については、鈴木・佐竹(2000)は、挿し穂の発根からみて好適な挿し芽時期や挿し穂部位を明らかにした。一方、珠芽繁殖では、休眠打破を目的として Okagami(1979) および鈴木・佐竹(2000)は低温処理が有効であること、Okagami(1979)はジベレリン処理が有効であることを報告した。松本(2004b)、鈴木(2004) および戸澤(2006)は、萌芽後の生育は珠芽が大きい方が優れることを明らかにした。ウラボミソウの栄養繁殖に関する知見は徐々に蓄積されている状況であるが、具体的な繁殖方法については不明な点も多い。

そこで本研究において、第 1 章ではウラボミソウの採取や生産に関する現状を明らかにし、また栽培化のための問題点を明らかにするため、生産状況についての統計資料を分析し、生産県の担当者にアンケート調査を行った。その結果、栽培化のためには苗の確保が問題になることが明らかになったので、第 2 章では繁殖に関する基礎データの収集を目的として、福井県嶺南地方の自生地株の生態的特性を明らかにした。生態的特性の調査の結果、6 月に瘦果を形成することが明らかとなったため、第 3 章では種子繁殖の可能性を探るために、自生地で採種した瘦果に対する発芽促進処理の効果を検討した。第 1 章のアンケート調査の結果、挿し芽繁殖が複数県で行われていたことから、第 4 章では効率的な挿し芽繁殖を行うことを目的として、好適な挿し芽条件を明らかにするために挿し芽時の条件と発根およびその後の生育の関係について検討した。その結果、挿し芽繁殖は実用的な繁殖方法と考えられたため、挿し穂採取本数の増加を目的とした主茎の切除と側枝・根茎の発達の関係、母株の育成方法および植物組織培養技術の利用について検討した。発根した挿し穂を鉢上げして育苗を継続する必要があることから、鉢上げ後の生育促進を目的と

して，培養土に対する施肥量について検討した．第 1 章のアンケート調査の結果，珠芽を用いた繁殖が複数県で行われていたことから，第 5 章では自発休眠打破した珠芽を用いた水耕での栽培方法ならびに珠芽の自発休眠打破を目的とした珠芽の採取時期と低温処理期間の関係およびジベレリンとベンジルアミノプリン処理の効果を明らかにした．

第1章 我が国におけるウワバミソウの生産状況

第1節 全国での生産の状況

ウワバミソウの生産量を把握するために、林野庁が調査している特用林産基礎資料をもとにして2010～2015年のウワバミソウの生産量の推移を第1-1-1表に示した。なお、2010年より前はウワバミソウが調査対象として挙げられていないことから生産量は不明である。

ウワバミソウの全国での生産量は2010年が190t、2011年が209t、2012年が212tと200t前後であった。しかし、2013年には秋田県での生産量が原因不明の理由で、例年に比べ1/4以下に低下したため、全国の生産量は158tに低下した。その後の全国での生産量は、2014年が165t、2015年が155tと160t前後であった。

生産県数は、年により変化が認められたが、9～11県の範囲であった。生産量が多いのは東北または北陸で、生産量が多い上位5県の合計生産量は、全国の生産量の90%以上を占めていた。2010～2015年で生産実績があるのは15県、そのうち6県では人工での生産（栽培による生産）実績があった。

2010～2015年の生産量のほとんどは天然ものであるが、2013年には青森県で人工ものが大幅に増加した結果、全国での生産量の約17%を人工ものが占めた。青森県で人工ものの生産量が一時的に大幅に増加した要因を県の担当者に問い合わせたが、明確な回答は得られなかった。

第 1-1-1 表 ウワバミソウの生産量と生産県の推移

県名	生産量 (t)																	
	2010年			2011年			2012年			2013年			2014年			2015年		
	人工	天然	合計	人工	天然	合計	人工	天然	合計	人工	天然	合計	人工	天然	合計	人工	天然	合計
青森県	0.1	80.0	80.1	0.7	68.0	68.7	-	89.0	89.0	25.0	60.0	85.0	-	88.8	88.8	-	74.7	74.7
岩手県	-	-	-	-	-	-	-	1.1	1.1	-	2.4	2.4	0.5	1.0	1.5	0.8	1.0	1.8
宮城県	0.9	4.7	5.6	0.5	4.5	5.0	0.4	2.7	3.1	0.4	6.0	6.4	0.4	7.8	8.2	0.2	8.0	8.2
秋田県	-	65.1	65.1	-	62.9	62.9	2.2	59.2	61.4	-	14.9	14.9	-	11.7	11.7	-	13.9	13.9
山形県	0.8	21.4	22.2	0.4	20.5	20.9	0.1	23.2	23.3	1.2	18.0	19.2	4.4	24.1	28.5	0.5	28.6	29.1
福島県	-	0.1	0.1	-	0.6	0.6	-	0.4	0.4	-	0.5	0.5	-	0.6	0.6	-	0.8	0.8
茨城県	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
栃木県	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0
群馬県	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-
新潟県	-	14.3	14.3	-	18.4	18.4	-	3.1	3.1	-	5.9	5.9	-	3.2	3.2	-	4.9	4.9
富山県	0.1	0.2	0.3	0.3	-	0.3	0.3	-	0.3	-	0.5	0.5	-	0.2	0.2	-	0.1	0.1
石川県	-	2.2	2.2	-	30.3	30.3	-	29.6	29.6	-	23.4	23.4	-	21.9	21.9	-	20.8	20.8
長野県	-	0.1	0.1	-	-	-	-	0.2	0.2	-	0.1	0.1	-	0.2	0.2	-	0.2	0.2
鳥取県	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
島根県	-	-	-	2.1	-	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
合計	1.9	188.1	190.0	4.0	205.4	209.4	3.0	208.5	211.5	26.6	131.8	158.4	5.3	159.5	164.8	1.5	153.0	154.5
県数	4	9	9	5	8	10	4	9	10	3	11	11	3	10	10	3	11	11

出典：特用林産基礎資料

第2節 生産・研究実績のある県へのアンケート調査

ウワバミソウの生産量の多くは天然ものであるが、人工もの（栽培もの）の出荷も行われている。ウワバミソウの栽培化に関しては、繁殖方法だけでなく、生育に適した光環境（牧野・塩谷，2004；松本，2004a）や施肥の効果（沢野ら，2002）が研究されてきたが、天然ものの採取や栽培の実態については不明な部分が多い。

そこで、ウワバミソウの生産や研究現場における現状を明らかにすることを目的として、アンケート調査を行った。

材料および方法

アンケート調査の対象は、特用林産基礎資料で2010～2013年の間にウワバミソウの生産実績のある14県およびウワバミソウについて研究実績のある4県の合計18県の特用林産物担当課あるいは特用林産物担当公立試験場とした。アンケートを配布した18県のうち16県から回答を得た。回答のあった16県の内訳は、東北地方が5県、関東地方が3県、甲信越地方が2県、東海地方が1県、北陸地方が2県、近畿地方が1県、中国地方が2県であった。アンケートの配布は2015年7月に質問票を担当部署の電子メールアドレスに送信し、回収は7～8月に各部署の担当者から著者あてに返信するよう依頼した。

結果

(1) ウワバミソウの地方名

最も回答の多かった地方名はミズであり、東北、関東および甲信越地方の10県に及んだ（第1-2-1表）。次いで回答の多かった地方名はミズナおよびミズブキの3県であり、アカミズおよびヨシナの2県、カタハおよびタキナの1県と続いた。新潟県では5種類および石川県と茨城県では2種類の地方名の回答があり、同一県内で複数の地方名を有する県が確認された。一方、特に地方名はなく和名のウワバミソウと称している県が2県認められた。

(2) ウワバミソウの生産状況

出荷物の由来は、12 県で天然のもののみ、2 県で天然ものと栽培もの、1 県で栽培もののみであった(第 1-2-2 表)。収量や栄養面で優れた系統がある場合に導入してみたいと思うと回答した県は 6 県あり、思わないと回答したのは 9 県であった。県内に栽培地を有するのは青森、岩手、新潟、和歌山の 4 県であり、12 県では栽培地はないと回答があった。栽培地があると回答のあった県での栽培場所は、林床が 4 県および畑が 1 県であった。苗の育成場所は、自家育苗および試験場での育苗ともに 2 県であった。苗の繁殖方法は、珠芽を用いるのが 2 県、挿し芽が 2 県、株分けが 1 県であり、いずれも栄養繁殖であり、種子繁殖を行っているとの回答はなかった。苗の由来は、県内の自生地からが多いが、和歌山県では県外からの導入も行っていた。

自生地での採取にあたって問題点を挙げたのは 8 県であった(第 1-2-3 表)。そのうちの 4 県では福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の影響を挙げた。また、シカによる食害を挙げたのが 2 県、クマやヤマビルの生息地と重なることを挙げたのが 1 県、土地所有者との権利関係を挙げたのが 1 県であった。

栽培を進める際の問題点など自由記述では 9 県から回答があった(第 1-2-4 表)。主な回答として、栽培技術に関することでは、林床栽培では間伐が必要なことや栽培適地の判定方法がないこと、苗の育成について農家に対しては挿し芽を推奨していることなどが挙げられた。需要面では、利用方法の普及や知名度が低いこと、売れ行きが好調なこと、むかご(珠芽)の人気の高いこと、価格が安いことなどが挙げられた。また、栽培を行うためには放射性物質の影響を解決する必要があることを挙げた県が 2 県あった。

考 察

今回のアンケート調査において、ウワバミソウの地方名として 7 種類があげられた。大沢(1986)はウワバミソウの地方名を 8 種類挙げており、改めてウワバミソウが多くの地方名を有することが明らかとなった。今回の調査で標準和名であるウワバミソウと呼んで

いた静岡県および和歌山県では、ウワバミソウは自生しているものの一般的によく利用される山菜ではなく、近年になって栽培化に向けた試験研究に取り組んでいることから地方名が挙げられなかったものと考えられる。

出荷物のうち栽培ものがあると回答したのは3県であったが、栽培地があると回答したのは4県であった。これは、試験栽培を行っているが出荷には至っていない県があるためである。第1章第1節と同様に出荷物の由来のほとんどは天然ものであり栽培に取り組んでいる県は少数であった。その理由として、栽培技術が十分に確立されていないことが挙げられた。しかしながら、収量や栄養面で優れた系統がある場合には導入し、栽培したいと回答した県は6県あった。珠芽の人気が高いことから、大型の珠芽を収穫できる系統の確立を望む意見も寄せられた。苗の由来として県外の系統を導入している県もあり、その理由を問い合わせたところ、県内自生地がごく一部に限られており、さらに自生株が小型であることから県外から導入したと回答があった。このように自生地により特性の異なる系統の存在が示されている。今回の調査で繁殖の問題を挙げた県は少なかったが、これは、現状では栽培面積も小さく、繁殖用の珠芽や挿し穂の確保は問題にならなかったためであると考えられる。今後、多収性や機能成分に特徴をもつ系統が確立されたときや県外から導入した系統の栽培を広げるためには、苗の育成が必要となることから繁殖技術の確立は重要であると考えられる。大沢（1986）はウワバミソウの繁殖方法として珠芽、挿し芽および株分けをあげており、今回の調査でも種子繁殖を行っているとの回答はなかったことから、ウワバミソウ栽培での繁殖方法は栄養繁殖であり、その中でも株分けでは繁殖率が低いと珠芽の利用と挿し芽が効率的であると考えられる。しかし、珠芽の利用や挿し芽による繁殖効率が、今後栽培化を進めていく上で満足できる程度のものなのかは調べられていない。特に、栽培面積が増加していった場合に、増殖させようとする系統の珠芽や挿し穂を十分に確保できるかについて検討が必要であろう。

阪口ら（2012）は、ニホンジカの植物嗜好性を調査し、ウワバミソウは比較的嗜好性が高く、食害による植物体の矮小化が認められたと報告した。崎尾ら（2013）は埼玉県秩父

山地において二ホンジカの採食が林床植生に与える影響を調査し、二ホンジカの個体数が増加した 2001 年以後にウワバミソウの被度が減少したことを報告した。渡辺ら（1970）や吉田ら（2002）は、ツキノワグマの糞を調査し、ウワバミソウはツキノワグマの食料のひとつと報告した。ウワバミソウは山菜として利用されるだけでなく大型哺乳類の食料にもなっていることから、シカの食害やクマの生息地と重なることが天然ものの採取での問題として挙げられたと考えられる。ウワバミソウの生産量のほとんどは山での採取であることから、東北や関東地方では放射性物質の影響を懸念する意見も複数認められた。大型哺乳類からの食害や放射性物質の影響を抑えるために、生育環境をコントロールしやすい栽培を行うことも対策のひとつと考えられる。そのためにも、天然ものとは違う特徴を持つ系統の選抜と同時に、栽培のための繁殖方法の確立が重要と考えられる。

摘 要

ウワバミソウの採取や栽培をめぐる問題点を明らかにすることを目的に、生産実績あるいは研究実績のある県にアンケート調査を行い 16 県から回答を得た。ウワバミソウの地方名として 7 種類が挙げられた。栽培地があるのは 4 県であったが、収量や栄養面で優れた系統があれば導入してみたいと回答した県は 6 県あった。ウワバミソウの栽培は主に林床で行われているが、畑で栽培している県も 1 県あった。苗の育成は自家育苗あるいは試験場で行っており、種苗業者からの購入はなかった。苗の繁殖方法は、珠芽の利用と挿し芽がそれぞれ 2 県ずつ、株分けが 1 県であり、種子繁殖を行っている県はなかった。苗の由来は県内の自生地のものを利用している場合が多いが、県外から導入している県もあった。自生地での採取をめぐる問題として、放射性物質の影響やシカによる食害を挙げた県が複数あった。

第1-2-1表 ウワバミソウの地方名

名称	回答県数	該当県
ミズ	10 県	青森県, 岩手県, 秋田県, 宮城県, 福島県, 新潟県, 長野県, 群馬県, 茨城県, 埼玉県
ミズナ	3 県	福島県, 新潟県, 茨城県
ミズブキ	3 県	新潟県, 石川県 (能登), 鳥取県
アカミズ	2 県	新潟県, 茨城県
ヨシナ	2 県	新潟県, 富山県
カタハ	1 県	石川県 (加賀)
タキナ	1 県	島根県
ウワバミソウ (特になし)	2 県	静岡県, 和歌山県

第1-2-2表 ウワバミソウの生産状況

質問	選択肢	回答数	該当県
出荷物の由来は何ですか	天然もの	12 県	秋田県, 宮城県, 福島県, 群馬県, 茨城県, 埼玉県, 長野県, 静岡県, 新潟県, 富山県, 石川県, 鳥取県
	天然ものと栽培もの	2 県	青森県, 岩手県
	栽培もの	1 県	和歌山県
	未回答	1 県	
収量や栄養分などの面で優れた系統がある場合、導入してみたいと思いますか	思う	6 県	青森県, 福島県, 長野県, 新潟県, 静岡県, 和歌山県
	思わない	9 県	秋田県, 岩手県, 宮城県, 群馬県, 茨城県, 埼玉県, 石川県, 富山県, 鳥取県
	未回答	1 県	
県内に栽培地 (林床も含む) はありますか	ある	4 県	青森県, 岩手県, 新潟県, 和歌山県
	ない	12 県	秋田県, 宮城県, 福島県, 群馬県, 茨城県, 埼玉県, 長野県, 静岡県, 石川県, 富山県, 鳥取県, 島根県
県内に栽培地がある場合、どのような場所で栽培していますか	林床	4 県	青森県, 岩手県, 新潟県, 和歌山県
	畑	1 県	和歌山県
	休耕田	0 県	
苗を育成している場合、供給方法は何ですか	自家育苗	2 県	岩手県, 静岡県
	試験場で育成	2 県	静岡県, 和歌山県
	種苗業者から購入	0 県	
苗を育成している場合、繁殖方法は何ですか	珠芽	2 県	新潟県, 和歌山県
	挿し芽	2 県	静岡県, 和歌山県
	株分け	1 県	和歌山県
	種子繁殖	0 県	
苗を育成している場合、苗の由来はどこですか	県内自生地	3 県	新潟県, 静岡県, 和歌山県
	県外から導入	1 県	和歌山県

第 1-2-3 表 ウワバミソウの採取をめぐる問題

質問	回答	該当県
自生地での採取（天然物）にあたって問題になっていることはありますか	放射性物質の影響	岩手県, 宮城県, 福島県, 群馬県
	シカの食害	和歌山県, 鳥取県
	ヤマビルの増加	新潟県
	クマの生息地と重なる	新潟県
	土地の所有者の許可を得ているか	青森県

第 1-2-4 表 ウワバミソウの栽培を進めるにあたっての問題

質問	分類項目	回答(該当県) ²
ウワバミソウの栽培を進める上で問題となることは何ですか	栽培について	苗の増殖は研究所内でも行ってはいますが、農家さんには挿し芽を推奨しています(静岡県)
		ウワバミソウを賀茂十一野菜の一つとし、栽培技術の確立・普及にあたって(静岡県)
		比較的、出荷量の多い山菜であることから需要はあるため、効率的でコストパフォーマンスが良ければ、栽培したいという人も出てくる可能性はある(宮城県)
		放射性物質の影響を低減するための栽培方法が不明(岩手県, 福島県) 放射性物質の移行係数が不明(福島県)
		林内栽培の場合、収量を上げるには相対照度を上げることが必要で、強度の間伐をする必要がある(新潟県)
		栽培の人はこのあたりにはいない。自生のものを山から採取しているのみ(富山県)
		ウワバミソウの自生地は一部地域であるが、もともと食べる習慣がないため、現在栽培者は数名である。まずは知名度を上げることと、林床での栽培適地判定技術の確立が課題(和歌山県)
		意欲のある生産者が現在のところいない。栽培物として扱う意識が低い(出てるから採る、多く採れたから直売所に販売する等、手をかけて採取するという意識がないのではないかと)(宮城県)
		天然物のウワバミソウが山間部の直売所で販売されている事例がありますが、認知度の高い山菜ではなく、栽培を試みる生産希望者も見当たらないのが実状です(茨城県)
		販売・利用について
出荷先の確保(和歌山県)		
価格が安い(岩手県)		
6月, 7月のウワバミソウは太くて、ぬめりも多く美味しいのですが、皮むきなどの下処理がたいへんなため、直売所などで販売しても、若い人から買ってもらえないようです(新潟県)		
需要量が他の栽培物(野菜等)と比べて低い(宮城県)		
直売所で販売しているが、売れ行きは好調である(長野県)		
その他	ワサビ田の雑草としての認識の方が強い(静岡県)	
		近年は秋に採れる「むかご」が人気で、直売所ではよく売れるようです。大きいむかごがたくさん取れる品種を探したり、むかごを多く収穫できる栽培方法、7~8月にむかごを収穫する方法などを開発すると面白いと思います(新潟県)

² 文意ごとに分割して記載した

第2章 ウワバミソウの生態的特性

ウワバミソウを栽培するためには、野生のウワバミソウの茎や珠芽などを利用して繁殖させる必要がある。しかしながら、自生地での生育経過に関する知見は少なく、繁殖の際に必要な挿し穂の採取可能時期、珠芽の採取個数、種子形成の有無などに関するデータは明らかにされていない。したがって、自生地株を利用して効率的に繁殖を行うためには、自生地での生育過程を明らかにする必要がある。そこで、本研究で使用した株の採取地である福井県大飯郡おおい町の自生地株を調査し、繁殖に関連する地上部の生育、珠芽および種子形成を中心とした生態的特性を明らかにした。

材料および方法

調査地は、福井県嶺南地方の大飯郡おおい町名田庄地区にある標高約 300 m の自生地である。地上部の生育の推移を明らかにするために 2015 年 5 月 30 日、7 月 4 日、8 月 23 日、10 月 10 日および 11 月 29 日に生育中庸なシュートを 1 回につき 8 本ずつ選び、主茎長、主茎の節数、側枝数および総側枝長を調査した。なお、調査開始の 5 月 30 日は萌芽開始から約 1 か月経過した時期、最終調査の 11 月 29 日は珠芽の落下が終了した時期である。側枝は、長さ 0.5 cm 以上の 1 次側枝を調査対象とした。主茎長が最大となった 10 月 10 日に地際部から 5 節までの節間長（最下位の節を 1 節目とする）、10 月 10 日および 11 月 29 日に主茎 1 本当たりの珠芽の着生数を明らかにするため、主茎および側枝の珠芽数と側枝の節数を調査項目に追加した。また、5 月 30 日には雄花序の形態および花粉捻性、6 月 14 日には雌花序の形態および瘦果の着生数を調査した。花粉捻性の調査では、スライドガラス上に花粉を落としてアセトカルミン溶液（ナカライテスク、京都）で染色した後、1 視野に観察された花粉数、染色された花粉数を計測し、稔性花粉率を算出した。

結果

側枝、雄花序、雌花序および珠芽の着生位置の模式図を第 2-1 図に示した。雄花序およ

び雌花序は、主茎の節部から発生していた。珠芽は、主茎および側枝の節部に形成されていた。

主茎長は、7月4日に40 cmを超えた後、わずかに伸長して10月10日には48 cmとなった(第2-2図A)。しかし、その後珠芽が上部の主茎とともに脱落したため、11月29日の調査では、主茎長は29 cmと短くなった。

主茎節数は、5月30日および7月4日で約12節、8月23日および10月10日で約14節であった(第2-2図B)。11月29日の調査では、珠芽の落下に伴って節数は約5節となり、10月の調査と比べて減少した。

主茎1本当当たりの側枝数は、5月30日～8月30日では1.1～1.6本であったが、10月10日の調査では2.9本となった(第2-2図C)。11月29日の調査では珠芽の落下に伴う主茎の離脱によって側枝数は2.4本となり、10月の調査と比べて減少した。

主茎1本当当たりの総側枝長は、5月30日、7月4日および8月30日では10 cm以下であったが、10月10日には29 cmとなった(第2-2図D)。11月29日の調査では珠芽の落下に伴う主茎の離脱によって20 cmと短くなった。

主茎の節間長は、下位の節間と比較して上位の節間ほど短くなった(第2-3図)

主茎の節数は、10月10日では14.4節であったが、11月29日には4.5節に減少した(第2-1表)。主茎の珠芽着生数は、10月10日では6.5個であったが、11月29日にはすべて脱落して0個となった。一方、側枝の総節数は、10月10日では16.3節であったが、11月29日は7.1節に減少した。側枝の珠芽着生数は、10月10日には8.1個であったが、11月29日にはすべて脱落して0個となった。

雄花序には、約1 cmの花柄があり、1花序当たり8.4個の小花が着生していた(第2-2表、第2-4図)。花粉捻性率は99.6%であり、ほぼ全ての花粉がアセトカルミンによって染色された(第2-2表、第2-5図)。雌花序は、主茎1本当当たり6個着生しており、1花序の大きさが1 cm、1花序当たり46個の瘦果を形成した(第2-2表、第2-6図)。花序内の瘦果は、褐色となり脱落しているものもあるが、緑色の未熟なものもあり、成熟状

態は一樣ではなかった（第 2-5 図 C）。

考察

萌芽開始から約 1 か月経過したと考えられる 5 月 30 日の主茎長が 35 cm であったのに対して、それから 4 か月以上経過した 10 月 10 日の主茎長は 48 cm であったので、ウワバミソウの主茎は萌芽直後に急速に伸長し、その後の伸長は緩やかであると考えられる。側枝の発達は、8 月後半まではあまり活発でないが、10 月上旬には側枝数および総側枝長ともに大きく増加した。したがって、1 株のシュートから最も多くの挿し穂を得ることができるのは 10 月であると考えられた。しかしながら、10 月でも主茎当たりの側枝数は 2.9 本に過ぎず、また総側枝長も 29 cm にしかなかった。さらに、自然条件では 11 月に地上部が枯れはじめるため、挿し芽当年内にある程度の大きさの挿し芽苗を育成するためには 10 月の挿し芽は現実的ではない。鈴木・佐竹（2000）は、ウワバミソウの有節茎を 7~9 月にかけて挿し芽したところ、生存率は 7 および 8 月では 93% 以上であったが 9 月では 70% に低下したと報告した。大沢（1986）は、入梅の頃に挿し芽を行うとよいと記載している。また、大沢（1986）は茎を 3~4 節ごとに、鈴木・佐竹（2000）は 2~3 節ごとに切断して挿し穂を調整している。5~8 月の主茎節数は約 12~14 節であったことから、2 節で切断した場合 1 本の主茎から最大 7 本の挿し穂を採取することができると計算されるが、実際には下位節では節間長が長いことにより挿し穂が長くなりすぎ、茎頂付近では節間が詰まっているため挿し穂が短くなりすぎるため、主茎を用いた実際の挿し穂の採取本数は 7 本よりも少なくなると考えられる。以上の点から考えると、自生地株のシュートを豊富に確保できる場合は問題ないが、第 1 章第 2 節のアンケート調査のように自生地株が少なかったり特定の系統を増殖させたりしたい場合には主茎を利用した大量増殖は難しいと考えられた。

10 月 10 日は珠芽の脱落開始前であり、11 月 29 日にはすべての珠芽が脱落していた。珠芽は節に形成されるため、10 月 10 日から 11 月 29 日にかけての節の減少要因をすべて珠

芽の脱落によると仮定すると、珠芽の形成数は主茎で 9 個、側枝で 9 個の合計 18 個程度であると推測される。ウワバミソウの増殖は株分けや挿し芽でも可能であるが、大量に増殖するには珠芽を用いる方法が簡便である(栗田, 1997)。第 1 章第 2 節のアンケート調査でも苗を育成している 3 県のうち 2 県で珠芽を利用して育苗していたことから、珠芽の利用は繁殖方法として一般的であると考えられる。しかしながら、採取直後の珠芽は休眠状態にあり、休眠打破のためには低温処理(Okagami, 1979; 鈴木・佐竹, 2000)やジベレリン処理(Okagami, 1979)が必要となる。さらに、珠芽を利用して育苗を開始できるのは珠芽が形成される秋以後となる。

雌花序には 1 花序当たり平均 46.3 粒の瘦果があり、主茎 1 本当たり 6 個の雌花序が着生していたことから、主茎 1 本当たり約 278 粒の瘦果が採取可能であると考えられる。したがって、瘦果を利用することで珠芽の利用あるいは挿し芽と比べて大量増殖が可能となると考えられるが、第 1 章第 2 節のアンケート調査で回答のあった繁殖方法は珠芽の利用、挿し芽および株分けだけであり、さらに瘦果を利用した繁殖に関する研究事例もないため、栽培を前提とした瘦果を利用した繁殖の可否については不明である。

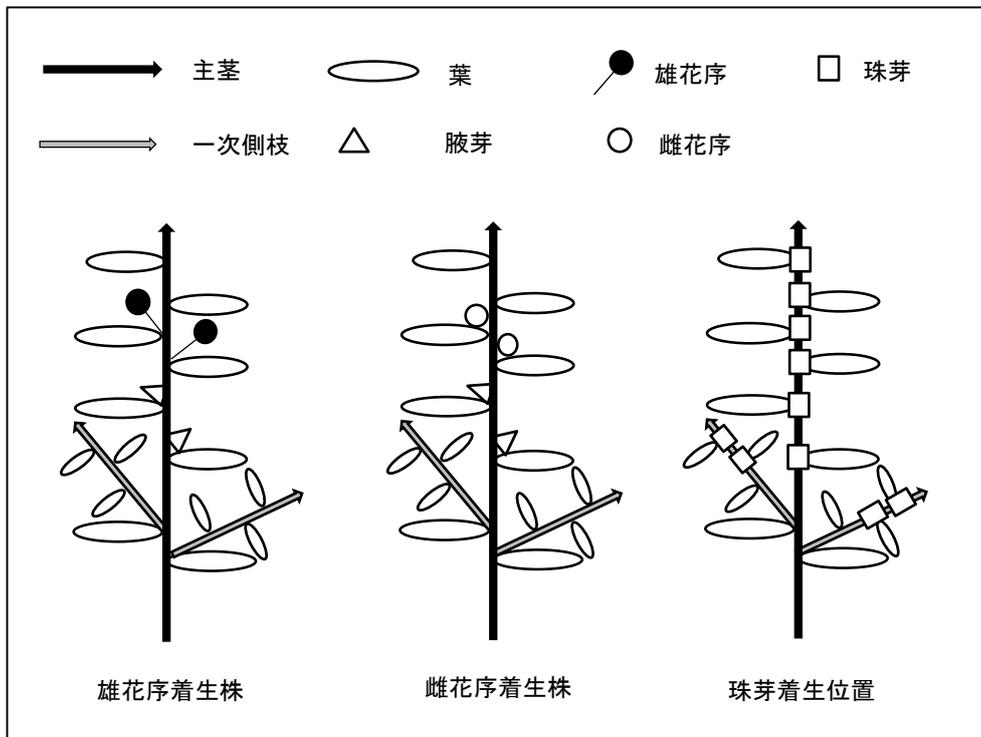
本調査の自生地におけるウワバミソウの生活史を第 2-7 図にまとめた。ウワバミソウは珠芽あるいは根茎で越冬し、4 月に萌芽した後に生育が進み、9 月に珠芽の形成が始まり、11 月に地上部が枯死すると考えられる。また、雄花序および雌花序を着生し、その後瘦果の形成が認められた。

以上のことから、自生地株を利用して繁殖させる場合、挿し芽では主茎を使用することになり主茎 1 本当たりの挿し穂採取本数は 7 本以下であること、秋には珠芽を主茎 1 本当たり 18 個採取できること、6 月には瘦果を主茎 1 本当たり約 278 粒採取できることが明らかとなった。

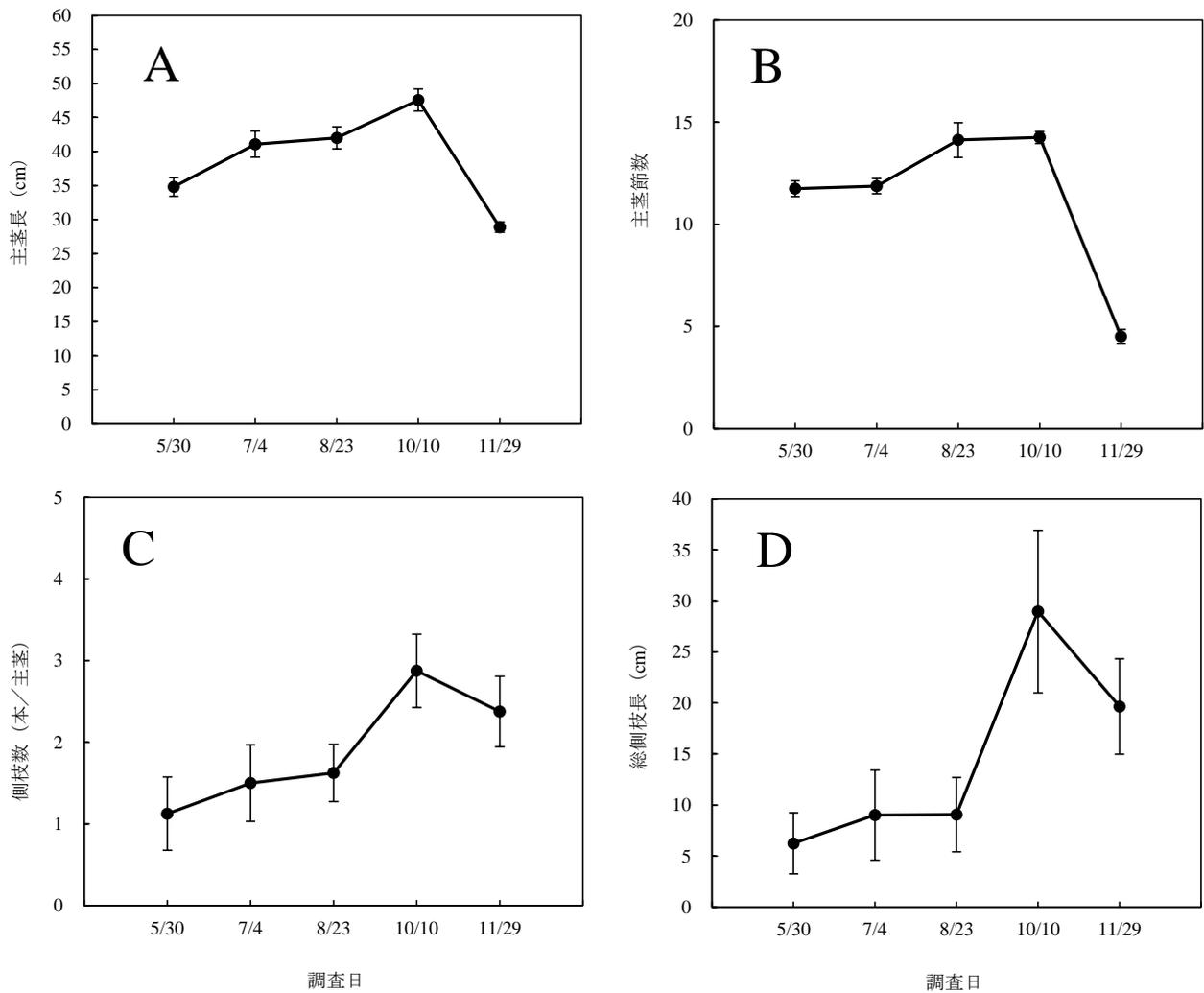
摘要

ウワバミソウの自生地での生育過程を明らかにするために、5~11 月にかけて福井県大

飯郡おおい町名田庄地区にある標高約 300 m の自生地を調査した。主茎長は、5 月には 35 cm であり、10 月に最大となった。11 月には珠芽の脱落により、主茎長は 10 月と比較して短くなった。主茎の節数は 5～10 月にかけて増加したが、11 月には珠芽の脱落により減少した。側枝数および総側枝長は 10 月に最大となった。10 および 11 月の節数と珠芽形成数の関係から、主茎 1 本当たりの珠芽形成数は 18 個と考えられた。6 月には雌花序の 1 花序当たり 46.3 粒の瘦果があり、主茎 1 本当たり約 278 粒の瘦果を採取可能であると考えられた。

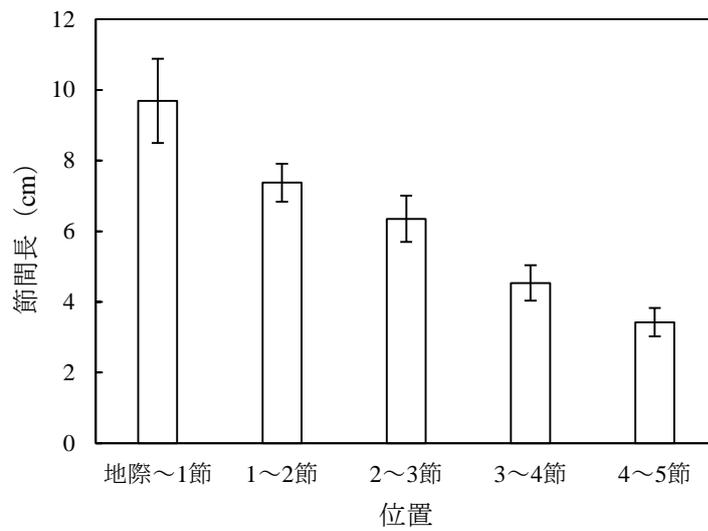


第 2-1 図 ウワバミソウの地上部の形態 (模式図)



第 2-2 図 福井県嶺南地方の自生地におけるウバミソウの主茎長 (A) , 主茎節数 (B) , 側枝数 (C) および総側枝長 (D) の生育の推移
2015 年 5 月 30 日, 7 月 4 日, 8 月 23 日, 10 月 10 日および 11 月 29 日に調査

図中の縦線は標準誤差を示す (n=8)



第 2-3 図 福井県嶺南地方の自生地におけるウワバ
 ミソウの節位置と節間長の関係
 最下位の節を 1 節目とした
 10 月 10 日調査
 図中の縦線は標準誤差を示す (n=8)

第 2-1 表 福井県嶺南地方の自生地における秋季のウラボミソウの節数および
珠芽着生数

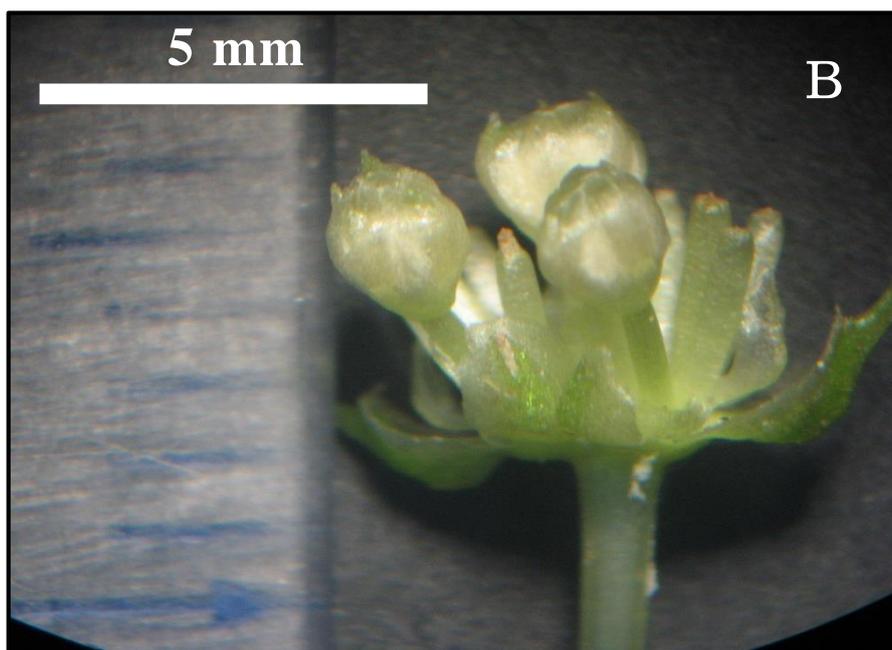
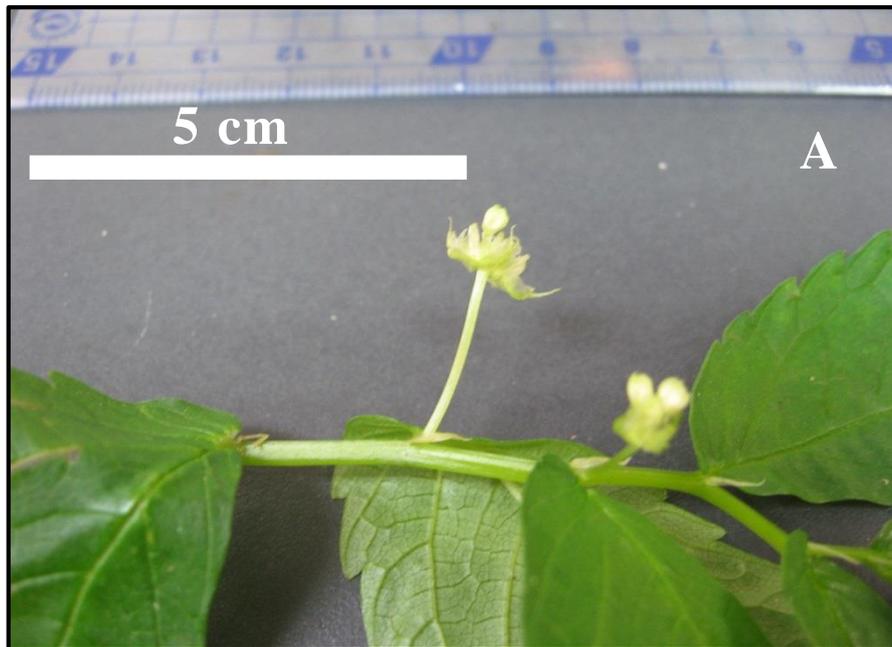
調査日	主茎節数	主茎珠芽着生数 (個/主茎)	総側枝節数	総側枝珠芽着生数 (個/総側枝)
10月10日	14.3±0.3 ^z	6.5±0.8	16.3±3.6	8.1±2.0
11月29日	4.5±0.4	0.0±0.0	7.1±1.4	0.0±0.0

^z 平均値±標準誤差 (n=8)

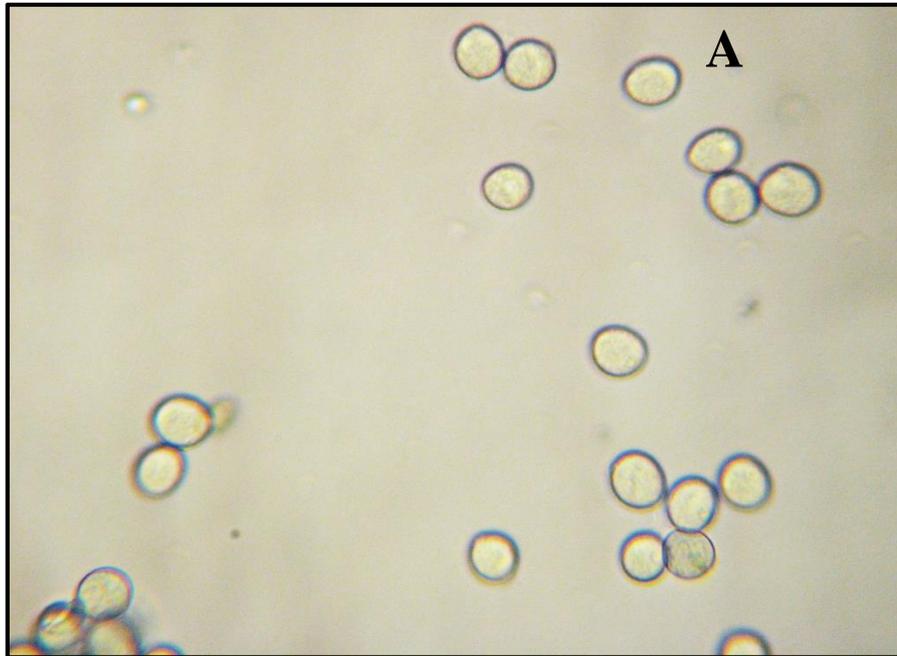
第 2-2 表 福井県嶺南地方の自生地におけるウラボミソウの雄花序および雌花序
の特性

