

인삼재배용 미생물 제품의 식물보호율과 변이계수와의 관계

이병대^{1*} · 박훈²

¹(주)허브킹 생물자원연구소, ²성균관대학교 생명공학연구소
(2009년 5월 13일 접수; 2009년 6월 17일 수정; 2009년 6월 17일 수리)

Relationship between Plant Protection Rate and Coefficient of Variation of Microbial Products for Ginseng Cultivation

Byung Dae Lee^{1*} and Hoon Park²

¹Bioresource Development Institute, Herbkings Inc., Hankyung University (Anseong)

²Biotechnology Institute, Sungkyunkwan University (Suwon)

(Received May 13, 2009; Revised June 17, 2009; Accepted June 17, 2009)

Abstract : The plant protection rate of the marketed microbial products for ginseng cultivation was investigated against *Rhizoctonia solani* and *Pythium* sp. in a seedling pot experiment. A significant difference was found among the mean plant protection rates (Pm) of the microbial products, including Tolclofos-methyl (Rhizolex). The best microbial product, C-ISR2, showed a 33% and 33.6% net Pm (total Pm-control Pm) in the two tests against *Rhizoctonia solani*. In one test with a 58.6% control plot Pm, the total pm was 91.6%, indicating that plant protection can be done only with a microbial product in a well-conditioned field. The net Pm of C-ISR2 against *Pythium* sp. was 26.4%. The net Pm of a microbial product against a pathogen seems to be fixed. A significant negative linear correlation was found between the Pm and the coefficient of variation (CV) of the protection rate in all the three experiments. This indicates that the protection processes of control, microbial products, and chemical pesticides are in the same system. Pm was only dependent on CV, probably due to each seedling's microenvironment. In the linear correlation equation between the Pm and the CV of the microbial products and the control plot, the intercept of the vertical axis will be the theoretical Pm when CV is zero.

Key words : ginseng, microbial products, protection rate, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp.

서 론

화학농약에 대한 병원균의 내성균주 발생 문제와 환경피해로 생물농약의 개발과 사용은 세계적 과제로 떠오르고 있다. 우리나라에도 일반작물용 생물농약이 개발되어 여러 가지가 시판되고 있다.¹⁾ 중국에서는 2015년부터 메틸브로마이드계의 훈증제 사용이 금지되어 이를 대비해 딸기연작장해방제용 미생물제제를 개발하고 있다.²⁾ 우리나라에서도 인삼 점무늬병방제 미생물이 개발되었다.³⁾ 인삼은 지상부병 보다 토양유래병원균들로부터의 보호가 더 큰 문제이다. 특히 묘포에서의 모잘록병 방제가 곤란하다. 중국에서도 *Rhizoctonia solani*에 의

한 입고병방제에 환경피해저감 농약으로 Fludioxonil을 선정하여 효과를 보고 하였다.⁴⁾ 우리나라에서도 인삼근부병역제 미생물제제의 연구가 정부지원으로 수행되어왔으며,⁵⁾ 시중에는 여러 가지 인삼용 미생물제제들이 판매되고 있다. 그러나 경작현장에서는 화학농약과 같이 뚜렷이 선택되는 미생물제제가 없다. 인삼은 6년간이란 긴 재배기간이 있기 때문에 일년생의 일반작물에서와 같이 미생물제제의 효과를 확인하기가 쉽지 않은 특성이 있다. 미생물제제 분야의 이론도 없고 연구 경험이 없기 때문에 인삼 연구자 중에도 미생물제제에 대하여 적극적 긍정자는 소수이다. 묘포는 일년간이므로 일년생작물에 비견 된다. 본 연구는 묘삼의 입고병을 대상으로 시판되는 여러 가지 인삼용 미생물제제의 효과와 그 변이간의 관계를 밝혀 미생물제제의 식물보호체계 내에서의 위치를 이해하고자 하였다.

