

백리향 (*Thymus quinquecostatus* Celak.)의 기내증식에 미치는 식물생장조절물질의 영향

이금영, 강호덕*

동국대학교 생명자원과학대학 산림자원학과

Influence of Plant Growth Regulators on Shoot Multiplication of *Thymus quinquecostatus* Celak.

Keum-Young Lee, Ho-Duck Kang *

Laboratory of Forest Biotechnology, Department of Forest Resources, Dongguk University, Seoul, Korea

ABSTRACT *In vitro* culture system was established to induce multiple shoots of *Thymus quinquecostatus* Celak. by investigating the effects of cytokinins. Stem explants were cultured on MS medium supplemented with either five different plant growth regulators or their combinations under light or dark condition. The most effective cytokinin source was the combination of BA 1.0 mg/L and TDZ 0.1 mg/L for producing shoots (6.50 ± 1.51), zeatin 2.0 mg/L and TDZ 0.1 mg/L for elongating shoots (3.27 ± 0.66 cm) under the light condition. In addition, the most effective cytokinin was 2-ip 2.0 mg/L for producing shoots (5.20 ± 1.81), zeatin 2.0 mg/L for elongating shoots (5.64 ± 1.24 cm) under the dark condition. Overall, the average percent for *in vitro* shooting was greater than 89.58%.

Key words: Light and dark culture, plant growth regulators, shoot multiplication, *Thymus quinquecostatus*

서 론

21세기에 들어와 세계는 유전자원의 수집과 보존 그리고 관리에 많은 경비를 투자하고 있다. 또한 지금까지 별로 관심을 갖지 못하였던 야생 들풀까지도 이제는 본격적인 연구의 대상이 되고 있다 (Choi et al. 1994, Matsumoto et al. 1986). 백리향 (*Thymus quinquecostatus* Celak.)은 꿀풀과에 속하는 낙엽 반관목으로 가지가 많이 갈라지면서 자라는 특성이 있는 우리나라 자생식물이다. 백리향의 자생지는 높은 산꼭대기나 바닷가의 바위틈이며, 크기는 약 15 cm 정도이고, 6월경에 분홍색의 꽃을 피운다. 열매는 둥글고 지름 1 mm이며 9월에 암갈색으로 성숙하고 짙은 향기를 풍긴다. 백리향은 향이 좋아서인지 향료로도 많이 쓰이며, 특히 잎을 말려 우려먹는 녹차

로도 유용하게 이용되고 있다. 그밖에도 관상용이나 약용으로도 쓰이는데, 줄기, 잎, 꽃 등 건조를 감기, 기침, 급성위장염, 고혈압, 인후염, 습진, 피부소양증 등에 널리 이용하고 있다. 특히 백리향은 한방자원으로써의 상업적 가치가 증대되고 있어 기내조직배양을 통한 대량증식 보급이 필수적이다.

지금까지 보고된 백리향을 이용한 연구 분야로는 정유성분을 추출하여 약리 활성물질을 분석하였고 (Kim et al. 1994), 담액순환시 배양액의 농도가 백리향의 생육과 품질에 미치는 영향을 보고한 바 있다 (Park and Kim 1998). 또한 백리향으로부터 수경재배시 농도, 배지 및 생육제절이 품질에 미치는 영향을 분석하였으며 (Kim 1998), 항보체 활성과 수율이 높은 다당류를 추출하여 항암효과를 규명한 바 있다 (Jun 1998).

그러나 우리나라에서 백리향에 대한 증식 및 재배연구는 아직 미미한 실정이다. 최근 들어와 백리향의 생리 특성이나 성분특성에 대한 연구가 속속 보고되고 있으나 대량증식에 관한 연구는 전무하다. 고품질 백리향의 대량생산체계를 확립하기

*Corresponding author Tel 02-2260-3316 Fax 02-2263-5662
E-mail: HDK0225@dongguk.edu

위해서는 우선적으로 식물의 생육에 적합한 기내 배양 조건을 구명하는 것이 가장 시급한 문제이다. 따라서 본 연구에서는 백리향의 기내 보존과 2차 대사산물 및 약효 성분 구명 연구에 기초자료를 제공하기 위해 기내 대량증식에 효과적인 생장 조절물질의 종류와 농도 조건을 구명하고자 수행하였다. 본 실험의 연구결과는 약용 자생식물의 대량증식 또는 유전자 형질 전환 등에 좋은 기초자료를 제공할 것으로 판단된다.