雄花序			雌花序		
花柄長 (mm)	小花数 (個/花序)	稔性花粉率 (%)	着生数 (個/主茎)	花序径 (mm)	瘦果数 (粒/花序)
10.1±0.1 ^z	8.4±0.9	99.6	6.0±0.4	10.2±0.6	46.3±7.9

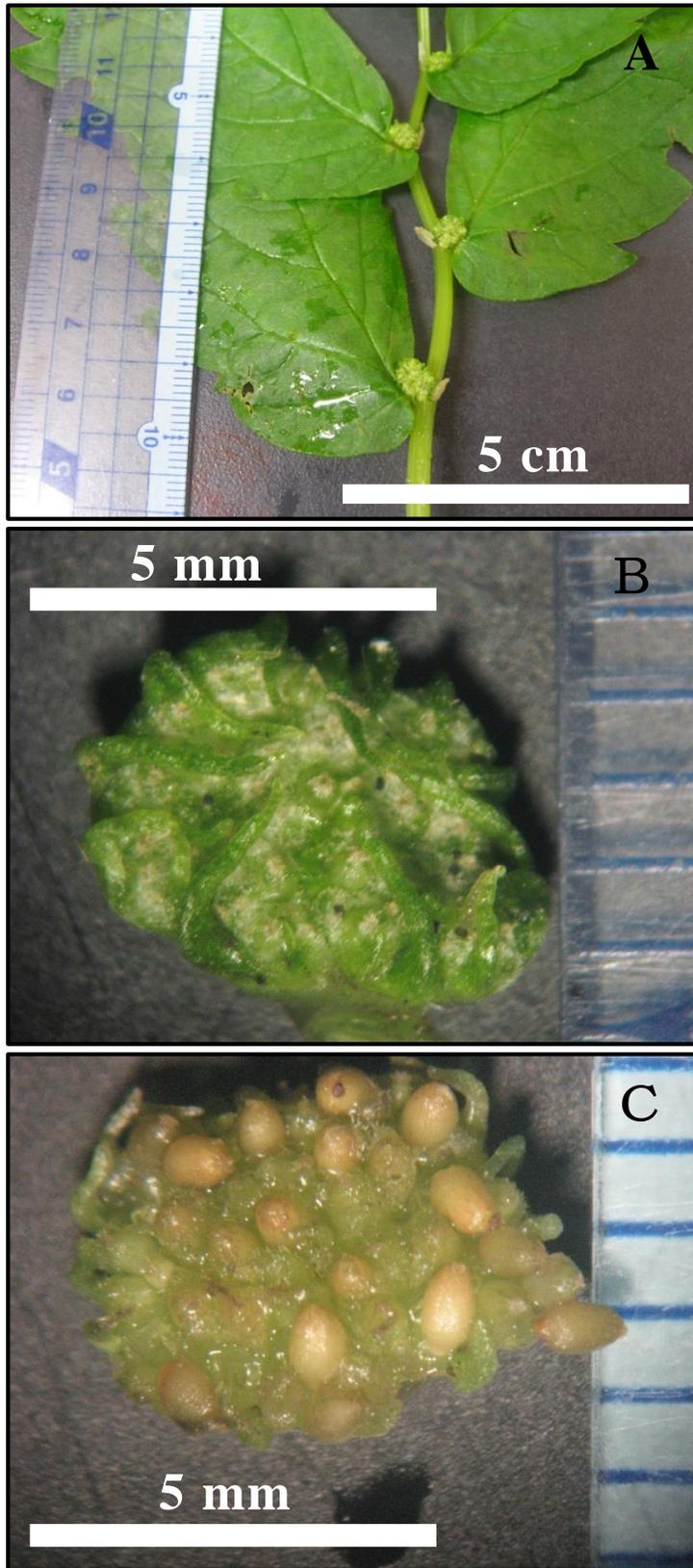
^z 平均値±標準誤差 (n=10)



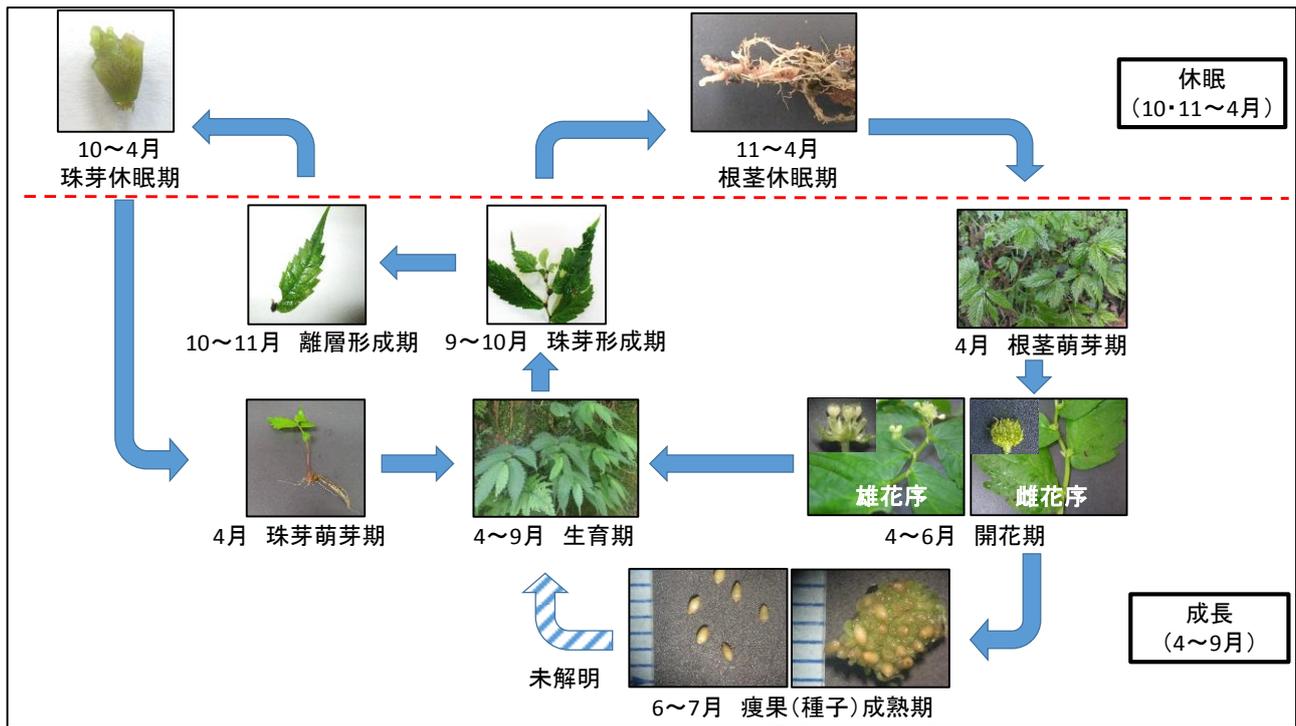
第 2-4 図 福井県嶺南地方のウワバミソウの雄花序
の着生状況 (A) および拡大写真 (B)



第 2-5 図 70%エタノール (A) およびアセトカルミン
溶液 (B) を滴下したウラボミソウの花粉
滴下 30 分後に撮影



第 2-6 図 福井県嶺南地方のウワバミソウの雌花序の着生状況 (A), 開花時の拡大写真 (B) および瘦果成熟時の拡大写真 (C)



第 2-7 図 福井県嶺南地方の自生地におけるウワバミソウの生活史

第3章 瘦果（種子）の発芽に及ぼす発芽促進処理の効果

第1章第2節でのアンケート調査において、ウワバミソウの繁殖方法はすべて栄養繁殖であり、種子繁殖は行われていなかった。しかし、第2章の自生地における6月の調査では雌花序に瘦果（以下、種子と呼ぶ）の形成が認められ、主茎1本当たり278個の種子を確保できると考えられた。したがって、種子繁殖が可能であれば挿し芽や珠芽による栄養繁殖と比較して増殖率は高まると考えられるが、採種直後の山野草の種子は休眠状態にあるものが多く、播種した種子がすべて発芽するわけではない。山菜として利用されているイラクサ科のミヤマイラクサの種子では、湿潤状態で5℃の低温に15日以上遭遇させることで休眠打破できる（河合・山原，2013）。

ウワバミソウの種子に休眠現象が存在するかは不明ではあるが、休眠種子である可能性が高いため、種子に対する発芽促進処理の効果を調査した。

材料および方法

実験1 ジベレリン処理の影響

福井県大飯郡おおい町名田庄地区の自生地で2015年6月14日に雌花序を採取して、種子を取り出した。採種の際、第2章で明らかにしたように雌花序内の種子の成熟度合いには差があるので、種子の成熟状態を揃えるために褐色となった種子だけを選んで採種した。そのため、供試粒数が少なくなった。6月15日にジベレリン（ジベレリン液剤，協和発酵バイオ；以下，GA）濃度を0および100 ppmとした溶液に種子を入れて24時間浸漬した。GA処理終了後に蒸留水で洗浄し、直径9 cmシャーレにろ紙（No. 2）2枚を敷き種子を20粒置床した後に蒸留水を10 mL加えて蓋をした。両濃度ともに3反復とした。ミヤマイラクサの種子では光により発芽が促進される可能性が指摘されていることから（河合・山原，2013），24℃に設定した閉鎖型培養室（照度；約100 lx，光源；白色蛍光灯，明期；16時間）で管理した。置床当日～28日後まで毎日発芽個体数を調査し、発芽率を算出した。

発芽後の生育経過を観察するために、6月28日（置床12日後）に発芽したGA0 ppm区
の個体をウレタンキューブに植え、0.25単位の園試処方培養液で水耕した。閉鎖型培養室
（照度；約3,000 lx，光源；白色蛍光灯，明期；16時間）で管理し，生育量が少なかった
ため培養液の交換は2～3週間に1回行い，観賞魚用エアーポンプで連続通気した。

実験2 貯蔵条件の影響

種子貯蔵の温度条件を3℃冷蔵と24℃または成りゆき（常温）とし，水分条件を乾燥と
湿潤に変えた4処理区を設け，実験1で用いた種子を6月15日～7月31日まで貯蔵した
（第3-1表）。湿潤処理は，温度成りゆきの場合では種子を不織布の袋に入れて湿らせた
培養土に埋め，冷蔵処理の場合ではシャーレに水を加えて行った。貯蔵処理終了後，直ち
に実験1と同じように発芽試験を行った。

結果

実験1 ジベレリン処理の影響

GA0 ppm区では，発芽は置床12日後から始まり，28日後の最終発芽率は12%であった
（第3-1図）。GA100 ppm区では，発芽は置床18日後から始まり，最終発芽率は7%であ
った。

発芽個体を用いて生育経過を観察したところ，丸みを帯びた子葉が展開した後，置床46
日後には鋸歯のない葉が2枚展開した（第3-2図）。その後に展開した本葉から鋸歯が認
められた。生育速度は非常に遅く，置床117日後においても主茎長は3 cm程度であった。

実験2 貯蔵条件の影響

常温・湿潤区では，発芽は置床5日後に始まったが，その後新たな発芽は認められず，
21日後の最終発芽率は3%であった（第3-3図）。冷蔵・湿潤区では，発芽は置床5日後
に始まったが，その後新たな発芽はほとんど認められず，最終発芽率は5%であった。温度
にかかわらず乾燥条件では，発芽は認められなかった。

考察

本実験におけるウワバミソウの種子の発芽率は、実験 1 の GA0 ppm 区の 12% であり、非常に低かった。ウワバミソウの種子の発芽適温など好適な発芽条件は不明であるため、本実験では自生地の株から採種して生育期の気温に近い培養室内で発芽試験を実施したが、十分な発芽を得ることはできなかった。さらに、発芽した個体の生育が非常に遅いことが観察された。第 1 章第 2 節でのアンケート調査でも明らかのように生産地での繁殖方法はすべて栄養繁殖であり、大沢（1986）もウワバミソウの繁殖方法として栄養繁殖だけを記載している。ウワバミソウ栽培で種子繁殖が行われない理由として、発芽率を高める方法が不明であること、および発芽後の生育が遅いことが原因と考えられる。

イラクサ科植物の種子の休眠性について、ミヤマイラクサでは明条件において種子を 15 日間以上 5℃ 湿潤状態で処理した後に 20℃ で管理した場合、発芽率は 50~60% と高まり、低温処理による休眠打破効果が認められた（河合・山原，2013）。本実験では、GA および低温処理による発芽促進を試みたが、効果は認められなかった。ムカゴイラクサの種子の休眠は、3 か月程度の低温処理により打破されることから（丹野，1985）、本実験の 1 か月半程度の低温処理では十分に休眠打破されなかった可能性もある。さらに、採種直後の種子でも発芽したことから休眠の深さのばらつきが大きく、ほとんど休眠しない種子が混在している可能性も考えられる。

一般には植物体が種子を飛散させる状態になっていれば、種子の胚は十分に成熟しているのが普通であるが、植物体が種子を離脱させる時期になっても種子内部の胚が十分に成熟していない未熟胚を持つ植物種もある（中村，1985）。丹野（1985）は、ムカゴイラクサ種子の休眠の原因の一つとして、胚の成長力低下を挙げ、低温処理や赤色光が胚の成長力を高めていると指摘した。したがって、ウワバミソウの種子の休眠の原因の一つとして未熟胚の問題があり、後熟の過程が必要な可能性も考えられる。

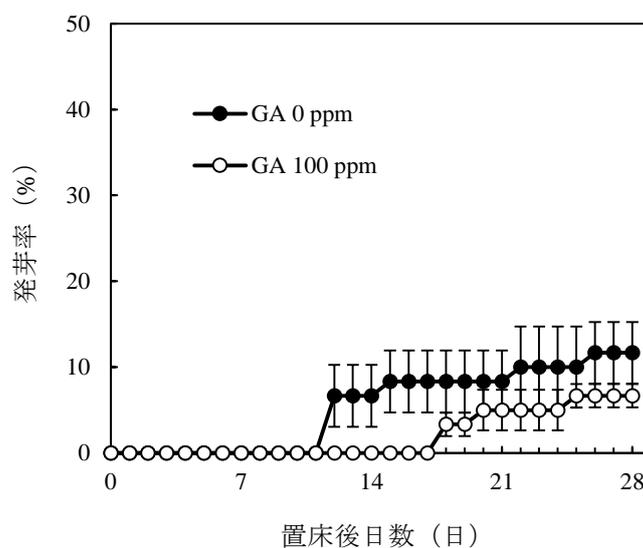
以上のように、ウワバミソウ種子の発芽促進方法を明らかにするためには、種子の休眠を引き起こしている要因の特定を含めてさらに検討が必要と思われる。

摘要

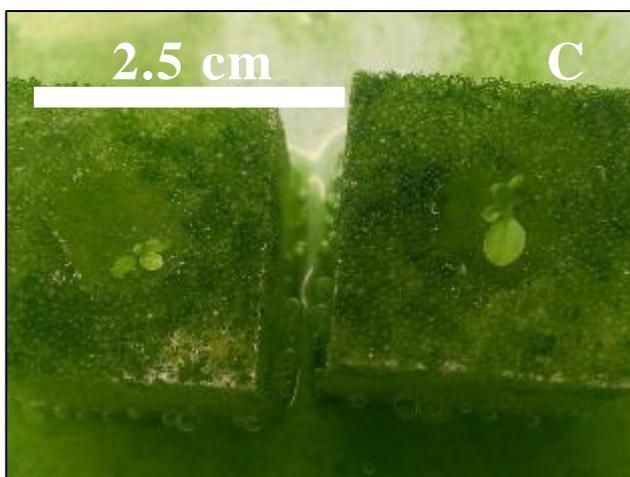
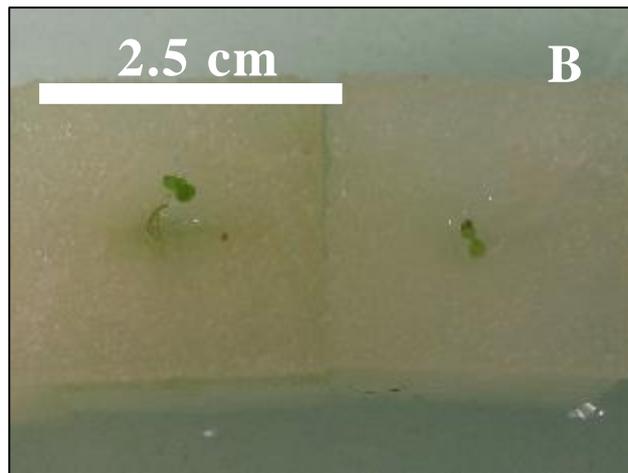
ウラボミソウの自生地で6月に種子を採種して発芽実験を行った。採種直後の種子を用いた GA 0ppm 区と GA100 ppm 区の置床 28 日後の最終発芽率は、それぞれ 12 および 7% であり、GA による発芽促進効果は認められなかった。6 月に採種した種子を常温（24℃または成りゆき）あるいは冷蔵（3℃）および湿潤あるいは乾燥条件を組み合わせ、46 日間貯蔵した後に置床したところ、常温・湿潤および冷蔵・湿潤区の発芽率は、それぞれ 3 および 5% であった。一方、温度にかかわらず乾燥条件では、発芽は認められなかった。

第 3-1 表 ウワバミソウの種子の貯蔵条件と試験区の構成

試験区	貯蔵温度	貯蔵方法
常温・湿潤	ガラス室内の網室で成りゆき	ろ紙で包んだ種子を不織布の袋に入れて湿った培養土に埋める
冷蔵・湿潤	3°C (冷蔵庫)	ろ紙を2枚敷き、水5 mLを入れた9 cm径シャーレに種子を入れてパラフィルムで密閉
常温・乾燥	24°C (閉鎖型培養室内)	ろ紙を2枚敷き、9 cm径シャーレに種子とシリカゲル製食品用乾燥材を入れてパラフィルムで密閉
冷蔵・乾燥	3°C (冷蔵庫)	ろ紙を2枚敷き、9 cm径シャーレに種子とシリカゲル製食品用乾燥材を入れてパラフィルムで密閉

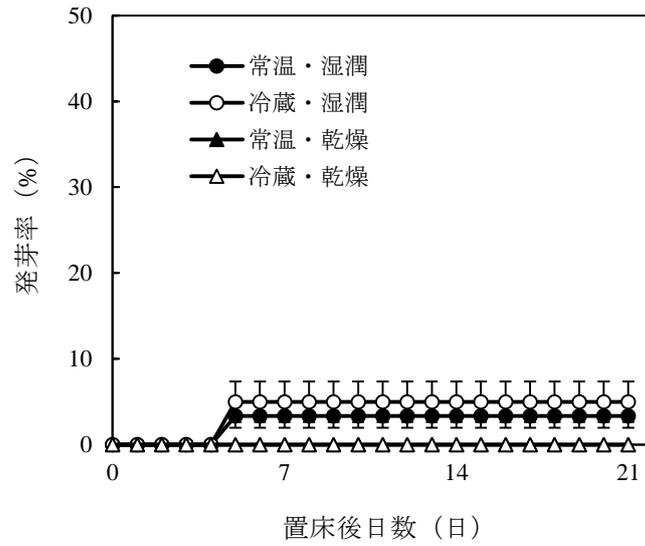


第 3-1 図 ウワバミソウの種子の発芽率に及ぼす GA 処理の影響
 図中の縦線は標準誤差を示す (n=3)



第 3-2 図 ウワバミソウの実生の生育経過

- A 瘦果（種子）
- B 子葉展開（置床 30 日後）
- C 本葉展開（置床 46 日後）
- D 生育期（置床 117 日後）
- E 土耕でのこぼれ種から発生した個体



第 3-3 図 ウwabamiso の種子の発芽率に及ぼす貯蔵条件の影響

図中の縦線は標準誤差を示す (n=3)

第4章 挿し芽繁殖における増殖効率向上のための処理

第1節 挿し芽時の条件が発根とその後の生育に及ぼす影響

第2章の自生地株の調査においてウワバミソウは種子を形成していたが、第3章で明らかにしたように種子の発芽率は低く、発芽後の生育も遅かった。挿し芽繁殖は、種子のできない植物や、できても発芽の悪いもの、品種の固定されていないものなどの繁殖手段として行われており、利点として母本と同一の形質を持つ個体が得られること、技術的に簡便で一時に多数の苗が得られること、実生苗に比べて生育が早いことが挙げられる(町田, 1974)。したがって、ウワバミソウ種子の発芽や発芽後の生育特性を考慮すると、挿し芽はウワバミソウの繁殖に適した方法であると考えられる。実際に第1章第2節のアンケート調査では、2県で挿し芽により苗を育成していた。挿し穂の活着に影響する要因には、親木の状態、穂木の状態、挿し床の外的要因などがある(町田, 1974)。そこで、挿し芽時の条件が発根とその後の生育に及ぼす影響について調査した。

1. 挿し穂の発根に及ぼす挿し穂採取部位、挿し芽用土およびインドール酪酸処理の影響

ウワバミソウにおいてシュートのどの部位を挿し穂として利用するのが良いかについて、鈴木・佐竹(2000)は、7~9月にかけて有節茎(節, 節間, 葉から成る), 節間, 葉身を挿し穂としてバーミキュライトに挿したところ、有節茎を利用する方法が最も効率的であったと報告した。1本のシュートから挿し穂を採取する場合、先端部から挿し穂を調整する場合を天挿し、それより下の頂芽のない部分を管挿しと呼ぶ(町田, 1974)。金野・吉池(1985)は、山菜であるモミジガサにおいて挿し芽の方法と挿し芽後の生育の関係を調べ、増殖を目的とする場合では天挿しと比較して葉芽挿し(管挿し)が良いと報告した。このように、挿し穂の採取部位や調整方法により挿し穂の発根や生育に影響が現れる可能性がある。

挿し床(挿し芽用土)には、ピートモス, 赤玉土, バーミキュライト, パーライトなどの単体あるいはこれらを組み合わせたものが使われることが多いが(大川ら, 2002), 挿し

芽用土の種類が挿し穂からの発根に影響を及ぼすことは良く知られている。ウワバミソウと同じイラクサ科のペリオニア (*Pellionia pulchra* N. E. Br.) やピレア (*Pilea involucrata* (Sims) Urb.) をピートモス・パーライト混合用土およびピートモス・砂混合用土に挿し芽したところ、ピートモス・パーライト混合用土で生育が優れた (Poole・Conover, 1977)。イラクサ科ではないが、西尾ら (1994) は、ピートモス、調製ピート、パーライトおよびピートモス・パーライト・バーミキュライトを 3:1:1 あるいは 1:1:1 の体積比で混合した用土の 5 種類の挿し芽用土にキクを挿し芽したところ、ピートモス・パーライト・バーミキュライトを 3:1:1 あるいは 1:1:1 で混合した用土で発根量が優れたと報告した。キク以外にも、仁藤・藤井 (1972) は、市販の供試土、鹿沼土、パーライトおよびテラライトの 4 種類の用土にクルメツツジを挿し木したところ、供試土において発根率および発根重が優れたと報告した。Reynoso ら (2001) は、ピートモス・パーライト混合用土、パーライト、鹿沼土、川礫および赤玉土にテロペアを挿し木したところ、発根率は鹿沼土、赤玉土の中粒および川礫で高かったと報告した。このように、挿し芽用土として混合用土が良いのか、あるいは単体の用土が良いのかは植物の種類によって異なる。また、実際に流通している鹿沼土やバーミキュライトには、さまざまな大きさの製品が存在している。矢橋ら (1992) は、鹿沼土において粒径が異なると保水性や通気性などの物理性が異なることを報告した。このように、同じ種類の用土であっても、粒径により物理特性が異なることから、挿し穂の発根にも影響が現れる可能性がある。

小池ら (2002) は、宿根スイートピー挿し穂を用いて、異なる濃度のインドール酪酸溶液に 60 分間の浸漬処理をしたところ、16~40 ppm の濃度で発根が良いと報告した。西尾・福田 (1998) は、キク挿し穂において、インドール酪酸溶液の濃度、処理部位および処理時間を変えて発根に対する影響を調査したところ、インドール酪酸 400 ppm 溶液の切り口浸漬 (処理時間; 15 秒) あるいは噴霧処理で良い成績が得られたと報告した。このように挿し芽繁殖では、挿し穂からの発根や根の生育の促進を目的にインドール酪酸などのオーキシン処理が行われることが多い。

ウワバミソウの挿し芽時の条件と挿し穂の発根の関係については不明な点が多く、鈴木・佐竹（2000）の報告以外は見当たらない。そこで本実験では、挿し穂の条件として採取部位、挿し床の外的要因として挿し芽用土の種類、ならびに発根促進処理としてインドール酪酸処理が挿し穂の発根や根の生育に及ぼす影響について検討した。なお、親木（母株）の条件については第4章第2節で検討した。

材料および方法

共通項目

福井県大飯郡おおい町由来のウワバミソウを供試し、福井県立若狭東高等学校のガラス室で試験を実施した。実験1および実験2では自生地で採取した試料から、実験3および実験4ではガラス室で栽培している2年生の株から挿し穂を調整した。天挿し用の挿し穂（第4-1-1-1図）は、主茎を頂芽から約5 cmで切断した後、上位の展開葉2枚を残して調整した。管挿し用の挿し穂は、天挿しに用いた部位より下の主茎を3節残して切断した後、上位の1葉を残して調整した。挿し穂基部は45度程度の角度で斜めに切断した。挿し芽期間中、培地の乾燥を防ぐために水を張ったプラスチック容器に連結ポットあるいはセルトレイを置き、1日に1回程度底面給水した。松本（2004a）の試験結果を参考に側窓を開放したガラス室内に上部と側面を遮光率約80%の遮光ネットを張った網室（長さ3 m、幅0.8 m、高さ0.8 m）を置き、その中で管理した。

実験1 挿し穂採取部位の影響

2008年4月27日にパーミキュライトを充填した連結ポット（1穴の大きさ；縦4.5 cm×横4.5 cm×深さ4 cm）に天挿しおよび管挿し用の挿し穂を1穴当たり1本、各15本を挿した。挿し芽28日後に発根率および萌芽率を求め、無作為に各区10本ずつ選び最大根長を調査した。挿し穂を抜き取り、挿し穂からの根の発生を確認できた個体を発根株とし、発根株数を挿し芽数で除し100を乗じて発根率を算出した。挿し穂の頂芽あるいは側芽が伸長したときを萌芽とし、萌芽株数を発根株数で除し100を乗じて萌芽率を算出した。

実験 2 挿し芽用土の種類の影響

鹿沼土，バーミキュライト，バーミキュライト・ピートモス混合用土（容積比 1:1）およびバーミキュライト・パーライト混合用土（容積比 1:1）の 4 種類を供試し，粒径，pH，仮比重および最大容水量を調査した．pH は，各用土の乾土と蒸留水を 1:5（重量比）の比率で測定した．仮比重は 20 mL ガラス容器に風乾土を充填して測定した．最大容水量は連結ポット（1 穴の大きさ；縦 4.5 cm×横 4.5 cm×深さ 4 cm）における各用土の保水力を明らかにするために次のようにして求めた．すなわち，連結ポットに切断ろ紙（No.2）を敷き，乾土重量を測定した各用土 50 mL を詰めて 24 時間底面給水し，網の上に 30 分間静置後，ろ紙を取り除いた重量を測定し，吸水量を求めた．吸水量を各用土の体積で除し 100 を乗じて最大容水量とした．2008 年 5 月 18 日に各用土を充填した連結ポットに天挿し用の挿し穂を 1 穴当たり 1 本，各区 15 本ずつ挿した．挿し芽 25 日後に発根率および萌芽率を求めた．さらに，無作為に各区 10 本ずつを選び最大根長を調査した．

実験 3 挿し芽用土としての鹿沼土およびバーミキュライトの粒径の影響

ふるい（目開き：2 および 4.8 mm）を用いて粒径 2 mm と 14 mm の鹿沼土および粒径 2 mm と 5 mm のバーミキュライトを作成し，仮比重および最大容水量を調査した．これらの用土を 8 分割した 128 穴セルトレイ（1 セルの容積；25 mL）に充填し，2010 年 6 月 3 日に管挿し用に調整した挿し穂を各区 16 本ずつ挿した．挿し芽 30 日後に発根率を求め，無作為に各区 10 本ずつ選び，最大根長および挿し穂から発生した長さ 1 mm 以上の不定根（発根数）を調査した．

実験 4 インドール酪酸処理の影響

インドール酪酸液剤（有効成分 0.4%，オキシベロン液剤，バイエルクロップサイエンス）を使用して有効成分量で 0，25 および 100 ppm の水溶液を作成した．2009 年 7 月 9 日にこれらの濃度の水溶液に管挿し用に調整した挿し穂の基部を 60 分間浸漬した．その後 16 穴ごとに 8 分割した 128 穴セルトレイ（1 セルの容量；25 mL）にバーミキュライトを充填し，1 セル 1 本，1 区 16 本を挿した．挿し芽 30 日後に発根率および萌芽率を求め，無

作為に各区 10 本ずつ選び最大根長および発根数を調査した。

結果

実験 1 挿し穂採取部位の影響

発根率は、天挿しで 93%、管挿しで 100%であった（第 4-1-1-1 表）。萌芽率は天挿しおよび管挿しともに 100%であり、発根したすべての挿し穂において芽の伸長が認められた。最大根長は管挿しと比較して天挿しで長かった。

実験 2 挿し芽用土の種類の影響

鹿沼土の粒径は 9 mm、バーミキュライトおよびバーミキュライト・パーライト混合用土の粒径は 5 mm であった（第 4-1-1-2 表）。バーミキュライト・ピートモス混合用土の粒径は、ピートモスが粉状であるため測定しなかった。pH は 5.2~6.6 の範囲であり、すべての用土が酸性であった。仮比重は、鹿沼土で最も大きく、次いでバーミキュライトで、バーミキュライト・ピートモス混合用土、バーミキュライト・パーライト混合用土は小さかった。最大容水量は、バーミキュライト・ピートモス混合用土で最も多く、次いで鹿沼土であり、バーミキュライトおよびバーミキュライト・パーライト混合用土は少なかった。発根率は、いずれの挿し芽用土でも 90%以上であった。萌芽率はすべての挿し芽用土において 100%であり、発根したすべての挿し穂で頂芽の伸長が観察された。一方、最大根長は挿し芽用土の違いによる差が認められた。鹿沼土の最大根長はバーミキュライト・ピートモス混合用土およびバーミキュライト・パーライト混合用土のそれと比較して長く、バーミキュライトの最大根長はバーミキュライト・パーライト混合用土のそれと比較して長かった。

実験 3 挿し芽用土としての鹿沼土およびバーミキュライトの粒径の影響

鹿沼土およびバーミキュライトともに、粒径が大きくなると仮比重は小さくなり、最大容水量は減少する傾向が認められた（第 4-1-1-3 表）。発根率は、鹿沼土の粒径 2 mm で 94%、バーミキュライトの粒径 2 mm および 5 mm ではそれぞれ 81%および 88%であっ

た．これに対して，鹿沼土の粒径 14 mm では 63%と低かった．最大根長は処理間で差は認められなかった．発根数は鹿沼土の粒径 2 mm で 13.6 本と最も多くなり，バーミキュライトの粒径 2 mm との間に有意な差が認められた．最大根長および発根数ともに同一用土における粒径の違いによる差は認められなかった．

実験 4 インドール酪酸処理の影響

発根率は，0 ppm および 25 ppm 区で 94%，100 ppm 区では 88%であった（第 4-1-1-4 表）．萌芽率は各区とも 100%であり，発根したすべての挿し穂において側芽の伸長が認められた．最大根長は処理間に有意な差はなかった．発根数はインドール酪酸処理により有意に増加したが，25 ppm 区と 100 ppm 区の間に差は認められなかった．

考察

挿し芽繁殖では，挿し穂が発根して活着する過程と，発根した根など植物体が生育する過程に分けられる．そのため，実験 1～4 の実験結果をもとにして，挿し穂の発根に対する影響と根の生育に対する影響に分けて議論する．

(1) 挿し穂の発根に対する影響

実験 1 において，天挿しおよび管挿しの発根率は 90%以上と高く，発根したすべての挿し穂において萌芽が認められ，どちらの方法であっても挿し穂から容易に発根させることができ，芽の伸長も認められた．したがって，ウラボミソウではシュートの先端部を用いる天挿しだけでなく，天挿し用の挿し穂を採取した残りのシュートを用いて管挿しを行うことが可能であり，挿し穂となるシュートを効率的に利用して苗を育成できると考えられた．

実験 2 および実験 3 において，特性の異なる用土を供試したが，発根率は鹿沼土の粒径 14 mm を除きいずれも高かった．大石ら（1983）は，挿し穂を良好に発根させるためには，挿し穂の吸水と蒸散のバランスを適切に保つことが大切であり，挿し穂の吸水量は挿し芽直後に高まると報告している．挿し芽用土の条件としては，挿し穂が根形成するまで生存

し続けなければならないため適度な保水性が必要であり、不定根の分化には酸素の十分な供給が必要なため通気性が良いことの両方が要求される（町田，1974）．鹿沼土の粒径 14 mm 区では、発根しなかった挿し穂は萎凋した後、枯死した．挿し芽繁殖では密閉挿しやミスト繁殖など湿度を高く維持することで活着率を高める技術もあるが、本実験ではできるだけ簡便に挿し芽するために遮光以外は実施しなかった．そのため、最大容水量が 37% とその他の区と比較して低かった鹿沼土の粒径 14 mm 区では、挿し床が乾燥しやすかったと思われる．実験 2 および実験 3 において、最大容水量が 50% 程度以上の挿し芽用土では高い発根率が得られたことから、本実験の条件でウラボミソウ挿し穂を発根させるためには、最大容水量が 50% 以上の挿し芽用土を使用することが望ましいと考えられた．

実験 4 において、インドール酪酸処理による発根率の向上は認められなかったが、この理由は無処理区の発根率が 94% と高かったためである．

（2）根の生育に及ぼす影響

実験 1 において、発根後の根の生育を示す指標である最大根長は、管挿しと比較して天挿しで長かった．マツバボタンでは、挿し穂の葉数が多いと発根が早く始まり、発根数が多くなった（藤井・三橋，1962）．ピーマンでは挿し穂の大きさを L、M および S の 3 段階としたところ、発根数と最大根長は M 区で最も優れた（白井・萩森，2004）．町田ら（1977）はサザンカおよびサンゴジュで挿し穂の葉数が多いと挿し穂当たりの光合成速度が大きくなり、発根が早く根量も多くなったと報告している．このように、挿し穂の葉数は、挿し穂からの発根量に影響することが示されている．さらに、天挿し用の挿し穂は頂芽と側芽を有しているが、管挿し用の挿し穂は側芽のみを有している．オーキシンは、芽や若い葉で生成され、求基的に移動して挿し穂基部に集まり不定根形成を促す（小西，1982）ことは広く知られている．本実験での挿し穂の葉数は、天挿しでは 2 枚、管挿しでは挿し穂が長くなるため 1 枚としたが、最大根長の違いには挿し穂の葉数の違いや頂芽の有無が関係している可能性がある．

実験 2 において、鹿沼土の最大根長は、バーミキュライト・ピートモス混合用土および

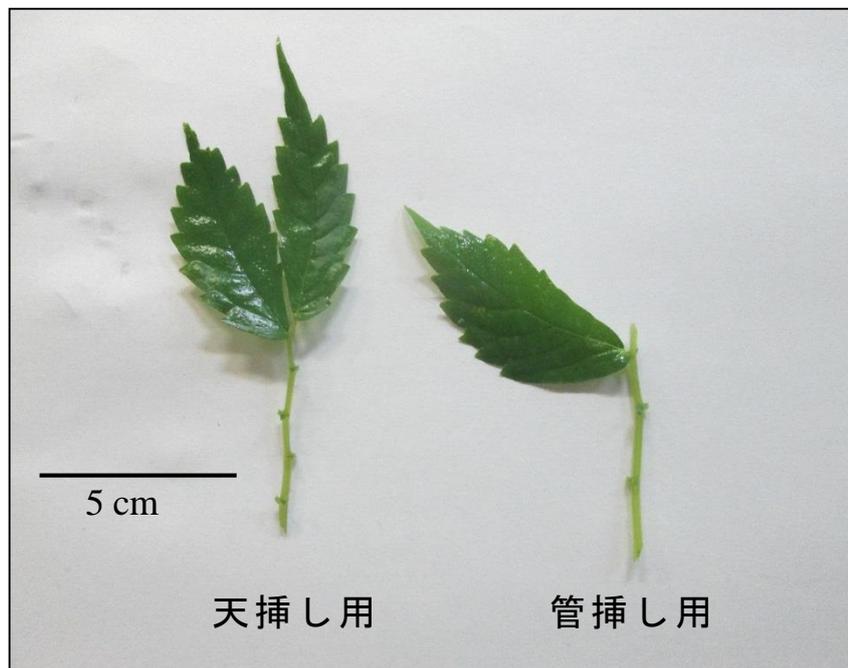
バーミキュライト・パーライト混合用土に比べて長かった。また、バーミキュライトの最大根長は、バーミキュライト・パーライト混合用土に比べて長かったが、鹿沼土とバーミキュライトの最大根長では有意な差は認められなかった。このように、根の生育の観点から、鹿沼土あるいはバーミキュライトの単用に対して混合用土を利用する利点は認められなかったため、ウワバミソウの挿し芽用土として、鹿沼土あるいはバーミキュライトの単用が適すると考えられた。実験 3 では、各区の最大根長の中に有意な差は認められなかったが、鹿沼土の粒径 2 mm 区はバーミキュライトの粒径 2 mm 区に比べて発根数が多かった。同一用土における粒径の違いによる差は、鹿沼土では粒径が大きくなると、バーミキュライトでは粒径が小さくなると発根数が減少する傾向が見られたが、変動が大きかったことから有意な差は認められなかった。また、根の生育と pH および最大容水量の間に本実験の範囲内では一定の傾向は認められなかったが、仮比重の小さい用土で根の生育が劣る傾向が見られたことから、土壌の物理性と根の生育の関係についてはさらに詳細な検討が必要である。

実験 4 において、インドール酪酸の処理濃度にかかわらず、最大根長の差は見られなかったが、これは 128 穴セルトレイに挿し芽したため、挿し芽 30 日後の調査時には処理区の根の成長が頭打ちとなり差がなくなったためと考えられる。一方、発根数はインドール酪酸処理により 2 倍程度に増加したことから、インドール酪酸処理はウワバミソウ挿し穂の発根量を増やす上で有効であると考えられた。本試験ではインドール酪酸 25 ppm および 100 ppm 溶液に 60 分間浸漬して処理したが、25 ppm と 100 ppm の間に違いは認められなかったため、処理濃度は 25 ppm で十分であると考えられた。挿し芽苗の活着を考えると発根数が多い方が良く考えられるが、ウワバミソウは食用であるため、実際の栽培でインドール酪酸処理をするためには農薬登録を待たなければならない。

摘要

ウワバミソウの挿し穂の発根に影響を及ぼす挿し穂の条件として採取部位、挿し床の外

的要因として挿し芽用土の種類，ならびに発根促進処理としてインドール酪酸処理について検討した．ウワバミソウを天挿しおよび管挿ししたところ，発根率は90%以上であった．最大根長は，管挿しと比べ，天挿しで長かった．鹿沼土，バーミキュライト，バーミキュライト・ピートモス混合用土およびバーミキュライト・パーライト混合用土（容積比 1:1）の4種類を挿し芽用土として挿し芽したところ，発根率は，いずれの用土においても90%以上であった．最大根長は，鹿沼土あるいはバーミキュライト単用で長かった．鹿沼土の粒径2および14 mm，バーミキュライトの粒径2および5 mmの4種類を挿し芽用土として挿し芽したところ，発根率は，鹿沼土の粒径14 mmでは63%と低かったが，その他の用土では80%以上であった．最大根長は各区とも差は認められなかった．発根数は鹿沼土の粒径2 mmで13.6本と最も多くなった．挿し穂基部にインドール酪酸25および100 ppm水溶液を60分間浸漬処理することにより，処理区の発根数は無処理区に対して有意に増加した．しかし，インドール酪酸25および100 ppmの発根数の間に有意な差は認められなかった．



第 4-1-1-1 図 ウワバミソウの挿し穂の状態

第 4-1-1-1 表 ウワバミソウの挿し穂の発根に及ぼす挿し芽方法の影響

挿し芽方法	発根率 (%)	萌芽率 (%)	最大根長 (mm)
天挿し	93	100	42.8
管挿し	100	100	13.6
t検定			*** ^z

^z t検定で0.1%水準で有意差あり (n=10)

第 4-1-1-2 表 ウワバミソウの挿し穂の発根に及ぼす挿し芽用土の種類の影響

挿し芽用土	用土特性				発根率 (%)	萌芽率 (%)	最大根長 (mm)
	粒径 ^z (mm)	pH ^y (H ₂ O)	仮比重 (g・mL ⁻¹)	最大容水量 ^x (%)			
鹿沼土	9	5.7	0.25	54	100	100	40.0 a ^w
バーミキュライト	5	6.2	0.21	50	100	100	37.4 ab
バーミキュライト・ ピートモス混合用土	— ^v	5.2	0.16	60	93	100	26.3 bc
バーミキュライト・ パーライト混合用土	5	6.6	0.15	51	93	100	21.9 c

^z 50粒の平均

^y 乾土:蒸留水=1:5 (重量比)

^x 吸水量(g)/乾土容積(mL)×100で算出した

^w Tukeyの多重検定で異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり (n=10)

