

絶滅危惧植物コマクサの組織培養による大量増殖

In vitro propagation of the endangered plant *Dicentra peregrina*

小山田智彰, 山内貴義, 鞍懸重和, 川目智之

岩手県環境保健研究センター

〒020-0857 岩手県盛岡市北飯岡1-11-16

Tomoaki Oyamada, Kiyoshi Yamauchi and Shigekazu Kurakake, Tomoyuki Kawame
*Research Institute for Environmental Sciences and Public Health of Iwate Prefecture,
Department of Earth Science, 1-11-16 Kitaiioka, Morioka, Iwate 020-0857 Japan*

2016年4月25日受付

要 旨

絶滅危惧植物コマクサから安定的に増殖を行うため、組織培養法の開発を行った。コマクサが自生する岩手山の土壌分析を行い、これを参考にして専用培地を作成した。コマクサの葉片、茎部、花弁を材料に培養を行った結果、葉片がカルス増殖に適していることを確認した。そして最適な植物成長調節物質2種の添加量を明らかにしてカルスからの不定芽の誘導に成功した。次に炭とスクロース濃度の最適な添加量を調べて発根率が高い培地を作成した。作出した苗の順化・育苗を行った結果、90%の生存率を示し、全てが開花した。我々が開発した方法によってコマクサの大量増殖ができるようになり、薬用植物の研究における本種の安定的な確保が可能となった。

キーワード：コマクサ, カルス, 不定芽, 生存率, 大量増殖

Abstract

We have developed an efficient tissue culture method for the endangered plant *Dicentra peregrina*. First, we analyzed the composition of the soil on Mt. Iwate, where *D. peregrina* grows wild, and prepared a culture medium based on the results. The leaf blade, stem, and petal of *D. peregrina* were cultivated, and the leaf blade was found to be the most suitable for callus proliferation. By examining the optimum amount of two plant growth regulators, NAA and BA, adventitious buds were induced from the callus. Moreover, a culture medium with a high rooting rate was prepared by determining the optimum amount of charcoal powder and sucrose. The survival rate was 90%, and all plants flowered after the subsequent acclimation and raising of seedlings. The developed technique will permit efficient mass propagation of *D. peregrina* as a medicinal plant.

Key Words: *Dicentra peregrina*, callus, adventitious shoot, survival rate, mass propagation

コマクサ (*Dicentra peregrina* (Rudolph) Makino)¹⁾ (図 1) は、本州中部以北の高山砂礫地に自生する多年生植物である。国内に関連種はなく、1 属 1 種である。高山を代表する花として「高山植物の女王」と呼ばれ、このことから近年の登山ブームに相まってコマクサの開花期には、この花を見るために登山者が増加する^{2,3,4)}。また、山野草の栽培愛好家にも人気が高く、産地が明記されたコマクサが山野草店で売られていることも少なくないが、ハダニや白絹病などの病害虫に弱く継続した栽培は困難である。

薬用植物におけるコマクサは、全草にアルカロイドのジセントリン、プロトピン、フラボノイドのケルセチン・モノメチルエーテルを含む。ジセントリンは、少量で麻酔作用があり、中等量では麻酔作用について脊椎以上の中枢を刺激する。さらに大量で呼吸中枢を刺激して初め興奮させ、のちに痙攣させる。また心臓に対して運動機能を麻痺させ、血管中枢を麻痺させる。コマクサは、その麻酔作用から民間で腹痛の鎮痛用に使用されていたが、特別保護植物の指定を受けてからは採取ができない状況となり、薬用植物としての研究も容易に取り組めないのが現状となっている^{5,6,7,8)}。植物学において現存する最古の標本は、1866 年木曾駒ヶ岳とされているが、薬用として乱採取されて絶滅しており、同じように甲斐駒ヶ岳も絶滅している^{9,10)}。

現在、コマクサは岩手県、秋田県、福島県、群馬県、山形県、新潟県、北海道のレッドデータブックにおいて絶滅危惧植物に搭載されている (表 1)。岩手県のコマクサ自生地は、岩

