

アサガオの水耕培地ならびに根の酸素吸収に
及ぼす諸条件に関する研究

位 田 藤 久 太 郎

The Nutrient Solution of Water Culture and Effect of
Various Conditions on the Oxygen Absorption of
Root in *Pharbitis nil* Choisy

Tokutaro INDEN

Summary

The present study was carried out to obtain a knowledge about water culture of Japanese morning glory and examined the effect of nutrient solution or light condition on oxygen absorption of root.

- 1) Both Hoagland & Snyder's formula and Enshi formula were suitable for the solution of water culture in Japanese morning glory. Good growth could be get by a half strength of them, also.
- 2) Characteristic mineral deficiency symptoms were appeared in early stage of growth and the plants showed reduced growth obviously, when every one of N, P, K, Ca and minor elements (Fe, Mn, B) in the culture solution was absent.
- 3) Aeration was desirable for better growth of Japanese morning glory. But growth of non-aerated one under pot or container cultivation was also good.
- 4) The oxygen absorption of root decreased according as the concentration of nutrient solution became higher, so that of 10 strength solution was 60% as compared with that of standard solution.
- 5) The difference in oxygen absorption of root between standard solution and excess or deficit nutrient solution was not so significant except for $\text{NO}_3\text{-N}$ absent solution in which oxygen absorption was rather decreased.
- 6) The absorption of oxygen by root, which was greatly affected by light condition increased in the afternoon and became highest at 4 p.m..
- 7) The oxygen absorption of root was decreased by shading above-ground part and was particularly affected in the afternoon by the treatment of shading after morning.

緒 言

アサガオは奈良時代に中国から移され、17、18世紀に品種の分化が進み、19世紀のはじめ頃から江戸、大阪などで鉢栽培がさかんになって各地で花合せが行われた。明治年間には名古屋で蔓を切込んだ盆栽切込作り、京都では腰高鉢に植えた懸崖仕立が行われるなど、品種改良と同時に栽培や観賞方法についてもいろいろな工夫が全国各地でなされた。

アサガオは小学校などで理科教材その他の目的で広く栽培され、また遺伝、開花生理などの実験材料としても採用されている。^{4) 10) 11) 12) 13) 14)}

培養については用土、肥料などがぎんみされ、とくに大きな花をつけるための肥培が熱心な栽培家によって工夫研究されてきたが、アサガオの培養に関する試験研究的結果として報告されたものはあまりみられない。

アサガオを水耕試作してよく生育したので、学校などで水耕栽培の教材に採用する際の培地について、さらに水耕で栄養生理学的研究、とくに根の生理的研究の材料として良いことを認め、これらに関連した実験を行なった。

本研究は文部省科学研究費による筑波大学の鈴木芳夫博士を代表とした培養液の管理に関する共同研究の比較研究として行なった。研究を行なうにあたり本学自然、理科関係の各位に種々御援助をいただき、また三重大学の小川幸持教授からは貴重な種子や研究上の多くの示唆をいただいた、深く謝意を表する。

材料および方法

アサガオの品種は violet 種および黄、青蝉葉系大輪種をもちい、violet 種は6月18日播6月25日植、および6月22日播6月29日植のものを、他品種のものは地播き苗を本葉1枚内外で掘上げ、水耕に移して後実験に供した。

violet 種の育苗には種子を濃硫酸に40分、数回かくはんしながら浸し、水洗い後ガーゼの袋に入れて1夜15時間内外水道水を流して洗い、じゅうぶん水を含んだバーミキュライト培地上になるべく芽を下にしておき1昼夜後幼根が2～3mmに伸びたものをウレタン床に播き数日して子葉が開いたものをウレタンとともに発泡スチロール板に固定し、蝉葉系の地播のものと同じく $\frac{1}{2}$ Hoagland 液を入れた槽または鉢で培養してそれぞれの試験用に準備した。

