

植物生長促進 根圈細菌이 養液栽培 토마토의 生長에 미치는 影響

조자용* · 장영식 · 정순주
전남대학교 농과대학 원예학과

Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on the Growth of Hydroponically Grown
Tomato Plants, *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. 'Seokwang'

Cho Ja-Yong* · Chang Young-Sik · Chung Soon-Ju
Dept. of Horticulture, Chonnam Nat'l Univ., Kwangju, 500-757, Korea
corresponding author*

ABSTRACT

This study was conducted to clarify the plant growth promoting effects of the various rhizobacteria on the growth of hydroponically grown tomatoes in rockwool, perlite and cocopeat cultures. Strains in terms of *Azospirillum* sp. (4.5×10^7 cells/g), *Rhodospseudomonas* sp. (5.8×10^5 cells/g), *Pseudomonas* sp. (6.1×10^6 cells/g), fusant of *Bacillus* sp. and *Corynebacterium glutamicum* (9.1×10^5 cells/g) was bacterialized into the root zone of tomatoes before sowing. Overall growth of tomato plants was promoted by bacterialization of the various rhizobacteria. Strains which showed the highest plant growth promoting effects of hydroponically grown tomatoes was *Azospirillum* sp., and optimum cultural substrates for the plant growth promotion by rhizobacteria were in the order of cocopeat > perlite = rockwool cultures.

Key words : *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* sp., *Rhodospseudomonas* sp.

I. 緒 言

지금까지 양액재배에서 유용미생물을 배지나 배양액 등의 근권에 처리하여 식물의 생육을 촉진시키고, 뿌리전염성 병원균에 대한 내성을 높이거나 방제하는 기술은 우리나라에서는 거의 전무한 실정이고, 농업선진국에서는 *Pseudomonas* sp.(Anderson과 Guerra, 1985), *Azospirillum* sp.(Kapulnik 등, 1983; Sarig 등, 1988) 및 *Bacillus* sp. 등을 포함한 길항성 세균류(Brown, 1974)와 *Glomus* sp.와 *Gigaspora* sp. 등의 菌根菌(Aguilar와 Barea, 1997)이 일부 개발되어 양액재배에 실용화가 추진되고 있다. 이 중에서 세균류들은 양수분의 이용성을 향상시켜 식물의 생장을 촉진하는 분야 뿐만아니라 뿌리전염성 병원균의 발생을 억제하거나 식물에게 병원균에 대한 저항성을 높이는 생물학적 방제 측면에서도 많이 연구되어 왔다(Baker와 Scher, 1986; Lynch, 1982; Schippers 등, 1987). 이것은 기내(in vitro)에서 유용 균주의 검색, 분리 및 동정 시 병원균에 대한 균주의 항균작용 또는 항생물질의 생산에 기초하여 균주를 선발하고(Krieg와 Holt, 1984), 그 후에 포장(in vivo)에서 병원균에 대한 저항성과 식물생장촉진효과를 검증하여 왔기 때문이다(Arora 등, 1983; Cho와 Chung, 1998).

그러므로 양액재배에서 유용 균주를 이용하여 뿌리전염성 병원균에 대한 길항작용 뿐만아니라 균주가 생산하는 다양한 생리활성물질의 적극적인 이용, 균주에 의한 양수분의 효율적인 이용 등에 관한 연구가 필요하며, 이러한 연구결과를 기초로 하여 양액재배 농가현장에 적극적으로 활용할 필요성이 있다(Cho 등, 1997, 1988; Lazarovits와 Nowak, 1997).

본 연구는 양액재배 토마토에서 발생하는 위조병원균, 묘갈록병원균 및 입고병원균 등에 대해 긴항력이 우수하지만, 토마토 유묘의 생장을 촉진하는 것으로 보여지는 수종의 근권세균류를 종자과종전 육묘용토에 혼합처리하고, 정식시 양액재배의 고품배지에 처리하여 식물생장 촉진효과를 조사하고 항추 유용 세균류를 시험한 환경친화적 양액재배의 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

II. 材料 및 方法

본 연구는 1997년 1월부터 12월까지 '서광' 토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Seokwang)를 공시하여 전남대학교 농과대학 원예학과 시설원예실험포 유리온실(100m²)에서 수행하였다. 종자는 27°C의 항온기에서 최아하여 코코피트 혼합배지를 충전한 72공 트레이에 파종하였으며, 본엽이 2매 정도 전개시에 암면큐브와 직경 10cm×높이 10cm의 코코피트경과 필라이트경의 정식용 포트에 이식하여 정식시까지 山崎處方(山崎, 1979) 1/2배액으로 양액육묘하였다.

