

생장억제제 처리가 나도풍란(*Sedirea japonica*) 유묘의 성장과 invertase 활성에 미치는 영향

지선옥* · 조동훈¹

중부대학교 생명공학과, ¹경북대학교 원예학과

Received June 10, 2005 / Accepted June 24, 2005

Effect of Growth Retardants on Growth and Invertase Activity of *Sedirea japonica* Seedlings in vitro.

Sun Ok Jee* and Dong Hoon Cho¹. Department of Horticulture, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea, ¹Department of Biotechnology, Joongbu University, Chungnam 312-702, Korea – This experiment was conducted to identify the effect of several plant growth retardants on growth of *Sedirea japonica* seedlings cultured in vitro and their changes of invertase activities. When seedlings of *Sedirea japonica* were treated with ancymidol and paclobutrazol, as the concentrations were increased, leaf length was gradually shortened and leaf width became wider than that of control. On the other hand, root length was shorter, but the number of root and the root's diameters were greatly increased, compared with control. In 0.05 mg/L uniconazole, growth of leaf and root were enhanced, compared with the control and higher concentrations of uniconazole. As concentration of each growth retardants was increased, leaf shape became round and smaller. Both soluble acid invertase activity and soluble alkaline invertase activity in leaf were decreased in higher concentrations of each growth retardant, but those of the root were contrary to those of the leaf. To confirm the estimated invertase activities, starch content of leaf was higher in low concentration treatments in each growth retardant, but in the root was contrary to content that of the leaf.

Key words – Growth retardant, Invertase activity, *Sedirea japonica*

나도풍란(*Sedirea japonica*)은 소형의 착생, 단경성란으로 한국 및 일본의 남부지역에 자생하고 있다[1]. 우리나라에서는 제주도, 흥도, 흑산도 등 서남해안 도서지방에 분포하고 있고, 잎은 두껍고 윤기가 있으며 7~8월경에 줄기 기부에서 화경이 발생하여 6~10개의 향기가 좋은 꽃이 피는 것으로 알려져 있다[15,16].

식물생장억제제는 식물체의 절간 및 잎의 성장을 억제하고 뿌리를 굵어지게 한다[9,14]. 이와 같은 현상은 생장억제제가 주로 성장촉진 호르몬인 지베렐린 생합성을 억제하는 anti-gibberellin으로 작용하기 때문에 발생하는 것으로 알려져 있으며[27], 이러한 생리적 변화는 세포의 형태적 특징 및 해부학적 특성의 변화를 가지고 오는 것으로 보고 되었다[10,23].

식물생장억제제 처리에 의한 내생물질 함량의 변화는 탄수화물 및 유리당의 경우 춘란에서 잎과 위구경 모두 생장억제제인 uniconazole을 처리하였을 때가 처리하지 않았을 때 보다 높았다고 하였으며, 특히 춘란의 저장기관이라 할 수 있는 위구경의 탄수화물 및 당 함량은 상당히 높았던 것으로 보고하였다[22]. *Zinnia elegans*에 대한 식물생장억제제 uniconazole 처리가 식물체내 효소활성변화에 미치는 영향에 관한 연구[13]의 단백질 함량조사에서 지상부인 줄기의 함량은 낮았고, 지하부의 함량은 오히려 증가한다고 하였으며, invertase 활성과 유리당 함량과의 관계에 관한보고[18,19,

24]에서는 식물체 부위별 유리당 함량과 invertase 활성은 정비례 관계에 있다고 하였다.

본 연구는 식물생장 억제제인 uniconazole, ancymidol, paclobutrazol을 배지에 몇 가지 농도로 처리하여 생장 억제제의 종류 및 농도에 따른 나도풍란 유묘의 생육에 있어서 형태적 변화 및 식물체 각 부위의 invertase 활성과 전분함량의 관계를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