재료 및 방법

식물 재료

북한산 국립공원에서 백리향 종자 capsule을 채집하여 1% Clorox 용액에 20분간 표면소독하고 멸균수로 4-5번 세척한 후 조직배양 재료로 이용했다. 백리향 미성숙배는 MS배지에서 발아시켜 기내 유묘를 유도하여 시료로 활용했으며, MS 배지에 BA 0.5 mg/L를 첨가한 증식배지에서 1년이상 계대배양을 통해 유지, 증식된 백리향 신초로부터 조직을 채취하여 이용하였다. 조직 절편체는 증식배지에서 4주간 자란 신초에서 채취하였는데, 잎을 완전히 제거하고, 60 mm정도 되는 절간을 이용하였다.

대량증식용 배지조성 및 배양조건

배지내 cytokinin 종류와 농도가 백리향 조직에서의 신초 형성에 미치는 영향을 비교하고자 MS배지에 BA, zeatin, 2-ip, kinetin, TDZ의 농도를 다양하게 하여 첨가하였고, 또한 BA와 TDZ, zeatin과 TDZ를 각 농도별로 조합하여 총 25처리로부터 기내 식물체 형성 정도를 비교하였다. 실험에 사용한 배지는 각각 agar (Bacto-Agar) 7 g/L와 sucrose (Sigma) 30 g/L를 첨가하였고, pH는 멸균하기 전에 5.7~5.8로 조정하였다. 각 처리당 반복수는 8반복으로 하되 25 mL의 배지를 넣은 petri-dish에 절편체를 3개씩 치상하여 1반복으로 하였다. 그 중에서 받은 명배양의 조건으로, 나머지 받은 암배양의 조건으로 배양하였다. 배양조건은 명배양의 경우 온도 23°C, 광도 1500 lux 정도로 유지하였으며 16시간 일장으로 4주간 배양하였다. 암배양의 경우에는 온도 21°C로 유지하였으며, 명배양과 마찬가지로 치상 4주 후에 대량증식물을 조사하였다.

줄기 신장

치상 4주 후에 기내에서 증식된 식물체는 줄기를 신장시키기 위해 NAA 0.02 mg/L를 처리한 MS배지에서 계대배양을 하여 뿌리를 유도하였다.

결과 및 고찰

기내에서 백리향 조직의 기내 대량증식 과정을 관찰한 결과, 배양 후 3일 정도면 신초 형성을 육안으로 관찰할 수 있었으며, 절간조직의 절단면의 부정아로부터 대량의 줄기가 유도되었다. 또한 배양기간이 경과함에 따라 신초수와 길이는 증가하였다. 백리향 조직의 절간으로부터 대량증식에 미치는 cytokinin의 영향을 구명하고자 BA, zeatin, 2-ip, kinetin, 그리고 TDZ를 처리한 결과, 사용된 식물생장조절물질의 종류와 농도에 따라 줄기형성의 다양한 양상을 보였다 (Table 1).

Control 조건에서 식물체 유도율은 62.50%로 낮게 나타났으며, zeatin 1.0 mg/L가 첨가된 배지에서도 58.33%로 가장 낮게 나왔으나, 이 두가지 경우를 제외한 나머지 처리에서는 평균 식물체 재생율이 89.58%로 높게 나타났다. 그 중에서도 BA + TDZ를 혼합 처리한 배지에서 96.88%로 기내에서 식물체 형성이 용이했다. 마찬가지로 TDZ, TDZ+zeatin을 조합한 배지에서도 백리향 신초의 수나 길이 면에서 반응이 우수하게 나타났다.

