

곤충기생성 진균이 생산하는 살충성 생리활성물질의 탐색

윤영남* · 여운형¹ · 서미자

충남대학교 농과대학 응용생물화학부
¹한국인삼연초연구소 원료3실

Searching for Insecticidal Metabolites Produced by Insect Pathogenic Fungi

Young-Nam Youn*, Woon-Hyung Yeo¹ and Mi-Ja Seo

Division of Applied Biology and Chemistry, College of Agriculture,
Chungnam National University, Taejon 305-764

¹Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea

ABSTRACTS: During the screening of biological control agents for insect pests in the greenhouse, 70 dead insect-related fungi were isolated and tested insecticidal effect of their culture filtrates was tested. From this studies, CNAB-63 isolate showed strong control effects against the cotton aphids and the two-spotted spider mite as 65.19% and 77.55%, respectively. The insecticidal active compound of CNAB-63 isolate was purified from culture filtrate by silica gel chromatography, thin layer chromatography and HPLC. Purified active compound (CNAB) showed control effects against the two-spotted spider mite with 63.45% at 100 µg/ml concentration. However, it did not exhibit antimicrobial activity against fungi and bacteria.

KEYWORDS: Biological control, Insect pathogenic fungus, Insect pest, Insecticidal metabolite

경제작물을 비롯하여 저장곡류 및 과일 등을 가해하여 막대한 피해를 초래하는 해충의 방제를 위해 인간은 고대 그리스와 로마시대부터 살충제를 사용하였으며, 현재 많은 약제들이 등록되어 사용되고 있다(Park 등, 1993). 이들 살충제들은 유기인산 ester계, carbamate계, pyrethroid계, 염소계 화합물로서 주로 유기합성 화합물들이며, 이들은 대부분 강력한 살충력을 지닌 반면에 비선택적인 작용으로 인한 지구의 오염이나 식물연쇄의 상위에 위치한 생물체내에 축적·농축되는 등의 부작용, 잔류독성으로 인한 환경오염과 같은 심각한 문제가 되고 있다(Park 등, 1993; Hiroshi, 1995; Hiroshi, 1996). 따라서 보다 안전하고도 선택적이며, 자연에서의 생분해능이 좋은 살충물질과 해충에 병원성을 갖는 미생물을 이용한 생물적 방제제 개발을 위해 노력하고 있다.

곤충 병원성 미생물로는 바이러스, 세균, 곰팡이 등이 알려져 있으며, 실제로 이들의 세포와 포자를 직접 포장에 처리하여 해충방제에 높은 효과를 얻고 있다(Ferron, 1981; Anderson 등, 1988; Maniana, 1993). 한편, 곰팡이를 이용한 해충방제는 주로 병원성을 갖는 곰팡이를 대상으로 탐색되었으며 이들이 생산하는 살충성 2차 대사산물과 곰팡이 자체를 이용한 해충방제 연구는 1950년대부터 본격화되어 현재 약 750종 85속의 곰팡이가 곤충의 병을 일으킬 수 있는 것으로 밝혀져 있다. 실제로 중국에서는 *Beauveria bassiana* 포자를 매년 3000톤 정도 생산하여 pine caterpillar, corn borer, eriophid mites 등의 방제에 사용되고 있으며, 브라질이나 구소련 및 체코슬로바키아 등에서도 상품화하여 해충방제에 이용하고 있다(Ferron, 1978; 河上, 1985). 해충방제제로 현재 이용되고 있는 곰팡이는 환경오염을 유발하지 않는 것으로 밝혀졌기 때문에, 여러 나라에서 곰팡이를 이용한 토양해충,

*Corresponding author

온실해충, 농작물해충을 방제하기 위해 활발한 연구를 수행하고 있다. 그렇지만 이들 곤충병원성 진균들을 이용하여 방제할 경우 인공배지에서 이런 유용한 진균을 생산하는데 비용이 많이 들며, 방제대상 해충을 빠르게 감염시킬 수 있는 포자의 저장수명이 짧아 동시에 다량으로 생산하는 일은 매우 어려운 실정이다.

