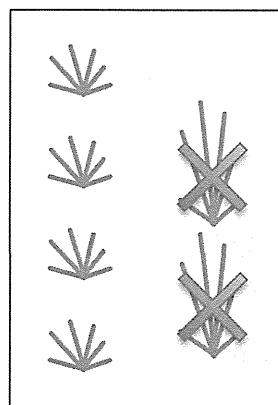
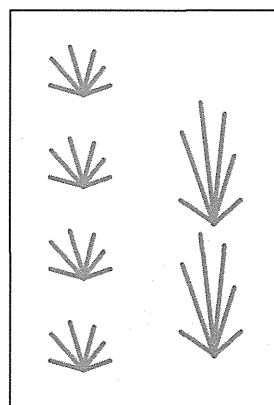


図1. 水耕栽培設備による肥料実験

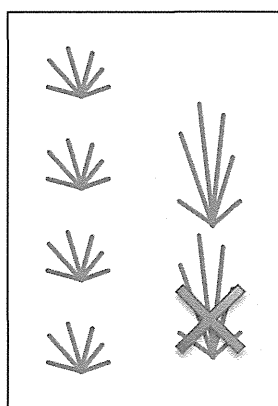
水耕栽培設備5基を使用して実験を行った



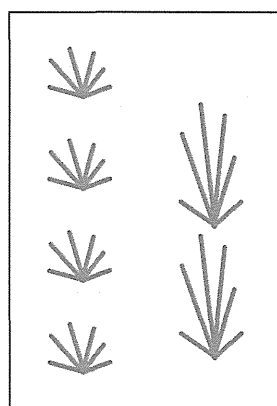
三要素 (NPK) 施肥群



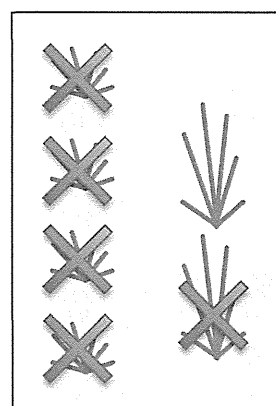
コントロール (無施肥) 群




カリウム (K) 施肥群





リン酸 (P) 施肥群



窒素 (N) 施肥群

 : *Epedra sinica* クローン株二年生

 : *Epedra sinica* 播種株四年生

 : 枯死 (目視にて地上部の8割以上が枯れているもの)

## *Ephedra sinica* の栽培研究；肥料要素の及ぼす影響

研究代表者 御影 雅幸 東京農業大学農学部バイオセラピー学科 教授  
研究分担者 佐々木陽平 金沢大学医薬保健研究域薬学系 准教授  
研究分担者 三宅 克典 金沢大学医薬保健研究域薬学系 助教

研究要旨 国内でのマオウ栽培の課題は含有アルカロイドを高めること及び種苗の効率的な生産である。本研究課題では麻黄の原植物 *Ephedra sinica* を閉鎖施設のもと一定量の肥料、灌水下で管理し、生育に及ぼす影響を調べた。肥料は三要素である窒素（N）、リン酸（P）、カリウム（K）を一定の比率で与えた。これにより含有アルカロイドのまたは成長に著しい変化をもたらすことを期待した。

結果として、アルカロイド含量は測定できなかったが、窒素（N）を与えることで草質茎の成長が促進されること、冬期の変色が抑制されることを明らかにした。草質茎の変色の抑制は、挿し穂の作成期間が延長できることを意味し、効率的な種苗生産につながる。

研究協力者 野村 行宏 金沢大学大学院医薬保健学総合研究科  
研究協力者 上田 裕也 金沢大学大学院医学系研究科創薬科学専攻

### A. 研究目的

『第十六改正日本薬局方(JP16)』では「マオウ」の原植物として *Ephedra sinica* Stapf、*Ephedra intermedia* Schrenk et C. A. Meyer、*Ephedra equisetina* Bungeの3種を規定しており、総アルカロイド（エフェドリン及びプソイドエフェドリン）を乾燥重量の0.7%以上含むものとしている。麻黄の国内生産を達成するためにはまず原植物の栽培面積を拡大すること、かつその収穫物のアルカロイド含量はJP16を満たす必要がある。しかし現状として、マオウ属植物の種苗は圧倒的に不足している状態にある。アルカロイド含量について、土壌pHによる変化<sup>1)</sup>や海水を与えることによる変動<sup>2)</sup>など報告があり、栽培条件によりアルカロイド含量を高めることができることが示唆されている。Yaharaらは同属植物である *Ephedra distachya* を使用して栽培研究を行い、窒素（N）を与

えることにより株のアルカロイド含量が高くなったと報告している<sup>3)</sup>。

本研究課題では肥料三要素である窒素（N）、リン（P）、カリウム（K）を *Ephedra sinica* 栽培株に与え、肥料構成が株に及ぼす影響について調べることを目的とした。具体的に、アルカロイド含量（未測定）、草質茎の成長、草質茎の変色である。植物にとって必須な元素のうち、N、P、Kの三要素は、植物の吸収量に比較して土壌中での存在量が少ないため欠乏になりやすく、外部から補給したときの効果が現れやすいことから、肥料三要素とされている。

### B. 研究計画

#### B-1 実験材料

*E. sinica* クローン株一年生89検体および播種株二年生89検体を使用した。クローン株一年生は金沢大学・附属薬用植

物園栽培株 *E. sinica* (株番号: 1-1) に由来するものである (2013.9.27挿し木、2014.3.19植え替え)。実験開始時は容積 1Lのロングポットで生育している状態であった (用土: プランターの土、株式会社秋元天産物)。播種株二年生は同じく金沢大学・附属薬用植物園栽培株 *E. sinica* (株番号: 119、512) に由来する種子の発芽実生苗である (検体番号 63-2, 74-2, 87は512由来、他は119由来; 2013.5.14播種)。実験開始時は 1/5000aワグネルポット (容積 6 L) で生育している状態であった (用土: 赤玉土-鹿沼土 (1:1))。

## B-2 実験方法

肥料:

- ・ 尿素...略号 N
- ・ 過磷酸石灰...略号 P
- ・ 塩化加里...略号 K

肥料の与え方:

肥料は5/29と7/14の2回与えた。肥料を必要量計り、粉碎等せずそのまま与え、水を定期的に与えることにより徐々に溶解させた。検体に与えた肥料の構成を表 1 に示す。与えた量は、例えば肥料構成が [N:1,P:0,K:0] の場合、播種株二年生の検体では 1 検体当たり尿素約 1g、クローン株一年生の検体ではその 1/6 の尿素 0.17g を与えた。コントロール群として N0P0K0 を設定した。尿素は比較的溶けやすいが、塩化加里は溶けにくく、溶解に約一週間程度を要した。また過磷酸石灰は非常に溶けにくく、溶解に約一か月以上を要した。

灌水方法:

水は週に二回、月曜日と木曜日に与えた。一回の水やりで二年生の検体には 1 検体当たり水 600 mL、一年生の検体にはその 1/6 の水 100mL を与えた。5/29より開始して7/31まで上記の方法で水を与えた。8月以降は週に約一回、量を固定せずに検体が枯死しない程度の水を与えた。

## B-3 評価項目および方法

アルカロイド:

未測定。

草質茎の成長:

クローン株一年生 89 検体を使用して、草質茎の成長を評価した。各検体において草質茎の総長(全ての茎の長さの総和)を測定し、成長評価の指標とした (表 2)。各検体において成長前(5/15)と成長後(10/29-11/4)の草質茎の総長をそれぞれ求め、その差をとることにより草質茎の伸長した分の長さとした。栽培途中で枯死した検体については、成長後(10/29-11/4)の長さを 0 とし、伸長した分の長さは「値なし」とした。合わせて枯死した検体数を各肥料構成において記録した。成長後(10/29-11/4)の長さは茎に定規を当てて測定した。成長前(5/15)の長さは写真から測定した。各写真を画像処理ソフトウェア ImageJ<sup>4)</sup>により解析した。得られた値は、栽培途中で枯死した検体を除いて、各肥料構成において平均値を算出した。

草質茎の変色:

播種株二年生 89 検体を使用して、11/22-27と12/11に草質茎の変色を次の基準によりポイント化して評価した。  
[草質茎の変色ポイントの基準]

- +0 変色している部分が全体の約 0~10%  
検体全体にほぼ変色が見られない。又は全く見られない。
- +1 変色している部分が全体の約 10~50%。  
まばらに変色が見られる。変色していない部分の方が多くみられる。
- +2 変色している部分が全体の約 50~90%変色している部分の方が多くみられる。  
変色していない部分もまばらにみられる。
- +3 変色している部分が全体の約 90~100%  
検体全体がほぼ変色している。又は完全に変色している。

変色の割合は目測にて評価した。得られた値は各肥料構成において合計値を算出した。コントロール群のみ 5 検体であ

るため、値を4検体分に換算し、他の肥料構成と統一した。

## C. 結果

### C-1 草質茎の成長

成長評価期間(5/15-11/4)内において18検体(検体番号6、31、32、34、38、39、43、48、50、57、58、59、60、64、69、70、71、82)が枯死した(図1)。枯死した検体数が多かった肥料構成として、[N:9,P:9,K:0]においては4検体中4検体全てが、[N:9,P:0,K:9]においては4検体中3検体が枯死した。

草質茎の伸長した長さは平均して40-60 cm 伸長し、Nを加えた群で特に長くなる傾向を示した(図2)。すなわち

[N:3,P:0,K:0] 及び [N:3,P:3,K:0] において約90 cm と高い値を示したことに続き、[N:1,P:1,K:1] [N:3,P:3,K:3] [N:9,P:9,K:9] [N:1,P:1,K:0] でも他と比して伸長した。一方、N0P0K9のようにN0にも関わらず伸長がみられたものもあった。

### C-2 草質茎の変色

コントロール群は最も変色しやすく、11/27に測定した時点で全て変色していた(図3)。Kを加えた群はポイントが低いことから変色の抑制にほとんど効果がない([N:0,P:0,K:1] [N:0,P:0,K:3] など)。PはKと比較するとある程度の効果が見られた。一方、Nを加えた株は変色を有意に抑制した

([N:1,P:0,K:0] [N:3,P:0,K:0] など)。Nを与えた48検体において評価値の平均値が11/27の時点で+0.2、12/11の時点で+1.1であるのに対して、Nを与えなかった41検体においては同様に、+2.6、+3.0であった。ただしN9の検体群はP、Kの構成に関わらず、N1、N3の検体群と比較して、より変色しやすい傾向を示した。最も変色しにくい傾向を示したのは、N単体を与えた検体群であった。

## D. 考察

1. 草質茎の成長評価の結果より、  
[N:3,P:0,K:0] 及び [N:3,P:3,K:0]

において検体の成長が著しかったことから、*E. sinica* の成長促進にはNとPの組み合わせ、またはN単体が有効であると考えられる。またN9P9K0及び

[N:9,P:0,K:9] において比較的多くの検体が枯死したことから、過剰に肥料を与えることは株の枯死につながる。

2. 草質茎変色の結果より、冬期における草質茎の変色の抑制にはNが有効であり、特にN単体が最も効果的であることが明らかとなった。またN9の検体群がN1、N3の検体群と比較してより変色しやすい傾向を示したことから、過剰にNを与えると、変色抑制の効果が減弱されると考えられる。

3. 本研究の結果より、挿し木に有利な肥料構成として、草質茎の成長の促進にはNとPの組み合わせ、またはN単体が有効であり、草質茎の変色の抑制にはN単体が有効であることを明らかにした。Nを与えることにより、一つの親株からより多くの挿し穂をより長期間にわたり採取できると考えられる。本研究で得られた新たな知見を今後の*E. sinica* の栽培に活用することにより、*E. sinica* の繁殖が効率化される。

4. 過剰に肥料を与えることは、*E. sinica* の草質茎の成長及び変色の両観点から見て、適切ではないと考えられる。特に株の枯死につながりやすいと考えられ、栽培の際には注意が必要である。

5. 最後に今回の栽培研究の疑問点について記す。[N:9,P:9,K:9]においては、全ての肥料を高含量で与えていながら、枯死した検体数は1検体のみであった。これは各肥料構成当たりの検体数が4検体と少ないため、確率的に枯死しやすい環境にありながら、偶然生き残ったのではないかと思われる。また肥料の溶解速度に非常に差があることが研究結果に影響している可能性は考えられる。この点については肥料をあらかじめ粉砕して与える等することにより明らかになる。また今回の栽培研究ではコントロール群が比較的早い時期に全て変色してしまうという結果となった。これは、ガラス温室

内が夏季に非常に高温となったため、その影響を受けたと考えられる。肥料を与える事により、変色に対して耐性ができたのではないかとと思われる。これらの点については、今後さらに検討が必要である。

#### E. 結論

*E. sinica* を大規模に栽培していくためには、繁殖の効率化が重要である。*E. sinica* の繁殖の方法としては種子繁殖法、株分け法、挿し木法がある。肥料三要素である N、P、K を与えることにより、挿し木に有利な *E. sinica* の栽培方法を検討した。結果、N 単体を与えることにより、一つの親株からより多くの挿し穂をより長期間にわたり採取できるということを見出した。本研究で得られた新たな知見が、*E. sinica* の繁殖を効率化する上で、有用な情報の一つとなると考えられる。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし。

##### 2. 学会発表

なし。

#### H. 知的財産の出願・登録状況

(予定を含む)

1. 特許取得  
なし。
2. 実用新案登録  
なし。
3. その他

#### G. 研究発表引用

- 1) Kondo, N., Mikage, M. and Idaka, K. Medico-botanical Studies of *Ephedra* Plants from the Himalayan Region. Part III. The causative factors of variation of alkaloid content in herbal stems. *Natural Medicines*, 53(4), 194-200 (1999)
- 2) 大富規弘, 野村行宏, 井出達也, 大野剛史, 毛利千香, 御影雅幸: マオウ属植物の栽培研究 (第2報) 海水がシナマオウの生長およびアルカロイド含量に及ぼす影響. *薬用植物研究*, 35 (1) , 1-8 (2013)
- 3) 矢原正治ら, “マオウの国内栽培に関する研究”日本薬学会年会要旨集 129(2) (2009) p205
- 4) Rasband, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2012.