Cytokinin의 종류와 농도에 따른 신초의 형성

MS배지에 BA, zeatin, 2-ip, kinetin, TDZ를 각각 농도별로 처리한 후, 식물시료를 치상하고 명조건으로 배양하였다. 그 결과 녹색을 띠는 신초들이 많이 유도되는 것을 발견할 수 있었다. 절편체의 절단면으로부터 새로운 부정아가 많이 유도되었는데, 새로 나온 줄기에는 작은 잎들이 많이 달려 있었다 (Figure 1-A). 호르몬을 처리하지 않은 control 조건에서는 신초의 개수가 2.18 ± 0.57 개였으며, BA 0.5 mg/L를 처리했을 때 6.11 ± 0.78 개의 대량의 줄기를 생산하여 다양한 농도조건에서 대체로 반응이 좋았다. Kinetin은 모든 농도조건에서 무처리 보다 적은수의 줄기가 생산되었다. 유사한 결과로서 kinetin의 효과는 단독으로 나타나지 않고 auxin과 함께 존재할 때 상호작용으로 세포분열을 촉진시킨다고 밝힌 바 있다 (Choi et al. 1994). 가장 많은 줄기를 생산한 PGR조합은 BA 1.0+TDZ 0.1 mg/L로써 줄기의 개수가 6.50 ± 1.51 개나 되었다. 전체적으로 볼 때 BA와 TDZ를 혼합 처리한 배지에서 신초를 많이 생산할 수 있었다.

BA를 단독 처리했을 경우 0.2 mg/L의 농도에서 줄기의 수는 4.33 ± 1.66 개였으며, 여기에 TDZ 0.02 mg/L를 조합하였더니 5.71 ± 1.11 개의 줄기를 생산할 수 있었다. 마찬가지로 BA 0.5 mg/L를 처리한 배지에서는 줄기의 수가 6.11 ± 0.78 개, BA 0.5+TDZ 0.05 mg/L에서는 6.33 ± 0.98 개였다. 또한 zeatin 2.0 mg/L 처리 배지에서는 줄기의 개수가 4.42 ± 1.56 개로써 zeatin 1.0 mg/L 또는 5.0 mg/L를 처리했을 때보다도 많은 수를 나타냈다. 그런데 zeatin 2.0 mg/L에 TDZ를 0.05, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L의 농도로 조합한 결과, 줄기의 개수는 4.0 ± 0.67 , 4.4 ± 1.17 , 4.45 ± 0.82 , 5.11 ± 1.05 로써 zeatin만을 단독 처리했을 때와 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 앞의 두 가지 결과로

Table 1. Effect of plant growth regulators on shoot formation from stem explant of *Thymus quinquecostatus* Celak. after 1 month of culture.

Growth regulators(mg/L)	% of shoot development	<i>In vitro</i> shoot formation			
		Light condition		Dark condition	
		No. of shoot	Length (cm)	No. of shoot	Length (cm)
Control	62.5	2.2±0.6	2.4±0.7	2.4±1.3	4.9±1.8
BA 0.2	75.0	4.3±1.7	1.7±0.6	4.2±1.5	2.8±0.5
0.5	100.0	6.1±0.8	1.3±0.2	4.5±1.2	0.9±0.2
2.0	100.0	6.0±0.7	1.2±0.2	1.8±0.8	0.7±0.1
5.0	83.3	5.4±1.9	0.9±0.2	1.8±0.6	0.6±0.1
Zea 1.0	58.3	3.4±1.2	2.0±0.6	3.0±0.9	1.3±0.2
2.0	100.0	4.4±1.6	2.3±0.7	4.9±1.0	5.6±1.2
5.0	100.0	4.3±1.3	2.7±0.7	3.9±1.8	1.1±0.2
2-ip 1.0	83.3	3.5±1.3	2.0±0.4	4.9±1.7	4.1±0.4
2.0	75.0	3.9±0.9	2.4±0.5	5.2±1.8	1.3±0.4
5.0	91.7	3.5±1.1	2.6±0.7	2.3±1.2	0.9±0.1
KN 1.0	75.0	2.0±0.9	2.8±0.3	3.2±1.2	1.4±0.3
2.0	100.0	2.6±0.5	3.1±1.3	3.6±0.5	1.6±0.4
5.0	83.3	3.0±0.8	2.7±0.7	4.0±1.8	0.3±0.1
TDZ 0.1	91.7	3.4±1.7	2.4±0.7	4.6±2.3	2.8±0.3
0.2	100.0	4.6±1.9	2.8±0.5	4.6±1.0	1.7±0.1
0.5	100.0	6.3±1.9	2.6±0.3	5.0±1.0	1.5±0.4
2.0	91.7	5.8±1.8	1.8±0.1	4.4±1.5	1.1±0.2
BA 0.2+TDZ 0.01	91.7	5.7±1.1	2.0±0.2	3.8±1.8	1.3±0.3
BA 0.5+TDZ 0.05	95.8	6.3±1.0	1.7±0.1	3.8±1.2	1.2±0.3
BA 1.0+TDZ 0.1	100.0	6.5±1.5	1.7±0.1	4.2±1.9	1.2±0.1
BA 2.0+TDZ 0.2	100.0	3.6±0.7	1.4±0.2	3.3±1.8	0.5±0.1
Zea 2.0+TDZ 0.05	83.3	4.0±0.7	2.7±0.5	3.3±1.0	1.4±0.4
Zea 2.0+TDZ 0.1	95.8	4.4±1.2	3.3±0.7	3.4±1.4	1.3±0.3
Zea 2.0+TDZ 0.2	91.7	4.5±0.8	2.6±0.9	5.0±1.9	1.0±0.2
Zea 2.0+TDZ 0.5	100.0	5.1±1.1	1.9±0.3	4.1±1.6	1.0±0.3

