

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：21401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23658204

研究課題名(和文) 植物工場における根茎利用生薬植物の養液栽培技術の開発

研究課題名(英文) Development of liquid cultivation technique for rhizome using medicinal plant in plant factory

研究代表者

小峰 正史 (Komine, Masashi)

秋田県立大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号：20315592

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：実用的植物工場の実現のためには高付加価値植物の栽培技術の確立が必要である。本研究では、高付加価値植物である薬用植物を植物工場で栽培するための課題のひとつである養液栽培技術の開発を目的とした。薬用植物は根を利用する種が多く、一般的な養液栽培では細い根が増える傾向にあり、漢方薬の材料として定められている形の根が得られない。そこで、薬用植物のオウレンおよびトウキを用い、養液供給量を自由に制御でき、根の周辺が過度に湿潤な状態にならず、呼吸を阻害しない養液供給装置によって栽培比較試験を行い、栽培に適した養液供給法について示唆を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：In order to develop a practical plant factory, it is necessary to establish the cultivation techniques for highly valuable plants. Objective of this study is the development of liquid culture techniques suitable for medicinal plants, categorized as the kinds of highly valuable plant. One problem for the liquid cultivation technique for medicinal plants is that, by the liquid cultivation, it is difficult to make root part grow as suitable form for material of Chinese herbal medicine, and root parts of medicinal plants are often used as the medicine materials. Therefore, three types of liquid supplying systems, which were able to control the amount of culture liquid optionally and did not prevent the respiration of root, were constructed and cultivation experiments were conducted. As a result, suggestion about suitable method of liquid supply for root-using medicinal plant might be obtained.

研究分野：農業工学

科研費の分科・細目：農業環境工学

キーワード：植物工場 薬用植物 養液栽培

### 1. 研究開始当初の背景

植物工場は栽培対象の植物に最適な環境条件を実現できるため、高品質な生産物を促成的に周年栽培できる優れた栽培施設である。しかし、特に完全環境制御型の植物工場では建設コスト、ランニングコストが高いにもかかわらず、実現できる光環境の関係から高価格作物を生産することができず、採算性が極度に悪いという欠陥をもつ。この問題の解決策のひとつとして、高付加価値植物の生産が考えられ、薬用植物は有力な栽培対象である。

薬用植物の中でも需要量の多い種の供給は現在ほぼすべてを中国などからの輸入に頼っており、近年、輸入品は質・量ともに低下傾向にあり、国内生産による安定供給が望まれる。しかし、日本での栽培では、環境の不適合などにより定められた薬効成分の含量が得られないなどの課題があり、環境を任意に制御できる植物工場の活用が期待される。薬用植物を植物工場で栽培する際の課題のひとつに、薬用植物は根茎部を利用するものが多く、植物工場の主要な栽培方法である養液栽培（水耕栽培）は根茎を肥大させる必要がある植物の栽培には適さないというものがある。水耕栽培では根の呼吸が抑制されるため、植物は呼吸の確保のため細根を増やす傾向があり、主根の伸長・肥大が起こらない。また、湿潤条件が適さない植物もある。これらの植物に対して、必要な養分供給を確保しつつ主根が伸長・肥大する養液供給法の開発が求められている。

### 2. 研究の目的

モデル作物として、根茎部を利用するオウレン、トウキを用い、根茎の発育を阻害しない養液栽培技術の開発を目的とする。具体的には、養液の供給量を任意に制御することができる3種類の養液供給装置を作成し、各装置について養液の供給量を変えて栽培試験を行い、植物の生育を比較して栽培に適した養液供給法を明らかにする。

### 3. 研究の方法

栽培対象植物には、オウレン（*Coptis japonica*）およびトウキ（*Angelica acutiloba*）を用いた。オウレンはベルベリンを主要成分とし、抗菌、抗炎症、血圧降下などの効果が知られている。トウキはリグスチライドなどを含有し、末梢血管拡張、解熱、血圧降下などの効果があり、いずれも漢方薬の生薬原材料として使用頻度の高い種である。実験は秋田県立大学の実験用植物工場内で行った。栽培試験に用いた養液は、多くの植物に汎用的に使用できる園試処方準拠の大塚B処方液（(株)大塚化学）を用いた。

