ウワバミソウの挿し穂の発根と生育に及ぼす水挿し時の培養液濃度の影響

水島智史 *

福井県立若狭東高等学校 917-0293 福井県小浜市金屋

Effects of Nutrient Solution Concentration on Rooting and Growth of Cuttings in *Elatostema involucreatum* Franch. & Sav. Cultured by Hydroponics

Satoshi Mizushima*

Fukui Prefectural Wakasa East High School, Obama, Fukui 917-0293

Abstract

The effects of the nutrient solution concentration on the rooting and growth of cuttings in *Elatostema involucreatum* Franch. & Sav. cultured by hydroponics were investigated. The rooting rate of cuttings cultured at nutrient solution concentration of 0.1 and 0.25 units (0.5 and $0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, respectively.) was equal to or more than that of cuttings cultured at 0 units. The rooted cuttings cultured at a concentration of 0.1 units showed faster growth during the nursery period and after transplantation than that of cuttings cultured at 0 units. The root growth of rooted cuttings cultured at 0.25 units was inhibited in the nursery period. In the nursery period, the relative growth rate (RGR) of rooted cuttings cultured at 0.1 units was higher than that of cuttings cultured at 0 units. The change in RGR was related to the net assimilation rate.

Key Words : cutting, growth analysis, hydroponics, vegetative propagation

キーワード : 栄養繁殖, 挿し芽, 成長解析, 水耕

緒 言

ウワバミソウ (*Elatostema involucreatum* Franch. & Sav.) は、山中の陰湿な斜面や崖に群をなして生ずるイラクサ科の多年生草本植物であり、ミズナ、ミズ、クチナワジョウゴとも呼ばれる (牧野, 1940)。本種は、山菜として利用されており、栽培化も進められつつあり、土耕だけでなく水耕での栽培の実用化が期待される (大沢, 1986)。水島 (2015a) は、珠芽を用いてウワバミソウを水耕し、園試処方第2例の修正処方 0.25 単位 (EC 約 $0.8 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$) 以下の培養液濃度が生育に適すると報告した。また、水島 (2015b) は、ウワバミソウの挿し穂を鹿沼土に挿して育苗した後に水耕したところ、前述の処方および濃度の培養液で生育が優れたと報告した。

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。谷川ら (2010) は、キクの親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土耕と比較して養液栽培での優位性が示されている。ウワバ

ミソウの主な繁殖方法は、挿し芽、珠芽の利用など栄養繁殖である。従って、ウワバミソウの水耕に関する技術を整備することは、利用部位である茎葉の収穫だけでなく、挿し芽で繁殖されるウワバミソウの効率的な増殖にもつながると考えられる。

挿し芽では、挿し穂をパーミキュライトや鹿沼土、ロックウールなどの培地に挿すことが多い。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と考えられる。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あげた。

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たが、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。西尾ら(1994)は、キクを窒素施肥量 $0 \sim 90 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ とした培地を詰めたセルトレイに挿し芽したところ、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。しかしながら、挿し穂の発根に及ぼす影響は不明である。

そこで本研究では、水耕を前提として、ウワバミソウを水挿しして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

1. 水挿し時の培養液濃度がウワバミソウの挿し穂の発根と生育に及ぼす影響(実験1)

福井県立若狭東高等学校の閉鎖型培養室(気温 22°C 、相対湿度 $65 \sim 70\%$)で試験を実施し、全期間観賞魚用エアープンプで培養液に連続通気した。培養液の処方および調製方法は水島(2015a)の方法に準じた。

2014年5月17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を採取し、茎長約 5 cm 、葉数 $2 \sim 3$ 枚に調製した。挿し穂の基部は約 45° 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(内寸:縦 37.0 cm 、横 25.5 cm 、高さ 13.5 cm)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、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。照明には白色蛍光灯(FL40S・W、東芝ライテック(株))を用い、 16 時間日長とした。照度計(SPI-71、東京光学機械(株))で測定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 $3,000 \text{ lx}$ 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、本研究では挿し芽～定植までの期間を育苗と定義した。

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 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。定植当日の 10 株および定植 45 日後の茎葉と根の合計新鮮重が中庸な 10 株を用い、各株の合計新鮮重を基に並べ替えて同一順位となった株を同一個体とみなして新鮮重を基にした相対成長率(RGR)を算出し、統計処理した。

2. 異なる培養液濃度で水挿ししたウワバミソウの挿し芽苗の成長解析(実験2)

