ハイドラングシアの花色とアルミニウムおよびリン含有量の消長について

岡田正順・大川恭子

(東京教育大学農学部)

The Quantity of Aluminum and Phosphorus in Plants and
Its Influence on the Sepal Color of *Hydrangea macrophylla* DC.

Masatsugu OKADA and Kyoko OKAWA

Faculty of Agriculture, Tokyo University of Education, Meguro, Tokyo

Summary

The quantity of aluminum and phosphorus contained in *Hydrangea macrophylla* DC. changes from the raising period to the flowering time. The present investigation was undertaken to make clear the feature of this change and its influence on sepal color, using the scarlet-flowered cultivars 'King George' and 'Prima'.

During the raising period from June to December prior to forcing, the potted plants were grown in acid soil of pH 5.7, prepared by mixing equal parts of red loam (Kanto-loam) and well-decayed manure. The considerable amounts of aluminum and phosphorus were absorbed and accumulated during this raising period, but the large portion of them, i.e. 70~80 per cent of total amount was lost through the defoliation in late fall. On December 12, the amount of aluminum in 'King George' and 'Prima' was no more than 0.55 mg and 0.707 mg per plant, respectively.

On December 25, the plants were divided into two different soil plots. One plot was repotted with the acid soil of pH 6.05 similarly prepared to the soil previously used and the other with the alkline soil of pH 7.50 prepared by addition of calcium hydroxide to the sandy loam soil. All pots were then transferred to a greenhouse and forced at the temperature of 15~25°C until flowering.

The sepal color of plants grown in the alkaline soil during the forcing period was clear scarlet, while the color of these in the acid soil was dark blue or mauve. Absorption maxima of spectra of the blue sepals were 557 m μ in 'King George' and 582 m μ in 'Prima', whereas those of the scarlet sepals were 532 m μ and 540 m μ , respectively. Moreover, the distribution of spots of the scarlet sepals on Hunter's color diagram was clearly separated from those of the blue sepal.

The concentration of aluminum in each plant part, in particular in flower part of those grown in the acid soil, was much higher than that in the alkaline soil. The values of the former were 985 ppm and 1,258 ppm, and those of the latter were 430 ppm and 335 ppm for each variety. By contrast, the concentration of phosphorus absorbed was inversely correlated. It was much lower in the acid soil plot as compared with alkaline soil plot. The ratios of the concentration of aluminum to phosphorus of 'King George' and 'Prima' in the acid soil were 0.334 and 0.434, whereas those in the alkaline soil were only 0.106 and 0.094 respectively.

Furthermore, the concentration of water soluble aluminum in plants, which plays presumably an important role for the formation of the blue aluminum-anthocyanin complex, was much higher in plant of the acid soil plot than in the alkaline soil. The percentages of it to total aluminum in flower part were 27~38 per cent in the acid soil and only 7~8 per cent in the alkaline soil.

On the basis of these evidences it was considered that, within plants, some of aluminum absorbed is combined with phosphorous and turns into insoluble compound

and, in addition to this change, the much less absorption of aluminum in the alkaline soil may prevent the formation of blue aluminum-anthocyanin complex, thus leading to the clear scarlet color.

緒 言

ハイドランジアは弱酸性土壌で最もよい生育を示すことが知られているが(8), 赤, 桃色花の品種では土壌を中性ないしは微アルカリ性にしないと鮮明な花色は得にくい。

筆者ら(6)は以前, 苗をはち上げ時から12月下旬の温室搬入期まで標準土壌で栽培し促成開始期に弱アルカリ性土壌に移した場合, 苗の育成期の途中で弱アルカリ性土壌に移したものや全期間弱アルカリ性土壌で栽培したものと同様に鮮明な桃色花となることを報告した。これは, 花色がさし木後の苗の育成期の土壌酸度よりも促成期の土壌酸度により強く影響されることを示している。

このように促成期の土壌酸度に強く影響される原因は, 苗の育成期間中に吸収されたアルミニウムは落葉によつて多量に失われ, 促成開始後は中性ないし弱アルカリ性の土壌で栽培されるのでアルミニウムの吸収量が少なくなるからであると考えた。

そこで今回は, 苗の育成期間中のアルミニウムの含有量の変化と, 苗の育成期間中に吸収蓄積されたアルミニウムが落葉によつて失われる量について調査した。また, 温室搬入後の促成期のアルミニウム含有量および花色についても調査した。なおアルミニウムと結合しそれを不溶性にするリンの含有量についても調べた。