オウレンについては過去に研究実績があり、栽培に適した光条件、温度条件および養

液濃度が明らかになっているため、試作した3種類の養液栽培装置を用いて栽培試験を行った。トウキは人工環境下での栽培事例がないため、まず栽培に適した光・温度条件と養液条件を明らかにした後、同じく3種類の養液供給装置で栽培試験を行った。トウキの栽培に適した光・温度条件は、各条件下で純光合成速度の測定を行い、純光合成速度が極大になる光強度および温度条件を用いた。また、養液条件については、養液の濃度およびpHを変えて栽培試験を行い、最も生育の良い条件を最適養液条件とした。

養液供給装置はスプレー給液方式、ドリップ給液方式、間欠給液方式の3種類を作成・比較した。いずれも養液供給量を任意に制御でき、根圏に十分な酸素が供給できる。装置の概念図をFig.1に示す。

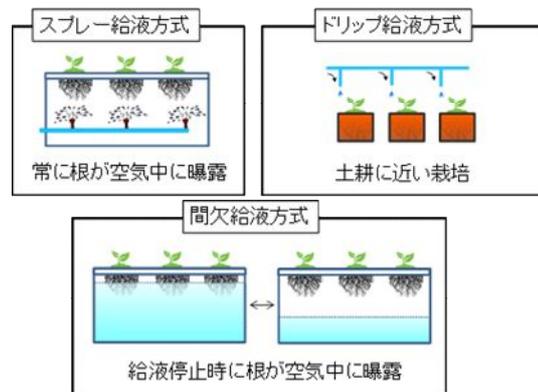


Fig. 1 供試した給液方式の概念図

スプレー給液方式、ドリップ給液方式については一日あたりの給液回数と給液時間で給液量を制御し、間欠給液方式では一日あたりの給液回数と根が養液に浸漬されている時間で給液量を制御した。これら給液回数、給液時間を変えて各植物で栽培を行い、生育と地下部の形態の比較から栽培に適した給液方法と給液量を明らかにした。

### 4. 研究成果

#### (1) トウキの最適栽培条件

##### (a) 養液条件

養液濃度を大塚B処方標準濃度を基準に2, 1, 1/2, 1/4倍(pH6)濃度を設定し、本葉2~3枚が展開したトウキを3個体ずつ供試して栽培し、生育量を比較した。また、標準濃度養液でpHを4.0, 5.0, 6.0, 7.0の4段階に調製し、同じくトウキ3個体ずつを供試して栽培し、生育量を比較した。栽培期間は2ヶ月とした。

栽培試験の結果、2ヶ月目において葉数、草丈、根長、生体重、乾物重のそれぞれについて濃度処理によって統計的に有意な差は認められなかった。試験終了時の生体重、乾物重の比較結果をFig. 2およびFig.3に示す。

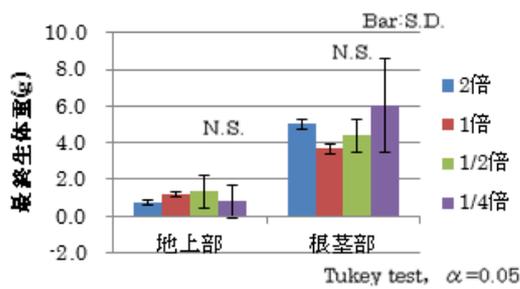


Fig. 2 各濃度処理区の生体重の比較

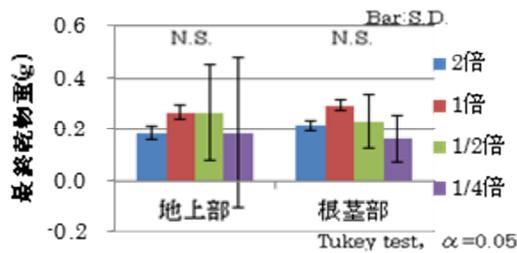


Fig. 3 各濃度処理区の乾物重の比較

ただし、1ヶ月目の各測定値では、1/2倍濃度以下の処理区で葉数、草丈、根長、生体重が大になる傾向が認められ、1倍、2倍濃度区では枯死する個体もあった。一方、2ヶ月目では、1/2倍濃度区以下の供試植物には葉が黄変する個体があった。本葉数、根長、草丈を総合的に考慮すると、最も生育が良かったのは1倍濃度処理区であった。以上から、生育初期の段階では低濃度で栽培し、1ヶ月以降は大塚B処方標準濃度での栽培が適していると考えられる。