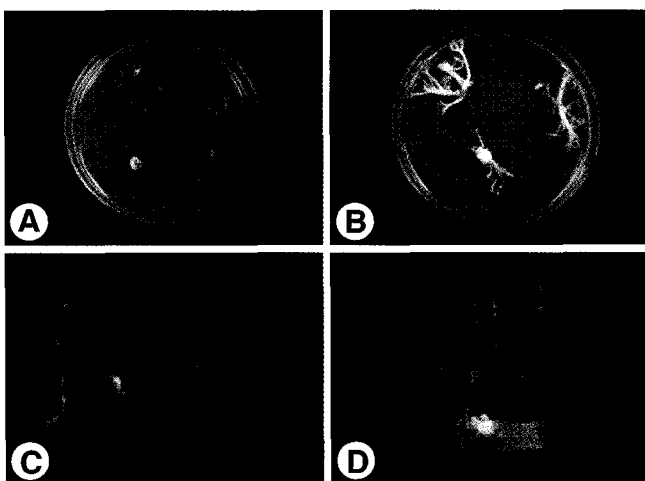


Figure 1. Plantlet regeneration from stem explant of *Thymus quinquecostatus* Celak. A, Plant regeneration from stem culture under the light condition with BA 1.0+TDZ 0.1 mg/L; B, Plant regeneration from stem culture under the dark condition with BA 5.0 mg/L; C, Comparison of PGR treatment; control, BA 0.2, BA 0.2+TDZ 0.01, zeatin 1.0 mg/L from left to right; D, Shoot elongation from multiple shoots on MS medium supplemented with NAA 0.02 mg/L after 4 weeks of culture.

TDZ의 효과가 아주 뛰어나다는 것을 알 수 있었다.

Mok 등 (1982)은 TDZ를 발견할 당시 cytokinin의 대사 관련 연구로부터 TDZ와 그 밖에 요소로 대체된 많은 화합물을 *Phaseolus lunatus*의 callus 조직에 처리하여 성장을 관찰하였다. 여기서 이들은 TDZ의 활성이 N-phenyl-N9-4-pyridylurea 유도체와 adenine type의 cytokinin 중에서 가장 강한 것과 대등함을 발견하였다. TDZ는 세포와 callus 배양에서 성장을 촉진시키고, 줄기의 출현과 체세포배의 발생을 촉진시키며 임목의 휴면을 타파한다는 것을 구명한 바 있다. 이의 효과가 구명된 이후 다양한 식물종을 대상으로 대량증식 시험을 시도하고 있다. 포도의 액아배양에서 TDZ를 사용시 줄기의 형성이 촉진되었고, 저농도에서 발근이 촉진되었다는 보고가 있다 (Gribaudo and Fronda 1991). 담배의 엽편배양에서 TDZ의 첨가는 BA와 NAA의 조합에서보다 체세포배 형성을 통한 재분화를 증가시켰다 (Gill and Saxena 1993). 목본류에서는 TDZ가 줄기의 증식을 촉진시키는 것을 확인할 수 있으며, BA보다 활성이 높은 경향이 있다. 제라늄의 하배측 배양에서 BA와 TDZ가 함유된 MS배지에서 배양후 12일 만에 체세포배가 형성되었다 (Visser et al. 1992). 땅콩의 하배측은 TDZ가 첨가

