

질소 시비형태에 따른 배 실생묘의 생육과 질소관련물질의 변화 Effects of Nitrogen Supply Ratios between Ammonium and Nitrate on Growth and Nitrogen Substance in Pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Niitaka) Seedlings

金松南¹ · 최동근^{2*} · 한광수³

¹中國山東省果樹研究所, ²전북대학교 생물자원과학부, ³우석대학교 애완동물허브자원학과

Song Nan Jin¹, Dong Geun Choi^{2*}, and Kwang Soo Han³

¹Shandong Institute of Pomology, Tai'an 271-000, China

²Division of Biological Resources Science, Chonbuk Nat'l Univ., Jeonju 561-756, Korea

³Dept. of Pet and Animal & Herb Resource Science, Woosuk University, Jeonju 565-701, Korea

서 론

질소는 과수를 비롯한 모든 농작물의 생장 발육에 가장 중요한 영양요소이지만 질소 고정능력이 없는 식물은 토양으로부터 질산 또는 암모니움의 형태로 무기질 질소를 흡수한다. 대부분의 고등식물은 주로 질산을 질소원으로 이용하며, 특히 곡물류의 작물은 더욱 질산을 선호한다(Campbell, 1988). 질산은 암모니움과 달리 식물에 독성이 없기 때문(Beevers와 Hageman, 1983; Runge, 1983)에 많은 작물은 암모니움태보다 질산태질소를 질소원으로 하여 공급될 때 질소의 흡수율, 생장 및 수량 등이 더 많아진다(Ganmore-Neumann와 Kafkafi, 1985; Kafkafi, 1990). 그러나 작물의 종류나 pH에 따라 식물이 우선적으로 흡수하는 형태가 다르다는 보고도 있다(Ikeda와 Osawa, 1981).

따라서 본 연구의 목적은 배 실생묘를 이용하여 질소시비형태가 생육, 질소함량 및 질산환원 효소 활성에 미치는 영향을 조사하여 동양배나무에서의 질소동화대사를 구명하는데 도움을 주고, 동양배나무의 관비시스템에서 가장 합리적인 질소형태의 비율, 질소농도를 결정하는데 필요한 자료를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

○ 시험재료 : 배 '신고(*Pyrus Pyrifolia* cv. Niitaka)' 품종의 성숙종자를 채취하여 휴면타파시킨 후 파종상에 파종하여 60일 동안 육묘한 후 10ℓ 플라스틱 포트에 이식하여 시험수로

이용하였다.

- 재배방법 : 森氏영양액(Togari 등, 1963)을 변형하여 pH를 6.5로 조절한 후 $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율을 처리내용별로 조절한 영양액을 1일 3ℓ씩 3회 공급하였다.
- 처리내용 : $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율을 200:0, 100:100, 50:150, 0:200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 영양액을 조절하여 공급하였다.
- 시료채취 : 영양액을 공급하기 시작한 후 30일 간격으로 분석시료를 채취하여 잎, 줄기 및 뿌리로 분리하고 증류수로 깨끗이 씻어낸 후 화장지로 물기를 제거하였다.
- 생육조사 : 30일 간격으로 수고, 생체중, 건물중, 엽록소함량을 측정하였다.
- 성분분석 : 전 질소는 Kjeldahl법으로 분석하고, 질산태질소는 Cataldo 등(1975)의 Salicylic acid 방법으로 계산하고, 환원태질소는 전질소함량에서 질산태질소를 뺀 값으로 표시하였다. 질소환원효소는 Lee와 Titus(1992)의 방법에 준하여 측정하였다.
- 통계처리 : Windows용 SAS 8.01로 분석하였다.

결과 및 고찰

신고 실생묘의 생육에 있어서 수고(Fig. 1), 부위별 건물중(Fig. 2) 모두 NO_3^- 단용보다는 NH_4^+ 단용 또는 NH_4^+ 와 NO_3^- 혼용에서 더 양호하였는데, 이는 다른 목본식물의 실생(Kotze 등, 1977; Edwards와 Horton, 1982)과도 유사한 결과를 보였다.

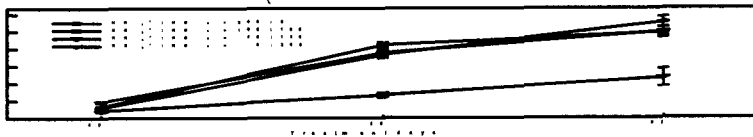


Fig. 1. Effect of N form supplied on tree height of 'Niitaka' pear seedlings. Vertical bar represents SE of the mean of 9 replicates.

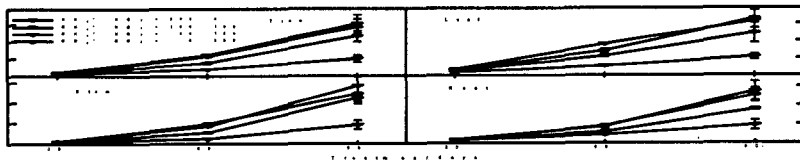


Fig. 2. Effect of N form supplied on increment in leaf, stem, root, and total dry weight of 'Niitaka' pear seedlings. Vertical bar represents SE of the mean of least 6 replicates ($n \leq 9$).

모든 조직 내의 전질소함량은 부위별 분포에 있어서 잎에 가장 많았고 다음 뿌리 및 줄기 순으로 많았다(Fig. 6). 잎 내의 전질소함량은 배양액 내의 NH_4^+ 비율이 높을수록 높고 처리 기간이 길어짐에 따라 감소하는데 반해 줄기와 뿌리의 전질소함량은 NO_3^- 단용구에서 유의하게 낮았고 처리시기에 따라서는 질소형태별 공급효과가 뚜렷하지 않았다. Takamizo와 Sgiyama (1990)의 보고에 의하면 rabbiteye blueberry 잎의 전질소함량은 총 질소농도를 140ppm으로 증가시키면 NH_4^+ 단용구에서 가장 높았고 다음 혼용구 및 NO_3^- 단용구 순으로 높다고 하였는데 본 실험에서도 이와 비슷한 결과를 보였으나 줄기와 뿌리의 전질소함량은 처리시기에 따라 질소형태별 공급효과가 다름을 알 수 있었다.

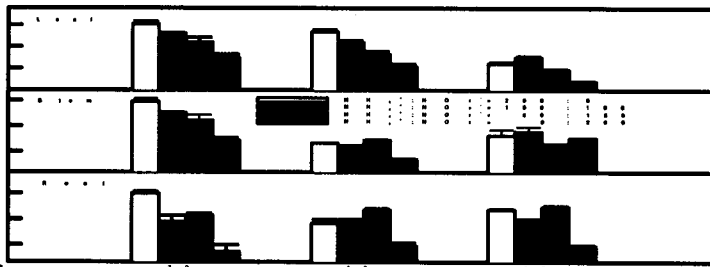


Fig. 3. Effect of N form supplied on total nitrogen accumulation in organs of 'Niitaka' pear seedlings. Vertical bar represents SE of the mean of 3 replicates.

모든 조직의 환원태질소함량은 질산태질소함량이 낮기 때문에 전질소함량 추이와 비슷하였다(Fig. 4). 부위별 함량을 보면 잎에 가장 많았고 줄기에 가장 적었다. 환원태질소 축적은 질산공급의 증가에 따라 질산환원효소활성의 증대(Lee와 Titus, 1992)와 질산의 흡수와 이동, 유효탄수화물(Reed와 Hageman, 1980) 및 저장질소의 이동(Sanchez 등, 1991) 등을 변화시킴으로 환원태질소 함량은 품종, 생육단계, 배양액 및 환경에 따라 다르게 나타남을 알 수 있었다. 그러나 본 실험에서 배양액의 NH_4^+ 비율이 높을수록 조직별 환원태질소함량은 오히려 높게 나타났다(Fig. 5). 이는 배양액 내의 NO_3^- 비율의 증가에 따라 모든 조직의 질산태질소함량은 증가하는 경향이었으나 전질소함량은 오히려 감소한 결과로 판단되었고 Santamaria 등(1997)의 보고와도 유사하였다.

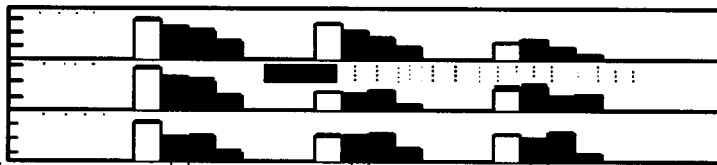


Fig. 4. Effect of N form supplied on reduced nitrogen accumulation in organs of 'Niitaka' pear seedlings. Vertical bar represents SE of the mean of 3 replicates.

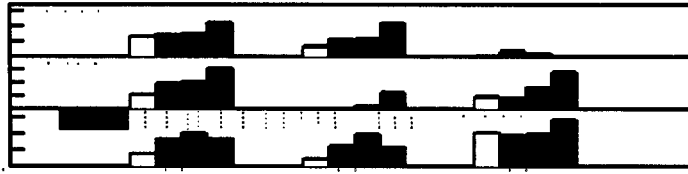


Fig. 5. Effect of N form supplied on nitrate nitrogen accumulation in organs of 'Niitaka' pear seedlings. Vertical bar represents SE of the mean of 3 replicates.

In vivo NR 분석은 분석액 중에 기질로 질산의 첨가 유무에 따라 측정하였으며, 모든 조직의 *in vivo* (+NO₃⁻)NRA는 *in vivo* (-NO₃⁻)NRA보다 높게 나타났다(Fig. 6). 이로써 각 조직 내에 질산환원효소가 이용할 수 있는 질산양이 한정되므로 분석액 중에 첨가한 질산에 의해 질산환원효소활성을 유도할 수 있음(Remmler와 Campbell, 1986; Salisbury와 Ross, 1992)을 확인하였다. 각 조직의 *in vivo* (+NO₃⁻)NRA와 *in vivo* (-NO₃⁻)NRA는 처리 시기에 따라 질소형태별 공급효과가 서로 다른 경향을 보였다. 모든 조직의 *in vivo* (+NO₃⁻)NRA는 모든 시기에 있어서 질소형태별 공급효과가 뚜렷하지 않는데 반해 잎의 *in vivo* (-NO₃⁻)NRA는 배양액 내의 NO₃⁻비율이 높을수록 높은 경향을 보였다. 그러나 모든 시기의 잎의 *in vivo* (-NO₃⁻)NRA는 배양액 내의 NO₃⁻ 비율의 증가에 따라 증가하였는데, 이는 외부로부터 높은 농도의 NO₃⁻이 공급될 때 지상부의 질산환원이 증가된다는 보고(Lee와 Titus, 1992; Gojon 등, 1994)와 비슷한 결과를 보였다.

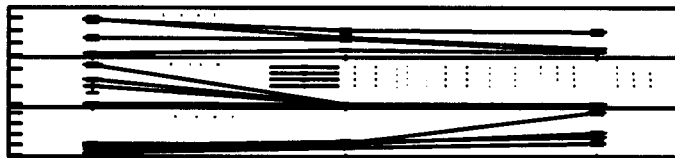


Fig. 6. Effect of N form supplied on *in vivo* (-NO₃⁻) NRA in organs of 'Niitaka' pear seedlings. Vertical bar represents SE of the mean of 3 replicates.

처리 30일 생장에 있어서 모든 조직의 *in vivo* NRA는 배양액 내의 질소형태별 공급비율 및 각 조직 내의 질소함량과 고도로 유의한 상관관계를 보였다(Table 1). 잎과 줄기의 *in vivo* (+NO₃⁻)NRA는 배양액 내의 NH₄⁺비율의 증가에 따라 증가한 반면 뿌리의 *in vivo* (+NO₃⁻)NRA는 반대되는 경향을 보였다. 그러나 모든 조직의 *in vivo* (-NO₃⁻)NRA는 배양액 내의 NO₃⁻비율의 증가 및 각 조직 내의 질산태질소함량과 고도로 유의한 정의상관을 보였다. 암모니움은 질산수송단백질의 합성 또는 질산환원효소의 유도를 억제한다는 보고

(Titus와 Kang, 1982)와 사과나무 사경시험에서 *in vivo* (+NO₃⁻)NRA는 배양액 내의 질산공급농도와 관련이 없었으나 *in vivo* (-NO₃⁻)NRA는 질산농도의 증가에 따라 증가한다 (Lee와 Titus, 1992)는 보고를 감안할 때 본 실험에서도 NH₄⁺의 증가는 질산환원효소의 활성을 감소시키는데 반해 배양액 내의 NO₃⁻비율의 증가는 활성을 증가시킴으로써 모든 조직의 *in vivo* (-NO₃⁻)NRA가 배양액 내의 NO₃⁻비율 및 각 조직 내의 질산태질소합량과 고도로 유의한 정의상관을 보였던 것으로 생각되었다.

Table 5. Correlation coefficients between NRA and external NH₄⁺-N and NO₃⁻-N concentration, concentrations of organ nitrogen, and chlorophyll content in 'Niitaka' pear seedlings subjected to N form supplied. Trees were sampled at 30 days of treatment.

	<i>in vivo</i> (+NO ₃ ⁻)NRA			<i>in vivo</i> (-NO ₃ ⁻)NRA		
	Leaves	Stems	Roots	Leaves	Stems	Roots
External NH ₄ ⁺ -N	0.944 ^{***z}	0.681 [*]	-0.739 ^{**}	-0.957 ^{***}	-0.931 ^{***}	-0.996 ^{***}
External NO ₃ ⁻ -N	-0.944 ^{***}	-0.681 [*]	0.739 ^{**}	0.957 ^{***}	0.931 ^{***}	0.996 ^{***}
Organ Total-N	0.908 ^{***}	0.813 ^{**}	-0.831 ^{***}	-0.824 ^{***}	-0.891 ^{***}	-0.828 ^{***}
Organ NO ₃ ⁻ -N	-0.790 ^{**}	-0.693 [*]	0.273 ^{n.s.}	0.642 [*]	0.819 ^{**}	0.833 ^{***}
Organ Reduced-N	0.876 ^{***}	0.617 [*]	-0.802 ^{**}	-0.821 ^{**}	-0.901 ^{***}	-0.877 ^{***}
Chlorophyll Content	0.852 ^{***}	-	-	-0.741 ^{**}	-	-

n.s. . * . ** . *** Nonsignificant or significant at p=0.05, 0.01 or 0.001, respectively.

Nicholas 등(1976)은 *in vivo* (-NO₃⁻) 분석이 *in situ* 질산환원효소활성을 측정함에 있어서 가장 좋은 방법임을 시사하였고, 아울러 *in vivo* (-NO₃⁻)분석은 조직 내의 환원태질소의 측적을 평가하는데 가장 적절한 방법이다(Radin 등, 1975)는 보고가 있음을 볼 때 본 실험에서도 *in vivo* (+NO₃⁻)NRA는 배양액 내의 NO₃⁻비율과 높은 관련이 없었으므로 질산환원효소활성과 환원태질소합량과의 상관관계를 평가함에 있어서 *in vivo* (-NO₃⁻)NRA와 각 조직 내의 환원태질소합량과의 상관관계가 더 적절할 것으로 판단되었다.

요약 및 결론

질소원형태별 질소공급이 배 실생묘의 생육과 부위별 *in vivo* 질산환원에 미치는 영향에

대하여 조사하였다. 질소 형태별 공급 비율에 따른 실생묘의 수고, 부위별 건물중 모두 NO_3^- 단용보다는 NH_4^+ 단용 또는 NH_4^+ 와 NO_3^- 혼용처리에서 더 양호하였는데, 이는 다른 목본식물의 실생(Edwards와 Horton, 1982; Kotze 등, 1977)과도 유사한 결과를 보였다. 질소형태와 공급농도의 증가에 따라 실생묘의 잎, 줄기, 뿌리에서 모두 질산이 검출되었으며, 각 조직내 전질소함량 중 적은 부분을 차지하였다. 전질소와 환원태질소함량은 처리시기에 따라 질소형태별 공급효과가 다소 다르며, 잎과 줄기의 함량은 배양액의 NH_4^+ 비율이 높은 구에서 높았으나 뿌리에서는 처리 30일을 제외한 다른 시기에는 질소형태별 공급효과가 뚜렷하지 않았다.

인 용 문 헌

- Campbell, W.H. 1988. Nitrate reductase and its role in nitrate assimilation in plants. *Physiol. Plant.* 74:214-219.
- Beevers, L. and R.H. Hageman. 1969. Nitrate reduction in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 20:495-522.
- Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. 1985. The effect of root temperature and nitrate/ammonium ratio on strawberry plants. II. Nitrogen uptake, mineral ions, and carboxylate concentrations. *Agron. J.* 77:835-840.
- Kafkafi, U. 1990. Root temperature, concentration and the ratio $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on plant development. *J. Plant. Nutr.* 13:1291-1306.
- Ikeda, H. and T. Osawa. 1981. Nitrate- and ammonium-N absorption by vegetables from nutrient solution containing ammonium nitrate and the resultant change of solution pH. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 50:225-230.
- Togari, Y., T. Matsuo, M. Hatamura, N. Yamada, T. Harada, and N. Suzuki. 1963. *Experimental methods of crop. Agri.Tech.Asso.* pp.164
- Cataldo, D.A., M. Haroon, L.E. Schrader, and V.L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrogen of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 6:71-80.
- Lee, H.J. and J.S. Titus. 1992. Nitrogen accumulation and nitrate reductase activity in MM. 106 apple trees as affected by nitrate supply. *J. Hort. Sci.* 67:273-281.
- Kotze, W.A.G., C.B. Shear, and M. Faust. 1977. Effect of nitrogen source and aluminum in nutrient solution on the growth and mineral nutrition of apple and peach seedlings. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:279-282.

- Edwards, J.H. and B.D. Horton. 1982. Interaction of peach seedlings to $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ ratios in nutrient solution. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:142-147.
- Takamizo, T. and N. Sgiyama. 1990. Effects of N form on plant growth and fractions of leaf N in rabbiteye blueberries. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 58:865-869.
- Reed, A.J. and R.H. Hagemen. 1980. Relationship between nitrate uptake, flux, and reduction and the accumulation of reduced nitrogen in maize (*Zea mays* L.). I. Genotypic variation. *Plant Physiol.* 66:1179-1183.
- Sanchez, E.E., T.L. Righetti, D. Sugar, and P.B. Lombard. 1991. Recycling of nitrogen in field-grown 'Comice' pears. *J. Hort. Sci.* 66:479-486.
- Santamaria, P., A. Elia, and M. Gonnella. 1997. Changes in nitrate accumulation and growth of endive plants during light period as affected by nitrogen level and form. *J. Plant Nutr.* 20:1255-1266.
- Remmler, J.L. and W.H. Campbell. 1986. Regulation of corn leaf nitrate reductase. II. Synthesis and turnover of the enzyme's activity and protein. *Plant Physiol.* 80:442-447.
- Salisbury, F.B., and C.W. Ross. 1992. *Plant physiology*, pp. 289-307. Wadsworth publishing company, Belmont, CA.
- Gojon, A., C. Bussi, and C. Plassard. 1994. Root/shoot distribution of NO_3^- assimilation in herbaceous and woody species. In: *A whole plant perspective on carbon-nitrogen interactions*. Roy, J. and E. Garnier. (Ed.). pp.131-147. SPB Academic Publishing, The Hague.
- Titus, J.S. and S.M. Kang. 1982. Nitrogen metabolism, translocation, and recycling in apple trees. *Hort. Rev.* 4:204-246.
- Nicholas, J.C., J.E. Harper, and R.H. Hageman. 1976. Nitrate reductase activity in soybeans (*Glycine max* [L.] Merr.). I. Effects of light and temperature. *Plant Physiol.* 58:731-735.
- Radin, J.W., L.L. Parker, and C.R. Sell. 1978. Partitioning of sugar between growth and nitrate reduction in cotton roots. *Plant Physiol.* 62:550-553.