検体番号: クローン株一年生	検体番号: 播種株二年生	検体数	肥料構成(g)
1-4	1-4	4	N1 P0 K0
5-8	5-8	4	N3 P0 K0
9-12	9-12	4	N9 P0 K0
13-16	13-16	4	N0 P1 K0
17-20	17-20	4	N0 P3 K0
21-24	21-24	4	N0 P9 K0
25-28	25-28	4	N0 P0 K1
29-32	29-32	4	N0 P0 K3
33-36	33-36	4	N0 P0 K9
37-40	37-40	4	N1 P1 K1
41-44	41-44	4	N3 P3 K3
45-48	45-48	4	N9 P9 K9
49-52	49-52	4	N1 P1 K0
53-56	53-56	4	N3 P3 K0
57-60	57-60	4	N9 P9 K0
61-64	61 62 63-1 63-2	4	N1 P0 K1
65-68	64-67	4	N3 P0 K3
69-72	68-71	4	N9 P0 K9
73-76	72 73 74-1 74-2	4	N0 P1 K1
77-80	75-78	4	N0 P3 K3
81-84	79-82	4	N0 P9 K9
85-89	83-87	5	N0 P0 K0

表 1. 検体に与えた肥料構成

検体番号 クローン株一年生	肥料構成(g)	草質茎の総長(cm) 5月15日測定	草質茎の総長(cm) 10月29日~11月4日測定	伸長した長さ(cm)
1	N1P0K0	27.5	119.9	92.4
2		11.6	13.4	1.8
3		28.3	109.1	80.8
4		13.7	15.6	1.9
5	N3P0K0	14.1	117.7	103.6
6		8.3	0	
7		35.4	79.7	44.3
8	N9P0K0	28.4	161.2	132.8
9		20.2	96.2	76
10		52.7	157.5	104.8
11		31.9	48.3	16.4
12	NOP1K0	10.2	12.6	2.4
13		29.5	69.6	40.1
14		15.7	49.5	33.8
15		23.7	73.1	49.4
16	NOP3K0	24	93.6	69.6
17		12.9	15.6	2.7
18		13.8	15	1.2
19		15.8	137.7	121.9
20	NOP9K0	17.6	54.6	37
21		9.1	10.4	1.3
22		18.1	131.3	113.2
23		24.3	88.3	64
24	NOP0K1	13.9	14.3	0.4
25		52	107	55
26		19.1	57.6	38.5
27		13.5	79.5	66
28		30.9	49.4	18.5

表 2. クローン株一年生草質茎の伸長

検体番号 クローン株一年生	肥料構成(g)	草質茎の総長(cm) 5月15日測定	草質茎の総長(cm) 10月29日～11月4日測定	伸長した長さ(cm)
29	N0P0K3	13.5	51.4	37.9
30		11.4	7.4	-4
31		11.7	0	
32		10.4	0	
33	N0P0K9	28.1	77.4	49.3
34		10.1	0	
35		23.1	67.7	44.6
36		32.6	124.4	91.8
37	N1P1K1	9.5	53.2	43.7
38		3.9	0	
39		12.5	0	
40		26.4	102.4	76
41	N3P3K3	38.3	105.5	67.2
42		8.3	37.3	29
43		15.9	0	
44		24.3	131.4	107.1
45	N9P9K9	25.4	123.2	97.8
46		29	60.1	31.1
47		35.7	90.6	54.9
48		13.1	0	
49	N1P1K0	11.2	13.7	2.5
50		8.1	0	
51		22.6	79	56.4
52		20	184.7	164.7
53	N3P3K0	18.7	164.7	146
54		12.3	133.1	120.8
55		31.2	57.3	26.1
56		41.6	141	99.4
57	N9P9K0	5	0	
58		8.3	0	
59		11.1	0	
60		34.1	0	
61	N1P0K1	29.6	98.2	68.6
62		11.8	13.1	1.3
63		21.2	49	27.8
64		10.5	0	
65	N3P0K3	23.3	30	6.7
66		19.8	57.9	38.1
67		12.7	81.7	69
68		23.8	59.7	35.9
69	N9P0K9	7.5	0	
70		5.5	0	
71		9.6	0	
72		9.7	54	44.3
73	N0P1K1	16.3	15.1	-1.2
74		11.9	38.4	26.5
75		20.2	51.2	31
76		15.5	33.5	18
77	N0P3K3	14.4	20	5.6
78		15.4	40.6	25.2
79		14.3	94.6	80.3
80		13.9	39.2	25.3
81	N0P9K9	7.1	48	40.9
82		20.9	0	
83		12.4	62.6	50.2
84		25.7	91.6	65.9
85	N0P0K0	12.6	71.9	59.3
86		20	74.1	54.1
87		23.1	82.4	59.3
88		41.7	80.8	39.1
89		16.3	19.8	3.5