한편, 일부 곤충들은 진균을 직접 섭식하거나 진균에 감염된 물질들을 먹음으로 인하여 독성을 보여주게 되는데, 이는 진균에 의해서 생산된 2차 대사산물의 영향에 의한 것으로 보고되고 있다 (Wright 등, 1982). 이와 같이 진균이 생성하는 생리활성물질이 곤충에 대하여 어느 정도의 독성을 가지고 있다면, 이는 해충을 방제하기 위한 잠재적인 요소로 충분히 이용할 수 있으리라 본다.

본 연구자들은 시설재배단지내 오이와 토마토 등 여러 가지 채소와 화훼작물에 많은 피해를 주고 있는 목화진딧물과 온실가루이, 점박이응애 등과 그 이외에 채소류의 난방계 해충인 배추좀나방의 새로운 생물적 방제 인자를 탐색하기 위하여 전국에서 수집한 곤충 관련성 곰팡이를 분리하였다. 수집된 곰팡이를 배양한 후 배양여액을 이용하여 이들의 상기 해충에 대한 살충력을 검정하였으며, 살충력이 높은 균주가 생산하는 살충물질을 분리 정제하고, 정제된 활성물질로 살충력을 시험하여 환경에 안전한 살충성 생리활성물질을 찾고자 수행하였다.

재료 및 방법

곤충으로부터 곰팡이의 분리

전국 각지의 산림지역과 비닐하우스 재배단지 대상으로 자연적으로 사멸한 곤충을 채집하여 1% sodium hypochloride와 70% 함수 ethanol로 표면소독한 후 27°C에서 2~3일간 습식처리하였다. 발생한 곰팡이 균락은 멸균된 이쑤시게로 떼어내어 sab배지(Glucose 20 g, peptone 20 g, D/W 1 L, pH 7.8~8.0)에 계대 배양하였다. 순수하게 분리된 곰팡이는 sab slant 배지에 계대배양하면서 냉장보관 후 살충력 검정에 사용하였다.

살충력 검정용 배양액 조제

분리한 곰팡이를 20 ml의 potato dextrose broth(100 ml용 삼각플라스크)에 접종하고 27°C의 배양기에서 2주일간 정치배양하였다. 각 곰팡이의 배양액을 여과지(Whatman No. 2)를 사용하여 균체와 배양여액으로 분리하였다. 분리된 균체는 20 ml의 70% 함수 아세톤으로 2~3시간 처리하여 균체내의 성분을 추출하고 농축하여 용매를 완전하게 제거시킨 후 배양여액과 합하였다. 이 용액을 사용하여 공시충에 대한 살충력을 검정하였다.

공시충과 기주

살충력검정을 위한 해충으로는 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*) 및 배추좀나방(*Plutella xylostella*)을 공시하였으며, 이들 각각의 해충별 기주 식물로는 오이(*Cucumis sativus*)와, 강남콩(*Phaseolus vulgaris*), 양배추(*Brassica oleracea capitata*)를 사용하였다. 목화진딧물과 온실가루이는 자연상태의 오이에 발생한 충을 유리온실내에서 누대사육하면서 이용하였으며, 점박이응애와 배추좀나방은 실험실내에서 5년간 약제노출없이 누대사육한 충을 한국화학연구소 스크리닝부 살충제연구실과 (주)경농 경주연구소 곤충사육실에서 분양받아 곤충사육실에서 누대사육하면서 이용하였다. 누대사육 조건은 25±2, 50±10%RH, 16L:8D이었다.

살충력 검정

살충력 검정은 목화진딧물, 점박이응애, 배추좀나방, 온실가루이 각각에 알맞은 생물검정방법으로 실시하였다. 목화진딧물과 온실가루이는 스프레이법을 이용하여 기주식물인 오이에 반복당 각각 30 혹은 50마리씩 접종시켜 실시하였고, 배추좀나방 유충은 양배추를 이용하여 엽침지(leaf-dipping)법을 이용하였으며, 점박이응애는 강남콩을 사용한 스프레이법을 이용하였다. 조사는 배양액 처리 24시간 후에 생사충수를 계수하였으며, 모든 실험은 3반복을 원칙으로 수행하였다. 단 무처리구의 경우에는 증류수를 이용하여 각각의 경우와 같은 방법으로 수행하였다.