유묘의 배양

나도풍란(*Sedirea japonica*) 유묘 육성용 배지[6]인 hyponex 3 g/L, peptone 2 g/L, 활성탄 0.5 g/L, 바나나 30 g/L, 사과 30 g/L, 감자 20 g/L, sucrose 30 g/L, 한천 8 g/L을 첨가하여 pH 5.2로 조정된 배지와 배양한 유식물체(엽장 : 23.8 mm, 엽폭 : 8.0 mm)를 실험재료로 사용하였다. 배양은 100 ml의 배지를 분주한 750 ml 사각 배양병에 생장억제제 ancymidol (A-Rest : DowElanco) 0.2, 1.0 mg/L, paclobutrazol (Bonzi : Uniroyal Chemical Co.) 0.1, 0.5 mg/L, uniconazole (Sumagic : Vlent U.S.A Corporation) 0.05, 0.5 mg/L를 각각 첨가한 배지에 8개체씩 각 7반복으로 이식하여 배양하였으며, 매 4주 간격으로 4회에 걸쳐 계대배양하였다. 배양은 온도 24±1℃, 광도 2,000 lux, 광주기는 명기 16시간, 암기 8시간이었으며, 최초 이식일로부터 16주 후 엽수, 엽장, 엽폭, 엽형지수, T/R율(Top/Root fresh weight ratio), 엽면적(엽면적계:

*Corresponding author

Tel : +82-41-750-6713, Fax : +82-41-750-6380

E-mail : sojee@joongbu.ac.kr

DELTA-T IMAGE ANALYSIS SYSTEM VERSION 1.12 UPGRADE), 근수, 근장, 근경 등을 조사하였다.

Invertase 활성 검정

16주간 배양한 유묘를 오전 10시경 식물체를 기외로 꺼내 4°C 냉장고에서 보관한 식물체의 지상부와 지하부를 각각 생체중 5 g씩 미량저울로 달아 절단한 후 얼음상자 내의 유발에서 마쇄하였다. 마쇄 직후 냉장고에 미리 저장해둔 증류수를 생체중의 10배정도 첨가하여 10 rpm으로 교반하면서 시료를 30분간 안정화시켰다. 안정화 후 마쇄용액을 5000 rpm, 4°C에서 5분간 원심분리하여 상등액을 1 ml씩 4개의 시험관에 뽑아내고, Macllvaine Buffer (0.2 M sodium phosphate+ 0.1 M citric acid)를 soluble acid invertase 활성측정용인 pH 4.6인 Macllvaine Buffer와 soluble alkaline invertase 활성측정용인 pH 7.8 Macllvaine Buffer를 각각 두 개의 시험관에 첨가하였다. 이 과정 후 각각 두 개의 시험관 중 하나의 시험관은 식물체내에 원래 함유하고 있는 당량을 측정하기 위해 100°C에서 5분간 중탕 처리하여 효소의 활성을 실험시켰다. 각각의 Buffer 용액과 혼합된 용액을 0.3 ml씩 뽑아내고, 여기에 0.2 M의 sucrose 용액을 첨가, 혼합하여 30°C에서 1시간 반응시킨 후 바로 Somogyi-Nelson[26] 환원당 정량법으로 soluble acid invertase와 soluble alkaline invertase 활성을 측정하기 위한 환원당 측정을 실시하였다. 여기서 측정된 환원당 값에서 원래 식물체내에 함유된 당량을 빼준 값을 환원당 측정값으로 사용하였고, 환원당 측정값은 미리 측정해둔 glucose 표준 곡선에 의해 환산하였다.

Soluble acid invertase와 soluble alkaline invertase 활성 분석을 위한 단백질 분석은 Macllvaine Buffer (0.2 M sodium phosphate+ 0.1 M citric acid), pH 4.6 용액과 Macllvaine Buffer (0.2 M sodium phosphate+ 0.1 M citric acid), pH 7.8 용액이 각각 혼합된 용액을 0.3 ml 뽑아내고, 여기에 0.2 M의 sucrose 용액 0.7 ml를 첨가하여 혼합한 후 30°C에서 1시간 반응시킨 다음 상등액 1 ml를 뽑아내어 상등액 내에 함유하고 있는 단백질의 양을 Lowry 등[17]의 방법을 이용하여

분석하였는데 단백질 표준용액(bovine serum albumin standard)으로 작성한 단백질 표준곡선을 이용하여 환산하였다. 한 단위의 invertase 활성은 30°C에서 매분 glucose로 환원하는 당 1 μmol 의 생산을 촉매하는 효소의 양으로 정의되는데, 한 단위의 invertase 활성을 각각의 분석에서 계산하여 얻은 값에 각각의 단백질 총량으로 나눈 값을 invertase 활성값으로 하여 각각의 invertase 활성도를 나타내었다.