表2 続 クローン株一年生草質茎の伸長

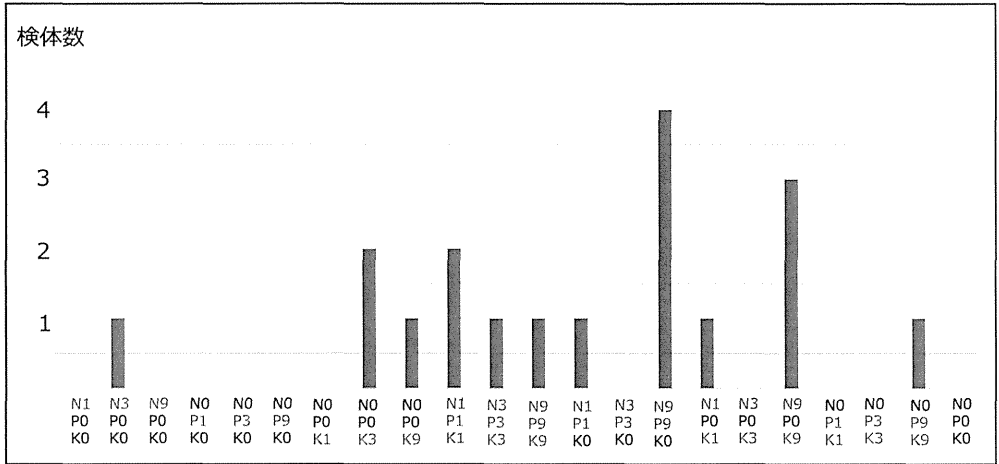


図1. クローン株一年生の枯死株数

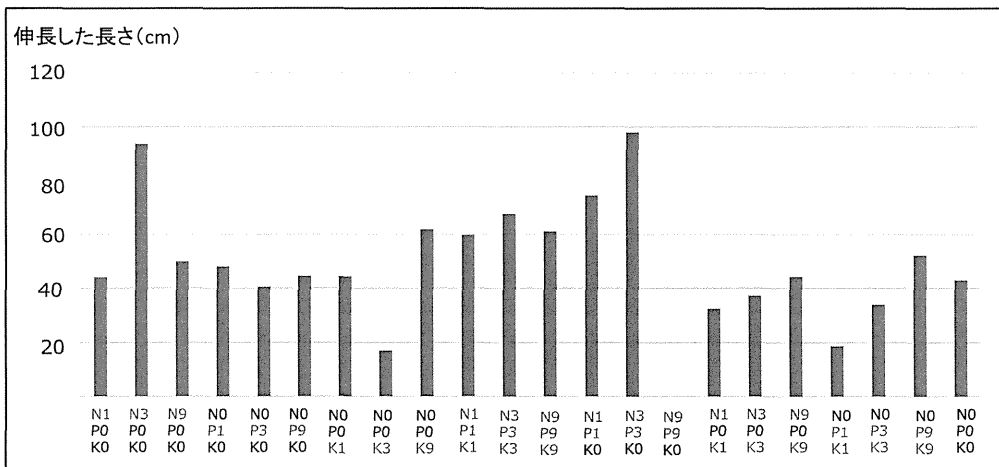


図2. クローン株一年生の草質茎の伸長

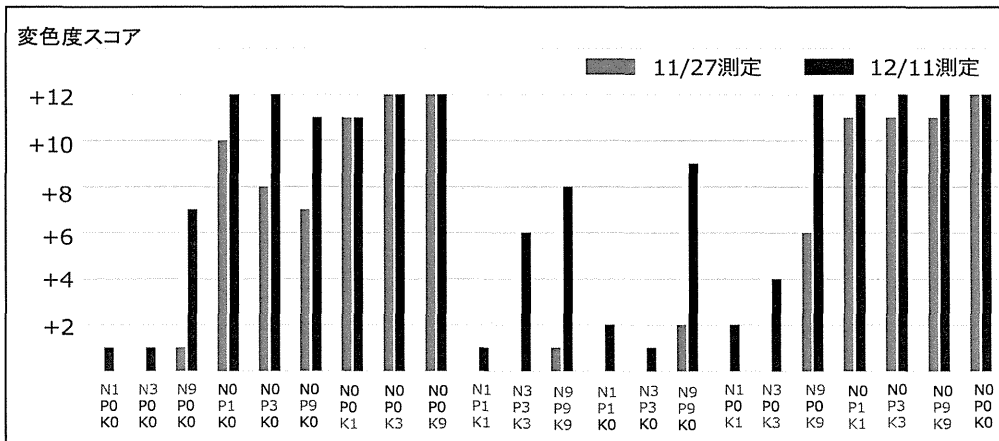


図3. 播種株二年生の草質茎の変色



検体番号 播種株二年生	肥料構成(g)	草質茎の変色ポイント 11月27日測定	草質茎の変色ポイント 12月11日測定
1	N1P0K0	0	0
2		0	1
3		0	0
4		0	0
5	N3P0K0	0	0
6		0	0
7		0	0
8		0	1
9	N9P0K0	0	2
10		0	2
11		1	2
12		0	1
13	N0P1K0	3	3
14		3	3
15		2	3
16		2	3
17	N0P3K0	3	3
18		1	3
19		1	3
20		3	3
21	N0P9K0	3	3
22		1	3
23		2	3
24		1	2
25	N0P0K1	3	3
26		2	2
27		3	3
28		3	3
29	N0P0K3	3	3
30		3	3
31		3	3
32		3	3
33	N0P0K9	3	3
34		3	3
35		3	3
36		3	3
37	N1P1K1	0	0
38		0	0
39		0	1
40		0	0

表 3. 播種株二年生の変色ポイント

検体番号 播種株二年生	肥料構成(g)	草質茎の変色ポイント 11月27日測定	草質茎の変色ポイント 12月11日測定
41	N3P3K3	0	2
42		0	2
43		0	0
44		0	2
45	N9P9K9	0	1
46		0	2
47		1	2
48		0	3
49	N1P1K0	0	1
50		0	1
51		0	0
52		0	0
53	N3P3K0	0	1
54		0	0
55		0	0
56		0	0
57	N9P9K0	0	3
58		0	2
59		1	2
60		1	2
61	N1P0K1	0	0
62		0	1
63-1		0	1
63-2		0	0
64	N3P0K3	0	0
65		0	1
66		0	0
67		0	3
68	N9P0K9	2	3
69		3	3
70		1	3
71		0	3
72	N0P1K1	3	3
73		3	3
74-1		3	3
74-2		2	3
75	N0P3K3	3	3
76		2	3
77		3	3
78		3	3
79	N0P9K9	3	3
80		3	3
81		3	3
82		2	3
83	N0P0K0	3	3
84		3	3
85		3	3
86		3	3
87		3	3

表3続. 播種株二年生の変色ポイント

厚生労働科学研究費補助金（創薬基盤推進研究事業）  
研究報告書

マオウ属植物の栽培に関する検討  
～根の生長経過の観察と礫耕栽培～

研究代表者 御影 雅幸 東京農業大学 教授  
研究分担者 関田 節子 昭和薬科大学 特任教授  
研究分担者 高野 昭人 昭和薬科大学 教授  
研究協力者 中野 美央 昭和薬科大学 薬用植物園 職員

研究要旨 マオウ属植物の国内栽培化に向け、マオウ属植物の生育特性を知る目的で用土条件等を変えて、根の生長の経過を観察した。その結果、用土が砂である群の方が根がやや長く生長する傾向がみられた。また、2週間に1度施肥した群の個体は、平均的に根の生長がよい傾向であった。したがって、適切な施肥が根の生長に効果的であると考えられる。次に、植物の管理がしやすい屋内での栽培化を考え、礫耕栽培での栽培トライアルを開始した。開始して1か月ほどであるが、温度条件が高い温室内に設置した個体は、すでに新しい芽が伸長を開始した。今後も継続して観察し、施肥条件を変えた群を設定し、最終産物のアルカロイド含量を比較する予定である。

## A. 研究目的

日本国内での栽培地を考えた場合、マオウ属植物の特性を知ることと、覚せい剤原料となりえる点から栽培地の管理対策が課題の一つとなる。

### A-1 マオウ属植物の根の生長経過の観察

マオウ属植物の多くは乾燥地に生育していることから、そのような生育環境で生き延びるための性質として、他の植物に比べて、(1) 根の生長が速い、(2) 根が長く地中に伸びる、などの特性をもつのではないかと考えた。また、構造的にも特別な構造、しくみをもっている可能性が考えられる。また、我々は、マオウ栽培の途中で、施肥している条件から、施肥を止めて、施水のみ条件に変えることで、地上部が枯れこむ現象を観察している（写真1）。

そこで、根の生長の様子を観察する目的で、二重にした塩ビ管を利用した栽培を行った。

### A-2 施設内栽培のトライアル

栽培植物をより厳重な管理下で栽培する方法を開発する一環として、施設内での礫耕栽培の可能性を検討する目的で、ビニルハウスおよび温室内での栽培試験を開始した。

## B. 研究方法

### B-1 マオウ属植物の根の生長経過の観察

材料：昨年度、発芽試験に供した *Ephedra sinica* から作出した苗を材料とした。

方法：

(1) 栽培容器：長さ1m、直径700mmの透明塩ビ管と長さ1m、直径1000mmのグレー色

の塩ビ管を準備し、二重構造の栽培容器を作成し（写真2）、用土を入れ、苗を植え付けたのち、ビニールハウス内に約70度ほどの傾斜を付けて設置した。

(2)用土：川砂（以下、砂群と呼ぶ）と花ちゃん培養土（以下、培養土群と呼ぶ）を使用し、2群とした。

(3) 施肥、施水の違いによる実験群の設定：肥料としてハイポネックス（原液 N : P : K = 6 : 10 : 5）の1000倍液を調製し、2週間に一度 1L を与える群、4週間に一度 1L を与える群、水を2週間に一度 1L を与える群、4週間に一度 1L を与える群の4群とした。

(4) 実験の開始：

2014年4月28日に苗を筒に植付け、実験を開始した。

(5) 根の観察：

2014年7月31日に二重構造の容器から、中の透明塩ビ管を取り出し、塩ビ管の外面から根の生長を観察した（写真3）。

2015年2月9日、10日に容器から個体を抜き出し、地上部および根の観察を行った（写真4）。

## B-2 施設内礫耕栽培のトライアル

材料：昨年度、発芽試験に供した *E. sinica* から得た苗を材料とした。

方法：

(1) 栽培方法：エスペックミック社製「野菜うきうき」を使用し、培地として付属のパミスサンドを使用した礫耕栽培を行う（写真5）。

(2) 設置場所：昭和薬科大学薬用植物園圃場に設置されたビニールハウス内（写真6）と温室棟1階にある小温室（写真7）に設置した。

(3) 実験群の設定：ビニールハウスと温室棟小温室にそれぞれ礫耕栽培装置を3セットずつ設置し、各セットに6個体ずつ植え付けてある。今後、3セットを施水群、

ハイポネックス施肥群、特殊農薬施肥群にさらに分ける予定である。

(4) 観察する項目：地上部の生長の様子を観察すると同時に、1年後および2年後には地上部を収穫し、そのアルカロイド含量を比較する予定である。

(5) 実験の開始：

2015年1月8日に苗を植付け、観察を開始した。

## C. 研究結果

### C-1 マオウ属植物の根の生長経過の観察

(1) 2014年7月31日および2015年2月9

日、10日に観察し、測定した結果を表1に示す。2月9日、10日に測定した結果を図1～図3に示す。

(2) 2014年7月31日には、透明塩ビ管の外面から観察したが、砂群では8/16個体、培養土群では10/16個体で根を確認できた。根の長さは、砂群で15.2 cm～56.4 cm、平均32.5 cm、培養土群では、8.3 cm～49.6 cm、平均31.8 cmであった。