手山と秋田駒ヶ岳であるが、どちらの山も噴火警戒レベル 1 (留意) となっており、24 時間態勢で観測する「常時監視火山」となっている。このうち岩手山では活発化した火山活動に備えて岩手山火山ハンドブック・岩手山火山防災マップ¹¹⁾ が国土交通省より発刊されている。これによると想定された噴火が発生した場合、コマクサの自生地は火砕流および火災サージ (爆風) 圏内に入る。火砕流は、高温で破壊力が大きいため、動植物に壊滅的な被害を与えることから、噴火の規模によっては絶滅することも危惧される。

コマクサの増殖は、種子繁殖が一般的である。発芽は、播種翌春から確認できるが 3,4 年かかる。さらに開花に至るには発芽から 2 年を要する^{12,13,14)}。また、高山植物の性質上、栽培には専門的な知識と経験が必要となる。一方、研究レベルで植物の生産を行う場合、産地や由来を明確にすることが重要となる^{15,16)}。しかし、栽培されてきた個体では産地や由来が不明になったり、交雑によって特性



図1 コマクサの自生写真 (2014.7.7 晴れ) 岩手山焼走り登山道8合目

表1 コマクサのレッドデータブック指定状況

種名	学名	都道府県RDB
コマクサ	<i>Dicentra peregrina</i>	秋田 (絶滅危惧種 I A 類)、福島 (絶滅危惧 I 類)、群馬 (絶滅危惧 I A 類)、岩手 (Bランク)、山形 (絶滅危惧種 II 類)、新潟 (絶滅危惧 II 類)、北海道 (希少種)

が失われている危険性がある。この対策として母材を選定し、その植物組織から健全な苗を量産する組織培養技術が有効となる。著者が過去に取り組んだ方法¹⁵⁾とコマクサの組織培養に取り組んだ先例の報告^{6,17)}を試してみたが芽および根の発生率が著しく低く実用性には欠けていた。そこで本研究では、安定的かつ確実に苗を量産する大量増殖法の開発に取り組んだ。つまり使用培地の検討と外植体の選択、カルス増殖試験、植物体再生試験、発根培養試験、順化・育苗試験などを行い、実用性を重視した再現性試験に取り組んで、開発した技術の効果を確認した。

1. 材料および方法

本試験に用いたコマクサおよびシロバナコマクサ (*Dicentra peregrina* (Rudolph) Makino f. *alba* (Okada) Takeda) は、前岩手植物の会会長の猪苗代正憲氏から提供を受けて使用した。材料の栽培・管理は、岩手県のコマクサ自生地である岩手山と秋田駒ヶ岳の自生地調査で得られた情報を参考に行った。

1) 外植体の選定 (試験 1)

岩手山においてコマクサが自生していた場所から採取した土壌の成分分析結果を参考に基本培地を作成した。水田や作物の場合、土壌中の好適な窒素濃度の範囲はアンモニア態窒素が 5 ~ 15mg/100g, 硝酸態窒素が 5 ~ 10mg/100g 程度とされているが、コマクサの自生地はアンモニア態窒素が 0.1mg/100g,

硝酸態窒素が 0.2mg/100g と低いことが判明した。窒素が過剰な場合は苗の軟弱化を招くことから、従来のコマクサ増殖用培地^{6,15,17)}よりも窒素含量を低く設定した基本培地(以下、コマクサ増殖用培地)を作成し、全ての試験に用いた(表 2, 3)。外植体のカルス化を目的に培地中に添加する植物成長調節物質からオーキシンおよびサイトカイニンの効果について検証するため、著者が過去に実施した試験でカルス増殖がみられた 2 種の植物成長調節物質 NAA 0.1mg/L と BA1.0mg/L¹⁵⁾をコマクサ増殖用培地に添加し、外植体の選定試験を行った。野外で栽培管理していたコマクサから葉片、茎部、花弁を採取して中性洗剤で洗い、水道水で洗浄した後にクリーンベンチ内に搬入した。そして 70% エタノールに 10 秒浸漬し、滅菌水で 1 回洗浄した後に 0.6% 次亜塩素酸ナトリウム溶液に 30 分浸漬して殺菌した。滅菌水で 3 回洗浄した後、