^v 粉状のピートモスが多いため測定せず

第 4-1-1-3 表 ウワバミソウの挿し穂の発根に及ぼす鹿沼土およびバーミキュライトの粒径の影響

挿し芽用土	用土特性			発根率 (%)	最大根長 ^x (mm)	発根数 ^x (本/株)
	粒径 ^z (mm)	仮比重 (g・mL ⁻¹)	最大容水量 ^y (%)			
鹿沼土	2	0.39	58	94	34.5 a ^w	13.6 a
	14	0.20	37	63	36.6 a	9.5 ab
バーミキュライト	2	0.34	53	81	29.0 a	6.8 b
	5	0.19	49	88	34.8 a	11.8 ab

^z 50粒の平均

^y 吸水量(g)/乾土容積(mL)×100で算出した

^x 最大根長, 発根数は発根個体の平均

^w Tukeyの多重検定で異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり (n=10)

第 4-1-1-4 表 ウワバミソウの挿し穂の発根に及ぼすインドール酪酸
処理濃度の影響

インドール酪酸濃度 (ppm)	発根率 (%)	萌芽率 (%)	最大根長 (mm)	発根数 (本/株)
0	94	100	53.5 a ^z	12.0 b
25	94	100	61.5 a	25.3 a
100	88	100	60.9 a	26.6 a

^zTukeyの多重検定で異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり (n=10)

2. 挿し穂の雌雄性と生育の関係

第2章の自生地調査では、雌花序あるいは雄花序だけを着生するシュートが認められた。牧野（1940）は、ウワバミソウを雌雄異株と記載している。兼本（2003）は、1つの根茎から雄花序と雌花序を付けるシュートおよび雌花序だけを付けるシュートが発生することから雌雄同株であり、雄花序と雌花序で開花時期が異なっていることにより雌雄異株と判断されたものと思われると報告した。雌雄異株であるアスパラガスでは、収量は雄株の方が多いとされるが（河野，1953）、1年生株を用いた促成栽培では雄株と比較して雌株の方が茎が太いことから雌株の方が収量は多い（小泉ら，2003）。兼本（2003）は、ウワバミソウで両性のシュートの方が雌花序だけを付けるシュートより大型であることを明らかにし、光合成産物量の違いがシュートの大きさ、さらには両性か雌性かを決定する要因となっているのではないかと推論している。

このように、ウワバミソウにおける雌雄性の議論はわかるが、雌花序を着生するシュートと雄花序を着生するシュートを挿し穂とした場合には、発根や生育に違いがある可能性がある。そこで本実験では、挿し穂に用いるシュートの雌雄性と挿し芽後の生育の関係を調査した。

材料および方法

2015年5月30日に雌花序だけを着生している主茎（雌シュート）および雄花序だけを着生している主茎（雄シュート）を採取し、管挿し用の挿し穂に調整した。バーミキュライトを詰めた200穴セルトレイに挿し芽し、7月22日にバーミキュライトを詰めた直径9cm黒プラスチックポットに鉢上げした。鉢上げ後から液肥（N:P₂O₅:K₂O=6:10:5%、ハイポネックス New レイシオ、ハイポネックスジャパン）を3,000倍に希釈し、2週間に1回追肥した。鉢上げ時に生育中庸な8株を選び、最大茎長、最大根長、茎葉新鮮重および根新鮮重を調査した。最大茎長の測定では、挿し穂の節（側枝の発生部分）を基点として最も長いシュートを対象に調査した。鉢上げ75日後の10月5日には最大茎長、節数、

側枝数および総側枝長を 8 株ずつ調査した。節数の調査では最も長いシュートを対象とし、側枝は最も長いシュートから発生している 2 次側枝と定義した。根新鮮重は、根をペーパータオルで挟み 30 分間置いた後に測定した。

結果

鉢上げ当日における最大茎長，最大根長，茎葉新鮮重および根新鮮重は，雌および雄シュートの間にいずれも有意な差は認められなかった（第 4-1-2-1 表）。鉢上げ 75 日後における最大茎長，節数，側枝数および総側枝数は，雌および雄シュートの間にいずれも有意な差は認められなかった（第 4-1-2-2 表）。

考察

2015 年 5 月 30 日に雌花序あるいは雄花序だけを着生している主茎を選び，雌シュートおよび雄シュートとして取り扱った。鉢上げ時および鉢上げ 75 日後の生育は，雌および雄シュートの間で差が認められなかったことから，挿し芽苗を育成するために挿し穂を採取する場合，本実験の範囲ではどちらの性の花序をつけているシュートから挿し穂を採取しても問題ないと考えられる。なお，現在のところウワバミソウの雌雄の判別は花序を見て判断するしかないため，花序が落下した後にシュートの雌雄を判別することはできない。

摘要

ウワバミソウの自生地で 5 月に雌花序だけを着生しているシュート（雌シュート）および雄花序だけを着生しているシュート（雄シュート）を採取して，挿し芽した。鉢上げ時および鉢上げ 75 日後の生育は，雌および雄シュートの間で差は認められなかった。

第 4-1-2-1 表 ウワバミソウの挿し穂の雌雄性が生育に及ぼす影響
(鉢上げ当日：2015 年 7 月 22 日)

雌雄性	最大茎長 (cm)	最大根長 (cm)	茎葉新鮮重 (g/株)	根新鮮重 (g/株)
雌シュート	4.1	7.4	0.47	0.05
雄シュート	4.1	7.3	0.43	0.06
t検定	ns ^z	ns	ns	ns

^z nsは5%水準で有意差なしを示す

第 4-1-2-2 表 ウワバミソウの挿し穂の雌雄性が生育に及ぼす影響
(鉢上げ 75 日後：2015 年 10 月 5 日)

雌雄性	最大茎長 (cm)	節数 (節)	側枝数 (本/株)	総側枝長 (cm/株)
雌シュート	11.2	9.8	1.1	7.3
雄シュート	12.2	9.1	1.1	7.9
t検定	ns ^z	ns	ns	ns

^z nsは5%水準で有意差なしを示す

第 2 節 挿し穂採取本数の増加方法

第 4 章第 1 節ではウワバミソウの挿し芽時の条件と発根の関係を明らかにし、ウワバミソウは挿し芽により比較的容易に繁殖できることを明らかにした。ウワバミソウを挿し芽で繁殖する場合、挿し穂となるシュートを確保しなければならない。自生地株が豊富に有り、それを増殖する場合には挿し穂となるシュートを容易に採取することができる。しかしながら、第 1 章第 2 節のアンケート調査結果のように、県外から導入した株や特定の系統を増殖する場合では、挿し穂採取用の母株を育成するなどして、挿し穂用のシュートを確保する必要がある。そこで、挿し芽による効率的な増殖を行うための挿し穂採取本数の増加方法を検討した。

1. 主茎の切除が側枝と根茎の発達に及ぼす影響

頂芽優勢とその解除は、(1) 側芽形成、(2) 頂芽による側芽の成長抑制、(3) 頂芽の除去に伴う頂芽優勢の解除、(4) 側枝の発達の 4 段階で進行するので (Cline, 1997)、頂芽を含む主茎を切除 (摘心) すると、側枝の発達は促進される。トマト (小田ら, 2008) やピーマン (淨閑ら, 2014) では、栄養繁殖性品種の挿し穂採取本数の増加を目的とした摘心の効果が報告された。一方、主茎の切除は同化器官である地上部の損失につながる。地上部の損失が根茎発達に影響を及ぼすことは、ヒルガオの根茎で確かめられているが (伏見ら, 2000)、ウワバミソウに対する主茎切除の影響は調べられていない。第 2 章の調査結果のように、ウワバミソウは根茎で越冬し、春先に根茎休眠芽が萌芽して群落を維持していることから、主茎を切除することにより根茎の発達が抑制されると、自生地における群落維持に影響する可能性がある。そこで本実験では、主茎切除の有無と側枝および根茎発達の関係を調査した。

材料および方法

福井県大飯郡おおい町の自生地で 2013 年 10 月 20 日に珠芽を採取して、湿らせたパー

ミキュライトと混合してビニール袋に入れて 4℃で保管した。

2014年8月18日に珠芽を取り出し、ウレタン培地に置床して萌芽した植物体を、0.25単位の園試処方培養液で水耕した株から、2015年1月13日に天挿し用の挿し穂を採取し、挿し芽後25日目までは0.1単位、その後は0.25単位の培養液で水耕して挿し穂採取用の母株とした。この期間は、福井県立若狭東高等学校の閉鎖型培養室（気温 22℃，相対湿度 65～70%）で管理した。

2015年4月21日に母株から天挿し用の挿し穂を採取し、バーミキュライトを詰めた128穴セルトレイに挿し芽した。5月29日に鹿沼土と赤玉土を体積比で等量混合した鉢上げ用土を詰めた直径9cm黒プラスチックポットに鉢上げした。挿し芽直後から約80%の遮光ネットで遮光したガラス室（側窓を常時開放）で管理し、鉢上げ後から液肥（N：P₂O₅：K₂O=6：10：5%）を3,000倍に希釈して2週間に1回追肥した。

試験区の構成は挿し穂の採取を想定した切除有りおよび無し（対照）の2区として各区9株ずつ供試した。切除有り区では8月24日に主茎の頂部を先端から5cmの部位で切除した。

切除直前および42日後に主茎長および側枝数を調査した。地上部が枯れた切除172日後の2016年2月12日に根茎を掘りあげて洗浄し、細根を除去した後に根茎新鮮重、最大径および根茎に着生している芽数を調査した。

結果

主茎頂部を切除する直前には、両区の主茎長および側枝数に差は認められなかった（第4-2-1-1表）。しかし、切除42日後では、切除有り区の主茎長は、切除無し区と比べて短く、また、切除有り区の側枝数は、切除無し区と比べて少なかった。

切除172日後には、切除有り区の根茎新鮮重は、切除無し区に比べて軽かった（第4-2-1-2表，第4-2-1-1図）。また、切除有り区の着生芽数は、切除無し区に比べて少なかった。根茎最大径は、両区の間には差は認められなかった。

考察

カーネーションでは、下位から 4 節で摘心するより 8 節で摘心した方が採穂数は増加し、摘心位置を高めることで採穂数は多くなる（神田・林，1974）。リンゴ近縁種のマルス類では、摘心処理は各品種の分枝の発生と伸長を促し、採穂数を増加させた（曾良ら，1989）。このように、採穂数を増やす目的で摘心が行われているが、本実験では主茎を切除しても、切除 42 日後において側枝の発育は促進されなかった。第 2 章の自生地調査においても、主茎 1 本当たりの側枝数は、最多でも 2.9 本であった。このように、ウワバミソウでは側枝の発達はまだ旺盛ではないことから、主茎を切除しても側枝の発育は促進されなかったと考えられる。したがって、効率的に挿し芽繁殖を行い、挿し穂に用いるシュートを十分量確保するためには主茎切除以外の技術が必要であると考えられた。

根茎の大きさは、主茎頂部の切除により小さくなり、切除有り区の 42 日後の地上部の生育は、切除無し区と比べて抑制されていた。加納（1988）は、ダイコンの子葉 1 枚、本葉 3 枚および本葉 8 枚を摘葉して根重に及ぼす影響を調査したところ、対照区と比べて本葉 3 および 8 枚を摘葉すると根重は小さくなったが、子葉 1 枚を摘葉しても根重はあまり小さくならなかったと報告しており、その原因として本葉の分化・生長が速やかに行われたため子葉切除の影響が小さかったことを挙げ、摘葉する葉数が多いほど、また摘葉する時期が遅くなるほど葉枚数と葉重の増大に時間を要するため根重が小さくなったと考察した。ウワバミソウとダイコンでは貯蔵器官が異なるが、切除無しであっても切除当日～42 日後の期間の主茎長の伸長量は約 6 cm であったことからわかるように、ウワバミソウの地上部の生育速度は緩やかであり、本実験のように 8 月に切除を行った場合には切除無し区の株と同程度まで生育量が回復しなかったため、光合成産物の根茎への転流量が減少し根茎発達が抑制されたと推測される。

青葉ら（1960）は、ダリアを用いて 6 月 21 日～11 月 5 日まで 10 日ごとにすべての展開葉を摘葉して摘葉時期と塊根の肥大の関係を調査したところ、7 月以前の摘葉区では不定

根数は少なく根径はやや太く，9月中旬以降の摘葉区では根数には差が見られないが根径が細くなったと報告した．このように，本実験では8月に切り取りを行ったが，切り取り時期を変化させると根茎発達に及ぼす影響も変わる可能性があるため，主茎の切除時期と根茎発達の関係については，さらに検討を重ねる必要がある．

ウワバミソウの収穫は，1株に1～2本の茎を残すと翌年の収量が上がると記載されている（大沢，1986；栗田，1997）．茎を残す理由は根茎の発達を促すためであると推測されるが，茎を残さなかった場合には根茎発達が抑制され，翌年のシュートの発生量が減少すると考えられる．本実験では主茎の一部を切除したことで根茎発達は抑制されたことから，主茎の切除を伴う自生地における挿し穂の採取は，自生地株の根茎発達を抑制し，群落維持に影響を及ぼす可能性が示唆された．したがって，効率的な繁殖のためだけでなく自生地におけるウワバミソウの保全の観点からも挿し穂採取用母株を育成する必要があると考えられた．

摘要

ウワバミソウにおける主茎頂部の切除の有無と側枝および根茎発達の関係を調査した．試験区の構成は切除有り区および無し区（対照）の2区とし，8月24日に主茎の頂部を長さ5 cmで切り取った．切除有り区の切除42日後の主茎長および側枝数は，切除無し区と比べて抑制された．地上部が枯れた後である切除172日後に根茎を掘りあげたところ，切除有り区の根茎新鮮重および着生芽数は，切除無し区に比べて抑制された．

第 4-2-1-1 表 ウワバミソウの生育に及ぼす主茎切除の影響

切除の有無	切除直前		切除42日後	
	主茎長 (cm)	側枝数 (本/株)	主茎長 (cm)	側枝数 (本/株)
有り	9.2	3.1	10.7	3.3
無し	9.8	4.6	15.5	6.6
t検定	ns ^z	ns	*	**

^z ns, *および**はそれぞれ5%水準で有意差なし, 5%水準で有意差あり, 1%水準で有意差ありを示す

第 4-2-1-2 表 ウワバミソウの根茎発達に及ぼす主茎切除の影響 (切除 172 日後調査)

切除の有無	根茎新鮮重	根茎最大径	着生芽数
	(g/株)	(cm/株)	(個/株)
有り	1.35	2.2	8.7
無し	2.48	3.1	16.0
t検定	*	ns	*

^z nsおよび*はそれぞれ5%水準で有意差なし, 5%水準で有意差ありを示す



第 4-2-1-1 図 切除 172 日後に採取した根茎の様子
上段：切除無し区，下段：切除有り区

2. 水耕における挿し芽由来の母株の育成

第4章第2節1. では主茎を切除したところ、側枝の発達は促進されず、根茎発達が抑制されることを明らかにした。そのため、挿し穂採取のために大量のシュートを自生地から採取すると群落の維持・存続に影響する可能性があり、シュートの確保のためには自生地株に頼るのではなく、挿し穂採取用の母株を育成することが望ましいと考えられる。また、生育や栄養面などで特徴のある系統が育成された場合、挿し芽繁殖を行うことで遺伝的特性が同じ個体を得ることができるため、挿し穂採取本数の増加方法を明らかにすることは重要である。

白井・萩森（2004）は、ピーマンの挿し芽繁殖を前提として挿し穂採取用の母株を養液栽培と土耕で栽培した結果、挿し穂収量は養液栽培で多かったと報告した。また、谷川ら（2010）は、キクの母株を針葉樹の樹皮を培地に用いて養液栽培したところ、土耕と比較して挿し穂収量が多かったと報告した。このように、挿し穂の確保という観点からすると、母株の育成方法として土耕に比べ、養液栽培の優位性が示されている。

ウワバミソウの自生地の環境は照度が低く、土壌水分が豊富であることがよいため、将来的には閉鎖型植物工場での栽培も視野に入れて、養液栽培のひとつである水耕による挿し穂採取用母株の育成方法を検討した。

2. 1. 培養液濃度が挿し芽苗の初期生育に及ぼす影響

ウワバミソウと同じウワバミソウ属の植物であるヤマトキホコリの水耕において、園試処方培養液濃度と生育の関係を調べたところ、生育は標準および $1/2$ の濃度と比較して $1/4 \sim 1/6$ の濃度で優れたことが報告されている（黒田ら、2006）。しかし、ウワバミソウでは水耕の事例はなく、生育に適した培養液濃度は不明である。そこで本実験では、ウワバミソウの挿し芽苗の移植後の初期生育として活着期の生育に及ぼす培養液濃度の影響を調査した。

材料および方法

20℃恒温、白色蛍光灯で16時間日長、セルトレイおよび発泡ポリエチレンシート表面の照度を約3,000 lxとした福井県立若狭東高等学校の閉鎖型培養室で試験を実施した。プラスチックコンテナ（内側の大きさ；縦37.0 cm，横25.5 cm，高さ13.5 cm）を栽培槽に使用して湛液型非循環式水耕装置を作成し，水耕期間中には観賞魚用エアープンプで連続通気した。園試標準処方を基本として第4-2-2-1-1表のように培養液を作成し，濃度を0.25，0.5および1単位（それぞれEC約0.7，1.3および2.3 dS・m⁻¹）の3段階とし，1単位を対照とした。培養液の調整には水道水を使用し，0.1 NのHClおよびNaOHを用いてpHを5.8～6.2の範囲とした。2013年7月31日に福井県大飯郡の自生地で天挿し用の挿し穂を採取し，鹿沼土を充填した128穴セルトレイに挿し芽した。発根した挿し穂（移植直後の茎長1.1 cm，葉数2.1枚）を8月12日に取り出して根部を水道水で洗浄した後，各濃度の培養液を5 L入れた水耕装置に1コンテナ当たり6株ずつ，液面に浮かべた発泡ポリエチレンシートに10 cm間隔で挿し込み，移植した。各区2コンテナずつ合計12株ずつ供試した。移植10日後に培養液を全量交換し，その他の時期には培養液の補充は行わなかった。移植後7日ごとに主茎長および主茎の葉数を調査し，移植21日後には生存株数と葉身のうち先端部から1/4以上が褐変している葉を有している株（以下，葉先枯れ）を数えた。

結果

培養液濃度が1単位の場合では，移植21日後において，12株中5株で地上部全体が枯れ，残りの7株にはすべて葉先枯れの症状が認められた（第4-2-2-1-2表）。培養液濃度が0.5単位の場合では，全ての株が生存したが，そのうち8株には葉先枯れ症状が認められた。培養液濃度が0.25単位の場合では，全ての株が生存し，葉先枯れ症状は認められなかった。

培養液濃度が1単位の場合の主茎長は，移植7日後以降のすべての調査日において培養

液濃度 0.25 および 0.5 単位と比較して有意に短かった (第 4-2-2-1-1 図 A). 培養液濃度 0.25 および 0.5 単位の主茎長は, いずれの調査日においてもほぼ等しく, 有意な差は認められなかった.

培養液濃度が 1 単位の場合では, 移植後に落葉が認められたことにより, 移植 7 日後から 14 日後にかけて葉数は減少した (第 4-2-2-1-1 図 B). その後, 新葉の展開が始まったことから移植 21 日後には葉数は増加に転じたが, 移植 7 日後以後のすべての調査日において培養液濃度が 1 単位の場合の葉数は, 0.25 および 0.5 単位と比較して有意に少なかった. 培養液濃度が 0.25 および 0.5 単位の葉数は, 移植後ほぼ同様に増加し, 各いずれの調査日においても両区の間には有意な差は認められなかった.

考察

本実験における 0.25, 0.5 および 1 単位の培養液の EC はそれぞれ約 0.7, 1.3 および 2.3 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ であり, 濃度が 0.5 単位以上では濃度障害と考えられる葉先枯れなどの症状が観察された. すなわち, 濃度が 1 単位の場合では, 落葉による葉数の減少および主茎の伸長抑制のため地上部の生育は 0.25 および 0.5 単位と比較して劣り, 12 株中 5 株が枯死した. 濃度 0.5 単位の場合には, 枯死株は認められなかったが, 葉身の先端部が枯れる葉先枯れの症状が認められた. さらに, 本実験では挿し芽 12 日後の挿し芽苗を水耕したが, 培養液濃度が 0.25 単位の地上部の生育は, 0.5 単位と比較して同等であり, 1 単位と比較して優れた. 葉菜類であるサラダナ, レタスおよびチンゲンサイを水耕するときの育苗段階の培養液濃度は, 園試処方 of 1/2 濃度 (0.5 単位) とされ, その濃度の EC は 1.2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 程度であることから (青木, 1996), ウワバミソウの挿し芽苗を水耕するときの培養液の適正濃度は一般的な葉菜類の育苗時と比較して低濃度であると考えられた. 黒田ら (2006) は, ウワバミソウ属のヤマトキホコリを水耕し, 1/4~1/6 の濃度で生育が優れたと報告しており (黒田ら, 2006), 0.25 単位で生育が優れた本実験の結果と同様な傾向であった.

葉菜類の生育は, 窒素形態の影響を受け, NO_3 を窒素源とした場合セリは黄緑色となり,

NO₃とNH₄を1:1とするとNO₃単独と比較して多くの葉菜で生育が優れ、特にセリでは3~4割上回り、NH₄単独では多くの葉菜類でNO₃単独と比較して抑制されたが、セリおよびレタスは良好に生育した(池田・大沢, 1980)。本実験で用いた培養液は、硝酸態窒素とアンモニア態窒素を3:1で含有しており、ややアンモニア態窒素が多い組成であるが、予備試験において0.25単位培養液でウワバミソウを水耕すると硝酸態窒素とアンモニア態窒素を同程度に吸収することを確認している。しかしながら、培養液濃度が高くなるとアンモニア態窒素の濃度も高まるため、0.5および1単位培養液で認められた葉先枯れ、落葉および枯死はアンモニア障害によるものである可能性もあるため、窒素形態と生育の関係について確認が必要である。

以上の結果から、ウワバミソウの挿し芽苗を水耕する場合、好適培養液濃度は園試処方における0.25単位程度であると示唆された。

摘要

水耕したウワバミソウの挿し芽苗の生育に及ぼす培養液濃度の影響を調査した。濃度を0.25, 0.5および1単位とした園試処方培養液に、発根したウワバミソウの挿し穂を移植して水耕した。濃度が0.5および1単位では枯死や葉先枯れが認められたが、0.25単位の濃度では枯死や葉先枯れは観察されず、生育が優れた。

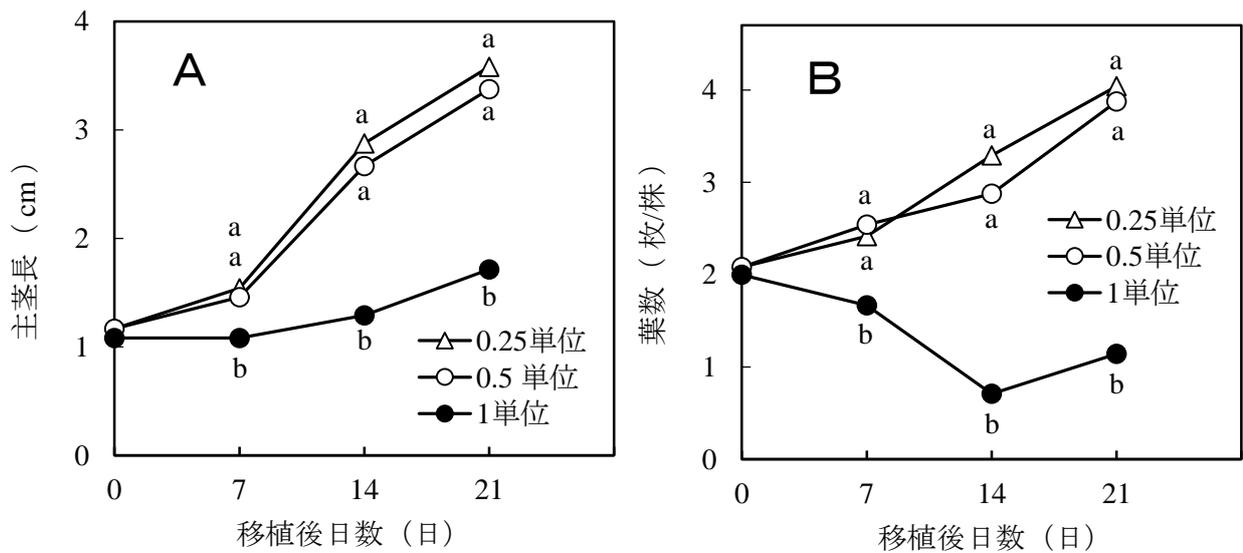
第 4-2-2-1-1 表 培養液の組成（園試処方 1 単位）

試薬名	用いる試薬量 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
硝酸カリウム	810
過リン酸石灰	580
硫酸マグネシウム	500
硝酸アンモニウム	320
硫酸第一鉄	15
ホウ酸	3
硫酸マンガン	2
硫酸亜鉛	0.22
硫酸銅	0.05
モリブデン酸ナトリウム	0.02

第 4-2-2-1-2 表 培養液濃度がウワバミソウの挿し芽苗の生存株数
および葉先枯れ株数に及ぼす影響（移植 21 日後）

培養液濃度	供試株数	生存株数	葉先枯れ株数 ^z
0.25単位	12	12	0
0.5単位	12	12	8
1単位	12	7	7

^z 生存株の中で、葉先枯れの症状が見られた株数



第 4-2-2-1-1 図 培養液濃度がウワバミソウの挿し芽苗の主茎長 (A) および主茎の葉数 (B) に及ぼす影響
各調査日における異なる文字間には, Tukey-Kramer 法で 5% レベルで有意差あり

2. 2. 水挿し時の培養液濃度と挿し穂の発根および定植後の生育の関係

挿し芽では、挿し穂をパーミキュライトや鹿沼土、ロックウールなどを培地にすることが多く、第4章第2節2.1.では鹿沼土に挿し芽した苗の根部を洗浄して水耕した。しかしながら、育苗後に水耕する場合、挿し芽苗の根部に付着した培地を取り除かなければならないため、培地を除去するための労力が発生し、根部の傷みも生じやすい。並木ら(1977)はトマトにおいて水挿しによる挿し芽苗の育成方法を報告し、水耕で育苗する利点として移植の際に根に付着した土や砂を洗い落とす必要がない、鉢上げが簡単になる、培養液中で発根できるので生育の遅れが少ないなどを挙げた。

一般的に、挿し床は肥料を含まない方が良いとされている。しかしながら、岩腰ら(2003)は、人工光型湛液育苗装置を利用して大玉トマトの挿し穂を水、または大塚 A 処方培養液 0.1, 0.5 および 1 単位培養液に挿したところ、0.5 単位以上では根の伸長抑制や挿し穂の腐敗が認められたが、0.1 単位では根の生育が優れたと報告した。畑ら(2009)は、レンギョウの当年枝を挿し穂としてロックウールキューブに挿し、水道水、大塚 A 処方 0.1 および 1 単位培養液を 1 日に 1 回与えたところ、根の生育は水道水と比較して 1 単位培養液では阻害され、0.1 単位培養液では促進される傾向であったと報告した。山口・近藤(2010)は、チャをピートモス・砂混合用土に挿し木して発根後から標準および 2 倍濃度の培養液を与えて育苗したところ、2 倍濃度で地下部重が増え、生育の優れた苗を得ることができたと報告した。西尾ら(1994)は、キクの挿し穂を窒素施肥量 $0\sim 90\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ とした培地を詰めたセルトレイに挿したところ、根の生育は 60 mg で優れたと報告した。このように、低濃度培養液あるいは低窒素濃度が挿し穂の根の生育を促進することが示されている。また、古川(1961)は、ドロノキの挿し穂を純水および培養液に水挿ししたところ、生育は純水と比べて培養液で優れたとともに、培養液が発根を妨げることはないと報告した。

そこで本実験では、水耕を前提として、ウラボミソウを水挿しする際の培養液濃度と挿し穂の発根および生育の関係を調査した。

材料および方法

2014年5月17日に福井県大飯郡おおい町の自生地で挿し穂を採取し、茎長約5 cm、葉数2~3枚に調整した。挿し穂の基部は約45度の角度に、長い葉は葉身を約3 cm残して切断した。挿し穂を1時間吸水させた後、プラスチックコンテナに後述の濃度の培養液を5 Lずつ入れて発泡ポリエチレンシートを浮かべ、2.5 cm間隔で挿し穂を挿した。培養液濃度は0, 0.1 および0.25 単位の3段階とし、1試験区当たり33本の挿し穂を供した。挿し芽後、挿し穂周辺の相対湿度を高める目的でコンテナ上部を食品用包装フィルムで覆い、挿し芽10日後に除去した。発泡ポリエチレンシート表面での照度は、挿し芽当日~10日後までは挿し穂の萎凋を抑えるために約100 lxとし、挿し芽10日後~実験終了までは約3,000 lxとした。育苗期間中に培養液の交換は行わず、減少分は水道水を補給した。なお、本実験では挿し芽~定植(挿し芽28日後)までの期間を育苗と定義した。その他の試験環境および培養液の処方第4章第2節2.1.と同様とした。

挿し芽28日後の6月14日に発根した挿し穂(挿し芽苗)の最下位葉の直下の茎をウレタンキューブで挟み込み、培養液面に浮かべた発泡ポリエチレンシートに株間10 cm、条間5 cmで苗を差し込み、1コンテナ当たり9株ずつ、各区18株ずつ定植した。育苗期間中の培養液濃度に関わらず、定植時の培養液濃度は第4章第2節2.1.の実験結果から0.25単位で統一した。定植後の培養液量は1コンテナ当たり3 Lとして栽培中の減少分は水道水を補給し、10日ごとに培養液を全量交換した。

挿し芽後、発根した挿し穂の数を1日に1回調査して発根率を算出した。なお、挿し穂から不定根の発生を目視できた段階を発根と定義した。定植当日に最大根長を、定植当日から7日ごとに主茎長および節数を調査した。定植当日および45日後にそれぞれ10株および18株の茎葉および根の新鮮重を測定した。茎葉の測定ではウレタンキューブより上の茎葉、根の測定では不定根を調査対象とした。根の測定では、根をペーパータオルで挟み30分間置いた後に新鮮重を測定した。

結果

すべての培養液濃度において、発根率の推移はほぼ同じであり、挿し芽 7 日後に挿し穂の発根が始まり、挿し芽 9 日後に発根率は 100%に達した（第 4-2-2-2-1 図）。

定植当日および定植 45 日後の茎葉新鮮重は、0 単位と比較して 0.1 および 0.25 単位で有意に重かった（第 4-2-2-2-1 表）。定植当日の根新鮮重は、0 および 0.1 単位では両区間には有意な差は認められなかったが、0.25 単位では 0 および 0.1 単位と比較して有意に軽かった。定植 45 日後の根新鮮重は、0 単位と比較して 0.1 および 0.25 単位で有意に重かった。

主茎長は、定植 0~42 日後のすべての調査日において 0 単位と比較して 0.1 および 0.25 単位で有意に長かった（第 4-2-2-2-2 図 A）。

節数は、定植から 14 日後まで各区に有意な差は認められなかったが、0 単位と比較して 0.1 単位では定植 21 日後以降、0.25 単位では定植 42 日後で有意に多くなった（第 4-2-2-2-2 図 B）。

考察

(1) 育苗中（挿し芽～定植当日まで）の生育

水挿し時の培養液濃度を 0, 0.1 および 0.25 単位の 3 段階としたが、各培養液濃度での挿し穂の発根率の推移は、ほぼ同じであった。したがって、本実験の範囲内では水挿し時の培養液濃度はウワバミソウの挿し穂の発根に影響しないと考えられた。

定植当日（挿し芽 28 日後）調査で 0.25 単位の根の生育は、0 および 0.1 単位と比較して抑制されていた。大玉トマトでは無肥料と比べて大塚 A 処方 0.5 単位培養液で根の伸長抑制や挿し穂の腐敗が認められた（岩腰ら, 2003）。レンギョウの挿し穂に大塚 A 処方 1 単位培養液を与えたところ、根の生育は水道水と比べて阻害された（畑ら, 2009）。このように閾値は異なるが、培養液濃度が高まると挿し穂から発根した根の生育は阻害されることが報告されている。したがって、0.25 単位培養液による根の生育抑制は、培養液濃度が高

いことが原因と考えられた。

大玉トマト（岩腰ら，2003）およびレンギョウ（畑ら，2009）では 0.1 単位培養液で育苗中の根の生育が優れたと報告されているが，定植当日調査で 0 単位と 0.1 単位の間で根新鮮重に有意差はなかった。したがって，本実験の条件では，低濃度培養液がウワバミソウの根の生育を促進する効果については確認できなかった。

定植当日（挿し芽 28 日後）の地上部の生育は，0 単位と比較して 0.1 および 0.25 単位で優れ，根の生育と異なる傾向を示した。古川（1961）は，ドロノキを純水および培養液に水挿しし，その後の挿し穂内の N，P および K 量を調べたところ，培養液に水挿しした場合で N，P および K の量が多く，その理由として葉，根などの成長に消費された量が培養液から補給されたためと思われると報告した。本実験においても，0.1 および 0.25 単位では培養液には養分が含まれており，植物体は養分を補給できるため地上部の生育が促進されたと推測される。

（2）定植後の生育

0.25 単位の根の生育は，定植当日では 0 および 0.1 単位と比較して抑制されていたが，定植 45 日後では 0 単位と比較して優れ 0.1 単位と同等となったことから，定植後に急速に生育が促進されたと考えられる。また，0.1 単位と 0.25 単位の定植後の地上部の生育の推移は，ほぼ同じであり，0 単位と比較して常に優れた。したがって，定植後の生育は 0.1 および 0.25 単位の培養液に水挿しすることで促進できると考えられた。

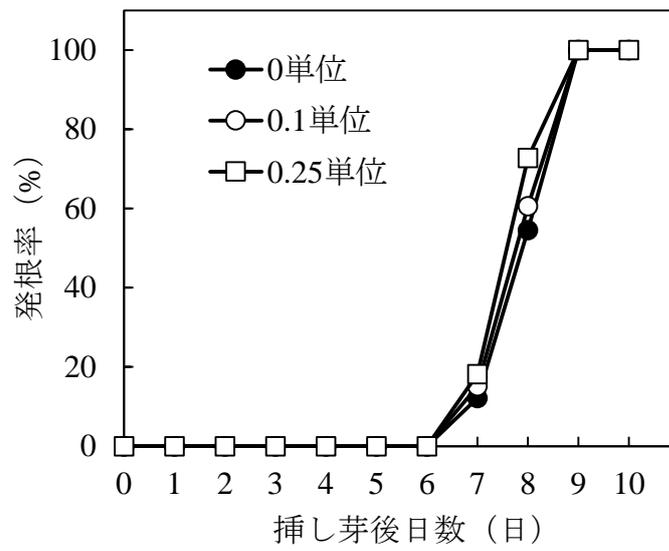
トマトの NFT において，EC が 1.2，1.8 および 3.0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ の培養液を用いて培養液濃度と濃度を変化させる時期を組み合わせ栽培したところ，上段果房の収量，品質を確保し，根の活性を高く維持するためには，培養液濃度を徐々に上昇させる管理が望ましいと報告されている（北条ら，1996）。このように，生育に適した培養液濃度は生育段階により異なることが示されている。0.1 単位と 0.25 単位の生育を比較すると，育苗中の影響を表している定植当日では 0.25 単位で根の生育抑制が認められたが，定植 45 日後では両区の生育に有意な差は認められなくなった。したがって，ウワバミソウにおいても生育段階が進む

ことで生育に適した培養液濃度が高くなる可能性が示唆されたが、本実験の定植後の培養液濃度の設定は 0.25 単位であることから、定植後の好適な培養液濃度については 0.25 単位以外の濃度の培養液も含めた検討が必要である。

以上のように、実験終了時において 0.1 単位と 0.25 単位の生育量は同等であり 0 単位と比較して優れたが、定植当日において 0.25 単位では根の生育抑制が認められたこと、また 0.1 単位培養液と比べて 0.25 単位の培養液では肥料を多く必要とすることから、0.25 単位培養液に水挿しする利点は認められなかった。したがって、本実験の範囲内では、水挿しに用いる培養液濃度は 0.1 単位が適していると考えられた。

摘要

ウラボミソウを用いて、水挿し時の培養液濃度と挿し穂の発根および生育の関係を調査した。挿し穂の発根率の推移は、水挿し時に 0.1～0.25 単位の培養液を用いても 0 単位と比較して同等以上であった。0.1 単位の培養液で水挿しして育成した挿し芽苗は、0 単位と比較して、定植時の地上部が大きく、定植後の生育も優れた。0.25 単位の培養液に水挿しして育成した挿し芽苗の定植時の根新鮮重は、0 および 0.1 単位と比較して軽かった。

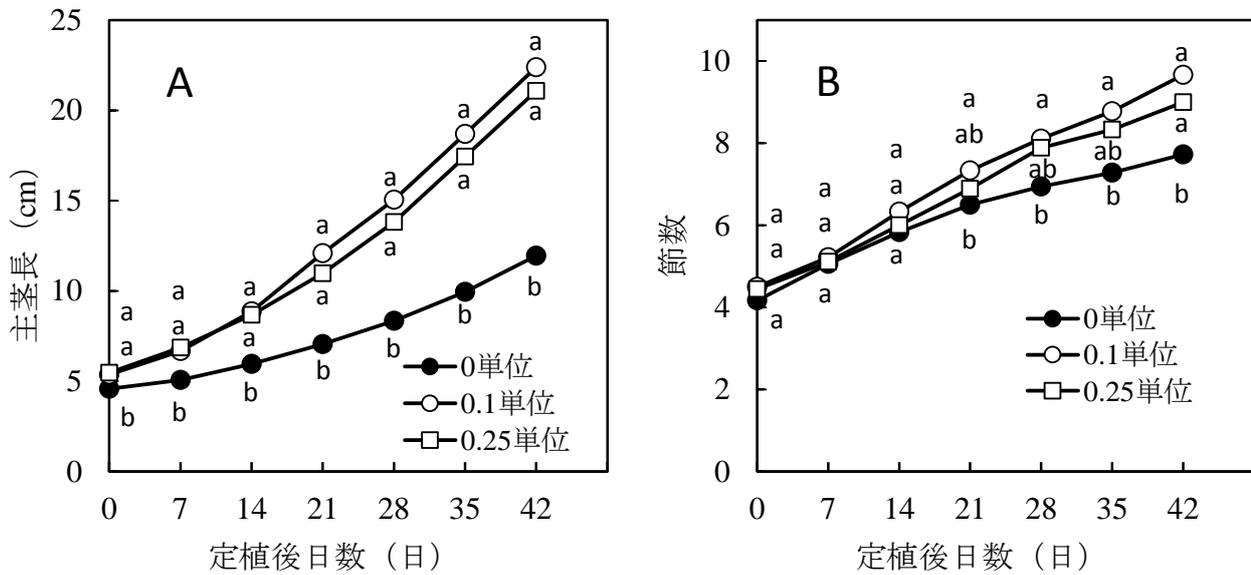


第 4-2-2-2-1 図 ウラバミソウの挿し穂の発根率に及ぼす水挿し時の培養液濃度の影響

第4-2-2-2-1表 水挿し時の培養液濃度がウワバミソウの挿し芽苗の定植後の茎葉および根新鮮重に及ぼす影響

試験区	茎葉新鮮重 (g/株)		根新鮮重 (g/株)	
	定植当日	定植45日後	定植当日	定植45日後
0単位	0.41 b ^z	1.60 b	0.24 a	0.66 b
0.1単位	0.64 a	4.37 a	0.27 a	1.64 a
0.25単位	0.56 a	3.95 a	0.12 b	1.48 a

^zTukey法により同一列の異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり



第4-2-2-2-2図 水挿し時の培養液濃度がウワバミソウの挿し芽苗の定植後の主茎長 (A) および節数 (B) に及ぼす影響
 図中のアルファベットは Tukey 法により同一日の異なる文字間に5%水準で有意差ありを示す

2. 3. 異なる培養液濃度に水挿しした苗の成長解析

第4章第2節2.2.の実験では、水挿しを行う際に0.1単位の培養液を用いることで育苗中および定植後の生育が促進されたが、定植後の生育差が育苗中の生育差に起因するか、定植後の影響も加わったものなのかは不明である。そこで、成長解析によって水挿し時の培養液濃度がその後の生育に及ぼす影響を調べた。

材料および方法

2013年10月20日に福井県大飯郡おおい町の自生地で珠芽を採取して、湿らせたバーミキュライトと混合してビニール袋に入れて4℃で貯蔵した。2014年8月18日に珠芽を取り出し、0.25単位の培養液で水耕して挿し穂採取用の母株を育成した。

2015年1月13日に母株から天挿し用の挿し穂を採取した。プラスチックコンテナに0および0.1単位の培養液を5Lずつ入れて挿し芽した。試験区の構成は挿し芽時の培養液濃度を0および0.1単位として育苗終了（挿し芽25日後）まで同じ培養液で管理する0および0.1単位と、挿し芽時の培養液濃度を0単位として挿し芽14日後に培養液濃度を0.1単位に変更して管理する0/0.1単位の3区とし、1試験区当たり33本の挿し穂を供した。0/0.1単位では処理のために挿し芽14日後に培養液を交換したが、その他の区では育苗期間中に培養液の交換は行わず減少分は水道水を補給した。挿し芽後、挿し穂周辺の相対湿度を高める目的でコンテナ上部を食品用包装フィルムで覆い、挿し芽15日後に除去した。発泡ポリエチレンシート表面での照度は、挿し芽当日～7日後までは約100lx、挿し芽7日後～実験終了（定植14日後）まで約3,000lxとした。

挿し芽25日後の2月7日に挿し芽苗を株間5cm、条間5cmで、1コンテナ当たり18株ずつ、各区18株ずつ定植した。育苗期間中の培養液濃度にかかわらず、定植時の培養液濃度は0.25単位で統一し、培養液量は1コンテナ当たり5Lとした。栽培中の培養液の減少分は水道水を補給し、定植10日後に培養液を全量交換した。その他の試験条件は第4章第2節2.1.と同様とした。

挿し芽後、発根した挿し穂の数を 1 日に 1 回、挿し芽 10 日後まで調査して発根率を算出した。なお、0/0.1 単位区は、発根率の調査期間中の培養液濃度が 0 単位であるため、発根率のデータは 0 単位区と統合した。葉、茎および根の乾物重、葉面積、葉数および最大根長を挿し芽当日、定植時、定植 7 および 14 日後に各区 8 株ずつ調査した。葉および根の乾物重測定ではそれぞれ着生している葉および不定根を調査対象とした。茎の乾物重測定では地上部だけでなくウレタンキューブより下の不定根を除去した部分を含めて調査対象とした。乾物重は、乾燥器 (MOV-202, 三洋電機 (株)) を使用して 85°C で 48 時間乾燥させた後に測定した。葉身を一定面積のスケールとともに複写後、複写された葉身とスケール部分を切り抜き、それぞれの紙の重さの比から算出した葉面積と葉身長と幅の積の関係を求めたところ、両間には第 4-2-2-3-1 図に示すような高い正の相関 ($r=0.977$) が認められた。そこで、葉身長と葉幅の測定値を第 4-2-2-3-1 図の回帰式に代入して葉面積を計算した。全乾物重と葉面積の平均をもとにして、劉ら (2008) の式によって相対成長率 (RGR)、葉面積比 (LAR) および純同化率 (NAR) を算出した。さらに、育苗中および定植後 14 日間の葉、茎および根の乾物増加量の平均をもとに乾物分配率を算出した。

結果

0 および 0.1 単位の培養液濃度において、発根率の推移はほぼ同じであり、挿し芽 3 日後に挿し穂からの発根が始まり、挿し芽 8 日後に発根率は 100% に達した (第 4-2-2-3-2 図)。

定植当日 (挿し芽 25 日後) の葉乾物重は、0 単位と比較して、0/0.1 および 0.1 単位で有意に重かった (第 4-2-2-3-3 図 A)。定植 7 および 14 日後 (それぞれ挿し芽 32 および 39 日後) の葉乾物重は、0 単位と比較して 0/0.1 単位では有意な差は認められなかったが、0.1 単位では有意に重かった。

定植当日の茎乾物重は、0 単位と比較して、0/0.1 単位では有意な差は認められなかったが、0.1 単位では有意に重かった (第 4-2-2-3-3 図 B)。定植 7 および 14 日後の茎乾

物重は、0 および 0/0.1 単位と比較して 0.1 単位で有意に重かった。

根乾物重は、定植当日および定植 7 日後では各区間に有意な差は認められなかったが、定植 14 日後では 0 単位と比較して 0.1 単位で有意に重かった（第 4-2-2-3-3 図 C）。

葉面積は、すべての調査日において 0 単位と比較して 0.1 で有意に大きかった。0/0.1 単位の葉面積は、0 単位と比較して定植 7 日後では有意に大きかったが、定植当日および定植 14 日後では有意な差は認められなかった（第 4-2-2-3-3 図 D）。

RGR は、育苗中では 0 単位と比較して 0/0.1 および 0.1 単位で高い傾向であったが、定植 0~14 日後では 0.072~0.079 の範囲ではっきりした傾向は認められなかった（第 4-2-2-3-1 表）。LAR は、試験期間中をとおして、いずれの試験区間においても処理間にはっきりした傾向は認められなかった。NAR は、育苗中では 0 単位と比較して 0.1 および 0/0.1 単位で高い傾向であったが、定植 0~14 日後では 0/0.1 単位で低くなる傾向であった。

育苗中の葉に対する乾物分配率は、0 単位と比較して、0/0.1 および 0.1 単位で高い傾向があった（第 4-2-2-3-2 表）。茎に対する乾物分配率は、葉とは逆に 0 単位でやや高くなる傾向があった。根に対する乾物分配率は、0 単位と比較して、0/0.1 および 0.1 単位で低い傾向であった。定植 0~14 日後の乾物分配率は、いずれの試験区間においてもはっきりした傾向は認められなかった。

考察

培養液濃度を 0 および 0.1 単位として水挿ししたが、第 4 章第 2 節 2. 2. の結果と同様に発根率の推移はほぼ同じであったことから、本実験の範囲内では水挿し時の培養液濃度はウワバミソウの挿し穂の発根に影響しないと考えられた。

育苗中の成長解析の結果では、0/0.1 および 0.1 単位の RGR は、0 単位と比較して高い数値を示したが、これは NAR の上昇に起因するものであった。光合成速度は施肥により高まることから、0.1 単位培養液を用いることで、0 単位と比較して挿し穂の光合成速度が高まったと推測される。また、加藤・鐘（1987）は、トマト、ナスおよびピーマンの実生苗

を用いて培養液濃度を 1/2, 1, 2 および 4 倍として砂耕した結果, 培養液濃度が高まるにつれて葉への乾物分配が上昇し, 根への分配は低下したと報告した. 池ら (1991) は, トマトの実生苗を用いて培養液濃度を 1/4, 1, 2, 4 および 8 倍として水耕した結果, 培養液濃度が増加するほど地下部への乾物分配率は低下し, 地上部への乾物分配率は上昇したと報告した. 育苗中の地上部 (葉と茎の合計) への乾物分配率は, 0 単位では約 71%であったのに対して, 0/0.1 単位では約 83%, 0.1 単位では約 85%と高く, 0/0.1 および 0.1 単位では 0 単位と比較して葉への乾物分配率が上昇し, 根への乾物分配率が低下した. このように, 植物種や栽培条件が異なるが, 培養液濃度と乾物分配率の関係は, ナス科野菜の実生苗と同じ傾向を示した. 以上のように, 培養液濃度を高めることで地上部の生育が優れた要因は, 地上部への乾物分配率の上昇および NAR の上昇が認められ, LAR に各区に大きな差がなかったことから, 光合成など葉の生理学的特性によるものであると考えられた.

