

천연자원으로부터 인삼 적변방제물질의 선발

반성희 · 신선희 · 우현정 · 양덕조[#]

충북대학교 자연과학대학 생명과학부

(2002년 3월 22일 접수)

Selection of Preventers of Rusty Ginseng Roots from Natural Resources

Sung-Hee Ban, Sun-Hee Shin, Hyun-Jung Woo and Deok-Cho Yang[#]

School of Life Sciences, College of Natural Sciences, Chungbuk National University,

Cheongju, 361-763, Korea

(Received March 22, 2002)

Abstract : We screened biotic and abiotic preventatives(preventers) from natural resources to prevent the rusty phenomenon in ginseng roots. To select preventatives(preventers), soil microbes such as *Agrobacterium* and certain microbes isolated from the rusty ginsengs and the soil in which the rusty ginsengs were planted and used. It is also performed with germination tests of the seeds of *Latuca Sativa* L. We identified that how selected preventatives(preventers) effect the germination of ginseng seeds. Furthermore, how these influence on the rusty phenomenon and the growth of 1-year-old ginsengs treated in the pavement. The final preventatives; ICPE-C₁₀₅, ICPE-P₁₀₇ were effective in not only the growth of ginseng, but also inhibition of the rusty phenomenon. Moreover, we selected abiotic soil improvers; called P, R, and W, respectively; to promote the effects of preventatives. R and W was excellent among choosing improvers. The germination rate of 2-year-old ginsengs treated with ICPE-C₁₀₅P, and ICPE-P₁₀₇P was the highest under the effects of naturally selected preventatives mixing with abiotic soil improvers. All treat which was compounding preventers & improvers were so excellented of growth ginseng. Especially treats of ICPE-C₁₀₅R and ICPE-P₁₀₇R showed growth increased of each 67.3% and 52.7%. As well, the growth of ginseng was the highest in the treatment of ICPE-C₁₀₅R, and ICPE-P₁₀₅R. Though rusty of rate was emerged 35% in control, preventers ICPE-C₁₀₅R and ICPE-P₁₀₇R were emerged 5.3%. It was affirmed effective of preventer. On the other hands, amounts of ginsenoside treated with preventatives showed to be changed. The ginsenoside was increased to 14.2% with treatment with ICPE-P₁₀₇R which is highest among groups compared to control, and ICPE-C₁₀₅P was increased to 5.0%. To sum up with total results, it is judged that biotic preventatives (ICPE-C₁₀₅R, and ICPE-P₁₀₇R) which we created improve both a high yield of ginseng and the inhibition of the rusty phenomenon.

Key words : rusty ginseng roots, biotic preventers, abiotic soil improvement, ICPE-P107R, ICPE-C105R

서 론

인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)의 재배는 직사광선(적색광)에 의한 엽록소의 Photobleaching 등의 이유때문에 해가림하에서 이루어진다.¹⁾ 해가림하에서는 투광율이 비교적 낮고 습도가 높기 때문에 생리적 장애에 의한 피해가 심각하게 나타난다. 인삼 재배시 나타나는 생리적 장애중의 하나로 인삼

뿌리 표면에 적갈색의 반점이 형성되어 점차 확대되어 결국에는 썩게되는 적변현상(Rusty)을 들 수 있다.^{2,3)} 이러한 적변현상은 홍삼의 품질하락에 결정적인 영향을 미치기 때문에 인삼 재배의 생산성 감소와 홍삼수출의 커다란 장애요인이 되고 있으나 정확한 적변현상의 원인과 발병기작의 구명 및 방제물질이 현재까지 개발되어 있지 않다.

인삼뿌리에 나타나는 적변현상의 병원에 관한 연구는 1903년 上田에 의해 *Bacillus araliavorus*라고 보고된 바 있으며, 1910년 Rankin에 의해 *Erwinia araliavorus*(U_{YEDA}) M_{AGROW}라고 보고되었다.⁴⁾ 또한 적부병이라 하여 부패와 같이 발생하

[#]본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로
(전화) 043-261-2293; (팩스) 043-261-2293
(E-mail) dcyang48@hotmail.com

는 적변현상의 원인균을 *Erwinia*, *Carotovorora*라고 분리·동정하였지만,⁴⁾ 그후 적변의 확실한 병원균에 대해서는 거의 보고되지 않고 있다. 한편, 살균한 토양에서도 적변이 발생되었음이 보고되어 균에 의한 직접적인 병이 아니라 인삼근에서 나타나는 생리적 장애로 보고되었다. 또한 담수처리에 의해 적변이 일어날 수 있고, 적변발생 토양에서 미생물의 밀도가 높다는 보고도 있다.⁵⁾ 적변의 생리적 원인은 토양의 수분과다에 의한 산소부족으로 뿌리의 호흡이 억제되면서 나타나는 현상이라고 보고 되었으며,⁶⁾ 미부속 유기질 비료의 사용에 의한 뿌리의 호흡억제 및 유기산에 의해 적변이 일어난다고 알려져 있다.⁷⁾ 또한 고염류 상태에서 뿌리의 phenol 물질의 삼출 및 토양에 철분과 같은 금속성 물질이 다량 존재할 경우 외피에서 phenol 물질의 산화·축합 반응이 일어나 적변이 발생한다고 보고되었다.^{8,9)} 특히 건강삼에 비해 적변삼 표피에서 철의 함량이 높고, 적변삼 근권토양에서 철을 이용하는 미생물의 밀도가 높다는 보고에 따라¹⁰⁾ 본 연구진은 적변현상이 근권 미생물의 철의 순환과 깊은 관계가 있음을 제시하였다.