*Corresponding author. E-mail: bdlee37@hanmail.net
Phone: +82-31-671-2537, Fax: +82-31-671-2538

재료 및 방법

1. 공시 미생물제제와 농약

현재 시판되고 있으며 인삼재배에 사용할 수 있다고 추천되는 제품들을 공시 미생물제제로 사용하였다. 공시 미생물제제 중 몇 개 제품은 인삼농가에서 사용하고 있다. 제조회사나 제품의 상세한 내역은 본 논문의 논점과 관계가 없으므로 밝히지 않았고 농약은 (주)동방아그로제의 리조렉스 (tolclofos-methyl), 바리문 (validamycin-A)과 (주)경농제의 리도밀 (met-alaxyl)을 농약상에서 구입하였다.

2. 공시 인삼병원균의 분리 및 접종원 배양

공시 인삼병원균은 인삼묘포에서 전형적인 모잘록증상을 보이는 유묘로부터 분리동정한 *Rhizoctonia solani* 와 *Pythium* sp.를 사용하였으며 시험을 위한 접종원배양을 위해 PDA (Potato Dextrose Agar)에 이식한 다음 25°C 항온기에서 10 일 동안 배양 후 시험에 사용하였다.

3. 인삼유묘생산 및 모잘록병균 접종

시험을 위한 유묘를 생산하기 위해 멸균된 토양 (원야토 3 : 약토 1의 비율로 섞은 양직 묘포토양)을 플라스틱 포트 (14 cm×10 cm)에 채우고 포트당 10개의 개갑 된 인삼씨를 파종하였다. 파종된 포트는 약 20°C, 실온에서 15일간 재배하여 발아 후 지상부가 출현한 것을 시험에 사용하였다. 처리당 다섯 개의 포트를 만들었다.

4. 인삼병원균 접종

인삼 모잘록병균의 접종은 PDA배지에서 배양된 *Rhizoctonia solani* 와 *Pythium* sp.의 균총을 멸균된 5 mm의 cork borer로 떼어낸 다음 멸균된 백금이를 이용하여 포트 상면에 접종하였다.

5. 인삼모잘록병 방제효과 검정

멸균수를 이용하여 각 미생물제제와 화학농약별 권장희석배율로 희석하여 한 개 포트 당 30 mL씩 관주처리 하여 처리한 포트는 온도 23°C에서 두고 10일후 이병율을 조사하였다.

결과 및 고찰

시판인삼용 미생물제의 입고병 병원균 *Rhizoctonia solani*에 의 발병억제력 즉 보호율 (건전생존주율)과 변이계수 (CV)는 Table 1과 같다. *Rhizoctonia solani* 에 가장 좋다고 하는 Tolclofos -methyl은 5반복 평균이 92%로 가장 높고 변이계수도 8.13으로 가장 적었다. 미생물제제는 평균보호율이 64.8%에서 21.6%로 넓은 범위에 분포하고 단칸다중검정결과 화학농약과 모두 유의성있는 차이를 보였다. 미생물제제간에도 효과의 차이가 $p=0.05$ 에서 인정되었다. 미생물제제의 보호율의 변이는 한 개 제품 (BI)을 제외하고는 30%에서 63%범위에 분포하여 Tolclofos-methyl의 8%와는 큰 차이가 있었다. BI는 세균 (*Bacillus* sp.)과 진균 (*Tricoderma* sp.)의 혼합제이다. Pm이 무처리구보다 낮은 TO는 유일한 진균제이다.

미생물제제의 보호율의 변이가 큰 것은 미생물제제의 작용이 각 포트의 미세 환경요인에 의하여 화학농약보다 크게 영향을 받는데에 기인한다. 평균보호율 (Pm)과 보호율의 변이계수 (CV)간에는 $Pm=75.2708-0.7263CV$ 의 상관관계에 있고 $r=-0.7642$ 로 $P=0.05$ 에서 유의성이 있다 (Fig. 1). 미생물제제의 효과가 적다는 것은 미세환경변화에 예민하기 때문이라는 것을 알 수 있다. *Rhizoctonia solani*에 대하여 validamycin-A를 대조로 하여 조사한 결과 보호율이 validamycin-A에서 95%로 가장 높고 무처리구가 58.6%로 가장 낮았다 (Table 2). 미생물제제에서 가장 높은 것은 91.6%였다. 처리간 평균 보호율의 차이는 유의성이 없었다. 그러나 평균보호율과 변이계수 (CV)간에는 $Pm=100.2495-0.7446CV$ 의 관계로 높은