次に、pH別の栽培試験における生体重、乾物重の比較をFig.4およびFig.5に示す。

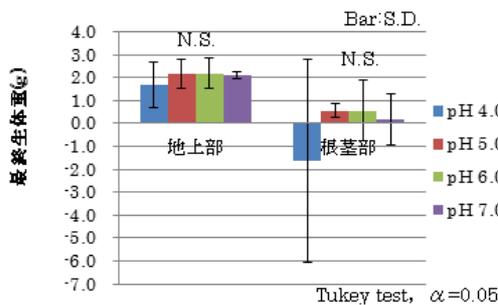


Fig. 4 各pH処理区の生体重の比較

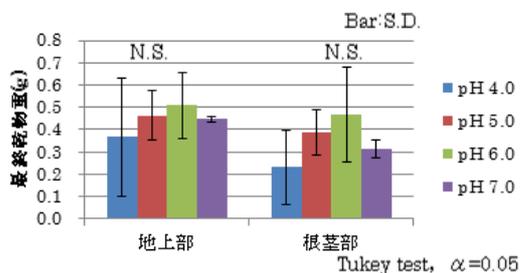


Fig. 5 各pH処理区の乾物重の比較

統計的に有意な差は認められなかったが、pH6の条件下で生体重、乾物重ともに最大となり、葉数、根長、草丈も同様であった。したがって、養液のpHは6.0が適していることが明らかとなった。

(b) 光・温度条件

気温 15, 20, 25, 30, 35°C の各条件下で、光強度を 0 ~ 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD の範囲で 8 段階に変え、トウキの純光合成速度を光合成速度測定装置(Cirus-1, PP Systems Ltd.)で測定した。供試数は 3 株で、すべて同一の葉を対象に測定を行った。光強度と純光合成速度の関係を Fig.6 に示す。

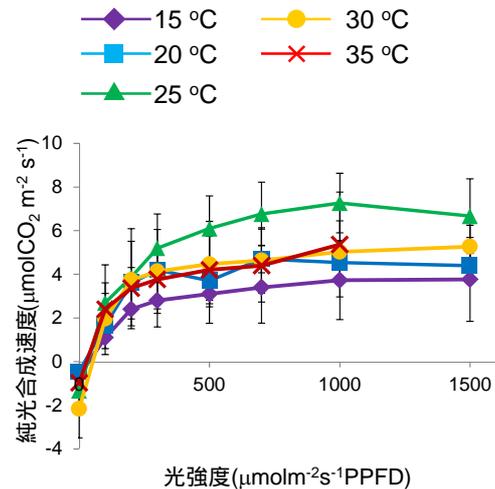


Fig. 7 トウキにおける光強度と純光合成速度の関係

測定の結果、トウキの光補償点は 40  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD 前後、光飽和点は 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD 前後であることがわかった。次に、気温と純光合成速度の関係を Fig.7 に示す。

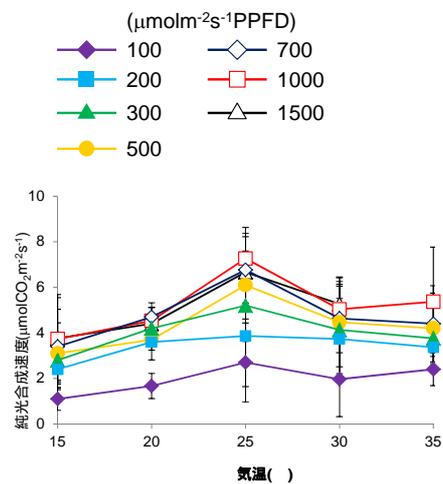


Fig. 6 トウキにおける気温と純光合成速度の関係

純光合成速度は 25°C で極大となった。以上

より、純光合成速度を基準とした場合、トウキの最適栽培条件は光強度 1000  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD 程度、気温 25°C であることが明らかとなった。また、連続明条件下で 5 日間純光合成速度の経時変化を測定したところ、明期開始 12 時間後に純光合成速度が極大となった後、極大値の約 60%まで低下したのち、一定に推移したことから、トウキは連続明条件下での栽培も可能であることが示唆された。