된 배지에서는 무처리 보다 많은 부정아를 형성하였고 (Li et al. 1994), 고구마 엽병절편은 2,4-D가 첨가된 MS배지에서 3일간 배양 후 TDZ가 첨가된 배지에서 절편당 6개 이상의 식물체가 생산되었다 (Barna and Wakhlu 1995). TDZ는 *Vicia faba*의 원형질체로부터 체세포배를 형성시키고, 이로부터 식물체를 재생시키는 능력이 auxin이나 기타 cytokinin보다 월등히 우수하였다는 보고가 있다 (Tegeuder et al. 1995). 제라늄을 화분에 심고 몇몇 auxin과 cytokinin 용액을 관수하였을 때, TDZ만이 근두로부터 뿌리와 줄기가 유도되는 것을 관찰할 수 있었다 (Sagano et al. 1995). 이렇게 TDZ의 뛰어난 효과가 다양한 실험을 통해 증명된 가운데, 본 실험에서도 TDZ의 효과는 기타 cytokinin보다도 뛰어났다. 특히 TDZ를 단독으로 사용했을 때도 반응이 좋지만, 기타 PGR과 조합하였을 때 식물체 유도에 상승작용을 한다는 것을 알 수 있었다.

신초의 길이를 관찰한 결과, 신초의 수에 있어서 가장 낮은 반응율을 보였던 kinetin처리 배지에서 각각의 농도 처리당 2.83±0.25, 3.14±1.27, 2.70±0.65 cm를 나타내었다. BA의 경우엔 신초의 개수는 많았던 대신 길이는 짧은 경향을 나타내었다. TDZ 처리 배지에서는 신초의 개수가 많았던 것과 마찬가지로 길이 또한 높은 수치를 나타내었다. 줄기의 길이가 가장 긴 배지는 zeatin 2.0+TDZ 0.2 mg/L 처리로써 이때의 길이는 3.27±0.66 cm이었다.

암배양의 경우 신초에서 잎은 거의 찾아볼 수 없었고, 엽록소가 없는 형태의 하얗고 가느다란 줄기가 관찰되었다. 잎이 존재하더라도 명배양과 같이 푸른 빛깔을 띠지 않고 줄기와 비슷한 밝은 색을 띄었다(Figure 1-B). 줄기의 개수는 control 조건에서 2.43±1.27개였으며, BA 5.0 mg/L에서 1.75±0.62개로 가장 적었고, 2-ip 2.0 mg/L의 경우 5.20±1.81개로 가장 많았다. TDZ는 모든 농도조건에서 좋은 반응을 보였다. 줄기의 길이를 살펴보면, PGR 처리에 따라 어떤 특성을 나타내지는 않았고, control (4.89±1.75), zeatin 2.0 mg/L (5.64±1.24), 2-ip 1.0 mg/L (4.10±0.36)로 처리했을 때 높은 수치를 나타내었다.

백리향 대량생산의 명배양/암배양 비교

광이 배양 식물체에 미칠 수 있는 조건은 빛의 유무, 일장, 빛의 강도, 빛의 질 (색깔), 빛의 근원 (자연, 형광, 백열) 등이다. 모든 기내 식물체는 식물 생육을 위해 광을 필요로 하지만, 때로는 배양초기에 광을 약하게 하거나 어둡게 하면 발근과 생육에 유리하고, 특히 배지를 어둡게 함으로써 묘의 성장과 발육이 촉진되기도 한다 (Arditti and Ernst 1984).

본 연구에서 줄기의 수를 비교해 보았을 때 명배양의 조건 하에서는 평균적으로 BA (5.47±1.27)와 TDZ (5.04±1.81), BA+TDZ (5.54±1.08)의 PGR에서 좋은 반응을 보였고, 암배양의 조건하에서는 TDZ (4.63±1.44)에서 줄기의 수가 많았다. BA나 TDZ는 명배양에서보다 줄기의 개수가 적었다. 이를 볼 때 명배양, 암배양에서 모두 좋은 반응을 보이는 식물성장

조절물질은 TDZ임을 알 수 있었다. Control의 경우 줄기는 2.18±0.57 (명배양), 2.43±1.27 (암배양)개였으나, 줄기의 길이는 암배양에서 4.89±1.75 cm로 다른 어느 처리에서보다도 가장 길었다 (Figure 2). 이는 cytokinin은 세포분열을 촉진시키는 능력이 뛰어나기 때문에 이러한 cytokinin을 처리한 배지에서 자란 줄기는 그 개수가 많아서 길이 생장을 원활히 하지 못하는 반면, 무처리 배지에서는 한개, 혹은 두개 정도의 단일줄기를 형성함으로써 길이 생장을 촉진시키기 때문이다 (Figure 1-C).