재배방식은 암면경, 필라이트경 및 코코피트경 등을 사용하였다. 암면경은 L 90cm×W 20cm

×H 6.5cm의 암면슬라브(grodan 社)를 스티로폼 성형베드(세기교역 社) 위에 놓고 점적관수하였다. 펠라이트경은 L 500cm×W 350cm×H 270cm의 스티로폼 성형베드에 펠라이트를 충전하고 점적관수하였으며, 코코피트경은 L 100cm×W 300cm×H 6.5cm의 코코피트 슬라브(상품명 Cocovita)를 스티로폼 성형베드(세기교역 社) 위에 놓고 점적관수하였다. 급액은 배양액 1.5L/일을 타이머와 솔레노이드 밸브 등을 사용하여 폐액식으로 오전 10시부터 오후 6시까지 공급하였으며, 야간급액은 1회 정도 실시하였다. 양액탱크는 300L 용량의 플라스틱 탱크를 각 재배 방식별로 달리하여 설치하였다. 토마토는 암면큐브, 펠라이트와 코코피트경 정식용 포트 저면에 뿌리가 뻗어나와 성장하였을 때 암면 슬라브, 펠라이트 베드 및 코코피트 슬라브 등에 각각 정식하였다.

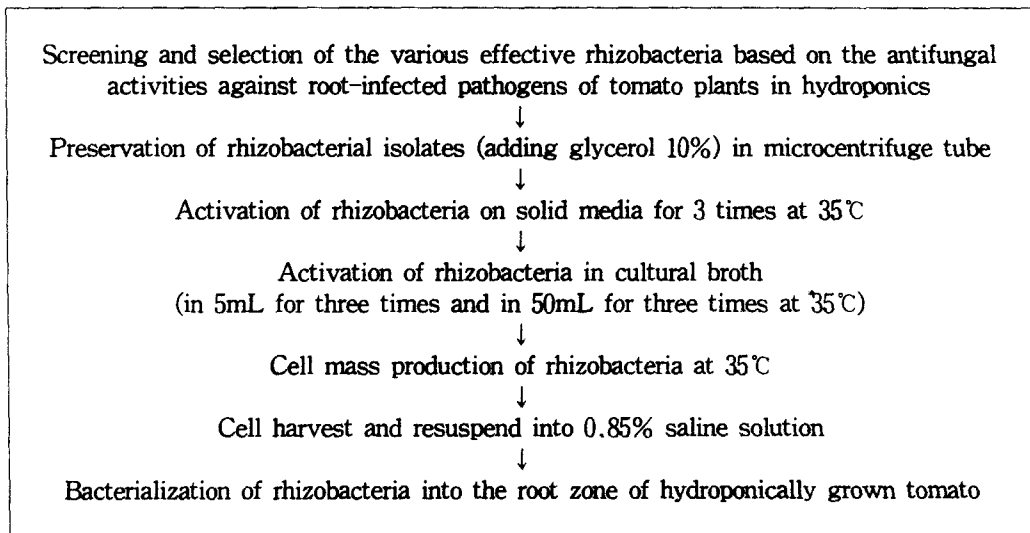


Fig. 1. Bacterialization of plant growth promoting rhizobacteria into the root zone of hydroponically grown tomato plants.

공시균주는 *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* sp., *Rhodospseudomonas* sp.(이하 광합성세균 또는 photosynthetic bacteria라 칭함), 및 Cho 등(1998)이 개발한 *Bacillus* sp.와 *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13058과의 융합체(이하 fusant 또는 융합균주라 칭함) 등을 사용하였다. 균주 배양액은 2,000rpm(5°C)으로 15분간 원심분리한 후 상등액은 버리고 균체는 0.85% 생리식염수를 이용하여 적정밀도로 희석한 후 근권에 처리하였다. 균주의 근권처리는 종자파종전 육묘용토내 혼입처리와 토마토를 재배방식별로 정식하기 전에 각 배지에 각각 1회 처리하였다(그림 1).