전분 함량분석

전분 함량분석을 위해서 Phenol-sulfuric법[5]을 이용하였다. 나도풍란의 지상부 및 지하부를 각각 생체중 10 g씩 채취하여 균질분쇄기를 이용하여 80% MeOH 100 ml와 함께 분쇄하였고, 분쇄 후 48시간동안 진탕(50 rpm)하였다. 진탕 후 여과지(Toyo No. 1)를 통해 1차 여과를 하였고, 여과액을 다시 원심분리(3,000 rpm, 10분)시켜 그 상등액을 취하여 Sep-Pak cartridge와 membrane filter (0.2 μm)를 이용하여 여과시키고, 시험관(1.5 cm \times 15 cm)당 시료용액 1 ml와 5% phenol 용액 1 ml를 첨가하여 혼합한 후, 끝을 자른 피펫으로 가수분해와 환원당 탈수를 시키기 위해 무수 H₂SO₄ 5 ml를 직접 시험관의 액면에 가하고, vortex mixer로 잘 혼합하여, 실온에 20~30분간 방치하였다. 당표준용액의 조제는 glucose를 95°C에서 8시간 건조시켜 수분을 제거한 후 1 mg/ml의 glucose를 포함하는 용액을 조제 후 이 용액을 25, 50, 75, 100 $\mu\text{g/ml}$ 의 용액을 만들어 시료와 동일한 방법으로 조작하였다. 모든 조작이 완료된 후 UV-VIS spectrophotometer (UV-1201, Shimadzu)를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 당표준용액의 흡광도를 이용하여 탄수화물 함량 표준곡선을 작성하여 시료중의 전분함량으로 환산하였다.

결과 및 고찰

생장억제제 처리에 대한 생육반응

식물생장억제제를 기내 배양중인 나도풍란의 배양용 배지에 첨가했을 때 지상부 생장에 미치는 영향을 보면(Table 1,

Table 1. Effect of growth retardants on leaf growth of *Sedirea japonica* cultured in vitro

Treatment	Concentration (mg/L)	No. of leaves	Leaf length (mm) : A	Leaf width (mm) : B	Leaf shape index (A/B)	Leaf area	Fresh weight (mg)
Control	0.0	6.90 \pm 0.2 ^w	31.9 \pm 0.9	10.8 \pm 0.4	3.0	2.90 \pm 0.1	843.5 \pm 99.9
Uniconazole ^z	0.05	5.85 \pm 0.2	42.2 \pm 1.2	17.5 \pm 0.3	2.4	3.96 \pm 0.2	1397.0 \pm 92.6
	0.5	7.45 \pm 0.3	18.2 \pm 0.6	12.0 \pm 0.3	1.5	1.32 \pm 0.1	702.0 \pm 43.1
Ancymidol ^y	0.2	6.75 \pm 0.3	30.4 \pm 0.9	14.0 \pm 0.4	2.2	3.35 \pm 0.1	1309.5 \pm 57.6
	1.0	6.35 \pm 0.2	14.8 \pm 0.6	12.5 \pm 0.3	1.2	1.35 \pm 0.1	708.0 \pm 98.0
Paclobutrazol ^x	0.1	7.15 \pm 0.2	15.6 \pm 0.4	12.3 \pm 0.3	1.3	1.22 \pm 0.1	835.0 \pm 55.7
	0.5	7.80 \pm 0.2	11.5 \pm 0.3	10.4 \pm 0.3	1.1	0.69 \pm 0.0	602.0 \pm 38.1