実験材料および実験方法

実験に用いた品種は赤色花の‘キングジョージ’と濃桃色花の‘プリマ’の2品種である, この2品種は, 前年度(1969, 5月~1974, 4月)に行なつた土壌酸度と花色の品種間差異に関する実験によつて第1図に示すように花色が土壌酸度に敏感に反応するタイプであることを確認していたものである。

本実験に使用した苗は, 1970年5月27日から6月1日の間にさし木を行なつた。さし木床はパーライトとパー

ミキュライトを等量混合したものを用いた。

6月24日から7月3日の間に発根したものをはち上げた。用土は赤土と堆肥を等量混合したものを用い, 5号の素焼きばち1はちあたり1本植えとした。

はち上げ後は日あたりのよい戸外に置き, 常法にしたがつて栽培した。

12月25日まで戸外に置き充分低温にあわせた後はちかえをした。この際, 酸性土壌に定植するものと弱アルカリ性土壌に定植するものとにわけた, 酸性土壌は赤土と堆肥を1:1に混合したもので, 定植時における土壌酸度は第1表に示すようにpH=6.5(1N KCl抽出)であつた。また, 弱アルカリ性土壌としては田土と堆肥を3:1に混合したものに1ばちあたり20gの石灰を加えて用いた。その土壌酸度はpH=7.50であつた。元肥として両土壌区とも1はちあたり5gの配合肥料を与えた。はちは5号素焼きばちを用い, 1はちあたり1株定植した。

このはちかえの直後にはちを温室内に搬入して促成栽培を開始した。温室の室温は最低15℃, 最高25℃にコ

1. King George 2. Prima 3. Eldorado
4. Morgenrot 5. Abundance 6. Altona Rose
7. Utopia
Fig.1. Variation of sepal colors in Hydrangea cultivars on the Hunter's color diagram.

Table 1. The pH values of pot soil during the raising period prior to forcing.

Cultivar	Solvent used for extraction	Date of measurement							
		Potting	July 28	Aug. 24	Oct. 1	Oct. 27	Nov. 27	Dec. 12	Dec. 25
King George	H ₂ O	6.45	6.30	6.20	6.20	6.55	6.35	6.30	6.55
	1 N KCl	5.75	5.70	5.75	5.65	5.75	5.72	5.75	5.70
Prima	H ₂ O	6.45	6.25	6.30	6.38	6.50	6.40	6.45	6.45
	1 N KCl	5.75	5.80	5.80	5.75	5.80	5.70	5.70	5.85

* Soil used consisted of a 1:1 mixture of red loam and well-decayed manure.

Table 2. pH values of pot soil during the forcing period.

Cultivar	Solvent used for extraction	Date of transfer into greenhouse (Dec. 25)		Date of measurement (Jan. 29)		Flowering time (Apr. 16~Apr. 27)	
		Acid soil	Alkaline soil	Acid soil	Alkaline soil	Acid soil	Alkaline soil
King George	H ₂ O	6.50	7.80	6.10	7.75	6.45	8.10
	1 N KCl	6.05	7.50	5.63	7.38	5.65	7.15
Prima	H ₂ O	6.50	7.80	6.15	7.85	6.40	8.00
	1 N KCl	6.05	7.50	5.83	7.50	5.85	7.20

* The acid soil used was similarly prepared to the soil previously used in raising period.

The alkaline soil was prepared by addition of 10 g of calcium hydroxide per pot to the acid soil.

Table 3. The number of leaves and fresh and dry weight of leaves and stems during the raising period.

Cultivar	No. of leaves, weight of plant		Date of measurement						
			July 28	Aug. 24	Oct. 1	Oct. 27	Nov. 27*	Dec. 12**	Dec. 25
King George	No. of leaves		13.0	24.7	38.0	35.3	23.3	0	0
	Fresh weight (g)	leaves	0.60	3.31	6.10	12.45	10.19	—	—
		stems	0.50	0.46	0.68	1.65	1.81	2.14	2.60
		total	1.10	3.77	6.78	14.10	12.00	2.14	2.60
	Dry weight (g)	leaves	0.08	0.41	0.63	1.59	1.30	—	—
		stems	0.07	0.09	0.15	0.35	0.68	0.58	0.65
		total	0.15	0.50	0.78	1.94	1.98	0.58	0.65
Prima	No. of leaves		12.5	22.0	36.0	30.5	16.0	0	0
	Fresh weight (g)	leaves	1.35	3.95	13.90	16.95	20.78	—	—
		stems	0.65	0.58	1.63	2.23	2.78	2.43	2.34
		total	2.00	4.53	15.53	19.18	23.56	2.43	2.34
	Dry weight (g)	leaves	0.18	0.45	1.35	2.13	3.00	—	—
		stems	0.08	0.11	0.27	0.50	0.78	0.68	0.73
		total	0.26	0.56	1.62	2.63	3.78	0.68	0.73

* The beginning of defoliation.

