水耕におけるリン施用量がキクの生育と リン吸収量に及ぼす影響

景山 詳弘・小西 国義

岡山大学農学部 700 岡山市津島中

Effect of Phosphorus Application in Hydroponic Solution on Growth
and Phosphorus Uptake in Chrysanthemum Plants.

Yoshihiro Kageyama and Kuniyoshi Konishi

Faculty of Agriculture, Okayama University, Tsushimanaka, Okayama 700

Summary

The relationship between phosphorus (P) uptake and growth rate of chrysanthemum plants grown hydroponically for cut flowers was investigated.

In Exp. 1, fresh weight increase of chrysanthemum cv. Seiun plants at flower budding phase administered 0 to 40 ppm in culture solution for 16 days was evaluated.

1. P uptake by the chrysanthemum plants was nearly proportionate to P concentration in the culture solution.

2. The rate of increase in fresh weight of plants was not affected by the P concentration in the range of 20 to 40 ppm.

In Exp. 2, to determine the optimum amount of P uptake for marketable cut flowers in chrysanthemum cv. Otomezakura, 50, 100 and 200 mg P per plant were applied at planting time. In another plot, 20 ppm P in culture solution was adjusted weekly by adding an equivalent amount of P absorbed by plants.

1. In the 50 mg P plot all P was absorbed by plants within 5 weeks after planting. The plants in this plot showed P deficiency symptom and delayed flowering. Although the phosphorus in the 100 mg P plot was wholly absorbed at within 7 weeks after planting (3 weeks before flowering), the plants grew and flowered normally.

2. Plants in both 200 mg P and 20 ppm P plots exhibited P excess symptom in the middle and lower leaves, e.g., chlorosis and pale green colour.

3. The rates of fresh weight increases in the four P plots were almost similar; their fresh weights were not significantly different at the end of the experiment.

4. The leaves of plants which absorbed up to 190 mg P and showed P excess symptom contained 0.51 to 0.70% P on dry weight basis, whereas leaves of plants which absorbed 50 mg P and showed P deficiency symptom contained 0.13 to 0.18% P.

緒 言

わが国の主要な切花ギクの生産地における栽培基準に示されたリンの施用量は1アール当たり1.0~3.8 kgとかなり幅がある。リンの適正な施用量は土壌の性質によって異なるものとされているが、それにしてもその幅は大きすぎる。そして一般的には、作物の栽培において、窒素施用量よりリンの施用量の方が少なく

てよいのが通例である。しかし、キクの産地の一部では、リンは花肥であると称して、かなり多量に施しており、ときには窒素より多く施用している場合もある。その結果、長年にわたるリンの多量施用による土壌中のリンの蓄積によって過剰障害が生じたとする報告もある(加藤・武井, 1989)。このように、リンを多用する傾向にあるということは、わが国ではリン酸固定力の強い土壌が多いということにも原因があるが、むしろ、キク栽培における適正なリンの施用量が十分に

は明らかにされていないことによるものと思われる。そこで、切花ギク栽培におけるリンの適正な施用量を明らかにするために本実験を行った。

先に報告したように、キクにおける窒素の吸収速度は生長速度と比例関係にある(景山ら, 1987)。そこで、リン吸収量と生長量の関係を明らかにするために、水耕によってキクを栽培し、最も生長速度が速く養分吸収量も多い、発らい期前後におけるリンの吸収速度を測定し、生長速度との関係を調査した。

次に、正常な切花ギクを生産するための、正味のリンの必要量を明らかにし、実際栽培におけるリンの施用基準の基礎資料とするための実験を行った。

材料および方法

実験1. 発らい期前後におけるリン吸収量と生長

夏秋ギクの品種精雲を用いて、1990年6月7日に挿し芽をし、その発根苗をピートとパーライトの混合培地でポット育苗した。この育苗は園芸試験場標準処方(堀, 1966)の1/2濃度の培養液を灌水しながら行った。6月23日に摘心し、2本仕立てとした。7月6日に、1/5,000アールのワグナーポット(液量3.5リットル)に1株ずつ植え付け、上記の培養液によって5日間水耕した。培養液の調合には水道水を用い、液中へはエアープンプによって連続通気した。

7月11日に液を更新した後に、リン濃度処理区を設けて測定を開始した。培養液のリン(P)濃度は次の4水準とした。

40 ppm区=2日毎にリン濃度を測定して、吸収によって減少した量を補うことによって設定濃度に戻した。

20 ppm区=前区と同様にして設定濃度に保った。

20-0 ppm区=当初に20 ppmとし、以後はリンを添加しなかった。

0 ppm区=当初に0 ppmとし以後もリンを添加しなかった。

以上の各区は1ポット1株の5反復とした。

リン源として、NaOHによってpH 6.2に調整した0.133 Mの H_2PO_4 を用いた。

リン以外の無機要素はいずれの区も同じ濃度とし、測定中は液の更新をしなかった。各要素の濃度は、N=120 ppm, K=150 ppm, Ca=80 ppm, Mg=25 ppm, Fe=2.6 ppm, B=0.5 ppm, Mn=0.49-0.42 ppm, Zn=0.05 ppm, Mo=0.01 ppm, Cu=0.02 ppmとした。

実験中に培養液のpHが上昇する傾向がみられたの

で、0.1 M H_2SO_4 を用いて2日毎にpH 6.2になるように調整した。各ポットの液量は吸収によって減少した分を脱塩水によって毎日補給し、一定の液量に保つようにした。ポットは冷却水で間接的に冷却して、液温を25.5~27.0°Cに保った。

培養液のリン濃度の測定はバナドモリブデン酸法によった。実験終了時に植物体を採取し送風乾燥した後、乾物重量と体内無機成分含有率を測定した。体内総窒素含有率はサリチル酸分解の前処理を加えたケルダール法によった。体内リン含有率はケルダール分解液を培養液と同法により測定した。

実験2. 秋ギクの水耕栽培におけるリン施用量と生育

秋ギクの品種乙女桜を1990年8月3日に挿し芽し、その発根苗を実験1と同じ方法で育苗した。8月23日に摘心し、2本仕立てとした。9月6日にポットから抜き上げて根を洗った後に、液量32リットルのプラスチックコンテナ(30×45×D 26.5 cm)に6株ずつ植え付け水耕を開始した。栽培はビニルハウス内で行い、10月中旬以降は加温して日最低気温を16°C以上に保った。9月30日までは蛍光灯による暗期中断(22:00~02:00)を行った。

9月13日に次のようなリン(P)濃度処理区を設けて測定を開始した。

20 ppm維持区=1週間毎に培養液のリン濃度を測定し、吸収された量を補って20 ppmに戻した。

50 mg/株区=処理区設定時に1株当たり50 mgのリンの全量を施与した。

100 mg/株区=同様に100 mgを施与した。

200 mg/株区=同様に200 mgを施与した。

リン以外の無機成分濃度は実験1と同じとし、処理区設定時に与えた。栽培途中の10月18日に培養液の全量を更新した。この際、リン濃度のみは更新後も更新前の濃度と同じとし、それぞれの区のリン濃度を継続させた。培養液のリン濃度と生体重の測定は1週間毎に行った。葉中のリン含有率は、50 mg/株区における培養液のリン濃度が0になった10月18日と、100 mg/株区のそれが0になった11月8日、および実験終了時の11月22日に、各株の中位葉を採取して分析した。培養液および体内無機成分の分析法は実験1と同じとした。

結 果

実験1. 発らい期前後におけるリン吸収量と生育

測定期間中 13 日間の各区の培養液のリン濃度変化を第 1 図に示した。40 ppm 区および 20 ppm 区において生育が進むにしたがって 2 日間当たりの濃度低下割合が大きくなった。また、20-0 ppm 区では、実験終

Fig. 1. Phosphorus depletion curves from culture solution (Exp. 1).

Fig. 2. Curves showing cumulative phosphorus uptake by chrysanthemum cv. Seiu plants supplied 0 to 40 ppm phosphorus (Exp. 1).

了 2 日前にリン濃度がほぼ 0 になった。以上のような濃度変化から算出したリンの吸収量は第 2 図に示したように、培養液のリン濃度が高くなるにしたがって多くなった。また、培養液のリン濃度の違いによるリン吸収量の差は、キクが生長するにしたがって大きくなった。なお、0 ppm 区ではこの期間のリン吸収量は 0 であった。

次に、第 3 図に示したように、この測定期間中の生体重の増加速度は 40 ppm 区、20 ppm 区および 20-0 ppm 区の 3 区ではほとんど差がなかった。つまり、リン吸収量はこれらの 3 区でかなり差があったにもかかわらず、生長量は同じであった。また、0 ppm 区の生体重は測定開始から 8 日目までは他の 3 区とほぼ同じように増加したが、それ以後は他の 3 区より増加割合がかなり低くなった。一方、第 1 表に示したように、実験終了時の乾物重はいずれの区においてもほぼ同じであり、有意差はなかった。つまり、この測定期間中にまったくリンの吸収がなかった 0 ppm 区においても乾物量は増加し続けた。

また、葉中のリン含有率は、吸収量が少なかった順に低くなり、特に 0 ppm 区では非常に低かった。なお、この区においても実験期間中にはリン欠乏症状は観察されなかった。そして、葉中の窒素含有率は、リンの吸収が少なかった順に低くなった。

実験 2. 秋ギクの水耕栽培におけるリン施用量と生育

Fig. 3. Growth curves on fresh weight basis of chrysanthemum cv. Seiu plants grown on 0 to 40 ppm phosphorus in culture solution (Exp. 1).

Table 1. Effect of phosphorus concentration in nutrient solution on dry weight and phosphorus and nitrogen contents in leaves of chrysanthemum cv. Seion plants (Exp. 1).

P conc. ² (ppm)	Dry weight (g)				Content (mg/100 mg dry matter)	
	Leaf	Stem	Root	Total	P	N
40	9.19NS ^y	5.55NS	2.33NS	17.07NS	0.69a	3.09a
20	9.86	5.37	2.33	16.56	0.68a	3.12a
20-0	8.97	5.47	2.40	16.84	0.50b	2.88b
0	9.03	5.55	2.40	16.98	0.09c	2.20c

² Treatments are as shown in Fig. 1.

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at the 5% level.

Fig. 4. Phosphorus depletion curves in culture solution (Exp. 2). The 20 ppm plot had its P concentration adjusted weekly to maintain a constant 20 ppm; the other three plots received 50, 100 and 200 mg P/plant at the beginning of the experiment.

Fig. 5. Cumulative curves of phosphorus increases uptake by chrysanthemum cv. Otomezakura plants grown hydroponically (Exp. 2). Symbols of treatment are the same as described in Fig. 4.

測定期間中の培養液の濃度変化を第4図に示した。

20 ppm 維持区では、生育が進むにつれて1週間当たりの濃度低下割合が大きくなった。そして、発らい期以後は実験終了時までほぼ同じ低下割合であった。200 mg/株区では、当初のリン濃度は37 ppmであり、実験終了時には1.5 ppmであった。100 mg/株区と50 mg/株区では栽培の途中で培養液のリン濃度は0になった。特に50 mg/株区では発らい1週間前、全栽培期間のほぼ半ばで培養液のリン濃度は0になった。

次に、培養液の濃度変化から算出した1株当たりのリン吸収量の累積値を第5図に示した。20 ppm 維持区

においてリンは最も多く吸収され、この区における終了時の累積リン吸収量は1株当たり229.3 mgであった。また、200 mg/株区の累積リン吸収量は1株当たり189.3 mgであった。そして、100 mg/株区と50 mg/株区では施用した全量が吸収された。

第6図に生体重の増加速度を示したが、いずれの区においても大きな差はなく、実験終了時の生体重に有意な差はなかった。50 mg/株区で最終時の生体重がやや少なくなったのは開花が2日程度遅れたためであった。また、この区においては、下位葉の2~3枚に

Fig. 6. Growth curves on fresh weight basis of chrysanthemum cv. Otomezakura plants grown hydroponically (Exp. 2). At the end of the experiment, the plant fresh weights in all treatments were not significantly different by Duncan's multiple range test at the 5% level. Symbols of treatment are the same as described in Fig. 4.

リン欠乏症状とみられる暗紫色の着色が認められた。発らい日は4区の間で差はなく10月22日であった。20 ppm維持区と200 mg/株区では、生育の後半にリンの過剰障害とみられる葉のクロロシスが観察された。

次に、葉中(中位葉)の無機成分含有率の推移を第7図に示した。発らい直前の10月18日ではリンおよび窒素、カリウム、カルシウム、マグネシウムの含有率には処理区間で差がなかった。しかし、11月8日および11月22日には50 mg/株区のリン含有率は他の3区に比べて著しく低くなった。また、この区では窒素とカリウムの含有率も他の3区に比べてかなり低くなり、カルシウムとマグネシウムの含有率もやや低くなった。

考 察

さきに報告したように、キクにおける窒素の吸収速度は生長速度と比例関係にあり、生長を生体重の増加でみた場合、生長段階が進んで生体重の増加速度が速くなると窒素の吸収速度も速くなる(景山ら, 1987)。

しかし、本実験におけるリンの場合、その吸収量と生長量は比例関係にならなかった。すなわち、培養液のリンが欠除し吸収量が0であっても、キクが最もよ

く生長する時期の16日間の生長は、その速度がやや遅くなったものの停滞せず、生体重はこの期間中に約3倍となった。つまり、実験を開始する以前の前栽培において吸収されていたリンが体内を移動することによって、この期間の生長は維持されたものと考えられ、その結果、葉中のリン含有率は、正常な生長をした株の約1/7という非常に低い値となった。

リンは植物細胞の原形質の構成要素であり、また体内における光合成を始め種々の代謝に関与する重要な元素である。そして、リンは正リン酸イオンの形で植物に吸収され、供給が十分であれば体内で還元されることなくイオンの形で体内に多量に蓄積されるものとされている(大平, 1980)。また、Peñalosaら(1989)はトマトにおいて培養液のリン濃度を高くすると、葉柄汁液の窒素とリンの濃度比(N/P)が小さくなり、生育に十分な量以上のリンが吸収されることを示した。本実験の場合も、培養液のリン濃度を常に高く保っておくと、リンは濃度が高いほど多く吸収されたが、生体重および乾物重の増加には直接的には影響しなかった。そして、キクが正常な生長をするために必要なリンの量は、窒素と比べるとかなり少ないので、吸収量と生長量が窒素のように必ずしも比例関係にならなかったものと考えられた。つまり、リンはそれぞれの生育ステージにおいて必要以上に吸収される場合もあり、さらに多く吸収されると過剰害の出る要素であると考えられた。

そこで、切り花ギク栽培で商品価値のある切り花を生産するための、リンの最低必要量を検討した。

一般的にキクの切花栽培において、リンの施肥は基肥重点で行われている。そこで、水耕において植え付け時の全量施用区と、培養液の濃度を20 ppmに維持する区を設けた。植え付け時全量施用区では1株当たりの施用量を200, 100, 50 mgの3水準とした。その結果、生体重の増加速度は、開花期直前までは4区の間でほとんど差はなかった。しかし、リンの総吸収量にはこれら4区の間で大きな差があり、最も多く吸収された20 ppm維持区では1株当たりの総吸収量は約230 mgであったのに対して、最も少なかった50 mg/株区では施用した全量が吸収されて50 mgであった。

そして、20 ppm維持区や200 mg/株区のようにリンを多量に吸収した区では、リンの過剰障害とみられる葉のクロロシスを観察した。この症状はすでに指摘されているように、亜鉛欠乏(Marschner, 1989)または鉄欠乏(加藤・武井, 1989)と考えられるが、詳細な

Fig. 7. Mineral contents in leaves of chrysanthemum cv. Otomezakura plants at the different three growth stages during the experiment 2. The growth stages were as follows: 18 Oct. was four days before flower budding. 8 Nov. was two weeks before flowering. 22 Nov. was flowering date and termination of the experiment.

分析は行わなかった。いずれにしても、リンを必要以上に多く吸収させると、生長量には直接影響しないものの、葉色がやや薄くなったり、クロロシスが出ることで切花品質が低下する。

一方、1株当たり50 mg程度と吸収量が少ないと、下位葉にアントシアンが発現して葉色が黒ずんだり、開花が遅れるという形でリン欠乏症が出た。キクのリン欠乏症状について、Roorda van Eysinga・Smilde (1980) は上記のような症状が起こることを述べており、リン欠乏症状を示した植物体の葉中のリン濃度は、対乾物割合で0.19%以下であるとしている。また、細谷ら (1979) はポットマムにおいて、リン酸施肥量が少ないと開花が遅れることを指摘している。さらに、Waters (1964) は正常な生育をしたキクの葉中リン濃度は0.18%以上であり、0.14%以下になるとはっきりとしたリン欠乏症状を現わすと報告している。本実験において欠乏症状の出た50 mg/株区の葉中のリン濃度は実験終了時に0.13%であり、上に示した濃度以下であった。つまり、1株当たり50 mgという吸収量では欠乏症状として下位葉にアントシアンが発現した

が、生長はほとんど抑制されなかったことと、開花の遅れもわずか2日程度であったことから、その症状は軽微であったと思われる。

次に、1株当たり100 mg施用した区では、開花の3週間前に、施用したリンの全量が吸収し尽くされ、それ以後培養液のリン濃度は0になったまま経過したが、キクは正常に生育し、開花期の遅れもなく商品価値のある切花が得られた。そして、この区の平均切花長は66 cmであり、平均切花重は1本当たり89 gであった。

つまり、キクが正常な切花を生産するために必要な1株当たりの正味のリン(P)の吸収量は100 mg程度であると思われる。なお、この栽培では1株2本仕立てとしたので切り花1本当たりでは50 mg(切花100 g当たりでは56 mg)ということになる。また、キクの正常な生育にとって必要なリンの全量が基肥として施されたとしても、キクによるリンの吸収は生育の初期のみに偏っているわけではなく、全期間にわたっている。そして、ほぼ生育の中期までに必要量を満たすだけの量が体内に取り込まれたならば、以後はまったく吸収

しなくても正常に生育するものと思われた。

また、本実験における葉の乾物当たりのリン濃度および他の多量要素の濃度について考察すると次のようであった。すなわち、リン濃度が0.54~0.70%ではやや過剰であり、0.18%以下になると欠乏症を生じる。正常なリン濃度は0.30~0.40%程度であった。そして、葉中のリン濃度が欠乏症が出るほど低くなった場合には、窒素とカリウムの濃度もかなり低くなった。Roorda van Eysinga・Smilde (1980) は、正常なキクの葉中の窒素とカリウムの濃度はそれぞれ2.5~5.0%と2.6~6.1%であると述べているので、本実験でのこれらの要素の葉中濃度は正常な値の範囲内であった。また、リンの濃度が欠乏症が出るほど低くなると、カルシウムおよびマグネシウムの葉中濃度も低くなる傾向であったが、正常値の範囲内であった。このことが、リンが欠乏したにもかかわらず、生育には大きな影響がなかったことと関連しているものと思われた。

以上から、切花ギク栽培において切花1本を生産するのに必要な正味のリンの吸収量は50 mgであり、1アール当たり4,000本の切花を生産するとすれば、リン(P)で0.2 kg、リン酸(P_2O_5)で0.3 kgであると計算できる。

以上の結果を、土耕による栽培と比較して考察すると次のようになる。すなわち、伊東(1981)は秋ギク栽培の植物体の分析値からリン酸吸収量を推定して、1アール当たり0.37 kgであったとしている。また、嶋田ら(1971)も12月から2月に開花するキクで1アール当たりのリン酸吸収量は0.37~0.53 kgであったと報告している。これらの値は本実験の結果よりやや多いが、これは先に述べたようにリンはいわゆるぜいたく吸収される性質があるためであると思われる。営利的な切花生産のための最低の必要量は、これらの値の80%程度であろう。リン酸固定力が小さく有効態リン酸を含んでいる一般の水田沖積土では、1アール当たり0.5 kg程度が適量であると考えられ、基肥および追肥として生育の中期までに2~3回ぐらいに分施すればよい。なお、適量の2倍を越える量を施肥すると、過剰障害が出るおそれがある。

摘 要

水耕栽培によって、切花ギクの生育とリン吸収量について検討した。

夏秋ギク‘精雲’を用いて、発らい期前後の16日間に培養液のリン濃度を変えて、生体重の増加速度とリン

の吸収速度の関連を調査した。キクのリン吸収量は培養液のリン濃度が高くなるにつれて多くなったが、生体重と乾物重の増加量はリン濃度に影響されなかった。また、この実験期間中にリン吸収量が0であった植物体においても、リンを吸収したもののよりその割合は低かったものの生体重は増加しつづけ、そして、実験終了時の乾物重には差がなかった。

次に、秋ギク‘乙女桜’を用いて、商品価値のある切花ギクを生産するために必要なリンの最低吸収量を検討した。実験は定植時に1株当たり50, 100, 200 mgのリン(P)を全量施用する区、および1週間毎に培養液のリン濃度を修正して20 ppmに維持する区を設けた。

その結果、50 mg施用区では、栽培期間のほぼ半分の定植5週間後に、全量が吸収されて培養液のリン濃度は0になった。この場合、葉中のリン濃度(対乾物)は0.13~0.18%であり、植物体の下位葉にリン欠乏症が現れ、さらに開花が遅れた。100 mg施用区では、定植7週間後(開花3週間前)にリンの全量が吸収されたが、葉中のリン濃度は0.32~0.50%であり、植物体は正常に生育し、開花の遅れはなかった。また、200 mg施用区と20 ppm維持区では、生育は順調であったが、中位葉および下位葉にリン過剰障害とみられるクロロシスが現れ、さらに葉色が全体的にうすくなり切花品質が悪くなった。次に、生体重の増加速度は20 ppm維持区と200 mg施用区で他の2区よりやや速かったが、最終的な生体重には4区の間で統計的な有意差はなかった。

以上の結果から、切花ギク栽培におけるリン(P)の正味の吸収量は1株当たり100 mgであり、本実験では1株2本仕立てとしたので、切花1本当たりでは50 mg(切花100 g当たりでは56 mg)であると考えられた。そして、このリンの最低必要量は栽培の初期から中期にかけて吸収させれば、生育の後半期はまったくリンを吸収させなくても正常に生育するものと考えられた。

引用文献

- 堀 裕. 1966. 野菜・花卉のれき耕栽培. p. 60-80. 養賢堂. 東京.
- 細谷 毅・北村一男・石上 忠. 1979. 土壌の種類および三要素施肥の違いがポットマムの生育と開花に及ぼす影響. 園学雑. 48 : 336-344.
- 伊東嘉明. 1981. 園芸作物の施肥に関する定量的研究. (第1報). キクの養分吸収面からの施肥法の推定. 福岡園試研報. 19 : 16-20.

- 景山詳弘・林 孝洋・小西国義, 1987. 窒素濃度がキクの初期生育に及ぼす影響. 園学雑, 56 : 79-85.
- 加藤俊博・武井昭夫, 1989. 園芸作物に対する土壌リン酸の適正範囲, 第2報, 土壌リン酸濃度がキクの生育収量, 品質に及ぼす影響. 愛知農総試研報, 21 : 230-238.
- Marschner, H. 1989. Mineral nutrition of higher plants. p. 307-309. Academic Press, London.
- 大平幸次, 1980. 必須元素, リン, p. 70-72. 高橋英一ら共著. 新版作物栄養学. 養賢堂. 東京.
- Peñalosa, J. M. , M. J. Sarro, R. Carpena and C. Cadahia. 1989. Influence of phosphorus supply on tomato plant nutrition. J. Plant Nutri. 12 : 647-657.
- Roorda van Eysinga, J. P. N. L. and K. W. Smilde. 1980. Nutritional disorder in chrysanthemums. p. 9-13. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- 嶋田永生・早川岩夫・古橋寿雄・武井昭夫, 1971. 渥美地方における電照ギクの養分吸収ならびに施肥に関する研究. 愛知農総試研報, B 3 : 83-93.
- Waters, W. E. 1964. The effects of soil mixture and phosphorus on growth responses and phosphorus content of *Chrysanthemum morifolium*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84 : 588-594.