養液循環式 Ebb & Flow によるミニチュアローズ 'Nakashima91' の鉢物の生育と植物体吸収窒素量の季節的变化

今井田一夫^{1,3a}・中村雅亘²・鈴木 亮²・高橋明子²・福井博一^{1,2*}

¹ 岐阜大学大学院連合農学研究科 501-1193 岐阜市柳戸

² 岐阜大学応用生物科学部 501-1193 岐阜市柳戸

³ 岐阜県農業技術研究所 501-1152 岐阜市又丸

Seasonal Changes of Growth and Nitrogen Up-take in Potted Miniature Rose 'Nakashima91' Cultivated by Recirculating Ebb & Flow System

Kazuo Imaida^{1,3a}, Masanobu Nakamura², Ryo Suzuki², Akiko Takahashi² and Hirokazu Fukui^{1,2*}

¹ The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, Yanagido, Gifu 501-1193

² Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, Yanagido, Gifu 501-1193

³ Gifu Prefectural Research Institute for Agricultural Sciences, Matamaru, Gifu 501-1152

Summary

Relations between seasonal growth and nitrogen uptake of potted miniature rose 'Nakashima91' cultivated in a recirculating Ebb & Flow system were investigated.

The potted roses were cultivated in autumn; 2001/9/21-2002/1/15, spring; 2002/2/5-2002/5/13, and summer; 2002/6/17-2002/8/19. The cumulative temperatures from the start to end of cultivation were 1700-1900°C, irrespective of cultivation seasons. There was a significant correlation between the dry plant weight and the cumulative temperatures. A linear relation was found between increased dry weight and nitrogen uptake. This result indicates that the miniature roses absorbed nitrogen in proportion to the increase in dry weight. At the end of cultivation, the total nitrogen concentration in plants per pot was 80-95 mg, regardless of the cultivation season. However, the amounts of nitrogen supplied to a pot during summer, autumn and spring cultivation terms were 130, 180 and 240 mg respectively. The nitrogen absorption efficiency during summer cultivation was higher than other that during terms, and those in summer, autumn and spring were 68%, 41% and 34% respectively.

The nitrogen concentration in soil solution in summer and autumn cultivation was fixed at 8 and 4-5 mg per pot respectively. However, that in spring cultivation was already higher than that in summer and autumn at the start of cultivation and was 12 mg per pot. Then the nitrogen concentration in soil solution rose beyond 15 mg per pot at the end of cultivation. This increase in nitrogen concentration in spring soil solution indicates that nitrogen had accumulated in the soil.

Key Words: cumulative temperature, miniature rose, nitrogen absorption, nitrogen concentration in soil solution per pot, recirculating Ebb & Flow system

キーワード: 吸収窒素量, 鉢内土壌溶液窒素量, ミニバラ, 積算温度, 養液循環式 Ebb & Flow

緒 言

ミニチュアローズ(以下ミニバラとする)の鉢物は、挿し木時期の違いにより栽培日数が大きく異なるため、栽培時期に応じた的確な管理が行われていない(今井田ら, 2001)。また、ミニバラの栽培管理は、固形肥料を用い、

手灌水あるいはマット吸水によって行われてきたが(新川・足立, 1996), 大規模生産には適さず, 生産効率は必ずしも高いとはいえない。これらの問題を解決するために Ebb & Flow システムが導入され始め, 近年では環境対策を考慮した養液循環式 Ebb & Flow システムが検討されている。養液循環式 Ebb & Flow システムの導入に当たっては, 各養液成分の吸収特性を明らかにする必要がある。Ebb & Flow システムにおける養液吸収特性については, シクラメン(齋藤, 1993; 須田・福田, 2000)やペゴニア(須田, 1993)で検討されているが, ミニバラでは詳

2004年8月31日 受付. 2005年5月23日 受理.