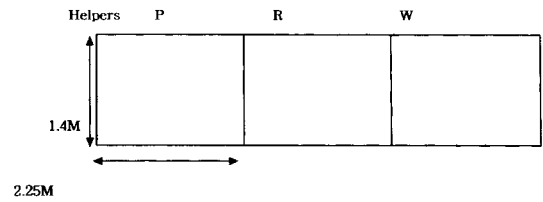
본 연구에서는 토양 환경과 인삼의 상호작용 기작(인삼뿌리의 생리적 반응-근권의 무기이온-근권미생물)에 근거한 적변 현상 원인 및 기작의 연구결과¹¹⁻¹⁴⁾를 바탕으로 천연방제물질을 탐색하고, 보조제를 개발하여 포트 및 실험포장에서 적변 방제효과를 검증하였다.

실험방법

본 연구에 사용한 인삼 종자와 묘삼은 충남 금산군 금산읍의 인삼종자 생산 및 판매상으로부터 구입한 재료를 4°C의 저온냉장고에 보관한 것을 사용하였다.

적변현상 방제 후보물질의 선발은 적변현상의 발현기작^{11,12)}을 근거로 본 연구진이 개발한 생물검정방법을 이용하여 biotic과 abiotic으로 구분하여 실시하였다. 천연자원으로부터 적변 방제 후보물질로 선발된 각각의 물질을 ICPE-C₁₀₅와 ICPE-P₁₀₇로 명명하였으며, 이들의 효과를 검증하기 위해 본 연구진이 적변삼의 근권토양과 적변삼으로부터 분리한 미생물(RCG, RCS, HES, SUS)과 공시균주인 *Agrobacterium* (AG 8196, A4, A4T, C58)의 성장 억제 그리고 상추(*Lactuca sativa* L.) 종자의 발아에 미치는 영향을 조사하였다. 선발된 방제물질의 배양은 250 mL 삼각 플라스크에서 배양 배지 및 조건을 다양하게 조합하여 배양한 다음 생장이 가장 우수한 배양조건을 확립하였다. 또한 방제물질의 효과를 증가시킬 수 있는 보조제의 탐색은 개갑된 인삼 종자를 이용하여 포트에서 수행하였다. 방제물질의 처리는 포트 및 본 연구실에서 설치한 포장(청원군 문의면 미천리)에서 개갑 종자 및

I. Preventer : ICPE-C105



II. Preventer : ICPE-P107

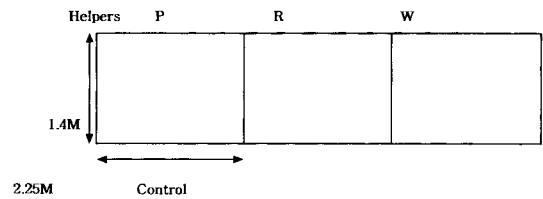


Fig. 1. Design of fields for the preventer-treatment.

묘삼을 이용하여 수행하였다. 방제물질의 처리구는 방제물질(biotic preventers, BP)과 보조제(abiotic improvers, AI)를 조합하여 6 처리구로 하였으며, 처리구 당 묘삼은 15 × 15 cm 간격으로 30개를 식재하였다(Fig. 1). 방제물질의 처리는 효과적인 처리 방법을 선정하기 위해 처리물질을 액체 또는 분말로 만들어 보조제와 혼합하여 묘삼에 처리함으로써 방제 효과가 높고, 현장에서 처리하기에 손쉬운 방법을 개발하고자 하였다.

방제효과는 각각의 처리구에서 발아율 및 적변율을 계산¹⁵⁾하고 인삼뿌리의 생육상태를 조사하였으며, ginsenoside의 종류 및 함량에 미치는 효과를 분석하였다.