2013年10月20日に実験1と同じ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°C で保管した。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 5 L 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。 $0/0.1$ 単位区の挿し芽 14 日後を除いて、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、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 100 lx 、挿し芽 7 日後～実験終了まで約 $3,000 \text{ lx}$ とした。

挿し芽 25 日後の2月7日に挿し芽苗を株間 5 cm 、条間 5 cm 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 5 L 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実験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回調査して発根率を算出した。なお、 $0/0.1$ 単位区の発根率は、発根率の調査期間中の培養液濃度が 0 単位であるため、 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間には第1図に示すような高い正の相関($r=0.977$)が認められた。第1図の回帰式に葉身長

第1図 ウワバミソウにおける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 (実験1)

と幅の積を代入して得た値を葉面積とした。全乾物重と葉面積を基にして、劉ら (2008) の計算式で相対成長率 (RGR)、葉面積比 (LAR) および純同化率 (NAR) を算出した。育苗中および定植0～14日後の各期間中の葉、茎および根の乾物増加量を基に乾物分配率を算出した。なお、挿し芽当日、定植当日および14日後の各株の全乾物重を基に並べ替えて同一順位となった株を同一個体とみなして、RGR、LAR、NAR および乾物分配率を算出し、統計処理した。

結 果

1. 水挿し時の培養液濃度がウワバミソウの挿し穂の発根と生育に及ぼす影響 (実験1)

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2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。定植0～45日後のRGRは、0単位と比較して0.1および0.25単位で有意に高かった。

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3図A)。

節数は、定植0～14日後の期間では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3図B)。

2. 異なる培養液濃度で水挿ししたウワバミソウの挿し芽苗の成長解析 (実験2)

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5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5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日後ではいずれの試験区間においても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新鮮重および根新鮮重ならびにRGRに及ぼす影響

培養液濃度	茎葉新鮮重 (mg/株)		根新鮮重 (mg/株)		RGR ^z (day ⁻¹)
	定植当日	定植45日後	定植当日	定植45日後	
0単位	405 b ^y	1,601 b	239 a	662 b	0.027 b
0.1単位	638 a	4,371 a	270 a	1,636 a	0.043 a
0.25単位	555 a	3,950 a	120 b	1,478 a	0.048 a

^z (ln 定植45日後の全新鮮重 - ln 定植当日の全新鮮重) ÷ 45 の式で算出した

^y 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図 ウ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主茎長(A)および節数(B)の増加に及ぼす影響
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図 ウ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(実験2)

(第5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単位で有意に広がった。0/0.1単位の葉面積は、0単位と比較して定植7日後では有意に広がったが、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5図D)。

育苗中のRGRは、0単位と比較して、0/0.1および0.1単位で高かった(第2表)。定植0~14日後のRGRは、0単位と比較して、0.1単位では有意な差は認められなかったが、0/0.1単位では有意に低かった。LARは、試験期間中を通して、いずれの試験区間においても有意な差は認められなかった。育苗中のNARは、0.1, 0/0.1および0単位の順で高かった。定植0~14日後のNARは、0単位と比較して、0.1単位では有意な差は認められなかったが、0/0.1単位では有意に低かった。

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単位で有意に高かった(第3表)。茎に対する乾物分配率は、いずれの試験区間においても有意な差は認められなかった。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単位で有意に低かった。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有意な差は認められなかった。

考 察

1. ウバミソウにおける水挿し時の培養液濃度と挿し穂の発根および育苗中の生育の関係

実験1において、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。実験2では培養液濃度を0および0.1単位として水挿ししたが、実験1と同様に発根率の推移はほぼ同じであった。従って、本研究の範囲内では水挿し時の培養液濃度はウバミソウの挿し穂の発根に影響しないと考えられた。

挿し穂からの発根期間は、実験1では挿し芽7~9日後の間、実験2では挿し芽3~8日後と異なった。この要因の一つとして実験1および2では挿し穂の採取条件が異なることが一因と考えられるが、詳細は不明である。

実験1の定植当日調査で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。大玉トマトでは人工光型湛液育苗装置を利用して無肥料、大塚A処方培養液0.1および0.5単位の培養液に挿し穂を挿して培養液濃度と根の生育の関係を調べたところ、無肥料と比較して0.5単位では根の伸長抑制や挿し穂の腐敗が認められた(岩腰ら, 2003)。レンギョウでは当年枝を挿し穂に用い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回与えて培養液濃度と根の生育の関係を調べたところ、挿し穂から発根した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。従って、実験1の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、実験1および2のいずれにおいても定植当日調査で0単位と0.1単位の間で根の生育差はなかった。従って、本研究の育苗に関する試験の範囲では、低濃度培養液がウバミソウの根の生育を促進する効果について