本報告の一部は園芸学会平成15年度春季大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: fukui@cc.gifu-u.ac.jp

^a 現在: 岐阜県立国際園芸アカデミー

細な研究がまだ行われていない。

そこで、本研究では栽培温室内の温度と窒素に着目し、栽培時期の違いによるミニバラ‘Nakashima91’の生育と植物体吸収窒素量との関係について検討した結果、一定の知見が得られたので報告する。

材料および方法

ミニバラ品種‘Nakashima91’（流通名：シルクレッド）を用い、調整ピート（ピート 50%，山土 30%，パーライト 10%，バーミキュライト 10%）を充填した硬質プラスチックの 3 号鉢に 3 本ずつ挿し木した。挿し木は、開花したシュートの頂芽から第 3 節以降の節位で、いわゆる 5 枚葉を 1 枚付けた挿し穂を切り取り、節部の切り口に発根剤（5% IBA）を粉衣して行った。挿し木後には温室内で育苗し、5 枚葉が 4 枚程度展葉した苗を 1 栽培区当たり 576 鉢供試した。第 1 表に示したように年間 3 回の栽培を行った。2001 年 9 月 3 日に挿し木し、9 月 21 日から 1 月 15 日まで栽培したものを秋栽培区、2002 年 1 月 19 日に挿し木し、2 月 5 日から 5 月 13 日まで栽培したものを春栽培区、2002 年 5 月 22 日に挿し木し、6 月 17 日から 8 月 19 日まで栽培を行ったものを夏栽培区とした。各栽培区の実験の終了は、通常の出荷時期である 1~2 個の小花が開花した時点とした。

栽培は岐阜県農業技術研究所のパッド & ファンを設置した温室内のムービングプールベンチで行い、温室内の温度は、最高 30℃、最低 18℃に設定した。

養液の供給は完全循環方式とし、養液の組成は、切り花バラのロックウール栽培の組成を参考に、総窒素濃度を 75 ppm（硝酸態窒素濃度 50 ppm、アンモニア態窒素濃度 25 ppm）、リン 40 ppm、カリウム 50 ppm、カルシウム 50 ppm、マグネシウム 20 ppm とした（EC 値 1.10 dS/m）。1 栽培区 576 鉢に対する初期養液量は 1000 Liter とし、養液量が減少した 2 回目ピンチ後に養液の更新を行った。養液の pH は 0.1 N の水酸化ナトリウムと 0.1 N の硫酸を用いて pH 5.8 に調整し、EC は既定値（1.10 dS/m）から 0.1 dS/m 以上高くなったときに既定値まで水で希釈した。灌液方法は Ebb & Flow 方式で行い、pF センサを用いて pF 値が 2.1~2.2 になった時点で灌液を行った。

温室内の気温は、温度センサを用いて 30 分ごとに計測

し、1 日の平均値を日平均気温とし、日平均気温を積算して日積算温度とした。植物体の調査は、各栽培区とも毎週 1 回灌液 5 時間後と、ピンチ前後にそれぞれ 5 個体採取し、葉、茎、根の生体重、乾燥重を測定した。窒素量は、乾燥重測定後に試料を粉碎し、ケルダール法で測定した。

各栽培区とも灌液 5 時間後に養液タンクから養液を採取し、イオンクロマトグラフでアンモニウムイオンと硝酸イオンを分析した。土壌溶液の窒素量は、灌液 5 時間後に鉢内の土壌から遠心法（pF 4.2）により土壌溶液を採取し、イオンクロマトグラフでアンモニウムイオンと硝酸イオンを分析した。

結 果

1. 栽培期間の気温の変化と植物体の生育

第 1 図に栽培温室内の気温の経時的変化を示した。秋栽培区では、実験開始時の最高気温は 30℃前後であったが栽培日数の経過とともに低下し、実験終了時には 25℃前後となった。これに対して、最低気温は 11 月 13 日まで栽培日数の経過につれて低下したが、加温開始によってそれ以降は設定最低温度の 18℃前後で推移した。日平均気温は、実験開始時には 25℃前後であったが 10 月 18 日以降は 20℃前後で推移した。秋栽培区の栽培日数は 3 栽培区で最も長い 117 日間となった（第 1 表）。春栽培区ではゆるやかに気温が上昇し、最高気温と日平均気温は実験開始時の 26℃および 20℃から 3℃程度の上昇が見られた。最低気温は一時的な低下は見られたが、設定最低気温 18℃ではほぼ一定であった。春栽培区の栽培日数は 98 日間で、秋栽培区に比べて約 20 日短くなった。夏栽培区の気温は 3 栽培区のなかで最も高く、最高気温、日平均気温、最低気温はそれぞれ栽培開始時の 28℃、25℃、22℃から栽培終了時には 32℃、28℃、26℃に上昇した。夏栽培区の栽培日数は 64 日間となり、秋栽培区の約半分の栽培日数であった。各栽培区の日平均気温の平均値は、秋栽培区で 20.5℃、春栽培区で 21.5℃、夏栽培区では 27.2℃と平均気温が高くなるにつれて栽培日数が短くなった。