表2 コマクサ自生地の土壌分析結果

試験項目	岩手山
アンモニア態窒素(mg/100g)	0.1 ± 0.0
硝酸態窒素(mg/100g)	0.2 ± 0.1
可給態リン酸(mg/100g)	3.7 ± 0.3
交換性カリウム(カリ)(mg/100g)	27.0 ± 0.6
交換性カルシウム(石灰)(mg/100g)	37.3 ± 3.7
交換性マグネシウム(苦土)(mg/100g)	2.0 ± 0.6
可給態鉄(ppm)	0.5 ± 0.0
交換性マンガン(ppm)	0.8 ± 0.1
塩分(%)	0.005 ± 0.001
pH	5.97 ± 0.01
EC(μs/cm)	1.7 ± 0.0

表3 コマクサ増殖用培地の組成

培地の組成	添加量	MS5液の組成	添加量
Hyponex (6.5-6.0-19.0)	0.5 g/L	ミオイシトール	100mg/L
スクロース	30.0 g/L	ニコチン酸	0.5mg/L
MS5液	1.0 mL/L	塩酸ピリドキシン	0.5mg/L
ゲランガム	3.5 g/L	塩酸チアミン	0.1mg/L
pH	6.0	グリシン	2.0mg/L

5mm 角にカットして培地に置床した。25mm×120mm の植物培養試験管に培地 10ml を分注した。培養の温度設定は 20℃とした。光条件として、24 時間暗黒条件とした暗所処理区と、照度 2,000lx, 16 時間日長の明所処理区の 2 試験区を設定した。1 試験区につき 2 容器（外植体 2 個）を供試し、カルス化の有無と枯死を肉眼観察により分類する方法で調査した。

2) カルス増殖試験（試験 2）

試験 1 の結果から、外植体には葉片を採用した。コマクサ増殖用培地にホルモンフリー培地と、NAA と BA を添加した合計 17 試験区を設定した。葉片を 5 mm 角に切り出し、葉の裏面が接地するよう培地上に置床した。1 試験区につき 10 容器（葉片 10 個）を供試した。培養環境を暗所条件とし、30 日間後のカルス化の有無、枯死を肉眼観察により分類する方法で調査した。

3) 不定芽誘導試験（試験 3）

試験 2 の結果から、試験 2 で設定した 17 試験区よりホルモンフリー培地を除いた 16 試験区を設定した。試験 2 より得られたカルスを 5mm 角に切り出し、カルスが培地に接地するよう置床した。材料に、1 試験区につき 10 容器（カルス 10 個）を供試した。培養の環境条件は、照度 2,000lx, 16 時間日長、設定温度 20℃とし、30 日間後に不定芽形成率とシュート数を肉眼観察により分類する方法で調査した。

4) 発根培養試験（試験 4）

不定芽誘導によって得られた不定芽は根形成していないため、発根を進める必要がある。試験 2 の結果から、培養で得られた不定芽をカルスから切り出して発根培養を行った。コマクサ増殖用培地に 2 種の植物成長調節物質 NAA, BA を添加した試験区と、小西らの報

告⁶⁾と浜崎の報告¹⁷⁾も採用し、MS 培地に植物成長調節物質 IBA を添加した試験区の合計 20 試験区について培養したが発根は確認されず、植物成長調節物質を添加した全ての試験区で不定芽がカルス化に戻る脱分化現象がみられた。この結果から不定芽の発根培養においては植物成長調節物質の添加は不適合と判断した。そのため、コマクサ増殖用培地に活性炭を 0.5g/L 添加した際の発根の有無について、1 試験区につき 25 容器（不定芽 25 個）を供試した。培養の環境条件は、照度 2,000lx, 16 時間日長、設定温度 20℃とし、培養 60 日後の発根率を肉眼観察により分類する方法で調査した。さらにスクロースを 0, 10, 30 および 50g/L を添加した際の発根率と草丈の差について比較試験を行った。