** The completion of defoliation.

ントロールした。実験個体数は、‘キングジョージ’の酸性土壌区が 29 個体、弱アルカリ性土壌区が 30 個体、‘プリマ’の酸性土壌区は 22 個体、弱アルカリ性土壌区は 23 個体であった。1 月 25 日に追肥として 1 あたり 1.5 g の配合肥料を与えた。

分析のためのサンプリングは 7 月 28 日、8 月 24 日、10 月 1 日、10 月 27 日、11 月 27 日、12 月 12 日（落葉期）、12 月 25 日、1 月 29 日および開花期（4 月 16 日～4 月 27 日）に行なった。

サンプリングは 1 回につき‘キングジョージ’は 3 個体、‘プリマ’は 2 個体ずつ採取した。しかし開花期は両品種共酸性土壌区と弱アルカリ性土壌区から 10 個体ずつサンプリングした。はちから抜き出した後直ちに葉枚数、葉、茎、花の生体重を測り、その後充分水洗して 70℃ で乾燥し、分析用の試料とした。

土壌酸度の測定はサンプリング時に同時に行なった。またはちあげ時とはちかえ時の土壌についての測定も行

なつた。土壌酸度の測定は風乾土を水で浸出したものと⁴N の KCl で浸出したものについて、ガラス電極 pH メーターを用いて測定した。

植物体の分析はアルミニウムとリンについて行なつた。分析に際しては、地上部各部位を粉砕し、500℃ で灰化させた後これを H₂O : HCl=1 : 1 溶液で溶解、蒸発乾固、乾燥などの操作の後温蒸留水で洗浄ろ過しケイ酸除去をした後定容したものを分析試料とした。

アルミニウムはアルミノン法により、リンはバナドモリブデン酸イエロー法により着色、分光光度計で吸光度を測定した(9)。

花色の測色は、完全に着色した生のがく片を直接カラースタジオにかけて 4 月 17 日に測定値を求めた。また自記分光光度計を用いて上記と同じがく片の吸収スペクトルを測定した。測色および吸収スペクトルの調査個体数は‘キングジョージ’が 17 個体、‘プリマ’が 15 個体であった。

実験結果および考察

はちあげ時（6月下旬）から温室搬入時(12月25日)までの苗の育成期および温室搬入後の促成期の土壌酸度は第1表および第2表のとおりである。

‘キングジョージ’、‘プリマ’両品種共に苗の育成期の土壌酸度はほぼ一定していた。また、温室搬入時に用土を酸性土壌とアルカリ性土壌にわけて促成を行なつたが、両土壌とも開花期まで土壌酸度はほとんど変化しなかつた。

はちあげ時から温室搬入時までの苗の育成期における生育状態は第3表に示すとおりである。

なお調査個体は‘キングジョージ’が3個体、‘プリマ’が2個体でその平均値をあげた。葉枚数は7月28日から10月1日まで増加し続け、10月27日から徐々に減少し始めている。これは下葉が枯れ始めたためで、本格的に葉枚数が減少したのは11月27日以降であつた。すなわち11月下旬から落葉を開始し、12月12日には完全に落葉したわけである。落葉によつて‘キングジョー

ジ’では生体重で約12g、全量の84.8%が、乾物重で1.4g、全量の70.7%が失われた。また、‘プリマ’では生体重で21.1g、89.6%が、乾物重で3.1g、82.0%が失われた。

温室搬入時までの苗の育成期におけるアルミニウムおよびリンの含有率は第4表のとおりである。

‘キングジョージ’、‘プリマ’両品種共7月28日のアルミニウム含有率は葉も茎も高濃度を示しているが、植物体の生育に伴つてだんだんその含有率は減少している。植物体が急激に生長するためアルミニウムの吸収量は増加し1株あたりの絶体量は増えてもその含有率は減少するものであろう。

リンの含有率は両品種共似通つた変化を示しているが一定の傾向はみられない。

次に苗の育成期の植物体1個体あたりの地上部におけるアルミニウムとリンの含有量についてみると第5表のとおりである。すなわち、両品種共、また各調査時共茎より葉の中のアルミニウムの含有量が多く、リンはアル

Table 4. Change of concentration of aluminum and phosphorus in plant during the raising period.