培地試験は violet 種をもちい Hoagland & Snyder 液³⁾ (以後 Hoagland 液と記す)、園試液³⁾ Arnon 液³⁾ Hoagland $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{3}$ 液、N、P、Kそれぞれ養分不足液、N、P、K、Ca、Mg、微量元素欠乏液を作り5ℓ入ポットに本葉の出はじめた7月2日に3株ずつ植付け無通気で水耕した。親蔓は6～7葉で摘み、子蔓以後は2～3葉で摘心して7月21日にアンドン仕立様支柱を与えた。水耕開始1ヶ月後に生育の中間調査を行ない、8月末日まで生育や開花状態をしらべた。

通気試験は50ℓ入通気水耕槽(バースポンポ)に5株植付け日中6時から20時まで1時間に15分、夜間2回15分あて通気した区と通気しない区を作って Hoagland $\frac{1}{2}$ 液で栽培した。

培地条件および光による根の酸素吸収比較試験はバブリングして酸素を飽和近くにした培地を1～1.5ℓポットに入れ1～3時間の酸素吸収量をあらかじめしらべた株について、その根の供試条件下での酸素吸収量を溶存酸素計で使用法にじゅうぶん注意しながら測定した。

使用の水耕用水はいずれも水道水である。

試験結果

1. 培地組成、養分不足あるいは欠乏が生育、開花に及ぼす影響

実験方法の項で述べた区を表1に示すような組成で作成し、1～2週間ごとに液を更新して、violet 種の生育、開花状態をしらべた。

水耕をはじめた1ヶ月後8月2日の生育は Hoagland 液、園試験、Arnon 液の間にはあまり差が認められず、Hoagland 液の濃度の比較では標準にくらべて $\frac{1}{2}$ 液の生育を全生体重でみ

ると88%, 1/5液では67%ほどになった。

N, P, Kそれぞれを標準の1/5量にした場合の生育は標準の75~88%でN > K > Pの順に成分不足の影響がみられた。

三要素ならびにCa, Mg, 微量元素欠乏の培地では生育が著しくわるく, とくにN欠, P欠, 微量元素欠乏区では標準の20%内外の生育で, K欠30%, Ca欠区は45%ほどであった。Mg欠区はやや生育がよく65%ほどであった。

三要素それぞれ5分の1の区ではやや葉の小さいものがみられたがその他の不足症状は認められなかった。要素欠乏区ではN欠は生育が著しく不良で, 葉色淡く黄緑となり, 葉脈間に黄褐斑を生じるものがみられた。P欠は葉数が少なく伸長不良で葉に黄褐斑のみられるものがあり, K欠区では葉が古くなると外縁のえ死するものがでた。Ca欠区では蔓先の枯れるもの, 蔓先近くの葉の縁が黒くなって枯れるものあり, 葉脈間が盛り上げてクロロシスを生じる葉もみられた。Mg欠は他の区にくらべて伸長はよいが葉脈間に斑点状のクロロシスを生じた。微量元素欠乏区のもは心止りとなり葉にクロロシスを生じて生育が著しく不良であった。

第2回の生育調査は水耕開始60日後の8月31日に行なった。生育の傾向は植付後1ヶ月と似

表1 培地試験の培地組成ならびに生育, 開花

培地区	培地						生育(水耕開始1ヶ月後調査)				花(水耕開始2ヶ月後まで)		
	MgSO ₄ 7H ₂ O	Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	KNO ₃	KH ₂ PO ₄	その他の塩類		草丈	根長	茎葉重	根重	開花数	蕾数	花径
1 Hoagland 液	2	5	5	13			44.5 ^{cm}	34.8 ^{cm}	41.7 ^g	15.9 ^g	13.2	2.5	10.2 ^{cm}
2 園試液	2	4	8	—	NH ₄ H ₂ PO ₄	13	46.3	34.6	41.8	14.0	8.3	7.0	9.5
3 Arnon 液	2	4	6	—	"	13	44.2	35.4	45.1	14.8	3.2	13.1	9.9
4 Hoagland 1/5液	1	2.5	2.0	0.65			42.4	31.0	37.9	13.1	7.1	5.2	9.8
5 " 1/5液	0.4	1	1	0.26			37.7	34.2	26.9	11.9	4.3	2.8	10.5
6 N 1/5液	2	1	1	13	K ₂ SO ₄	2 CaSO ₄	41.0	32.9	28.3	15.1	2.0	4.6	9.0
7 P 1/5液	2	5	5	0.26	K ₂ SO ₄	0.52	42.1	29.6	36.1	14.6	5.1	4.3	8.5
8 K 1/5液	2	5	—	13	NaNO ₃	5	35.4	27.8	35.2	12.7	5.3	2.0	8.4
9 N 欠液	2	—	—	13	K ₂ SO ₄	2.5 CaSO ₄	9.7	17.9	6.6	5.2	2.3	—	8.4
10 P 欠液	2	5	5	—	K ₂ SO ₄	0.65	13.2	33.2	7.4	3.3	—	1.0	—
11 K 欠液	2	5	—	—	NaNO ₃	5 NaH ₂ PO ₄	12.6	23.3	11.8	5.3	3.6	1.5	7.7
12 Ca 欠液	2	—	5	13	NaNO ₃	5	20.4	21.7	21.2	5.4	6.1	8.2	9.2
13 Mg 欠液	—	5	5	13			23.0	26.7	29.7	8.1	2.5	2.4	9.8
14 微量元素欠液	2	5	5	13			4.7	20.2	4.8	2.5	—	—	—