CNAB-63 균주가 생산하는 살충성분의 분리 및 정제

가장 강한 살충력을 보인 CNAB-63 균주가 생산하는 살충물질의 분리·정제(Fig. 1)를 위해 먼저 본 균주를 PDA plate에서 27°C로 일주일동안 배양하였다. 균사가 풍부하게 형성된 후 멸균된 칼을 이용하여 직경 10×10 mm 크기로 잘라 150 ml의 PD broth(500 ml 삼각플라스크)에 5조각씩 접종하고 27°C로 2주간 정지배양하였다. 배양액은 균체와 배양여액으로 분리하고 배양여액을 동일량의 ethyl acetate로 3번씩 추출하였으며, 추출물은 감압 농축 후 소량의 chloroform에 녹여 silica column chromatography를 실시하였다. 컬럼은 CHCl₃-MeOH(100:0→90:1→70:1→50:1→30:1)로 전개하고, 활성분획은 모아서 농축 후 CHCl₃-MeOH(80:1)을 전개용매로 하여 preparative thin layer chromatography를 실시하였다. 활성분획은 CHCl₃-MeOH(5:1)로 추출하고 감압 농축하였다. 활성물질은 소량의 acetonitrile에 녹인 후 65% 함수 acetonitrile을 전개용매로 하여 HPLC(Capcell pak C₁₈-10×250 mm, UV 220 nm, flow rate=1 mL/min)로 최종 정제하였으며,

동결건조 후 흰색의 분말상인 활성물질을 얻었다. 정제과정 중의 각 분획은 농축 후 소량의 ethanol에 녹이고 멸균 증류수로 희석하여(최종 ethanol 농도 0.5%) 살충력검정에 사용하였다.

CNAB-63 균주가 생산하는 활성물질(CNAB)의 농도별 살충력

정제된 CNAB의 목화진딧물에 대한 농도별 살충력 검정을 위해 활성물질을 소량의 ethanol에 녹인 후 멸균 증류수로 희석하여 1000, 500, 100, 10 µg/ml(ethanol 최종농도=0.5%)을 사용하여 분무 처리법과 엽침지법으로 살충력을 검정하였다.

CNAB의 항균활성 검정

항균력 조사는 paper disk법으로 실시하였다. 즉 진균 및 세균을 도말한 검정용 플레이트위에 100 µg의 CNAB가 처리된 paper disk를 올려 놓고 2~3일간 배양하면서 저지환의 직경을 측정하였다. 검정균의 배양용 배지로서 곰팡이와 효모에는 sab를, 세균에는 Mueller-Hinton배지를 각각 사용하였다.

Chromatography

HPLC는 Waters 510기종을 사용하였고, thin layer chromatography 분석은 Merck사 제품의 Silica gel 60 F₂₅₄를 사용하였다.

결과 및 고찰

곤충기생성 진균이 생산하는 살충성 생리활성물질을 탐색하기 위해 전국 각지에서 채집한 죽은 곤충에서 유래한 곰팡이를 분리하고 이들의 배양액을 이용하여 살충효과를 검정하였다.

곰팡이 분리주의 살충력

사멸곤충에서 분리한 곰팡이 70균주의 살충활성은 Table 1과 같다. 대부분의 곰팡이는 목화진딧물에 대해서는 10~30%의 낮은 활성을 보였으나, 점박이용애에 대하여는 50~60%의 비교적 높은 살충효과를 보였다. 예를 들어 CNAB-1에 의하여 죽은 목화진딧물은 처음에는 옅은 갈색을 띠다가 시간이 경과하면서 짙은 갈색으로 변하여 죽었으며, 일부는

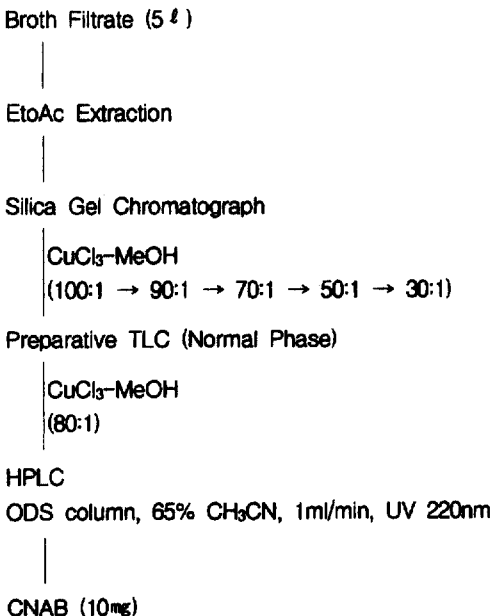


Fig. 1. Isolation procedure for CNAB produced by fungal isolate CNAB-63.

