

## エブ・アンド・フロー栽培における青系ハイドランジアの発色法

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
著者	須田, 晃 酒井, 広蔵 西尾, 譲一
巻/号	36号
掲載ページ	p. 47-52
発行年月	2004年12月

## エブ・アンド・フロー栽培における青系ハイドラングアの発色法

須田晃\*・酒井広蔵\*・西尾譲一\*\*

**摘要** : 培養液を循環利用するエブ・アンド・フロー方式で、青系品種のハイドラングアを栽培すると鮮明な発色が見られない。そこで、花色に大きな影響を及ぼす培養液のリン酸濃度と硫酸アルミニウムの添加法及び施肥の打ち切り時期について検討した。

温室搬入後の培養液リン酸濃度は、5 mg/l ならば青色の発色を強く抑制しなかったが、鮮明で安定的な発色のためにはリン酸を施用しないのが実用的と思われた。

硫酸アルミニウムは、培養液及び鉢土の両方に添加することにより鮮明な発色が見られ、適濃度は培養液が100mg/l、鉢土が4 g/l であった。

さらに、施肥を打ち切ることでアルミニウムの含有率が高くなり鮮明な青色が発色した。打ち切り時期は、地上部の生育を考慮するとガクの伸長期が適当であった。

**キーワード** : ハイドラングア、青色、リン酸、硫酸アルミニウム

## Method of Coloring Clear Blue of *Hydrangea macrophylla* in Ebb and Flow Irrigation System

SUDA Akira, SAKAI Kozo and NISHIO Joich

**Abstract** : Blue cultivars of *Hydrangea macrophylla* don't color clear in Ebb and Flow irrigation system which uses nutrient solution circularly. So, the influences of phosphorus concentration in nutrient solution, the way of addition of aluminum sulphate and the timing of stopping fertilizer were investigated.

Less than 5mg/l phosphorus concentration in nutrient solution didn't inhibit coloring blue. It seemed better for stable and clear coloring to not supply phosphorus in forcing.

Aluminum sulphate was effective for coloring clear blue by addition to both nutrient solution and substrate, adequate concentration were 100mg/l for former and 4g/l for latter.

Furthermore, aluminum content in flower bud became high and sepal colored clear blue by stopping fertilizer in later term. The timing was best when sepal started elongation for both color and growth.

**Key Words** : Hydrangea, Blue, Phosphorus, Aluminum sulphate

## 緒言

ハイドランジアは露地で株養成ができ、温室の占有期間が短い生産効率が非常に高く、春の重要な作物となっている。

ハイドランジアの青色は、植物体に吸収されたアルミニウム (Al) と delphinidin-3-glucoside が結合することにより発現すると考えられ<sup>1,9,10)</sup>、分子レベルでも発現機構は明らかになりつつある<sup>5)</sup>。また、土壌中のリン (P) や窒素 (N) の含量が多いと、青色の発現を阻害することが知られている<sup>6,8,10,11)</sup>。

これらの成果を基に、営利栽培ではピートモスを主体とした pH の低い鉢用土を使用するとともに、硫酸アルミニウムを施用することにより鮮やかな青色を発現させている。しかし、近年普及しつつあるエブ・アンド・フロー方式による底面給水栽培では、鮮やかな青色が発現しないため、給水設備があるにもかかわらずホース灌水で栽培されているのが現状である。

そこで、エブ・アンド・フロー方式で鮮やかな青色を安定的に発現させるため、Al の吸収に影響の大きい培養液のリン酸 ( $P_2O_5$ ) 濃度、硫酸アルミニウムの添加法及び加温栽培を開始後の施肥打ち切りが花色に及ぼす影響について検討したところ、知見を得たので報告する。