Trade name ; ^zSumagic, ^yA-Rest, ^xBonzi

^wFigures were represented as mean value \pm standard error

Fig. 1), 엽장은 uniconazole 0.05 mg/L 처리에서 가장 길었고, 처리농도가 높아질수록 짧아지는 경향을 보였으며, 엽폭은 0.05 mg/L 처리에서 가장 넓었다. 엽폭도 엽장과 마찬가지로 농도가 높아짐에 따라 좁아지는 경향이었으나, 엽형지수(엽장/엽폭)는 처리농도가 높아질수록 수치가 낮아져 잎의 형태가 타원형에서 원형으로 변하는 것을 알 수 있었다. Ancyimidol을 처리했을 때 엽장은 생장억제제의 농도가 높아질수록 현저하게 짧아진 반면, 엽폭은 농도가 높아짐에 따라 좁아지는 경향을 보였다. 엽형지수(엽장/엽폭)는 대조구 3.0에 비해 1.0 mg/L 에서는 1.2로 잎의 형태가 거의 원형에 가까워졌음을 알 수 있었고, 생체중은 농도가 높아질수록 감소하였다. Paclobutrazol 처리에서도 농도가 높아짐에 따라 엽장이 짧아졌고, 엽폭의 경우 0.1 mg/L 에서 가장 넓었으며, 농도가 높아짐에 따라 좁아졌다. 엽형지수는 0.5 mg/L 처리에서 1.1로 잎의 형태가 원형에 가까웠고, 생체중은 처리농도가 높아짐에 따라 감소하였다. Uniconazole 처리 시 엽장 변화는 다른 생장억제제와는 달리 0.05 mg/L 처리에서는 대조구에 비해 크게 증가되어서 uniconazole 저농도 처리는 엽 성장 촉진 효과를 나타내는 것으로 생각되었다. 엽폭 역시 0.05 mg/L 에서 가장 넓었으나 농도가 높아짐에 따라 점차 좁아졌다. 생체중 또한 0.05 mg/L 에서 약 1.5배정도 증가하였으며 그 이상의 농도에서는 감소하였다.

식물생장억제제가 엽면적에 미치는 영향을 보면, paclobutrazol 처리에서는 처리농도가 높아질수록 엽면적은 감소한 반면, uniconazole 0.05, Ancyimidol 0.2 mg/L 처리에서는 대조구보다 엽면적이 증가하였으며, 두 처리 모두 그 이상의 농도처리에서는 엽면적이 감소하였고, 모든 처리에서 식물생장억제제 처리농도가 높아짐에 따라 엽면적이 감소하였다. 뿐만 아니라 잎의 형태에 있어서도 ancymidol 1.0, paclobutrazol 0.3, 0.5 mg/L 처리에서는 원형에 가깝게 변형되어 관상치가 높아진 것으로 평가될 수 있으며, 특히 uniconazole 0.05와 ancymidol 0.2 mg/L 에서는 오히려 잎생장이 촉진되어 기내 유품 생산과 식물생장생리연구에 도움을 줄 것으로 생각되었다.

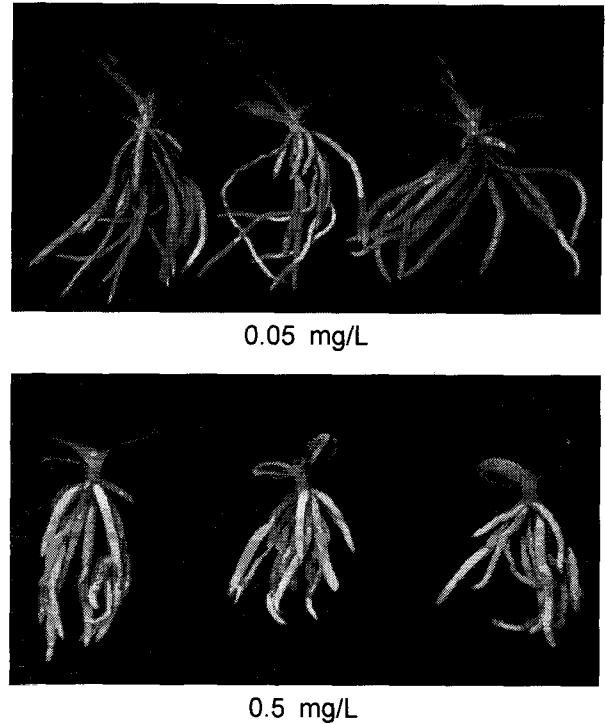


Fig. 1. Effect of uniconazole on the morphological changes of *Sedirea japonica* cultured in vitro.

