

수지산분해균을 리용하여 나무의 뿌리내리기를 촉진시키기 위한 연구

김국철, 소명철

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《나무모생산을 앞세우는것은 산림을 전망성있게 조성하기 위한 중요한 요구입니다.》

(《김정일선집》 증보판 제11권 35페이지)

수지산은 이소프렌(C_5H_8)의 중합체로서 디테르펜화합물에 속한다.[1, 8]

수지산은 나무의 줄기와 뿌리속에 있을 때에는 류동성이 있고 산화되지도 않지만 나무의 가지나 뿌리가 잘리워 로출되면 밖으로 흘러나오면서 쉽게 산화되어 수지막을 형성한다. 수지산은 나무의 가지심기 및 옮겨심기를 진행할 때 나무의 사름률을 낮추는 물질[2]로서 그 함량은 넓은잎나무보다 바늘잎나무에서 더 많으며 그리하여 바늘잎나무들은 넓은잎나무들보다 사름률이 떨어진다.[2, 3] 세계적으로 수지산분해균을 리용하여 목재와 팔프, 종이공장폐수속에 들어있는 아비에틴산, 데히드로아비에틴산을 비롯한 수지산들을 분해함으로써 종이생산성을 높이고 환경오염을 줄이기 위한 연구는 많이 진행[7, 9]되었지만 가지심기 및 옮겨심기한 나무들의 사름률을 높이기 위한 연구는 적게 진행되었다.

이로부터 우리는 뿌리내림억제물질인 수지산을 분해하는 활성이 높은 균을 분리하고 이 균을 리용하여 가지심기 및 옮겨심기한 나무들의 뿌리내리기를 촉진시키기 위한 연구를 하였다.

재료 및 방법

수지산분해균의 분리원으로서 바늘잎나무뿌리와 뿌리권토양시료, 가지를 자른 후 바늘잎나무에서 흘러나와 굳어진 송진을 리용하였다.

송진에서 분리정제[4]한 수지산혼합물을 첨가하여 만든 RM배지[6]를 리용하여 수지산분해균을 분리하고 분해띠직경/균무지직경을 조사하는 방법으로 분리균주들중에서 수지산분해능이 높은 균주들을 선발하였으며 선행연구[5]에 준하여 수지산분해능을 측정하였다.

대조균주들로 수지산분해균으로 알려진 *Pseudomonas resinovorans*-1734[3]와 *Serratia marcescens*-828[8]를 리용하였다. 수지산분해균배양액처리는 심을 가지를 채취한 후 또는 나무모를 뜬 즉시 수지산분해균배양액에 충분히 담그었다가 옮겨심는 방법으로 하였다.

시험에 리용한 나무들은 단나무와 잣나무였다.

결과 및 논의

몇가지 수종의 바늘잎나무뿌리와 뿌리권토양시료, 가지를 자른 후 흘러나와 굳어진 송진에서 분리한 각이한 류형의 균주들가운데서 분해띠직경/균무지직경값을 조사하는 방

법으로 수지산분해능이 높은 균주들을 선발하였다.(표 1)

표 1. 분리균주들의 수지산분해능

균주 번호	분리원	균무지직경 /mm	분해띠직경 /mm	분해띠직경/ 균무지직경
1	뿌리	1.2	1.3	1.08
2		3.0	3.6	1.20
3		2.4	2.9	1.21
4		1.2	1.3	1.08
5		1.4	1.5	1.07
6		1.2	1.3	1.08
7		1.2	1.3	1.08
8	뿌리권토양	0.8	0.8	1.00
9		1.1	1.1	1.00
10		1.2	1.2	1.00
11		1.1	1.1	1.00
12		0.9	0.9	1.00
13		0.8	0.8	1.00
14		1.0	1.0	1.00
15	송진	2.8	3.3	1.18
16		1.1	1.2	1.10
17		1.4	1.5	1.07
18		1.3	1.4	1.08

시료채취시기 2017년 3월, 배양조건: RM배지, 28℃, 7d

표 1에서 보는바와 같이 바늘잎나무뿌리와 송진을 수지산분해균의 분리원으로 리용하였을 때 분해띠직경/균무지직경의 비가 1.00이상으로서 수지산분해능이 높았다. 특히 소나무뿌리에서 분리한 No. 2, 3균주와 소나무송진에서 분리한 No. 15균주들에서 분해띠직경/균무지직경의 비가 각각 1.20, 1.21, 1.18로서 수지산분해능이 높았다. 이로부터 수지산분해능이 높은 균주를 분리하기 위해서는 소나무의 뿌리와 송진을 리용하는것이 좋다는것을 알 수 있다. 수지산분해능이 높은 균주들로서 No. 2, 3, 15를 선발하고 각각 R1, R2, R3으로 표기하였다.