## 材料及び方法

供試品種は「ブルースカイ」を用いた。挿し木は 2 号ポリポットに当场で慣行的に用いている山土、ピートモス、牛糞堆肥、腐葉土及びモミガラを 5 : 2 : 1 : 1 : 1 の容積比で混合した用土 (慣行用土) を用いて行った。発根後、ピートモスと市販の赤玉土 (細粒) の配合用土 (6:4 V/V) を用い 3.5 号鉢に鉢上げし、盛夏は遮光率 50% の遮光ネット下、以後は露天で栽培した。鉢上げした苗は、しばらく養成した後 2 ~ 3 節残して摘心し、8 月中旬に徒長防止のためダミノジッド 0.8% を葉面散布し、その後 3 本に整枝した。3.5 号鉢養成時の施肥は、粒状化成肥料 (IB 化成 S 1 号 10-10-10) を 2 か月に 1 回 2 ~ 3 g/鉢施用した。10 月中旬には 1 g/l の硫酸アルミニウム ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 \sim 18H_2O$ ) 溶液を一鉢当たり約 50ml 灌注した。翌年 1 月下旬から 2 月上旬に 3.5 号鉢と同じ鉢土を用い 5 号鉢に定植し、直ちに最低夜温 15°C、昼温 25°C で換気する温室内に搬入し、培養液を循環利用するエブ・アンド・フロー方式で給液を行った。

### 試験 1 培養液リン酸濃度が生育及び花色に及ぼす影響

供試株は 1999 年 5 月 31 日に挿し木し、6 月 30 日 3.5 号鉢に鉢上げした。8 月 4 日に摘心し、翌年 1 月 27 日に 5 号鉢に定植すると同時に温室内に搬入し、1 月 31 日からエブ・アンド・フロー方式で給液を開始した。給液は、搬入初期は 6 日に 1 回とし、生長に従い給液間隔を短くし、開花時は毎日行った。

試験区は、エブ・アンド・フロー培養液の  $P_2O_5$  濃度を 0、5、60 mg/l とする 3 区とした。培養液は、水耕栽培用液

肥 (大塚ハウス 3 号 13-0-46) を N が 60 mg/l、カリ ( $K_2O$ ) が 212 mg/l の濃度となるよう希釈した後、リン酸一ナトリウムで所定の  $P_2O_5$  濃度に調整した。

培養液の補充は、3001 タンクの液量が半分程度になった時点で設定の濃度のものを追加した。

供試鉢数は 1 区 20 鉢とし、花色は色彩色差計 (ミノルタ CR-300 光源: D65) で、一鉢当たり 1 枚、色の最も濃いガク片について測定した。

### 試験 2 培養液及び鉢用土への硫酸アルミニウム添加量が生育及び花色に及ぼす影響

供試株は 2001 年 6 月 1 日に挿し木し、7 月 11 日 3.5 号鉢に鉢上げした。8 月 6 日に摘心し、翌年 2 月 6 日に 5 号鉢に定植して直ちに温室に搬入し、2 月 12 日からエブ・アンド・フロー方式で給液を開始した。2 月 20 日にはダミノジッド 0.8% 液を葉面散布した。

試験区は、5 号鉢定植用土に硫酸アルミニウムを 0、2、4 g/l 混入する 3 区と、エブ・アンド・フロー培養液への硫酸アルミニウム添加量を 0、100 mg/l とする 2 区を組み合わせて、慣行のホース灌水区を加え合計 7 区を設定した。供試鉢数は 1 区 15 鉢とした。

培養液は、N を 75 mg/l、 $P_2O_5$  を 0 mg/l、 $K_2O$  を 50 mg/l の濃度となるよう養液栽培用液肥のくみあいロック液肥 B (5.5-0-5) 及び大塚ハウス 2 号 (11-0-0) を組み合わせて調整し、開花 1 週間前まで施用した。また、pH は、いずれの試験区も 3.5 を目標に 2 規定硫酸で調整した。給液間隔及び培養液の補充は試験 1 と同様に行った。ホースかん水区は、鉢用土に 4 g/l の硫酸アルミニウムを添加し、 $P_2O_5$  を含まない培養液と同じ組成で 2 倍の濃度の液肥を 1 週間に 1 回灌注した。