줄기 신장

대량증식 배지에서 4주간 성장한 식물체로부터 줄기를 하나씩 나누어 NAA가 첨가된 MS배지에 계대배양하였다. NAA를 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.5 mg/L 등의 농도로 처리한 결과 비교적 저농도인 0.02 mg/L에서 좋은 신장율을 보였다 (data not shown).

지금까지 백리향 (*Thymus quinquecostatus* Celak.)과 관련된 기내 연구는 전무한 실정으로 많은 연구자들에게 있어서 백리향이라는 식물은 관심 밖의 식물이었다. 최근 들어와 백리향의 생리적 특성이나 정유 등의 성분특성에 대한 연구가 이루어지고 있으나, 아직도 미미한 상태로써 특히나 대량증식에 관한 연구는 이루어지지 못했다. 생육과 정유함량 및 그 조성

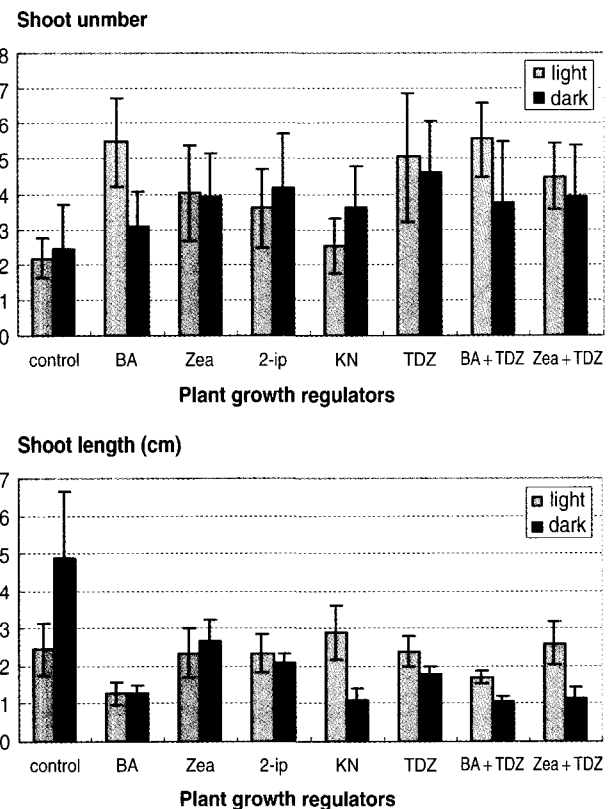


Figure 2. Comparison between light & dark culture condition on MS media with various PGR treatment. The vertical bar on graph shows the standard error.

은 생산지나 재배환경, 품종과 수확시기에 따라 크게 차이가 난다 (Senatore 1996; Jackson and Hay 1994; Park 1996; Suh 1998). 그러므로 최대의 정유함량과 함께, 고품질의 작물생산과 수확량을 증가시키는 재배환경이 확립되어야 할 것이다. 이번 연구를 통해 백리향의 신초의 대량증식에 효과적인 cytokinin의 종류와 농도를 구명하였다. 하지만 백리향을 대량으로 증식하여 상품화 단계에 이르기 위해서는 백리향 증식뿐만 아니라 생리적 또는 유전적 특성 등을 고찰할 필요가 있다. 본 연구는 관상적 또는 약용적 가치가 매우 높은 백리향식물의 품종개발에 기초자료를 제공할 것으로 판단된다.

적 요

백리향(*Thymus quinquecostatus* Celak.)의 기내번식 방법을 개발하기 위해 줄기증식에 미치는 사이토키닌 효과를 조사하였다. 시료식물은 MS배지에 thidiazuron 등 5종의 사이토키닌을 단독 또는 혼합 처리하여 광배양 또는 암배양 조건에서 식물체 증식을 유도하였다. 백리향의 대량증식에 효과적인 cytokinin 종류와 농도는 명배양시 줄기수에 있어서 BA 1.0 + TDZ 0.1 mg/L (6.50 ± 1.51) 였고, 신초의 길이는 zeatin 2.0 + TDZ 0.1 mg/L (3.27 ± 0.7)가 최적 조건이었다. 또한 암배양시 줄기수의 경우엔 처리간에 별다른 차이 없이 비슷한 경향을 나타낸 가운데 2-ip 2.0 mg/L로 처리하였을 때가 가장 뛰어나고, 줄기의 신장은 zeatin 2.0 mg/L일 때가 가장 효과적이었다. 전체적으로 기내에서 대량증식율은 평균 89.58%로 비교적 대부분의 시료에서 식물체가 유도되었다.