5) 培養苗の順化・育苗試験（試験 5）

試験 4 で根形成が確認された培養苗を用いて順化・育苗を行った。培養苗を培養容器から取り出し、水道水で根から培地を洗い流した後に、6 号サイズの駄温鉢に鹿沼土と川砂を同等配合した用土を充填した。そして培養苗 40 本を植えた。順化・育苗試験のすべてについて野外で実施し、用土が乾燥した時にかん水を行った。試験開始 240 日後に苗の生存数と開花状況を肉眼観察により分類する方法で調査した。

6) 統計処理

すべての統計解析は R ver.3.12 (R Core Team, 2014) を使用した。

2. 結果および考察

1) 外植体の選定（試験 1）

表 4 に本研究で実施した外植体選定試験の結果を示した。暗所処理区では、葉片においてカルス化が確認された。莖部、花弁については培養開始時と変化がなかった。明所処理

表4 外植体の選択（試験1）の結果

処理区	部位	培養後の状態 ²		
		カルス化	変化なし (-)	枯死
暗所	葉片	2		
	莖部	2		
	花弁	2		
明所	葉片	2		
	莖部	2		
	花弁	2		

² 1 試験区につき 2 容器葉片 2 個を供試



図2 カルス増殖試験 NAA+BA処理区（暗所30日）
 縦上からNAA0.1mg/L, 0.5mg/L, 1.0mg/L, 1.5mg/L
 横左からBA0.1mg/L, 0.5mg/L, 1.0mg/L, 1.5mg/L

表5 カルス増殖試験（試験2）の結果（置床30日後）

NAA (mg/L)	BA (mg/L)	結果 ²		
		カルス化あり	カルス変化なし	枯死
0.0	0.0	0	10	0
0.1	0.1	8	2	0
0.1	0.5	10	0	0
0.1	1.0	7	3	0
0.1	1.5	6	0	4
0.5	0.1	7	3	0
0.5	0.5	8	0	2
0.5	1.0	8	0	2
0.5	1.5	10	0	0
1.0	0.1	10	0	0
1.0	0.5	10	0	0
1.0	1.0	10	0	0
1.0	1.5	9	0	1
1.5	0.1	6	4	0
1.5	0.5	10	0	0
1.5	1.0	10	0	0
1.5	1.5	9	1	0

² 1 試験区につき 5 容器葉片 10 個を供試

区では、葉片、莖部、花弁の全てが枯死した。暗所処理、葉片培養を外植体に用いた試験区にカルス化が認められたことから、コマクサ増殖用培地が適合していることと判断した。

2) カルス増殖試験（試験2）

表5と図2にカルス増殖試験の結果を示した。2種の植物成長調節物質NAAとBAを添加しない培地では、カルス化はみられなかった。一方、NAAとBAを添加した場合、全供

試ではなかったものの、暗所培養30日後に全ての組み合わせにおいてカルス化が認められた。カルス化しなかった供試体を観察したところ、材料に用いた葉片が脱色していたことから、外植体の殺菌に使用した0.6%次亜塩素酸ナトリウム溶液への浸水時間30分が長いために、活性が失われたためと推察した。そこで、浸水時間を15分に短縮して実施した結果、カルス化が確認された。培養によって葉