花色は試験 1 と同様測定し、植物体の N は CN コーダ法 (島津製作所 SUMIGRAPH NC-800)、P はバナドモリブデン酸法 (オリンパス KL-500)、Al は ICP 発光法 (ジャーレル・アッシュ IRIS/AP.SSEA)、カリ (K) は原子吸光光度法 (セイコー電子 SAS-7500) で測定した。なお、無機成分分析用サンプルは、全供試株から少量づつ採取し混合して作成した。

### 試験 3 温室搬入後の施肥打ち切り時期が生育及び花色に及ぼす影響

供試株は 2002 年 5 月 29 日、2.5 号ポリポットに挿し木し、7 月 16 日 3.5 号鉢に鉢上げした。8 月 8 日に摘心し、9 月 18 日にダミノジッド 0.8% 溶液を葉面散布すると同時に 1 g/l の硫酸アルミニウム溶液を一鉢当たり 100ml 灌注した。翌年 1 月 27 日 5 号鉢に定植し、温室に搬入した後エブ・アンド・フロー方式による給液を開始した。

試験区は、温室搬入の 30 日、40 日及び 50 日後から施肥を打ち切る 3 区に、開花まで施肥を継続する対照区を合わせ計 4 区を設定した。供試鉢数は 1 区 10 鉢とした。

培養液の組成は試験 2 と同様とし、さらに硫酸アルミニウムを濃度 100 mg/l となるよう添加した後、pH 3.5 を目標に 2 規定硫酸で調整した。なお、各区とも施肥打ち切り後は硫酸アルミニウムのみ施用した。花色及び無機成分は試験 2 と同様測定し、葉色は葉緑素計 (SPAD-502) を用いて測定した。

## 試験結果

### 試験1 培養液リン酸濃度が生育及び花色に及ぼす影響

培養液の $P_2O_5$ 濃度と「ブルースカイ」の生育及び花色の関係を表1に示した。葉の大きさ及び地上部新鮮重は $P_2O_5$ 濃度が高くなるほど大きくなった。茎径には有意差は見られなかったが、葉の大きさとほぼ同様の傾向となった。なお、 $P_2O_5$ を0mg/lとした場合でも生育、開花障害は見られなかった。

花色の明度(L\*)は、 $P_2O_5$ 濃度による一定の傾向は見られず、色度は $P_2O_5$ 濃度が高いほどa\*、b\*値とも高くなった。特に、青色を示すb\*値は $P_2O_5$ の60mg/lで顕著に高くなった。肉眼観察では、0及び5mg/lが紫、60mg/lは鮮明な桃色となった。

### 試験2 培養液及び鉢用土への硫酸アルミニウム添加量が生育及び花色に及ぼす影響

培養液及び鉢用土への硫酸アルミニウム添加量と「ブルースカイ」の生育、花色について表2に示した。

地上部の生育に対する培養液及び鉢用土への添加量の影響はほとんど見られなかった。ホース灌水と比較すると、エブ・アンド・フロー栽培では茎が若干太く、地上部新鮮重が大きくなった。また、いずれの試験区にも障害は見られなかった。

花色は、培養液へ硫酸アルミニウムを添加した区では、添加しない区に比べb\*値が明らかに小さく青色が強く発現した。鉢用土への添加量については、培養液への添加の有無にかかわらず4g/lでb\*値が小さく、青色の発現が強くなった。青色の発現が優れた区は、硫酸アルミニウムを鉢用土へ4g/l、培養液へ100mg/l添加した場合と鉢用土へのみ4g/l添加した場合で、この2区はホース灌水と同等以上の鮮明な青色となった。

硫酸アルミニウムの添加は、L\*値にはほとんど影響を及ぼさなかった。また、a\*値は硫酸アルミニウムの添加量が多くなるほど小さくなる傾向となった。

培養液及び鉢用土への硫酸アルミニウム添加量とハイドラングア花房の無機成分含有率について表3に示した。

花房におけるAlの含有率は、培養液に硫酸アルミニウムを添加しない場合は、鉢用土への添加量に比例し多くなったが、培養液に100mg/l添加した場合は、鉢用土への添加量との間に一定の関係は認められなかった。培養液に100mg/l、鉢用土に4g/l添加した区のみでホース灌水と同等以上の含有率を示した。