기내 배양한 나도풍란의 뿌리생장에 미치는 식물생장억제제의 영향을 보면(Table 2), uniconazole 처리에서는 농도가 높아짐에 따라 근수가 증가된 반면 근장은 짧아졌으며, 처리농도가 높아짐에 따라 근직경도 증가하였다. 생체중은 0.05 mg/L 처리에서 가장 무거웠고, 농도가 높아짐에 따라서 감소하였다. Ancyimidol 처리에서는 처리 농도가 높아짐에 따라 근수는 증가하였으나 근장은 짧아졌고, 근직경은 증가하였다. Paclobutrazol 처리에서는 농도가 높아짐에 따라 근수는 증가하였으나 근장은 감소하였고, 근직경은 증가하였으나 생체중은 감소하여 다른 두 처리구와 유사한 경향이였다. 특히 uniconazole 0.05 mg/L 처리에서는 근장이 대조구에 비하여 약 13 mm 증가하였다. Paclobutrazol 처리에서도 근

Table 2. Effect of growth retardants on root growth of *Sedirea japonica* cultured in vitro

Treatment	Concentration (mg/L)	No. of roots	Root length (mm)	Root diameter (mm)	Fresh weight (mg)
Control	0.0	12.4±0.7 ^w	45.5±2.0	2.8±0.1	5028.8±171.1
Uniconazole ^z	0.05	12.2±0.8	58.7±2.1	3.2±0.1	6317.0±379.7
	0.5	14.5±0.8	35.2±1.8	4.2±0.2	5066.0±263.3
Ancyimidol ^y	0.2	12.8±0.4	47.3±2.2	3.3±0.1	5463.0±238.6
	1.0	15.3±0.5	40.9±1.9	3.6±0.1	4975.5±324.4
Paclobutrazol ^x	0.1	14.7±0.6	43.2±2.1	3.9±0.1	5255.0±452.3
	0.5	18.0±0.6	32.4±1.4	4.3±0.1	4329.0±461.1

Trade name ; ^zSumagic, ^yA-Rest, ^xBonzi

^wFigures were represented as mean value±standard error

수가 증가되었으며, 특히 0.5 mg/L 에서는 대조구에 비해 근수가 약 50% 정도 증가된 반면, 근장은 오히려 짧아졌다. 이 상에서 얻은 결과로 생장율을 산출하여 T/R율(Top/Root Fresh Weight Ratio)을 조사한 결과, uniconazole, ancymidol, paclobutrazol 처리에서 모두 처리농도가 높아질수록 T/R율이 감소되어 지상부의 생육이 상당히 억제되었음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 Chung 등[7]의 결과와 거의 일치하였다. *Zinnia elegans* cv. Red Sun의 생장을 억제할 목적으로 uniconazole (200 mg/L), ancymidol (250 mg/L), N-Dimethyl succinamic acid (10,000 mg/L)를 처리했을 때, uniconazole의 생장억제 효과가 가장 좋았으며, ancymidol은 중간, N-Dimethyl succinamic acid의 효과는 가장 낮았다고 하였다[12]. 본 실험에서는 uniconazole 0.05 mg/L 처리 시 오히려 잎 생장이 촉진되었으며, paclobutrazol 처리가 억제효과가 가장 컸다. 이처럼 ancymidol과 triazole계 생장억제제인 uniconazole과 paclobutrazol은 작용부위가 동일함에도 불구하고 억제효과에는 상당한 차이를 나타내었으며, 특히 uniconazole과 paclobutrazol은 화학적 구조만 약간 다를 뿐 화학적 성분은 거의 동일하지만 식물의 종류와 농도별 처리 효과의 차이를 관찰한 결과 생장억제제 사용 시 이러한 점을 충분히 고려해야 할 것으로 생각되었다. 생장억제제를 처리하면 줄기의 생장은 억제되고 상대적으로 엽폭이나 줄기와 뿌리의 직경은 증가되나[2,8,11,23], 엽병장이 짧아지며[28], 식물의 종류에 따라 잎의 크기는 작아지거나 커지는 등 차이를 나타내었고, 잎의 형태는 거의 영향을 미치지 않는다고 하였다. 본 실험에서는 농도가 높아짐에 따라 잎은 더 둥글게 되고, 뿌리는 굵어지는 등 형태적 변화가 나타났는데, 이는 단자엽 식물인 난과 식물 중 rosette화하는 종류에서 나타나는 특징인 것으로 생각되었다. 생장억제제는 일반적으로 줄기의 생장은 억제하는 반면 상대적으로 뿌리의 생장은 촉진하는 것으로 보고[2,8]되고 있는데, 본 실험에서도 생장억제제 농도가 높아질수록 T/R율이 현저히 감소하여 지상부에 비해 지하부의 억제효과가 상대적으로 둔화되었음을 알 수 있었다.