Element	Cultivar		Date of measurement						
			July 28	Aug. 24	Oct. 1	Oct. 27	Nov. 27	Dec. 12	Dec. 25
Al	King Gorge	leaves	5703.9 ppm	2025.2	1970.4	1439.7	1065.9	—	—
		stems	2251.3	1438.0	1642.7	1225.6	1164.7	962.2	877.8
	Prima	leaves	2884.1	1309.8	1137.9	884.0	886.0	—	—
		stems	3050.2	1686.2	1355.6	1256.8	903.7	1332.4	985.8
P	King George	leaves	0.340%	0.294	0.394	0.353	0.259	—	—
		stems	0.122	0.125	0.275	0.254	0.250	0.279	0.280
	Prima	leaves	0.301	0.272	0.325	0.272	0.255	—	—
		stems	0.141	0.065	0.271	0.216	0.201	0.259	0.243

Table 5. Amount of aluminum and phosphorus in plant during the raising period.

Element	Cultivar		Date of measurement						
			July 28	Aug. 24	Oct. 1	Oct. 27	Nov. 27	Dec. 12	Dec. 25
Al	King George	leaves	0.428 mg	0.830	1.241	1.760	1.385	—	—
		stems	0.151	0.134	0.246	0.429	0.792	0.558	0.571
		total	0.579	0.964	1.487	2.189	2.177	0.558	0.571
	Prima	leaves	0.505	0.589	1.536	1.878	2.659	—	—
		stems	0.229	0.177	0.359	0.628	0.700	0.707	0.715
		total	0.734	0.766	1.895	2.506	3.359	0.707	0.715
P	King George	leaves	0.228	1.205	2.482	5.613	3.367	—	—
		stems	0.082	0.116	0.413	0.889	1.700	1.618	1.820
		total	0.310	1.321	2.895	6.502	5.067	1.618	1.820
	Prima	leaves	0.527	1.224	4.388	5.780	7.650	—	—
		stems	0.106	0.068	0.718	1.080	1.558	1.769	1.762
		total	0.633	1.292	5.106	6.860	9.208	1.769	1.762

Fig. 2. Amount of aluminum during the growing period.

Fig. 3. Amount of phosphorus during the growing period.

Table 6. Amount of aluminum and phosphorus lost through the defoliation.

Element	Cultivar	Largest amount* King George Prima Oct. 27 Nov. 27	Amount at** defoliation Dec. 12	Amount lost through defoliation
Al	King George	2.189(100) mg***	0.558(25.5) mg***	1.631(74.5) mg***
	Prima	3.359(100)	0.707(21.0)	2.652(79.0)
P	King George	6.502(100)	1.618(24.9)	4.884(75.1)
	Prima	9.208(100)	1.769(19.2)	7.439(80.8)

* During raising period these were attained on Oct. 27 in 'King George' and on Nov. 27 in 'Prima' respectively.

** Amount immediately after defoliation (Dec. 12).

*** Percentage as against the largest amount which is taken as 100 per cent.

らに大きいので落葉によつて失われる量はアルミニウムより大きい。

そこで落葉によつて失われるアルミニウムとリンの量を算出してみると第6表のようになる。

すなわちアルミニウムについてみると、'キングジョージ'では落葉によつて1,631 mg、'プリマ'では2,652 mg 減少した。つまり最高吸収量の74.5~79.0%が落葉時に失われたわけである。

リンもまた、'キングジョージ'では4,884 mg, 75.1%が、'プリマ'では7,439 mg, 80.8%が失われている。

ミニウムよりもさらにその差が大きい傾向がある。また、'キングジョージ'ではアルミニウムもリンも10月27日が最高を示し、11月27日にはやや減少し、12月12日以降は完全に落葉するため茎に含まれている量だけになる。一方'プリマ'はアルミニウム、リン共に11月27日が最高を示し12月12日以降はやはり落葉によつて茎の含有量のみとなる。'キングジョージ'が'プリマ'に比し早目に含有量が減少を始めたのは落葉がやや早かつたためであろう。また、これを図示するとアルミニウムの含有量は第2図、リンの含有量は第3図のようになる。生育期間に吸収したアルミニウムが落葉によつて植物体から大量に失われることがわかる。なお'キングジョージ'において茎中のアルミニウムが12月12日および12月25日に比し11月27日に高値を示しているのは個体差によるものである。また、リンはアルミニウムより含有量が大きく、その上茎の含有量に対し葉はさ

Table 7. The number of leaves and fresh and dry weight of leaves, stems and inflorescences in forcing period.