定植 0~14 日後では, 0/0.1 および 0.1 単位の NAR は, 0 単位と比較してやや低くなる傾向が認められた. 定植 14 日後の根乾物重は, 0 単位と比較して 0.1 単位では有意に重く, 0/0.1 単位では有意な差は認められないものの重い傾向があり, 0/0.1 および 0.1 単位の根への乾物分配率は 0 単位と比較して高くなる傾向があった. したがって, NAR が低下した要因の 1 つとして, 根量の増大に伴う呼吸量の増加が考えられるが, 要因解明のために詳細な研究が必要である.

水挿し時の培養液濃度と RGR および NAR の関係は, 育苗中と定植後で異なる傾向であった. これは, 育苗中では 0 単位の培養液中には肥料成分がないため, 0.1 単位と比較して NAR が低下して RGR が低くなったこと, 定植後では全区で 0.25 単位培養液に定植したため 0 単位であっても肥料成分が供給され NAR が上昇したことに起因すると推測される.

以上のことから, 本実験の範囲内では, 0.1 単位培養液に水挿しすることで生育が促進された要因は, 育苗中の NAR の上昇によるものと考えられた.

摘要

ウラボミソウを用いて、水挿し時の培養液濃度と生育の関係について生長解析を行った。

0.1 単位の培養液に水挿しした挿し芽苗の定植時の大きさは、0 単位区と比較して優れた。

0.1 単位区の育苗中の相対成長率 (RGR) は 0 単位区と比較して高く、その要因は純同化率

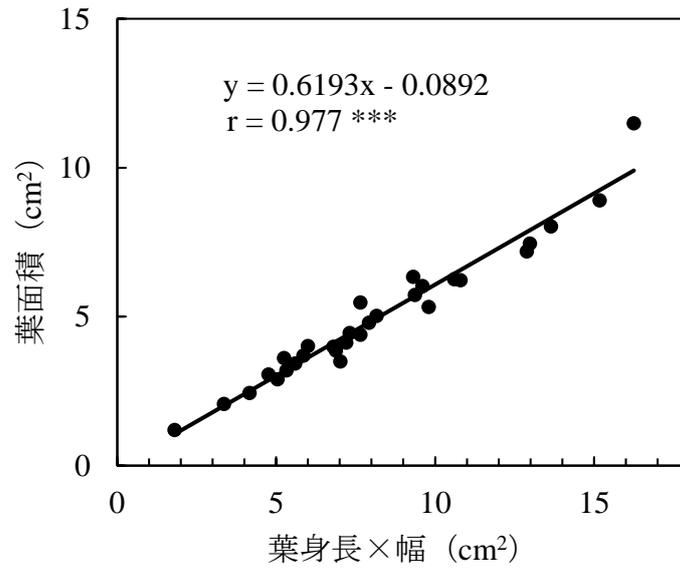
(NAR) の上昇によるものであった。定植 14 日後においても 0.1 単位区の地上部および地

下部の大きさは、0 単位と比較して大きかったが、定植 0~14 日後の 0.1 単位区の RGR お

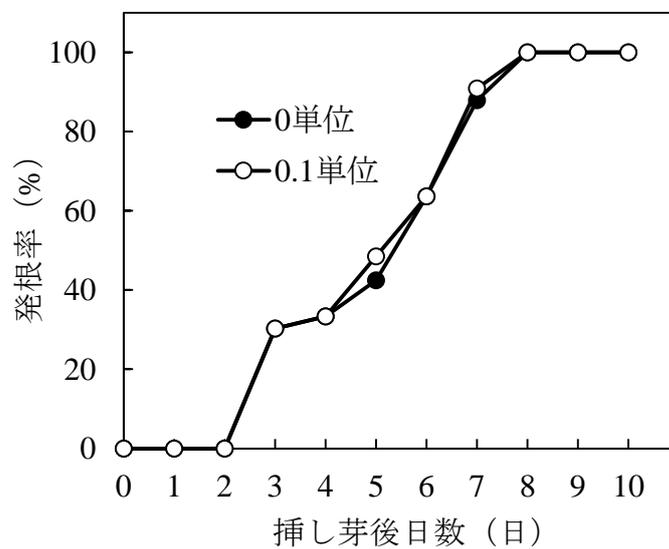
よび NAR は 0 単位と比較して高くなる傾向は認められなかった。したがって、0.1 単位培

養液に水挿しすることで生育が促進された要因は、育苗中の NAR の上昇によるものと考え

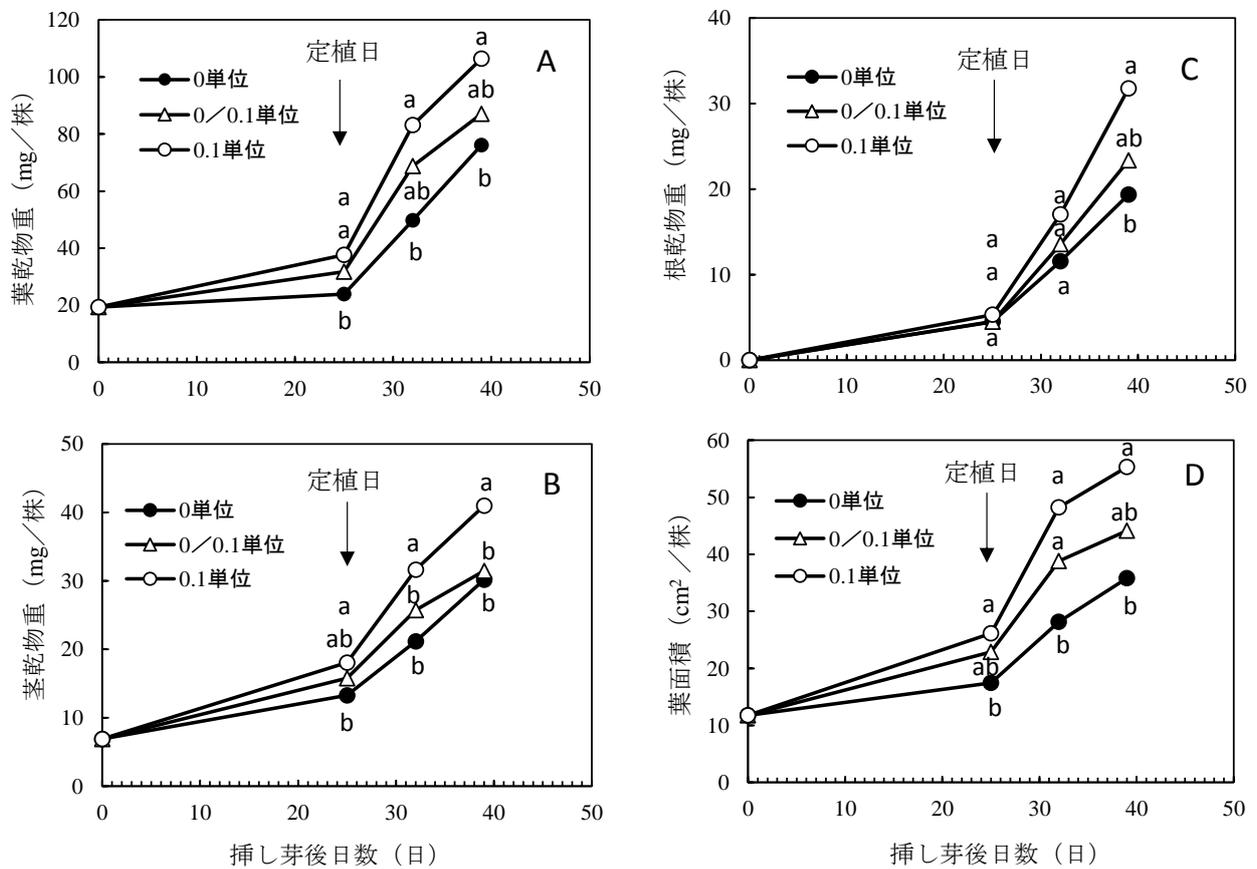
えられた。



第 4-2-2-3-1 図 ウワバミソウの葉面積と葉身長と幅の積の相関
***は 0.1%水準で有意なことを示す (n=30)



第 4-2-2-3-2 図 ウワバミソウの挿し穂の発根率に及ぼす水挿し時の培養液濃度の影響



第 4-2-2-3-3 図 水挿し時の培養液濃度がウバミソウの挿し芽苗の定植後の葉乾物重 (A), 茎乾物重 (B), 根乾物重 (C) および葉面積 (D) に及ぼす影響

図中のアルファベットは Tukey 法により同一日の異なる文字間に 5%水準で有意差ありを示す

第 4-2-2-3-1 表 水挿し時の培養液濃度がウワバミソウの挿し芽苗の RGR, LAR および NAR に及ぼす影響

培養液濃度	RGR ^z (mg·mg ⁻¹ ·day ⁻¹)		LAR ^y (cm ² ·mg ⁻¹)		NAR ^x (mg·cm ⁻² ·day ⁻¹)	
	育苗中	定植0-14日後	育苗中	定植0-14日後	育苗中	定植0-14日後
0単位	0.019	0.079	0.432	0.335	0.043	0.235
0/0.1単位	0.027	0.072	0.444	0.361	0.062	0.198
0.1単位	0.034	0.077	0.437	0.355	0.077	0.217

^{z, y, x} RGRは相対成長率, LARは葉面積比, NARは純同化率を示す

第 4-2-2-3-2 表 水挿し時の培養液濃度がウワバミソウの挿し芽苗の乾物分配率に及ぼす影響

培養液濃度	乾物分配率 ^z (%)					
	育苗中			定植0-14日後		
	葉	茎	根	葉	茎	根
0単位	29.6	41.2	29.2	62.2	20.1	17.7
0/0.1単位	48.1	34.4	17.5	61.5	17.5	21.0
0.1単位	52.6	32.2	15.3	58.2	19.4	22.4

^z 育苗中あるいは定植0-14日後の各器官の乾物増加量÷全乾物増加量×100で算出した

2. 4. 水耕により育成した母株からの挿し穂採取本数

第4章2節2. 1. ~2. 3. の結果から、ウラボミソウの挿し穂を用いて水挿しにより苗を育成して、水耕により栽培できることが明らかとなった。これらの知見を活かすことで閉鎖型培養室において水耕により挿し穂採取用の母株を育成することが可能となった。しかしながら、挿し穂採取本数の観点から慣行栽培と比較して有利となるのかは不明である。そこで、閉鎖型培養室での水耕と慣行のガラス室での土耕の由来の異なる挿し芽苗の母株を育成して挿し穂の採取本数を比較することで、閉鎖型環境での母株育成が有利となるのか検討した。

材料および方法

2015年5月30日に福井県大飯郡おおい町の自生地で挿し穂用の茎葉部を採取した。6月1日に茎長約5cm、上位1葉を残し、長い葉は約3cmの長さで切断して挿し穂を調整し、挿し芽した。試験区の構成は、閉鎖型培養室で水耕を行う水耕区とガラス室内でバーミキュライトを培地に液肥を施用する慣行区の2区とした。

水耕区は、福井県立若狭東高等学校の閉鎖型培養室で実施した。水耕装置に発泡ポリエチレンシートを浮かべ、6月1日に2.5×5cm間隔で水挿しし、7月4日に10cm間隔で移植した。培養液濃度は、育苗期間中である6月1日~7月4日まで0.1単位として、7月4日以降は0.25単位とした。培養液量は1コンテナ当たり5Lとし、育苗期間中は減少分を水道水で補充し、7月4日以降は減少分を水道水で補充し、約10日に1回全量交換した。6月1~15日には、挿し穂周辺の相対湿度を高める目的でプラスチックコンテナ上部を食品包装用フィルムで覆った。定植パネル表面の照度は6月1~11日には約100 lx、6月11日以降では約3,000 lxで管理した。その他の試験条件は、第4章第2節2. 1. と同様とした。

慣行区は、同校のガラス室内に設けた80%の遮光カーテンで被覆した網室で試験を実施した。6月1日にバーミキュライトを充填した200穴セルトレイに挿し芽し、7月23日に

バーミキュライトを充填した 9 cm 黒プラスチックポットに鉢上げした。7 月 4 日から 1 週間に 1 回、液肥 (N : P₂O₅ : K₂O=6 : 10 : 5%) を 3,000 倍に希釈して与えた。

両区ともに 8 株を調査対象として、挿し芽 12 週間後の 8 月 24 日から約 2 週ごとに挿し穂をサンプリングした。採取基準は、茎長 5 cm 以上の天挿し用の挿し穂を調整することを想定し、茎頂を含む長さ 5 cm で茎を採取した。

結果

初回の挿し穂採取日である 8 月 24 日の 1 株当たりの挿し穂採取本数は、水耕区では 2.6 本、慣行区では 0.4 本であり、慣行区と比較して水耕区で有意に多かった (第 4-2-2-4-1 図)。2 回目以後の調査日においても、水耕区の挿し穂採取本数は 1.6~2.3 本、慣行区では 0.1~0.6 本であり、いずれの調査日においても慣行区と比較して水耕区で多かった。調査終了となる 10 月 5 日 (挿し穂採取開始 6 週間後) における挿し穂採取総本数は、水耕区では 8.1 本であったが、慣行区では 1.5 本であった。

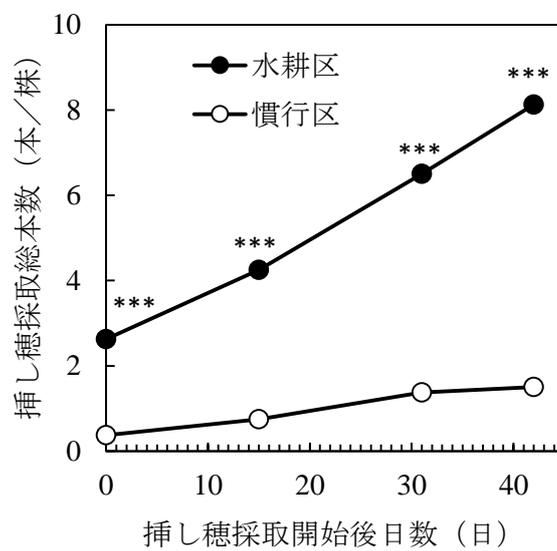
考察

母株 1 株当たりの 6 週間の挿し穂採取総本数は、水耕区では 8.1 本であり慣行区の約 5.4 倍に達した。水耕区の 6 月 11 日以降の照度は約 3,000 lx であり、富山県内のウワバミソウ自生地における 10 月の晴天の 13 時頃の照度 (約 2,400 lx) に相当した (中井, 1996)。慣行区の照度は、80% の遮光カーテンで被覆したため時間や天候により異なるが、松本 (2004a) が生育に適していると報告した相対照度 20% の環境であるため、問題はないと考えられる。気温については、水耕区は閉鎖型培養室内であるため約 20°C で管理可能であった。一方、慣行区ではガラス室内の網室で成りゆきであったため、真夏には林床に比べ、かなり高温になったと推測される。ウワバミソウの生育適温は明らかにされていないが、閉鎖型培養室の環境はガラス室内の網室に比べ、生育に適した気温であったと考えられる。土耕と水耕での挿し穂収量について、養液栽培で親株を育成することで、土耕と比較してキクの挿

し穂収量が約 2 倍に増加したという報告がある (谷川ら, 2010). ピーマンにおいても側芽の大量生産のための母株育成法としては, 水耕の方が土耕より優れており, その原因として水耕の方が根域の水ポテンシャルが高く, 多くの水を吸収できるので旺盛な生長が継続することが挙げられている (白井・萩森, 2004). 本実験では閉鎖型環境での水耕区とガラス室での土耕について比較したが, 今後は閉鎖型環境での土耕や温室での水耕など, 母株の育成条件を揃えた実験を実施し, 挿し穂採取本数が慣行区と比較して増加した要因を明らかにする必要がある. 以上のように, ウワバミソウでは慣行の栽培法で得られる挿し穂本数は少ないが, 気温など環境を調節した中で水耕により母株を育成することで, 挿し穂の採取本数を増加させることが可能であった.

摘要

閉鎖型環境での水耕 (水耕区) による母株育成が, ガラス室内の網室でのバーミキュライト培地での母株育成 (慣行区) と比較し, 挿し穂採取本数で有利となるのかを明らかにするために, 両方法により挿し芽苗由来の母株を育成した. 挿し穂採取を行った 6 週間において, 挿し穂採取総本数は, 慣行区では 1.5 本に留まったが, 水耕区で 8.1 本であり, 慣行区と比べて有意に多かった.



第 4-2-2-4-1 図 水耕あるいは慣行により育成した母株からの挿し穂採取本数
 ***は同一調査日において t 検定により 0.1%水準で有意差ありを示す

2. 5. 水耕により育成した母株から採取した挿し穂の品質

第4章第2節2.4.において、閉鎖型環境で水耕により母株を育成することでガラス室内の網室における慣行栽培と比べて多くの挿し穂を採取できることが明らかとなった。しかしながら、閉鎖型環境で育成した母株から挿し穂を採取し慣行栽培（土耕）用の苗を育成する場合、挿し穂の周囲の環境は閉鎖型環境からガラス室内の網室などへと大きく変化する。したがって、挿し穂がこうした環境変化に順応できない場合も想定され、ウワバミソウにおいて閉鎖型環境で育成した母株から採取した挿し穂を土耕用の苗として利用できるかは不明である。そこで、閉鎖型環境で水耕により育成した母株とガラス室内の網室で土耕により育成した母株からそれぞれ挿し穂を採取し、挿し芽後の生育を比較することで、閉鎖型環境で育成した母株から土耕用の苗を育成できるか検討した。

材料および方法

母株の育成条件は水耕区と慣行区の2区とした。水耕区の母株の育成方法は、第4章第2節2.4.と同様である。慣行区では第4章第2節2.4.の母株から実験に必要な挿し穂本数を確保することができなかったことからガラス室内に設けた80%の遮光カーテンで被覆した網室において次の条件で育成した株を母株とした。2015年4月21日に福井県大飯郡おおい町の自生地から採取したシュートを用いて茎長約5cm、上位2葉を残して摘葉、最上位葉は長さ約3cmで切除した天挿し用の挿し穂を調整し、バーミキュライトを充填した200穴セルトレイに挿し芽した。5月29日に赤玉土と鹿沼土を体積比で等量混合した用土を充填した9cm黒プラスチックポットに鉢上げした。

8月24日に水耕区では20本、慣行区では15本の天挿し用の挿し穂を採取してバーミキュライトを詰めた128穴セルトレイに挿し芽し、ガラス室内の80%の遮光カーテンで被覆した網室で管理した。両区ともに10本ずつ茎葉の新鮮重を測定した。10月5日に全株を抜き取った後に発根率を算出し、地上部の生育が中庸な10株ずつ選び茎葉新鮮重、根新鮮重および最大根長を測定した。

結果

挿し芽当日の茎葉新鮮重は、水耕区と慣行区の間に有意な差は認められなかった（第 4-2-2-5-1 表）。挿し芽 42 日後の茎葉新鮮重は、水耕区の 0.46 g に対して慣行区で 0.31 g であり、慣行区と比較して水耕区で有意に重かった。根新鮮重は、水耕区の 0.10 g に対して慣行区で 0.07 g であり、慣行区と比較して水耕区で有意に重かった。最大根長および発根率は、水耕区と慣行区ではほぼ同等であった。

考察

水耕区の母株から採取した挿し穂をバーミキュライトに挿し芽したところ、慣行区と比較して挿し芽後の根および地上部の生育が優れたことから、水耕で育成した母株から挿し穂を採取しても土耕用の苗を育成可能であると考えられた。挿し芽時には水耕区と慣行区の挿し穂の茎葉新鮮重は同等であり、葉面積の測定はしていないが葉数は同数に揃えているため、挿し穂の形態的な差異によって挿し芽後の生育に違いがでたとは考えにくい。キクでは養液栽培した母株から得た発根苗の茎長および葉数は、土耕した母株から得た発根苗と比較して優れたが、挿し穂の無機成分含有率に大きな差は認められなかったと報告されている（谷川ら，2010）。本実験では挿し穂内の成分分析は行なっていないが、母株の育成方法の違いによって炭水化物や無機成分などの体内成分に違いがでた可能性もある。炭水化物は、挿し穂の発根を直接誘導する物質ではないとしても、挿し穂内に多くの炭水化物を含有することは結果的に発根を増進すると推察される（町田，1974）。ウラボミソウの乾物率を比較した例はないが、第 4 章第 2 節 2. 3. において 0.1 単位培養液に水挿しして育苗した後に 0.25 単位培養液に定植した株の定植 14 日後の茎葉の乾物率は、約 11%であった。一方、2017 年に土耕で栽培している株の茎葉の乾物率を求めたところ、約 13%であった。この両数値を直接に比較することはできなく、さらにこの乾物率がどの程度炭水化物濃度と関連しているかは明らかではないが、乾物率は土耕でやや高い傾向が見られた。

しかしながら、挿し芽後の根の生育は、水耕区で優れたことから、水耕区において挿し芽後の生育が優れた要因の解明にはさらなる検討が必要である。

摘要

閉鎖型環境で水耕により育成した母株から挿し穂を採取し、慣行栽培用の挿し芽苗を育成できるか検討した。水耕区と慣行区に由来するそれぞれの母株から採取した挿し穂の大きさは、同等であった。挿し芽 42 日後における水耕区由来の挿し芽苗の茎葉および根新鮮重は、慣行区由来の挿し芽苗と比較して有意に重かった。

第 4-2-2-5-1 表 水耕あるいは慣行により育成した母株から採取した挿し穂の生育

試験区	挿し芽当日	挿し芽42日後			
	茎葉新鮮重 (g/株)	茎葉新鮮重 (g/株)	根新鮮重 (g/株)	最大根長 (cm)	発根率 (%)
水耕区	0.27	0.47	0.10	7.2	95
慣行区	0.25	0.31	0.07	7.2	87
t検定	ns ^z	***	*	ns	-

^z ns, *および***は, それぞれ5%水準で有意差なし, 5%水準で有意差あり, 0.1%水準で有意差ありを示す

3. 母株に対するベンジルアミノプリンおよびジベレリン散布の効果

挿し穂の確保には、主茎だけでなく側枝の利用が考えられる。しかしながら、第2章の自生地における調査では、ウワバミソウの主茎当たりの側枝の着生数は、5～8月にかけて1.1～1.6本であった。第4章第2節1.では主茎を切除しても側枝の発達は促進されなかった。そのため、側枝から挿し穂を得るためには、腋芽数を増加させ、側枝形成数を増加させる必要がある。ベンジルアミノプリン処理は無側枝性のキクの腋芽および側枝の生育促進に有効であると報告されている（岡本ら、2003）。また、ジベレリン処理は茎の伸長を促進することが一般的に知られている。このように、植物成長調節物質であるベンジルアミノプリンやジベレリンを利用することで腋芽数を増やし、また茎の伸長を促すことにより挿し穂として利用できる側枝数を増やすことができる可能性がある。そこで本実験では、ウワバミソウの挿し穂の確保を目的としたベンジルアミノプリンおよびジベレリンの利用について検討した。

3. 1. 母株の生育に及ぼすベンジルアミノプリンおよびジベレリンの2回散布の効果

生育中のウワバミソウの苗の生育に対する植物成長調節物質の効果を調査した事例はこれまでになく、腋芽（側枝）の発育などウワバミソウの生育に対してベンジルアミノプリンおよびジベレリンがどのような効果を示すのかは明らかになっていない。そこで本実験では、植物成長調節物質の効果を確認しやすいように処理を2回行い、ウワバミソウの母株の生育に及ぼすベンジルアミノプリンおよびジベレリン処理の効果について検討した。

材料および方法

遮光率約80%の遮光ネットを上部と側面に張った福井県立若狭東高等学校のガラス室（側窓を常時開放）内に設けた網室で試験を実施した。2009年5月14日に栽培している2年生の母株から挿し穂（茎長5cm程度）を採取し、バーミキュライトを充填した128穴セルトレイに挿し芽し、その挿し穂を6月11日に用土（田土：鹿沼土：腐葉土=2：1：1、

容積比)を詰めた直径 9 cm のプラスチックポットに鉢上げした。6 月 25 日と 7 月 16 日の計 2 回、25 および 100 ppm に調整したベンジルアミノプリン(特級 6-ベンジルアミノプリン, キシダ化学; 以下, BAP) およびジベレリン A₃(ジベレリン水溶剤, 協和発酵バイオ; 以下, GA) 溶液をそれぞれハンドスプレーで株全体に散布した(1 株, 1 回当たりの散布液量約 5 mL)。蒸留水を散布した区を対照区とした。鉢上げ後から液肥(N:P₂O₅:K₂O=6:10:5%)を 3,000 倍に希釈し, 毎週追肥した。各区 5 株供試し, 2 回目(7 月 16 日)の処理から 25 日後の 8 月 10 日に主茎長, 主茎の節数および側枝数を調査した。なお, 主茎の葉腋から 5 mm 以上伸長している第一次側枝の本数を側枝数とした。

結果

主茎長は対照区の 14 cm 程度に対して, GA を 25 および 100 ppm で処理した場合 25~30 cm 程度となり, GA 処理により有意に長くなったが, 25 ppm と 100 ppm の間に有意な差は認められなかった(第 4-2-3-1-1 図 A)。BAP を処理した場合の主茎長は, 13~17 cm 程度で, 対照区とほぼ同等であった。主茎の節数は 11 節程度でいずれの処理区間でも有意な差は認められなかった(第 4-2-3-1-1 図 B)。主茎の平均節間長は, 対照区の 12 mm に対して, GA 処理により有意に長くなり, GA 処理間でも 25 ppm の 22 mm と比較して, 100 ppm では 29 mm と有意に長かった(第 4-2-3-1-1 図 C)。BAP を処理した場合, 12~14 mm であり, 対照区とほぼ同程度であった。主茎の側枝数は対照区の 6 本程度に対して, GA を処理した場合いずれの処理濃度でも 5~6 本程度とほぼ同程度であったが, BAP を処理した場合には有意に多く, BAP 処理間でも 25 ppm の 18 本程度に対して, 100 ppm で 24 本程度となり有意に多くなった。また, 1 節に複数の側枝が発生した(第 4-2-3-1-1 図 D, 第 4-2-3-1-2 図)。

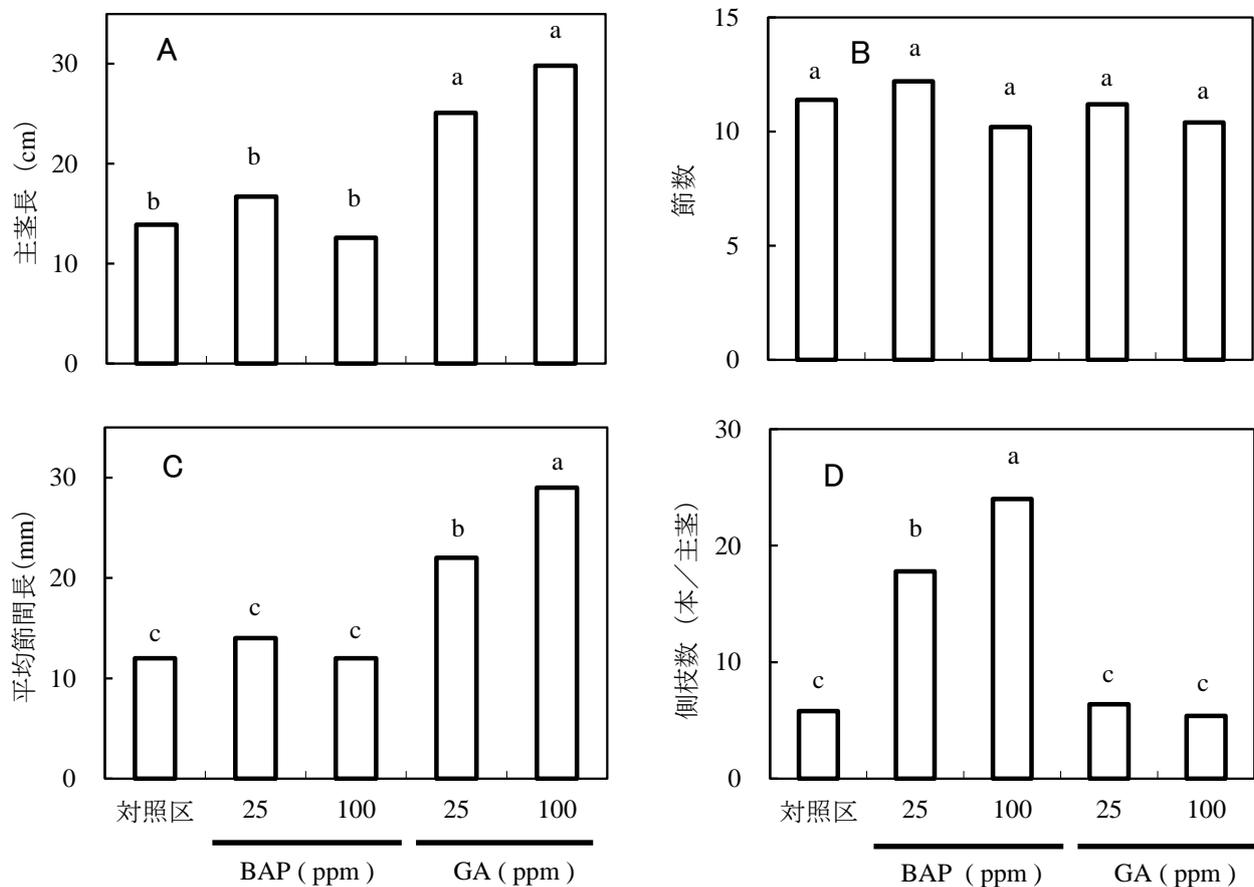
考察

GA 処理区と対照区との主茎長の違いは, 節数の増加ではなく平均節間長が長くなった

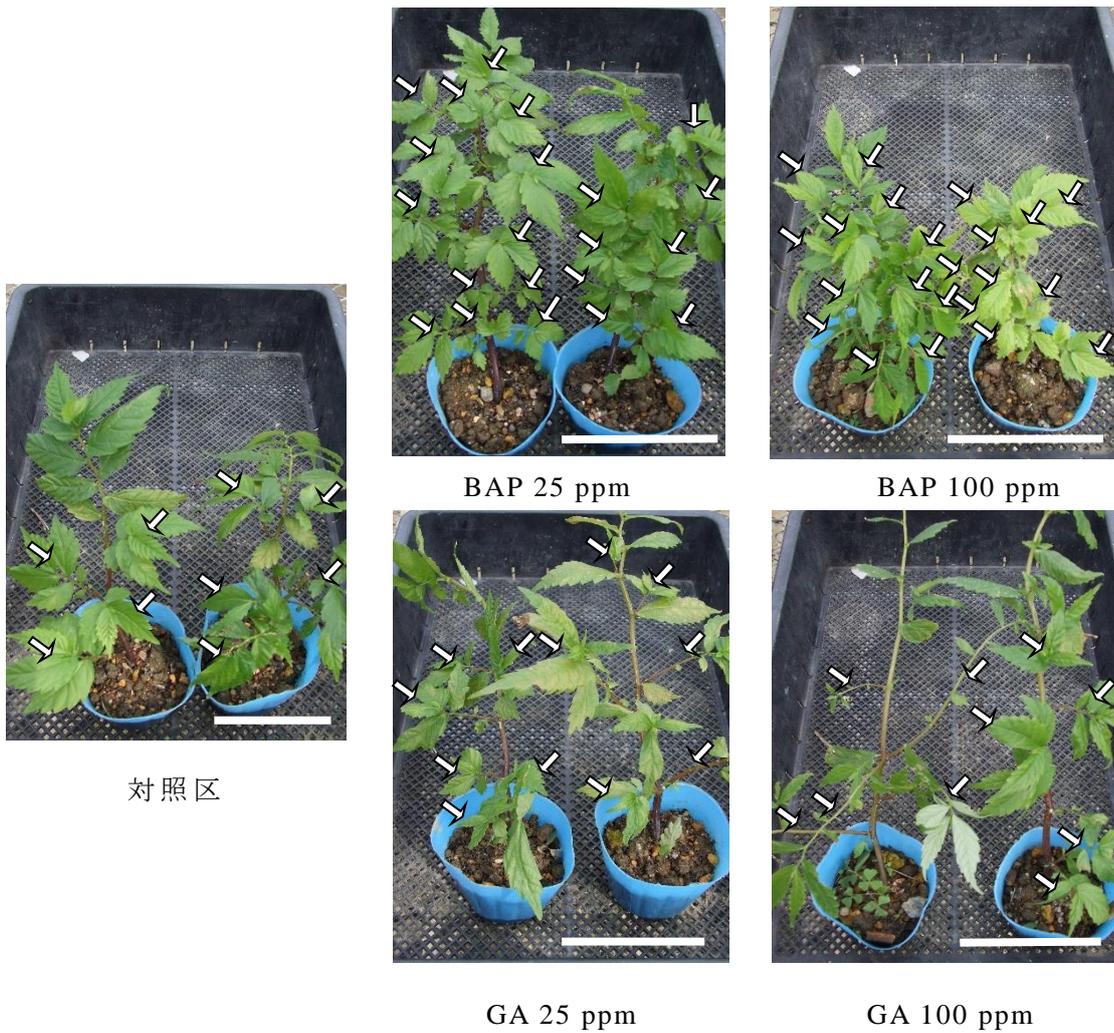
ことによるものであった。GA 処理では側枝の伸長が観察されたが、側枝数の増加にはつながらなかった。一方、BAP 処理では各節において対照区に比べて約 3~4 倍多い約 2~3 本の側枝が形成された。これは BAP 処理により苗の頂芽優勢が打破され、腋芽の発育が促進された結果であると考えられる。BAP 濃度が高いほど側枝の発達が促進されたが、BAP を 100 ppm で処理した株から発達した側枝には短いものが多く観察された。挿し芽繁殖に用いる側枝の確保という観点から見ると、BAP 処理によって側枝の発達を促進し、GA 処理によって茎の伸長を促進させることにより、短期間で大量の挿し穂を確保できる可能性が示唆された。しかしながら、ウワバミソウを挿し芽するときに必要な 5 cm 程度の挿し穂を側枝からどの程度採取できるか明らかにすることはできなかった。

摘要

ウワバミソウの母株の生育に対するジベレリン(GA)およびベンジルアミノプリン(BAP)処理の影響について検討した。25 および 100 ppm の濃度の GA および BAP 溶液を散布することにより 2 回処理した。GA 処理は対照区と比較して節間伸長により主茎を有意に伸長させたが、側枝数は増加しなかった。BAP 処理は対照区と比較して側枝数を有意に増加させた。



第 4-2-3-1-1 図 ベンジルアミノプリン (BAP) およびジベレリン (GA) 処理が主茎長 (A) , 主茎の節数 (B) , 主茎の平均節間長 (C) および主茎の側枝数 (D) に及ぼす影響
 2 回目の散布処理 25 日後 (8 月 10 日) に調査
 Tukey 法により異なるアルファベット間には 5% 水準で有意差あり



第 4-2-3-1-2 図 ベンジルアミノプリン (BAP) およびジベレリン (GA) 処理

が草姿に及ぼす影響

写真は、GA または BAP の 2 回目の処理 35 日後のものである

矢印は主な側枝の位置を示す

写真右下の横棒は 10 cm を示す

3. 2. 母株の生育に及ぼすベンジルアミノプリンおよびジベレリンの1回散布の影響

第4章第2節3.1.の実験では、母株に対してベンジルアミノプリンおよびジベレリンを2回処理することでそれぞれ側枝数の増加および茎の伸長が確認されたが、混用処理や1回処理の効果については未検討であった。さらに、挿し穂として利用できる5 cm程度の側枝形成数も明らかにすることはできなかった。そこで本実験では、母株に対してベンジルアミノプリンおよびジベレリンを1回処理し、挿し穂として利用できる側枝の発育について検討した。

材料および方法

ガラス室内に設けた遮光率約80%の遮光カーテンで上部と側面を被覆した網室で試験を実施した。2015年4月21日に閉鎖型培養室内で水耕した母株から天挿し用の挿し穂を採取し、茎長約5 cm、上位2葉を残して摘葉、最上位葉は長さ約3 cmに調整し、バーミキュライトを充填した200穴セルトレイに挿し芽した。5月29日に用土（赤玉土：鹿沼土=1：1，v/v）を充填した9 cm黒色プラスチックポットに鉢上げした。試験区の構成は、蒸留水を散布した対照区、BAP 25 ppm、GA 25 ppm および GA 25 ppm + BAP 25 ppm の4区とした。6月20日に各溶液をハンドスプレーで1株当たり5回（散布液量約5 mL）噴霧し、各区7株ずつ供試した。鉢上げから1週間ごとに、液肥（N：P₂O₅：K₂O=6：10：5%）を3,000倍に希釈して与えた。BAPおよびGA処理42日後まで1ないし2週間ごとに主茎長および側枝数を、処理126日後に総側枝数とそのうち5 cm以上の側枝数を調査した。

結果

GA および GA+BAP 区の主茎長は、対照区と比較して処理7日後以降すべての調査日において有意に長かった（第4-2-3-2-1図A）。BAP区の主茎長は、いずれの調査日でも対照区との間に有意な差は認められなかった。5 mm以上に発達した側枝は、GA および BAP 区では処理7日後、GA+BAP 区では処理21日後、対照区では処理28日後にそれぞれ

認められた（第 4-2-3-2-1 図 B）. BAP および GA+BAP 区の 5 mm 以上に発達した側枝数は，対照区と比較して処理 42 日後では有意に多かった. GA 区の側枝数は，対照区と比較していずれの調査日でも対照区との間に有意な差は認められなかった.