培地塩類 mM. 各液とも微量元素はFe 3 ppm, Mn 0.5 ppm, B 0.5 ppm 添加 1株当り 3区平均

ていたが養分欠乏の症状がN, P, 微量元素欠はあまり変らなかったのにくらべ, Mg, Ca, K欠乏区のは症状が減じ, 生育もある程度良くなった。此の点は使用水道水の微量成分とともに検討を要する。

花は8月11日からみられ植付2ヶ月後までの開花数はHoagland液のものが最も多く, ついで園試液, Hoagland 1/5液区で, Arnon液区は生育は良かったが著しく開花がおくれた。養分不足または欠乏区の中ではCa欠乏区が開花が早く, 花数も多かったが, P欠, 微量元素欠区では花がみられなかった。花形はHoagland液, Hoagland 1/5液区で大きく直径10cmを越えたが, N, P, K養分不足区やこれらの欠乏区では花が小さくとくにK欠区の花は小さかった。

2. 通気が生育に及ぼす影響

50ℓ入水耕槽で通気区と無通気区を設けて黄蟬葉系種を5株植付け, 7月2日から9月2日まで生育をしらべた。

7月中水耕液の溶存酸素量は通気区で7～7.6 ppm, 無通気区5～6 ppm, 生育の進んだ8月には通気区7～7.5 ppm, 無通気区4～5 ppm内外であった。主枝は5～6葉, 子蔓以後は2～3葉で1週間ごとに摘心した。植付1ヶ月半後の生育量を摘心全重でみると通気区7.8 g, 無通気区6.9 g, 根長は通気区57.2 cm, 無通気区62.3 cmであった。9月2日の生育調査では通気区は茎葉重71.1 g, 根重65.6 g, 根長66.4 cm, 無通気区茎葉重64.9 g, 根重62.8 g, 根長78.6 cmで茎葉重, 根重は通気区がよく, 根長は無通気区が長くなった。生体全重で比較すると通気区に対して無通気区は93%ほどで無通気区でもよく生育した。別に通気せずに行なった培地試験でも生育よく開花も多かった。このようにアサガオの水耕は通気なしでもよく栽培できるといえよう。

3. 培地の養分条件が根の酸素吸収に及ぼす影響

Hoagland 液を標準とし濃度をその2倍から14倍にした液を作りまた培地試験と同様のN, P, K, Ca, Mg, 微量元素欠乏およびN, P, Kのみを6倍にした液, 1～1.5 ℓの培地に1株入れ, 1～3時間に根の吸収した酸素量をしらべた。なお供試株はすべてその前日または供試直前に Hoagland 2分の1液, 1～1.5 ℓ中に1～3時間おいて根の酸素吸収量をしらべ処理試験の場合と比較した。

(1) 培地濃度と根の酸素吸収量

茎葉重19.1～23.5 g, 根重5.2～7.0 gの青蝉葉系株について午前中同一条件で根の酸素吸収量をしらべ, 午後濃度の異なるそれぞれの液に3時間入れて吸収した酸素量をしらべた。表2は1区3個体以上4回平均の値である。培地の濃度が濃くなるにしたがって根の酸素吸収量が減じ4倍液で標準の88%, 8倍液では67.7%, 12倍液55.2%, 14倍液44.2%であった。