Al以外の成分については、エブ・アンド・フロー栽培では差は見られなかった。ホース灌水では、エブ・アンド・フロー栽培よりもN及びKの含有率が若干高くなった。

表1 培養液リン酸濃度と「ブルースカイ」の生育及び花色

リン酸濃度 mg/l	茎径 mm	最大葉		地上部新鮮重 g	花色			目視
		たて cm	よこ cm		L*	a*	b*	
0	7.5 a	15.0 a	10.7 a	177.5 a	75.2 b	+11.5 a	-10.8 c	紫～薄青
5	7.6 a	15.5 ab	11.1 ab	187.2 ab	72.9 a	+14.7 b	-13.5 b	紫～薄青
60	7.9 a	16.0 b	11.4 b	203.3 b	76.7 b	+19.4 c	-5.6 a	桃

注1) 表中のアルファベットはScheffeの多重比較、異符号間に有意差あり(p<0.05)

2) L\*a\*b\* : CIE、JISで採用されている表色系、L\* ; +は白、-は黒(明度)、a\* ; +は赤、-は緑、b\* ; +は黄、-は青方向(以下の表についても同じ)

表2 培養液及び鉢用土への硫酸アルミニウム添加量と「ブルースカイ」の生育、花色

硫酸アルミニウム添加量		茎径 mm	最大葉		地上部新鮮重 g	花色			目視
培養液 mg/l	鉢用土 g/l		たて cm	よこ cm		L*	a*	b*	
0	0	7.7b	16.5 a	11.7 a	210.8 b	70.0 b	+10.0 c	-11.2 a	紫
	2	8.0b	15.6 a	11.3 a	207.9 b	69.0ab	+8.7 bc	-12.6 ab	紫
	4	7.8b	15.7 a	10.9 a	210.0 b	67.2ab	+8.5 bc	-16.2 cd	青
100	0	7.7b	16.1 a	11.3 a	215.8 b	66.2 a	+9.0 bc	-17.1 cd	紫～青
	2	7.3ab	15.5 a	10.9 a	203.9 b	66.9a	+7.3abc	-17.0 cd	紫～青
	4	7.8b	15.5 a	11.1 a	198.8 b	68.1ab	+6.4 ab	-18.9 d	青
ホース灌水	4	6.8 a	15.5 a	11.0 a	154.7 a	68.9ab	+5.4 a	-15.2 bc	紫～青

注1) ホース灌水における施肥は、エブ・アンド・フロー培養液の2倍濃度の液肥を1週間に1回施用

2) 表中のアルファベットはScheffeの多重比較、異符号間に有意差あり(p<0.05)

表3 培養液及び鉢用土への硫酸アルミニウム添加量と「ブルースカイ」花房の無機成分含有率

培養液添加量	鉢用土添加量	N	P	K	Al
mg/l	g/l	mg/g	mg/g	mg/g	μg/g
0	0	282.7	24.4	336.9	925
	2	275.2	25.6	325.4	1063
	4	273.7	23.8	320.9	1328
100	0	250.1	23.3	330.5	1265
	2	253.9	24.6	356.7	1240
	4	277.1	22.3	336.6	1492
ハウス灌水	4	326.4	27.0	486.3	1482

表4 施肥打ち切り時期と「ブルースカイ」の生育

施肥打ち切り時期	ステージ	地上部新鮮重	茎径	最大葉		葉色 (SPAD値)
				たて	よこ	
		g	mm	cm	cm	
入室30日後	3~4葉対	111.8a	5.6a	13.7a	9.5a	42.5a
40日後	発 蕾	134.2b	6.4ab	14.3a	10.3ab	46.6a
50日後	ガク伸長	169.4c	6.8bc	14.3a	10.2ab	53.5b
対照(施肥継続)		188.7d	7.3c	16.6b	11.2b	60.6c