(3) 2015年2月9日、10日に観察した結果、根の長さは砂群で26～127cmで平均67.3 cm、培養土群で12～93 cmで平均47.4 cmであった。地上部の長さは、砂群で3.5～32 cm、培養土群で8～34 cm、平均値はそれぞれ15.3 cmと18.6 cmであった（図1）。

### C-2 施設内礫耕栽培のトライアル

温室棟小温室に設置した栽培装置に植え付けた個体からは新芽が複数展開してきた（写真8）。一方、ビニールハウス内に設置した栽培装置の個体にはいまだ変化が認められない。

現時点では、施肥をしていない。設置後2週間ほど経過し、苗が環境に順応してきたと考えられるので、施肥を開始し、比較観察していく予定である。

## D. 考察

### D-1 マオウ属植物の根の生長経過の観察

用土で、砂群と培養土群に分け、それぞれを施水群、施肥群に分け、さらにその間隔により2群ずつに分けて観察を行ったが、細かな群ごとに明らかな違いを見出すことはできなかった。

しかし、砂群の方が培養土群より根が長くなる傾向が認められた(図1)。また、2週間に1度施肥した群の個体は、平均的に根の生長がよい傾向であった(図2, 図3)。

### D-2 施設内栽培のトライアル

温室棟小温室は最低温度を15°Cに設定しており、小温室に設置した群は、温度条件に恵まれているため、新芽が生長を始めたものと考えられる。一方、ビニールハウス内は最低温度が0°C前後になり、ときには貯水タンク表面に結氷することもあるため、いまだ生長が観察されないものと考えられる。

引き続き、成長の様子を観察し、施肥を開始して、その効果を比較観察する予定である。

## E. 結論

栽培個体を管理しやすい屋内での栽培の可能性を探る目的で、マオウの根の生長特性を把握する実験と礫耕栽培装置のトライアルを開始した。マオウは本来乾燥地に生息する植物であるため、乾燥、非栄養状態では、根の生長が速くなるのではないかと仮定して実験系を組んだ

が、実験条件の設定が適切でなかったためか、群間に顕著な差を見いだせなかった。しかし、砂での栽培の方がやや根の生長が速く、これは水分と栄養を求めて根の生長が速くなったのではないかと推測した。また施肥群で根の生長がよい傾向が観察され、適切な施肥(土壤の栄養状態)が根の生長に必要なのではないかと考えられる。

礫耕栽培は開始したばかりであるが、温室内に設置した群では新芽の生長が始まった。採算性などを含め、いろいろな視点から屋内栽培の可能性をさらに検討していく予定である。

## F. 健康危険情報

なし

## G. 研究発表

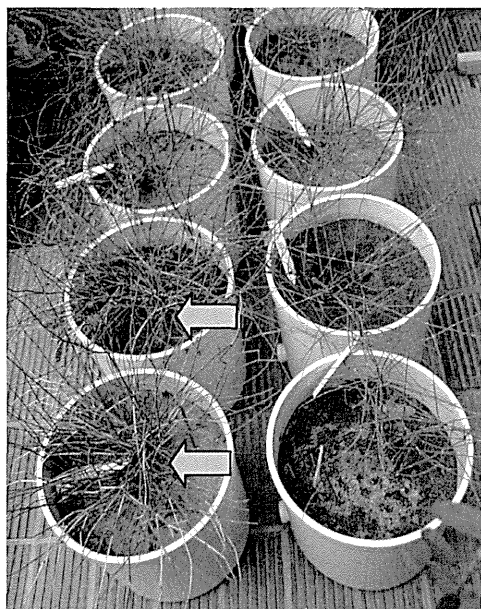
1. 論文発表  
なし。
2. 学会発表  
なし。

## H. 知的財産の出願・登録状況

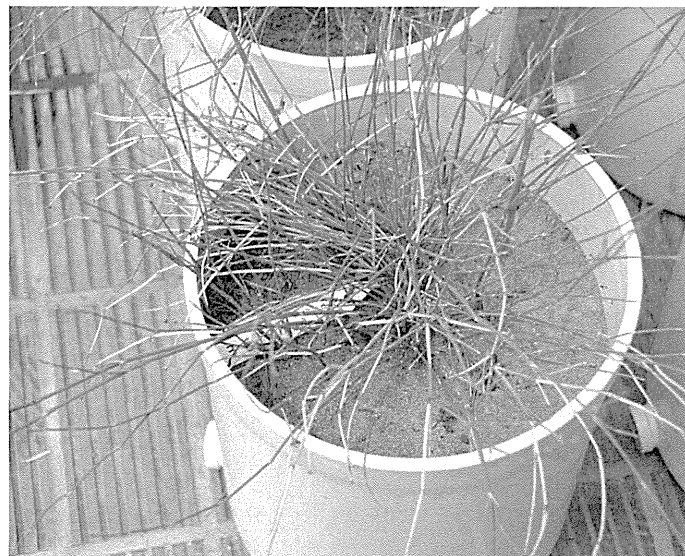
(予定を含む)