Table 1. Protection rate of various microbial products and Rhizolex(Tolclofos-methyl) against *Rhizoctonia solani* infection on *Panax ginseng* seedling under pot experiment

Replication	1	2	3	4	5	mean(%)	DMRT	CV
Rhizolex	80	90	100	100	90	92.0	a	8.13
C-ISR2	90	75	56	33	70	64.8	b	29.7
BI	40	50	50	44	50	46.8	bc	8.80
C2	30	40	33	64	64	46.2	bc	32.2
EX	27	25	63	50	33	39.6	cd	36.9
C-ISR1	45	73	50	25	0	38.0	cd	62.6
Control	27	0	27	63	38	31.2	cd	64.2
TO	27	27	1	13	40	21.6	d	62.0
LSD (0.05)						23.04		

DMRT: means with the same letter are not significantly different at $P=0.05$

유의성 상관관계 ($r=-0.9877$, $p=0.01$)를 보였다 (Fig. 2). 이 경우에도 보호율은 미세환경 변이에 대하여 예민할수록 감소한다는 것을 알 수 있다.

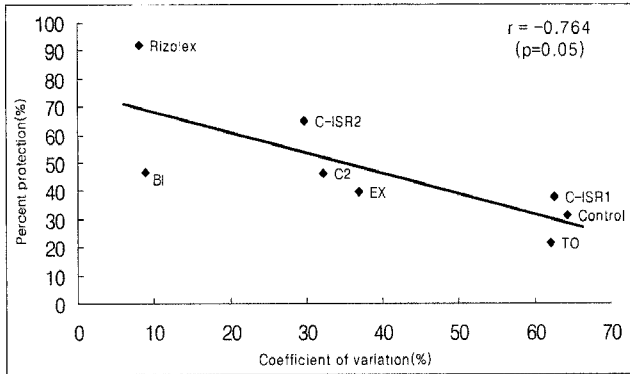


Fig. 1. Relation between mean plant protection and its variation (coefficient of variation) of Tolclofos-methyl (Rizolex) and microbial products against *Rhizoctonia solani*.

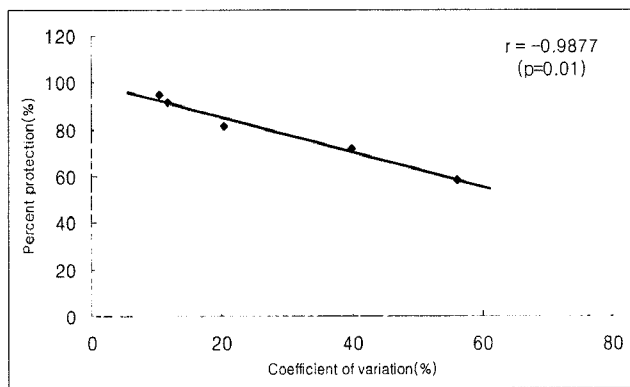


Fig. 2. Relation between mean plant protection (Pm) and its variation (CV) of validamycin-A (Balimoon) and microbial products against *Rhizoctonia solani*.