注1) 施肥打ち切り後は、100mg/lの硫酸アルミニウムのみ施用

2) 表中のアルファベットはScheffeの多重比較、異符号間に有意差あり (p<0.05)

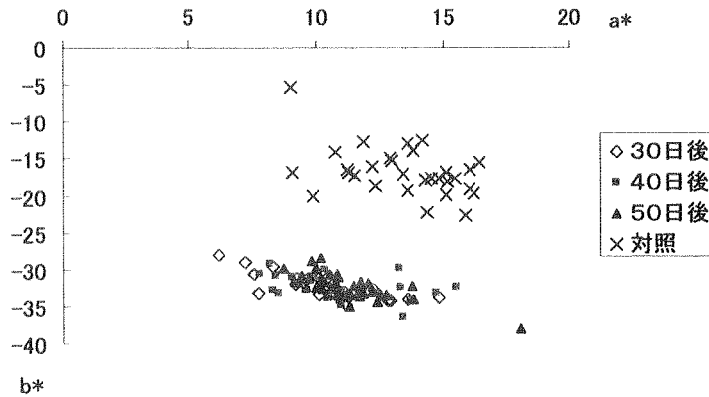


図1 施肥打ち切り時期と「ブルースカイ」の花色

表5 施肥打ち切り時期と「ブルースカイ」花房の無機成分含有率

施肥打ち切り時期	N	P	K	Al
	mg/g	mg/g	mg/g	μg/g
入室30日後	19.2	2.5	40.9	4476
40日後	20.3	2.2	38.8	3648
50日後	23.8	2.3	36.6	3190
対照(施肥継続)	31.4	2.1	44.4	1436

試験3 温室搬入後の施肥打ち切り時期が生育及び花色に及ぼす影響

温室へ搬入後の施肥打ち切り時期と「ブルースカイ」の生育の関係を表4に示した。施肥打ち切り時期の生育ステージは、30日後が3~4対目の葉の展開期、40日後が発蕾期、50日後がガクの伸長期であった。

地上部新鮮重及び茎径は、施肥打ち切り時期が遅くなるほど大きくなり、葉色も濃くなった。葉の大きさは対照区(施肥継続)で若干大きくなったが、他の区間では

差が見られなかった。

施肥打ち切り時期と「ブルースカイ」の花色の関係を図1に示した。開花まで施肥を継続する対照区では、他区に比較し青色の指標であるb\*値が明らかに大きくなり、薄い青色となった。施肥を打ち切った試験区間のb\*値にはほとんど差は見られなかったが、打ち切りが遅いほどa\*値が大きくなり、赤みを増す傾向となった。

施肥打ち切り時期と「ブルースカイ」の無機成分含有率の関係を表5に示した。Al含有率は、施肥打ち切り時

期が早いほど明らかに高くなり、50日後の打ち切りでも対照区の2倍以上となった。Al以外では、Nは打ち切り時期が早いほど含有率が低く、Kは対照区で若干高くなった。Pについて差は見られなかった。

## 考 察

ハイドランジアの花色に及ぼす肥料の影響は古くから検討されており、青色の発現は高濃度のN及びPにより抑制されることが明らかとなっている<sup>1,2,6,7,8,9,10)</sup>。

エブ・アンド・フロー栽培においても、同様にPが青色の発現を抑制すると考えられることから、培養液の $P_2O_5$ 濃度が花色に及ぼす影響について検討した。その結果、60mg/lでは青系の品種にかかわらず「ブルースカイ」の花色は桃色となり、 $P_2O_5$ 濃度が高くなると青色の発現を抑制するという多くの知見と一致した。Asenら<sup>1)</sup>は、107.6mg/lの $P_2O_5$ を施用することにより、赤い花色が発現したとしているが、本試験ではこの濃度に比べ遥かに低い濃度で青色の発現が強く抑制され、赤い花色となった。ホース灌水と比較し、特にエブ・アンド・フロー栽培において鮮明な青色が発色しない要因の一つは、培養液が直に根に触れるため、よりPを吸収しやすい状態にあるためと推察される。