次に 1 鉢当たりの植物体の部位別生体重の推移を第 2 図に示した。葉の生体重は、いずれの栽培区においてもピンチ後には減少したが、栽培日数の経過とともに増加した。その増加量は、1 回目ピンチ前までは小さかったが、

第 1 表 各栽培区の栽培日程 (2001, 2002)

栽培区	挿し木日 (月/日)	実験開始日 (月/日)	ピンチ日		実験終了日 (月/日)	栽培日数 (日)
			1 回目	2 回目		
			(月/日)	(月/日)		
秋栽培	9/3	9/21	10/31	12/4	1/15	117
春栽培	1/19	2/5	3/12	4/16	5/13	98
夏栽培	5/22	6/17	7/2	7/30	8/19	64

1回目ピンチ後では生体重の増加量は大きくなり、2回目ピンチ後はいずれの栽培区でも3.5 gから10 g前後まで急激な増加がみられた。茎の生体重は、葉の生体重と同様にピンチ後は減少したが、栽培日数の経過とともに増加し、実験終了時にはいずれの栽培区も約5 gとなった。根の生体重は、葉や茎の生体重のようにピンチ後に減少する現象はみられず、徐々に生長して実験終了時には3区とも約5 gとなり、ほぼ同様の値を示した。実験終了時の平均植物体生体重は、秋栽培区で20.5 g、春栽培区で18.7 g、夏栽培区で17.3 gとなり、温室内平均気温が高くなるほど低い値を示したが有意な差は認められず、商品価値としての差も見られなかった。

第2図において、栽培時期が異なるにもかかわらず栽培終了時の生体重に有意差が認められず、また栽培期間中の平均気温と栽培日数との間に負の関係 ($Y = -7.2X + 260.1, r = 0.98^{**}$) が認められたことから、日積算温度と植物体乾燥重との関係を求め第3図に示した。栽培時期にかかわらず栽培終了時の日積算温度は1700~1900℃とほぼ同じであり、植物体乾燥重と日積算温度との関係においても栽培区間で大きな差は認められず、3栽培区を併せた両者の間には $Y = 9 \cdot 10^{-7} X^2 + 0.0004X$ ($r = 0.978^{**}$) の有意な相関関係が認められた。

第1図 栽培温室内の気温の経時的変化(2001, 2002)
—: 最高気温, - - -: 日平均気温, ...: 最低気温

第2図 植物体の部位別生体重の変化(2001, 2002)
エラーバーは標準誤差 (n=5) を示す
↓: 1回目ピンチ, ↓: 2回目ピンチ, △: 葉,
○: 茎, ●: 根

2. 栽培時期別の窒素吸収特性

日積算温度と1鉢当たりの植物体吸収窒素量との関係について見ると(第4図), 日積算温度が増加するにつれて植物体吸収窒素量が増加した。栽培時期別に見ると, 秋栽培区と春栽培区との間に窒素吸収量の有意な差は認められなかったが, 夏栽培区では秋および春栽培区に比べて植物体吸収窒素が多く, 高温期の栽培では窒素吸収量が増加することが明らかとなった。

乾燥重増加量と植物体吸収窒素量との関係を第5図に示した。乾燥重増加量と植物体吸収窒素量との間には各栽培区で有意な一次相関関係が認められた。各栽培区ともに単純な一次回帰式で表現できたことから, ミニバラは栽培時期および生育ステージにかかわらず生長量に応じて常に一定量の窒素が吸収されていることが明らかとなった。

循環養液の総窒素減少量から各時期別の鉢内吸収窒素量を算出して施与窒素量とし, 植物体吸収窒素量との関係を第6図に示した。施与窒素量と植物体吸収窒素量との間には, 3栽培区とも有意な一次回帰式が得られ, 秋栽培区で $Y = 0.4060X$ ($r = 0.977^{**}$), 春栽培区で $Y = 0.3351X$ ($r = 0.983^{**}$) および夏栽培区で $Y = 0.6752X$ ($r = 0.954^{**}$) となった。これらの一次回帰式の係数は植物体の窒素吸収効率を示しており, 夏栽培区の窒素吸収効