다음으로 선발된 균주들에 의한 수지산분해를 대조균주들과 비교하여 검토하였다. 대조균주들과 선발균주들을 28℃의 RM액체배지에서 진탕배양과 정치배양하면서 1일간격으로 배양액을 취하여 0.1mol/L NaOH로 적정하는 방법으로 분해되지 않고 남아있는 수지산함량을 측정하였다. 이때 배양액속의 분해되지 않고 남아있는 수지산함량은 다음식으로 계산하였다.[5]

$$X = 30.2V$$

여기서 X —분해되지 않고 남은 수지산의 량(mg), 30.2는 0.1mol/L NaOH용액 1mL에 해당하는 수지산의 환산결수, V —적정에 소비된 0.1mol/L NaOH의 량(mL)이다.

분해된 수지산함량은 배양액속의 초기수지산함량에서 일정한 기간 배양한 후 배양액속에 분해되지 않고 남아있는 수지산함량을 더는 방법으로 계산하였다.

배양기일에 따르는 대조균주들인 *Pseudomonas resinovorans*-1734, *Serratia marcescens*-828과 선발균주들의 수지산분해특성은 그림, 표 2와 같다.

그림에서 보는바와 같이 대조균주들과 선발균주들을 진탕배양할 때 (배양액속의 수지산농도 1 000mg/L) 대조균주들인 *P. resinovorans*-1734와 *S. marcescens*-828배양액에서는 균접종 후 14, 11일 동안에 수지산이 완전히 분해되었는데 거의 직선을 이루면서 분해되는 경향성이 있었다. 이와는 달리 선발균주들에서는 균접종 후 1~4 일 동안에 배양액속의 수지산농도가 급격히 줄어들었으며 그후부터는 천천히 줄어들다가 균접종 후 6~9일 동안에 완전히 분해되었다.

선발균주들인 R1, R2, R3을 진탕

배양할 때 수지산이 완전히 분해되는데 걸리는 기일을 비교하여 보면 각각 (6.4 ± 0.2), (9.2 ± 0.2), (6.8 ± 0.2)일로서 R1, R3에서의 완전분해기일이 R2에서 보다 짧았다. 그리고 R1, R3균주에 의한 수지산의 완전분해기일에서는 유의한 차이가 없었다. ($p < 0.05$)

정치배양조건에서도 배양액속의 수지산이 완전히 분해되는데 걸리는 기일은 대조균주들에 비하여 선발균주들에서 훨씬 짧았다. 그리고 선발균주들중에서도 R1, R3에 의한 수지산의 완전분해기일이 R2보다 짧고 서로 비슷하였다. 이로부터 R1, R3의 수지산분해활성은 서로 비슷하며 R2보다는 활성이 높다는 것을 알 수 있다. (표 2)

표 2. 균주들에 의하여 수지산이 완전히 분해되는 기일

균주	대조균주		선발균주		
	<i>P. resinovorans</i> -1734	<i>S. marcescens</i> -828	R1	R2	R3
완전분해기일/d	29.6 ± 0.6	24.0 ± 0.8	12.0 ± 0.2	14.0 ± 0.2	11.8 ± 0.2

배양조건: RM액체배지, 28℃, 정치배양

R1, R3균주들의 수지산분해활성이 서로 비슷하므로 진탕배양조건에서 배양기일을 7일로 정하고 배양액속에 첨가하는 수지산함량을 높이면서 R1, R3균주들이 최대로 분해할 수 있는 수지산분해률을 비교하는 방법으로 수지산분해활성이 더 높은 균주를 선발하였다. (표 3)