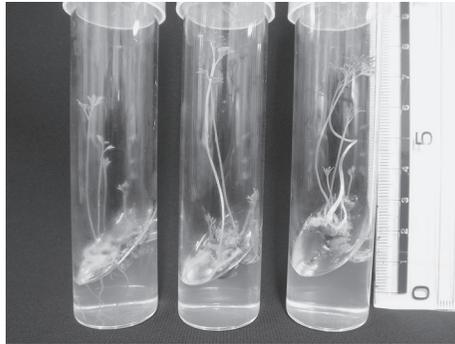


図3 不定芽誘導試験の結果写真（明所培養30日）コマクサ増殖用培地に NAA0.1mg/LとBA1.0mg/Lを添加

表6 不定芽誘導試験（試験3）の結果（置床30日後）

NAA (mg/L)	BA (mg/L)	不定芽形成率 (%) ^z	不定芽数 (本)
0.1	0.1	40.0	6.0 ± 1.7 ^y
0.1	0.5	90.0	5.4 ± 1.5
0.1	1.0	90.0	10.4 ± 3.2
0.1	1.5	90.0	5.7 ± 1.7
0.5	0.1	10.0	2.0
0.5	0.5	30.0	1.3 ± 0.3
0.5	1.0	0.0	—
0.5	1.5	0.0	—
1.0	0.1	10.0	3.0
1.0	0.5	20.0	3.5 ± 2.5
1.0	1.0	0.0	—
1.0	1.5	0.0	—
1.5	0.1	0.0	—
1.5	0.5	0.0	—
1.5	1.0	0.0	—
1.5	1.5	0.0	—

^z 1試験区につき10容器カルス10個を供試, ^y 平均 ± 標準誤差

片が脱分化し、得られたカルスは緑色をなしていた。著者がこれまで行った植物組織培養の試験から、このようなカルスは活性力が高く、植物体再生能に優れていることが期待される¹⁸⁾。コマクサ増殖用培地に2種の植物成長調節物質NAAとBAを添加することで容易にカルスの増殖が行えることが明らかになった。

3) 不定芽誘導試験（試験3）

図3と表6に不定芽誘導試験の結果を示した。培養30日後に8通りの組み合わせに不定芽が確認され、NAA0.1mg/L+BA0.5mg/L,

NAA0.1mg/L+BA1.0, NAA0.1mg/L+BA1.5mg/Lを添加した培地において90%と、高い不定芽形成率を示した。この3つについて不定芽の形成数を比較した結果、NAA0.1mg/L+BA1.0の培地が10.4本となり、最も高かった。不定芽形成率で劣ったNAA0.1mg/L+BA0.1mg/L, NAA0.5mg/L+BA0.1mg/L, NAA0.5mg/L+BA0.5mg/L, NAA1.0mg/L+BA0.1mg/L, NAA1.0mg/L+BA0.5mg/Lの5つの組み合わせでは、培養を継続すると不定芽の生育が停止した。カルスから不定芽の形成がなかった8通りについて、

NAA0.1mg/L+BA1.0mg/L を添加した培地に移して再培養すると不定芽の形成が観察された。小西らが行った報告⁶⁾で作出されたものは未分化状態の不定胚となる。また、浜崎の報告¹⁷⁾にある培養植物は茎頂部が肥大奇形化していたが、これは、タバコの髓組織へのカルスの増殖を指標として開発された MS 培地を使用したために起こったものと推察される。MS 培地は、汎用の植物組織培養用培地として現在最も使われているが、窒素濃度、特にアンモニア態窒素が高いため、培養植物の生育障害が指摘される^{19,20,21,22)}。コマクサの自生地の土壌分析結果と比較しても極端に成分が高いことから MS 培地の使用は不適合と推察できる。

以上の結果から、カルスからの不定芽誘導は、コマクサ増殖用培地に NAA0.1mg/L+BA1.0mg/L を添加した培地が最適であることが明らかになった。分化の制御を行う時、オーキシンとサイトカイニンの量と濃度が重

要な分化方向の決定要因として働くことが知られている²³⁾。植物組織培養技術では、作出したカルスから植物を再生させる際にもオーキシンとサイトカイニンの選択とその配合割合によって茎葉形成または根形成を誘導することが可能となり、一方この作用を抑制させることでカルスによる試験管内保存が可能になる^{19,20)}。本試験の結果から、コマクサ増殖用培地に 2 種の植物成長調節物質 NAA と BA を選択して培養することでカルスの維持保存や、茎頂分裂組織を保持した不定芽を作出できることが明らかになった。

4) 発根培養試験 (試験 4)

発根培養を示した文献^{6,15,17)}に記載されている植物成長調節物質を添加した培地では発根が確認できなかったため、新たな培地を検討した。コマクサ増殖用培地に活性炭 0.5g/L の添加の有無と、スクロース濃度をかえた試験の結果を表 7, 8 に示す。培地に活性炭を添加した場合は、培養 60 日で 60% に発根がみられ、活性炭の有無間で 0.01% 水準の有意な差が認められた。スクロース濃度をかえた試験では、発根率においてスクロース濃度 3% 区が 77.8% と最も高く、0% 区および 5% 区より有意に高かった。また草丈においてスクロース濃度 3% 区が 54.0mm と最も高く、0% 区および 5% 区より有意に高かった。活性炭は培養中の植物から排出されたフェ