処理 126 日後の総側枝数は，対照区の 0.9 本と比較して BAP 区では 4.6 本，GA+BAP 区では 5.3 本でありそれぞれ有意に多かったが，GA 区では 1.6 本であり有意な差は認められなかった（第 4-2-3-2-2 図）. 5 cm 以上の側枝数は，対照区の 0.3 本と比較して GA 区では 1.6 本，BAP 区では 3.3 本，GA+BAP 区では 2.3 本でありそれぞれ有意に多かった. BAP 区の総側枝数および 5 cm 以上の側枝数は，GA 区と比較して有意に多く，GA+BAP 区と比較して有意な差は認められなかった.

考察

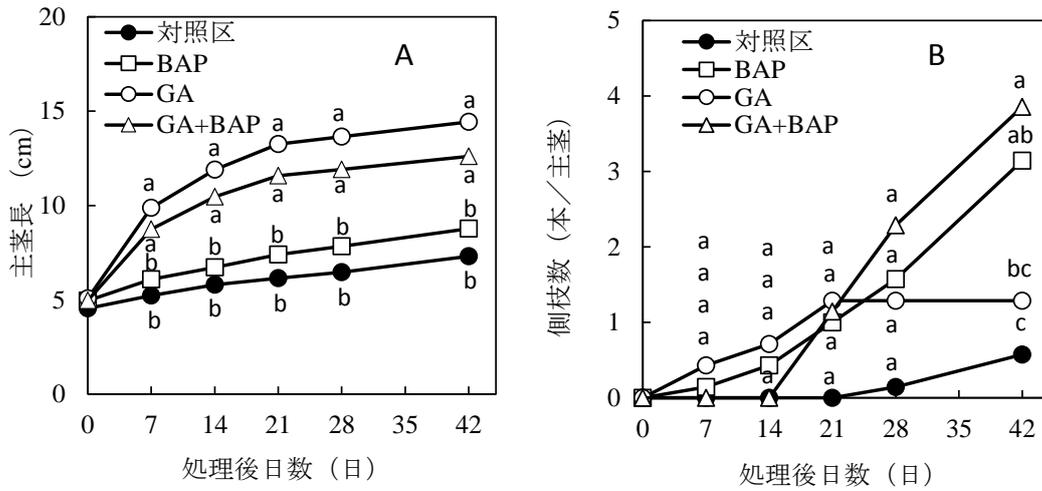
挿し芽由来の母株に対して，BAP を処理することにより，対照区および GA 区と比較して総側枝数および 5 cm 以上の側枝数を増加させることが可能であった. 第 4 章第 2 節 3. 1. の実験では BAP の 2 回処理により側枝数が増加したが，本実験の結果から 1 回処理であっても BAP 処理により総側枝数および 5 cm 以上の側枝数を増加させられることが明らかとなった. GA 区では主茎や側枝の伸長が認められたが，挿し穂として利用できる側枝数の増加を目的とした場合には BAP 処理ほどの効果は得られなかった.

渡邊ら（2003）は，リンゴにおいて，新梢発生数は，BAP 処理と比較して GA+BAP 処理で多くなったが，これは GA が腋芽の発芽数を増やしたのではなく，BAP によって生じた新梢の成長を促進したためであると報告した. Narongchai ら（1996）は，イチゴのランナー生産数は，‘みよし’では GA，BA および GA+BA 処理により 2~3 倍に増加し，‘円雷’および‘サマーベリー’では GA および GA+BA 処理によりそれぞれ 8 および 4 倍増加し，品種によって反応は異なるが，植物成長調節物質の利用はイチゴの栄養繁殖の問題改善につながると報告した. このように，GA と BAP を混用処理することで新梢数やランナー数が増加することが報告されているが，本実験では BAP 区と GA+BAP 区の間において総側

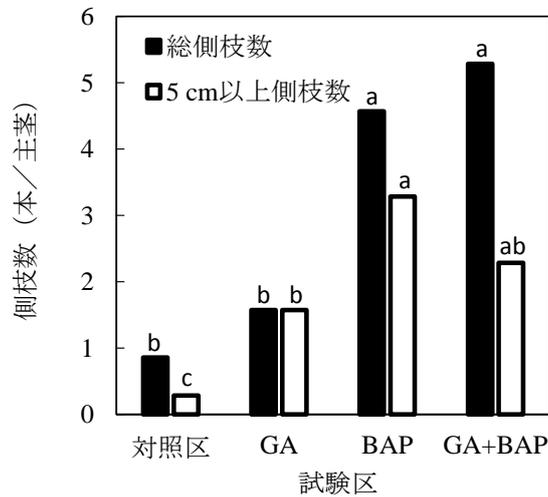
枝数および 5 cm 以上の側枝数に有意差は認められなかった。したがって、本実験の条件においてウラボミソウで挿し穂採取本数の増加を目的として側枝の発育を促進させたい場合には、BAP に GA を加える必要はないと考えられた。

摘要

ウラボミソウの母株の生育に対するジベレリン (GA) およびベンジルアミノプリン (BAP) の 1 回処理の影響について検討した。試験区は、対照区、BAP 25 ppm、GA 25 ppm および GA 25 ppm + BAP 25 ppm の 4 区とし、溶液を散布処理した。総側枝数および挿し穂として利用できる 5 cm 以上の側枝数は、BAP を処理することで有意に増加した。GA 処理した株の 5 cm 以上の側枝数は、対照区と比較すると多かったが、BAP を処理した場合と比較すると少なかった。BAP の 1 回処理であっても対照区と比較して側枝数を有意に増加させることが可能であった。



第 4-2-3-2-1 図 ベンジルアミノプリン (BAP) およびジベレリン (GA) 処理が苗の主茎長 (A) および側枝数 (B) に及ぼす影響
 Tukey 法により同一日の異なるアルファベット間には 5%水準で有意差あり



第 4-2-3-2-2 図 ベンジルアミノプリン (BAP) およびジベレリン (GA) 処理が苗の総側枝数および 5 cm 以上側枝数に及ぼす影響
 処理 126 日後調査
 Tukey 法により同一項目の異なるアルファベット間には 5%水準で有意差あり

3. 3. ベンジルアミノプリンおよびジベレリン処理した母株から採取した挿し穂の挿し芽後の発根および生育

第4章第2節3. 1. および3. 2. の実験では、母株に対して BAP を処理することにより挿し穂採取本数を増加させることが可能であることを明らかにした。カンキツ類において GA を含んだランolinペーストを処理した母株から挿し穂を採取し、インドール酪酸粉剤を挿し穂基部に処理して挿し芽したところ、発根率は対照区と比較して向上した (Sagee ら, 1990)。一方、ブドウの熟枝挿しにおいて、BAP あるいは GA の 100 ppm 溶液を挿し穂に浸漬すると、挿し穂からの発根は抑制された (Kawai, 1997)。BAP および GA 処理した母株から挿し穂を採取すると、挿し穂の発根に影響する可能性がある。そこで本実験では、BAP および GA を処理した母株から挿し穂を採取し、挿し穂からの発根の様子を観察しやすい水挿しによって挿し芽後の発根および生育に及ぼす影響を検討した。

材料および方法

2015 年 6 月 15 日に挿し穂を調整し、バーミキュライトを詰めた 128 穴セルトレイに挿し芽した。7 月 23 日にバーミキュライトを詰めた 9 cm 黒色プラスチックポットに鉢上げした。試験区の構成は、地上部に蒸留水を散布した対照区、BAP 25 ppm, GA 25 ppm および GA 25 ppm + BAP 25 ppm を散布した 4 区とした。挿し芽後の生育に対する BAP と GA の影響を観察しやすくするために 8 月 11 日と 8 月 31 日の 2 回薬剤処理した。挿し芽～挿し穂採取までガラス室内の 80 % の遮光カーテンで被覆した網室で管理した。

試験区によって側枝の発生数が少なかったことから、挿し穂の採取部位を揃えるために主茎から挿し穂を 10 月 12 日に各区 6 本ずつ採取した。根の生育を含めて挿し穂としての品質を評価するために 0.1 単位の培養液を用いた水挿しにより試験を行い、閉鎖型培養室内で管理した。栽培管理は、第4章第2節2. 2. の育苗期間と同様であるが、発泡ポリエチレンシート表面の照度は全期間をとおして約 3,000 lx で管理した。挿し芽当日から 1 日に 1 回発根数を調査して発根率を算出した。挿し芽当日に茎葉新鮮重を、挿し芽 35 日後

に茎葉新鮮重，根新鮮重および最大根長を測定した．

結果

挿し穂の発根は，対照区および BAP 区では挿し芽 5 日後，GA および GA+BAP 区では挿し芽 6 日後から始まった（第 4-2-3-3-1 図）．発根率は，対照区では挿し芽 7 日後，その他の試験区では挿し芽 8 日後に 100%に達した．

挿し芽当日の茎葉新鮮重は，対照区と比較して BAP および GA+BAP 区では有意な差は認められなかったが，GA 区では有意に軽かった（第 4-2-3-3-1 表）．挿し芽 35 日後の茎葉新鮮重は，対照区の 0.67 g に対して BAP 区では 0.67 g，GA+BAP 区では 0.69 g であり同等であったが，GA 区では 0.40 g であり有意に軽かった．挿し芽 35 日後の根新鮮重は，対照区と比較して GA 区で有意に軽かった．最大根長は，いずれの処理区間においても有意な差は認められなかった．

考察

GA を単独処理した母株から採取した挿し穂は，他の区と比較して有意に軽く，挿し芽 35 日後の生育量も他の区と比較して軽かった．トマト苗に対して GA 処理した場合，草丈の伸長は著しく促進されるが，茎葉重は軽くなり，濃度の高いほど茎葉重／草丈の値が小さく徒長的な生育を示し，炭水化物含量は減少した（斎藤・伊東，1966）．炭水化物は，挿し穂からの発根を直接誘導する物質ではないとしても，発根にはかなりのエネルギーが必要であり，新しい器官の形成にも使われることが考えられることから，挿し穂内に多くの炭水化物を含有することは結果的に発根を増進すると推察される（町田，1974）．本実験においても GA 処理により母株が徒長的な生育となったことにより，GA 区の挿し穂の新鮮重が軽くなったと考えられ，その結果，挿し穂内の炭水化物含量が少なく，発根が遅れ，その後の生育も劣った可能性が考えられる．また，GA はオーキシンの作用を阻害することで挿し穂からの発根を抑制することから（Brian ら，1960；Haissig，1972），本実験の挿

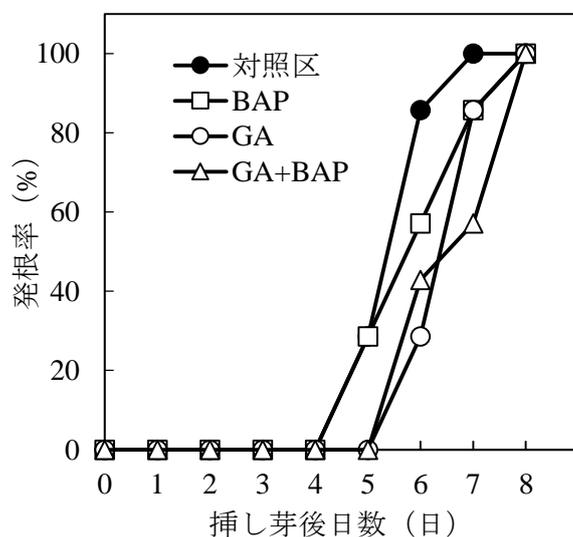
し穂内の GA 濃度は不明ながらも GA の生理的作用により発根が阻害された可能性もある。対照区と比較して、挿し穂が小さくなり挿し芽後の生育も劣ることから、GA を単独処理した母株から採取した挿し穂の利用は、望ましくないと考えられた。

その他の区では挿し芽当日および挿し芽 35 日後の生育に対照区との間に差は認められなかった。バラの緑枝挿しにおいて、高濃度の BAP は挿し穂からの発根を抑制したが (De Vries・Dubois, 1988), 本実験では母株に対する BAP 処理による挿し穂の発根抑制は認められなかった。なお、GA+BAP 区では、GA 単独処理で認められた挿し穂重の低下や挿し芽後の生育抑制は認められなかったが、BAP 区に対する優位性も認められなかったことから、本実験の範囲では BAP に GA を加える必要性はないと考えられた。

以上のことから、ウワバミソウの母株に対する BAP 処理は、挿し穂の発根や挿し芽後の生育に悪影響を及ぼさないと考えられた。

摘要

BAP および GA を処理した母株から挿し穂を採取し、挿し穂からの発根の様子を観察しやすいう水挿しによって挿し芽後の発根および生育に及ぼす影響を検討した。試験区の構成は、対照区、BAP 25 ppm、GA 25 ppm および GA 25 ppm + BAP 25ppm の 4 区とした。GA を単独処理した母株から採取した挿し穂の新鮮重は、その他の試験区と比較して有意に軽く、挿し芽後の生育も抑制された。BAP および GA+BAP を処理した母株から採取した挿し穂は、対照区と比較して同等な重さであり、挿し芽後の生育も対照区と同等であった。



第 4-2-3-3-1 図 ベンジルアミノプリン (BAP) およびジベレリン (GA) を処理した母株から採取した挿し穂の発根率の推移

第 4-2-3-3-1 表 ベンジルアミノプリン (BAP) およびジベレリン (GA) を処理した母株から採取した挿し穂の挿し芽後の発根および生育

試験区	挿し芽当日	挿し芽35日後		
	茎葉新鮮重 (g/本)	茎葉新鮮重 (g/株)	根新鮮重 (g/株)	最大根長 (cm)
対照区	0.26 a ^z	0.67 a	0.17 a	9.2 a
BAP	0.27 a	0.67 a	0.19 a	10.5 a
GA	0.17 b	0.40 b	0.07 b	8.7 a
GA+BAP	0.25 a	0.69 a	0.15 ab	10.5 a

^z Tukey法により同一列の異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり

4. 節培養を利用したインビトロシュートの大量増殖

植物組織培養の園芸への利用として、茎頂培養によるウイルスフリー株の作出、クローン大量増殖、薬培養による半数体作出、胚培養、プロトプラスト培養と細胞融合による雑種作出、凍結貯蔵、人工種子、遺伝子組換えなどが試みられてきた（細木，2009）。植物組織培養のうち、クローン大量増殖を目的とした節培養は、茎を腋芽の着いた節ごとに節間で切り取り培養し、腋芽が伸長してくると再び節部を切り取って培養し、連続的に腋芽を出させる培養法であり、節間が伸長しやすい植物の大量繁殖に適している。ヤーコンでは1茎頂から年間約26,000～82,000の苗条を確保できる（浜田ら，1990）。また、カンゾウでは1腋芽から年間約70,000の苗条を確保できる（角谷ら，1997）。ウワバミソウは、節間伸長する植物であることから、節培養に適した植物であると考えられ、節培養が可能であれば増殖効率は飛躍的に高まると思われる。しかしながら、これまでにウワバミソウを節培養した事例はなく、培養に適した培地や順化方法など明らかにすべき点は多い。

第4章第2節2.1.において挿し芽苗を水耕したところ、苗の生育は標準濃度である1単位培養液と比較して0.25単位培養液で優れ、培養液濃度が高いことによる生育抑制が認められた。組織培養ではMurashige and Skoog培地（以下、MS培地）を利用することが多いが、MS培地に含まれる無機塩類などの濃度は高すぎる可能性がある。

また、培養した植物体を苗として利用するためには順化が必要となる。固形培地を用いた場合には根部から培地を丁寧に除去した後にバーミキュライトなどに植えて順化を行うが、固形培地の除去は手間がかかり、植物体を傷める可能性もある。リンゴ（Simmonds, 1983）やパイア（Kataoka・Inoue, 1991）、ブルーベリー（山内ら，2012）では組織培養苗のシュートを挿し穂材料として挿し床に挿し木する方法が報告されており、この方法であれば根部の固形培地を除去する必要がない。ウワバミソウの挿し穂からの発根率は比較的高いことから、組織培養苗のシュートを材料とした挿し芽が可能であれば、効率的で省力的な苗の育成につながる。

そこで本実験では、ウワバミソウを異なる濃度のMS培地を用いて節培養により増殖し、

インビトロシュートを挿し穂とした挿し芽繁殖が可能であるか検討した。

材料および方法

2015年10月15日に初代培養を開始した。初代培養に用いる外植体として、福井県大飯郡おおい町の自生地由来する福井県立若狭東高等学校の閉鎖型培養室（気温 24℃）で水耕した株から採取した茎切片を使用した。5～10 cm に切断した茎切片は、中性洗剤を入れた水道水で洗浄し、水道水で3回洗い流した。洗浄した茎切片を70%エタノールに1分間、続いて有効塩素濃度1%の次亜塩素酸ナトリウム溶液に10分間浸漬した後、滅菌した蒸留水で3回洗浄した。殺菌後に茎切片の上下の両端0.5～1 cm程度および葉を切除し、残りの茎切片を2節ごとに調整して外植体とし、下位の1節が培地に埋まるように初代培養用の培地に置床した（第4-2-4-1図）。初代培養用培地にはスクロースを30 g・L⁻¹添加した基本濃度のMS培地を用い、pHを5.8に調整した後にゲランガムを2 g・L⁻¹添加して溶解させ、平底試験管（内径2 cm，長さ10 cm）に10 mLずつ分注し、プラスチックキャップで閉栓後、オートクレーブで121℃，20分間の加圧滅菌を行った。

2015年12月28日に初代培養で得られたインビトロシュートを用いて試験を実施した。MS培地の濃度は、基本濃度のMS区およびスクロース以外を半量とした1/2MS区の2区とし、その他の培地の条件は初代培養と同じとした。インビトロシュートの先端5 mm程度を切除した後、1節ごとに調整した節切片を外植体とし、節部が培地に埋没しないように、MS区および1/2MS区それぞれ50および49本を置床した（第4-2-4-1図）。置床42日後に置床した外植体について、シュート伸長率、発根率、枯死率および汚染発生率を調査した。さらに、置床42および75日後にそれぞれ任意に選んだ15外植体について腋芽由来インビトロシュートの主茎長、主茎の節数および側枝数を調査した。なお、外植体の腋芽から発生した最も長いシュートを主茎とみなした。培養は、白色蛍光灯で16時間日長、光合成有効光量子束密度（PPFD）を約40 μmol・m⁻²・s⁻¹とした同校の閉鎖型培養室で行った。

2016年3月12日に両区のインビトロシュートから、長さ2 cm、上位2葉を付けた天挿し用の挿し穂を調整し、パーミキュライト（粒径約5 mm）を詰めた128穴セルトレイに12本ずつ挿し芽した。なお、挿し穂の長さを2 cmとした理由は、MS区の主茎長（平均2.8 cm）に合わせたからである。挿し芽したセルトレイを底面給水させた後プラスチックコンテナに入れ、挿し穂周囲の相対湿度を高める目的でプラスチックコンテナの上部を食品用包装フィルムで覆い、白色蛍光灯で16時間日長、プラスチックコンテナ上部でのPPFDを約 $40 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ とした同校の閉鎖型培養室で管理した。挿し芽21日後には食品用包装フィルムを除去し、管理場所をガラス室内の、遮光率約80%の遮光ネットを上部と側面に張った網室に変更した。挿し芽56日後の5月7日に発根率、枯死率、主茎長、主茎の節数、側枝数、茎葉および根の新鮮重を調査した。

結果

置床42日後において、MS区では置床した50本のうち、シュート伸長率は62%、発根率は70%、枯死率は18%、汚染発生率は6%であった（第4-2-4-2図）。1/2MS区では置床した49本のうち、シュート伸長率および発根率は90%であり、枯死は認められず、汚染発生率は10%であった。

1/2MS区の主茎長は、置床42および75日後のいずれにおいてもMS区と比較して有意に長かった（第4-2-4-1表、第4-2-4-3図）。1/2MS区の主茎の節数は、置床42および75日後のいずれにおいてもMS区と比較して有意に多かった。側枝数は、置床42および75日後のいずれにおいても両区に有意な差は認められなかった。

培養苗のシュートを用いて両区それぞれ12本ずつ挿し芽したところ、挿し芽56日後におけるMS区および1/2MS区の発根率は、それぞれ83および100%であった（第4-2-4-4図）。枯死率は、1/2MS区では0%であったが、MS区では17%であった。

挿し芽56日後における主茎長、節数、側枝数、茎葉新鮮重および根新鮮重は、MS区および1/2MS区の間いずれも有意な差は認められなかった（第4-2-4-2表、第4-2-

考察

培養中の枯死は MS 区だけで観察された。1/2MS 区では枯死は認められず汚染が発生した切片以外ではすべての切片でシュートの伸長および発根が観察された。さらに、MS 区の培養中の生育は、1/2MS 区と比較して抑制された。第 4 章第 2 節 2. 1. において、挿し芽苗を 1, 0.5 および 0.25 単位の培養液で水耕したところ、1 単位では枯死株が認められたが、0.25 単位では生育障害は認められず生育が優れた。本実験と第 4 章第 2 節 2. 1. の実験では、組織培養と水耕の異なる条件での結果ではあるが、MS 区で枯死が観察されたり生育が抑制されたりした要因は、無機塩類などの濃度が高いことによると推測される。

本実験では、順化作業の省力化を目的として、根部の固形培地を除去する必要がないインビトロシュートを用いて、直接挿し芽（ダイレクトルーティング）を行った。供試本数は実験材料の都合上両区それぞれ 12 本と少なかったが、枯死は MS 区の 2 本だけであり、その他の挿し穂はすべて発根して生育した。したがって、ウワバミソウの組織培養苗のシュートを挿し穂として利用して栽培用の苗を育成できると考えられた。

培養中の生育は MS 区と比較して 1/2MS 区で優れ、挿し芽後の生育は両区とも同等であったことから、本実験の範囲では 1/2MS 培地で培養した方が望ましいと考えられるが、好適濃度は 1/2 よりも低い可能性もあるので、適切な培地濃度についてはさらに検討しなければならない。また、本実験では MS 培地を用いて培養したが、他の組成の培地における生育についても検討する必要がある。

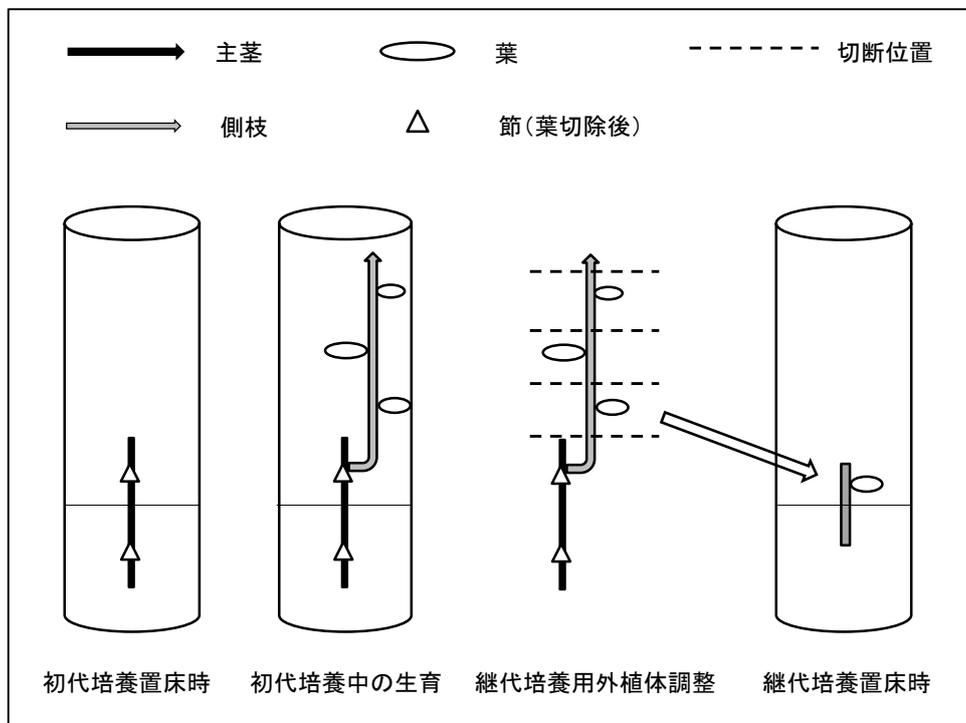
培養中に発生する変異を培養変異と呼び、一般に脱分化せずに植物体が再生する場合には培養変異は起こりにくい。カルスのように脱分化した状態で増殖する場合には変異が多発しやすい（古川ら、2013）。栄養繁殖性の植物が多い花卉では、組織培養による大量増殖は有効な手法であるが、組織培養による変異の発生のため節培養を用いる腋芽誘導法、洋ランでの PLB 誘導法以外は広くは利用されていない。変異の発生は、*in vitro* における

キメラ構造の分解やトランスポゾン，遺伝子のメチル化あるいはエピジェネティック変異などの内生的な要因がある(大城ら, 1998). 本実験では節培養で定芽を利用しているため，カルスを経由した場合と比べて培養変異の発生は少ないと推測されるが，実用性を考えた場合には，長期間にわたり培養を繰り返した場合の変異の発生の有無や頻度について明らかにしなければならない.

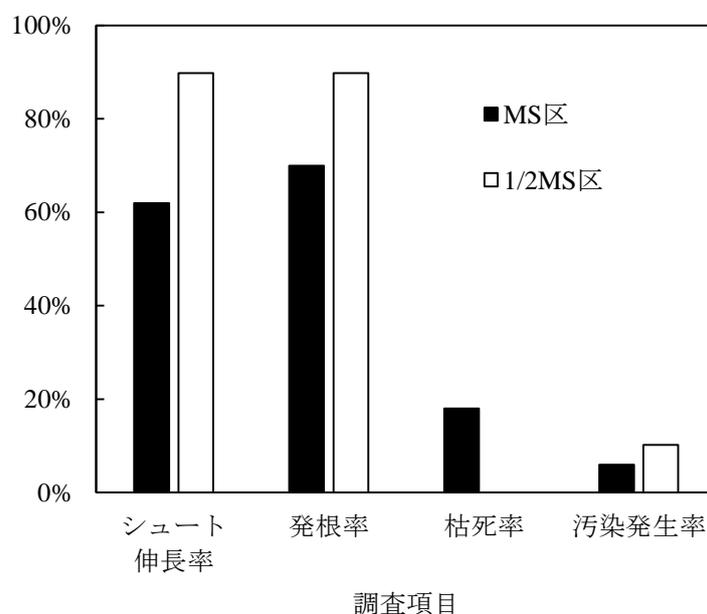
本実験のように長さ 2 cm のシュートを挿し穂として使用する場合，1/2MS 区では置床 42 日後には主茎長が 3 cm になっていることから，この時点で挿し芽が可能であると考えられる. また，置床 42 日後の 1/2MS 区の節数は 6.3 節であることから，1 節ずつ分割して継代培養する場合，6 個程度の節切片に分割可能である. しかし，節培養を繰り返しても増殖効率が変わらないかどうかは今後明らかにする必要がある.

摘要

ウワバミソウにおける節培養したシュートを挿し穂として利用した挿し芽繁殖について検討した. MS 培地の濃度を，基本濃度の MS 区およびスクロース以外を半量とした 1/2MS 区の 2 区とした. 培養中，枯死は MS 区だけで観察された. 植え付け 42 および 75 日後において，1/2MS 区の培養中の主茎長および節数は，MS 区と比較して有意に優れた. インビトロシュートを用いて挿し芽をしたところ，MS 区と 1/2MS 区の挿し穂の発根率は，それぞれ 83 および 100 %であった. 挿し芽 56 日後の生育は両区の間で有意な差は認められなかった.



第 4-2-4-1 図 初代培養および継代培養時の置床方法の模式図



第 4-2-4-2 図 MS 培地濃度がシュート伸長率，発根率，枯死率および汚染発生率に及ぼす影響（置床 42 日後調査）

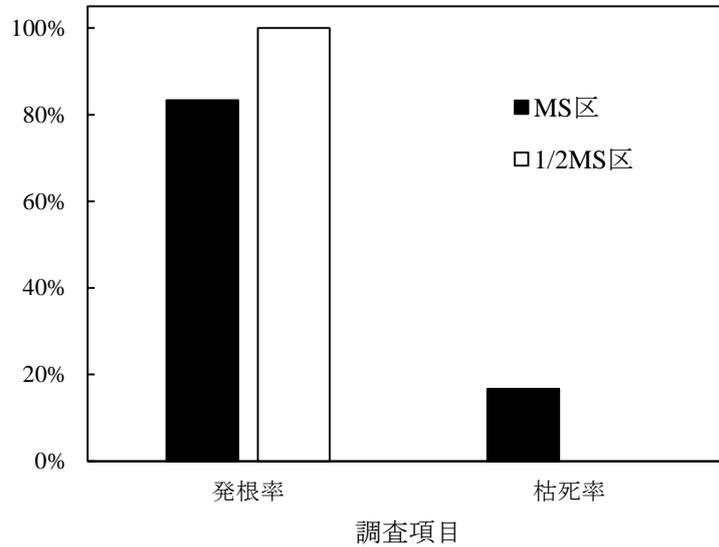
第 4-2-4-1 表 MS 培地濃度が培養中の主茎長，節数および側枝数に及ぼす影響

試験区	主茎長 (cm)		主茎節数		側枝数 (本/主茎)	
	置床42日後	置床75日後	置床42日後	置床75日後	置床42日後	置床75日後
MS区	1.7	2.8	4.8	6.6	0.8	0.9
1/2MS区	3.0	4.9	6.3	8.1	0.9	1.1
t検定	*** ^z	***	**	***	ns	ns

^z **, ***およびnsはそれぞれ1%水準で有意差あり，0.1%水準で有意差あり，5%水準で有意差なしを示す



第 4-2-4-3 図 MS 培地濃度が *in vitro* (置床 75 日後, A) および *ex vitro* (挿し芽 56 日後, B) での生育に及ぼす影響



第 4-2-4-4 図 MS 培地濃度がインビトロシュートを用いた挿し芽後の発根率および枯死率に及ぼす影響（挿し芽 56 日後調査）

第 4-2-4-2 表 MS 培地濃度がインビトロシュートを用いた挿し芽後の主茎長、節数、側枝数、茎葉新鮮重および根新鮮重に及ぼす影響（挿し芽 56 日後調査）

試験区	主茎		側枝数 (本/主茎)	茎葉新鮮重 (g/株)	根新鮮重 (g/株)
	長さ (cm)	節数			
MS区	4.9	7.8	0.1	0.29	0.06
1/2MS区	4.8	7.7	0.6	0.28	0.06
t検定	ns	ns	ns	ns	ns

²nsは5%水準で有意差なしを示す

第3節 挿し芽苗の生育に及ぼす窒素施肥量の影響

ウワバミソウの挿し芽繁殖では、挿し穂の発根後、ポットに鉢上げして育苗を続け、挿し芽後1~2年かけて苗を育成する。ウワバミソウ栽培において、定植時の苗の大きさと定植後の生育の関係については明らかにされていないが、坂口・秦野（2012）は定植苗の大きさとして草丈30 cmを目安としている。育苗用培養土に肥料として施すのは、窒素、リン酸およびカリウムが一般的である。トマトにおいて、生育ならびに花芽形成に対する育苗期の窒素、リン酸およびカリウムの施肥量の影響は、窒素とリン酸の効果が大きく、カリウムの影響は窒素やリン酸に比べて弱いとされる（斎藤ら、1963）。トマトやナスなどのナス科果菜類では、地上部生育と窒素含有率の間に高い正の相関が認められた（久保ら、1991）。このように、苗の地上部の生育は窒素施肥によって大きな影響を受ける。

これまでにウワバミソウの栽培と施肥量の関係については、苗を定植した後の本圃の窒素施肥についてのみ報告がある。栗田（1997）は、ウワバミソウは濃度障害を起こしやすいので、1年間の施肥量は1 a当たり窒素成分で1 kg程度であり、元肥で0.6 kg、追肥として0.2 kgずつ2回に分けて施用すると記載している。沢野ら（2002）は、窒素施肥量を10 a当たり0、10および30 kgとした圃場にウワバミソウの根茎を定植して生育を調べたところ、窒素施肥量を30 kgとした場合に最も生育が良かったと報告した。中井（1996）は、元肥および植え付け翌年の融雪直後に追肥としてそれぞれ窒素を1 a当たり0~2 kg与えてウワバミソウの珠芽を植え付けて栽培し、植え付け2年目に生育を調査した結果、窒素施肥量は1.5 kgが適量であると報告した。これらは育苗時ではなく定植後の生育に関する報告であるが、植え付け器官および適量とされる窒素施肥量は異なるものの、窒素施肥はウワバミソウの生育の向上に効果的であることが示されている。

ウワバミソウは、主に茎葉を収穫対象とする場合が多いので、収穫対象となる地上部の生育を促進させることが重要であると考えられる。しかし、これまでにウワバミソウの挿し芽苗の生育に適した窒素施肥量は、明らかにされていない。そこで本実験では、ウワバミソウの挿し芽苗の生育に適した培養土の窒素施肥量を明らかにするために挿し芽苗の生

育と窒素施肥量の関係を調査した。

材料および方法

福井県立若狭東高等学校のガラス室（側窓を常時開放）内に設けた上部と側面を遮光ネットで約 80%遮光した網室で試験を実施した。2009 年 4 月 30 日に福井県大飯郡おおい町の自生地で天挿し用の挿し穂（茎長約 5 cm）を採取し、バーミキュライトを充填した 128 穴セルトレイに挿し芽した。5 月 28 日にバーミキュライトを詰めた直径 9 cm の黒プラスチックポットに 1 ポット当たり 1 株、各区 10 株ずつ鉢上げした。鉢上げ用土にはバーミキュライトを使用し、バーミキュライト 1 L 当たりの窒素施肥量を 0, 200, 400 および 800 mg の 4 段階とし、0 mg · L⁻¹を対照とした。リン酸（P₂O₅）およびカリウム（K₂O）の施肥量は各区共通であり、バーミキュライト 1 L 当たりそれぞれ 500 および 150 mg とした。なお、窒素は硝酸アンモニウム、リン酸は過リン酸石灰およびカリウムは硫酸カリとして鉢上げ用のバーミキュライトに混合して与えた。実験期間中には追肥は行わず、適宜頭上灌水した。鉢上げ 21 および 42 日後に主茎長および主茎の葉数を調査し、鉢上げ 42 日後にはノギスを用いて地際から 5 cm の主茎の茎径を計測した。

結果

主茎長は、鉢上げ 21 日後の調査では各区とも 7.0~7.9 cm であり、窒素施肥量の違いによる差は認められなかった（第 4-3-1 図 A）。鉢上げ 42 日後の主茎長には、窒素施肥量の違いによる差が認められ、窒素施肥量を 400 mg · L⁻¹とした場合に 15.8 cm と最も長く、次いで 200 および 800 mg · L⁻¹であり、0 mg · L⁻¹の場合には最も短かった。

主茎の葉数は、鉢上げ 21 日後の調査では各区とも 5.5~5.9 枚であり、窒素施肥量の違いによる差は認められなかった（第 4-3-1 図 B）。鉢上げ 42 日後の主茎の葉数には、窒素施肥量の違いによる差が認められ、窒素施肥量が 400, 200, 800 および 0 mg · L⁻¹の順に多かった。

主茎の茎径には、鉢上げ 42 日後の調査で窒素施肥量の違いによる差が認められ、窒素施肥量を $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ とした場合に 4.9 mm と最も太く、次いで 200 および $800 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ であり、 $0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ の場合では最も細かった（第 4-3-1 図 C）。なお、試験期間中、肥料による生育障害と考えられる症状はすべての株において認められなかった。

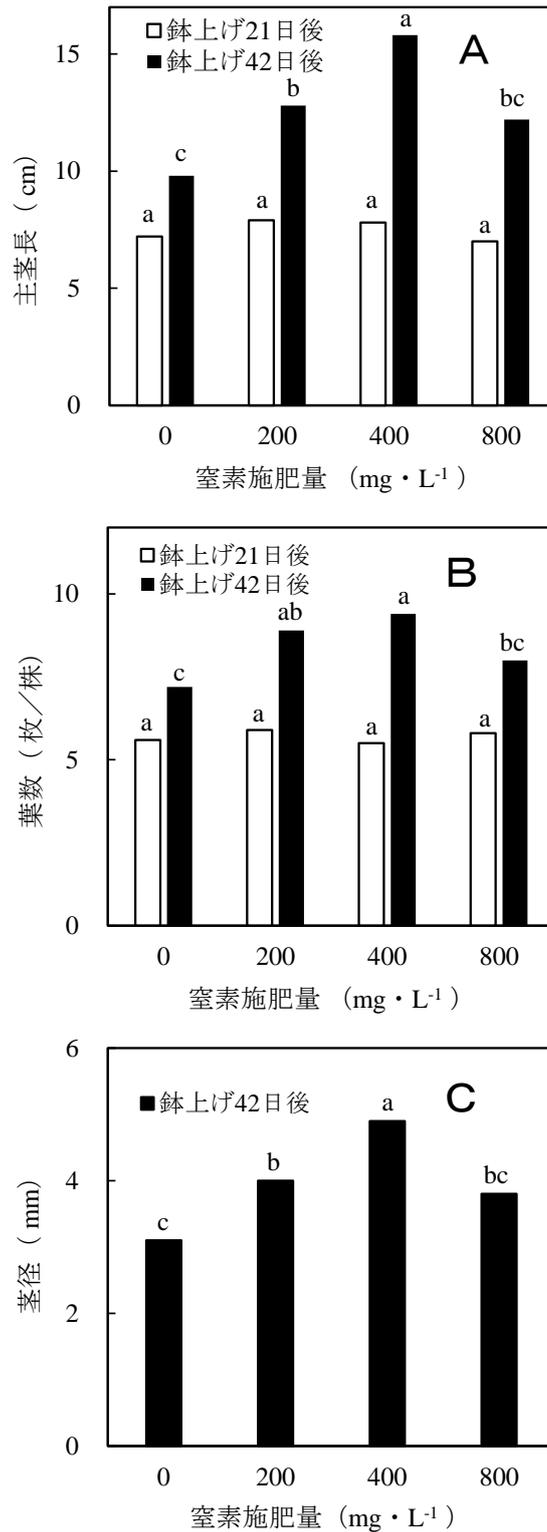
考察

ウワバミソウの挿し芽苗の生育は、バーミキュライト 1 L 当たりの窒素施肥量が 400 mg で最も優れた。本実験と試験条件が異なるため単純な比較はできないが、久保ら（1992）は、硫安を使用して実生の果菜類をポット育苗するときの用土 1 L 当たりの窒素施肥量は $200 \sim 300 \text{ mg}$ が適すると報告しているが、窒素施肥量が $400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ で生育が最も良かったことからウワバミソウの好適窒素施肥量は果菜類の場合よりもやや高いと思われた。これはウワバミソウが山野で自生していることを考慮すると予想外の結果であった。久保ら（1992）は窒素として硫安を使用したのに対して、本実験では硝酸アンモニウムを使用したこと、および本実験では実際の育苗場面を想定して頭上灌水によって苗の管理を行ったため、硝酸態窒素の水による溶脱が発生しやすかったことが影響した可能性がある。また、培養土の保肥力は灌水方法だけでなく、材料にも影響されるので、今後、実際の育苗現場を想定した育苗用土の組成や灌水方法の違いなどを考慮して、好適施肥量を明らかにしていく必要がある。

鉢上げ 21 日後の調査では窒素施肥量にかかわらず生育の差は認められなかった。この要因は、ウワバミソウの挿し芽苗の初期生育が遅く、この調査時期では地上部の生育差が認められるほど生育が進んでいなかったためであると推測される。したがって、ウワバミソウの挿し芽苗の育成では鉢上げ後初期の段階における窒素施肥量は少量で良いと考えられ、今後はウワバミソウの挿し芽苗の窒素吸収特性を調査し、その特性に合わせた施肥方法を明らかにしていく必要がある。

摘要

ウワバミソウの挿し芽苗の生育に及ぼすポット育苗における培養土の窒素施肥量の影響を調査した。バーミキュライトを用いて1 L当たりの窒素施肥量を0, 200, 400 および800 mg とした培養土を作成し、発根したウワバミソウの挿し穂を鉢上げした。鉢上げ 21 日後では各施肥量とも生育に差は認められなかったが、鉢上げ 42 日後では窒素施肥量が400 mg・L⁻¹の培養土で最も生育が促進された。



第 4-3-1 図 培養土の窒素施肥量がウワバミソウの挿し芽苗の主茎長 (A)、主茎の葉数 (B) および主茎の茎径 (C) の生育に及ぼす影響
同一調査日において異なる文字間には、Tukey 法で 5% レベルで有意差あり