채굴한 인삼 뿌리의 ginsenoside 함량은 수포화 *n*-BuOH 추출법에 의하여 추출하여 HPLC(Pharmacia, Sweden)를 이용하여 정량하였다. Column은 Lichrosorbe-NH₂(5 μm, Merk)를 사용하여 차등굴절기(RI detector)를 이용하여 검출하였다. 유리당의 용매는 acetonitrile : distilled water(85 : 16, v/v)를 ginsenosides의 용매는 acetonitrile : distilled water : *n*-BuOH(80 : 20 : 10, v/v/v)를 사용하였다. 각각의 정량은 chromatogram의 retention time을 표준품과 비교하여 peak height로 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 적변방제물질 탐색 및 선발

Biotic 후보물질 중 ICPE-C₁₀₅와 ICPE-P₁₀₇ 공히 토양미생물인 *Agrobacterium* spp.의 성장을 억제하였다(Fig. 2, 3). 그러나 이들 물질의 처리에 의해서 인삼뿌리의 생장이 억제될 가능성이 있기 때문에 상추 종자의 발아 특성을 모델시스

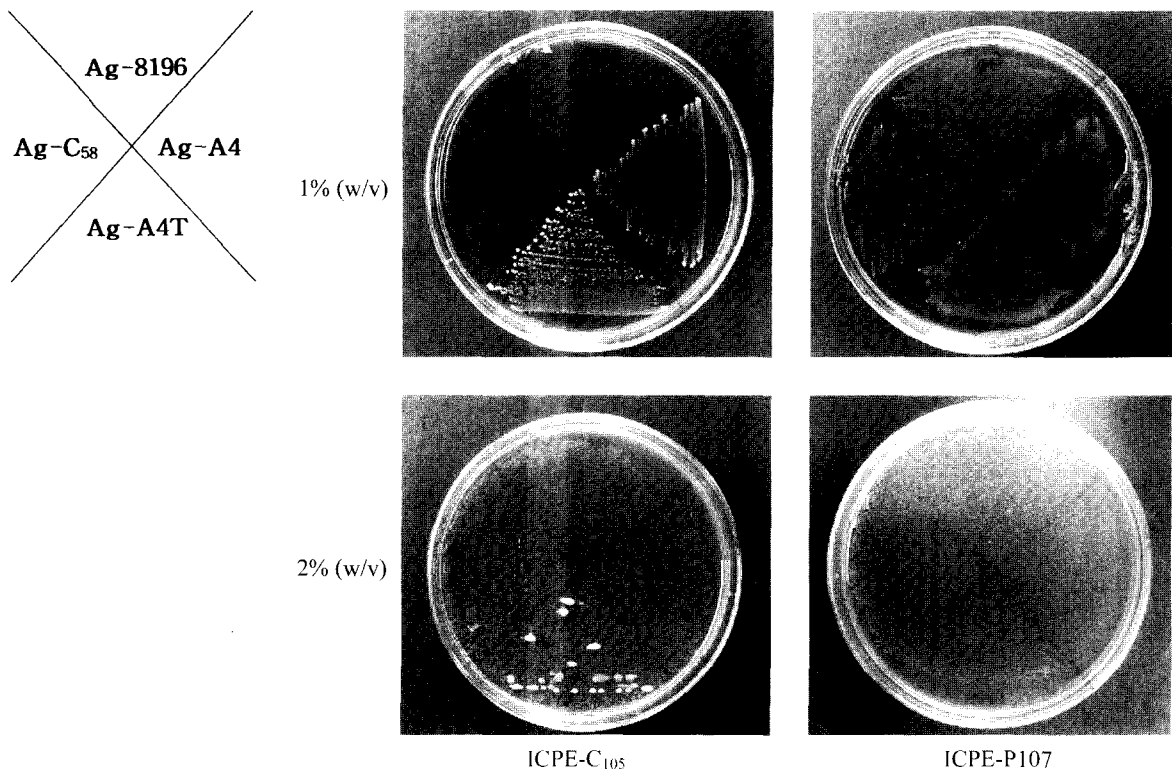


Fig. 2. Inhibitory effects of ICPE-C₁₀₅ and ICPE-P₁₀₇ on the growth of soilborn bacteria. Ag : *Agrobacteria*.

템으로 하여 진핵생물의 생장에 미치는 효과를 검증하였다. 그 결과 상추 종자의 발아에 있어서는 ICPE-C₁₀₅의 경우, 처리 농도가 50%까지 증가해도 종자 발아에 영향을 주지 않았으나, 100% 처리시에는 발아율이 현저히 억제되었다. 또한, ICPE-P₁₀₇의 경우에도 고농도(100%) 처리에서 상추 종자의 발아에는 큰 영향이 없는 것으로 확인되었다(Fig. 4).

따라서 ICPE-C₁₀₅와 ICPE-P₁₀₇를 적변 방제물질로 사용할 경우, 1차적으로 인삼의 생육에 장애가 없는 것으로 판단하여, 두 물질을 모두 적변 방제물질로 선발하고 보조제와 혼합하여 포장 실험에 이용하였다.