1. 特許取得  
なし。
2. 実用新案登録  
なし。
3. その他  
なし。

写真1 施肥条件から施水条件への変更に伴う地上枝の枯れ込み



← 枯れ込みのある個体



拡大写真

写真2 二重構造の筒

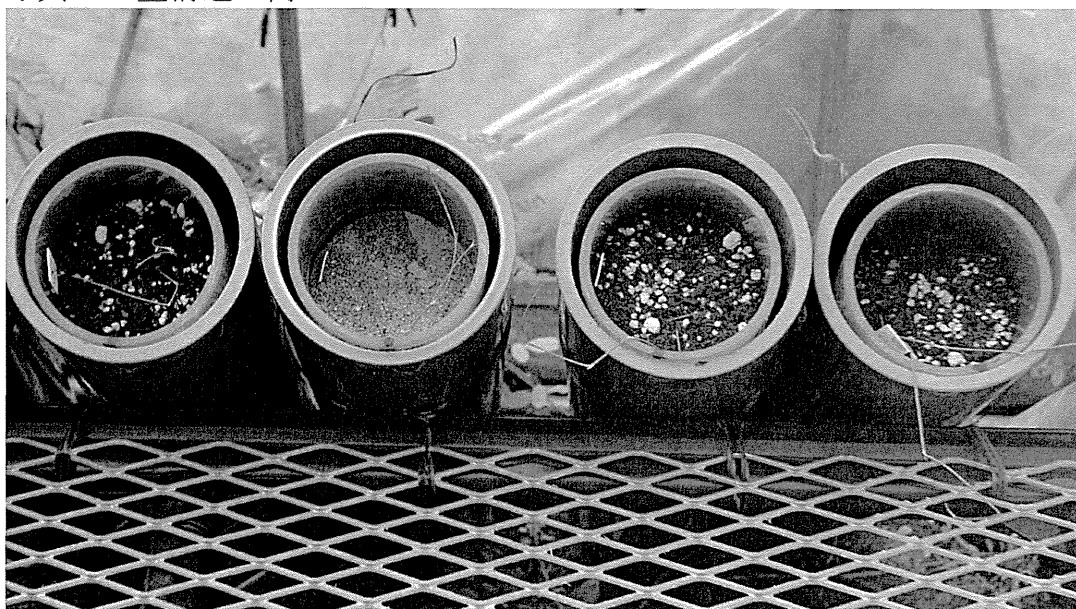


写真3 透明の塩ビ管の外面からの根（矢印）の観察（2014年7月31日）

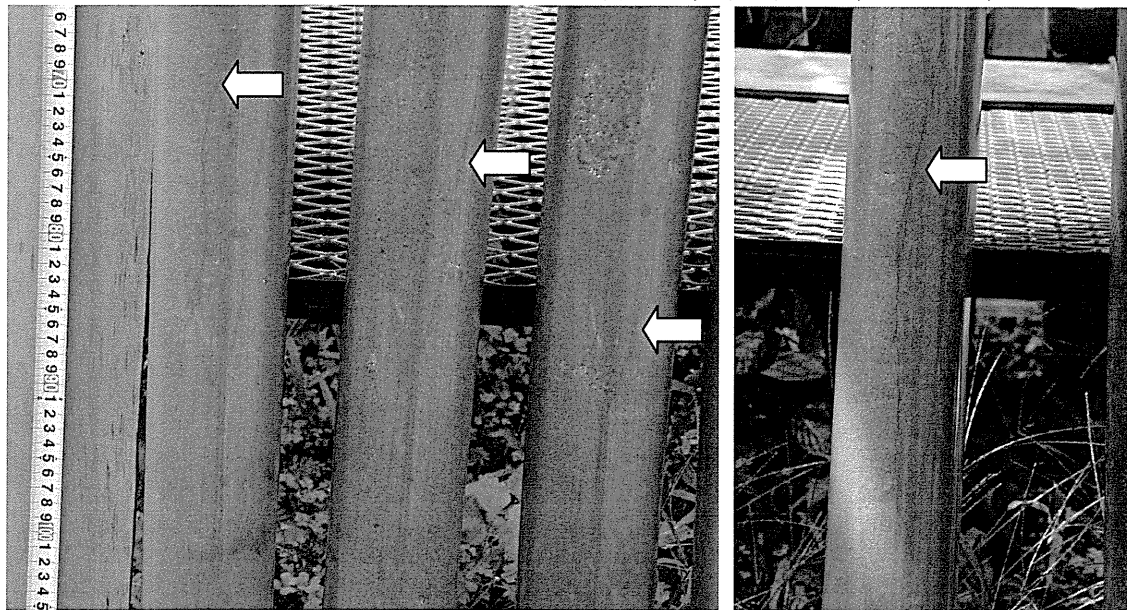
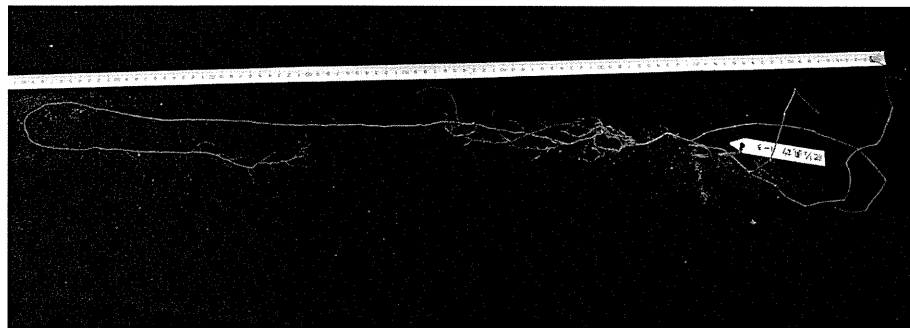
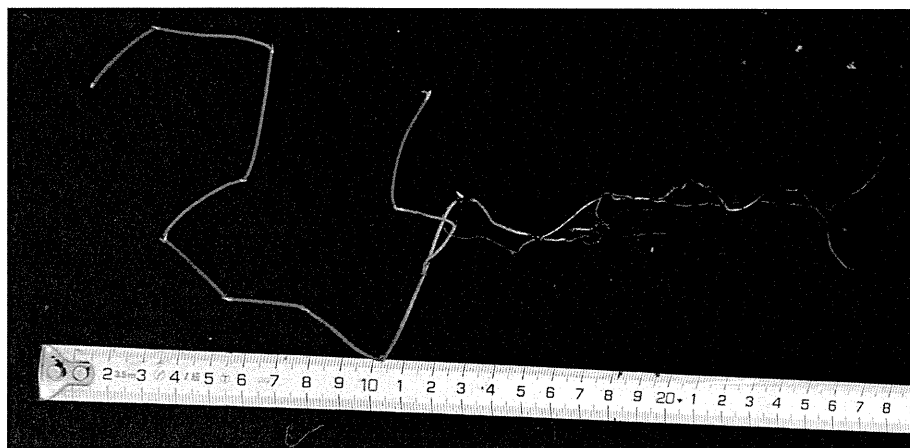