(2) 要素欠乏液における根の酸素吸収

茎葉重21.0～28.1 g, 根重6.6～8.5 gの青蝉葉系種について Hoagland 液ならびに前述の



図1 アサガオの水耕培地試験

右上 水耕15日, 右下 水耕2ヶ月

左上 水耕2ヶ月 Hoagland 液, 左下 N欠液

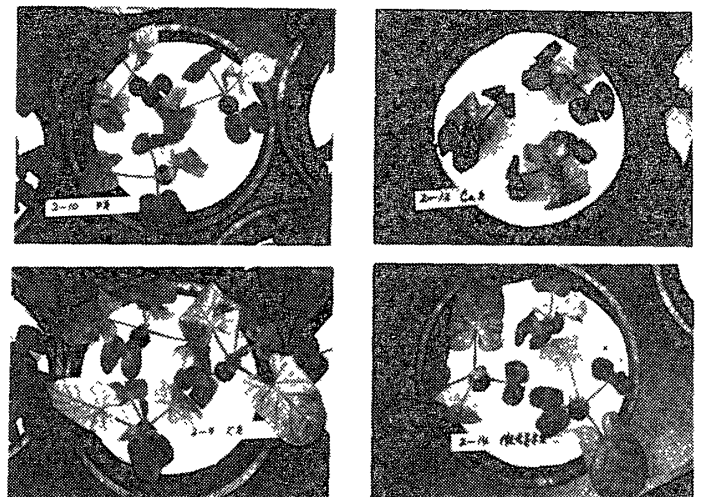


図2 アサガオの養分欠乏症状

右上 Ca欠, 右下 微量元素欠,

左上 P欠 左下 K欠

要素欠乏液での根の酸素吸収量を前試験と同様の方法で試験し表3の結果を得た。

P, K, 微量元素欠乏液では標準とほとんど酸素吸収量の差がみられなかったが, N即NO₃イオンのない液, ついでCa欠乏液では酸素吸収量が減じた。

(3) 要素成分の過量が根の酸素吸収に及ぼす影響

黄蟬葉系の茎葉重12.5~17.2g, 根重3.5~4.5gの株をN, P, KをNaNO₃, NaH₂PO₄, K₂SO₄をもちいてそれぞれ標準の6倍にした培地に3時間入れて前試験同様に根の酸素吸収量をしらべた。

表4でみられるように著しい差ではないがN, P過量時にやや酸素吸収量が増した。

表4 要素成分過量液における根の酸素吸収

培地	酸素吸収量
標準液	1.69 *
N 6倍液	1.77
P 6倍液	1.79
K 6倍液	1.64

* 1株当たり3時間吸収量mg, 5回平均

4 光条件が根の酸素吸収に及ぼす影響

(1) 1日中の根の酸素吸収量の変化

数回予備試験の後青蟬葉系茎葉平均重29.2g, 根重9.1gの株を8月10日朝6時から夕方21時まで1/2 Hoagland液1ℓのポットに1時間ごとに入れて液から吸収した酸素量をしらべた。当日は9時30分頃から夕方まで快晴で実験場の光条件, 液温, 試験はじめの液の溶存酸素量は表5のようであった。

実験場の日照が午前9時には15,000 luxほどであったが10時には70,000 luxとなり, 12時頃88,000 luxを最高に14時に45,000 lux, 17時に20,000 luxほどになった。根の呼吸は液温に影響されることが大きく前の試験⁵⁾で草木植物では液温25℃から30℃の間で1℃昇るごとに7~8%増すことを認めているので, この実験中の4℃ほどの液温の変化を考慮に入れて, 根の酸素吸収に及ぼす日照の影響をみると, 根の酸素吸収は11時頃から増え, 日照が最高になる12~13時には朝6~8時頃の40%ほど, 最も吸収の多くなった16~17時では55%ほど光の影響により増加したと考えられる。17時以後は減じて20~21時頃には朝の酸素吸収量と同じくらいになった。