처리에 따른 생육조사는 초장, 경경, 엽수, 엽면적, 엽과 경의 생체중 및 건물중 등을 정식 후 45일경에 실시하였다. 엽면적은 Delta-T area meter (CB 3535, CBS, OEJ, U.K.)로 측정하였고, 건물중은 80°C의 dry oven에서 48시간 정도 건조시킨후 정량하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

양면재배 근권에 수종의 근권 세균류를 처리하여 토마토의 생장촉진에 미치는 영향을 정식후 45일에 측정된 결과는 <표 1>과 같다.

Table 1. Growth characteristics of hydroponically grown tomato plants as affected by the bacterialization of the various cultured solution of strains into the root zone in rockwool culture. Data were obtained at 45 days after transplanting.

Strains ^y	Characters	Plant ht. (cm)	Stem dia. (mm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total cluster fresh wt. (g/plant)	Fresh wt. (g/plant)		Dry wt. (g/plant)	
							Leaf	Stem	Leaf	Stem
Control		69.4c ^z	11.5	15	1,874b	1.70	100.3b	52.9c	8.32b	4.69b
<i>Azospirillum</i> sp.		84.0a	14.5	17	2,575a	2.17	145.7a	85.9a	9.62a	5.72a
<i>Rhodopseudomonas</i> sp.		80.0a	12.2	16	2,433a	2.70	130.1a	67.2bc	9.63a	5.14a
<i>Pseudomonas</i> sp.		77.8ab	12.5	16	2,246a	2.09	130.5a	74.3b	9.88a	5.36a
Fusant ^x		81.0a	13.0	16	2,610a	1.79	135.2a	71.2b	9.15a	5.40a

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

^y Bacterialization of *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Pseudomonas* sp. and fusant into root zone were 4.7×10^7 cells/g, 5.8×10^8 cells/g, 6.1×10^8 cells/g and 9.1×10^8 cells/g

^x Fusant of *Bacillus* sp. JY103 R and *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13058 K

종자 파종전에 *Azospirillum* sp., 광합성세균, *Pseudomonas* sp. 및 융합균주 등의 육묘용 토내 혼입처리와 정식전 균주를 각 재배시스템별 근권처리에 따라서 초장, 엽면적 및 각 기관별 생체중 및 건물중 등 토마토의 전반적인 생장이 대조구에 비해 촉진되는 결과를 보여 주었다. 균주처리구의 경우 초장이 대조구에 비해 약 10cm 이상 증가하였다. 광합성작용에 필요한 엽면적 확보를 보면 대조구의 경우는 1,874cm²였으나, 균주에 의한 생장촉진효과가 가장 좋았던 *Azospirillum* sp.의 처리시에는 2,575cm² 정도로서 약 1.4배 정도 증가한 결과를 보여주었다. 엽과 경의 지상부 생체중 및 건물중을 보면 본 실험에서 이용한 식물생장촉진 근권세균(plant growth promoting rhizobacteria, PGPR)을 양액재배 근권에 처리시 약 1.3~1.4배 정도 증가하는 알 수 있었다. 각 균주의 종류에 따라서 토마토의 생장촉진에 미치는 정도가 각기 다르게 나타나는 것을 알 수 있었는데, 향후 균주의 종류 뿐만아니라 균주의 종류에 따른 상이한 밀도 처리효과와 균주의 처리시기별 식물의 생장반응을 광범위하게 검토할 필요가 있을 것으로 생각되었다(Baker와 Scher, 1986; Brown, 1974).

수종의 근권세균을 육묘용토와 양액재배 근권에 처리후 펄라이트경 토마토의 생장반응을 정식후 45일에 측정된 결과는 <표 2>와 같다.

Table 2. Growth characteristics of hydroponically grown tomato plants as affected by the bacterialization of the various cultured solution of strains into the root zone in perlite culture. Data were obtained at 45 days after transplanting.