2. 보조제의 개발

방제물질의 효과를 증가시킬 수 있는 보조제의 탐색은 개갑된 인삼 종자를 이용하여 포트에서 수행하였던 바, 방제물질과 보조제의 종류와 처리 농도에 따른 종자 출아율에 미치는 영향을 조사한 결과, 액체상태 처리구인 ICPE-C₁₀₅S와 ICPE-P₁₀₇S에서는 인삼종자의 출아율이 현저하게 감소하였다(Fig. 5). 종자의 발아에 미치는 효과에서 보조제 R의 경우, 처리 농도에 관계없이 대조구와 유사한 발아율을 나타낸 반면에 보조제 W는 대조구보다 다소 낮은 발아율을 나타내었다(Fig. 6). 이러한 결과로 볼 때, 방제물질은 액체 상태보다

는 보조제와 혼합하여 분말처리하는 것이 효과적임이 확인되었다. 따라서 방제물질의 처리는 보조제와 혼합하여 분말 처리구를 조성하였다.

3. 처리구에 따른 생육 특성 및 적변율

(1) 묘삼의 출아율

적변 방제물질과 보조제를 혼합하여 처리한 각각의 처리구에 따른 효과를 확인하고자 재배된 묘삼의 출아율을 조사하였던 바, 초기의 출아율은 ICPE-C₁₀₅P와 ICPE-P₁₀₇P 처리구에서 대조구보다 더 우수하였다(Fig. 7). 그 밖의 처리구의 경우에는 약 80%정도의 출아율을 나타내어 대조구에 비해 다소 감소하였다.

(2) 방제물질 처리가 인삼의 생육에 미치는 효과

선발된 적변방제물질이 인삼의 생육에 미치는 효과를 확인하고자, 본 연구실 부설 실험포장에서 2000년 3월 28일 묘삼을 식재하여 2000년 10월 13일 수확한 결과, 모든 적변방제물질 처리구에서 대조구보다 높은 인삼뿌리의 생육 촉진 효과가 확인되었다. 인삼뿌리의 생장에 미치는 효과를 건물중(g dry weight)으로 생장에 미치는 효과에서는 ICPE-C₁₀₅R과 ICPE-P₁₀₇R이 각각 67.3%와 52.7%로 현저한 증가를 보였으며, 그 밖의 처리구 역시 ICPE-C₁₀₅P 47.3%, ICPE-P₁₀₇W

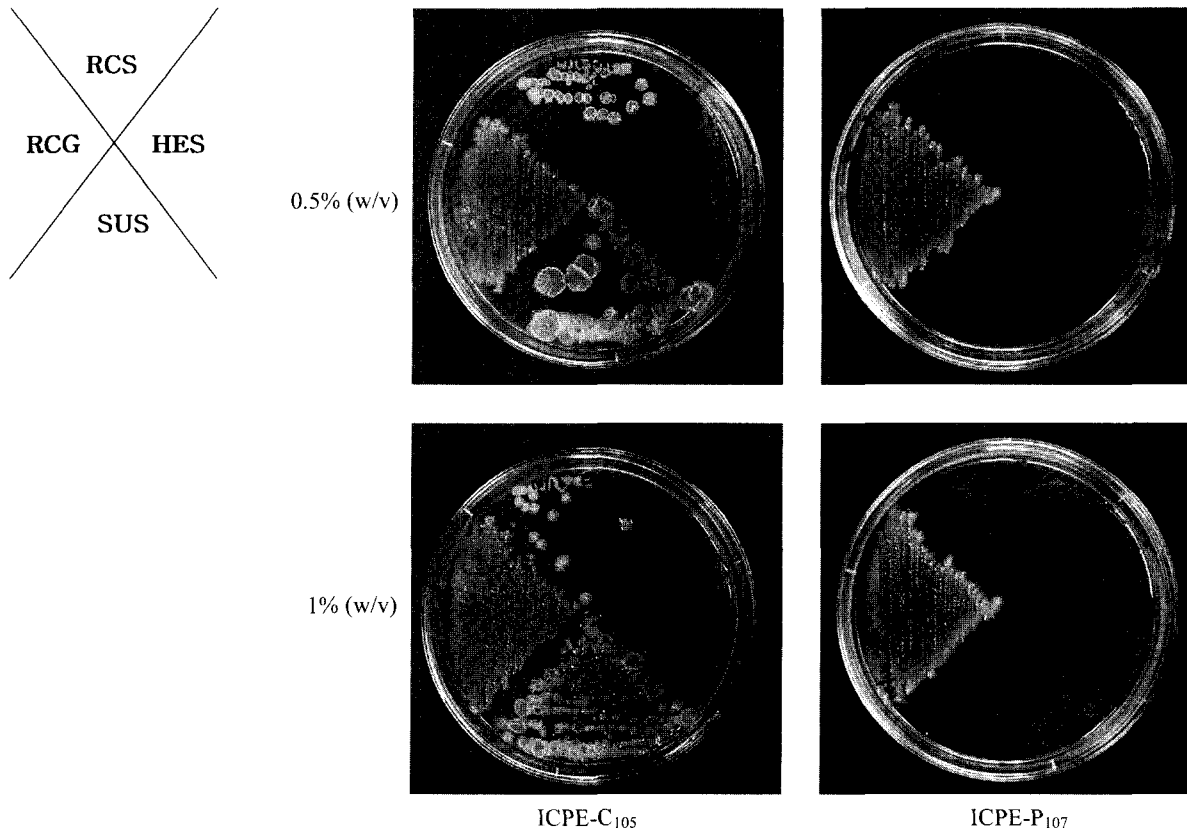


Fig. 3. Inhibitory effects of ICPE-C₁₀₅ and ICPE-P₁₀₇ on the growth of soilborn bacteria. RCG : Bacterium isolated from Rusty ginseng, RCS : Bacterium isolated from surrounding soil of Rusty, HES : Bacterium isolated from rhizosphere soil of healthy ginseng, SUS : Bacterium isolated from surface soil.