青色の発現を抑制しない培養液中の $P_2O_5$ 濃度の上限値については判然としなかった。しかし、本試験で実施したように、3.5号鉢の株養成期にNと同量の $P_2O_5$ を施用すれば、温室搬入後には $P_2O_5$ を与えなくても生育、開花に支障は見られなかったことから、より安定的に青色を発色させるためには、温室に搬入した株には $P_2O_5$ を与えないのが実用的と考えられる。

青色の発現のために、松田ら<sup>9)</sup>、長村ら<sup>7)</sup>、鶴島<sup>10)</sup>が鉢土に硫酸アルミニウムを添加し、その効果を確認している。松田ら及び鶴島は、通常の土壌中にはAlが十分含まれているため、青系の品種では、pHの調整のみで目的が十分達せられるとしているが、長村らは、オガクズを主体とした鉢土の場合、青色発現のためには温室搬入後5号鉢換算で8g/l程度硫酸アルミニウムの添加が必要であるとしている。このように、硫酸アルミニウムの添加量は土壌条件によって異なる。本試験の鉢用土は、ピートモスが60%を占め、どちらかと言えば、長村の供試した用土に近いと見なせる。そこでできるだけ少量の硫酸アルミニウムでより鮮明に青色を発現させるため、培養液と鉢土の双方に添加する方法について検討した。

培養液へ硫酸アルミニウムを100mg/l添加した区では、鉢土への添加量にかかわらず植物体のAl含有率は概して高くなり、培養液への添加は青色を発現させるためには有効であると考えられた。また、鉢土のみへの添加量と花色との関係については、4g/lでかなり青味が強く、ホース灌水とほぼ同等となったが、Al含有率が若干低く、鮮明な花色の安定的な発現にはやや不十分と思われた。しかし、鉢土へ4g/l、培養液へ100mg/l添加した場合はAlの含有率がさらに増し、ホース灌水より鮮明な青色の

発現が得られたことから、本試験で供試した鉢用土では、鉢土へ4g/l、培養液へ100mg/lの添加量が目安となるものと考えられた。

ハイドランジアの営利栽培では、花色を鮮明にするため出荷1週間ほど前から施肥を打ち切るのが一般的である<sup>12)</sup>。そこで、エブ・アンド・フロー栽培においても同様に施肥の打ち切りの効果について検討した。その結果、ガクの着色期までに施肥を打ち切ることにより、明らかに青味が増しAl含有率も高くなった。一方、NとKの含有率を見ると、Nが施肥打ち切り時期が早いほど低下しているのに対し、Kの含有率は増加の兆しを示しており、見かけ上Nの施用量を低減、あるいはKの施用量を増大させたのと同様の結果となった。これは、Nに比較しKの方が土壌に強く吸着される<sup>4)</sup>ためであると考えられる。

N及びKと花色の関係についてもP同様多くの報告があり、Shanksら<sup>11)</sup>及びAsenら<sup>2)</sup>は、N、Pの液肥濃度を低くし、Kの濃度を高くすることでより強い青色が発色している。また、鶴島<sup>10)</sup>も、酸性土壌でKを多用した場合、鮮明な青色が発色すると報告しており、施肥打ち切りにより青色が強く発現するのは、Kに対しNの含有率が低下することによるものと考えられる。

施肥打ち切り時期は、早いほど株のボリュームが小さく、葉色も薄くなることから、促成開始約50日後のガクの伸長初期が適当と見なされた。なお、須田ら<sup>13)</sup>は、エブ・アンド・フロー栽培において、 $P_2O_5$ を含む培養液では、 $K_2O$ をNの約5倍の濃度にしても鮮明な青色は発色しないことを明らかにしており、エブ・アンド・フロー栽培では施肥を打ち切るのが最も手軽で有効な方法であると考えられる。