Strains ^y	Characters	Plant ht. (cm)	Stem dia. (mm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total cluster fresh wt. (g/plant)	Fresh wt. (g/plant)		Dry wt. (g/plant)	
							Leaf	Stem	Leaf	Stem
Control		75.1b ^z	12.5	15b	1,888b	2.31	120.1b	57.4b	9.15b	4.80b
<i>Azospirillum</i> sp.		84.3a	12.9	18a	2,280a	2.77	132.2a	73.9a	13.01a	5.74a
<i>Rhodopseudomonas</i> sp.		81.0ab	11.5	16b	2,610a	2.39	136.1b	71.2a	10.47ab	5.40a
<i>Pseudomonas</i> sp.		77.8b	12.5	16b	2,246a	2.09	130.2a	74.3a	10.88ab	5.36a
Fusant ^x		81.0ab	14.0	17ab	2,382a	2.43	135.4a	66.6ab	10.27ab	5.43a

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

^y Bacterialization of *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Pseudomonas* sp. and fusant into root zone were 4.7×10^7 cells/g, 5.8×10^5 cells/g, 6.1×10^6 cells/g and 9.1×10^5 cells/g

^x Fusant of *Bacillus* sp. JY103 R and *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13058 K

필라이트경에서 균주처리에 따른 토마토의 성장반응은 암면재배에서와 비슷한 경향을 보였다. 즉, 균주의 처리시 대조구에 비해 토마토의 생장이 촉진되었으며, 균주의 종류별 전반적인 성장반응을 보면, *Azospirillum* sp. > 광합성세균 = 융합균주 > *Pseudomonas* sp. 등의 순으로 나타났다. 암면재배에 비해 토마토의 생장이 약간 증가한 경향을 보였는데, 이것은 균주의 종류에 따른 토마토의 성장반응 뿐만아니라 재배방식에 따른 양수분관리도 관여되어 있을 것으로 생각되어 앞으로 균주처리에 따른 양수분의 공급 및 효율적인 이용에 관한 연구가 필요할 것으로 생각되었다(Cho와 Chung, 1998 ; Schippers 등, 1987).

<표 3>은 토마토의 코코피트재배에서 유용세균의 근권처리가 토마토의 생장에 미치는 영향을 정식후 45일에 측정된 결과이다.

Table 3. Growth characteristics of hydroponically grown tomato plants as affected by the bacterialization of the various cultured solution of strains into the root zone in cocopeat culture. Data were obtained at 45 days after transplanting.

Strains ^y	Characters	Plant ht. (cm)	Stem dia. (mm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Total cluster fresh wt. (g/plant)	Fresh wt. (g/plant)		Dry wt. (g/plant)	
							Leaf	Stem	Leaf	Stem
Control		81.0b ^z	14.0	16	2,390b	2.80d	140.0c	78.7c	11.46c	7.24c
<i>Azospirillum</i> sp.		93.5a	15.4	18	3,831a	5.98a	200.3a	118.9a	17.35a	10.48a
<i>Rhodopseudomonas</i> sp.		93.0a	14.5	17	3,820a	4.32b	198.6a	111.2a	17.10a	10.11a
<i>Pseudomonas</i> sp.		83.0b	14.0	17	2,430b	2.91d	145.1c	80.2c	11.94c	7.51c
Fusant ^x		90.1a	13.2	17	3,193a	3.03c	168.2b	94.2b	14.21b	9.74b

^z Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

^y Bacterialization of *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Pseudomonas* sp. and fusant into root zone were 4.7×10^7 cells/g, 5.8×10^5 cells/g, 6.1×10^6 cells/g and 9.1×10^5 cells/g

^x Fusant of *Bacillus* sp. JY103 R and *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13058 K

코코피트경에서 균주종류에 따른 토마토의 성장반응을 암면경, 펠라이트경 등과 비교시 비슷하였다. 균주의 종류별로 토마토의 성장을 촉진하는 것을 보면 *Azospirillum* sp. = 광합성세균 \geq 융합체 $>$ *Pseudomonas* sp. 등의 순으로 나타났다. 코코피트경에서 균주처리에 대한 토마토의 생장은 암면경과 펠라이트경보다 더 높게 나타나는 것을 알 수 있었다. 대조구에 비해 균주처리시에 초장은 9.0~12.5cm, 엽면적은 40~1,441cm², 지상부 생체중은 6.5~100.5g, 지상부 건물중은 0.8~9.1g 정도 증가하였다.