사사 - 본 연구는 2001년도 동국대학교 신입교원연구비 지원에 의한 연구 결과이다.

인용문헌

- Arduini J, Ernst R (1984) Orchid biology: Reviews and perspectives, Physiology of orchid seed germination, Vol. 3, Cornell Univ. Press, Ithaca, N.Y.
- Barna KS, Wakhlu AK (1995) Effects of thidiazuron on micropropagation of rose. *In Vitro Cell Dev Biol* 31: 44-46
- Choi SU, Nam SH, Yang GJ, Cho MJ, Yang MS (1994) Plant regeneration from the stem tissue of *Orostachys japonicus* A. Berger. *Kor J Plant Tiss Cult* 21: 65-68
- Gill R, Saxena PK (1993) Somatic embryogenesis in *Nicotiana tabacum* L.: induction by thidiazuron of direct embryo differentiation from cultured leaf discs. *Plant Cell Rep* 12: 154-159
- Gribaudo I, Fronda A (1991) Effects of thidiazuron on grapevine axillary buds cultivated *in vitro*. *Hort Sci* 26: 1083
- Jackson SAL, Hay RKM (1994) Characteristics of varieties of thyme (*Thymus vulgaris* L.) for use in the UK: Oil Content, Composition and Related Characters. *Hort Sci* 69: 275-281
- Jun H (1998) Anti-complementary activity and Anti-cancer Effects of the Polysaccharide Isolated from Thyme (*Thymus vulgaris* L.). M.S. Thesis, Korea University
- Kim YH (1998) Effects of the concentration of nutrient solution, substrate and growing season on quality in hydroponically grown thyme. *Kor Hort Sci* 16: 238-241
- Kim YH, Lee JC, Choi YH. (1994) Essential oils of *Thymus quinquecostatus* Celakov. and *Thymus magnus* Nakai. *Kor Plant Res* 7: 234-240
- Li Z, Jarret RL, Pittman RN, Demski JW (1994) Shoot organogenesis from cultured seed explants of peanut (*Arachis hypogaea* L.) using thidiazuron. *In Vitro Cell Dev Biol* 30: 187-191
- Matsumoto M, Nagano M, Shiyama Y, Mishioka I (1986) New vegetative propagation method of *Rehmannia glutinosa*. *Shoyaku Zasshi* 40: 193-197
- Mok MC, Mok DWS, Armstrong DJ, Shudo K, Isogai Y, Okamoto T (1982) Cytokinin activity of N-phenyl-1,2,3,-thidiazol-5-urea (Thidiazuron). *Phytochem* 21: 1509-1511
- Park KW (1996) The cultivation and uses of herbs. Press of Korea Univ., Seoul.
- Park KW, Kim YH (1998) The effect of nutrient solution on the growth and quality of *Thyme vulgaris* in DFT. *Kor Hort Sci* 16: 135-139
- Sagano MHM, Murch SJ, Slimomon YY, Krishna Raj S, Saxena PK (1995) Morphoregulatory role of thidiazuron: morphogenesis of root outgrowths in thidiazuron-treated geranium (*Pelargonium hortorum* Bailey). *Plant Cell Rep* 15: 205-211
- Senatore F (1996) Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of thyme (*Thymus pulegioides* L.) growing wild in Campania (southern Italy). *Agric Food Chem* 44: 1327-1332
- Suh EJ (1998) Effects of cultivar, mineral elements and growing condition on the growth and essential oil contents of basil in hydroponics. Theses for the Degree of Doctor, Korea Univ., Seoul
- Tegeder M, Gebhardt D, Schieder O, Pickardt T (1995) Thidiazuron-induced plant regeneration from protoplasts of *Vicia faba* cv. Mythos. *Plant Cell Rep* 15: 164-169
- Visser C, Qureshi JA, Gill R, Saxena PK (1992) Morphoregulatory role of thidiazuron: Substitution of auxin and cytokinin requirement for the induction of somatic embryogenesis in geranium hypocotyl cultures. *Plant Physiol* 99: 1704-1707

(접수일자 2003년 11월 29일, 수리일자 2004년 2월 17일)