Pythium sp.를 대상으로 하고 화학약제를 Metalaxyl로 하여 미생물제제의 효과를 검정한 결과 Metalaxyl이 94%로 가장 높다. 미생물제제는 77.4%에서 62.8%범위에 있고 무처리구는 34.9%로 평균보호율간 차이에 유의성이 없었다 (Table 3). 화학농약의 CV가 5.2인데 반하여 미생물제제의 CV는 26%에서 38.5%로 높다. 여기에서도 평균보호율과 그 변이간에는 유의부상관계 ($r=-0.8510$, $p=0.1$)를 보이고 $Pm=91.2275-0.6123CV$ 의 관계식을 갖는다 (Fig. 3). 이상의 세 실험결과를 요약하면 Table 4와 같다. 일관되게 나타나는 것은 농약과 미생물제제와 무농약의 체계가 보호율과 그 변이간에 직선상관계 즉 동일 체계 속에 있다는 것이다. 이것은 미생물제제도 화학제제의 효과를 발휘할 수 있으나 미세환경에 대한 영향으로 안정성이 떨어져서 효과의 변이가 크기 때문에 화학농약의 수준을 따라가지 못한다는 사실이다. 묘포에서 묘삼 각각이 갖는 미세환경차이가 구체적으로 어떤 것이

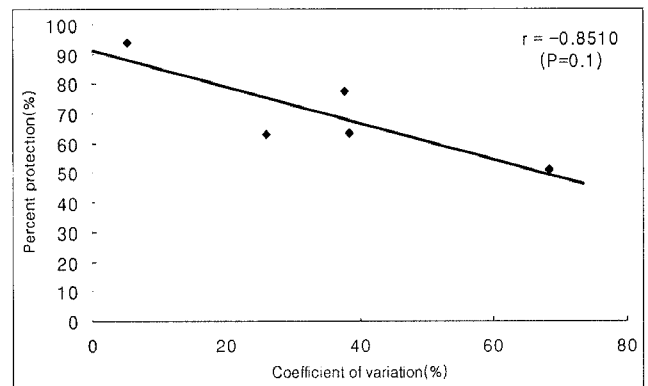


Fig. 3. Relation between mean plant protection (Pm) and its variation of Metalaxyl (Ridomil), and microbial products against *Pythium* sp.

Table 2. Protection rate of various microbial products and Balimoon(Validamycin-A) against *Rhizoctonia solani* infection on *Panax ginseng* seedling under pot experiment

Replication	1	2	3	4	5	mean (%)	CV
Balimoon	100	100	100	100	75	95.0	10.5
C-ISR2	83	100	100	100	75	91.6	11.6
GI	67	80	100	60	100	81.4	20.3
BI	17	100	75	80	86	71.6	39.9
Control	71	50	0	100	71	58.6	56.1

Table 3. Protection rate of various microbial products and Ridomil(Metalaxyl) against *Pythium* sp. infection on *Panax ginseng* seedling under pot experiment

Replication	1	2	3	4	5	mean (%)	CV
Ridomil	100	90	100	90	90	94.0	5.2
C-ISR2	100	75	100	22	90	77.4	37.7
C-ISR1	83	90	50	30	55	63.3	38.5
EX	45	80	44	63	82	62.8	26.0
Control	9	9	91	73	73	51.0	68.4

Table 4. Protection rate (Pm) of microbial products for ginseng cultivation and correlation between Pm and coefficient of variation (CV)

pathogen	Chemical pesticide			the best microbial products			control		DMRT of Pm	Regression	
	name	Pm	CV	name	Pm	CV	Pm	CV	significance	Coefficient	significance
<i>Rhizoctonia solani</i>	Tolclofos-methyl	92.0	8.13	C-ISR2	64.8	29.7	31.2	64.2	0.05	-0.7642	0.05
<i>Rhizoctonia solani</i>	Validamycin-A	95.0	10.5	C-ISR2	91.6	11.6	58.6	56.1	NS	-0.9877	0.01
<i>Pythium</i> sp	Metalaxyl	94.0	5.2	C-ISR2	77.4	37.7	34.9	68.4	NS	-0.8510	0.1