第3図 日平均気温の積算温度と1鉢当たりの乾燥重量増加量の関係
NS: 有意差なし

第4図 日平均気温の積算温度と1鉢当たりの植物体吸収窒素量の関係
NS: 有意差なし, **: 1% レベルで有意差あり

第5図 乾燥重増加量と植物体吸収窒素量の関係
NS: 有意差なし, **: 1% レベルで有意差あり

第6図 栽培時期別の1鉢当たりの施与窒素量と植物体吸収窒素量との関係
NS: 有意差なし, **: 1% レベルで有意差あり

第7図 栽培時期別の1鉢当たりの鉢内土壌溶液窒素量の推移 (2001, 2002)

エラーバーは標準誤差 (n=5) を示す

↓: 1回目ピンチ, ↓↓: 2回目ピンチ, ○: 秋栽培区,

●: 春栽培区, △: 夏栽培区

率は68%と著しく高く、次いで秋栽培区の41%, 春栽培区の34%の順となった。

植物体吸収窒素の総量は、各栽培区とも80~95 mgの範囲で大きな差は認められなかったが、施与窒素量は大きく異なり、夏栽培区では130 mgであったのに対して、秋栽培区では180 mg, 春栽培区では240 mgと著しく多かった。

鉢内の土壌溶液内窒素量の推移を第7図に示した。秋栽培区の鉢内の土壌溶液内窒素量は期間を通じて1鉢当たり8 mg前後でほぼ一定していた。これに対して春栽培区では栽培初期から1鉢当たり12 mgと高く、その後も

上昇し栽培後期の4月以降には1鉢当たり15 mgを超える量に達した。一方、夏栽培区では、栽培全期にわたり鉢内溶液窒素量が低下しており、栽培後期にはわずかに増加したものの4~5 mg前後であった。

考 察

花き生産において、栽培施設内の環境要因に基づいて植物の生育予測を行い、栽培のシステム化を図ることが始められている(鶴島, 1997)。環境要因には栽培温室内の温度や湿度、日射量、栄養などがあるが、本実験では栽培温室内の温度と窒素に着目し、まず温度とミニバラの生育について検討した。

Bozarthら(1982)は、バラの光合成速度と温度との関係について調査し、光合成速度は一定の光条件下では15~22℃の間で温度が高くなるにつれて上昇し、22~35℃の間ではほぼ一定となり、35℃以上になると低下すると報告している。第1図に示したように、本実験はパッド&ファンを設置した温室内で実施したため、高温期の最高気温は35℃を超えることはなく、さらにパッド&ファンの送風効果も加わって、光合成が抑制されるような葉温の上昇はなかったと考えられる。

本実験の栽培終了時の植物体生体重量について見ると(第2図), 秋栽培区が20.5 g, 春栽培区が18.7 g, 夏栽培区が17.3 gであり、栽培期間中の平均気温が高くなるほど生体重量が小さくなった。Moe(1972)は、バラの花芽分化は高温で促進され、到花日数が短くなるために開花時のシュートの葉節数が減少し、その結果生体重量が減少すると報告している。本実験でも高温時における生体重量の減少は、葉節数の減少の影響を受けたものと推定された。

また、Moe(1972)は切り花バラ栽培における気温と生育との関係から、バラの生育は温度依存性が高いことを報告している。本実験においても積算温度と乾燥重増加量との間に有意な関係が認められ、ミニバラも極めて温度依存性が高いことが明らかとなった。しかし、第3図の結果を詳細に見ると、日積算温度1200℃前後を境に、それ以降ではばらつきが大きくなる傾向が見られ、生育後期には温度以外の要因が生育に関与していることが推察された。日積算温度が1200℃に達する時期は、いずれの栽培区においても2回目ピンチ直後に相当し、2回目ピンチ前までの生育は温度依存性が高く、それ以降は温度に加えて日射量の関与が大きいと考えられた(今井田ら, 2001)。