第 5 章 珠芽による繁殖

第 2 章の自生地調査で明らかにしたように、ウワバミソウの珠芽は、秋に茎の節にある腋芽が肥厚することにより形成され、成熟すると離層が発達して地面に落下する。落下後の珠芽は、冬の低温に遭遇し、翌春には萌芽して新しい植物体を形成する。このため、珠芽を用いた栄養繁殖が可能であり、第 1 章第 2 節のアンケート調査の結果、珠芽による繁殖が行われていることが認められた。

珠芽を用いた繁殖として、秋に採取した珠芽を日陰に設けた苗床に 5 cm 間隔、深さ 5 cm で植え付け、翌秋あるいは苗が小さい場合には翌々年の秋に定植する(大沢, 1986)。また、セルトレイを用いた育苗も可能であり、秋に珠芽を採取して乾燥しないように土中で保存した後、翌春にセルトレイにまき、ハウス内で管理した場合は 30~40 日で苗が完成する(栗田, 1997)。このように、珠芽による繁殖は、ウワバミソウの繁殖方法として一般的であり、珠芽を用いた繁殖に関する知見の蓄積を目的とした実験を行った。

第 1 節 珠芽の水耕による挿し穂採取用母株の育成

第 4 章第 2 節 2. では挿し穂を用いた水耕による母株の育成方法を検討し、慣行栽培と比較して水耕することで挿し穂収量は増大することを明らかにした。ウワバミソウの水耕での栽培の開始には挿し芽からだけではなく、珠芽から始めることも可能であると考えられるが、これまでに珠芽から水耕した事例はない。第 4 章第 2 節 2. 1. において、発根した挿し穂(挿し芽苗)の生育と培養液濃度の関係は、0.25 単位では良好な生育を示し、0.5 単位では生育量は 0.25 単位と同等であったが葉先枯れ症状が発生し、1 単位では葉先枯れ症状だけでなく枯死する株も認められた。このように、ウワバミソウの挿し芽苗の水耕時の生育は、培養液濃度の影響を受けることが明らかとなった。

そこで、ウワバミソウの珠芽を利用して水耕したときの生育と培養液濃度の関係を検討した。

材料および方法

実験 1 低濃度培養液での生育と EC の推移

2013 年 10 月 20 日に福井県大飯郡おおい町の自生地で珠芽を採取し、灌水によって湿らせたバーミキュライトと混合してビニール袋に入れて密閉した後に 4°C で低温処理を行い、珠芽の休眠を打破した。2014 年 8 月 18 日に水を十分に含ませたウレタンキューブをプラスチックトレイに入れ、芽を上に向けて珠芽を置床し、乾燥しないように適宜水道水を補給した。2014 年 9 月 15 日に培養液を入れた水耕装置に発泡ポリエチレンシートを浮かべ、1 コンテナ当たり 6 株ずつ 10 cm 間隔で定植した。試験区の構成は、移植後の培養液濃度を 0.13 および 0.25 単位とした 2 区を設け、各区 1 コンテナずつ供試した。1 コンテナ当たりの培養液量は、移植 3 週間後までは 3 L とし、その後は 5 L とした。培養液の減少分は水道水を適宜補給し、ほぼ 10 日ごとに培養液を全量交換した。閉鎖型培養室内の気温は 22°C としたが、その他の試験条件は、第 4 章第 2 節 2. 1. と同様である。

定植後 7 日ごとに主茎長および主茎の節数を測定し、培養液の全量交換時に培養液の EC を計測した。なお、珠芽から複数の芽が伸長した場合には先に萌芽した芽を主茎とした。

実験 2 培養液濃度と生育の関係

2014 年 2 月 19 日に水を十分に含ませたウレタンキューブをプラスチックトレイに入れ、芽を上に向けて珠芽を置床し、乾燥しないように適宜水道水を補給した。2 月 26 日には 0.25 単位の培養液を与えた。2014 年 3 月 12 日に培養液を入れた水耕装置に発泡ポリエチレンシートを浮かべ、1 コンテナ当たり 6 株ずつ 10 cm 間隔で定植した。

試験区の構成は、定植後の培養液濃度を常時 0.25 単位とした区 (0.25 単位) および定植 14 日後まで 0.25 単位としてその後 0.5 単位とした区 (0.5 単位) の 2 区とし、各区 1 コンテナずつ供試した。0.25 および 0.5 単位の培養液の電気伝導度 (EC) は、それぞれ約 0.7 および 1.3 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ であった。その他の試験条件は、実験 1 と同様とした。

定植後 7 日ごとに主茎長および主茎の節数を測定し、平均節間長を算出した。試験終了後の定植 64 日後には珠芽からの発生茎数、主茎の下から 3 cm の部分の茎径、1 株の茎葉

と根の新鮮重および主茎から発生した側枝数と総側枝長を調査した。なお、珠芽から複数の芽が伸長した場合には先に萌芽した芽を主茎とし、後から萌芽した芽は側枝数の調査対象から除外した。主茎から発生した 1 cm 以上の第一次側枝を側枝として扱い、総側枝長は主茎から発生した側枝の長さの総和を示す。根新鮮重はウレタンキューブの外側に発生している根を測定対象とし、ペーパータオルに 30 分間挟み水分を除去した後に調査した。

結果

実験 1 低濃度培養液での生育と EC の推移

0.13 および 0.25 単位区の更新直後の新しい培養液の EC は、0.53~0.62 および 0.83~0.88 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ の範囲であった（第 5-1-1 図）。0.13 および 0.25 単位区の更新から 10 日経過した培養液の EC は、0.49~0.56 および 0.75~0.81 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ の範囲であった。

0.13 および 0.25 単位区の節数は、定植後ほぼ同様に増加し、定植 70 日後にはそれぞれ 13.2 および 12.3 節に増加した（第 5-1-2 図 A）。いずれの調査日においても、培養液濃度による節数の有意な差は認められなかった。0.13 および 0.25 単位区の主茎長は、定植 70 日後にはそれぞれ 10.5 および 9.7 cm であった（第 5-1-2 図 B）。いずれの調査日においても培養液濃度の違いによる有意な差は認められなかった。

実験 2 培養液濃度と生育の関係

定植時のウラボミソウの節数は 3.3~3.6 節であり、定植 7 日後ごとに 1~2 節程度ずつ増加した（第 5-1-3 図 A）。いずれの調査日においても培養液濃度の違いによる節数の有意な差は認められず、0.25 および 0.5 単位の定植 63 日後の節数は、それぞれ 16.0 および 14.5 節であった。主茎長の推移は、定植 35 日後までは培養液濃度による違いは認められず、定植 42 日後には 0.25 単位でやや長くなり、定植 49 日後では両区間に有意差が認められた（第 5-1-3 図 B）。0.25 単位の平均節間長は、定植後日数の経過とともに長くなり、定植 63 日後では約 11 mm であった（第 5-1-3-図 C）。0.5 単位の平均節間長は、定植 35 日後以降 6.5~7.1 mm の範囲に留まった。定植 49 日後以降において、0.5 単位の平均節

間長は、0.25 単位と比較して有意に短くなった。

0.25 および 0.5 単位の定植 64 日後における珠芽から発生した茎数と主茎から発生した側枝数は、有意な差は認められなかった（第 5-1-4 図 A, B）。0.5 単位と比較して 0.25 単位では、下から 3 cm の部分の主茎の茎径は有意に太く（第 5-1-4 図 C）、1 株の茎葉新鮮重は有意に重く（第 5-1-4 図 D）、1 株の根新鮮重は有意に重かった（第 5-1-4 図 E）。また、主茎から発生した側枝の長さの総和である総側枝長は、0.5 単位と比較して 0.25 単位で有意に長かった（第 5-1-4 図 F）。

主茎 1 本当当たりの側枝数のうち、5 cm 未満の本数は、0.25 単位と比較して 0.5 単位で多かったが、5 cm 以上の本数は 0.5 単位と比較して 0.25 単位で多かった（第 5-1-1 表）。

考察

実験 1 において、0.13 単位および 0.25 単位の培養液を用いて水耕したところ、移植後の生育は両者ともほぼ同様に推移し、培養液濃度の違いによる生育差は認められなかった。ヤマトキホコリを水耕して培養液濃度と生育の関係を調べたところ、園試処方培養液の標準および 1/2 の濃度と比較して 1/4~1/6 の濃度の方で草丈が優れたと報告されており（黒田ら、2006）、本研究の結果と同様な傾向であった。定植後の EC の推移は、培養液の更新までの間に水を補給したにもかかわらず EC の減少幅は最大でも $0.09 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ と比較的小さく、また実験 1 での 1 株当たりの培養液量は栽培後半でも 0.8 L 余りであることから、各無機養分の吸収量は不明であるが、ウラボミソウの水耕では少量の肥料で栽培可能であると考えられた。

実験 2 における定植後の主茎長の推移は、定植 49 日後から有意な差が見られ始めたが、節数には差はないため、この主茎長の差は節間長の差であると考えられる。実験 2 での培養液濃度の管理方法は、すべての区において 0.25 単位で水耕を開始し、定植 14 日後に 0.5 単位では培養液濃度を 0.5 単位とした。しかし、0.25 単位と 0.5 単位の培養液濃度に差が現れるのは変更後 35 日後以降であった。これは 0.25 単位では平均節間長が日数の経過に

伴って長くなるが、0.5 単位では 35 日後以降の節間伸長が抑えられたためであると考えられ、植物体の齢や環境条件の違いにより高濃度培養液に対する反応が異なる可能性が示唆された。

葉菜類の生育と培養液濃度との関係では、ニラの生育に好適な培養液濃度は大塚ハウス A 処方 of 1/4~1 単位であると報告がある（安・池田，2004）。また，ハウレンソウの収量と園試処方培養液の濃度の関係を調べた結果，‘次郎丸’では 50~200%，‘キング・オブ・デンマーク’では 50~100%の濃度で収量が優れたと報告されている（並木ら，1979）。このように葉菜類の水耕では良好な生育を示す培養液濃度にはある程度の幅が認められるが，ウワバミソウにおいてはその濃度が相当に低い可能性が示唆された。また，挿し芽苗を供試した第 4 章第 2 節 2. 1. の実験では，0.25 単位と 0.5 単位の生育は同等であったが，珠芽を供試した本実験では 0.25 単位と比較して 0.5 単位で生育は劣ったことから生育に適した培養液濃度の範囲は，用いた苗が挿し芽由来か，珠芽由来かによって異なる可能性がある。

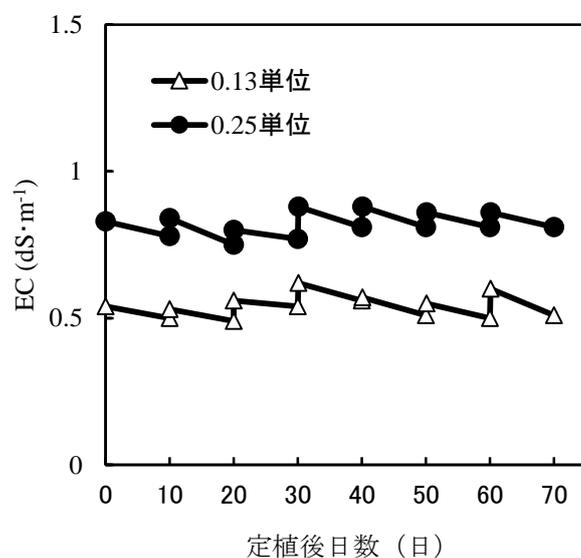
実験 2 における側枝数は，培養液濃度の違いによる差は認められなかったが，挿し穂を採取する基準となる 5 cm 以上の側枝数は，0.5 単位と比較して 0.25 単位で有意に多かったことから，挿し穂の確保を目的とした母株の育成という観点からも 0.25 単位で水耕することが望ましいと考えられた。なお，実験 2 の条件において 0.25 単位で水耕した場合，主茎 1 本当たり側枝から 6.8 本と主茎の 1 本，合計 7.8 本の挿し穂を採取できると考えられる。

以上のことから，本実験の条件でウワバミソウを珠芽から水耕する場合，0.5 単位では主茎や側枝，根の生育が抑制されたため，水耕に用いる培養液濃度は 0.13~0.25 単位が望ましいと考えられた。

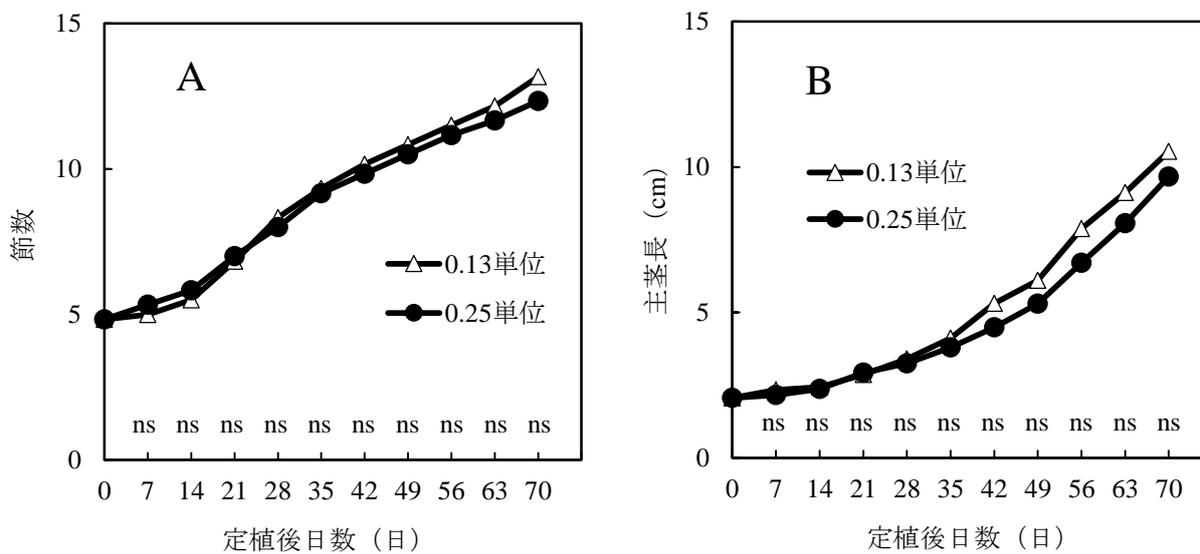
摘要

ウワバミソウの珠芽を用いて，湛液水耕における培養液濃度と生育の関係を調査した。水耕には園試処方培養液を使用した。実験 1 として培養液濃度を 0.13 および 0.25 単位の

2区として水耕した。定植後のECの推移は、培養液の更新までの間に水を補給したにもかかわらずECの減少幅は最大でも $0.09 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ と比較的小さかった。定植後の生育は、両濃度ともに同様に推移し、いずれの調査日においても培養液濃度の違いによる有意な差は認められなかった。また、実験2として培養液濃度を0.25および0.5単位の2区として水耕した。定植直後はすべての試験区で0.25単位の培養液で水耕し、定植14日後に0.5単位とする試験区の培養液濃度を0.5単位に上昇させた。0.25単位の主茎長および平均節間長は、0.5単位と比較して移植49日以後では有意に長かった。定植64日後の調査では、0.25単位の主茎の下から3 cmの茎径、1株の茎葉と根の新鮮重および総側枝長は、0.5単位と比較して有意に優れた。以上のことから、本実験の条件でウワバミソウを珠芽から水耕する場合、0.5単位では主茎や側枝の生育が抑制されたため、水耕に用いる培養液濃度は0.13~0.25単位が望ましいと考えられた。

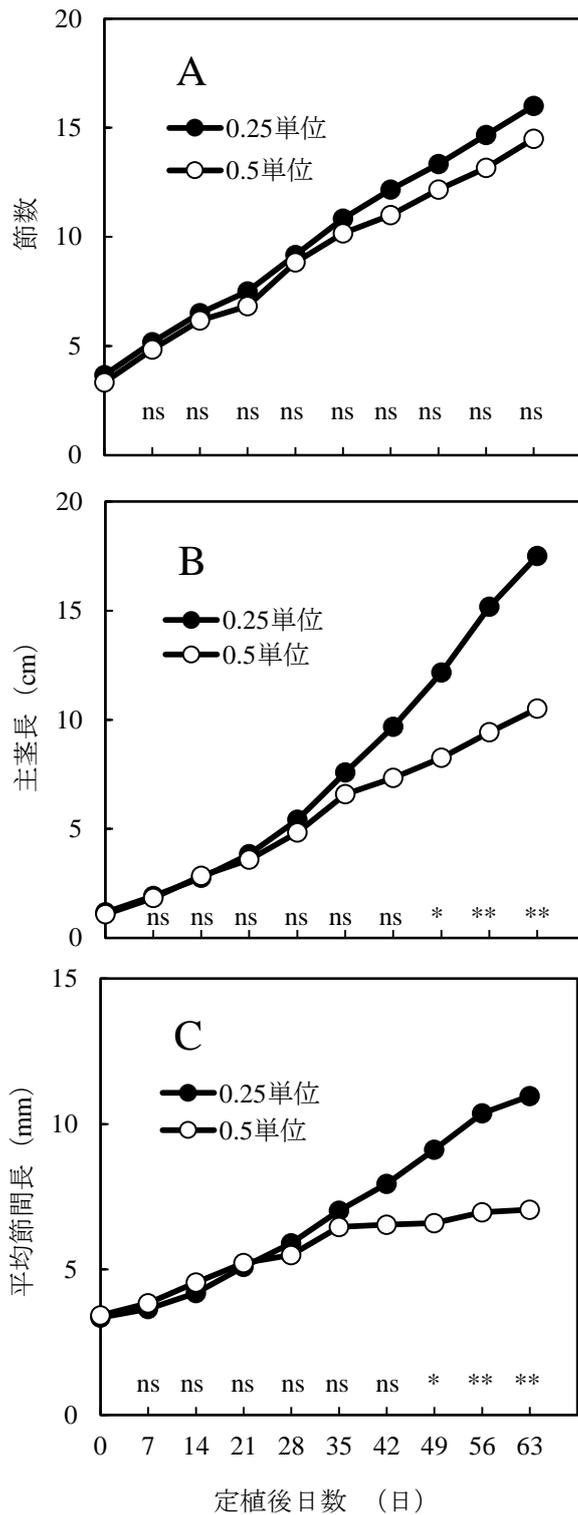


第 5-1-1 図 定植後の EC の推移

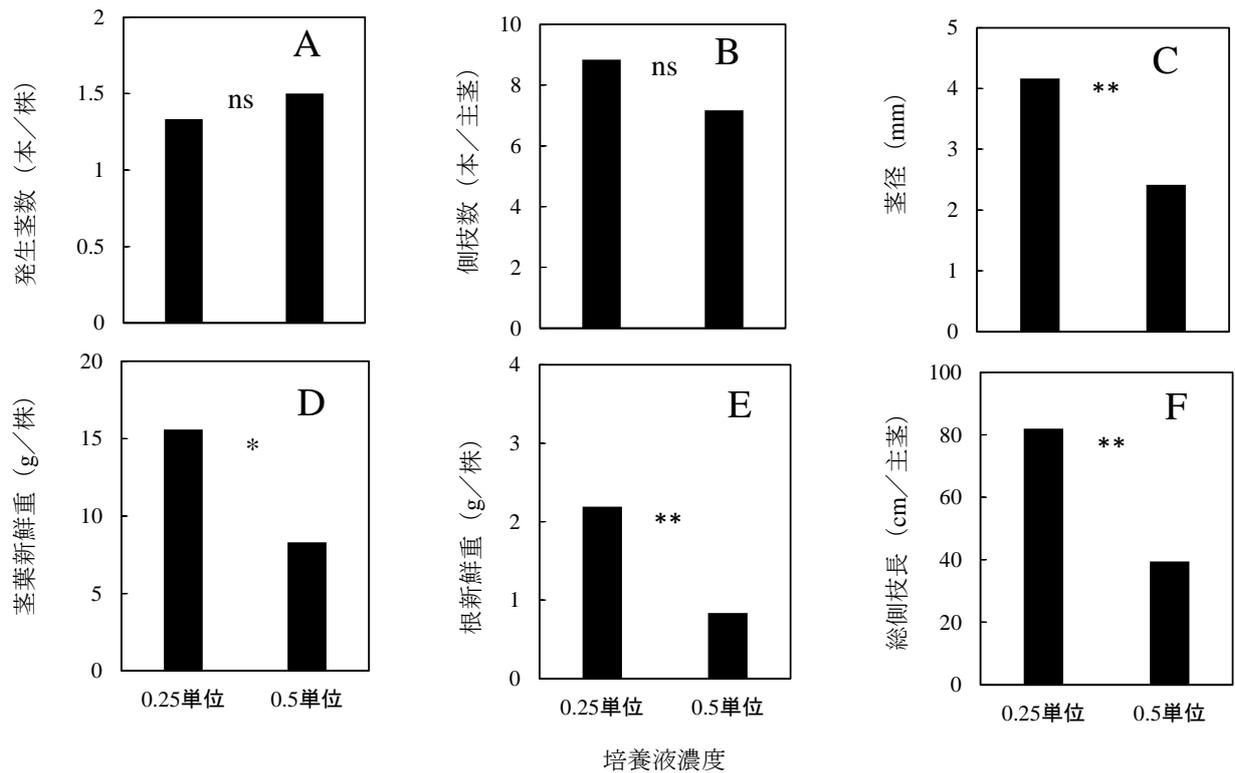


第 5-1-2 図 培養液濃度が珠芽由来のウワバミソウの節数 (A) および主茎長 (B) の生育に及ぼす影響

図中の ns は t 検定により有意差なしを示す



第5-1-3 図 培養液濃度が珠芽由来のウバミソウの節数 (A) , 主茎長 (B) および平均節間長 (C) の生育に及ぼす影響
 図中の ns, *, **は t 検定により有意差なし, 5%水準で有意差あり, 1%水準で有意差ありを示す



第 5-1-4 図 培養液濃度が珠芽由来のウラボミソウの発生茎数 (A) , 側枝数 (B) , 茎径 (C) , 茎葉新鮮重 (D) , 根新鮮重 (E) および総側枝長 (F) に及ぼす影響 (定植 64 日後調査)

図中の ns, *, **は t 検定により有意差なし, 5%水準で有意差あり, 1%水準で有意差ありを示す

第 5-1-1 表 培養液濃度と 5 cm 以上あるいは 5 cm 未満の
側枝数の関係（定植 64 日後調査）

培養液濃度	側枝数（本／主茎）	
	5 cm以上	5 cm未満
0.25単位	6.8	2.0
0.5単位	3.5	3.7
t検定	*	** ^z

^z **および*は1および5%水準で有意差ありを示す

第2節 自発休眠打破に及ぼす採取時期と低温処理期間の関係

ウワバミソウの採取時の珠芽は休眠状態にあるが、冬の低温に遭遇することで休眠は打破される。休眠打破に必要な低温期間に関し、Okagami (1979) は、ウワバミソウの珠芽を2℃の低温処理に0～75日間遭遇させ、低温処理期間と発芽の関係を調査し、明条件での置床100日後の発芽率は低温処理期間が0日間で約45%、30日と45日間ではそれぞれ80%と100%であることを報告したが、発芽率の調査時期が置床100日後であることから、斉一に発芽しているか不明である。鈴木・佐竹(2000)は、10月下旬にウワバミソウの珠芽を採取して低温処理期間と出芽の関係を調べ、4℃で16週間低温処理した場合で置床3週間後に出芽率は93%に達したと報告したが、低温処理期間の設定が1, 2, 4, 8および16週間であり、低温処理期間の間隔が大きい。育苗や栽培のためには斉一に珠芽を出芽させて生育を揃えることが大切であるが、斉一に発芽させるためにどの程度の長さの低温処理が必要であるか、より詳細な処理期間の検討が必要である。

Okagami (1979) は、熟度が異なるウワバミソウの珠芽を用いて低温処理したところ、熟度が異なると低温に対する反応が異なることを報告した。ウワバミソウの珠芽は、9月頃から形成が始まり、11月に脱落する。したがって、自生地における珠芽の採取は、3か月にわたって可能であるが、採取した時期によって、すなわち熟度の違いによって低温処理に対する反応が異なる可能性がある。

そこで本実験では、休眠打破に及ぼす珠芽の採取時期と低温処理期間の関係を明らかにするために、9～11月にかけて珠芽を採取して、低温処理し発芽実験を実施した。

材料および方法

2016年9月～11月にかけて、第5-2-1表に示した時期に福井県大飯郡おおい町の自生地で珠芽を採取した。湿らせたパーミキュライトに珠芽を包埋してビニール袋に入れて密閉した後に2℃で0～80日間低温処理した。採取時期ごとの低温処理期間は第5-2-2表のとおりである。低温処理終了後、珠芽を取り出し水道水で洗浄し、直径9cmシャーレ

にろ紙 (No.2) 2 枚を敷き、蒸留水を 10 mL 加えた後に芽を横に向けて珠芽を 16~20 粒置床して蓋をした。各試験区ともに 3 反復とした。24℃に設定した閉鎖型培養室 (照度; 約 100 lx, 光源; 白色蛍光灯, 明期; 16 時間) で置床後のシャーレを管理した。12 月 28 日~1 月 3 日の間を除いて、置床当日~25 日後まで毎日発芽個体数を調査した。なお、珠芽の芽は発芽前であっても肉眼で観察できることから、発芽した芽と発芽していない芽を確実に判別するために、芽が 5 mm 以上伸長したときを発芽と定義した。珠芽の採取時に珠芽の横径と新鮮重を 60 個ずつ調査した。置床後の発芽データをもとに発芽率を算出し、最終発芽率が 50%以上の試験区では発芽率 50%到達日数を求めた。

結果

珠芽採取時の離層の形成状況は、9 月採取では離層形成前、10 月採取では主茎の上位節で離層形成が始まっており、11 月採取では離層形成が終了して地表に落下している状態であった (第 5-2-1 表)。珠芽の大きさは、9 月採取と 10 月採取では同等な大きさであったが、11 月採取では 10 月採取と比較して小さかった。

9 月採取の発芽率は、80 日処理では置床 21 日後に 90%に達したが、15~60 日処理では調査終了日において 5~44%であり、0 日処理では 0%であった (第 5-2-1 図)。10 月採取の発芽率は、80 日処理では置床 15 日後に 90%に達したが、45 および 60 日処理では調査終了日においてそれぞれ 6 および 44%であり、0~30 日処理では 0%であった。11 月採取の発芽率は、60 日処理では置床 20 日後に 90%に達し、45 日処理では調査終了日において 80%に達したが、30 日処理では 8%であり、0 および 15 日処理では 0%であった。

11 月採取の 45 および 60 日処理の最終発芽率は、9 月採取の 80 日処理および 10 月採取の 80 日間の低温処理との間で有意な差は認められなかった (第 5-2-2 表)。発芽率 50%到達日数は、9 月採取の 80 日処理、10 月採取の 80 日処理および 11 月採取の 60 日処理の間では有意な差は認められなかったが、11 月採取の 45 日処理では有意に遅くなった。

考察

採取時の珠芽の大きさは、10月採取に比べて、11月採取でやや小さくなった。9月および10月採取では茎に着生している珠芽を採取することができたが、11月採取では珠芽は茎から落下していたことから地表に落ちた珠芽を拾い集めた。ウワバミソウの珠芽の大きさは着生位置により異なり、茎下部から上部になるにつれて小さくなる傾向がある(戸澤, 2006)。そのため、小さな珠芽が集まった場所で珠芽を拾い集めた可能性が考えられる。珠芽の大きさは発芽率に影響しないことから(松本, 2004b; 坂口・秦野, 2012; 鈴木, 2004; 戸澤, 2006)、発芽率を調査した本実験では特に影響はないと考えられる。

霜にあうと珠芽は落下してしまい、山野で地面に落ちた珠芽を探すのは大変であるため、栽培に用いる珠芽の採取時期は、霜の降りる直前が良い(田中, 1999)。一方、珠芽の形成は9月には認められ、珠芽の採取は9~11月にかけて可能である。鈴木・佐竹(2000)は、10月下旬に採取したウワバミソウの珠芽を4℃で16週間低温処理して置床3週間後に93%の出芽率を得た。本実験では9月採取と10月採取の珠芽を2℃で80日間低温処理することにより、置床21日後に90%以上の発芽率となり、鈴木・佐竹(2000)の結果と同様な結果を得ることができた。したがって、9月および10月に採取した珠芽は、2℃で80日間の低温処理することで休眠は十分に打破され、育苗に使用できると考えられた。

11月に採取し、60日間の低温処理した珠芽の発芽率は、9月および10月採取の80日処理と同等であったが、これは自生地の気温低下により休眠の覚醒が始まっていたことが原因として推測される。しかしながら、11月に珠芽を採取しようとする、地表に落下した珠芽を探さなければならないため効率的ではない。したがって、珠芽の採取は10月までに行うことが望ましいと考えられる。

渡辺ら(1994)は、山形県最上地域においてウワバミソウの根茎は、11月下旬では休眠状態にあり、休眠はその後徐々に覚醒にむかい、1月中~下旬にほぼ覚醒すると推測した。自然状態ではいつの時期から休眠打破に有効な気温となるのかは不明であるが、その時期を11月と仮定すると、1月中~下旬までの低温遭遇期間は約75~90日と推定される。器

官は異なるが、珠芽においても、根茎と同様に休眠打破には 80 日前後の低温遭遇が必要であると考えられる。

9 月採取では 15 および 30 日間の低温処理において、珠芽はわずかではあるが発芽した。一方、10 月採取では 15 および 30 日間の低温処理において、珠芽は発芽しなかった。Okagami (1979) は、ウワバミソウの珠芽は、熟度の異なると低温処理に対する反応が異なると報告した。Hasegawa・Hashimoto (1973) は、大きさを成熟度の指標としてヤマイモのむかごを分類し、低温処理期間と発芽の関係を調べたところ、150 日間の低温処理ではすべての大きさのむかごで速やかに発芽したが、50 日および 100 日間の低温処理ではむかごの大きさにより発芽速度の違いが認められたと報告した。勝尾ら (1970) は、チャにおいて採種時期と発芽の関係を調査した結果、発芽率は落下直前に採種した種子で最も高いことからこの時期を採種適期と判断し、種子の発芽能力は採種適期の 1 か月半ないし 2 か月前から徐々に増大し、落下後の種子では発芽率は低下すると報告した。このように、成熟に対する定義は異なるものの、成熟度が異なると発芽率に影響する事例が報告されている。本実験では 9～11 月にかけて採取時期を変えることによって成熟度の異なる珠芽を供試し、珠芽の休眠程度が異なる可能性が示唆されたが、9～10 月にかけて採取した珠芽を繁殖に用いる場合では、実用上は 80 日間、11 月に採取した場合には 60 日間の低温処理を行えば問題ないと考えられる。しかし、11 月には珠芽が落下するので、珠芽採取の面からすると、9～10 月採取の珠芽の利用が望ましい。

摘要

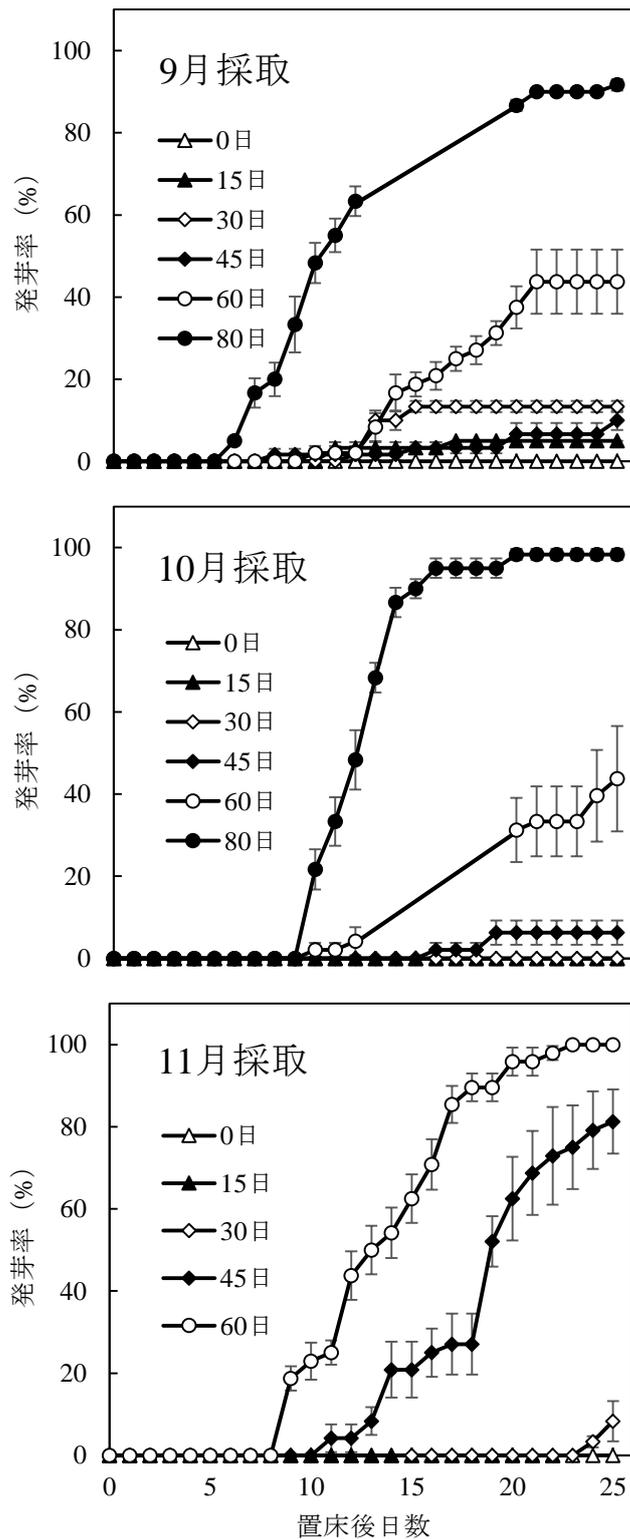
ウワバミソウの珠芽の休眠打破に及ぼす採取時期と低温処理期間の関係を明らかにするために、9～11 月にかけて 3 回珠芽を採取して、低温処理期間と発芽の関係を調査した。低温処理の温度は 2℃とし、期間は 9 月および 10 月採取では 0～80 日間、11 月採取では 0～60 日間とした。9 月および 10 月に採取した珠芽では、80 日間の低温処理により、発芽率は置床 21 日後までに 90%以上となった。11 月に採取した珠芽では、60 日間の低温処理

により、発芽率は置床 20 日後までに 90%以上となった。11 月に珠芽を採取しようとする
と、地表に落下した珠芽を探さなければならぬため効率的ではない。したがって、珠芽
の採取は 10 月までに行い、2℃で 80 日間の低温処理を行うことで珠芽の休眠は十分に打
破されると考えられた。

第 5-2-1 表 珠芽の採取時期と採取時の大きさ

試験区	珠芽採取日	低温貯蔵開始日	離層形成状況	採取時の珠芽の大きさ	
				幅 (mm)	新鮮重 (g)
9月採取	9月25日	9月26日	離層形成前	5.0 ab ^z	0.10 ab
10月採取	10月15日	10月16日	離層形成初期	5.3 a	0.11 a
11月採取	11月19日	11月20日	離層形成終了 (珠芽は地表に脱落)	4.6 b	0.09 b

^zTukey法により同一列の異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり



第 5-2-1 図 採取時期と低温処理期間の違いが珠芽の発芽に及ぼす影響
 図中の縦線は標準誤差を示す (n=3)

第5-2-2表 珠芽の採取時期と低温処理期間の違いが最終発芽率と発芽率50%到達日数に及ぼす影響

採取時期 (月)	低温貯蔵期間 (日)	供試粒数 (粒/反復)	最終発芽率 (%)	発芽率50%到達日数 (日)
9月	0	20	0.0	— ^x
	15	20	5.0 d ^y	—
	30	20	13.3 cd	—
	45	20	10.0 cd	—
	60	16	43.8 bc	—
	80	20	91.7 a	10.3 a ^w
10月	0	20	0.0	—
	15	20	0.0	—
	30	20	0.0	—
	45	16	6.3 d	—
	60	16	43.8 c	—
	80	20	98.3 a	12.7 a
11月	0	20	0.0	—
	15	20	0.0 ^z	—
	30	20	8.3 d	—
	45	16	81.3 ab	20.3 b
	60	16	100.0 a	13.3 a

^z 播種30日後のデータ(1月4日調査)

^y 角変換後の数値を用いたTukey法により同一列の異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり

^x 発芽率が50%に達していないため算出していない

^w Tukey法により同一列の異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり

第3節 自発休眠打破に及ぼすジベレリンおよびベンジルアミノプリン処理の効果

前節では低温処理による休眠打破を試みたが、齊一に珠芽を発芽させるためには60～80日間にわたる低温処理が必要であった。ウワバミソウの育苗期間は1～2年程度（大沢，1986）と長期にわたる。珠芽を用いて育苗する場合，ハウスを用いて早期に育苗することで育苗開始の翌年からの収穫が可能となるが，露地での育苗では植え付け後の株養成期間が十分取れないことから収穫可能となる時期が1年遅れる（栗田，1997）。採取後の珠芽を速やかに休眠打破することができれば，低温処理による休眠打破処理期間を育苗期間に充てることが可能となり，より齢の進んだ苗を育成することにつながると考えられる。したがって，低温処理よりも簡便かつ短期間で休眠を打破し，採取直後の珠芽を速やかに出芽させる技術開発が望まれる。

その一つとして，植物成長調節物質の利用が考えられる。Okagami（1979）は，ジベレリン処理によってウワバミソウの珠芽の休眠を打破できることを報告した。渡辺ら（1994）は，ウワバミソウの根茎をジベレリン処理することで休眠を打破できることを報告したが，休眠打破後に萌芽した芽の生育が停止する「出すくみ」の発生も報告した。また，サイトカイニンがグラジオラス球茎の休眠を打破するとの報告もある（Tsukamoto・Yazawa, 1973）。しかし，実際の育苗や栽培を前提としたウワバミソウの珠芽の休眠打破および打破後の生育に及ぼすジベレリン処理およびサイトカイニン処理の影響は検討されていない。

そこで本実験では，実際の栽培を想定して出芽後も生育可能であるか評価するために培養土に置床し，発芽ではなく出芽を調査対象として，ウワバミソウの珠芽の自発休眠打破および打破後の生育に及ぼすジベレリンおよびベンジルアミノプリン処理の影響を検討した。

材料および方法

実験1 自発休眠中の珠芽の出芽に及ぼすジベレリン処理の影響

2012年10月21日に福井県大飯郡おおい町の自生地で採取したウワバミソウの珠芽（離

層完成前、横径約 3~5 mm) を供試し、気温 20℃、白色蛍光灯で 16 時間日長、シャーレ表面の照度約 1,000 lx とした福井県立若狭東高等学校の閉鎖型培養室で試験した。10 月 23 日に各濃度に調整した GA 溶液内に珠芽を入れ、24 時間の浸漬処理を行った。GA の濃度は、0、100 および 500 ppm の 3 段階とした。浸漬処理後、珠芽を水道水で洗浄し、直径 9 cm、深さ 2 cm のシャーレに厚さ約 5 mm でバーミキュライトを入れ、各区 25 個ずつ珠芽を横向きに置き、バーミキュライトで厚さ約 5 mm となるように覆土した。各区とも反復を設けなかった。覆土後、シャーレの底に水がたまらない程度に蒸留水をハンドスプレーで散布し、シャーレの蓋を閉めずに管理し、置床 20 日後まで 5 日間隔で出芽数を調査した。なお、バーミキュライトの表面に幼芽を確認できたときを出芽とし、毎回の調査後に出芽した個体を取り除いた。

実験 2 自発休眠中の珠芽の出芽と生育に及ぼすジベレリンおよびベンジルアミノプリンの組み合わせ処理の影響

2012 年 11 月 4 日に実験 1 と同じ自生地で採取したウワバミソウの珠芽（離層完成後、横径約 5~8 mm) を供試し、気温 20℃、白色蛍光灯で 16 時間日長、セルトレイ表面の照度約 1,000 lx とした福井県立若狭東高等学校の閉鎖型培養室で試験した。11 月 5 日に各濃度に調整した GA および BAP 溶液内に珠芽を入れ、24 時間の浸漬処理を行った。GA の濃度は 0、10、50 および 100 ppm の 4 段階および BAP の濃度は 0、1 および 10 ppm の 3 段階とし、これらを組み合わせた計 12 処理区を設けた。浸漬処理後、水道水で珠芽を洗浄し、バーミキュライトを詰めた 200 穴セルトレイに 1 セル当たり 1 個、各区 20 個ずつ置床し、厚さ約 5 mm となるようにバーミキュライトで覆土した。置床 21 日後まで毎日出芽数を調査した。出芽率が 50% に達するまでの日数を出芽率 50% 到達日数とした。渡辺ら (1994) はウワバミソウ根茎が萌芽した後、芽の生育が停止する現象を「出すくみ」と称していることから、本実験では出芽後に葉が展開せず茎が伸長しない株を出すくみ株とした。置床 28 日後に出すくみ株数を調査し、出芽数に対する出すくみ株数の割合を出すくみ率とした。また、正常に生育している株から 10 株（正常生育株が 10 株以下の区では全正常生育株）

を無作為に選び、主茎長、珠芽から発生した茎数および主茎の葉数を調査した。

結果

実験 1 自発休眠中の珠芽の出芽に及ぼすジベレリン処理の影響

GA0 ppm 処理の場合、試験期間中に珠芽は全く出芽しなかった（第 5-3-1 図）。GA100 および 500 ppm 処理の場合、置床 5 日後に出芽が認められた。出芽率は GA100 ppm 処理で置床 10 日後に 50% を超え、試験終了時の置床 20 日後には 84% に達した。GA500 ppm 処理では、100 ppm 処理と比較して出芽率の上昇は緩やかであり、試験終了時の置床 20 日後の出芽率は 32% と低かった。