(2) 遮光が根の酸素吸収に及ぼす影響

8月8日に前日あらかじめ日照と根の酸素吸収についてしらべた青蟬葉系の茎葉重26~28g根重5.0~7.8gの株について, 吸収傾向の似たものを2グループに分け, 1つは戸外で直射

表2 培地濃度が根の酸素吸収に及ぼす影響

培地	EC	pH	酸素吸収量
Hoagland 標準液	2.3	6.0	2.17 *
" 2倍液	4.4	5.8	2.06
" 4倍液	8.0	5.3	1.91
" 6倍液	11.0	5.1	1.71
" 8倍液	14.4	4.9	1.47
" 10倍液	18.0	4.8	1.40
" 12倍液	21.8	4.7	1.20
" 14倍液	25.0	4.6	0.96

* 1株当たり3時間の吸収量mg, 4回平均

表3 要素欠乏液における根の酸素吸収

培地	酸素吸収量
Hoagland 液	1.94 *
N 欠液	1.61
P 欠液	1.96
K 欠液	1.97
Ca 欠液	1.73
Mg 欠液	1.83
微量元素欠液	1.93

* 1株当たり3時間の吸収量mg, 4回平均

表5 1日中の根の酸素吸収測定実験時の環境条件（8月10日）

時 間	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
実験場受光量千lux	3	8	10	15	70	83	88	82	78	72	45	20	3	2	—	—
供試液液温℃	26	26	26	26	27	27	27	28	28	29	29	30	29	28	28	28
開始時液溶存酸素量 ppm	8.0	8.0	7.9	7.9	7.9	7.9	7.8	7.8	7.8	7.6	7.6	7.6	7.6	7.8	7.8	7.8

表6 1日中の根の経時的酸素吸収（8月10日）

時 間	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
酸素吸収量 *	1.10	1.10	1.14	1.18	1.44	1.52	1.67	1.87	1.90	2.09	2.14	1.70	1.60	1.47	1.24

* 1株（平均根重91g）当り1時間の吸収量 mg, 5株平均

日光にあてる区，他は黒寒冷紗2枚をおおった遮光区に入れて朝6時から夕方18時まで2時間ずつ1/2 Hoagland 液1ℓ中から吸収する酸素量をしらべた。受光量が3～4分の1の遮光区にくらべ，午前中は時々雲が出て光量の少ないこともあって日照区の根の酸素吸収量は10～20%増であったが，80,000 luxほどの日照のあった午後には遮光区より30～50%多く酸素を吸収し，とくに午後おそくなるほどその差が大きくなった。

表7 遮光試験の環境条件

時 間	6	8	10	12	14	16	18
天 候	晴一部曇	〃	〃	晴	〃	晴一部曇	〃
日照区光量 lux	3,000	7,000	20,000	90,000	82,000	12,000	8,000
遮光区光量 lux	800	2,000	6,000	30,000	24,000	4,000	2,000
供試液液温℃	25	26	27	27	29	28	28
供試液酸素含量 ppm	8.1	7.8	7.8	7.8	7.7	7.7	7.7

表8 根の酸素吸収に及ぼす遮光の影響

時 間	6～8	8～10	10～12	12～14	14～16	16～18
日 照 区	1.43*	1.45	1.65	1.80	2.25	2.20
遮 光 区	1.43	1.35	1.36	1.38	1.55	1.51

* 1株当たり2時間吸収 mg 5株平均

考 察

アサガオの水耕栽培培地として茎葉の生育には Hoagland 液，園試液，Arnon 液 ともによく，その2分の1濃度液でもかなり生育した。しかし開花は Hoagland 液が早く，Arnon 液ではかなりおくれた。養分不足液の生育に対する影響は各成分5分の1程度では著しくないが，欠乏区ではMgの他の主要要素の欠乏は影響が大きくとくにN，P，K欠乏の順に正常な生育がみられず，いずれも典型的な養分欠乏症状を呈した。培地組成と開花期，花の大きさなどとの関係は摘心，栽培期，日照などとも関連してさらに検討を要し，Arnon 液では生育はさかんであったが花期のおくれたことについてNH₄の有無，Caの多少などとも関連して研究しなけれ