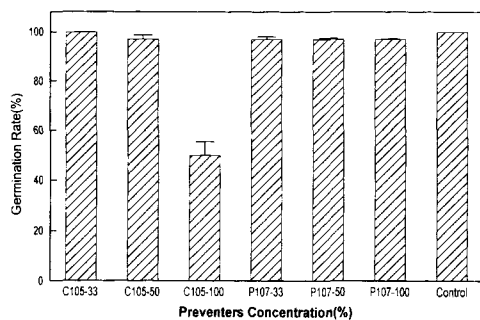


Fig. 4. Effects of biotic preventers (ICPE-C₁₀₅ and ICPE-P₁₀₇) on the germination of *Lactuca sativa* L. 33,50,100 were concentration.

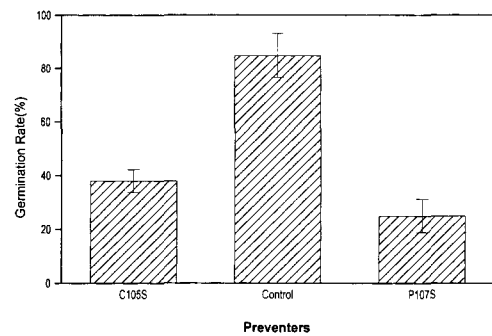


Fig. 5. Influence of biotic preventers (ICPE-C₁₀₅S and ICPE-P₁₀₇S) on the germination of ginseng seeds.

32.7%, ICPE-C₁₀₅W 25.2% 그리고 ICPE-P₁₀₇P 12.7% 생장이 증가하였다(Fig. 8). 따라서 적변삼 방제물질로는 ICPE-C₁₀₅이 ICPE-P₁₀₇ 보다 더 효과적이었으며, 보조물질로는 두 처리구 공히 보조제 R이 가장 우수한 것으로 확인되었다.

인삼의 생장은 토양수분과 무기원소의 효율적인 흡수와 직접적으로 관련이 있음을 상기해 볼 때, 뿌리의 세근 발달은 인삼의 생육을 예측하는 중요한 지표가 될 수 있다. 따라서 적변 방제물질의 처리에 따른 세근의 발달을 조사한 결과, 세

근의 발달은 방제물질 보다는 보조제의 영향을 더 크게 받고 있음이 확인되었다(Fig. 9, 10, Table 1). 보조제 P와 R이 세근 발달에 매우 효과적이었으나 두 보조제 사이에는 약간의 차이를 나타내었다. ICPE-C₁₀₅, ICPE-P₁₀₇P을 보조제 P로 처리한 경우에는 동체의 중간부위에서부터 발달하여 동체가 비교적 짧고 통통하게 성장하였다. 그러나 ICPE-C₁₀₅, ICPE-P₁₀₇을 보조제 R로 처리한 경우에 세근은 동체의 끝부분에서 발달하기 때문에 동체가 비교적 길고 곧게 발달하였

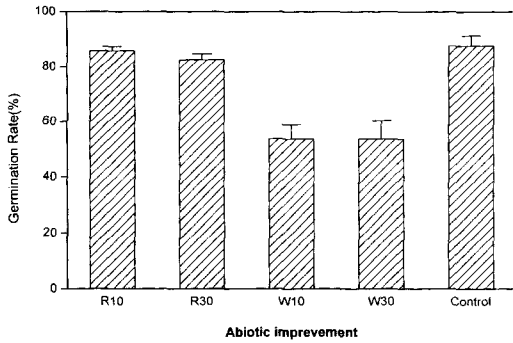


Fig. 6. Effects of abiotic biotic preventers on the germination of ginseng seeds.

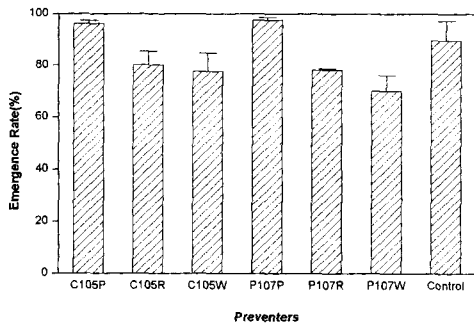


Fig. 7. Effects of biotic preventers on the Emergence rate of 2-year-old ginseng.

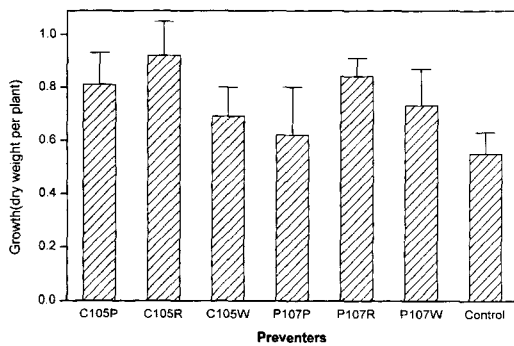
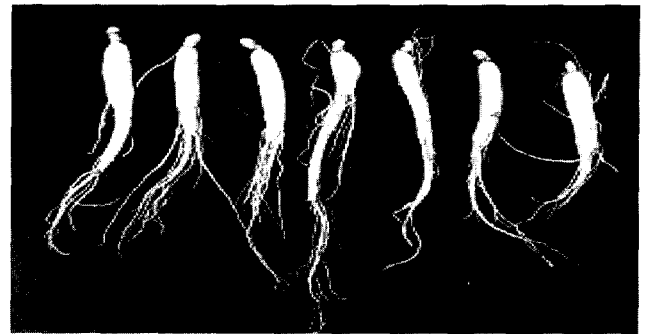


Fig. 8. Effects of biotic preventers on the dry weight of 2-year-old ginseng.

다. 이러한 결과로 미뤄 볼 때, ICPE-C₁₀₅R 및 ICPE-P₁₀₇R 처리구는 재배기간이 고년근으로 증가될수록 생장이 더욱 우수할 것으로 기대되며 좋은 체형을 유지하여 고품질의 인삼의 생산이 가능할 것으로 예측된다.

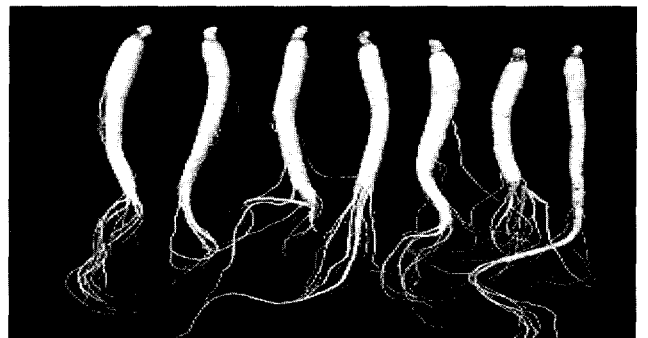
또한, 인삼의 재배에서 년근이 증가할수록 결주율도 증가하기 때문에 고년근에서 생산성 감소의 원인이 되고 있다. 그래서 일정한 재배기간에서의 결주율은 생산성을 예측하는 중요한 요인이 된다. 처리구에 따른 결주율은 대조구에서 25.9%로 가장 높았으나, ICPE-C₁₀₅R과 ICPE-P₁₀₇R의 결주율은 5.0%로 가장 낮게 나타나 우수한 방제물질로 확인되었다



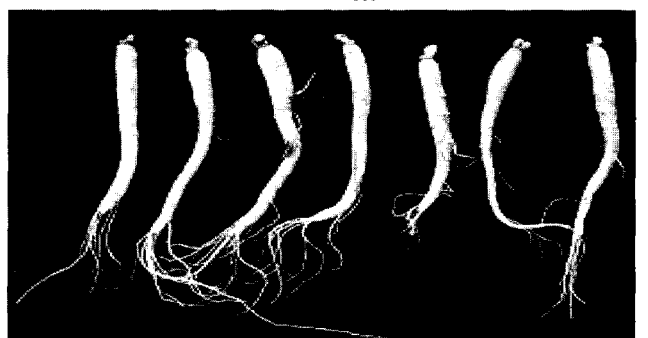
Control



ICPE-C₁₀₅P



ICPE-C₁₀₅R



ICPE-C₁₀₅W

Fig. 9. Effects of preventer (ICPE-C₁₀₅) on the growth of 2-year-old ginsengs.

(Table 1).

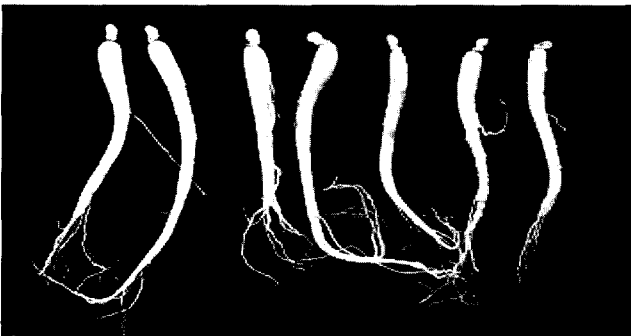
인삼뿌리의 생산성 향상의 중요한 척도가 되는 또 다른 요인은 생육 상태가 고르게 유지되는 것이다. 각 처리구에 따른



ICPE-P₁₀₇P



ICPE-P₁₀₇R



ICPE-P₁₀₇W

Fig. 10. Effects of preventer (ICPE-P₁₀₇) on the growth of 2-year-old ginsengs.

생육 상태를 확인하고자 대조구를 기준으로 하여 fresh weight의 평균생장이 75% 미만인 인삼을 생장 불량 인삼으로 하여 채굴된 인삼 전체에 대한 출현비율을 조사하였다. 대조구의 생장 불량 인삼의 출현비율은 40.0%로 나타났다

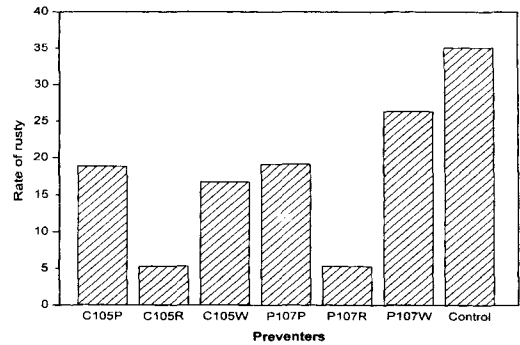


Fig. 11. Effects of biotic preventers on the prevention of Rusty.

(Table 1). 처리구에 따른 효과에서는 ICPE-C₁₀₅R과 ICPE-P₁₀₇P 그리고 ICPE-P₁₀₇W가 각각 15.7%, 12.5%, 11.7%로 대조구에 비해 현저히 낮게 나타났다. 반면에 ICPE-C₁₀₅W는 36.8%로 대조구와 유사하게 나타났다. 이상의 결과를 종합해볼 때, 처리구에 따른 인삼 뿌리의 생장은 ICPE-C₁₀₅R과 ICPE-P₁₀₇R 처리구에서 가장 우수한 것으로 확인되었다.

(3) 적변현상 억제 효과

적변방제물질에 의한 적변억제 효과를 확인하기 위해 채배된 본 연구실의 포장에서 대조구의 평균 적변율은 35%로 나타났다. 이와 같이 적변율이 비교적 낮게 나타나는 이유는 채굴시 까지의 재배기간이 매우 짧기 때문으로 판단된다.

적변방제물질 처리에 의한 적변현상을 보면 ICPE-C₁₀₅R과 ICPE-P₁₀₇R이 대조구에 비해 적변 발생률이 극히 낮은 것을 볼 수 있다(Fig. 11). 본 연구실의 적변 지표에서 적변초기 즉, 적변이 10% 이상 발생된 인삼을 적변삼으로 간주하여 계산하였던 바, 방제물질과 보조제를 혼합하여 처리한 ICPE-C₁₀₅R과 ICPE-P₁₀₇R의 처리구에서 적변 발생률이 5.3%로 가장 낮게 나타났다. 또한, ICPE-P₁₀₇W, ICPE-P₁₀₇P 그리고 ICPE-C₁₀₅P가 각각 16.7%, 18.8% 그리고 19.1%로 유사한 억제효과를 나타냈으며, ICPE-C₁₀₅W는 26.3%의 발생률을 나타내어 다소 효과가 적음이 확인되었다(Fig. 11). 이러한 결과는 인삼의 적변현상이 근권의 무기이온과 철이온 산화환원 미생물 그리고 인삼뿌리의 세포벽 구성성분의 상호 작용에 의한 생리적 현상임을 잘 제시하는 것이며, 본 연구에 처리된

Table 1. Summarized influences of preventers on the growth and Rusty of 2-year-old ginseng

Factors(%)	Preventers	Control	ICPE-C ₁₀₅ P	ICPE-C ₁₀₅ R	ICPE-C ₁₀₅ W	ICPE-P ₁₀₇ P	ICPE-P ₁₀₇ R	ICPE-P ₁₀₇ W
Rate of Deletion		25.9	20.0	5.0	10.0	12.5	5.0	5.0
Badness of Growth*		40.0	12.5	11.7	22.2	15.0	15.7	36.8
Rate of Rusty		35.0	18.8	5.3	16.7	19.1	5.3	26.3

*Ginsengs that it are below at 75% of average growth of control based on the fresh weight.

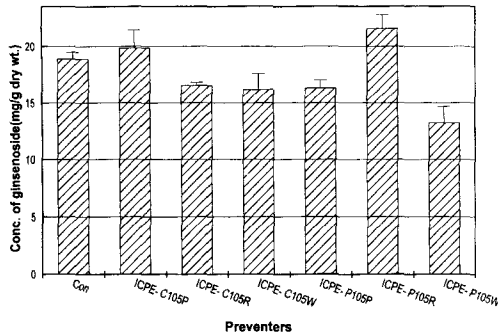


Fig. 12. Effects of biotic preventers on the contents total ginsenoside of 2-year-old ginseng (vertical bar is standard error.)

적변억제 물질의 효과가 매우 우수함을 나타내고 있다.

(4) Ginsenoside의 함량에 미치는 영향

적변방제물질의 처리에 의한 인삼 뿌리의 물질대사 변화 양상을 확인하고자, ginsenoside의 함량변화를 측정하였던 바 (Fig. 12), 총 ginsenoside의 함량은 세근이 동체보다 모든 처리구에서 높게 나타났다. 동체의 경우 방제물질을 처리한 모든 처리구에서 대조구보다 높은 함량을 나타내었고 특히 ICPE-C₁₀₅P와 ICPE-P₁₀₇R은 각각 36.6%, 52.8%의 함량증가를 나타내었다. 세근의 경우는 ICPE-P₁₀₇R가 1.5%의 함량증가를 나타내었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 적변현상의 억제물질로는 ICPE-C₁₀₅R과 ICPE-P₁₀₇R이 적변현상의 억제뿐만 아니라 인삼뿌리의 생육에도 매우 효과적임이 확인되었다. 또한 인삼 뿌리의 물질대사 및 ginsenoside의 함량에서 이들 물질의 처리는 인삼의 ginsenosides 함량 변화에 아무런 억제효과가 나타나지 않았다. 오히려 ICPE-P₁₀₇R은 ginsenoside 함량을 높이는 효과를 나타내었다. 따라서 인삼 뿌리의 적변현상의 방제를 위한 방안으로 천연물질로부터 선발한 방제물질 ICPE-C₁₀₅R과 ICPE-C₁₀₇R의 처리방법을 확립하였다.

요 약

인삼의 적변현상을 방제하기 위한 효율적인 방안을 마련하기 위한 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 천연자원으로부터 적변억제 효과가 우수한 방제물질 (Biotic preventers) ICPE-C₁₀₅과 ICPE-P₁₀₇을 선발하였다.
2. 적변방제 효과를 증진시키기 위해 선발한 보조제(AI) 중 “R”과 “W”가 우수하였다.
3. 방제물질과 보조제를 조합한 방제물질을 처리한 모든 처

리구에서 인삼의 생장이 우수하였으며, 특히 ICPE-C₁₀₅R과 ICPE-P₁₀₇R의 처리구는 각각 67.3%, 52.7%의 성장 증가를 나타냈다.

4. 묘삼의 출아율은 ICPE-C₁₀₅P와 ICPE-P₁₀₇P 처리구에서 대조구보다 우수하였다

5. 또한 방제물질 처리에 따른 적변발생율에서 대조구는 35%의 적변이 발생한 반면, ICPE-C₁₀₅R과 ICPE-P₁₀₇R이 5.3%의 적변발생율을 나타내어 적변에 효과가 있음을 확인하였다.

6. 인삼뿌리의 ginsenoside 함량에 미치는 방제물질의 효과에서는 ICPE-C₁₀₅P와 ICPE-P₁₀₇R의 처리구가 각각 5.0%, 14.2%의 ginsenoside의 함량증가 효과가 있음을 확인하였다.

감사의 말씀

본 연구는 인삼협동조합중앙회에서 시행한 출연연구사업의 연구비 지원에 의하여 수행되어졌습니다.

인용문헌

1. 양덕조, 이성중, 윤길영, 강영희 : *Kor. J. Ginseng Sci* **15**, (1991).
2. Chung Y. R., SH Ohh, I. H. Lee, C. S. Park : *Kor. J. Ginseng Sci* **9**, 1 (1985).
3. Lee S. S., M. K. Lee, K. T. Choi : *Kor. J. Ginseng Res* **23**, 2 (1999).
4. Lee, M. W. : *Kor. J. Microbiol* **17**, 4 (1979).
5. Ohh S. H, C. S. Park, H. J. Kim : 인삼연구보고서(재배분야) (1978).
6. 이태수 : 경북대학교 (1990).
7. 박 훈 : 인삼의 수분생리(3) *Kor. J Ginseng Sci* **8**, 2 (1982).
8. 목성균, 김명식 : 인삼연구보고서, 151-186 (1982).
9. 김명진, 이무구, 박규식, 박동욱 : 인삼연구보고서 3-102 (1985).
10. 양덕조, 김용해, 윤길영, 권진이, 강현미, 최혜연 : 인삼연구보고서 (1996).
11. Yang D. C. 충북대학교 (1997).
12. Yang D. C., K. Y. Yun, Y. H. Kim, D. C. Yang : *Kor. J. of Plant Tiss. Cul* **27**, 1 (2000a).
13. Yang D. C., Y. H. Kim, K. Y. Yun, S. S. Lee, J. N. Kwon and H. M. Kang : *Kor. J Ginseng Sci* **121**, 2 (1997).
14. Yun K. Y. and D. C. Yang : *Kor. J. Ginseng Res* **24**, 3 (2000).
15. Yang D. C. : 인삼연구보고서 (1997).