実験 2 自発休眠中の珠芽の出芽と生育に及ぼすジベレリンおよびベンジルアミノプリンの組み合わせ処理の影響

BAP の濃度にかかわらず、GA0 ppm 処理で珠芽は全く出芽しなかったが、GA10、50、100 ppm 処理では置床 4~6 日後から出芽した（第 5-3-2 図）。GA10 ppm 処理では、BAP の添加により最終出芽率が 45% から 80~85% へと大きく上昇した。GA 単独処理での最終出芽率は、50 ppm と 100 ppm 処理では 95~100% と高く、BAP の添加による最終出芽率の違いはほとんど認められなかった。

出芽率 50% 到達日数は、GA 単独処理の場合、100 ppm 処理で 5 日と最も早く、次いで 50 ppm 処理で 8 日と早かったが、10 ppm 処理では実験終了時（置床 21 日後）でも出芽率は 50% に達しなかった（第 5-3-1 表）。GA 処理と BAP 添加の組み合わせ処理の場合、出芽率 50% 到達日数は、GA が 50 および 100 ppm 処理の場合では GA 単独処理とほぼ同程度であった。GA10 ppm 処理の場合、1 および 10 ppm の BAP の添加によりそれぞれ置床 10~14 日後に出芽率は 50% を超え、GA 単独処理と比較して出芽が早まった。

GA100 ppm 処理の場合には、BAP の添加濃度にかかわらず出芽した株は全株正常に生育し、出すくみは認められなかった。一方、GA50 ppm 処理で BAP1 および 10 ppm を添加した区では 5% の個体に出すくみが認められ、GA10 pm 処理で BAP1 および 10 ppm を添加し

た区の出すくみ率はそれぞれ 24 および 33%であった。特に、BAP を添加せず、GA 処理濃度が低い場合に出すくみの発生が顕著であった。

珠芽から出芽し、出すくみの認められなかった株の主茎長は、BAP 濃度が 0 および 1 ppm の場合、GA50 ppm 処理に比べて 100 ppm 処理の方が有意に長かった。BAP10 ppm でも GA100 ppm 処理の方が長かったが、有意な差は認められなかった。一方、GA の濃度が 100 ppm の場合、主茎長は BAP を 10 ppm 添加すると短くなった。

珠芽から発生した茎数は、BAP の添加濃度が同一の場合には GA 単独処理間に差が認められなかった。一方、GA100 ppm で処理した場合には、BAP0 ppm に比べ、BAP10 ppm 添加で有意に多かった。主茎の葉数にはいずれの処理区間においても有意な差は認められなかった。

考察

渡辺ら (1994) は、11～1 月にかけて順次ウワバミソウの根茎を伏せ込み、休眠特性について調べた結果、根茎は自然状態では 11 月下旬まで休眠状態にあり、その後徐々に覚醒し、1 月中～下旬までにほぼ休眠が打破されると報告した。珠芽の休眠が自然状態でいつごろ打破されるかについての報告はないが、本実験で供試した珠芽は、実験 1 および 2 でそれぞれ 10 月 21 日および 11 月 4 日に採取されたものであり、GA を処理しなかった場合、全く出芽しなかった。したがって、供試した珠芽は自発休眠中であったことを確認した。

Okagami (1979) は、GA₃ 溶液を吸収させた綿の上にウワバミソウの珠芽を置いて培養すると自発休眠を打破できることを示したが、本実験では実用場面での処理の容易さを勘案して、珠芽を GA 溶液に 24 時間浸漬処理した。本実験での珠芽の最終出芽率は、実験 1 の GA の 100 ppm 処理で 84%、実験 2 の GA の 50 および 100 ppm 処理では 95～100%であったことから、珠芽の GA への浸漬処理でも休眠打破できることが明らかとなった。しかし、同じ GA100 ppm 処理であっても、実験 1 の最終出芽率は実験 2 と比べてやや低かった。実

験 1 と 2 では珠芽の大きさと採取時期が異なるが、珠芽の大きさは発芽率に影響しない（松本，2004b；坂口・秦野，2012；鈴木，2004；戸澤，2006）。Okagami（1979）は9～10月にかけて採取した珠芽の発芽率は100%であり，坂口・秦野（2012）は11月に取りまきした珠芽の翌年の発芽率は95%以上であることを報告しており，同一の採取時期であれば採取時期がやや前後しても高い最終発芽率を得られる。しかしながら，実験1では離層完成前，実験2では離層完成後の珠芽を材料としたことから，実験材料の違いが珠芽の充実度や自発休眠の深さをとおして出芽率に影響した可能性がある。第5章第2節においても，採取時期によって珠芽の休眠程度が異なる可能性が示唆された。シロザでは，開花後15～20日目，25～30日目および40～45日目の3回にわたって採種して発芽試験したところ，開花後15日前後の未熟状態の種子では容易に発芽するが，成熟が進んだ種子では光発芽種子の特徴が現われ，さらに完熟した種子では光を与えても恒温下では強い休眠を示した（渡辺，1970）。また，実験1においてGA500 ppm処理の場合，最終の出芽率は32%であったことから，GA処理濃度が高すぎると休眠打破を抑制する可能性が示された。本実験ではGAを100 ppmで処理したときに最も出芽は優れたが，今後は採取時期も考慮して最適なGA処理濃度を明らかにする必要がある。

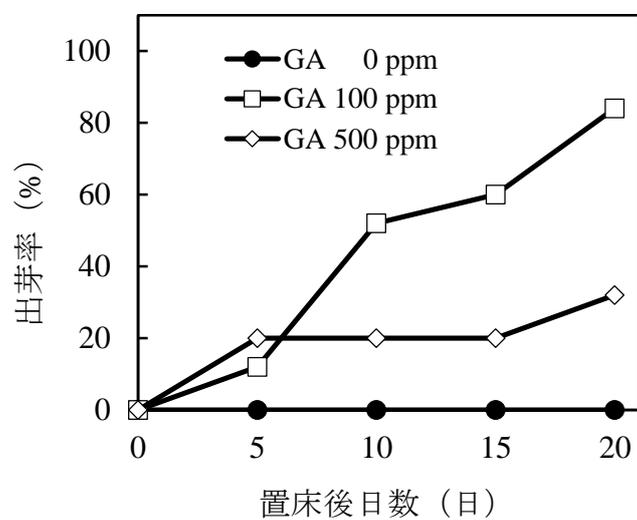
渡辺ら（1994）は，11月25日～12月24日に伏せ込んだ根茎では出すくみが発生するが，出すくみ率は，GA25～100 ppm処理で低くなり，GA濃度が高いほどその効果が高いと報告した。供試器官が異なるが，本実験でもGA10および50 ppm処理では出すくみが観察され，100 ppm処理では全く観察されなかったことから，出すくみは不完全な休眠打破によって引き起こされる可能性が示唆された。

Tsukamoto・Yazawa（1973）は，ベンジルアデニンを1～20 ppmで24時間処理することでグラジオラス球茎の休眠を打破できることを報告した。しかし，本実験ではBAPの1および10 ppmの各単独処理で珠芽の出芽を促進しなかったことから，BAP単独処理では休眠打破効果は認められないか，処理濃度が低かった可能性が示唆された。ただし，GA10 ppm処理の時にBAPを組み合わせて処理すると，GAを単独処理した場合よりも出芽数が倍増

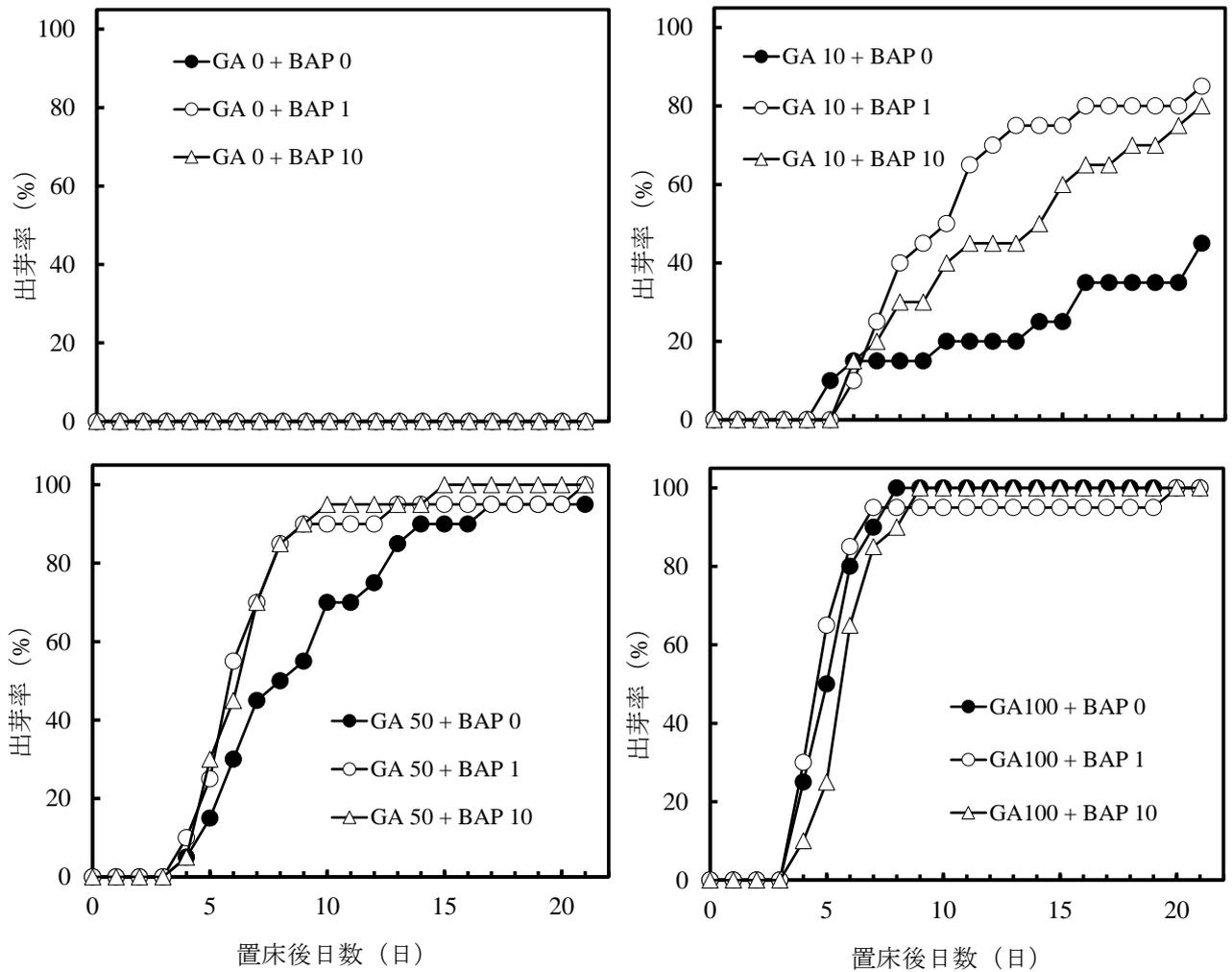
したことから、GAの出芽促進効果を高める可能性が考えられる。また、GA100 ppm処理の場合ではBAPを10 ppm添加すると主茎長は短くなったが、珠芽当たりの茎数が増えたことから、BAPの添加により茎数の多い充実した苗の育成につながる可能性が示唆された。

摘要

ウラボミソウの珠芽の休眠打破に対するジベレリン (GA) およびベンジルアミノプリン (BAP) 処理の影響について検討した。珠芽に対してGAを0, 100および500 ppmでそれぞれ処理した結果、最終出芽率は100 ppm処理で84%と最も高かったが、500 ppm処理では34%と低く、0 ppm処理では全く出芽しなかった。さらに、珠芽に対してGAの0, 10, 50および100 ppmの各処理とBAPの添加濃度を0, 1および10 ppmとして組み合わせ処理した結果、休眠打破の効果は、GA処理については10~100 ppmで濃度が高まるほど高かったが、BAP処理ではいずれの添加濃度においても休眠を打破する効果は認められなかった。しかし、GAとBAPの組み合わせ処理によって、GA10 ppm処理の場合ではGA単独処理と比較して休眠打破効果を高め、出すくみ率を低下させる作用が認められた。



第 5-3-1 図 ジベレリン (GA) 処理が珠芽の出芽に及ぼす影響



第 5-3-2 図 ジベレリン(GA)およびベンジルアミノプリン (BAP) の組み合わせ
 処理が珠芽の出芽に及ぼす影響
 図中の 0, 10, 50 および 100 は, それぞれ 0, 10, 50 および 100 ppm
 の処理濃度を示す

第 5-3-1 表 ジベレリン (GA) およびベンジルアミノプリン (BAP) の組み合わせ
処理が珠芽の出芽と生育に及ぼす影響

GA (ppm)	BAP (ppm)	供試個体数	最終出芽 個体数	出芽率50% 到達日数 (日)	出すくみ率 ^z (%)	主茎長 (cm)	茎数 (本/珠芽)	主茎葉数 (枚/主茎)
0	0	20	0	- ^y	-	-	-	-
10	0	20	9	-	89	2.0 ^x	1.0 ^x	3.0 ^x
50	0	20	19	8	21	2.4 bc ^w	1.0 b	2.9 a
100	0	20	20	5	0	4.3 a	1.0 b	3.4 a
0	1	20	0	-	-	-	-	-
10	1	20	17	10	24	2.3 bc	1.0 b	2.9 a
50	1	20	20	6	5	3.1 b	1.0 b	3.2 a
100	1	20	20	5	0	4.5 a	1.3 ab	3.4 a
0	10	20	0	-	-	-	-	-
10	10	20	16	14	33	1.4 c	1.2 ab	2.7 a
50	10	20	20	7	5	2.2 bc	1.3 ab	3.2 a
100	10	20	20	6	0	3.0 b	1.8 a	3.1 a

^z 出芽後に茎が伸長せず葉が展開しない株を出すくみとし、(出すくみ株数) / (出芽株数) × 100で算出した

^y 該当データなしを示す

^x 調査対象が1株のため統計処理を実施していない

^w 異なる文字間には、Tukey-Kramer法により5%レベルで有意差あり

総合考察

1. 栄養繁殖技術の必要性

栄養繁殖は、一般に増殖率は低いが無性的に行われるため、その過程において突然変異が起こらない限り遺伝的形質が受け継がれ、種子繁殖に比べて開花や結実などが早められる利点があり、挿し木（挿し芽）、接ぎ木、株分け、取り木、分球などの方法がある（大川，1992）。増殖率の点から見ると栄養繁殖より種子繁殖の方が有利となると考えられる。それにもかかわらず、既往の書籍（栗田，1997；大沢，1986）や研究（松本，2004b；坂口・秦野，2012；佐藤・岩村，1988；鈴木・佐竹，2000；鈴木，2004；田中，1999；戸澤，2006）および第1章第2節のアンケート調査において、ウワバミソウでは苗の増殖は栄養繁殖により行われるのが一般的である。これは、第3章で自生地株に形成された種子を採取して行った発芽試験から明らかなように、低温あるいはGA処理による発芽促進処理を行っても発芽率が低いので、栄養繁殖によって苗を育成するしかないという面があると考えられる。さらに、栄養繁殖には、同じ形質を示す個体を得ることができるというメリットがある。第1章第2節のアンケート調査で、直売所では珠芽の人気が高く、大型の珠芽を収穫できる系統や7～8月に珠芽を収穫できる系統の確立を望む意見が寄せられた。また、収量や栄養面で優れた系統があれば導入してみたいという県も複数あった。したがって、現在品種として確立されたウワバミソウはないが、生育や栄養面などで特徴のある系統が育成された場合には、たとえ種子繁殖が可能になったとしても、今後も栄養繁殖によって苗の増殖が行われると考えられる。

ウワバミソウは宿根草であるため、一度定植すると複数年にわたり茎葉や珠芽を収穫することができるが、貯蔵器官である根茎も食用となるため根茎を収穫した場合には新しい苗が必要となる。また、多年生の栄養繁殖性の作物では、同一個体で収穫を続けていくと、生育不良となり、収量や品質も低下することが知られている。例えば、フキでは販売可能な葉柄の収穫量は4年生株以降で減少する（小泉ら，2010）。また、アスパラガスでは約10年継続して収穫できるとされるが（河野，1953）、定植後約10年経過すると次第に収量や

品質が低下し、枯死株や生育不良株が現れ始めることから経済栽培の寿命は十数年と考えられる（元木ら，2006）．これまでにウワバミソウの改植年数と収量に関する報告はないが，フキやアスパラガス同様，一定の年数を経ると改植が必要となる可能性があり，その場合には，安定的，かつ効率的な苗生産技術の確立が求められることになる．

ウワバミソウの栄養繁殖の方法は，茎葉を利用した挿し芽，珠芽の利用および根茎の株分けである．一方，ウワバミソウの可食部位は，茎葉，珠芽および根茎で，増殖に用いる栄養器官と可食部位が重複する．したがって，繁殖と収穫を両立させるためにも最も効率的な栄養繁殖方法を明らかにしておく必要がある．

以上のように，ウワバミソウの実際栽培では栄養繁殖が主たる増殖法であるが，栄養繁殖法のうち株分けは一般的に増殖率が低いため，本研究では挿し芽および珠芽を利用した安定的，かつ効率的な苗の増殖法について検討した．

2. 挿し芽繁殖条件

挿し木における挿し穂の活着に影響する要因には，親木の条件として齢および栄養条件，穂木の条件として熟度および根源体の存在，挿し床の外的要因として温度，光，水分，酸素および pH，ならびに挿し穂の腐敗がある（町田，1974）．これまでにウワバミソウの挿し芽に関して，鈴木・佐竹（2000）は，バーミキュライトを用土として有節茎，節間および葉身を用いて7～9月にかけて挿し芽し，特に7・8月に有節茎を用いるのが良いと報告した．しかしながら，その他の要因については検討されてこなかった．そこで本研究では，挿し芽における挿し穂の条件として採取部位およびシュートの雌雄性，挿し床の外的要因として挿し芽用土の種類，ならびに発根促進処理としてインドール酪酸処理の影響について第4章第1節で検討した．その結果，発根率は用土や挿し穂の部位およびインドール酪酸処理の有無に関わらず概ね高かったことから，ウワバミソウは挿し芽により容易に増殖できる植物であると考えられた．また，シュートの雌雄の違いによる生育差は認められなかったことから，挿し穂の採取にあたって雌雄性を考慮する必要はないと考えられた．

挿し芽の適期とは発根しやすい時期のことであるが、実際にはそれより長く、ある程度よい活着を示す期間を表示するのが普通である（町田，1974）。ウワバミソウは、自然条件において4月に萌芽して11月に地上部が枯れることから、この時期の範囲であればシュートを確保することが可能と考えられる。第4章第1節では4～7月にかけて挿し芽したが、発根率は鹿沼土の粒径14 mmの結果を除いて80%以上と高く、萌芽直後のシュートを利用する4月の挿し芽であっても問題なく挿し穂が活着することが明らかとなった。鈴木・佐竹（2000）は、ウワバミソウの有節茎を用いて7～9月に挿し芽して2か月後に調査している。その結果、7月と8月の挿し芽では93%以上が生存し、そのすべてで発根と芽の伸長が認められた。一方、9月の挿し芽では生存率は70%および発根率は約60%であったが、調査前の寒波の影響で地上部の調査が不可能となり芽が伸長した個体は認められなかった。これらの知見を総合すると、自然条件において、9月の挿し芽ではその後の気温の低下により地上部の生育が見込めないことから、ウワバミソウの挿し芽は、4～8月にかけて実施するのが望ましいと考えられる。これまで大沢（1986）は入梅の頃に挿し芽を行い、鈴木・佐竹（2000）は7月以後に挿し芽を行っていたが、それらよりも早い4および5月であっても挿し芽可能と考えられる。

挿し芽用土の条件として、通気性の良いこと、保水力があり排水の良いこと、無菌的な清潔なものであること、有機質および肥料分を含まないこと、および価格の安いことが挙げられる（町田，1974）。これらの性質を持つ資材の挿し芽用土としての適性を調べた研究も多く行われており、例えば、ウワバミソウと同じイラクサ科に属するペリオニアおよびピレアにおいて挿し芽用土の影響を調べた実験で、挿し芽苗の草丈と根の生育は、ピートモスと砂混合用土と比較してピートモスとパーライト混合用土で優れたことが認められている（Poole・Conover, 1977）。ウワバミソウの挿し芽用土についての研究は少なく、鈴木・佐竹（2000）がバーミキュライトを用いた実験を行っているに過ぎず、他の資材やそれとバーミキュライトとの混用の影響については調べられていない。そこで、挿し芽用土として鹿沼土、バーミキュライト、バーミキュライト・ピートモス混合用土およびバーミキュ

ライト・パーライト混合用土を用いたが、挿し穂の発根および根の生育の観点から鹿沼土およびバーミキュライトの単用と比較して混合用土を用いる利点は認められなかった。第4章第1節において、粒径2 mmの鹿沼土の挿し穂の発根および根の生育は、バーミキュライトと同等以上であった。したがって、ウラボミソウの挿し芽用土として鈴木・佐竹(2000)が用いたバーミキュライトだけでなく、粒径2 mm程度の鹿沼土もバーミキュライトと同様に利用できることが明らかとなった。

3. 挿し穂採取本数を増加させる方法

挿し穂によるウラボミソウの増殖効率は1個体から採取できる挿し穂の数によって左右される。第2章における自生地調査では、主茎1本から採取できる挿し穂の本数は多くても約7本と推測される。このため、大規模な栽培では多くの挿し穂を確保することが必要になり、効率的とは言えない。また、特定の系統を増殖させたい場合では、限られた母株から挿し穂を採取しなければならない。挿し穂採取本数を増加させる方法の一つとして、側枝の利用がある。頂芽が存在する限り側芽の成長は抑制されており、この現象を頂芽優勢と呼ぶが、頂芽を切り取ると側芽は成長を始める(山本, 1988)。しかしながら、頂芽を含む主茎の切除と側枝の発達の間関係を調査した第4章第2節1.の実験では、主茎を切除しても側枝数の増加は認められなかった。第4章第2節2.4の実験における慣行区の6週間の挿し穂総採取本数は、1株当たり約1.5本に留まった。第4章第2節1.および第4章第2節2.4.の実験では、8月に挿し穂の採取を開始あるいは主茎を切除しているが、慣行法により育成した当年生株を母株とする場合ではこの時期にならないと挿し穂を採取できないと考えられる。そこで、主茎切除以外の挿し穂の増収方法として、(1)水耕を利用して母株の成長を促進させ、側枝数を増やす、(2)サイトカイニンの一種ベンジルアミノプリン(BAP)を用いて側枝発達を促す方法について挿し穂の生産効率に及ぼす影響を検討した。

(1)については、前述のように挿し穂採取本数は母株の側枝数に依存するが、側枝数は

大きな母株で多くなると考えられる。このため、ピーマン（白井・萩森，2004）やキク（谷川ら，2010）では母株を養液栽培することで土耕と比較して挿し穂採取本数を増加できることが示されているが，ウラボミソウでは養液栽培の方法は明らかにされていない。ウラボミソウの自生地の環境は照度が低く土壌水分が豊富であるため，将来的には閉鎖型植物工場での栽培も視野に入れて，養液栽培方法のうち閉鎖型植物工場で多く導入されている水耕による母株の育成を目指して，第4章第2節2.の実験を行った。その結果，0.1単位培養液に挿し穂を水挿して約1か月間育苗した後，0.25単位培養液に変更することで水耕による母株の育成が可能であることが明らかとなった。この方法で母株を育成することで挿し穂採取本数を慣行の約5.4倍とすることが可能となるだけでなく，パーミキュライトに挿し芽した後の生育も優れた。

(2)について，BAP処理により，リンゴ近縁種のマルス類では分枝数が増加して採穂数が増加すること（曾良，1989），無側枝性のキクでは側枝の発達を促進すること（岡本ら，2003）が明らかにされている。そこで，本研究でBAP散布の効果を調べたところ，25 ppmのBAP溶液を苗に1回処理することで，挿し穂として利用できる5 cm以上の側枝数は慣行と比較して11倍増加し，BAP処理した母株から採取した挿し穂の挿し芽後の生育は対照区と同等であった。したがって，母株に対するBAP処理により，挿し芽後の生育に影響はなく，挿し穂採取本数を増加させられることが明らかとなった。

水耕における母株の育成や母株に対するBAP処理は，慣行の栽培方法と比較して挿し穂収量を増加させるが，増加させたい系統の個体が少数であったり，大規模に栽培を開始したりする場合には，必ずしも満足できる増殖効率ではないと考えられる。そこで，より増殖効率を高めるために，第4章第2節4.では植物組織培養技術のうち節培養を利用した増殖を試みた。その結果，本研究の範囲では1/2MS培地を用いて節培養することで，置床42日後には約6倍に増殖させることが可能であった。培養を繰り返すことで増殖率がどの程度変化するかは今後検討しなければならない課題であるが，1回当たり6個の節切片に分割して1年間に8回の培養を繰り返したと仮定すると，1年間に約168万個の節切

片に増殖させることができると考えられる。一方、第4章第2節2.の結果をもとに、水挿しして母株を育成した場合に採取できる挿し穂の本数を試算すると、1年間で約500本であると考えられる。したがって、節培養の増殖効率は、水挿しによる母株育成と比較して3,000倍以上であると試算される。また、培養したシュートを用いて挿し芽することで順化作業を省力化することが可能であった。

4. 珠芽を利用した増殖

第1章のアンケート調査において、苗を育成している3県のうち2県では珠芽を利用しており、珠芽の利用もウワバミソウの繁殖方法の一つとして重要であることを改めて確認できた。ウワバミソウの珠芽形成には短日条件が必要である (Okagami, 1979)。第2章で実施した自生地における調査では、短日条件となる秋季に主茎1本当たり18個の珠芽を採取できることが判明した。生育が揃った苗を生産するためには、珠芽を斉一に発芽させる必要がある。また、秋になって形成された珠芽を短期間で出芽させることができれば、年内にある程度生育させることができ、翌春に大きな苗を生産することが可能となる。

第4章第2節2.では挿し穂を用いて水耕したが、水耕での栽培の開始には珠芽から始めることも可能であると考えられるため、珠芽を用いて水耕時の生育と培養液濃度の関係を検討した。その結果、水耕に用いる培養液濃度は0.13~0.25単位が望ましいと考えられ、珠芽を栄養繁殖体 (propagule) として水耕することで母株を育成して挿し穂を採取し、その後第4章第2節2.のように水挿ししてさらに増殖させるというサイクルも可能となった。

鈴木・佐竹 (2000) は、ウワバミソウの珠芽を4℃で低温処理し、処理期間と発芽率の関係を調べたところ、3週間後の発芽率は、16週間処理では90%を超えたが、8週間処理では50%に達しなかった。この実験における低温処理期間は、8週間の次は16週間と期間が長くあいてしまっているため、斉一に発芽させるための珠芽の休眠打破に必要となる詳細な低温処理期間は不明である。そこで、第5章第2節では9~11月の間の3回にわたり珠

芽を採取し、2℃で0～80日間の低温処理を行ったところ、9月および10月に採取した珠芽では80日間の低温処理で休眠を十分に打破できることが明らかとなった。このように、形成し始めて間もない9月に採取した珠芽であっても、80日間の低温処理をすることで、苗生産に利用できると考えられる。なお、11月採取では60日間の低温処理で十分であったが、11月には珠芽は茎から脱落しているため、実用上は9月や10月に珠芽を採取するのが望ましいと考えられる。

第5章第3節では採取直後の珠芽を用いて出芽試験を実施したところ、無処理の場合では珠芽は一切出芽しなかったが、珠芽をジベレリン(GA)溶液に24時間浸漬処理することで休眠は打破され、第5章第3節実験2では100ppmのGA溶液を用いることで置床10日後以内に出芽率は100%に達した。GA処理による休眠打破は、24時間で可能であることから、これまでの低温処理による休眠打破と比較して、速やかに出芽させることができることが明らかとなった。第5章第1節では珠芽を水耕したところ、置床約85日後には主茎長約18cm、側枝数8.8本の個体を得ることができた。したがって、秋季に採取した珠芽を直ちにGA処理により休眠打破させた後に水耕することにより、直ちに苗生産の過程に入る事が可能であると考えられる。

5. 増殖方法の比較

自生地優良株や県外導入株など、ウラボミソウを増殖させたい場合には本研究の成果を活用することで第6-1図に示したような増殖方法が可能であると考えられる。すなわち、第一の方法は、増殖させたい個体から挿し穂を採取して、母株を育成したり節培養したりすることにより挿し穂となるシュートを確保し、挿し芽により生産用苗を育成する。挿し穂は、珠芽を利用して育成した母株から採取することもできるが、母株の由来にかかわらず、増殖効率は、節培養、水耕での母株育成、母株へのBAP処理の順で高いと考えられる。ウラボミソウの増殖は、株分けや挿し芽でも可能であるが、大量に増殖するには珠芽から苗を育成する方法が簡便であるとされていた(栗田, 1997)。しかし、本研究で明らかにし

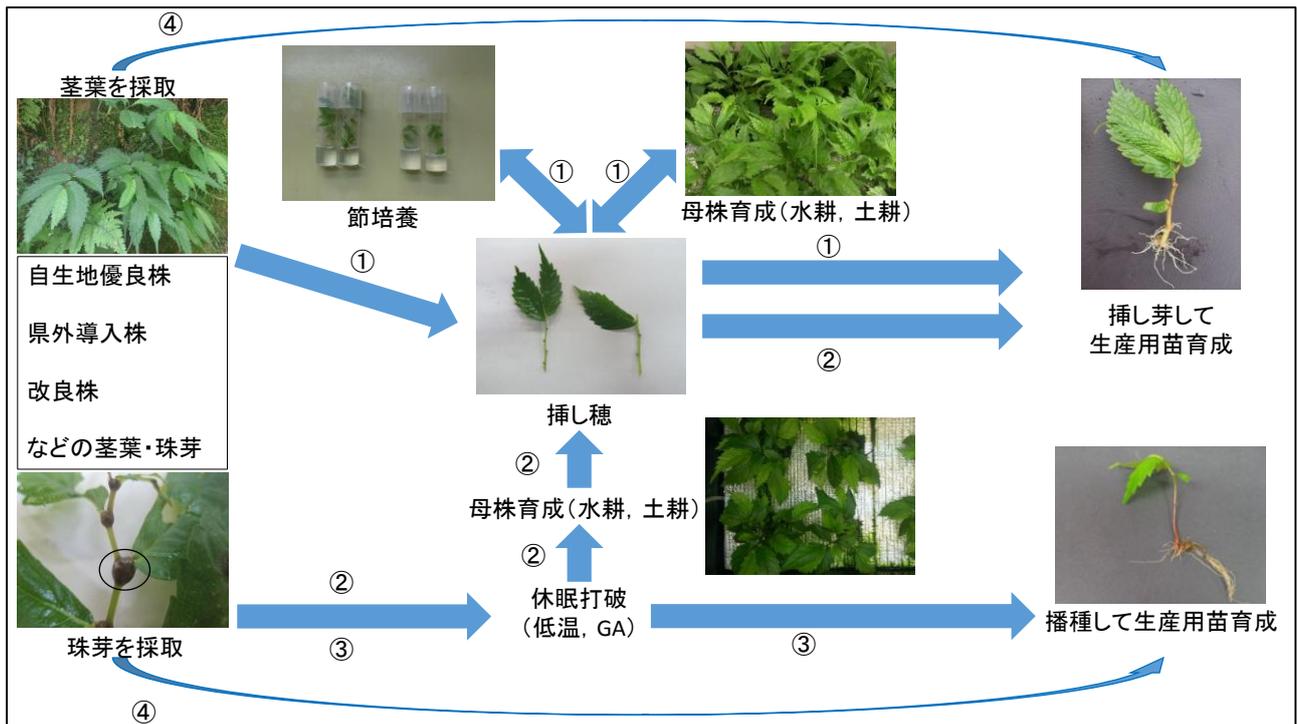
た挿し穂採取本数の増加方法を用いることで、自生地で珠芽を採取するよりも効率的な挿し芽繁殖が可能となると考えられた。なお、第4章第2節2. では挿し穂を水挿して、第5章第1節では珠芽を用いて水耕により母株を育成した。挿し穂となる5 cm以上のシュート数は、水挿しした場合には挿し芽後12週～18週の間での累積で1株当たり8.1本であったが、珠芽を用いた場合には置床85日（約12週）後において主茎1本当たり側枝6.8本と主茎1本を合わせた7.8本であり、増殖効率に差はなかった。

第二の方法は、珠芽を採取して休眠打破処理を施し、それをまいて生産用苗を育成する。しかしながら、この方法では、珠芽を食用にできず、増殖効率も節培養に及ばない。

以上のように、本研究の結果から効率的なウワバミソウの栄養繁殖方法を確立することができた。

6. 今後の課題

ウワバミソウの栽培の歴史は浅いため、第1章第2節のアンケート調査にあるように、定植後の栽培や販売において解決すべき課題は多い。しかしながら、珠芽を採取する際に有利であったり、皮むきなどの前処理が不要であったりする品種や系統の確立が望まれていることがアンケート調査により明らかになった。特に、ウワバミソウの珠芽の市場性は高いと考えられ、大きい珠芽を付けたり、早期に収穫できたり、珠芽の収量が優れたりする系統や栽培方法が確立された場合、収量や栄養面で優れた系統が作出された場合の栽培意欲も認められることから、ウワバミソウの栽培は現在よりも普及していくと考えられる。したがって、繁殖方法だけでなく、今後は育種、栽培および販売にわたって幅広い視野で研究を進めていくことが求められる。



第 6-1 図 本研究の成果を活用したウワバミソウの栄養繁殖方法

- ① 茎葉を採取して挿し穂となるシュートを増殖
- ② 珠芽を採取して休眠打破した後に母株を育成して挿し穂となるシュートを増殖
- ③ 珠芽を採取して休眠打破した後にまく
- ④ 慣行法

総摘要

ウワバミソウ (*Elatostema involucreatum* Franch. & Sav.) は、イラクサ科ウワバミソウ属の宿根草であり、春から秋にかけて収穫される茎葉、秋に葉腋に形成される珠芽および根茎を食用とする山菜である。本種は、これまで自生地で採取されていたが、近年では栽培化が徐々に進められている。栽培にあたっては苗の供給量が限られており、自生している植物体から茎葉や珠芽を取って苗を育成するのが一般的である。したがって、野生植物の乱獲などを防ぐためにも、安定的かつ効率的な繁殖・育苗法の確立が必要である。しかしながら、ウワバミソウの生態的特性については不明な点が多く、また種子繁殖および栄養繁殖についての先行研究例が少なく、安定性、効率性を考慮した繁殖方法は十分に検討されていない。そこで本研究では、ウワバミソウの採取や生産に関する問題点を明らかにし、安定的に苗を供給するための繁殖技術の確立を図った。

第1章 我が国におけるウワバミソウの生産状況

ウワバミソウの採取や生産に関する問題点を明らかにし、栽培がどの程度行われているのか明らかにするために、林野庁が調査した特用林産基礎資料をもとにして2010年から2015年のウワバミソウの生産状況を調べた。全国生産量は、155～212 tであった。2010年から2015年の間で生産実績があるのは15県、そのうち6県では栽培による生産（人工もの）実績があった。生産量のほとんどは自生植物を採取したもの（天然もの）であるが、2013年では青森県で人工ものが大幅に増加した結果、全国での生産量の約17%を人工ものが占めた。青森県で人工ものの生産量が大幅に増加した要因を県の担当者に問い合わせたが、明確な回答は得られなかった。

人工ものの生産が行われていたものの、苗の供給方法や繁殖方法を含め、生産の実態は不明であったため、採取や栽培をめぐる現状を調査することを目的に、生産あるいは研究実績のある県にアンケート調査を行い16県から回答を得た。苗の繁殖は、珠芽の利用、挿し芽および株分けで行われており、種子繁殖は行われていなかった。繁殖に用いる個体は、

県内の自生個体が多かったが，1 県では県外からの導入も行っていた．県外の系統を導入した理由を問い合わせたところ，県内自生地がごく一部に限られており，さらに自生株が小型であることから県外から導入したと回答があった．栽培地があるのは 4 県と少数であった．その理由としては栽培技術が確立していないことを挙げた県が多かった．収量や栄養面で優れた系統があれば導入してみたいと回答した県は 6 県あった．直売所では珠芽の人気の高いことから，大型の珠芽を収穫できる系統や 7～8 月に珠芽を収穫できる系統の確立を望む意見も寄せられた．県外から導入した系統や，多収性や機能成分に特徴をもつ系統が確立された際に栽培面積を広げるためには，多量の苗の育成が必要となることから繁殖技術の確立は重要であると考えられた．

第 2 章 ウワバミソウの生態的特性

前章において，栄養繁殖に用いる茎葉や珠芽は通常，自生地から採取することが明らかになったが，効率的に茎葉や珠芽を採取するためには自生地におけるウワバミソウの生態的特性を明らかにしておくことが有効と考えられる．しかしながら，繁殖の際に必要な情報である主茎長，側枝長，珠芽の形成個数，種子形成量など不明な点が多い．そこで，ウワバミソウの生活史を明らかにするために，福井県大飯郡おおい町名田庄地区にある標高約 300 m の自生地の株を 5～11 月にかけて調査した．主茎長，主茎の節数，側枝数および総側枝長の各値は，5～10 月にかけて増加する傾向であったが，11 月には珠芽の脱落により減少した．5～8 月の主茎節数は約 12～14 節であったことから，2 節で切断した場合，1 本の主茎から最大 7 本の挿し穂を採取することが可能と計算されるが，実際には下位節では節間長が長いことにより挿し穂としては長くなりすぎ，茎頂付近では節間が詰まっていた挿し穂としては短いため，主茎を用いた実際の挿し穂の採取本数は 7 本よりも少なくなると考えられる．10 月から 11 月にかけての節の減少要因をすべて珠芽の脱落によると仮定すると，主茎 1 本当たりの珠芽の形成数は主茎で 9 個，側枝で 9 個の合計 18 個程度であると推測される．したがって，自生地株が少ない場合や特定の系統を増殖させる場合に

は、効率的に栄養繁殖させる手法の開発が必要である。また、6月には主茎1本当たり約278粒の瘦果（以下、種子と呼ぶ）を採取可能であると考えられるが、種子繁殖による栽培の可能性については不明である。

第3章 種子の発芽に及ぼす発芽促進処理の効果

現在、ウワバミソウの苗はすべて栄養繁殖で育成され、種子繁殖は行われていないが、種子繁殖が可能であれば、増殖率は栄養繁殖に比べ10倍以上に高まることが前章で明らかになった。しかし、野生植物の種子は休眠するものが多いので、ウワバミソウの種子にも休眠があり、発芽が斉一でない可能性が高い。そこで、種子に対するジベレリン（GA）および低温処理による発芽促進について検討した。GA 0ppm区とGA100 ppm区の置床28日後の発芽率は、それぞれ12および7%であった。異なる温度（常温と冷蔵）と異なる湿度（湿潤と乾燥）を組み合わせ、46日間貯蔵したところ、常温・湿潤および冷蔵・湿潤区の発芽率は、それぞれ3および5%であった。一方、常温・乾燥および冷蔵・乾燥区では、発芽しなかった。したがって、本実験での条件におけるウワバミソウ種子に対する発芽促進処理の効果は認められなかった。ウワバミソウ栽培で種子繁殖が行われない理由の一つとして、発芽率を高める方法が不明であることが考えられた。

第4章 挿し芽繁殖における増殖効率向上のための処理

第1節 挿し芽時の条件が発根とその後の生育に及ぼす影響

挿し穂の活着に及ぼす挿し穂採取部位、挿し芽用土の種類、オーキシンの処理、雌雄性的影響について検討した。天挿しおよび管挿しでの発根率は、それぞれ93および100%であったことから、どちらの方法でも苗の育成が可能であると考えられた。鹿沼土、バーミキュライト、バーミキュライト・ピートモス混合用土およびバーミキュライト・パーライト混合用土の4種類の用土に挿し芽したところ、根の生育の観点から挿し芽用土としては鹿沼土あるいはバーミキュライト単用が望ましいと考えられた。粒径の異なる鹿沼土および

バーミキュライトに挿し芽したところ、発根率は鹿沼土の粒径 14 mm を除いて 80%以上と高かったが、鹿沼土では粒径が大きくなるほど、またバーミキュライトでは粒径が小さくなるほど発根数が減少する傾向が見られた。挿し芽用土として適する粒径は、鹿沼土では 2 mm、バーミキュライトでは 5 mm 程度と考えられた。インドール酪酸溶液を処理した挿し穂の発根数は、対照区と比較して有意に増加した。雌花序だけを着生している主茎（雌シュート）および雄花序だけを着生している主茎（雄シュート）を挿し芽したところ、鉢上げ時および鉢上げ 75 日後の生育は、両シュートの間に差は認められなかったことから、挿し穂の採取にあたって雌雄性を考慮する必要はないと考えられた。

第 2 節 挿し穂採取本数の増加方法

(1) 主茎の切除が側枝と根茎の発達に及ぼす影響

主茎を切除して頂芽優勢を打破し、側枝の発達を促進させることにより、挿し穂採取本数を増加させる可能性がある。一方、主茎の切除による同化器官の損失は、根茎の発達を抑制させ、自生地における群落維持に影響を及ぼす可能性がある。そこで、主茎頂部の切除と側枝および根茎発達の関係を調査した。8月24日に主茎を頂部から長さ 5 cm で切除したところ、切除有り区の切除 42 日後の主茎長および側枝数は、切除無し区と比べて抑制された。切除 172 日後において、切除有り区の根茎新鮮重および着生芽数は、切除無し区に比べて抑制された。したがって、自生地における挿し穂の採取は、自生地株の根茎発達を抑制し、群落維持に影響を及ぼす可能性が示唆され、自生地保全の観点からも挿し穂採取用母株を育成する必要があると考えられた。