ばならない。養分不足区でやや開花期の早いものがあり、P欠、微量元素欠区では花つきが著しくわかった。

アサガオは水耕培地の通気の効果はあるが通気なしの栽培でもよく生育、開花し、学校などでたやすくできる水耕栽培の教材として好適した植物の一つといえよう。

アサガオは遺伝学研究、花成に関する研究などの材料として広くつかわれているが、水耕が容易であるから根の生理に関する研究にも良い材料になると思う。

水耕培地はその濃度、組成、pHなどのほか温度、通気などが生育に影響し¹⁾²⁾⁵⁾⁶⁾⁸⁾、それが地上部の環境とも関連をもち⁷⁾⁹⁾、また植物の特性とくに根の生理的条件とも関係するので今後生態学的あるいは比較生理学的な面から研究を進めなければならないことが多いと思われるが、通気管理と関連のある根の酸素吸収と培地条件についての今回の試験では、培地濃度が高くなると根の酸素吸収が減じ、養分の欠乏あるいは過剰条件ではN、Ca欠状態で根の酸素吸収が減じ、P、Nの多いときわずかではあるが増す結果が得られた。

光条件と根の酸素吸収について1日中の関連変化をみた結果、光合成およびその生成物の移行の多いとみられる時期に吸収量が多く、とくに午後から夕方にかけて多くて、18時頃でも午前の10~12時頃より多かった。また遮光により著しく根の酸素吸収量が減退した。アサガオの光合成に対する光飽和点とも関連してさらに検討を要すると思う。

要 約

アサガオの水耕栽培培地、ならびに培地または光条件が根の酸素吸収に及ぼす影響について実験を行なった。

1. アサガオの水耕培地には Hoagland & Snyder 液、園試液ともによく、その2分の1液でもよく生育した。
2. 培地の養分欠乏により生育初期にそれぞれ典型的な欠乏症状を呈し、N、P、K、Ca、微量元素Fe、Mn、B欠乏区での生育は著しく不良であった。
3. アサガオの水耕で通気の効果はあるが通常のポットまたは槽栽培で無通気でもよくできた。
4. 培地濃度が濃くなるにしたがい根の酸素吸収量が減じ、10倍液では標準液での60%ほどになった。
5. 養分欠乏または過剰液での根の酸素吸収は標準液とあまり差はないが、NO₃のない液でやや減じた。
6. 1日中の根の酸素吸収量は光に大きく影響され、午後に増えて16時頃に最も多くなった。
7. 地上部の遮光によって根の酸素吸収量が減じ朝からの遮光でその差は午後に大きくあらわれた。

参 考 文 献

- 1) Carson, E. W. : Univ. Press of Virginia, 3~219 (1974)
- 2) Hopkins, H. T. et al. : Plant Physiol., 25, 193~205 (1950)
- 3) 堀 裕 : そ菜花卉のれき耕栽培, 60~107, 養賢堂 (1966)
- 4) Imamura, Y. : Proc. Jap. Acad. 29, 368~373 (1953)
- 5) 位田藤久太郎 : 園芸学会雑誌, 21, 202~206 (1952)
- 6) 位田藤久太郎, 永井輝行 : 福井県立短期大学研究紀要 3, 1~22 (1978)

- 7) 位田藤久太郎, 永井輝行: 福井県立短期大学研究紀要, **6**, 1~20 (1981)
- 8) 位田藤久太郎, 永井輝行: 福井県立短期大学研究紀要, **7**, 1~17 (1982)
- 9) 位田藤久太郎: 農業及園芸, **58**, 1049~1053 (1983)
- 10) Konishi, M.: Environ. Control in Biol., **10(2)**, 44~52 (1972)
- 11) Ogawa, Y. and R. W. King: Plant Physiol., **63**, 643~649 (1979)
- 12) Ogawa, Y. and R. W. King: Plant & Cell Physiol., **21**, 1109~1116 (1980)
- 13) Ogawa, Y: Japan Soc. Hort. Sci., **49**, 102~106 (1980)
- 14) Ogawa, Y: Plant & Cell Physiol., **22**, 675~681 (1981)