表7 発根培養試験 (試験4) の結果 (置床60日後) 活性炭の有無が発根に及ぼす影響

活性炭の有無	発根率 (%) ^z	P値 ^y
あり	60.0	0.00003
なし	4.0	

^z 1 試験区につき 25 不定芽 25 個を供試

^y Fisher の正確確率検定より算出

表8 発根培養試験 (試験4) の結果 スクロース濃度が発根および草丈に及ぼす影響 (置床後60日)

スクロース濃度 (%)	供試数	地下部				地上部
		発根率 (%)	発根数 (本)	平均発根数 (本)	平均発根日数 (日)	平均草丈 (mm)
0.0	21	9.5 a ^z	2	1.5 ± 0.5 ^y a ^x	19.5 ± 0.5 a ^x	13.4 ± 2.6 a ^x
1.0	27	55.6 bc	15	4.0 ± 0.9 a	30.8 ± 4.9 a	51.9 ± 7.2 b
3.0	27	77.8 c	21	3.2 ± 0.8 a	33.9 ± 3.1 a	54.0 ± 4.9 b
5.0	16	25.0 ab	4	1.8 ± 0.5 a	26.3 ± 10.3 a	22.5 ± 8.2 a

^z 異なるアルファベット間は Holm の多重比較によって 5% 水準で有意差あり, 2 群間の比較は Fisher の正確確率検定

^y 平均 ± 標準誤差

^x 異なるアルファベット間は Tukey-Kramer の多重比較によって 5% 水準で有意差あり

ノール化合物や有害物質を吸着するとともに芽や根の分化発育を促すことが確認されており²²⁾、コマクサ不定芽の発根培養において特にこの効果が認められたものと推察される。また、スクロース 3%の添加によって、発根したシュートの成長が図られたものと推察される。

5) 培養苗の順化・育苗試験 (試験 5)

培養で作出した苗の野外栽培試験結果を表9と図4に示した。試験開始から30日程で新葉の出芽・展開が観察された。240日後の生存率は90%となり、生存した全ての苗が開花した。最初の葉片培養開始から360日での開花は、自生地での発芽や実生栽培の通常3年を必要とする期間を大幅に短期したことになる^{12,13,14)}。これは、我々が自生地の土壌分析結果を参考に作成したコマクサ増殖用培地の使用、カルス増殖および不定芽誘導における植物成長調節物質の選択と有効濃度の確認、

発根培養段階における活性炭の添加とスクロース濃度の確認によって培養苗の生育が促進されたものと考えられる。

表9 順化・育苗試験 (試験5) の結果 (試験開始240日後の生存率)

順化数	生存数	生存率 (%)
40	36	90.0



図4 コマクサ培養苗の開花写真 (順化・育苗試験開始240日後の様子)

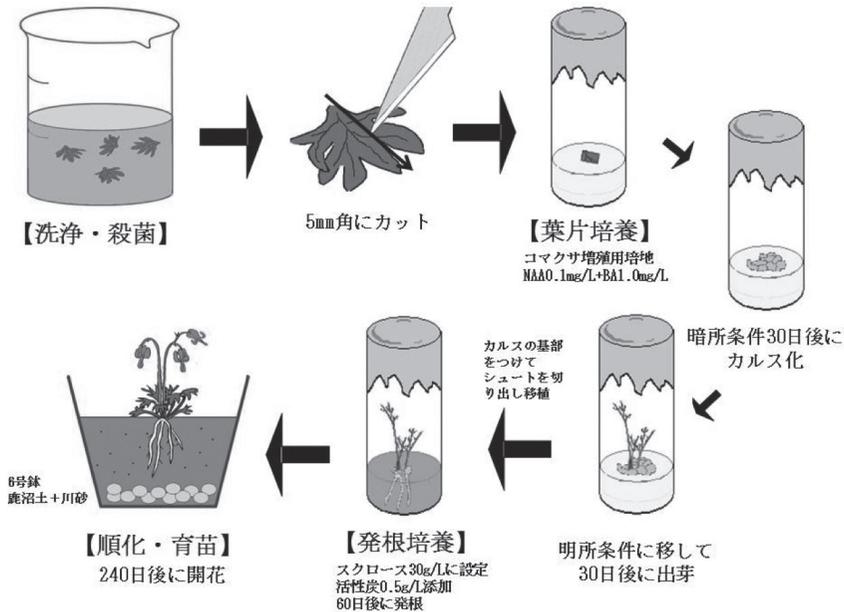


図5 開発したコマクサ大量増殖法の工程図

6) まとめ

我々が開発した大量増殖法は、以下のとおりである(図5)。まず4月に出芽したコマクサから葉を採取し、これを中性洗剤で洗浄する。クリーンベンチに搬入して70%エタノールに10秒浸漬し、滅菌水で1回洗浄する。次に0.6%次亜塩素酸ナトリウム溶液に15分間浸水殺菌し、滅菌水で3回洗浄した後、5mm角の葉片になるようにカットし、2種の植物成長調節物質NAA0.1mg/L+BA1.0mg/Lを添加したコマクサ増殖用培地に置床する。培地置床後、暗所条件下で30日間培養することによって葉片がカルス化する。このカルスを明所条件下に移して30日間培養することで1つのカルスからおおよそ10本が出芽する。出芽したシュートをカルス基部をつけた状態で切り出し、これをコマクサ増殖用培地のスクロース量を30g/Lに設定し、活性炭0.5g/Lを添加した発根用培地に置床して60日間培養することで健全な苗が完成する。8月に作出した苗を培養容器から取り出して野外栽培に移行すると90%が生存し、野外栽培開始から240日で開花、つまり最初の葉片培養を開始して1年後の翌春4月には開花に至った。順化後の生存は、植物培養法の実用化を確認するための指標となり、本研究で作出した培養苗の顕著な発育性が証明されたと考える。以上のことからコマクサの大量増殖が可能となり、カルス、不定芽、発根させた培養苗など、研究者の求めに応じた生育段階で提供することが可能となった。また、葉の小片のみを外植体を使用するため、葉を採取した母材に生育障害や枯死が発生しないなどの利点も確認された。

園芸植物の苗生産を行う時において、大量増殖苗を短期間に作出する技術を開発するには、不定芽形成を行う培養法を開発すること

が有効とされている^{21,22}。また、この技術の応用として世界各地の希少植物を対象にした培養技術の開発が国内外で行われている¹⁹。コマクサは、民間利用による薬用として採取され続けたことによっていくつかの自生地が絶滅した過去を持つが、我々の開発した技術は野生植物資源利用の倫理上において極めて有用な成果であり、薬用植物としてのコマクサの可能性や新たな有用物質の発見を支える技術として活用されることとなるだろう。

謝辞

試験に用いたコマクサは、前岩手植物の会会長である猪苗代正憲氏から提供を受けた。心より御礼申し上げる。

引用文献

- 1) 米倉浩司, 梶田忠. BG Plants 和名-学名インデックス (YList), http://bean.bio.chibau.jp/bgplants/ylist_main.html (確認: 2015年10月28日) (2007).
- 2) 及川慶志. 岩手の高山植物. 熊谷印刷出版部, 岩手, 1981, p.153.
- 3) 猪苗代正憲. 岩手山の植物 岩手植物の会編改訂版. 熊谷印刷出版部, 岩手, 1985, p.123.
- 4) 大場達之. 山の植物誌. 山と溪谷社, 東京, 2000, pp.390 - 393.
- 5) 奥田拓男. 天然薬物辞典. 廣川書店, 東京, 1986, p.159.
- 6) 小西天二, 小西一豪, 竹村照美, 松田明姫, 木島孝夫, 竹澤脩. コマクサ組織培養のアルカロイド成分について. The Japanese Society of Pharmacognosy, Natural Medicines 52(1), 47 - 56. (1998).
- 7) 柳宗民, 森田竜義, 堀田満. 世界有用植物事典. 平凡社, 東京, 1989, p.376.

- 8) 岡田稔. 新訂原色牧野和漢薬草大図鑑. 北隆館, 東京, 2002, p.139.
- 9) 小泉武栄. 植物の自然史プラント第 82 号, 2002, pp.14 - 19.
- 10) 札幌市公園緑化協会豊平公園緑のセンター. 緑のセンターだよりNo.147. 北海道, 2011, p.1.
- 11) 岩手山火山災害対策検討委員会委員. 岩手山火山防災ハンドブック. 国土交通省, 1998, pp.2 - 4.
- 12) 千葉光穂. 一から育てる山野草. 枳の葉書房, 栃木, 1998, p.41.
- 13) 群境介, 手塚俊夫. 山野草イラスト栽培入門. 枳の葉書房, 栃木, 1999, p.109.
- 14) 足立興紀. タネから楽しむ山野草. 枳の葉書房, 栃木, 2004, pp.136 - 137.
- 15) 小山田智彰. 文部科学省検定教科書植物バイオテクノロジー. 農山漁村文化協会, 東京, 2013, pp.50 - 51, pp.147 - 149, pp.228 - 229.
- 16) 小林達明, 倉本宣. 生物多様性緑化ハンドブック. 知人書館, 東京, 2006, pp.50-55.
- 17) 浜崎浩. 図解 花のバイオ技術. 誠文堂新光社, 東京, 1992, p.89.
- 18) 小山田智彰, 新井隆介, 鞍懸重和. 絶滅危惧種ハヤチネウスユキソウの組織培養による大量増殖. 薬用植物研究 **33**(1), 29 - 36 (2011).
- 19) 大澤勝次, 江面浩. 植物バイオテックの基礎知識. 農山漁村文化協会, 東京, 2005, pp.40-43, pp.78 - 81.
- 20) 日本植物培養学会・日本植物組織培養学会. 組織培養辞典. 学会出版センター, 東京, 1993, pp.27 - 28, pp.63 - 64, p.158, pp.274 - 275, p.312.
- 21) 加古舜治. 園芸植物の器官と組織の培養. 誠文堂新光社, 東京, 1985, p.43.

- 22) 樋口春三. 植物組織培養の世界. 柴田ハリ才硝子, 東京, 1988, pp.23-25, pp.26-32.
- 23) 松木正雄, 大垣智昭, 大川清. 園芸事典. 朝倉書店, 東京, 1989, pp.38 - 39, pp.138 - 140.

●小山田 智彰 (おやまだ・ともあき) ●

- ・岩手県盛岡市出身
 - ・北里大学大学院獣医学産学研究所修士課程修了, 岩手県立大学大学院博士後期課程修了
 - 博士 (学術) 専門: 植物バイオテクノロジー
 - ・岩手県環境保健研究センター地球科学部上席専門研究員
 - ・希少植物を中心に保護・増殖と育種の研究に取り組む
-

●山内 貴義 (やまうち・きよし) ●

- ・東京都目黒区出身
 - ・東京大学大学院農学生命科学研究科修士課程修了
 - 博士 (農学) 専門: 動物生態学
 - ・岩手県環境保健研究センター地球科学部主査専門研究員
 - ・遺伝子解析によるツキノワグマの生息数推定の研究に取り組む
-

●鞍懸 重和 (くらかけ・しげかず) ●

- ・栃木県真岡市出身
 - ・岩手大学大学院農学研究科修士課程修了
 - ・岩手県環境保健研究センター地球科学部非常勤専門職員
 - ・試験データの管理・分析や地理情報システムの維持管理に取り組む
-

●川目 智之 (かわめ・ともゆき) ●

- ・岩手県盛岡市出身
 - ・東北電子計算機専門学校バイオ生産工学科修了
 - ・岩手県環境保健研究センター地球科学部非常勤専門職員
 - ・シカ対策員としてニホンジカの被害対策に取り組む
-