(2) 水耕による母株の育成

土耕に比べて生育が優れる養液栽培によって育成した母株からは、多数の挿し穂を採取できると考えられるが、ウワバミソウの養液栽培方法は明らかにされていない。そこで、母株育成の観点からウワバミソウの水耕について検討した。

挿し芽苗の生育に適した培養液濃度を明らかにするために、鹿沼土に挿し芽後、発根した挿し芽苗を閉鎖型環境において濃度が 0.25, 0.5 および 1 単位の園試処方培養液で水耕

した。その結果、生育は 0.25 単位で優れたことから、発根した挿し芽苗を水耕する場合の好適培養液濃度は、園試処方 0.25 単位程度であると考えられた。

次に、発根後の培地除去作業の省力化をはかるとともに、根部の損傷を軽減するため、0, 0.1 および 0.25 単位の培養液に水挿しし、水挿し 28 日後に 0.25 単位培養液に定植した。その結果、育苗中および定植後の生育は、0 単位と比べて 0.1 単位の培養液において育苗中だけでなく、定植後も優れた。しかし、0.1 単位の相対成長率と純同化率は、0 単位のそれと比較して育苗中は高かったが、定植後には差がなかった。これらから、培養液濃度を 0.1 単位として水挿しし、28 日後に 0.25 単位で水耕することによって育苗労力が軽減できることが明らかとなった。

さらに、挿し穂採取本数の点で、慣行のガラス室での土耕によって育成した母株と比較して、閉鎖型培養室で水耕によって育成した母株の方が優れているか否かを確認したところ、挿し芽後 12 週から 18 週までの 1 株当たりの挿し穂総採取本数は、水耕区では 8.1 本となり、慣行区の 1.5 本の 5.4 倍であった。

閉鎖型環境で育成した母株から挿し穂を採取し、苗を育成する場合、閉鎖型環境から外部環境に移すことになる。そこで、閉鎖型培養室での水耕（水耕区）とガラス室での土耕（慣行区）で育成した母株から採取した挿し穂を用いて、挿し穂が環境の変化に順応できるかどうかを検討した。挿し芽時の茎葉新鮮重は、水耕区と慣行区の間には有意な差は認められなかった。挿し芽 42 日後の水耕区の茎葉および根新鮮重は、慣行区のそれと比較して有意に重くなった。したがって、閉鎖型環境で水耕した母株から採取した挿し穂は、外部環境に順応できること、また慣行区よりも生育が優れることが明らかになった。

(3) 母株に対するベンジルアミノプリンおよびジベレリン散布の効果

植物成長調節物質であるベンジルアミノプリン（BAP）やジベレリン（GA）を利用することで腋芽数を増やし、また茎の伸長を促すことにより側枝数を増やすことができるかどうかを確認するために、25 および 100 ppm の BAP および GA 溶液を母株に 2 回散布した。その結果、BAP 処理により側枝数は対照区と比較して 3~4 倍に増加した。GA 処理では側

枝の伸長を促進したが、側枝数には影響を及ぼさなかった。

BAP および GA の混用効果を明らかにするため、BAP と GA の単独区と混合区を設け、母株に対するそれらの 1 回処理が側枝形成数に及ぼす影響を調査した。BAP 処理した場合、挿し穂として利用可能な 5 cm 以上の側枝数は、3.3 本/株であり、対照区の 0.3 本/株と比較して有意に多くなった。GA 処理では主茎や側枝の伸長が認められたが、挿し穂として利用できる側枝数は BAP 処理に比べて増加しなかった。さらに、BAP と GA を混合処理しても BAP 単独処理と比較して有意な差は認められなかった。

次に、母株に対する BAP および GA 処理が挿し穂の発根に及ぼす影響を明らかにするため、BAP および GA を処理した母株から挿し穂を採取し、水挿しによって挿し芽後の発根および生育を調査した。BAP 処理した母株から採取した挿し穂の挿し芽後の生育は、対照区と同等であったことから、BAP 処理した母株から挿し穂を採取しても挿し芽の生育には影響を及ぼさないと考えられた。これに対して、GA を単独処理した母株から採取した挿し穂は、対照区と比較して有意に小さく、挿し芽後の生育も抑制されたことから、GA 処理は望ましくないと考えられた。

(4) 節培養を利用したインビトロシュートの大量増殖

挿し穂や珠芽による増殖では、希少系統の増殖や大量増殖に対する要求を必ずしも満たすことはできないと考えられたので、節培養したインビトロシュートを挿し穂として利用した挿し芽繁殖について検討した。培養中の 1/2MS 区の主茎長および節数の各値は、MS 区と比較して有意に大きくなった。節培養により得たシュートを用いて挿し芽をしたところ、MS 区と 1/2MS 区の挿し穂の発根率は、それぞれ 83 および 100 %であった。挿し芽 56 日後の生育は両区の間で有意な差は認められなかった。置床 42 日後の 1/2MS 区の節数は 6.3 節であることから、1 節ずつ分割して継代培養する場合、6 個程度の節切片に分割可能と考えられる。したがって、節培養によって得られたシュートを利用した挿し芽繁殖が可能であることが明らかとなり、1 回当たり 6 個に分割して 1 年間に 8 回の培養を繰り返したと仮定すると、1 年間に約 168 万個の節切片を確保できると試算された。

第3節 挿し芽苗の生育に及ぼす窒素施肥量の影響

鉢上げした苗の生育，特に収穫対象となる茎葉部の生育に及ぼす窒素施肥量の影響を明らかにするため，パーミキュライトを用いて1 L当たりの窒素施肥量を0，200，400 および 800 mg とした培養土で，挿し芽苗を栽培した．その結果，鉢上げ42日後の生育は，窒素施肥量を $400 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ とした培養土で優れたことから，鉢上げ用土の窒素施肥量は $400 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ が適すると考えられた．

第5章 珠芽による繁殖

(1) 珠芽の水耕による挿し穂採取用母株の育成

栽培には挿し芽からだけではなく，珠芽から始めることも可能なので，ウラボミソウの珠芽を用いた水耕時の生育と培養液濃度の関係を検討した．珠芽を0.13 および 0.25 単位の培養液で水耕したところ，定植後の生育は，両濃度の間で有意な差は認められなかった．また，0.25 および 0.5 単位の培養液で水耕したところ，地上部および根の生育は，0.5 単位の培養液に比べて 0.25 単位の培養液で優れた．定植64日後において，0.25 単位の培養液で水耕した株を挿し穂採取用母株とすると，主茎1本当たり側枝から6.8本と主茎の1本，合計7.8本の挿し穂を採取できると考えられた．したがって，珠芽を用いて水耕する場合の好適培養液濃度は，0.13～0.25 単位と考えられた．

(2) 珠芽のもつ自発休眠の打破

ウラボミソウの珠芽の休眠打破に必要な低温処理期間を明らかにするため，9月，10月および11月に採取した珠芽を用いて， 2°C で0～80日間の低温処理を行ったところ，9月採取および10月採取の珠芽の最終発芽率は，80日処理で90%以上であった．一方，11月採取の最終発芽率は，60日処理で100%であったが，11月には珠芽は既に地表に落下していた．したがって，珠芽による繁殖にあたっては，9月および10月に採取した珠芽では80日間の低温処理によって休眠打破すれば良いことが明らかとなった．

低温処理よりも簡便かつ短期間のうちに休眠を打破し，採取直後の珠芽を速やかに出芽

させることを目的に、珠芽に対して GA を 0, 100 および 500 ppm で処理したところ、最終出芽率はそれぞれ 0, 84 および 34%であった。さらに、珠芽に対して GA の 0, 10, 50 および 100 ppm と BAP の 0, 1 および 10 ppm を組み合わせ処理した結果、出芽は、GA を 100 ppm で処理した場合に最も優れた。一方、BAP 単独処理では出芽促進効果は認められなかった。無処理では珠芽は一切出芽しなかったが、珠芽を GA 溶液に 24 時間浸漬処理することで出芽した。したがって、秋季に採取した珠芽を直ちに GA 処理して水耕することにより、速やかに苗生産に入ることが可能であると考えられた。

以上のことから、種子繁殖が困難なウラボミソウを栄養繁殖により増殖させるためには、母株を水耕で育成し多量の挿し穂を確保すること、母株に BAP を散布して側枝の発生を促すこと、節培養によって直接挿し穂を育成することなどが有効であり、これらの方法から得られた挿し穂をバーミキュライト、または鹿沼土に天挿しおよび管挿しすることによって多量の苗を効率よく生産できることが明らかになった。さらに、珠芽を斉一に出芽させるためには、2℃で 80 日間の低温処理および GA 溶液（100 ppm）への浸漬処理が有効であることも明らかになった。本研究で得られた成果は、今後、ウラボミソウの経済栽培の普及上、大きく寄与するものと考えられる。

謝辞

本論文を作成するにあたり，研究の計画から論文の取りまとめに至るまでの長期にわたり，終始懇切丁寧なご指導とご鞭撻を賜りました元東京農業大学農学部教授杉山信男博士，東京農業大学農学部教授峯洋子博士に心より厚く御礼申し上げます。

本論文をご精読いただき有用なご助言を賜りました東京農業大学農学部教授雨木若慶博士，東京農業大学農学部教授小池安比古博士に深謝いたします。また，日ごろより公私ともにご支援いただき，常に励ましていただきました東京農業大学農学部准教授高畑健博士に感謝いたします。

本研究を遂行するにあたり，第1章第2節のアンケート調査では，行政機関の関係者の方々にはご多忙の中にもかかわらず丁寧にご回答いただき，多大なるご協力をいただきました。富山県中央植物園兼本正主任研究員には，ウワバミソウの先行研究に関する問い合わせに対して，これまでの研究成果を踏まえた懇切丁寧なご回答をいただきました。また，栽培管理など様々な場面で職場である福井県立若狭東高等学校の教職員の方々から多大なるご協力をいただきました。本研究の遂行にご協力いただきました皆様に心より感謝いたします。

最後になりますが，本研究を始めたきっかけは，幼き頃に両親と行ったウワバミソウを含む山菜取りの経験にあります。これまでの研究生活や実家を離れての勤務に対して理解を示して支えてくださり，研究のきっかけをいただきました両親に対して心より深謝いたします。

引用文献

- 安 東赫・池田英男. 2004. 培養液の pH と濃度が養液栽培ニラの生育に及ぼす影響. 園学研. 3: 191-194.
- 青葉 高・渡部俊三・斎藤智恵子. 1960. ダリア塊根の形成肥大に関する研究 (第 1 報). 塊根の形成肥大時期について. 園学雑. 29: 247-252.
- 青木宏史. 1996. NFT. 日本施設園芸協会編著. 最新 養液栽培の手引き. 誠文堂新光社. 東京. p. 84-103.
- Brian, P. W., H. G. Hemming and D. Lowe. 1960. Inhibition of rooting of cuttings by gibberellic acid. Ann. Bot. 24: 407-419.
- 池 性韓・篠原 温・鈴木芳夫. 1991. 種々の培養液濃度および通気時間が水耕トマト苗の乾物生産および分配に及ぼす影響. 生環調. 29: 27-33.
- Cline, M. G. 1997. Concepts and terminology of apical dominance. Amer. J. Bot. 84: 1064-1069.
- De Vries, D. P. and L. A. M. Dubois 1988. The effect of BAP and IBA on sprouting and adventitious root formation of 'Amanda' rose single-node softwood cuttings. Sci. Hortic. 34: 115-121.
- 藤井利重・三橋美恵子. 1962. マツバボタンの挿木における不定根の発生機構について (第 1 報). 園学雑. 31:263-270.
- 古川仁朗・小野道之・鎌田 博・國武久登・柴田大輔・中野 優・三位正洋・岩堀勝弥・岡田雅治・栗原宏泰・高橋和彦・高橋晋太郎. 2013. 植物バイオテクノロジー. 実教出版. 東京. p. 38-45.
- 古川 忠. 1961. さし穂内の養分元素の消費と蓄積について. 日林誌. 43: 223-225.
- 伏見昭秀・的場和弘・田村良文. 2000. ヒルガオ (*Calystegia japonica* Choisy) の根茎の成長に及ぼす刈取りの影響. 雑草研究. 45: 214-216.
- Haissig, B. E. 1972. Meristematic activity during adventitious root primordium development: Influences of endogenous auxin and applied gibberellic acid. Plant Physiol. 49: 886-892.

- 浜田守彦・細木正志・草開康弘. 1990. 節培養によるヤーコンの大量増殖. 植物組織培養. 7: 35-37.
- Hasegawa K. and T. Hashimoto. 1973. Quantitative changes of batatasins and abscisic acid in relation to the development of dormancy in yam bulbils. *Plant and Cell Physiol.* 14: 369-377.
- 畑 直樹・岡澤敦司・森本絹世・小埜栄一郎・佐竹 炎・小林昭雄. 2009. レンギョウ緑枝挿しの発根に及ぼす IBA 浸漬処理, 液肥施用, 日長および光強度の影響. *植物環境工学.* 21: 15-23.
- 林 美央・三輪章志. 2002. 能登の山菜を活用した特産品開発Ⅱ. 山菜の機能性の検索. *石川農総研セ研報.* 24: 61-64.
- 北条雅章・伊東 正・田中晶子. 1996. 生育段階に応じて EC 値を変えて栽培した NFT トマトの生育, 収量, 品質及び生理的特性. *生環調.* 34: 129-134.
- 本間伸夫. 2012. セリ科, アブラナ科, イラクサ科, タデ科植物などの山菜としての地域性 -聞き書・日本の食生活全集より-. *新潟の生活文化.* 18: 9-13.
- 細木高志. 2009. 宿根花きの組織培養による一般的増殖繁殖方法. *農及園.* 84: 985-993.
- 池田英男・大沢孝也. 1980. 施用窒素形態とそ菜の適応性 (第 2 報). 水耕栽培において硝酸, アンモニア, 亜硝酸を窒素源とした葉菜の生育並びにアンモニア態及び硝酸態窒素蓄積の差異. *園学雑.* 48: 435-442.
- 磯野直秀. 2009. 資料別・草木名初見リスト. *慶應義塾大学日吉紀要・自然科学.* 45: 69-94.
- 岩腰芳人・嶋田奥左エ門・三谷和弘. 2003. トマト苗大量生産のための人工光型湛液挿し芽育苗法. 普及に移した技術 (平成 11 年度～平成 15 年度). 41-42.
- 浄閑正史・奥田将司・滝沢紀美子・中川卓也・丸尾 達・塚越 覚・北条雅章・篠原 温. 2014. ピーマンの栄養繁殖における挿し穂増殖法の検討. *園学研.* 13: 119-124.
- 角谷晃司・尾崎和男・渡辺 斉・友田勝巳. 1997. 節培養によるカンゾウ苗の調製とその培養苗を用いた各種水耕栽培法によるグリチルリチン生産. *生薬学雑誌.* 51: 447-451.
- 神田美知枝・林 角郎. 1974. カーネーションの採穂栽培における栽植密度と摘心節位の影

響. 千葉暖地園試報. 5: 48-55.

Kanemoto, T. 2002. Chromosome number of *Elatostema obtusum* var. *trilobulatum* (Urticaceae).
Bull. Bot. Gard. Toyama 7: 27-30.

兼本 正. 2003. ウワバミソウは雌雄同体である. 富山県中央植物園研究報告. 8: 45-48.

Kanemoto, T., T. Shiuchi and Y. Lu. 2015. Karyomorphology of *Elatostema salvinoides* W. T.
Wang (Urticaceae). Bull. Bot. Gard. Toyama 20: 1-6.

兼本 正・横田昌嗣. 1997. 琉球列島産ウワバミソウ属 4 種の染色体数. 植物地理・分類研
究. 45: 29-31.

加納恭卓. 1988. 源助ダイコンの生育におよぼす摘葉処理の影響. 石川農短大報. 18: 20-23.

Kataoka, I. and H. Inoue. 1991. Rooting of tissue cultured Papaya shoots under *ex vitro* conditions.
Japan. J. Trop. Agr. 35: 127-129.

加藤 徹・鐘 鈴鋒. 1987. ナス科果菜の比較生理生態的研究 (第 1 報). 培養液濃度が生
長, みかけの同化量, 葉の蒸散作用および根の呼吸に及ぼす影響. 生環調. 25: 7-12.

勝尾 清・鳥屋尾忠之・家弓実行. 1970. 茶種子の発芽に関する研究 (第 1 報). 採種時期
ならびに貯蔵方法と茶種子の発芽. 茶業研究報告. 32: 14-19.

曾良久男・丸島義信・田口峯男. 1989. マルス類の生育と採穂数を増加させるための BA・
摘心処理法と台木の種類. 千葉原農研報. 11: 18-28.

河合昌孝・山原美奈. 2013. ミヤマイラクサ (*Laportea macrostachya* (Maxim.) Ohwi) の種
子発芽試験. 奈良県森技セ研報. 42: 1-4.

Kawai, Y. 1997. Effects of exogenous BAP, GA₃, and ABA on endogenous auxin and rooting on
grapevine hardwood cuttings. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 66: 93-98.

河野照義. 1953. 蔬菜栽培全編. 養賢堂. 東京. p. 587-588.

小池安比古・中島 聡・曾田昭裕・井上知昭・鈴木重俊. 2002. 宿根スイートピー挿し芽繁
殖時における諸条件が発根と活着後のシュートの生長に及ぼす影響. 農業生産技術管
理学会誌. 9: 23-27.

- 小泉丈晴・剣持伊佐男・町田安雄. 2003. アスパラガス 1 年生株の生育と促成栽培での収量・品質の雌雄間差. 園学研. 2: 275-278.
- 小泉丈晴・石津昌彦・塚本雅俊. 2010. フキ「春いぶき」の栽培における適正な改植年数の推定. 群馬県農技セ研報. 7: 39-44.
- 小西国義. 1982. 植物の生長と発育. 養賢堂. 東京. p. 204-209.
- 金野義雄・吉池定蔵. 1985. モミジガサの栽培法（第 1 報）. 挿木繁殖法. 岩手園試研報. 6: 41-45.
- 久保省三・嶋田永生・岡本信行. 1991. 園芸用育苗培土の理化学性の相違が果菜苗の外観的諸形態および養分吸収に及ぼす影響. 園学雑. 60: 555-566.
- 久保省三・嶋田永生・岡本信行. 1992. 園芸用育苗培土に対する窒素の施用量および形態の相違が野菜苗の生育に及ぼす影響. 園学雑. 60: 859-867.
- 栗田公司. 1997. 消費拡大が期待できるウワバミソウ, ウルイ. 農耕と園芸. 52: 88-91.
- 黒田美穂・橋本哲夫・赤松やすみ. 2006. ヤマトキホコリの人工栽培技術の開発（V）. 福井県総合グリーンセンター林業試験部業務報告. 44: 28-30.
- 劉 建・辺 嘉賓・塩津文隆・Subhash Chandra Ghosh・豊田正範・楠谷彰人. 2008. 水耕栽培で塩ストレスを与えた水稻品種の耐塩性と根系形態. 日作紀. 77: 326-332.
- 町田英夫. 1974. さし木のすべて. 誠文堂新光社. 東京. p. 2-250.
- 町田英夫・大石 惇・細井寅三・小松春喜・嶋田福也. 1977. さし穂の光合成に関する研究（第 1 報）. 数種の植物の見かけの光合成速度の変化について. 園学雑. 46: 274-282.
- 牧野富太郎. 1940. 牧野日本植物図鑑. 北隆館. 東京. p. 643.
- 牧野 徹・塩谷佳和. 2004. ウワバミソウの生育に適した林内の光環境の検討. 富山林技セ研報. 17: 32-35.
- 松本則行. 2004a. ウワバミソウの栽培特性について. 新潟森林研研報. 45: 37-41.
- 松本則行. 2004b. ウワバミソウの珠芽による増殖方法. 新潟森林研研報. 45: 33-36.
- 元木 悟・西原英治・北澤裕明・平館俊太郎・篠原 温. 2006. 沖積土壌におけるアスパラ

- ガスの連作障害に対するアレロパシーの関与. 園学研. 5: 431-436.
- 中井正樹. 1996. 遮光と施肥によるウワバミソウ (ヨシナ, ミズナ) の安定栽培技術. 北陸農業の新技术. 9: 125-129.
- 中村俊一郎. 1985. 農林種子学総論. 養賢堂. 東京. p. 15-18.
- 並木隆和・小池田英子・高嶋四郎. 1979. 蔬菜水耕栽培の実用化に関する研究 XVIII. ホウレンソウの生育, 収量に及ぼす培養液濃度, pH の影響. 京都府大学報 (農). 31: 29-38.
- 並木隆和・小田雅行・工藤康将・高嶋四郎. 1977. 蔬菜水耕栽培の実用化に関する研究 XVI. トマトの断根さし木育苗. 京都府大学報 (農). 29: 17-22.
- Narongchai, P., N. Fujishige, K. Yamane, Y. Ijiro and R. Ogata. 1996. Effects of growth regulators and fertilizer on runner production, flowering, and growth in day-neutral strawberries. Jpn. J. Trop. Agr. 40: 101-105.
- 西尾讓一・福田正夫. 1998. キクの挿し芽前の温度及び発根促進剤処理による根原基形成及び発根促進法. 愛知農総試研報. 30: 189-193.
- 西尾讓一・山内高弘・原幹博. 1994. キクのセル成型育苗における好適な培地条件について. 愛知農総試研報. 26: 233-240.
- 仁藤伸昌・藤井利重. 1972. さし木の不定根形成におよぼす環境条件の影響. 生環調. 10: 139-143.
- 小田雅行・黄 美玉・池田英夫・古川 一. 2008. トマトの栄養繁殖における品種, 摘心および誘引方向が側枝の均一性および採取数に及ぼす影響. 植物環境工学. 20: 152-157.
- Okagami, N. 1979. Dormancy in bulbils of several herbaceous plants: Effects of photoperiod, light, temperature, oxygen and gibberellic acid. Bot. Mag. Tokyo 92: 39-58.
- 岡本章秀・須藤憲一・國武利浩. 2003. サイトカイニン剤およびオーキシン拮抗剤処理による高温下でのキク‘岩の白扇’および‘神馬’の腋芽形成. 園学雑. 72 (別 1) : 121.
- 小野蘭山. 1847. 重訂本草綱目啓蒙卷之十.

- 大川 清. 1992. 育種と繁殖. 斎藤 隆編著. 園芸学概論. 文永堂出版. 東京. p. 45-63.
- 大川 清・今西英雄・土井元章・古川仁朗・竹田 義・半田 高・豊田正博・萩原孝幸・水谷忠義・岩堀勝弥・高橋晋太郎. 2012. 草花. 実教出版. 東京. p. 67-69.
- 大城 閑・細川宗孝・矢澤 進. 1998. 花卉園芸で活躍するバイオテクノロジー. 化学と生物. 36: 512-522.
- 大石 惇・山崎一郎・三浦 務・細井寅三. 1983. さし穂の水ポテンシャルが発根に及ぼす影響 (第 1 報). 静岡大農研報. 33: 21-27.
- 大沢 章. 1986. 山菜栽培全科—有望 53 種—. 農文協. 東京. p. 64-73.
- 大沢 章. 1994. 山菜「自生地栽培」(7) ウワバミソウ. 現代農業. 73: 288-291.
- Poole, R. T. and C. A. Conover. 1977. Influence of medium, container size and water regime on growth of *Pellonia pulchra* N. E. Br. and *Pilea involucrata* (Sims) Urb. Proc. Fla. State Hort. Soc. 90: 319-320.
- 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.
- Sagee, O., A. Shered and D. Hasdai. 1990. Rooting of cuttings from gibberellin and benzyladenine- treated citrus trees. J. Hort. Sci. 65: 473-478.
- 坂口和昭・秦野光章. 2012. 山村地域の遊休地や里山を利用した山菜やきのご類等活用技術開発育成試験・ウワバミソウ (第 1 報). 和歌山県林試業報. 70: 57-59.
- 阪口翔太・藤木大介・井上みずき・山崎理正・福島慶太郎・高柳 敦. 2012. 日本海側冷温帯性針広混交林におけるニホンジカの植物嗜好性. 森林研究. 78: 71-80.
- 斎藤 隆・畑山富男・伊東秀夫. 1963. トマトの生育ならびに開花・結実に関する研究 (第 3 報). 育苗期の窒素・燐酸・加里の施用量が生育ならびに花芽形成に及ぼす影響. 園学雑. 32: 131-142.
- 斎藤 隆・伊東秀夫. 1966. トマトの生育ならびに開花・結実に関する研究 (第 6 報). 生育ならびに花芽形成に及ぼす植物生長調整物質の影響. 園学雑. 35: 247-259.

- 崎尾 均・久保満佐子・川西基博・比嘉基紀. 2013. 秩父山地におけるニホンジカの採食が
林床植生に与える影響. 日緑工誌. 39: 226-231.
- 佐藤俊信・岩村良男. 1988. 林地における山菜の栽培技術に関する調査報告書. 青森林試報.
1-32.
- 沢野哲郎・新谷竜太郎・中 正道. 2002. 能登の山菜を活用した特産品開発 I. 山菜の効率
的な栽培法. 石川農総研セ研報. 24: 55-60.
- Simmonds, J. 1983. Direct rooting of micropropagated M26 apple rootstocks. *Sci. Hortic.* 21: 233-
241.
- 白井建史・萩森 学. 2004. ピーマン (*Capsicum annuum* L.) の大量増殖法. 園学雑. 73: 259-
265.
- 宍戸 勇・児玉栄一郎. 1967. 秋田地方の山菜の栄養成分について (第 1 報). 産業医学. 9:
272-273.
- 杉浦孝蔵・岸本和明. 1989. 山菜・きのこに対する消費者の嗜好性. 日林誌. 71: 31-38.
- 鈴木正一. 2004. ウワバミソウの初期生育と選抜. 北陸作物学報. 40: 106-109.
- 鈴木正一・久田 孝. 2006. ウワバミソウにおける茎抽出液の粘度. 北陸作物学報. 41: 125-
128.
- 鈴木正一・佐竹 修. 2000. ウワバミソウ属植物の栄養繁殖. 北陸作物学報. 35: 63-66.
- 田中晟雅. 1999. セルトレイを使った山菜 (ワラビ, タラ, ウワバミソウなど) の増殖と栽
培. 特産情報きのこ. 21: 64-66.
- 谷川孝弘・國武利浩・中村知佐子・山田明日香・巢山拓郎・佐伯一直. 2010. 夏秋ギクの親
株養成における栽培条件の違いが挿し穂収量と苗質に及ぼす影響. 園学研. 9: 31-38.
- 丹野憲昭. 1985. ムガゴイラクサ休眠種子の赤色光による発芽誘導. 日本植物生理学会年
会とシンポジウム講演要旨集. 25: 269.
- 戸澤一宏. 2006. ウワバミソウ (*Elatostema umbellatum* var. *majus*) の増殖方法の検討. 山梨
森林総研研報. 25: 143-144.

- Tsukamoto, Y. and S. Yazawa. 1973. The effects of temperature and certain growth regulators on breaking dormancy of gladiolus corm by cytokinin treatment. *Environ. Control Biol.* 11: 157-164.
- 渡辺弘之・登尾二郎・二村一男・和田茂彦. 1970. 芦生演習林のツキノワグマとくにスギに与える被害について. *京大演報.* 41: 1-25.
- 渡邊 学・壽松木章・小森貞男・佐藤秀継. 2003. 植物生長調節物質の散布がリンゴカラムナータイプ樹の新しょう生長に及ぼす影響. *園学研.* 2: 97-100.
- 渡辺朋恵・栗田公司・佐藤利美・伊藤美和. 1994. ウワバミソウの休眠特性と促成栽培. *東北農研.* 47: 271-272.
- 渡辺 泰. 1970. シロザ種子の休眠と発芽に関する研究. *雑草研究.* 10: 19-24.
- 矢橋晨吾・雨宮 悠・高 錫九・高橋 悟・田中弥寿男. 1992. 園芸用土の物理性に関する研究. 1. 鹿沼土の間隙構造と水分特性. *千葉大園学報.* 46: 129-134.
- 山口有希・近藤知義. 2010. 養液栽培によるチャのポット苗育成技術の確立 (第2報). 育苗ポットの大きさおよび培養液濃度が苗の生育に及ぼす影響. *滋賀農技セ研報.* 49: 45-51.
- 山本良一. 1988. 側芽の成長. 増田芳雄編著. *絵とき植物生理学入門.* オーム社. 東京. p. 134-135.
- 山内 (佐藤) 真希子・津田浩利・荒木啓輔・内田飛香・安田喜一・鉄村琢哉・小松春喜・國武久登. 2012. 我が国自生のスノキ属植物とブルーベリー栽培品種における植物組織培養と試験管外発根を利用したクローン増殖. *園学研.* 11: 13-19.
- 吉田 洋・林 進・堀内みどり・坪田敏男・村瀬哲磨・岡野 司・佐藤美穂・山本かおり. 2002. ニホンツキノワグマ (*Ursus thibetanus japonicus*) によるクマハギの発生原因の検討. *哺乳類科学.* 42: 35-43.

Study of propagation methods in *Elatostema involucreatum* Franch. & Sav.

Satoshi Mizushima

Summary

Elatostema involucreatum Franch. & Sav. (local name, uwabamisou) is a perennial plant belonging to the *Elatostema* genus of the Urticaceae family. It is a wild vegetable grown in a shady area under forest, especially along mountain stream; shoots, bulbils and rhizomes are collected for edible use from spring to autumn, whereas bulbils and rhizomes are collected in autumn. Recently, *E. involucreatum* are sometimes cultivated because access to their natural communities is becoming harder. However, little is known about the cultivation method of *E. involucreatum*, especially the vegetative propagation of *E. involucreatum* seedlings by herbaceous cutting or using bulbils. Generally, shoots for cutting and bulbils are taken from mother plants that grow naturally. Therefore, to prevent the overexploitation of wild *E. involucreatum* communities, it is necessary to establish a stable and efficient propagation method. Therefore, this study aimed to establish a propagation method for the continuous and consistent supply of seedlings after the problems related to the collection and production of *E. involucreatum* were analyzed.

Chapter 1. Production situation of *E. involucreatum* in Japan

By the estimation of the collection and production volume of *E. involucreatum* using data of the Forestry Agency, it was 158–212 tons between 2010 and 2015 in Japan. The data revealed that 15 prefectures produced *E. involucreatum*, and farm harvest is available in market of six prefectures. Most *E. involucreatum* is produced by harvesting wild plants, but in 2013, the production of cultivated *E. involucreatum* considerably increased, particularly in Aomori Prefecture. However,

the cause of this considerable increase in the cultivation of *E. involucreatum* in Aomori Prefecture is unclear.

A questionnaire survey was conducted to investigate the current trend in the collection and cultivation of *E. involucreatum* in 16 prefectures where its production or research were recorded. *E. involucreatum* seedlings was propagated using bulbils, cutting, and division. Seeds were not used for propagation. Mother plants for propagation are usually collected from wild *E. involucreatum* plants in each prefecture, except for one prefecture. The reason for introducing strains from other prefectures was that the limited number of wild *E. involucreatum* plants. *E. involucreatum* plants are cultivated in four prefectures, but questionees from six prefectures assumed that *E. involucreatum* could be cultivated if strains with high yield (shoot or bulbils) and high nutritive value could be available. Bulbils usually fetch a high price in local market, so the demand for strains with large bulbils or strains bearing bulbils in July and August are high. At present, such desirable strains have not been found. But efficient method of mass propagation should be established prospectively.

Chapter 2. Ecological characteristics of *E. involucreatum*

Although shoots and bulbils are usually collected from wild plants for vegetative propagation, little is known on the growing characteristics of wild *E. involucreatum*, especially the growth of the main and lateral shoot, as well as the number of bulbils and seeds produced in wild plants. Therefore, to understand the growing characteristics of *E. involucreatum*, a wild population at Ooi town, Fukui Prefecture (300 m above sea level), were investigated between May and November. The length of the main stem, the number of nodes and lateral shoots, and total length of lateral shoots increased between May and October but decreased in November because of the abscission of bulbils. The number of nodes in the main stem is approximately 12–14 between May and August. Therefore, seven cuttings could be taken from one main stem by simple arithmetic if the cutting

were made of each two nodes. However, it was pointed out that the cuttings from the terminal and the lower nodal positions were too short and too long for cuttings, meaning that the less than seven cuttings per main stem could be obtained. Some bulbils abscised between October and November, leading to the decrease in the number of bulbils up to 18 per shoot. These observations suggested the efficiency of propagation in *E. involucratum* is low in natural vegetation. Therefore, efficient method of mass propagation should be established if rapid propagation of elite strains were desired. Based on our observation, the number of achenes (hereafter referred to as seeds) was 278 in June, but the practical use of seed propagation is unknown.

Chapter 3. Effect of germination promotion treatment on seed germination

Currently, all transplants of *E. involucratum* were grown by vegetative propagation and not by seed propagation. Generally speaking, propagation by seed is more efficiency than vegetative propagation. In *E. involucratum*, the multiplication rate of seed propagation was 10 times high than propagation by cutting and bulbils. However, it is possible that *E. involucratum* seeds could not uniformly germinate because seeds are often dormant in wild plants. Therefore, the effects of gibberellin (GA) and low temperature on seed germination were investigated. The germination rates at 28 days after the treatment of 0 and 100 ppm GA were 12% and 7%, respectively. When seeds were stored for 46 days under four different conditions in which normal and cold temperatures were combined with wet and dry relative humidity, the germination rates under the normal/wet and cold/wet conditions were 3% and 5%, respectively. In contrast, under the normal/dry and cold/dry conditions, no seeds germinated. Therefore, the effect of treatment we examined here could not promote germination of *E. involucratum* seeds. Therefore, propagation by seed is not practical in *E. involucratum* cultivation at present although some treatments could increase germination rate.

Chapter 4. Treatment for improvement of multiplication rate in cutting propagation

Section 1. The effects of propagation environments on rooting and growth of cuttings

The effect of the position of cutting materials, kind of rooting medium, auxin treatment, and sexuality of shoots on the rooting and growth of cuttings was investigated. For top and normal cuttings, the rooting rates of cuttings were 93% and 100%, respectively. Therefore, any parts of shoots could be used as cutting materials. When cuttings were inserted in pumice stone (Kanuma tsuchi), vermiculite, vermiculite–peat moss mixture, and vermiculite–perlite mixture, pumice stone and/or vermiculite were observed to be the best rooting media. When the cuttings were inserted into different particle sizes of pumice stone and vermiculite, the rooting rate was higher than 80%, except when the particle size of pumice stone was 14 mm. The number of roots tended to decrease with increasing particle size for pumice stone, but increased with increasing the particle size of vermiculite. It is considered that the particle size suitable for the rooting medium was 2 mm in pumice stone and 5 mm in vermiculite. Treatment of cuttings with indole-butyric acid solution significantly increased the number of roots. The growth of cuttings using the main stem with either female or male inflorescences (shoots) was not significantly different irrespective of sexuality of shoots, at potting time and 75 days after potting.

Section 2. Method to increase the number of cuttings

(1) The effect of pinching out the main stem tips on lateral shoot and rhizome development

Cutting the main stem could promote the development of lateral shoots due to the breaking of apical dominance, increasing the number of cuttings produced by mother plant. In contrast, it is possible that the loss of the photosynthetic organ by cutting the main stem back inhibits the development of rhizomes and has detrimental effect on plant communities. Thus, the effect of removing the apical portion of main stem on the development of lateral shoots and rhizome was investigated. The main stem was removed 5 cm below the shoot apex in August. Removal of the

main stem apex decreased the length of the main stem and the number of lateral shoots 42 days after removal, and fresh weight of rhizomes and number of buds per rhizome 172 days after removal, as compared with control (no treatment). Therefore, the collection of shoots from their natural habitats could inhibit rhizome development and have detrimental effect on the maintenance of plant communities, suggesting the importance of the establishment of more efficient propagation.

(2) The raising of mother plant by hydroponics

Plants grow more vigorously on a solution culture than on soil culture, so more cuttings could be obtained if mother plants were grown on a solution culture. Therefore, the usefulness of solution culture in *E. involucreatum* propagation was investigated.

To understand the concentration of the nutrient solution suitable for the growth of rooted cuttings, the rooted cuttings were inserted into pumice stone and grown on a solution culture in a closed plant growth system. Concentrations of the 'Enshi' nutrient solution were 0.25, 0.5, and 1 unit. Rooted cuttings grew more vigorously at 0.25 unit than at 0.5 and 1 units. Therefore, the optimum concentration of the nutrient solution was 0.25 units.

In order to save labor cost for the removal of the medium from the rooted cuttings, the cuttings were immersed into the nutrient solution of 0, 0.1, and 0.25 units and planted in 0.25 units of the nutrient solution 28 days after cutting. The result showed that the growth of the rooted cuttings was superior in 0.1 unit of the nutrient solution in the nursery period. The relative growth rate and net assimilation rate were higher in 0.1 unit than in 0 unit in the nursery period, but no difference was observed after transplanting.

The number of cuttings collected from mother plants grown on a solution culture in the closed plant growth system and those grown in soil culture in a glass house (conventional) were compared. Between 12 and 18 weeks after cutting, the cumulative number of cuttings between 12 and 18 weeks after cuttings were 8.1 and 1.5 in a solution culture/closed system and conventional method,

respectively.

The shoot fresh weight of cuttings at cutting showed no differences irrespective of mother plant origin (plants grown either on solution culture/closed system or by conventional method). However, cuttings from mother plant grown on solution culture/closed system produced larger shoot and root than that from the conventional method at 42 days after cutting. It is considered that the cuttings collected from mother plant grown on solution culture in the closed system were able to adapt to the external environment more easily, thus stimulating plant growth as compared with the conventional method.

(3) Benzylaminopurine (BAP) and gibberellin (GA) treatment for mother plant

The mother plants were sprayed twice with a solution containing 25 or 100 ppm of BAP or GA. BAP treatment increased by three to four times the number of lateral shoots from the main stem, whereas GA treatment increased the main stem length, but did not increase the number of lateral shoots.

When BAP was sprayed only once, the number of lateral shoots longer than 5 cm long increased ten times (3.3 and 0.3 per plant for BAP spray treatment and no BAP spray, respectively). GA treatment increased the length of the main stem and lateral shoot, but did not increase the number of lateral shoots longer than 5 cm. Furthermore, combined treatment with BAP and GA showed no significant difference as compared with BAP treatment.

The growth of rooted cuttings was the same irrespective of BAP treatment for mother plants, while GA treatment for mother plants inhibited cutting growth.

(4) Mass propagation of *in vitro* shoots by single node culture method

The probability was checked whether single-node stem of tissue-cultured shoots could be used for cutting propagation. The two strengths of Murashige and Skoog (MS) medium in tissue cultures, standard (MS) and half (1/2 MS), was used. Under *in vitro* conditions, the main stem length and the number of node in 1/2 MS were significantly higher than those in MS. Under *ex vitro*

conditions, the rooting rates of cuttings using shoots cultured in MS and 1/2 MS were 83% and 100%, respectively. The growth of rooted cuttings at 56 days after cutting was not significantly different between shoots cultured in MS and those cultured in 1/2 MS. The number of nodes in the 1/2 MS at 42 days after planting was 6.3. Therefore, it is estimated that 1.68 million plants could be raised within a year by this method.

Section 3. Effect of nitrogen fertilizer on growth of rooted cutting

The rooted cuttings were potted in vermiculite containing 0, 200, 400, or 800 mg · L⁻¹ of nitrogen fertilizer. The growth of transplants in vermiculite containing 400 mg · L⁻¹ of nitrogen fertilizer was better than that of the others at 42 days after potting.

Chapter 5. Propagation by bulbils

(1) Propagation by hydroponics using bulbils

When seedlings derived from bulbils were supplied with 0.13 or 0.25 units of ‘Enshi’ nutrient solution, there were no differences in growth among treatments. When seedlings from bulbils were supplied with 0.25 or 0.5 units of ‘Enshi’ nutrient solution, the shoot and root growth was restricted with 0.5 unit of ‘Enshi’ nutrient solution. At 64 days after transplanting, the number of cuttings collected from the plant cultured with 0.25 units of ‘Enshi’ nutrient solution was 7.8. Therefore, it is considered that the optimum concentration of the nutrient solution for the cultivation of bulbils was between 0.13 and 0.25 units.

(2) The method of breaking endodormancy

Bulbils were collected three times between September and November. The period of low temperature treatment (at 2°C) was applied for 0–80 days for bulbils collected in September and October and for 0–60 days for bulbils collected in November. In bulbils collected in September and October, the result showed that the sprouting rate at 21 days after planting was higher than

90% by low temperature treatment for 80 days. In bulbils collected in November, the sprouting rate at 21 days after planting was higher than 90% by low temperature treatment for 60 days. The collection of bulbils in November was not efficient because bulbils fall from the stem by this time. Therefore, the endodormancy of bulbils collected in September and October was sufficiently broken by low temperature treatment at 2°C for 80 days.

When dormant bulbils were dipped in 0, 100, and 500 ppm of GA, the final sprouting rates were 0, 84, and 34%, respectively. Untreated bulbils were not sprouted. The endodormancy of bulbils was broken by soaking in GA for 24 h. When the bulbils were treated with a combined solution of GA at 0, 10, 50, or 100 ppm and BAP at 0, 1, or 10 ppm, higher sprouting rates was observed with GA at 100 ppm. BAP treatment had no effect on endodormancy breaking.

In conclusion, the transplants of *E. involucreatum* is propagated by vegetative propagation, because the germination rate of *E. involucreatum* seeds is low. The cultivation of mother plants by solution culture, promotion of the occurrence of lateral shoot by spraying BAP on the mother plant, and propagation of cuttings by tissue culture were effective methods to obtain a large number of cuttings. The stable production of a large number of seedlings was possible by inserting the cuttings propagated by these methods into vermiculite or pumice stone. In addition, low temperature treatment at 2°C for 80 days and treatment with GA were effective methods for breaking endodormancy of bulbils to achieve uniform sprouting. The results obtained in this study could contribute to the spread of cultivation of *E. involucreatum* in the future.