Cultivar	No. of leaves, weight of plant		Date of measurement				
			Des. 25	Jan. 29		Flowering period (Apr. 16~Apr. 27)	
				Acid soil	Alkaline soil	Acid soil	Alkaline soil*
King George	No. of leaves		—	26.3	33.3	28.4	24.2
	Fresh weight (g)	leaves	—	9.83	3.57	49.28	29.96
		stems	2.60	2.35	2.62	9.51	6.19
		flowers	—	—	—	52.36	30.20
		roots	16.68	13.68	8.05	116.82	45.64
		total	19.28	25.86	14.24	227.97	111.99
	Dry weight (g)	leaves	—	0.67	0.25	5.54	3.49
		stems	0.65	0.47	0.62	2.44	1.74
		flowers	—	—	—	5.37	3.86
		roots	2.43	1.97	1.43	21.09	8.24
		total	3.08	3.11	2.30	34.44	15.73
Prima	No. of leaves		—	38.0	18.0	23.4	23.0
	Fresh weight (g)	leaves	—	12.08	3.88	42.38	25.30
		stems	2.34	3.30	3.13	10.16	6.26
		flowers	—	—	—	70.04	42.96
		roots	18.08	29.48	21.48	116.69	53.36
		total	20.42	44.86	28.49	239.27	127.88
	Dry weight (g)	leaves	—	0.98	0.30	4.38	3.06
		stems	0.73	0.80	0.90	2.32	1.54
		flowers	—	—	—	5.36	3.86
		roots	2.80	4.25	4.80	15.62	8.24
		total	3.53	6.03	6.00	27.68	16.70

* Preparation was as described in Table 2 (Details see Table 2.).

次に温室搬入後開花まで、すなわち促成期の生育状態を示すと第7表のようになる。

両品種共酸性土壌で栽培したもののほうがアルカリ性土壌で栽培したものより優れている。これはアルカリ性土壌に用いた田土が、経験上鮮明な桃色花を得るのに適した土壌として本学は場で利用されてきたものであるけれども砂質壤土であつて酸性土壌に用いた赤土よりも水持ちが悪く乾きやすかつたのでハイドランジアの生育によくなかつたものと考えられる。

開花時における植物体の大きさは温室搬入時に対しては酸性土壌区‘キングジョージ’の生体重で11.8倍、プリマで11.7倍であり、乾物重においても11.5倍および7.8倍あまりである。また生育の悪かつたアルカリ性土壌区についても生体重でそれぞれ5.8倍、6.3倍であり、乾物重でそれぞれ5.1、4.7倍となつている。

また苗の育成期の最大生育時（10月27日および11月27日）に対しても開花期には酸性土壌区の‘キングジョージ’で生体重が16倍、乾物重が17倍、‘プリマ’でそれぞれ10倍、7.3倍である。アルカリ性土壌でも

‘キングジョージ’は生体重、乾物重共7.9倍であり、‘プリマ’は生体重で5.4倍、乾物重で4.4倍となつている。したがつて苗の育成期に吸収したアルミニウムは落葉によつてその75~79%が失われ、また促成期にはその残りの21~25%のアルミニウムも5~10倍にうすめられるわけである。したがつて促成期に土壌から吸収されたアルミニウムこそ花の色に大きく影響を及ぼしているといふことができる。

次に酸性土壌区とアルカリ性土壌区の花色についてみると第4図および第8表に示すようになる。

酸性土壌区は両品種共肉眼ではやや紫がかつた青で、‘キングジョージ’のほうが‘プリマ’よりやや紫色が濃い程度である。またアルカリ性土壌区では両品種共全く区別できぬ程度に鮮明な緋紅色であつた。カラーマシンのL, a, b値も両品種の差は極めて少いことを示している。

しかし吸収スペクトルの極大値をみると酸性土壌区もアルカリ性土壌区も‘プリマ’の方がやや長波長側に寄つている。しかしもちろん酸性土壌区とアルカリ性土壌

Fig. 4. Variation of sepal colors by soil acidity.
 Left: Alkaline soil; Right : Acid soil.
 Top : King George ; Bottom : Prima.