Pm; mean plant protection rate (%), DMRT; Duncan multiple range test

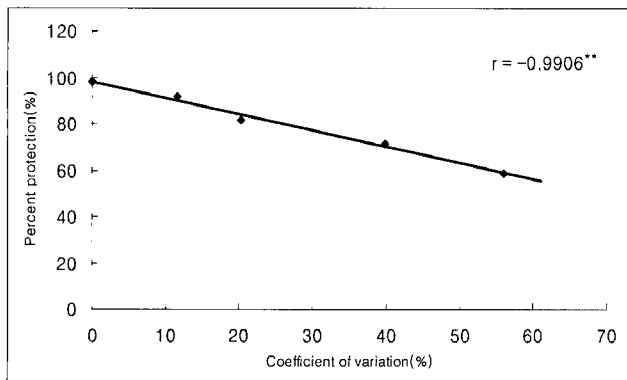


Fig. 4. Relation between mean plant protection (Pm) and its variation of microbial products and control against *Rhizoctonia solani*.

며 이와 미생물제제와의 관계가 이해된다면 미생물제제가 화학농약의 안정성 수준에 도달할 수 있을 것이다.

Tolclofos-methyl을 대조로한 실험에서 미생물제제 중 한 제품 (BI)의 CV가 평균보호율과 CV의 상관선에서 멀게 떨어져 일반미생물제제와 다른 특성을 보인다. 즉 효과가 46.8%로 낮음에도 CV는 8.8%로 화학농약과 큰 차이가 없다는 점이다. 이제품은 세균에 곰팡이를 포함하고 있는 점이 다른 제품과 다르다. 미생물 조성 차이가 안정성과 보호율에 관련될 가능성이 있다. 그러나 두번째 validamycin-A와의 시험 (Table 2, Fig. 2)에서는 일반적 경향에 따랐기 때문에 미생물 종류가 안정성에 전혀 다른 양상으로 영향을 준다고 단정하기는 어렵다.

Table 2에서 농약 validamycin-A를 제거하고보면 $Pm = 98.1331 - 0.6985CV$ 이고 $r = -0.9906$ 으로 $P = 0.01$ 에서 유의성을 갖는다. 상관식에서 $CV = 0$ 인 절편은 98.1331이고 (Fig. 4) 이 수치는 미생물제제의 *Rhizoctonia solani*에 대한 최대 보호율이라고 볼 수 있다. 미생물제제 중 효과가 가장 큰 C-ISR2의 순수 보호율 (net Pm)은 총 보호율에서 무처리구의 효과를 뺀 것이다. Tolclofos-methyl과 비교한 시험 (Table 1)에서는 33.6% (64.8-31.2)이고 validamycin-A와 비교한 시험 (Table 2)에서는 33% (91.6-58.6)로 변동이 거의 없다. 미생물제의 한

병원균에 대한 순보호율은 일정 환경하에서 고정된 값을 갖는 것으로 볼 수 있다. 이 두가지 예는 기본환경의 보호조건을 높임으로서 화학농약을 완전히 배제하고 미생물제제를 사용하여 청정인삼을 경작할 수 있다는 것을 보여준다. *Pythium* sp.에 대한 C-ISR2의 순 인삼보호율은 25.6% (77.4-51.0)이다. C-ISR2는 *Pythium*에 대한 보호효과가 *Rhizoctonia solani*의 경우보다 적다는 것을 알 수 있다. 미생물제제간의 차이 즉 C-ISR2와 BI의 차이를 보면 18% (Table 1)와 20% (Table 2)의 차이로 거의 일정하여 제제마다 변이가 있으면서도 순평균보호율 (net Pm)이 일정하다고 볼 수 있다.

이상의 결과에서 최고의 효과를 보인 제제가 3회 모두 최고의 효과를 보이고 있다는 점과 C-ISR2와 BI제품차이가 18% (Table 1) 및 20% (Table 2)로 매년 근사한 차이를 보인다는 점은 큰 변이계수가 있지만 안정성이 제제별로 구분이 있기 때문에 미생물제제는 상당히 희망적임을 알 수 있다. 변이계수가 크다는 것은 환경을 맞게 해주면 큰 보호력을 발휘하게 됨을 의미한다. 현재로서도 무처리구의 보호율이 높은 경우에는 미생물 보호제로 경제적 보호수준에 이를 수 있음을 알 수 있다. 앞으로 미생물제제는 미세환경을 극복할 수 있는 즉 광범위 환경 적합성의 향상방향으로 연구되어야 함을 알 수 있다. 이를 위해서는 더 정확히 미세 환경요인을 정의하고 측정할 수 있는 기술의 개발이 선행되어야 할 것이다.