Invertase 활성 검정

식물생장억제제 처리에 의한 invertase활성을 알아보기 위해 soluble acid invertase activity와 soluble alkaline invertase activity를 각각 검정한 결과(Table 3), 잎에 있어서 각각의 활성은 사용된 생장억제제에서 공히 처리농도가 높아짐에 따라 낮았다. 특히 uniconazole 0.05 mg/L 처리에서는 대조구보다 활성이 높았으며, 활성이 가장 낮았던 paclobutrazol 0.5 mg/L 처리에서 잎의 생장이 가장 억제되어 invertase 활성과 잎의 생장에 관련성을 시사하는 것으로 생각되었다.

뿌리는 처리농도가 높아짐에 따라 활성이 높았으며, 뿌리 생장이 가장 억제되었던 paclobutrazol 처리에서 활성이 가장 높게 나타났다.

이상의 결과는 GA처리에 의해 쌍자엽 식물의 절간 신장이 촉진되었고, 이 부위의 환원당 함량과 invertase 활성이 높았다는 보고[3,19,20,25]와 유사한 경향이었으며, 특히 본 실험에서 저농도인 uniconazole 0.05 mg/L 처리와 타 연구에서 GA를 처리한 것 모두 환원당 함량이 증가하는 경향을 나타내었는데, 작용방향이 다른 두 물질 간 환원당의 축적이 높은 것에 관한 해석은 별도로 이루어져야 할 것으로 생각되었다. 그리고 invertase 활성과 환원당 함량은 정비례한다는 보고[18,19,24]와 본 실험의 결과가 유사하였으며, 잎 생장에서 가장 활성을 보였던 uniconazole 0.05 mg/L 처리에서 환원당과 단백질 함량이 가장 높았고, 이 처리에서 지상부 soluble acid invertase와 soluble alkaline invertase 활성도가 각각 2.69와 1.32로 가장 높게 나타나 생장 정도와 invertase 활성이 관련되어 있음을 추측할 수 있었다. 특히 본 실험의 결과, 잎은 저농도 처리에서 invertase 활성이 높았던 반면 뿌리에서는 고농도에서 높아 이 부분에 관한 연구도 뒤따라야 할 것으로 생각되었다.

전분함량

Invertase 활성과 식물체 내 전분함량의 상관관계를 확인하고자 지상부와 지하부의 전분함량을 조사한 결과(Table 4),

Table 3. Effect of growth retardants on invertase activity of *Sedirea japonica* cultured in vitro

Treatment	Concentration (mg/L)	Soluble acid invertase activity (unit/total protein)		Soluble alkaline invertase activity (unit/total protein)	
		Leaf	Root	Leaf	Root
Control	0.0	2.60±0.22 ^w	2.49±0.20	1.30±0.08	1.26±0.06
Uniconazole ^z	0.05	2.69±0.18	2.17±0.19	1.32±0.08	1.07±0.12
	0.5	2.49±0.14	2.52±0.23	1.21±0.10	1.22±0.09
Ancymidol ^y	0.2	2.43±0.20	2.12±0.16	1.22±0.12	1.03±0.02
	1.0	2.38±0.18	2.33±0.15	1.18±0.11	1.16±0.08
Paclobutrazol ^x	0.1	2.56±0.19	2.60±0.11	1.28±0.13	1.28±0.04
	0.5	2.38±0.18	2.65±0.09	1.15±0.07	1.32±0.09

Trade name ; ^zSumagic, ^yA-Rest, ^xBonzi
^wFigures were represented as mean value±standard error

Table 4. Effect of growth retardants on starch content of *Sedirea japonica* cultured in vitro

Treatment	Concentration (mg/L)	Leaf (%)	Root (%)
Control	0.0	0.285±0.005 ^w	0.280±0.026
Uniconazole ^z	0.05	0.325±0.015	0.264±0.005
	0.5	0.276±0.014	0.367±0.004
Ancymidol ^y	0.2	0.314±0.036	0.301±0.012
	1.0	0.278±0.035	0.330±0.011
Paclobutrazol ^x	0.1	0.405±0.010	0.335±0.012
	0.5	0.276±0.012	0.540±0.032

Trade name ; ^zSumagic, ^yA-Rest, ^xBonzi

^wFigures were represented as mean value±standard error

지상부의 각 처리 별 전분함량은 모든 처리에서 저농도가 고농도에 비해 높아서 생장억제제의 농도가 높아질수록 함량은 낮아지는 것을 알 수 있었다. 특히 paclobutrazol 0.1 mg/L 처리 시, 타 처리와 대조구에 비해 상당히 높은 함량을 보여 paclobutrazol 저농도는 전분의 엽내 축적을 촉진시키는 것으로 생각되었다. 지하부는 paclobutrazol 0.5 mg/L 처리는 0.540%로 대조구보다 약 2배정도 함량이 높았다. Uniconazole 처리는 0.5 mg/L 에서 가장 높았고, ancymidol 처리도 처리 농도가 높을 때 함량이 비교적 높았다. 식물생장억제제 paclobutrazol 처리가 사과나무 부위별 전분축적 양상에 관한 연구[4]에서 paclobutrazol 처리는 과실에, 무처리구는 잎에 보다 많은 전분을 함유하였다고 하였으며, 춘란의 광합성 산물인 당의 부위별 함량은 화기, 위구경, 엽신, 엽초의 순으로 화기와 위구경의 당 함량이 다른 기관에 비해 월등히 많았다는 보고[21] 등으로 미루어 보아 지상부와 지하부의 전분함량은 지상부의 경우 처리농도가 높아짐에 따라 함량이 낮아지는 경향을 나타내었으며, 지하부의 경우는 이와 반대로 처리농도가 높아짐에 따라 함량도 높아지는 경향을 보여 식물생장억제제의 처리에 의해 전분 축적이 촉진되는 것을 알 수 있었다. 이것은 식물에서 탄수화물 전이에 관련된 것으로 알려져 있는 invertase의 활성과 관련이 있는 것으로 생각되며, source인 잎에서는 고농도 처리에서 invertase 활성이 감소하여 엽내 전분함량도 감소하였으며, 지하부는 link로서 source로부터 생산된 전분이 전이되어 축적되므로 처리 농도가 높았을 때 전분함량도 높아진 것으로 생각되었다. 이의 명확한 관계 구명을 위해 관련 mechanism의 연구가 뒤따라야 할 것으로 생각되었다.

요 약

본 연구는 몇 가지 생장억제제를 배지에 처리하였을 때 기내 배양한 나도풍란 유묘의 성장과 그들의 invertase 활성 검정을 위하여 실시하였다.

나도풍란에 식물생장억제제인 ancymidol과 paclobutrazol

을 각각 배양용 배지에 첨가했을 때, 농도가 높을수록 엽장이 감소한 반면, 엽폭은 상대적으로 증가하였고, 근장은 짧았으나 근수 및 근직경은 증가하였다. Uniconazole 0.05 mg/L에서는 잎과 뿌리생장이 대조구보다 오히려 촉진되었다. 처리한 모든 종류에 있어서 그 농도가 높아짐에 따라 잎 모양은 원형으로 변하면서 작아졌다.

Invertase 활성을 알아보기 위한 soluble acid invertase 활성과 soluble alkaline invertase 활성은 잎에서는 생장억제제 농도가 낮은 처리에서 높았고, 뿌리에서는 정반대의 경향이었다.

지상부 및 지하부의 전분함량은 잎에서는 invertase 활성이 높았던 저농도에서 높았으며, 뿌리에서는 invertase 활성이 높았던 고농도에서 높았다.

참 고 문 헌

1. Bechtel, H. P. Cribb, and E. Launert. 1992. The manual of cultivated orchid species. 3rd ed. Blandford. London.
2. Boe, A. A., T. S. Lee, D. D. Tapido, and T. J. Banks. 1973. The effect of SADH on radish. HortScience. 8, 497-498.
3. Broughton, W. J., A. J. McComb. 1971. Changes in the pattern of enzyme development in gibberellin-treated pea internode. Ann Bot. 35, 213-228.
4. Byun, J. K., S. Y. Wang. and G. L. Steffens. 1984. Controlling Plant Growth Via the Gibberellin Biosynthesis System; II. Carbohydrates Alterations by GA₃ and Paclobutrazol in Apple Seedlings, HORTICULTURE ABSTRACTS, 2, 68-69.
5. Chaplin, M. F. and J. F. Kennedy. 1986. Carbohydrate analysis. A practical Approach JRI. Press, oxford and washington D.C.
6. Chung, J. D., C. K. Chun., S. S. Kim .1983. Asymbiotic Germination and Plant Culture of *Aerides japonicum* (I) Selection of Suitable Medium and Culture Condition for Germination and Effect of Hyponex, Peptone, and Several Nutrient Supplements on Growth of Seedlings. HORTICULTURE ABSTRACTS, 1, 52-53.
7. Chung, J. D., Y. K. Park, H. Y. Kim, S. O. Jee, J. C. Koh. 1999. Effects of Plant Growth Retardants on the Growth of *Bletilla striata* in vitro. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40, 485-488.