Table 1. Insecticidal activities of culture filtrates of fungi isolated from dead insects against the cotton aphid and the two-spotted spider mite

Tested isolates	Pre-test population densities per replications		Survival rate (%) of		Control effects (%) of	
	Aphids	Mites	Aphids	Mites	Aphids	Mites
CNAB-1	30.00	30.00	97.78	44.44	0.00	55.10
CNAB-2	30.00	30.00	87.78	50.57	10.23	50.61
CNAB-3	30.00	30.00	86.67	41.11	11.37	58.47
CNAB-4	30.00	30.00	84.44	42.22	13.64	57.34
CNAB-5	30.00	30.00	57.78	52.22	40.91	47.24
CNAB-6	30.00	30.00	92.22	44.44	5.68	55.10
CNAB-7	30.00	30.00	90.00	52.22	7.96	47.24
CNAB-8	30.00	30.00	100.00	38.89	0.00	60.71
CNAB-9	30.00	30.00	100.00	45.56	0.00	53.97
CNAB-10	30.00	30.00	72.22	35.56	26.14	64.08
CNAB-11	30.00	30.00	94.44	34.44	3.41	65.20
CNAB-12	30.00	30.00	97.78	42.22	0.00	57.34
CNAB-13	30.00	30.00	96.67	34.44	1.14	65.20
CNAB-14	30.00	30.00	91.11	38.89	6.82	60.71
CNAB-15	30.00	30.00	97.78	34.44	0.00	65.20
CNAB-16	30.00	30.00	87.78	40.00	10.23	59.59
CNAB-17	30.00	30.00	71.11	47.78	27.27	51.73
CNAB-18	30.00	30.00	82.22	55.56	15.91	43.87
CNAB-19	30.00	30.00	83.33	51.11	14.77	48.36
CNAB-20	30.00	30.00	76.67	45.56	21.59	53.97
CNAB-21	30.00	30.00	87.78	36.67	10.23	62.96
CNAB-22	30.00	30.00	63.33	42.22	35.23	57.34
CNAB-23	30.00	30.00	70.00	42.22	28.41	57.34
CNAB-24	30.00	30.00	84.44	45.56	13.64	53.97
CNAB-25	30.00	30.00	90.00	46.67	7.96	52.85
CNAB-26	30.00	30.00	84.44	41.11	13.64	58.47
CNAB-27	30.00	30.00	82.22	45.56	15.91	53.97
CNAB-28	30.00	30.00	83.33	48.89	14.77	50.61
CNAB-29	30.00	30.00	76.67	34.44	21.59	65.20
CNAB-30	30.00	30.00	96.67	41.11	1.14	58.47
CNAB-31	30.00	30.00	100.00	37.78	0.00	61.83
CNAB-32	30.00	30.00	96.67	38.89	1.14	60.71
CNAB-33	30.00	30.00	94.44	48.89	3.41	50.61
CNAB-34	30.00	30.00	100.00	34.44	0.00	65.20
CNAB-35	30.00	30.00	92.22	34.44	5.68	65.20
CNAB-36	30.00	30.00	98.89	36.67	0.00	62.96
CNAB-37	30.00	30.00	98.89	37.78	0.00	61.83
CNAB-38	30.00	30.00	97.78	45.56	0.00	53.97
CNAB-39	30.00	30.00	83.33	34.44	14.77	65.20
CNAB-40	30.00	30.00	94.44	50.00	3.41	49.48
CNAB-41	30.00	30.00	94.44	41.11	3.41	58.47
CNAB-42	30.00	30.00	83.33	37.78	14.77	61.83
CNAB-43	30.00	30.00	90.00	43.33	7.96	56.22
CNAB-44	30.00	30.00	74.44	97.78	23.87	0.09
CNAB-45	30.00	30.00	85.56	47.78	12.50	51.73
Control	30.00	30.00	97.78	98.89	-	-