요 약

시판되고 있는 인삼재배용 미생물제제에 대하여 인삼묘 입고병역제효과를 유묘포트시험으로 검증하였다. *Rhizoctonia solani*에 대하여는 리조렉스 (tolclofos-methyl)와 바리문 (validamycin-A)을 비교하여 검증하고 *Pythium*에는 리도밀 (metalaxyl)을 비교하였다. 리조렉스와 비교한 시험에서만 처리간 평균보호율 (Pm)의 차이에 유의성이 있었다. 최고효과를 보이는 미생물제 C-ISR2 *Rhizoctonia solani*에 대한 두 개의 시험에서 순보호율 (net Pm = total Pm - control Pm)이 33%와 33.6%였다. 대조구의 Pm이 58.6%인 경우 총보호율이

91.6%로, 환경조건이 좋은 포장에서는 미생물제로만 보호가 가능함을 나타낸다. C-ISR2의 *Pythium*에 대한 순Pm은 26.4%였다. 한 병원균에 대한 미생물제의 순보호율은 일정한 것으로 보였다. Pm과 CV간에는 세 번 다 부의 직선상관관계를 보였다. 이는 미생물제나 화학약제가 모두 보호체계가 같으며 미생물제제가 미세환경에 예민하여 변이가 커지는 것으로 보인다. 미생물제와 대조구의 Pm과 CV의 상관식에서 CV=0에서의 절편 값은 미생물제의 이론적 최대보호율이 된다. 기본 발병환경의 개선 (무처리구의 보호율증대)에 따라 기존 미생물제제로 화학농약을 대체할 수 있다.

감사의 말씀

본 연구는 농림부 농림기술개발사업에 선정된 고려인삼명품화사업단 (KGCMVP)의 지원에 의하여 이루어진 것임.

인용문헌

1. Lee JH. Trend of microbial pesticide development in Korea. Symposium on practical use and development of biological control technology against plant diseases. 23-24. National Institute of Agricultural Science and Technology. ORD (2007)
2. Zhang Y, Hu T, Ji L, Cao K. A bio-product as alternative to methyl bromide or replant disease control on strawberry, *Frontiers of Agriculture in China*, 2(1), 72-76 (2008)
3. Li X, Han JS, Jin X, Yin D, Choi JE. Control of *Alternaria* leaf blight of ginseng by microbial agents and fungicides. *Res. Plant Dis.* 14(2), 102-106 (2008)
4. Cho DH, Kang JY, Yu YH. Anastomosis group, pathogenicity and growth characteristics of *Rhizoctonia solani* causing damping-off on *Panax ginseng*. *J Ginseng Res (Formerly Korean J. Ginseng Sci)* 28(4): 183-190 (2004)
5. Cho DH, Yu YH. Effect of fludioxonil, flutolanil and thi-fluzamide on suppression of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* on *Panax ginseng*. *J. Ginseng Res (Formerly Korean J. Ginseng Sci)* 29(4): 185-191 (2005)
6. Zhang H, Xu H, Jia F, Ma Y. Study on seed and techniques of seedling coating formulation of ginseng, *J. Jilin Agricultural University*, 30: 48-51 (2008)
7. Park H, Bae YS, Kang GY. Development of technology disease control and growth promotion of *Panax ginseng* with beneficial microbes. *Herbking Inc. Research Report*. 41-129. Ministry of Agriculture and Forestry (2005)
8. Lee BD, Park H. Control effect of *Bacillus subtilis* B-4228 on root rot of *Panax ginseng*. *J Ginseng Res (Formerly Korean J. Ginseng Sci)* 28(1): 67-70 (2004)