写真4 筒から取り出した根の観察（2015年2月10日）



施肥2週間に1度 培養土：砂（No.1-3）



施肥4週間に1度 培養土：花ちゃん培養土（No.3-8）

写真5 礫耕栽培装置・野菜うきうき



写真6 ビニルハウス内に礫耕栽培システムを設置

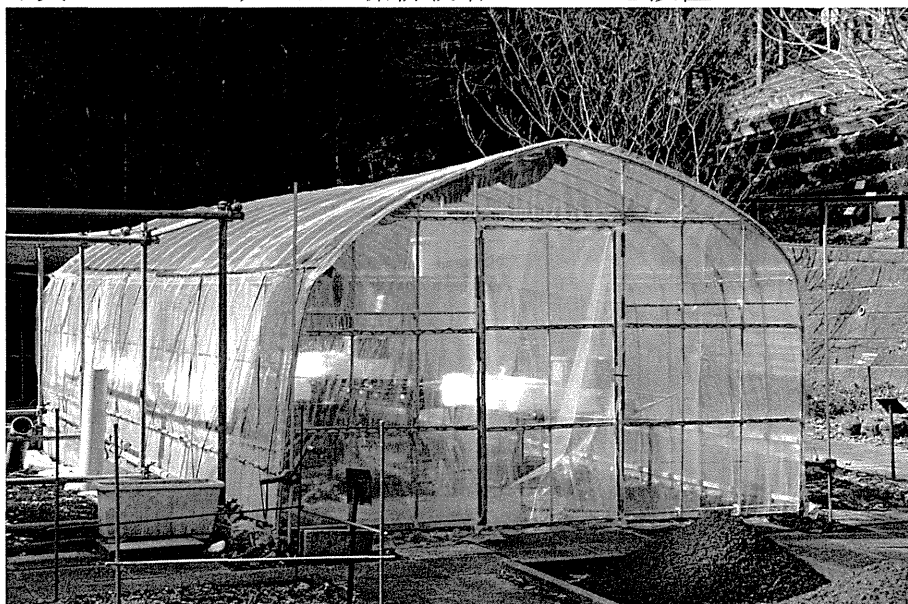




写真7 温室棟小温室内に礫耕栽培システムを設置

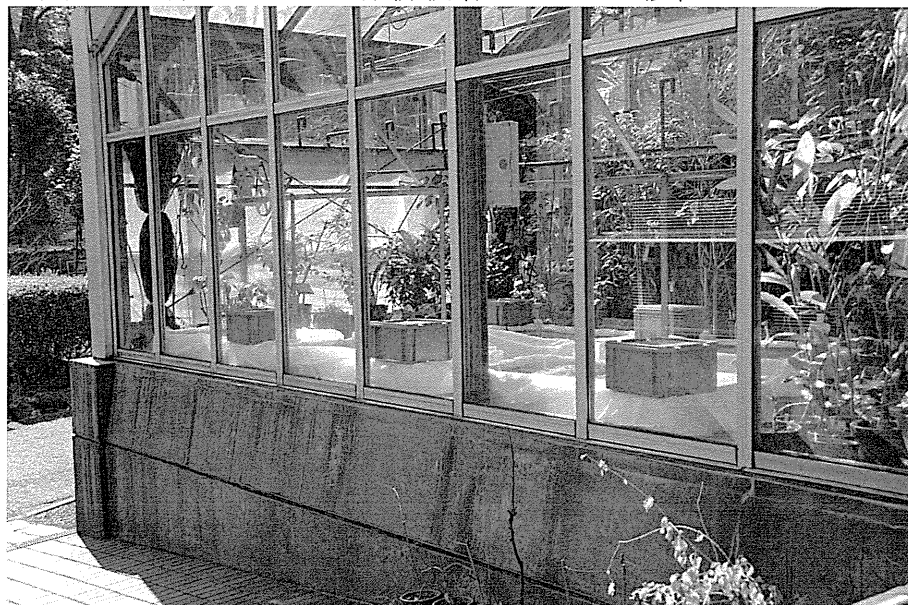


写真8 礫耕栽培システムの植栽されたマオウが生長開始  
(2015年2月13日撮影)

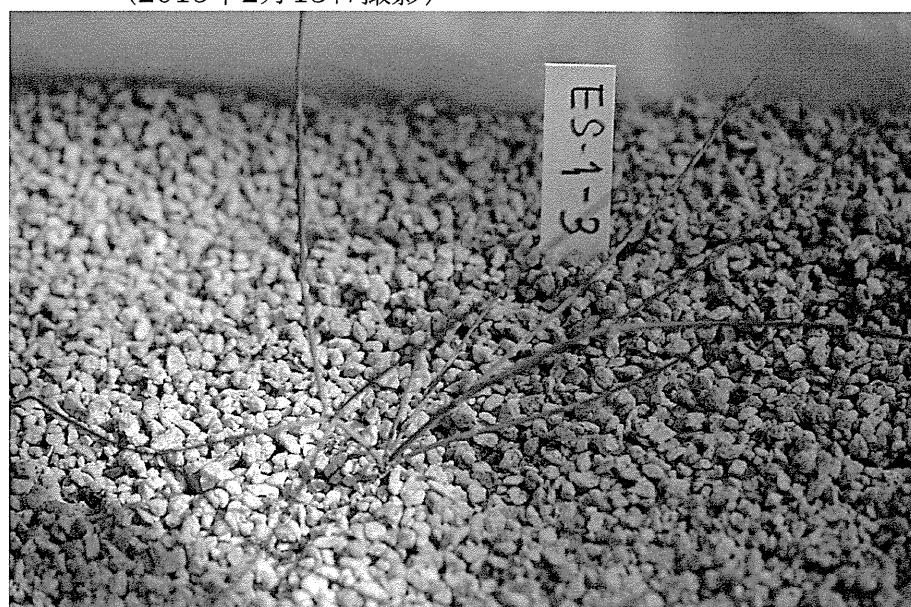


表1 *Ephedra sinica* の根の生長経過の観察結果

培養土:砂 群					培養土:花ちゃん培養土群				
個体No.	施肥、施水条件	観察日			個体No.	施肥、施水条件	観察日		
		2014/7/31	2015.02.09,10				2014/7/31	2015.02.09,10	
		根	根	地上部			根	根	地上部
1-6	水2週に1	56.4	51	9	1-8	水2週に1	13.4	66.5	20
2-9	水2週に1	確認できず	枯死		2-8	水2週に1	確認できず	12	8
3-9	水2週に1	16	52	12	2-10	水2週に1	確認できず	枯死	
3-11	水2週に1	枯死			3-7	水2週に1	41.5	56	20
	測定値		51-52	9-12		測定値		12-67	8-20
1-2	水4週に1	49.5	127	12	1-10	水4週に1	8.3	枯死	
3-2	水4週に1	確認できず	24.5	3.5	2-1	水4週に1	33.6	63	15
3-6	水4週に1	21.4	43	10	3-1	水4週に1	40	12	10
	測定値		24.5-127	3-12		測定値		12-63	10-15
1-3	施肥2週に1	45.1	100	30	1-1	施肥2週に1	38.3	66	28
1-9	施肥2週に1	確認できず	69.5	20	1-4	施肥2週に1	48.2	81	31
3-4	施肥2週に1	確認できず	57	18	2-3	施肥2週に1	15	59	34
2-2	施肥2週に1	20	77	16.5	3-5	施肥2週に1	枯死		
	測定値		57-100	16-30		測定値		59-81	28-34
2-4	施肥4週に1	15.2	88	21	1-5	施肥4週に1	49.6	93	20
2-6	施肥4週に1	枯死			2-5	施肥4週に1	確認できず	22	17
2-7	施肥4週に1	計測用			3-3	施肥4週に1	確認できず	25	20.5
2-11	施肥4週に1	36.2	93	26	3-8	施肥4週に1	30.1	35	12.5
1-7	施肥4週に1	確認できず	26	32	3-10	施肥4週に1	確認できず	26	6
	測定値		26-93	21-32		測定値		22-93	6-21

n	8	12	12	n	10	13	13
最大値	56.4	127	32	最大値	49.6	93	34
最小値	15.2	26	3.5	最小値	8.3	12	8
平均値	32.5	67.3	15.3	平均値	31.8	47.4	18.6