Table 8. L, a, b value and maximum absorption spectra of sepal colors.

Cultivar	Soil	No. of samples	Sepal color (Evaluation by naked eyes.)	Evaluation by color machine						$\lambda_{\text{max.}}$ of spectra (m μ)
				Abaxial surface of sepal			Abaxial surface of sepal			
				L	a	b	L	a	b	
King George	Acid soil	7	Purplish blue	47.0	13.4	−22.5	51.4	10.8	−22.4	577
	Alkaline soil	10	Scarlet	49.2	41.6	−0.1	58.9	29.8	−1.7	537
Prima	Acid soil	5	Purplish blue	47.7	9.9	−26.3	52.7	7.6	−23.9	582
	Alkaline soil	10	Scarlet	50.2	43.0	−1.9	56.6	31.0	−3.2	540

Table 9. Concentration of aluminum and phosphorus in plant during the forcing period.

Element	Cultivar	Part of measurement	Date of measurement					
			Dec. 25	Jan. 29		Flowering period (Apr. 16 Apr. 27)		%*
				Acid soil	Alkaline soil	Acid soil	Alkaline soil	
Al	King George	leaves	— ppm	675.6	1112.8	1377.4	634.0	(46)
		stems	877.8	1352.6	1265.1	1075.8	612.4	(57)
		flowers	—	—	—	985.4	429.6	(44)
	Prima	leaves	— ppm	859.4	754.8	1156.3	589.3	(51)
		stems	985.9	1226.0	1372.0	838.5	564.5	(67)
		flowers	—	—	—	1257.9	335.3	(27)
P	King George	leaves	— %	0.484	0.617	0.226	0.495	(219)
		stems	0.280	0.189	0.231	0.187	0.211	(113)
		flowers	—	—	—	0.295	0.406	(138)
	Prima	leaves	— %	0.479	0.523	0.234	0.388	(166)
		stems	0.243	0.192	0.153	0.131	0.169	(129)
		flowers	—	—	—	0.290	0.357	(123)

* Percentage (acid soil plot during the flowering period is taken as 100%).

区との差は大きく両品種共酸性土壌区はアルカリ性土壌区より 40 m μ 程長波長のところに極大値がある。これは Asen ら(2) が、抽出した delphinidin-3-glucoside にアルミニウムを加えると赤からブルーに変わり吸収波長も 40 m μ だけ長波長側に移動したと述べているのと同じである。

Fig. 5. Sepal colors on the Hunter's color diagram.

第5図はハンター図表による両品種の a, b 値である。両品種とも酸性土壌区とアルカリ性土壌区の分布の位置がはつきり異なっており肉眼による花色の違いを明りように裏づけている。

次に開花期におけるアルミニウムとリンの含有率をみると第9表に示すとおりである。

葉、茎、花共に酸性土壌区のアルミニウム含有率はアルカリ性土壌区における含有率よりも著しく高かった。特に茎葉ではアルカリ性土壌区が酸性土壌区の 46~67% であつたが、花では 27~44% しかなかつた。また両品種ともアルカリ性土壌で開花期にはアルミニウムの含有率が減少しているが、第7表からわかるように乾物重で12月25日の5.3倍ないし4.7倍になつているので、促成期にもアルミニウムを相当量吸収したことがわかる。

一方、リンについてみると含有率は逆にアルカリ性土壌区の方が著しく高くなつてゐる。花の中のリンについては‘キングジョージ’の酸性土壌区がアルカリ性土壌区の73%、‘プリマ’では81%になつてゐる。

がく片中のアルミニウムの含有率は既に報告された Asen ら (3) (4) (5), Allen (1) よりもはるかに高い値となつた。これは栽培条件の違いと用いた品種の違いによるものと思われる。

がく片中のリンの濃度は施されたリンの濃度の上昇とともに増加し、またリンの施肥濃度を上昇させると delphinidin-3-glucoside の量には影響しないが植物体中のアルミニウムの量を減らすことが Asen ら (4) によつて報告されている。Pierre (7) と Wright (10) は、多量にリンを施すと土壌中のアルミニウムのみならず植物体中のアルミニウムをも不溶性にしうるといつている。これは土壌中や植物体中のリンがアルミニウムと結合して、可溶性のアルミニウムが少なくなるためと考えられる。

花の中のアルミニウムとリンの含有率の比を調べてみると第 10 表のようになる。すなわち ‘キングジョージ’ の酸性土壌区の花では 0.334 であるのに、アルカリ性土壌区ではその 1/3 の 0.106, ‘プリマ’ では酸性土壌区の 1/5 の 0.094 であつた。すなわち紅色花の中では青色花より著しくリンの含量に対するアルミニウムの含量の比が低くなつている。

以上のようにアルカリ性土壌区は酸性土壌区に比してアルミニウムの吸収は少ないことがわかつたがそれでもなお相当量吸収されており、またリンの吸収量は逆にアルカリ性土壌区では酸性土壌区よりはるかに多くなつている。それゆえもし Pierre (7) や Wright (10) の報告

のようにリンが植物体中のアルミニウムをも不溶性にするならば、分析用試料を灰化することなく水で抽出して水溶性アルミニウムを調査し比較してみる必要がある。

そこで水溶性アルミニウムを調べるために、乾燥粉砕

Table 10. The ratio of the concentration of aluminum to that of phosphorus as flowering time.

Cultivar	Part of measurement	Al : P	
		Acid soil	Alkaline soil
King George	leaves	0.608	0.128
	stems	0.575	0.290
	flowers	0.334	0.106
Prima	leaves	0.494	0.152
	stems	0.640	0.334
	flowers	0.434	0.094

Table 11. Concentration of water soluble aluminum in plant at the flowering time.

Cultivar	Part of measurement	Flowering Period (Apr. 16~Apr. 27)	
		Acid soil (%)*	Alkaline soil (%)*
King George	leaves	ppm 321.8 (23)	ppm 49.4 (8)
	stems	241.2 (22)	40.8 (7)
	flowers	377.2 (38)	35.9 (8)
Prima	leaves	334.2 (29)	34.6 (6)
	stems	280.1 (33)	31.1 (6)
	flowers	337.5 (27)	24.6 (7)

* Percentage (total aluminum concentration is taken as 100%).

Table 12. Amount of aluminum and phosphorus during the forcing period.

Element	Cultivar	Part of measurement	Date of measurement				
			Dec. 25	Jan. 29		Flowering period (Apr. 16~27)	
				Acid soil	Alkaline soil	Acid soil	Alkaline soil
Al	King George	leaves	—mg	0.453	0.278	7.614	2.212
		stems	0.571	0.636	0.785	2.625	0.996
		flowers	—	—	—	5.292	1.147
		total	0.571	1.089	1.063	15.531	4.355
	Prima	leaves	—	0.838	0.227	5.064	1.803
		stems	0.715	0.981	1.234	1.946	0.869
		flowers	—	—	—	6.743	1.294
		total	0.715	1.819	1.461	13.753	3.966
P	King George	leaves	—	3.242	1.542	12.520	17.275
		stems	1.820	0.888	1.432	4.562	3.671
		flowers	—	—	—	15.841	10.840
		total	1.820	4.130	2.974	32.923	31.786
	Prima	leaves	—	4.670	1.569	10.249	11.873
		stems	1.762	1.536	1.377	3.039	2.366
		flowers	—	—	—	15.544	13.664
		total	1.762	6.206	2.946	28.832	27.903

した試料 1g を三角フラスコにとり、蒸留水を加え 30 分間振とうさせ、これを遠心分離にかけ上澄液をろ過し、残渣にまた蒸留水を加えて同様の操作を 2~3 回くり返し 100 ml に定容し、これを分析用試料とした。その結果は第 11 表のようである。

灰化酸処理して得た分析値、すなわち第 9 表と水で抽出して得た分析値の第 11 表を比較してみると、すべて灰化酸処理して得た値の方が高くなっている。特にアルカリ性土壌区各部位の水溶性アルミニウムの数値が酸性土壌区のよりはるかに小さくなっている。

この結果から吸収されたアルミニウムが植物体内でリンと結合して不溶性になる割合が特にアルカリ性土壌区に多くなっているといえることができる。

次に促成期の植物 1 個体あたりの地上部におけるアルミニウムとリンの含有量について第 12 表に示す。ただ第 7 表を見てわかるように、酸性土壌区とアルカリ性土壌区とでは生育状態に大きい差があるので、含有量について両土壌区を比較することは困難であるかもしれない。

そこでアルカリ性土壌区の 1 株あたりの生体重（地上部）を酸性土壌区と同じに補正したときのアルミニウム含有量を計算すると、‘キングジョージ’では 6,770 mg, ‘ブリマ’では 6,044 mg となる。開花期の含有量からはちかえ温室搬入時（12 月 25 日）の含有量をさしひくと促成期間中吸収した量がわかる。‘キングジョージ’の酸性土壌区では 14,960 mg, アルカリ性土壌区では 6,199 mg で酸性土壌区がアルカリ性土壌区の補正值でも 2 倍以上のアルミニウムを吸収していることがわかる。‘ブリマ’でもおのおの 13,038 mg, 5,329 mg と 2 倍以上吸収している。

アルカリ性土壌区の含有量補正をリンについても行なってみると、‘キングジョージ’では 47,908 mg, ‘ブリマ’では 42,525 mg となる。促成期間中に吸収したリンの量は酸性土壌区よりアルカリ性土壌区の方が著しく多く、両品種とも 1.4 倍位になる。

摘 要

1. ハイドランジアの緋紅色の品種である ‘キングジョージ’ と ‘ブリマ’ を苗の育成期間中は酸性土壌で生育させ、アルミニウムとリンの含有量の消長を調べた。
2. 苗の育成期間中吸収蓄積されたアルミニウムとリンは、12 月中旬の落葉によつてその 75~80% が失われた。
3. 温室に搬入し促成栽培を行なうときに栽培用土を酸性土壌とアルカリ性土壌とに分け、酸性土壌区およびアルカリ性土壌区のアルミニウム、リンの含有量および

花色の変化について調べた。

4. アルカリ性土壌区の花は、苗の育成期間中酸性土壌で栽培されたにもかかわらず鮮緋紅色になった。酸性土壌区では濃青色ないし青紫色になった。
5. 吸収スペクトルの最大吸収波長 ($\lambda_{\max}$) は酸性土壌区の青色花がアルカリ性土壌区の桃色花より 40 m μ 長波長に移動した。
6. アルミニウムは酸性土壌区の方がアルカリ性土壌区より高い含有率を示した。酸性土壌区の花のアルミニウム含有率はアルカリ性土壌区の 2.3~3.8 倍であつた。
7. リン含有率はアルカリ性土壌区の方が酸性土壌区よりも高かつた。
8. アルミニウムとリンの濃度比 (Al%/P%) はアルカリ性土壌区はきわめて低い値となり、酸性土壌区の 1/5~1/3 であつた。
9. 試料を灰化せず水でアルミニウムの抽出をした結果、酸性土壌区では灰化酸処理した場合の 27~38% であつたが、アルカリ性土壌区では著しく少なくわずかに 7~8% であつた。この結果からアルカリ性土壌区では植物体内でアルミニウムがリンと結合して不溶性となる割合が多いことが推定された。

引用文献

1. ALLEN, R. C. 1943. Influence of aluminum on the flower color of *Hydranger macrophylla* DC. Contrib. Boyce Thompson Inst. 13: 221—242.
2. ASEN, S., and H. W. SIEGELMAN. 1957. Effect of aluminum on absorption spectra of the anthocyanin and flavonols from sepals of *Hydranger macrophylla* var Merveille. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70: 478—481.
3. ———, N. W. STUART, and H. W. SIEGELMAN. 1959. Effect of various concentration of nitrogen, phosphorus and potassium on sepal color of *Hydrangea macrophylla*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 73: 495—501.
4. ———, ———, and A. W. SPECHT. 1960. 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.
5. ———, ———, and E. L. COX. 1963. Sepal color of *Hydrangea macrophylla* as influenced by the source of nitrogen available to plants. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 82: 504—507.
6. 岡田正順・船木司郎. 1967. ハイドランジアの花色に対する土壌の変化の影響について、園芸学会雑誌 36(1): 122~130.

7. PIERRE, W.H., and A.D. STUART. 1933. Soluble aluminum studies IV. The effects of phosphorus in reducing the detrimental effects of soil acidity on plant growth. *Soil Science*. 36 : 211—227.
8. POST, K. 1956. *Florist Crop Production and Marketing*. Orange Judd Publishing Company.
- Inc.
9. 植物栄養学実験編集委員会. 1959. 植物栄養学実験. 朝倉書店.
10. WRIGHT, K.E. 1937. Effect of phosphorus and lime in reducing aluminum toxicity of acid soils. *Plant Physiol.* 12 : 173—181.