## (2) オウレンの各種養液供給法による栽培比較試験

実験には秋田県立大学で継代維持しているオウレンの培養苗を用いた。各給液方式について、Table 1 に示す給液回数と給液時間を設定し、生長量を比較した。養液は大塚 B 処方 1/2 倍濃度を用い、ドリップ給液方式においては培土にはパーミキュライトを用いた。また、培土にパーミキュライトを用い、底面給液を行う養液栽培法を対照区とした。栽培期間は 2 週間とした。

Table 1 各給液方式の一日あたりの給液回数と給液時間

試験区分名	スプレー給液方式			間欠給液方式			ドリップ給液方式		
	Sd4h3	Sd4h2	Sd4h1	Pd6h3	Pd6h2	Pd6h1	Dd6s120	Dd6s60	Dd6s30
1日あたりの給液回数	4			6			6		
1回あたりの給液時間	3h	2h	1h	3h	2h	1h	120s	60s	30s
供試株数	4			4			3		

栽培試験の結果を Table 2 に示す。

Table 2 各給液方式・試験区での生長量の比較

給液方式	試験区分	生体重増加率(%)	根長伸長率(%)	葉数増減数(本)
スプレー給液方式	Sd4h3	89.1	100.4	-4.3
	Sd4h2	106.7	90.7	1.3
	Sd4h1	112.2	79.9	-2.3
間欠給液方式	Pd6h3	74.8	106.4	-3.3
	Pd6h2	111.8	113.7	1.8
	Pd6h1	111.8	105.0	-1.8
	Dd6s120	97.7	100.0	-2.3
ドリップ給液方式	Dd6s60	99.6	87.1	1.0
	Dd6s30	110.0	75.6	-0.7
	対照区(底面給液)	Ctrl	98.1	79.4

スプレー給液方式では生体重は Sd4h1 区で、根長は Sd4h3 区で最大となった。給液時間の短い Sd4h1 区では根焼けの症状が認められ、給液時間の長い Sd4h3 区では一部の株で地上部が黄化した。総合的には生体重の増加率、葉数の増加数から Sd4h2 区が適していると考えられる。間欠給液方式では、生体重では Pd6h2 区、Pd6h1 区、根の伸長率は Pd6h1 区、葉の増減数では Pd6h2 区が最大となった。どの試験区においても根焼けの症状が認められたが、生体重、根の伸長率、葉数などから Pd6h2 区が適していると考えられる。ドリップ給液方式では、生体重は Dd6s30 区、根の伸長率は Dd6s120 区、葉数の増減では Dd6s60 区が最大となった。すべての試験区において根焼けの症状が見られたが、新たな根の伸長

も認められた。Dd6s30 区では生体重は増えたものの、地上部の乾燥、枯死が顕著であり、新葉の出葉もなかった。一方 Dd6s60 区は生体重の増加、根の伸長は少ないものの、新葉の出葉が認められた。以上から、総合的には Dd6s60 区が適すると思われる。

各給液方式で最も適すると思われる試験区の植物の様子を Fig.8 に示す。今回の試験では、各給液方式ともに根焼けの症状が認められ、一日あたりの給液回数と給液時間については最適化されていないと考えられる。特に根を空気に曝露するスプレー方式、間欠方式は根への塩類集積が起こりやすいので、適切な給液量を見出すことが重要である。



Fig. 8 各給液方式における試験開始時と終了時のオウレンの比較

## (3) トウキの各種養液供給法による栽培比較試験

実験には本葉が 2~3 枚展開した実生苗を用いた。養液供給方式はオウレンと同様とし、対照区も同様にパーミキュライトを培土とした底面給液とした。養液は大塚 B 処方標準濃度液を用い、給液回数は各給液方式共通で給液回数は 24 回/day、給液時間は 1 回あたり 15 分とした。実験期間は 70 日とした。