単位 cm

図1 培養土の違いによる根の生長の比較

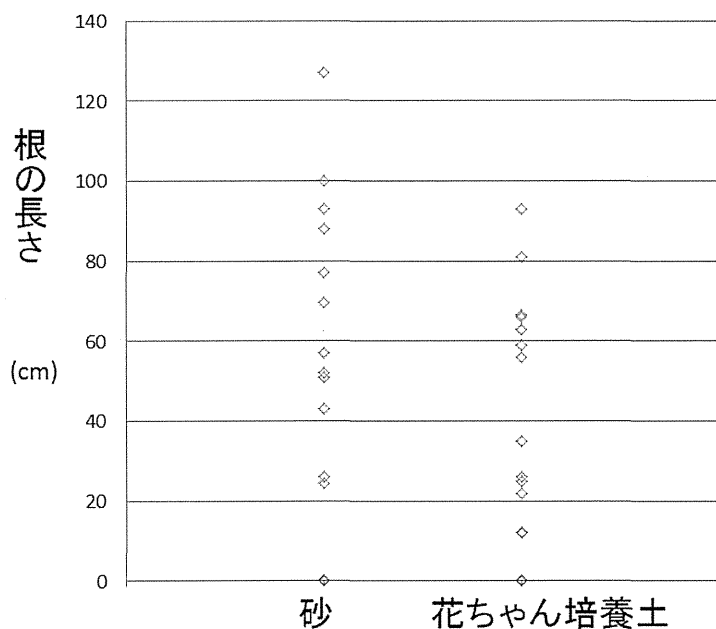


図2 「施肥・施水の違い」 + 「投与間隔の違い」 による根の生長の比較

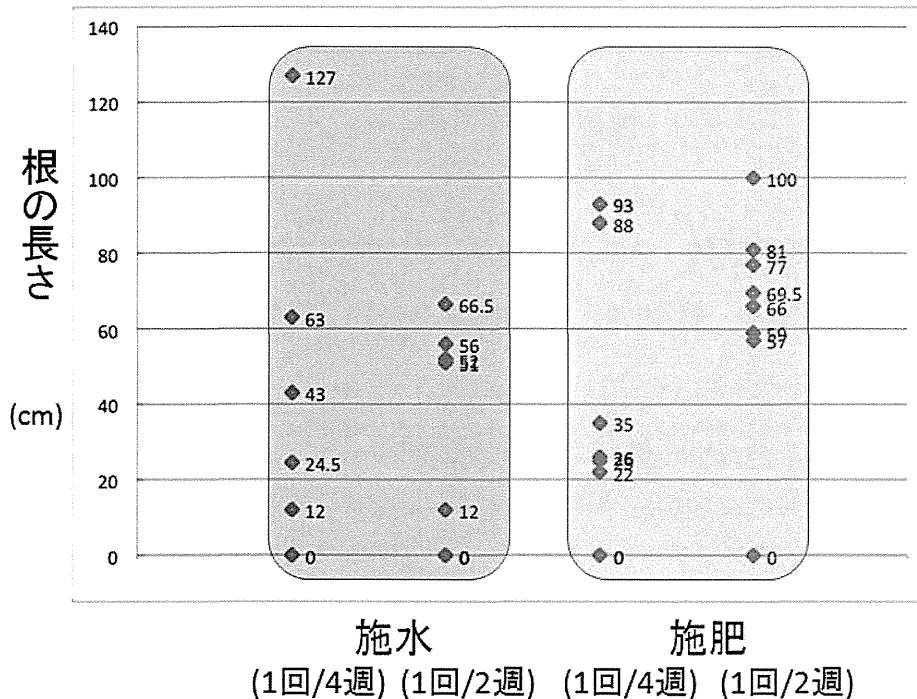
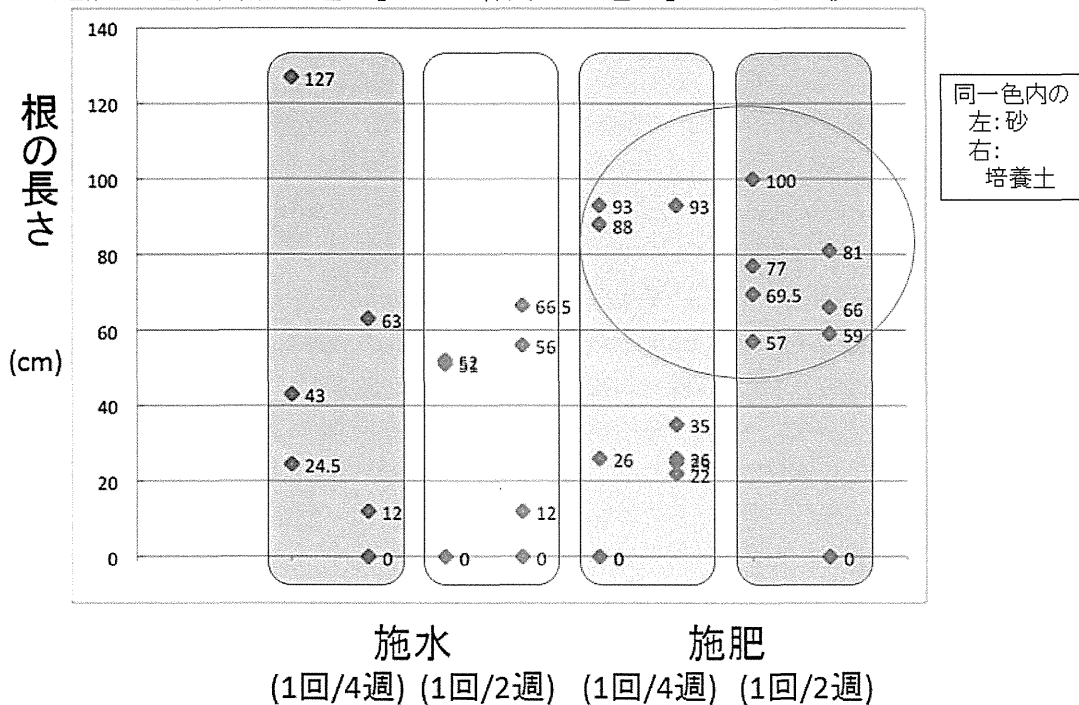


図3 「施肥・施水間隔の違い」 + 「培養土の違い」 による比較



厚生労働省科学研究補助金（創薬基盤推進研究事業）

研究課題名：能登半島における国産麻黄生産拠点の構築

## 分担研究報告書

### 分担研究課題：人工光源を用いた麻黄の栽培研究

研究分担者 國本 崇 徳島文理大学理工学部 教授

植物工場での栽培により短期間に総アルカロイド含量 0.7%以上を満たすマオウ栽培の可能性はあるかどうか検討するために、青赤比と照度が異なる3種類のLED光源、深赤色発光を追加した蛍光灯、プラズマチューブアレイパネルを用いて外光を遮光した暗室内での栽培を試みた。レーザー誘起発光を用いた非破壊モニタリング系を構築しマオウの生長モニタリングへの適用の検討を行った。マオウの光利用効率が他の植物の比べ低いことが明らかとなった。人工光源栽培ではこれを踏まえて通常よりも光強度を強くして高い光子密度で栽培を行う必要がある。クロロフィル以外のレーザー誘起発光を観測した。この蛍光スペクトルをもとに非破壊で栽培条件が検討できる可能性がある。

研究協力者 藤田 佳子 徳島文理大学理工学部 研究員（國本研究室）

#### A. 研究目的

漢方生薬「麻黄」は総アルカロイド 0.7%以上を含むことが、「第16改正日本薬局方」において規定されており、これを満たすマオウ属植物の露地栽培は数年程度の期間が必要とされている。植物の二次代謝にもとづく生産物である生薬は、生長や有用成分量が環境に強く依存するため安定に供給することが一般に難しい。これらを打破する技術として植物工場などによる人工栽培が期待されている。人工栽培のキーは照明である。市販光源として、蛍光灯/LEDがあるが、それぞれ植物栽培に対して必要とされる高輝度拡散パルス光が得られない、熱放射による乾燥などの問題を抱えながら使われている。一方、拡散照射とパルス発光、という蛍光灯/LEDの長所を兼ね備え、大面積/フレキシブル/近接照射可能

なプラズマチューブアレイ（PTA）を我々のグループが昨年提案したが、デバイスのポテンシャルは未知数であった。本研究の目的は、蛍光灯/LED/PTAなどの人工光源による栽培を閉鎖環境で行い、植物工場での栽培により短期間に総アルカロイド含量 0.7%以上を満たすマオウ栽培の可能性はあるかどうか検討することである。

2013年度は、生長実験への準備として、①植物生長用に青色発光/赤色発光のチューブで構成されたプラズマチューブアレイの作製、②暗室内で温度/光環境/培土を変えた状態での発芽の検討を行った。結果として、①：青色：赤色=1：4のパネルを試作し、白色相当では10000 lx (@50kHz)程度の植物工場に実装されている蛍光灯照明に近い光量を得た。また②：明所（蛍光灯下）と暗所におい