표 3. 수지산농도에 따르는 선발균주 R1, R3의 수지산분해률

수지산농도 (mg·L ⁻¹)	수지산분해률/%	
	R1	R3
1 500	100	100
2 000	100	92.1
2 500	84.1	71.2

RM액체배지, 배양온도 28℃, 진탕
배양 180r/min

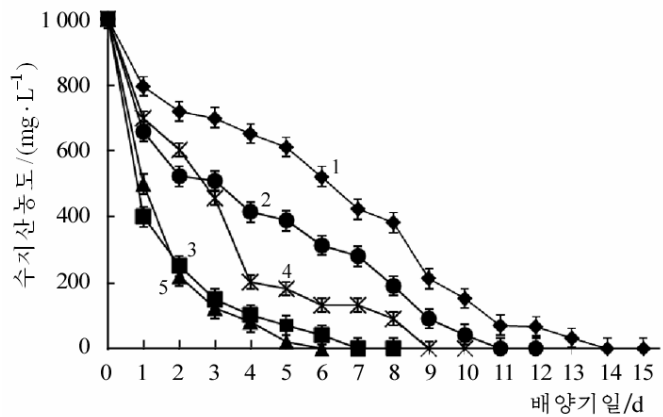


그림. 균주들에 의한 수지산의 분해특성

RM액체배지, 28℃, 진탕배양180r/min

1-*P. resinovorans*-1734, 2-*S. marcescens*-828,
3-R1, 4-R2, 5-R3

표 3에서 보는바와 같이 R1, R3균주들은 수지산 농도가 1 500mg/L일 때 배양액속의 수지산을 100% 분해하였으며 2 000mg/L일 때에는 각각 100, 92.1%로 분해하였다. 그리고 수지산첨가량을 2 500mg/L로 높였을 때에는 수지산분해률이 R1, R3균주의 배양액에서 각각 84.1, 71.2%로서 역시 R1균주의 수지산분해활성이 더 높았다.

수지산분해활성이 높은 R1균주의 배양액을 리용

하여 단나무가지심기에서 뿌리내리기에 미치는 R1균주의 영향을 검토하였다. (표 4)

표 4. 단나무가지심기에서 뿌리내리기에 미치는 R1균주의 영향

구분	뿌리개수	뿌리길이/cm	뿌리폭/cm
대조구	13.4±2.3	4.2±0.9	3.4±0.5
시험구	30.2±1.9	6.3±0.7	7.1±0.3

n=3, 조사개체수 10대, 조사날자 2017년 6월 20일

표 4에서 보는바와 같이 R1균주배양액을 처리하였을 때 대조에 비해 뿌리가 2배이상 많이 내렸으며 뿌리길이와 폭도 1.5배이상 더 컸으므로 R1균주배양액을 리용할 때 뿌리내리기가 촉진된다는 것을 알수 있다.

옹겨심을 때 사름률이 낮은 잣나무를 대상으로 뿌리내리기에 미치는 R1균주의 영향을 검토하였다.(표 5)

표 5. 옹겨심은 잣나무의 뿌리내리기에 미치는 R1균주의 영향

구분	4월 25일		5월 25일		6월 25일	
	새순이 나온 대수	죽은 대수	1	2	1	2
대조구	0	10	100	30	800	50
시험구	50	0	800	0	1 500	0

4년생잣나무, 개체수 1 500대, 옹겨심은 날자 2017년 3월 25일

표 5에서 보는바와 같이 R1균주의 배양액을 처리하여 옹겨심은 4년생잣나무에서 대조에 비해 새순이 더 빨리 그리고 더 많이 나왔으며 3달후의 사름률도 100%로 보장되었다. 이것은 옹겨심을 때 잘리운 뿌리면들에서 흘러나오는 수지산들이 효과적으로 분해된 결과 나무가 물과 영양물질을 잘 흡수하였기때문이라고 생각된다.

이상의 시험결과들을 통해 수지산분해균을 리용하여 가지심기 및 옹겨심기한 나무들의 뿌리내리기를 촉진시킬수 있다는것을 알수 있다.

맺 는 말

- 1) 수지산분해능이 높은 균주들을 소나무의 뿌리나 송진으로부터 분리할수 있다.
- 2) 수지산분해활성이 가장 높은 균주는 R1이며 이것을 가지심기 및 옹겨심기한 나무들에 적용하면 나무의 뿌리내리기를 촉진시킬수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김용남; 식물특수성분, 김일성종합대학출판사, 46~60, 주체94(2005).
- [2] 김영일 등; 산림과학, 4, 40, 주체103(2014).
- [3] 리윤길; 산림과학, 3, 33, 주체103(2014).
- [4] 최문수; 림업, 2, 12, 주체98(2009).
- [5] 최문수; 림업, 2, 15, 주체103(2014).
- [6] A. S. Adams et al.; Appl. Environ. Microb., 79, 3468, 2013.
- [7] M. Belmonte; Journal of Hazardous Materials, B 135, 256, 2006.
- [8] A. Todd et al.; Applied and Environmental Microbiology, 66, 12, 5201, 2000.
- [9] Zhongtang Yu et al.; Water Research, 36, 2793, 2002.

Study on the Facilitation of Tree Rooting with Resin Acid-Degrading Bacteria

Kim Kuk Chol, So Myong Chol

Resin acids are the main compounds of inhibiting the rooting of trees, thus, we have made researches for isolating the resin acid-degrading bacteria and applying to planting a cutting and transplanting the trees.

The strains with high resin acid-degrading activity can be isolated from roots or resin of pine tree. The strain with the highest resin acid-degrading activity is R1.

Thus, when we apply this strain to planting a cutting and transplanting the trees, it can facilitate the rooting of trees.

Key words: resin acid, degrading bacteria, rooting, facilitation