各給液方式における生長量の比較結果を Table 3 に示す。

Table 3 各給液方式における生長量の比較

	草丈(cm)	根長(cm)	生体重(cm)
対照区(n=2)	9.9 (1.8)	10.7 (1.9)	0.417 (0.189)
スプレー給液(n=1)	3.5 (---)	6.0 (---)	0.143 (---)
ドリップ給液(n=4)	13.7 (5.6)	13.3 (1.9)	4.550 (4.517)
間欠給液(n=1)	4.8 (---)	9.0 (---)	0.482 (---)

( )内は標準偏差

対照区では 4 株中 2 株、スプレー給液区、間欠給液区ではいずれも 4 株全てが枯死し、ドリップ給液区のみ 4 株とも生育した。

対照区では、使用した塩ビ容器の高さが 15 cm あり、パーミキュライトを培土として底面給液を行うと容器上部のトウキ苗の高さまで十分な養液が吸い上げられなかったため、枯死したものと考えられる。

スプレー給液・間欠給液では、比較的初期に供試植物が枯れ始め、ボックス周辺部に予備的に定植した植物のみが生育した。スプレー給液ではノズルの配置と植物の定植位置の不適合、間欠給液では給液ポンプの不具合

による給液不足が主要な要因であったと考えられる。ドリップ給液ではきわめて旺盛な生育を示した。今回の試験では、生育量の定量的な比較は不十分な結果に終わったが、生育の良かったドリップ給液において、今後の改善点に関する示唆が得られた。ドリップ給液における供試植物の様子を Fig.9 に示す。

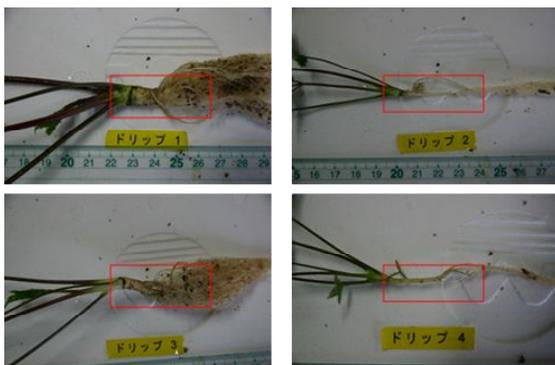


Fig. 9 ドリップ給液での供試植物の様子

生育の良かったサンプル1と3 (Fig.9左側)では、根際は肥大しているが、その直下から大量の細根が伸長しており、養液栽培、水耕栽培を行った植物に典型的な根の様相を示した。一方、生育の劣ったサンプル2と4 (Fig.9右側)については、根は細いものの主根の伸長が認められ、細根の量も少なかった。このことから、ドリップ給液において、培土中の給液ノズルを適切に配置することにより、主根を伸長させ、土耕栽培と同様のトウキを育成できる可能性が見出された。現在、各方式について不具合の改修と養液供給量を適正化して栽培試験を継続しているが、間欠給液、ドリップ給液においては主根の伸長が認められており、給液量やノズル位置を適正化することにより、薬用植物として望ましい形態の根を生育させることが可能であると思われる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計2件)

1 高橋千里, 原光二郎, 山本好和, 小峰正史(秋田県大)「薬用植物トウキの純光合成速度と気温・光強度の関係」, 日本生物環境工学会 2013 年度大会, 2013.9.2~5, 香川大学

2. 和泉有紗・近藤洋平・原光二郎・山本好和・小峰正史(秋田県大)「薬用植物オウレンに適した養液栽培法の開発」, 日本生物環境工学会 2013 年度大会, 2013.9.2~5, 香川

大学

[図書](計0件)

[産業財産権]  
出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者  
小峰 正史(秋田県立大学生物資源科学部)

研究者番号: 20315592

(2)研究分担者  
( )

研究者番号:

(3)連携研究者  
( )

研究者番号: