培養液中の窒素濃度と温度および光強度がキクの初期生育と 窒素吸収に及ぼす影響

景山 詳弘・高橋 真理・小西 国義

岡山大学農学部 700 岡山市津島中

Effects of Nitrogen Concentration, Temperature and Light Intensity on Growth and Nitrogen Uptake of Young Chrysanthemum Plants Grown Hydroponically

Yoshihiro Kageyama, Mari Takahashi and Kuniyoshi Konishi

Faculty of Agriculture, Okayama University, Tushima-aka, Okayama 700

Summary

Influences of nitrate nitrogen levels in hydroponic culture solution, growth temperature, and natural light intensity on growth and nitrogen uptake by chrysanthemum cv. Otomezakura plants at the vegetative stage were investigated.

Comparison among three temperature regimens revealed that plant growth at 20°C was better than that at 15° or 30°C. At 20°C, no difference in growth in plants was detected between those supplied 100 or 200 ppm N. At 30°C, plants given 200 ppm N grew better than those supplied 100 ppm N.

At 15°C, plants supplied with 100 ppm N absorbed the same amount of N as those grown at 20°C, whereas, plants given 200 ppm N took up more N than those supplied 100 ppm N.

Under sufficient natural light intensity for normal growth, chrysanthemum plants grew equally well whether they were supplied with 100, 200 or 300 ppm N. Reducing natural light intensity 70% by shading decreased plant growth markedly at 100 ppm N. However, equally shaded plants supplied with 300 ppm N grew better than those given lower conc. of N. All other factors being equal, nitrogen uptake by plants was proportional to the nitrogen conc. in the nutrient solution.

緒 言

キクは温度や光条件が異なれば、その生育速度や生長量に差ができる。このような環境条件の変化は季節の推移によって起こる場合もあり、また施設栽培などで人為的に起こる場合もある。

キクの生育に対する温度や光条件に関する研究は、主として花成との関係で従来から多くなされてきた。しかし、キクの栄養吸収との関連についての研究は少ない。

すでに明らかにしたように(8)、初夏から秋にかけての、キクの生育にとって比較的好適な条件下では、培地中の窒素濃度の適正範囲は広く、かつ、かなり低い濃度であってもよく吸収されることがわかった。そし

てこの範囲内ではキクはよい生育をした。

本実験は窒素濃度と温度および光強度を変えて、キクの生育と窒素吸収量を明らかにし、さまざまな栽培条件下でのキクの施肥管理法を確立するための基礎試料を得るために行った。

材料および方法

実験1. 窒素濃度と温度

品種‘乙女桜’を1986年5月1日に挿し芽し、5月13日にパーライト：ピートモス=7：3の培地を詰めた15cmプラスチック鉢に移植して前栽培した。この栽培では園芸試験場標準処方(7)の1/2濃度培養液を与えた。キクは5月20日に摘心して2本仕立てとした。6月10日に鉢から抜き上げて水洗いした後に1/5000ワグナーポットに1株ずつ移植して水耕を行った。1ポット当たりの培養液量は3.5 literとし、培養液中へはエアープ

ンプで連続通気した。実験は摘心後 22 日目の 6 月 11 日に開始して 6 月 27 日までの 16 日間行った。実験開始までは、蛍光灯によって 22:00~2:00 の間、4 時間の暗期中断を行った。

実験区は $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度で 100 ppm 区と 200 ppm 区の 2 水準とし、温度は定温度ガラス室によって 15°, 20°, 30°C の 3 水準とし、以上の組合せて計 6 区とした。各区は 5 反復 (1 ポット 1 株で 5 ポット) した。窒素濃度は 2 日ごとに硝酸イオン電極によって測定して吸収量を算出するとともに、吸収された量を補って元の設定濃度に戻した。培養液の窒素は硝酸ナトリウムを用いて $\text{NO}_3\text{-N}$ のみを与えそれぞれの濃度区を設定した。窒素以外の無機要素は実験開始時にいずれの区も同じ濃度とし、液の更新は行わなかった。窒素以外の各要素の濃度は $\text{P}=21\text{ ppm}$, $\text{K}=150\text{ ppm}$, $\text{Ca}=80\text{ ppm}$, $\text{Mg}=24\text{ ppm}$, $\text{S}=32\text{ ppm}$ であり、微量元素は園芸試験場標準処方に準じた。

実験期間中に pH が上昇する傾向がみられたので、0.1 M の硫酸を用いて 4 日ごとに pH 6.2 となるように修正した。

キクの吸収によって減少した液量は毎日水道水を補給し、各ポットは常に一定の液量を保つようにした。

植物体の地上部と地下部を含めた全生体重の変化を 4 日ごとに連続測定した。その測定に当たっては、植物体を生育状態のままポットのふたごと抜き上げて根の水を切った後に秤量し、その後ただちに生育状態に戻した。

実験終了時に植物体を採取し、送風乾燥後乾物重の秤量と体内無機成分を分析測定した。体内無機成分のうち総窒素はサリチル酸分解の前処理を加えたケールダール分解の後にアンモニアイオン電極によって測定した。P は灰化後バナドモリブデン黄法により、K, Ca, Mg は灰化後、原子吸光分光分析法によった。

実験 2. 窒素濃度と光条件

品種 '乙女桜' を 1986 年 7 月 27 日に挿し芽し、前栽培した後に、8 月 17 日に摘心して 2 本仕立てとした。摘心後 18 日目の 9 月 4 日から 9 月 20 日までの 16 日間実験を行った。実験区分は 100% 光量区 = 無被覆, 54% 光量区 = 白寒冷しゃ 2 枚被覆, 30% 光量区 = 黒寒冷しゃ 2 枚被覆の 3 区を設けた。そしてこれらの光処理に組合わせて、それぞれ窒素濃度 100, 200, 300 ppm の 3 区を設けた。窒素濃度処理およびその他の実験方法と測定・分析法は実験 1 と同様とした。この実験は屋根のみをビニルで覆ったハウス内で行った。

結 果

実験 1. 窒素濃度と温度

窒素濃度と生育温度がキク '乙女桜' の生体重の増加に及ぼす影響を第 1 図に示した。20°C・100 ppm 区のもの最もよく生長し、20°C・200 ppm 区のものも生長がよかった。また、15°C でも 100 ppm 区、200 ppm 区ともに生長はよかった。30°C では他の二つの温度区のものよりも、いずれの窒素濃度区においても生長が悪かった。これらの各区の実験開始時を 100 とした相対的な生体重増加量は、15°C では 100 ppm 区で 203,

Fig. 1. Effects of temperature and nitrate nitrogen level in nutrient solution on growth of young chrysanthemum plants, cv. Otomezakura.

200 ppm 区で 207, 20℃では 100 ppm 区で 234, 200 ppm 区で 230, 30℃では 100 ppm 区で 197, 200 ppm 区で 203 であった。つまり 15°と 20℃においては窒素濃度はほとんど影響しなかったが、高温の 30℃では窒素濃度の高い 200 ppm 区の方が生長がよかった。

次に、それぞれの区における窒素の累積吸収量の変化を第 2 図に示した。15°と 20℃では 100 ppm 区において 200 ppm 区のものより吸収量がやや多かったが、30℃では逆に 200 ppm 区における吸収量の方が多かった。

実験終了時の植物体の総乾物重量と部位別の窒素含有率を第 1 表に示した。総乾物重量を同一温度区内の窒素濃度別にみると、15℃では両濃度区の間ほとんど差はなかったが、20℃では 100 ppm 区のものの方が 200 ppm 区のものより重くなった。しかし、30℃では逆に 200 ppm 区の方が 100 ppm 区のものより重かった。

葉の窒素含有率は培養液の窒素濃度の高低にかかわらず、温度が高くなるほど低くなる傾向であった。そして、植物体全体の窒素含有率は、15°と 20℃においてはいずれの窒素濃度区のものもほぼ同様であったが、高温の 30℃では窒素濃度にかかわらず他の二つの温度区のものより低くなった。

実験 2. 窒素濃度と光強度

キクの生長にとって充分な程度の光量がある場合には培養液の窒素濃度の高低は生長にあまり影響しなかった。すなわち、100%光量区と 54%光量区では 100 および 200 ppm のどちらの窒素濃度でも生長はよく、差がなかった(第 3 図)。そしてこれらの光量区の 300 ppm においては他の二つの窒素レベルのものよりは生長がやや劣ったものの、30%光量区のものに比べるとよかった。一方、30%光量区では窒素濃度の高い 300 ppm 区

Fig. 2. Effects of temperature and nitrate nitrogen level in nutrient solution on cumulative nitrogen uptake of young chrysanthemum plants, cv. Otomezakura.

Table 1. Effects of temperature and nitrate nitrogen level in nutrient solution on dry weight and nitrogen concentration of young chrysanthemum plants, cv. Otomezakura at the end of experiment.

Temperature (°C)	Nitrate nitrogen (ppm)	Dry weight per plant ² (g)	Nitrogen % of dry matter ²			
			Leaf	Stem	Root	Total plant
15	100	11.41	4.59	1.72	3.13	3.63
	200	10.47	4.32	1.58	2.94	3.41
20	100	12.39	4.45	1.66	2.55	3.47
	200	11.17	4.01	1.49	2.86	3.20
30	100	10.84	3.36	1.23	2.56	2.74
	200	12.17	3.56	1.35	2.81	2.92

² Mean values of five single plant replicates.

Fig. 3. Effects of natural light intensity and nitrate nitrogen level in nutrient solution on growth of young chrysanthemum plants, cv. Otomezakura.

Fig. 4. Effects of natural light intensity and nitrate nitrogen level in nutrient solution on cumulative nitrogen uptake of young chrysanthemum plants, cv. Otomezakura.

のものの生長が 100 ppm 区および 200 ppm 区のものよりよく、この 30% 光量区における 16 日間の相対的な生体重の増加量は、100 ppm 区のを 100 とすると、200 ppm 区では 99、300 ppm 区では 115 であった。

次に、窒素濃度と光量がキクの累積窒素吸収量に及ぼす影響を第 4 図に示した。100% 光量区と 54% 光量区においては、いずれの窒素濃度区でもほぼ同じ吸収量であった。一方 30% 光量区では、窒素濃度が高くなる

ほど多く吸収され、特に 300 ppm においては多く吸収され、他の二つの光量区のものとはほぼ同量であった。

実験終了時の乾物重と体内窒素含有率を第 2 表に示した。100% 光量区と 54% 光量区の乾物重を、それぞれの光量区のなかで比べると、濃度が高くなるほど少なくなる傾向であった。そしてこれらの 6 処理区のものはいずれもよい生長をしたことを示した。一方、30% 光量区においては他の二つの光量区のものよりいずれ

Table 2. Effects of natural light intensity and nitrate nitrogen level in nutrient solution on dry weight and nitrogen concentration of young chrysanthemum plants, cv. Otomezakura at the end of experiment.

Light intensity	Nitrate nitrogen (ppm)	Dry weight per plant ² (g)	Nitrogen % of dry matters ²			
			Leaf	Stem	Root	Total plant
100 % of natural light	100	13.60	3.81	1.61	3.12	3.18
	200	14.49	3.64	1.57	3.23	3.09
	300	12.61	4.10	1.86	3.65	3.48
54 % of natural light	100	12.73	4.02	1.70	2.63	3.28
	200	11.93	4.42	1.81	3.00	3.60
	300	10.86	4.22	1.92	2.97	3.51
30 % of natural light	100	7.37	4.37	1.72	2.69	3.37
	200	8.02	4.43	1.75	2.65	3.57
	300	9.91	4.39	1.82	2.90	3.58

² Mean values of five single plant replicates.

の窒素濃度においても乾物蓄積量が少なかった。そして、この光量区では他の二つの光量区と異なっており、窒素濃度の高い区ほど乾物重が重くなった。

次に、植物体内窒素含有率を全植物体で比較すると、光量が少ない区ほど、また窒素濃度が高い区ほど高くなる傾向であった。しかし、部位別の含有率を見るとかならずしも同じ傾向ではなく、葉の窒素含有率は、光量が少なくなり窒素濃度が高くなるほど高くなったが、根では逆に、光量が少なくなるに従って窒素含有率は低くなる傾向であった。

考 察

1. 窒素濃度と温度が生長と窒素吸収に及ぼす影響

一般的にキクの生育適温は 15°~25℃であるといわれている。このことに関して船越(5)は 15°~25℃を生育適温域、25℃以上を高温障害域、15°~5℃を低温抑制域という名称で取りまとめている。キクの生育と温度との関連についての報告はいくつかある。すなわち、Karlssonら(8)は 10°から 26℃へと日平均気温が上昇するに従って、1 日当たりの葉の増加速度が早くなると報告している。また、Moustafa・Morgan(10)は、15.6°~23.9℃の温度範囲内では温度が高いほど生体重が重くなり、それ以上の温度になると漸減したことを示している。そして、Hendriks・Sharpf(6)も 15°より 18℃の方が良く生育したとしている。低い方の温度域についてみると Cornillon・Gouny(2)が 10℃でもよく生長したが、10°から 18℃へと温度が高くなるに従って乾物重量がより増えたことを報告している。このように各報告によって多少の差があるが、キクの生育適温は 18°~24℃ぐらいであろうと推定できる。

次に温度と窒素吸収との関連をみると、Moustafa・Morgan(10)が養液栽培におけるキクの累積 NO₃-N 吸収量は夜温 15℃では 9℃のものより 18%多く、さらに同じ夜温のとき培養液を加温しなかったものは、加温して液温を 24℃にしたものより 9%多かったとしている。つまり低い温度ではもちろん窒素吸収は少なくなるが、液温が高温になり過ぎると 24℃程度でも吸収が少なくなることを示している。また、この NO₃-N 吸収と温度に関して他の作物についてみると、レタスは 8°~23℃では温度が高いほどよく吸収し(4)、キュウリでは 19°~26.5℃で同様に吸収量が多くなった(1)という報告がある。以上のように、NO₃-N の吸収量と温度の変化は、よく関連していることが分かる。

本実験の結果でみると、キクは 20℃において 100 ppm と 200 ppm のどちらの窒素濃度においても最もよく生長した。このように生育適温域では、障害が出るほど高くないかぎり、培地内の窒素濃度の高低によっては生長に差がでないことは、先に報告(8)したことと一致している。次に、15℃区では 20℃区に比べるとやや生体重の増加量が劣ったが、窒素濃度レベルによる差はなかった。また 30℃では、15°と 20℃のものより相対的には生体重の増加割合が低かったが、この温度区では 100 ppm のものより 200 ppm の方がよく生長し、高温になると窒素濃度を高くした方がよいことを示している。このことは実験終了時の 30℃・200 ppm における 1 株当たりの乾物重が、よく生長した他の二つの温度区のものと同様であったことからわかる。また全植物体内の窒素含有率が、高温の 30℃では、窒素濃度が高いと高くなり、よく吸収されたことを示しており、これがよい生長につながったものと思われた。つまり

生育適温度域を越えて気温が高くなる条件下では、培地内の窒素濃度をやや高めに保つような施肥管理をすればよい生育が得られるものとする。

2. 窒素濃度と光強度が生長と窒素吸収に及ぼす影響

現在では、キクは周年生産されているためさまざまな光条件下で栽培されている。キクは光環境に対してかなり広い適レンジを持っているものと思われる。つまり、真夏の強光下でもよく生長するし、また一方、12～1月の光条件の悪い場合にも、冬の晴天日の多い地方ならばよく育つ。しかし、弱光下では生育期間が長くなり、花の品質も低下する。光量が少なくなると、直接的には光合成量が少なくなり生長速度が遅くなる。また、間接的には無機成分の吸収エネルギー源としての光合成産物が少なくなって、養分吸収の活性が下がるとされている(11)。そして、この二つのことが相まって生育の遅れということにつながってくる。Hendriks・Scharpf(6)は、加温用エネルギーセーブの観点からみて、生育温度が同一であっても、照度が3 klxから9 klxと増えると生育期間を短くできるとしている。また、Karlssonら(9)は、光合成有効放射量が、21.6 mol/m²・dayから1.8 mol/m²・dayに下がると、花蕾から下の葉数が1～2枚増えることを報告している。さらに、高圧ナトリウムランプによって連続補光をすると乾物重量が増したという報告(3)もある。このように光量が少なくなると生長速度が遅くなり、栽培期間が長くなる。

この実験期間中の全日射量の日変化を第5図に示しているが、100%光量区の日平均は353 cal/cm²・dayであった。このような光条件下での本実験の結果を、生長と窒素吸収の両方からみると、54%程度の光量の減少はどちらにもほとんど影響しないことがわかった。そしていずれの窒素濃度でもよく生長した。しかし、日射量を全光量の30%にするというような強い遮光を行うと、いずれの窒素濃度においても生長が悪くなった。特に窒素濃度が低いと生長が非常に悪くなり、また窒素吸収量も少なかった。しかし、この強い遮光下においても、窒素を300 ppmと高濃度にする、低い濃度のものに比べて生長はよく、生体重、乾物重ともに重くなった。さらに、このような条件下では窒素もよく吸収され、54%以上の光量区のもの約90%の量が吸収された。次に、体内の窒素含有率は光量が少なくなるほど高くなる傾向であった。つまり、窒素吸収量は少なくなるが、それ以上に光合成産物の蓄積量が少なくなるために、体内の窒素含有率が高くなること

Fig. 5. Changes of maximum and minimum air temperatures and solar radiation during the experiment.

を示している。Engら(3)は高圧ナトリウムランプによって連続補光を行うと、キクの葉中窒素濃度が約20%低くなることを示しており、本実験においても同じ傾向であった。

なお、データは示さなかったが、品種‘精雲’を用いた同様の実験においても、上に述べた‘乙女桜’の場合とほぼ同じ結果を得ている。

以上のように、光条件が悪くなると生長が悪くなるが、このような環境下では培地内の窒素濃度をある程度高く保ってやれば、窒素吸収が多くなることによって生育の遅れを補うことができる。つまり、2～3月切りの電照栽培のように、晩秋から冬にかけて栽培するような作型では、窒素施肥量を多めにすることによって、良品の切り花が得られるものとする。

摘 要

キク品種‘乙女桜’を用いて水耕を行い、培養液中の窒素濃度と温度および光強度が、栄養生長段階におけるキクの生長と窒素吸収に及ぼす影響を調査した。

1. 15°、20°および30℃の温度条件下では、キクの生長は20℃において最もよかった。そしてこの場合、100～200 ppmの範囲では窒素濃度の影響はなかった。15℃でもよく生長したが、20℃のものよりやや劣った。

温度が生育適温を越えて30℃と高くなると、窒素濃度200 ppmのものは100 ppmのものより生長がよかった。また窒素吸収量は15°と20℃では、100 ppmの方が200 ppmのものよりやや多かったが、30℃では逆に200 ppmの吸収量の方が、100 ppmのものより多かった。

2. キクの生長にとって十分な光強度のある環境下では、窒素濃度の高低は、100～300 ppmの範囲内では、

生育にほとんど影響しなかった。光量が30%になるような強い遮光をすると、低い窒素濃度では生長がかなり悪くなったが、窒素濃度が300 ppmと高い濃度の場合には生長がよかった。そして、このような低い光強度下では、窒素濃度が高いほど窒素は多く吸収された。

3. 以上は水耕における結果であるが、土耕のキク栽培にも適用できるものと考ええる。すなわち、わが国の西南暖地のように8月から9月上旬にかけて30℃以上の高温の日が続くような条件下でのキク栽培では、この期間内での窒素施肥をやや多めにすれば生長がよくなる。また、日射量が少なくなる晩秋から冬にかけて栽培する電照栽培でも、窒素施肥量を多めにすれば生長がよくなり切り花品質を向上させることができるものと考ええる。

引用文献

1. Adams, P. 1980. Nutrient uptake by cucumber from recirculating solution. *Acta Hort.* 98 : 119-123.
2. Cornillon, P. and P. Gouny. 1976. Influence of root temperature on plant growth in water culture. *Proc. 4th Int. Cong. Soilless Cul.* p. 323-326.
3. Eng, R. Y. N., M. J. Tsujita and B. Grodzinsky. 1985. The effects of supplementary HPS lighting and carbon dioxide enrichment on the vegetative growth, nutritional status and flowering characteristics of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *J. Hort. Sci.* 60 : 389-395.
4. Frota, J. N. E. and T. C. Tucker. 1972. Temperature influence on ammonium nitrate absorption by lettuce. *Proc. Soil. Sci. Soc. Amer.* 36 : 97-100.
5. 船越桂市. 1987. 気象と作型. p. 11-13. 船越桂市編著. 切り花栽培の新技术. キク. 上巻. 誠文堂新光社. 東京.
6. Hendricks, L. und H. C. Scharpf. 1985. Neues zur Temperaturreaktion bei Chrysanthemum. *Deutscher Gartenbau* 39 : 1914-1916.
7. 堀 裕. 1966. 野菜・花卉のれき耕栽培. p. 60-80. 養賢堂. 東京.
8. 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.
9. Karlsson, M. J., R. D. Heins, J. E. Erwin, R. D. Berghare, W. H. Carson and J. A. Biernbaum. 1989. Temperature and photosynthetic photon flux influence chrysanthemum shoot development and flower initiation under short-day conditions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114 : 158-163.
10. Moustafa, A. T. and J. V. Morgan. 1984. The effect of root zone warming and air temperature on dry matter accumulation, nutrient uptake and nutrient composition of spray chrysanthemum in NFT. *Proc. 6th Int. Cong. Soilless Cul.* p. 401-419.
11. 谷田沢彦彦. 1980. 養分の吸収に及ぼす環境条件. p. 94-103. 高橋英一ら共著. 新版作物栄養学. 養賢堂. 東京.