8. Dyson, P. W. 1972. Effect of cycocyl (2-chloroethyltrimethyl ammonium chloride) and Alar (N-dimethylaminosuccinamic acid) on the yields of carrots. *J. Hort. Sci.* **47**, 215-220.
9. Graebe, J. E. 1987. Gibberellin biosynthesis and control. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **318**, 419-465.
10. Jee, S. O., J. D. Chung, Y. K. Park, H. Y. Kim. 2000. Effects of growth retardants on the morphogenesis and GA-like substance activity of *Bletilla striata* in vitro. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* **41**, 409-414.
11. Kim, H. Y. 1998. Effects of uniconazole treatment on the growth and flowering of *Cymbidium* Pine Clash 'Moon Venus' and *Cym.* Green Sour 'A One'. *Kor. J. Hort. Sci. & Tech.* **16**, 40-41.
12. Kim, H. Y., H. Watanabe and Y. Suzuki. 1992. Effect of growth retardant uniconazole on the floral formation of *Zinnia elegance* Jacq. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **61**, 603-608.
13. Kim, H. Y. and Y. Suzuki. 1989. Changes in assimilated ¹³C distribution and soluble acid invertase activity of *Zinnia elegance* induced by uniconazole an inhibitor of gibberellin biosynthesis. *Plant physiol.* **90**, 316-321.
14. Larson, R. A. 1985. Growth regulators in floriculture. *Hort. Rev.* **7**, 399-481.
15. Lee, C. B. 1989. Illustrated flora of Korea. Hyangmunsa. Seoul.
16. Lee, J. 1985. The wild orchid of korea. Jangsung publisher. Seoul.
17. Lowry, O. H., N. J. Rosebrough., A. I. Farr., R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* **193**, 265-275.
18. McCollum, T. G., D. J. Huber., D. J. Cantliffe. 1988. Soluble sugar accumulation and activity of related enzymes during musk melon fruit development. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* **111**, 399-403.
19. Morris, D. M., E. D. Arthur. 1984. An association between acid invertase activity and cell growth during leaf expansion in *Phaseolus vulgaris* L. *J. Exp. Bot.* **35**, 1369-1379.
20. Morris, D. M., E. D. Arthur. 1985. Effects of gibberellic acid on pattern of carbohydrate distribution and acid invertase activity in *Phaseolus vulgaris*. *Physiol. Plant* **65**, 257-262.
21. Paek, K. Y., H. Y. Kim., T. J. Kim., S. K. Park., K. C. Son and J. H. Suh. 1995. From beginning to management of *Cymbidium* culture. The nongmin press. Seoul.
22. Park, J. S. 2000. Studies on habitat environment and flowering physiology of *Cymbidium goeringii*. PhD thesis, Kyungpook national university, Daegu.
23. Park, Y. K. 2000. Effect of plant growth retardants on the growth of *Aerides japonicum* and *Bletilla striata* cultured in vitro. MS thesis, Kyungpook national university, Daegu.
24. Ricardo, C.C.P., T. Rees. 1970. Invertase activity during the development of carrot roots. *Phytochemistry* **23**, 239-247.
25. Seitz, K., and A. Lang. 1968. Invertase activity and cell growth in lentil epicotyls. *Plant Physiol.* **43**, 1075-1082.
26. Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.* **195**, 19-23.
27. Steffens, G. L., S. Y. Wang, M. Faust, J. K. Byun. 1985. Controlling plant growth via the gibberellin biosynthesis system. I. Growth parameter alterations in apple seedlings. *Physiol. Plant* **63**, 163-168.
28. Wang, Y. T., K. H. Hsiao and L. L. Gregg. 1992. Anti-transpirant, Water stress and Growth Retardant Influence Growth of Golden Pothos. *HortScience.* **27**, 222-225.