営利栽培に於いては、品種の違いによる花色列現の差が大きな問題となる。岡田ら<sup>9)</sup>は、ピンク系品種「ローズピンク」を用い、950 $\mu$ g/g以上のAl含有率( $b^*$ 値:-18.5以下)で、Asenら<sup>2)</sup>は砂耕栽培により120~130 $\mu$ g/gの含有率で青色が発色したとしている。本試験で供試した「ブルースカイ」は、1,000 $\mu$ g/g程度のAl含有率でも鮮明な青とはならなかったもので、鮮明な青が比較的発現しにくい品種と見なされ、本品種で鮮明な青色が発現する条件は、他の青系品種にとっても安定的に鮮明な花色列現する条件と考えられる。

以上のことを総合すると、ハイドランジアのエブ・アンド・フロー栽培での安定的な青色の発現は、5号鉢定植用の鉢土に硫酸アルミニウムを4g/l添加し、更に100mg/lの濃度で硫酸アルミニウムを添加したPを含まない培養液(pH3.5)でガクの伸長期まで管理し、その後硫酸アルミニウムのみを含む液で管理することにより可能になることが明かとなった。

Asenらは、Nの形態と花色列現について報告しており、アンモニ態Nの比率を高くするとAlの吸収が阻害され、赤くなる<sup>3)</sup>としている。エブ・アンド・フロー栽培で安定的に鮮明な青色を発色させるためには、NとKの比率のみならず、Nの形態についても今後検討する必要があると思われる。

## 引用文献

1. Asen S.、N.W. Stuart and H.W. Siegelman. Effect of various concentration of nitrogen phosphorus and potassium on sepal color of *Hydrangea macrophylla*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 73, 495-501 (1959)
2. Asen S.、N.W. Stuart and A.W. Specht. Color of *Hydrangea macrophylla* sepals as influenced by the carryover effects from summer application of nitrogen phosphorus and potassium. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76, 631-636 (1960)
3. Asen S.、N.W. Stuart and E.L. Cox. Sepal color of *Hydrangea macrophylla* as influenced by the source of nitrogen available to plants. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 82, 504-507 (1963)
4. 後藤逸男. 土壌学概論. (犬伏和之・安西徹郎編). 朝倉書店. 東京. 109-115 (2001)
5. 近藤忠雄. 金属錯体およびコピグメントによる花色発現機構の解明. アントシアニンの花色発現機能の解明. 農林水産省農林水産技術会議事務局. 15-20 (2001).
6. 松田岑夫・万豆剛一・大長正文・坂上朗. ハイドラングアの花色素調節に関する研究 (第2報) 土壌酸度及びアルミニウム、リン酸の添加が、花色に及ぼす影響. 静岡農試研報. 19, 70-77 (1974)
7. 長村智司・横井邦彦・西村元男. はち物用標準培養土に関する研究 (第6報) ハイドラングアの花色素発現の安定化について. 奈良農試研報. 12, 66-74 (1981)
8. 南條一夫・八代昇・鎌田光邦・柴田秀男. ハイドラングアの花色素に関する研究 (第1報) アルミニウムとリン酸の施用が花色に及ぼす影響. 福島園試研報. 6, 63-72 (1976)
9. 岡田正順・船木司郎. ハイドラングアの花色素に対する土壌の変化の影響について. 園学雑. 36, 122-130 (1967)
10. 岡田正順・大川恭子. ハイドラングアの花色素とアルミニウムおよびリン含有量の消長について. 園学雑. 42, 361-370 (1974)
11. Shanks J.B. and C.B. Link. Fertilization during the growing and forcing periods on growth and flowering of hydrangeas. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 62:471-480 (1953).
12. 清水良泰. 花卉園芸大百科14花木. 農文協. 東京. p. 42 (2002)
13. 須田晃・福田正夫. エブ・アンド・フロー方式における培養液カリウム濃度と青色系ハイドラングアの生育・花色素の発現. 園学雑. 69 (別1), 361 (2000)
14. 鶴島久夫. ハイドラングアの花色素および生育開花におよぼす土壌酸度と肥料3成分の影響について. 東京農試研報. 7, 15-26 (1973)