第5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葉乾物重(A)、茎乾物重(B)、根乾物重(C)および葉面積(D)の増加に及ぼす影響

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RGR, LAR およびNAR に及ぼす影響

培養液濃度	RGR ^z (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 b ^w	0.079 a	0.436 a	0.337 a	0.044 c	0.235 a
0/0.1 単位	0.028 a	0.070 b	0.446 a	0.362 a	0.063 b	0.196 b
0.1 単位	0.034 a	0.077 ab	0.440 a	0.353 a	0.079 a	0.221 ab

^{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

^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	26.6 b ^y	42.8 a	30.5 a	62.2 a	20.2 a	17.6 a
0/0.1 単位	48.1 a	34.4 a	17.5 b	60.7 a	19.3 a	20.0 a
0.1 単位	53.4 a	31.8 a	14.8 b	57.8 a	20.3 a	21.9 a

^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

^y 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

ては確認できなかった。

実験1および実験2において、育苗終了時の地上部の生育は培養液濃度を高めると促進され、根の生育と異なる傾向を示した。実験2の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、その要因はNARの上昇によるものであった。光合成速度は施肥により高まることから、0.1および0.25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。実験2の育苗中の地上部（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、特に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する傾向であった。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。以上のことから、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、地上部に対する乾物分配率の上昇およびNARの上昇を根拠としたRGRの増加によるものであると考えられた。

実験2において、0.1単位では挿し芽当日から0.1単位培養液を用いたのに対して、0/0.1単位では挿し穂が発根した後である挿し芽14日後に培養液濃度を0単位から0.1単位に変更して管理した。定植当日調査では、0.1単位の地上部の生育は、0/0.1単位と比較して有意な差は認められないが優れる傾向であり、育苗中のRGRも約26%高かった。従って、地上部の生育を促進させるためには挿し芽当日から0.1単位培養液を与えると良いと考えられた。

2. ウワバミソウにおける水挿し時の培養液濃度と定植後の生育の関係

実験1において、0.1単位と0.25単位の定植後の生育の推移は、ほぼ同等であり、0単位と比較して優れたことから、肥料を多く必要とする0.25単位の培養液で挿し芽苗を育成する利点は認められなかった。また、実験2において、0.1単位の生育は、0および0/0.1単位と同等であった。従って、育苗中だけでなく定植後の生育の点からも、挿し芽苗の生育を促進させるためには挿し芽当日から0.1単位培養液を与える方が良いと考えられた。

実験2において、定植0～14日後の0/0.1単位のRGRは、0単位と比較して大幅に低下し、その要因はNARの低下によるものであった。有意な差は認められないものの、定植14日後の0/0.1単位の根乾物重は0単位と比較して重く、0/0.1単位の根に対する乾物分配率は0単位と比較して高くなる傾向であったことから、RGRが低下した要因の一つとして、根量の増大に伴う呼吸量の増加によりNARの低下が起こったものと推測される。しかしながら、0.1単位のRGRおよびNARは0単位と同等であったことから、要因解明のために詳細な研究が必要である。

以上のことから、本研究の範囲内では、0.1単位培養液に水挿しすることで育苗中および定植後の挿し芽苗の生育を促進できると考えられた。

摘 要

ウワバミソウを用いて、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は、定植時の根量が減少した。成長解析の結果、0.1単位の培養液に水挿しした挿し芽苗の育苗中の相対成長率は、0単位と比較して高かった。相対成長率の違いはほぼ純同化率の違いに連動していた。

引用文献

- 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. 生物環境調節. 29: 27-33.
- 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.
- 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. p. 41-42. 福井県農林水産部編. 普及に移した技術平成11年度～平成15年度. 福井県農林水産部. 福井.
- 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. 生物環境調節. 25: 7-12.
- 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.
- 牧野富太郎. 1940. 牧野日本植物図鑑. p. 643. 北隆館. 東京.
- 水島智史. 2015a. 珠芽由来のウワバミソウの生育に及ぼす培養液濃度の影響. 植物環境工学. 27: 75-81.
- 水島智史. 2015b. ウワバミソウの挿し芽苗の生育に及ぼす培養土の窒素施肥量および水耕時の培養液濃度の影響. 園学研. 14: 135-139.
- 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.
- 西尾譲一・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.
- 大沢 章. 1986. 山菜栽培全科一有望53種一. p. 64-73. 農文協. 東京.
- 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.
- 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.