IV. 摘 要

암면경, 펠라이트경 및 코코피트경 토마토의 성장촉진에 미치는 근권세균류의 영향을 구명하기 위하여 *Azospirillum* sp. (4.5×10^7 cells/g), *Rhodospseudomonas* sp. (5.8×10^5 cells/g), *Pseudomonas* sp. (6.1×10^6 cells/g) 및 *Bacillus* sp.와 *Corynebacterium ghdamicum*의 융합체 (9.1×10^5 cells/g) 등의 균주를 근권에 처리하였다. 균주의 근권처리시 토마토의 전반적인 생장이 대조구에 비해서 촉진되었으며, 식물성장촉진효과가 가장 우수한 균주는 *Azospirillum* sp.였다. 균주에 의한 식물성장 촉진 효과가 높은 재배방식 및 배지는 코코피트경 $>$ 펠라이트경 = 암면경 등의 순이었다.

주요어 : 양액재배, *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* sp., *Rhodospseudomonas* sp.

引用文獻

1. Aguilar, C.A. and J.M. Barea. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture : significance and potentials. 1997. *Scientia Horticulturae* 68:1-24.
2. Anderson, A.J. and D. Guerra. 1985. Responses of bean to root colonization with *Pseudomonas putida* in a hydroponic system. *Phytopathology* 75:992-995.
3. Arora, D.K., A.B. Filonow. and J.L. Lockwood. 1983. Bacterial chemotaxis to fungal propagules in vitro and in soil. *Can. J. Microbiol.* 29:1104-1109.
4. Baker, R. and F.M. Scher. 1986. Enhancing the activity of biological control agents. In *Innovative Approaches to Plant Disease Control* (I. Chet, Ed.). Wiley, New York, pp.1-18.
5. Brown, M.E. 1974. Seed and root bacterization. *Annu. Rev. Phytopathol.* 12:181-197.
6. Cho, J.Y., J.I. Cho., and S.J. Chung. 1997. Rhizosphere microorganisms of hydroponically grown cherry tomato and melon plants in substrate culture. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38(5):468-473.

7. Cho, J.Y., S.J. Chung. 1998. Effects of rhizobacteria on the growth of cucumber and tomato plug seedlings. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39(1):18-23.
8. Cho, J.Y., J.I. Cho., and S.J. Chung. 1998. Cell fusion of *Bacillus subtilis* and *Corynebacterium glutamicum*, characteristics of fusants and development of effective rhizobacteria for hydroponics. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39(1):119-124.
9. Kapulnik, Y., R. Gafny. and Y. Okon. 1983. Effect of *Azospirillum* spp. inoculation on root development and NO_3^- uptake in wheat(*Triticum aestivum* cv. Miriam) in hydroponic system. Can. J. Bot. 63:627-631.
10. Krieg, N.R. and J.G. Holt. 1984. Bergey's manual of systematic bacteriology, Williams and Wilkins, Baltmor. pp. 215-232.
11. Lazarovits, G. and J. Nowak. 1997. Rhizobacteria for improvement of plant growth and establishment. HortScience 32(2):188-192.
12. Lynch, J.M. 1982. Interaction between bacteria and plants in the root environment. Soil. Appl. Bacteriol. Symp. Ser. 10:1-23.
13. Sarig, S., Y. Kapulnik. and Y. Okon. 1988. Improvement of the water status and yield of field-grown grain sorghum(*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense*. J. Agric. Sci. (Cantab.) 110:271-277.
14. Schippers, B., A.W. Bakker. and P.A.H.M. Bakker. 1987. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. Annu. Rev. Phytopathol. 25:339-358.
15. 山崎肯哉. 1979. 養液栽培全篇. 博友社 pp.34-49.