次に、栽培時期別の植物体吸収窒素量、施与窒素量および土壌溶液内窒素量を見ると、夏栽培区では植物体吸収窒素量が80 mgと秋および春栽培区に比べてわずかに少なく、同様に施与窒素量および土壌溶液内窒素量もそれぞれ130 mg, 4~5 mgと3栽培区のなかで最も少なかった。本実験での灌液管理はpF値2.1~2.2を基準に行っていることから、灌液回数、すなわち窒素施与量は蒸散

量に応じており、蒸散速度は温度、日射量、湿度、風速などの影響を受ける。夏栽培区では、葉数が増加する2回目ピンチ後の最高気温は30℃を超えており(第1図)、夏季の強い日射に加えてパッド&ファンが日中常時作動していたことから、高い蒸散速度が維持されていたと推定された。一方、植物体の生育について見ると、酒井(1996)は、バラの生育は根域温度を高くすることで促進されると報告している。夏栽培区は最低気温が25℃前後と3栽培区のなかで最も高いことから根域温度も高いことが明らかであり、栽培日数が64日と短いことから分かるように(第1表)、高い生育速度が維持されていたと考えられる。従って、夏栽培区では活発な蒸散作用に応じて頻繁な灌液、すなわち鉢内への窒素施与が行われたが、生育速度が速く、到花日数も短かったために灌液回数自体が少なくなり、総施与窒素量が少なくなったと考えられる。また旺盛な生育に伴う窒素吸収量が多かったことから、窒素吸収効率は68%と高い値を示し、逆に土壤溶液内窒素量は4~5 mgと常に窒素飢餓状態に近いものと考えられた。

これに対して、秋栽培区では葉数が増加する2回目ピンチ後は12~1月の冬季に当たり、最高気温は25℃、最低気温は18℃と低く、さらに冬季の低日射条件に加えて密閉無風状態であったことから蒸散速度は遅く、灌液の頻度は3日に1回以下となっていた。しかし、植物体の生育速度は最低気温が18℃であったことから遅く、土壤溶液内窒素量が8 mg前後であったことから分かるように(第7図)、施与窒素量と吸収窒素量とが均衡していたものと考えられる。

一方、春栽培区では、2回目ピンチ以降に土壤溶液内窒素量の上昇が見られ(第7図)、植物体の窒素吸収効率も3栽培区のなかで最も低い34%となった。春栽培区の2回目ピンチ以降の気温を見ると、最高気温は29℃前後で推移し、晴天日にはパッド&ファンが作動する日もあり、日射量も比較的確保されていた。これらのことから蒸散量は多く、この時期の灌液頻度は夏栽培区とほぼ同じ2日に1回であった。しかし、最低気温は18℃と秋栽培区と同じであり、植物体の生育速度は栽培日数が98日と夏栽培区に比べて明らかに遅かった。従って、高い蒸散量と遅い生育速度とのアンバランスから、根からの吸水は行われるが養液中の窒素成分の吸収が行われない選択的吸収ともいえる作用が働いたと推察される。そのため、植物体の窒素吸収効率は34%と低くなり、植物体に吸収されなかった窒素が鉢内に残留蓄積したと考えられた。

以上のことから、秋栽培区における養液の窒素濃度は本実験で設定された75 ppmが適していると考えられたが、夏季の植物体生育が旺盛な時期には窒素濃度を上げる必要があるものと考えられる。バラの切り花栽培では夏季の養液濃度は低く、冬季は高く維持するとされているが(末松, 1996)、これは、切り花生産では常に必要な

養液が常時供給される必要があるためである。これに対して、鉢物生産では植物体の吸収養分が鉢内に供給された養液に限定されるため、夏季の吸収窒素量が少なかったものとする。また、春栽培において、日中の高い気温や日射量によって植物体の生育および蒸散量が促進された場合、夜間の気温が低く維持されると根からの窒素吸収が抑制され、鉢内への窒素蓄積が生じることが推定され、このことについてはさらに検討する必要がある。

細谷・三浦(1995)は、一般に花成を伴う植物の生育では、栄養生長と生殖生長の転換期において窒素吸収特性が変化するものがあり、施肥管理もこれに応じて変える必要があると報告している。ミニバラの生育と窒素吸収についてみると(第5図)、ミニバラはいずれの栽培区においても生育と窒素吸収の関係は単純な一次回帰式で表現でき、変曲点が認められなかった。従って、ミニバラは生育ステージに関係なく一定の割合で窒素を効率よく吸収していたため、各栽培時期の栽培開始から終了まで同一組成の養液を用いた施肥管理が可能であると考えられた。また、各栽培区の回帰直線を検証した結果(第5図)、夏栽培区の傾きが有意に大きく、秋栽培区と春栽培区との間には有意差が見られなかったことから、夏栽培区は秋栽培区や春栽培区に比べて乾燥重当たりの植物体吸収窒素量、すなわち窒素含量が多いことを示しており、夏栽培区では窒素吸収効率が高いことが明らかとなった。

摘 要

循環式 Ebb & Flow 方式でのミニバラ鉢物生産において、栽培期間の気温と生育との関係および植物体の窒素吸収特性について調査した。栽培は2001年9月21日~1月15日(秋栽培)、2002年2月5日~5月13日(春栽培)、2002年6月17日~8月19日(夏栽培)に行った。いずれの栽培区も栽培終了時の日積算温度は1700~1900℃とほぼ同じであり、植物体乾燥重と日積算温度との間には有意な相関関係が認められた。乾燥重増加量と植物体吸収窒素量とは一次回帰式で表現でき、ミニバラは栽培時期および生育ステージにかかわらず生長量に応じて常に一定量の窒素が吸収されていた。植物体吸収窒素の総量は、各栽培区とも80~95 mgの範囲で大きな差は認められなかったが、施与窒素量は大きく異なり、夏栽培区では130 mgであったのに対して、秋栽培区では180 mg、春栽培区では240 mgと著しく多かった。各栽培区ごとの植物体窒素吸収効率は、夏栽培区が68%と著しく高く、次いで秋栽培区の41%、春栽培区の34%の順であった。鉢内の土壤溶液内窒素量は、秋栽培区および夏栽培区では期間を通じて1鉢当たり8 mg前後および4~5 mg前後で一定していた。これに対して春栽培区では栽培初期から1鉢当たり12 mgと高く、その後15 mg以上に上昇し、鉢内土壤への窒素集積が推定できた。

引用文献

- Bozarth, C. S., R. A. Kennedy and K. A. Schekel. 1982. The effects of leaf age on photosynthesis in rose. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 707-712.
- 細谷 毅・三浦泰昌. 1995. 新版花卉の栄養生理と施肥. p. 26-32. 農文協. 東京.
- 今井田一夫・植田 敦・福井博一. 2001. ミニバラ鉢物生産における生育予測. *農気東海誌*. 59: 17-22.
- Moe, R. 1972. Effect of daylength, light intensity, and temperature on growth and flowering in roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 796-800.
- 新川知未・足立和久. 1996. 鉢ものミニバラ栽培. p. 515-523. 農業技術体系. 花卉編 7. カーネーション(ダイアンサス)/バラ. 農文協. 東京.
- 齋藤俊一. 1993. エブ・アンド・フローの特徴と後肥. シクラメンのエブ・アンド・フローの施肥. p. 376の6-376の10. 農業技術体系. 花卉編 2. 土・施肥・水管理. 農文協. 東京.
- 酒井広蔵. 1996. 求められる環境条件と環境管理. p. 315-319. 農業技術体系. 花卉編 7. カーネーション(ダイアンサス)/バラ. 農文協. 東京.
- 須田 晃. 1993. エブ・アンド・フローの特徴と後肥. ベゴニアのエブ・アンド・フローでの施肥管理. p. 376の12-376の14. 農業技術体系. 花卉編 2. 土・施肥・水管理. 農文協. 東京.
- 須田 晃・福田正夫. 2000. エブ・アンド・フロー栽培におけるシクラメンの養分吸収特性. *愛知農総試研報*. 32: 183-188.
- 末松 優. 1996. 養液栽培. 各種システム・プラントの特徴-エアリッチ・カンエキ方式. p. 419-436. 農業技術体系. 花卉編 7. カーネーション(ダイアンサス)/バラ. 農文協. 東京.
- 鶴島久男. 1977. 花卉生産マニュアル. p. 423-434. 養賢堂. 東京.