Table 1. Continued

Tested isolates	Pre-test population densities per replications		Survival rate (%) of		Control effects (%) of	
	Aphids	Mites	Aphids	Mites	Aphids	Mites
CNAB-46	30.00	30.00	51.11	97.78	47.73	0.09
CNAB-47	30.00	30.00	75.56	67.78	22.73	31.52
CNAB-48	30.00	30.00	85.56	42.22	12.50	57.34
CNAB-49	30.00	30.00	92.22	40.00	5.68	59.59
CNAB-50	30.00	30.00	73.33	35.56	25.00	64.08
CNAB-51	30.00	30.00	66.67	98.89	31.82	0.00
CNAB-52	30.00	30.00	85.56	47.78	12.50	51.73
CNAB-53	30.00	30.00	77.78	47.78	20.46	51.73
CNAB-54	30.00	30.00	80.00	34.44	18.18	65.20
CNAB-55	30.00	30.00	85.56	35.56	12.50	64.08
CNAB-56	30.00	30.00	85.56	36.67	12.50	62.96
CNAB-57	30.00	30.00	80.00	37.78	18.18	61.83
CNAB-58	30.00	30.00	67.78	37.78	30.68	61.83
CNAB-59	30.00	30.00	90.00	34.44	7.96	65.20
CNAB-60	30.00	30.00	70.00	40.00	28.41	59.59
CNAB-61	30.00	30.00	66.67	40.00	31.82	59.59
CNAB-62	30.00	30.00	80.00	62.22	18.18	37.14
CNAB-63	30.00	30.00	33.33	22.22	65.19	77.55
CNAB-64	30.00	30.00	47.48	33.33	51.14	66.32
CNAB-65	30.00	30.00	66.67	58.89	31.82	40.50
CNAB-66	30.00	30.00	86.67	68.89	11.37	30.40
CNAB-67	30.00	30.00	74.44	36.67	23.87	62.96
CNAB-68	30.00	30.00	66.67	56.67	31.82	42.75
CNAB-69	30.00	30.00	83.33	61.11	14.77	38.26
CNAB-70	30.00	30.00	70.00	60.00	28.74	39.38
Control	30.00	30.00	97.78	98.89	-	-

갈색의 내용물질이 체표면 밖으로 용출되어 있는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 2A). 점박이응애의 경

우, CNAB-24에 의해서 죽은 사체에서 특이한 외부 형태적인 변화는 관찰할 수 없었으나 대부분이

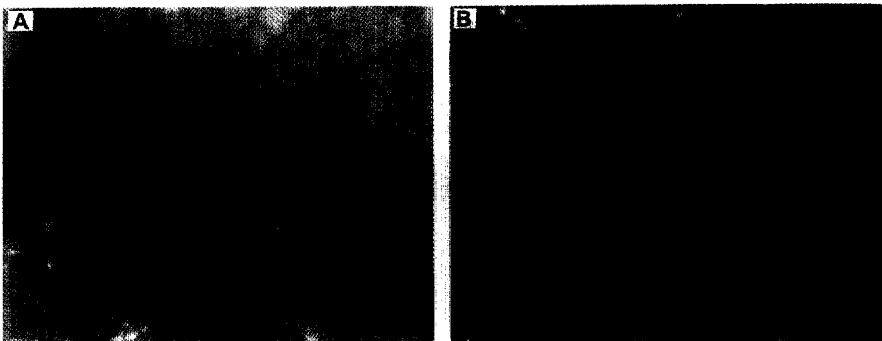


Fig. 2. Insecticidal effect of culture filtrates of fungal isolates CNAB-1 and CNAB-24. (A) Culture filtrate of CNAB-1 killed the cotton aphid without changing morphology. (B) Culture filtrate of CNAB-24 changed cuticle color of the two-spotted spider mite to brown, lysed its body, and releasing body contents.

Table 2. Insecticidal effects of active compound produced by fungal isolate CNAB-63 against four different pests

Tested pests	Pre-test population	Survival rate (%)	Control effects (%)*
Two-spotted spider mite	50	32.67	66.59
Cotton aphids	50	46.00	52.96
Diamond-back moth	50	96.00	1.82
Greenhouse whitefly	50	36.00	63.18

*Control effects were tested with crude material prepared by the thin layer chromatography at 100 µg/mL.

발을 앞으로 뺀 상태로 죽어 있었다(Fig. 2B). 일부의 점박이응애는 균배양액에 묻혀 죽어 있는 경우도 볼 수 있어 사용한 균배양액의 점액성의 성질에 의해서도 많은 영향을 받은 것으로 추정된다. 한편 CNAB-63과 64 균주는 목화진딧물과 점박이응애 모두에 50% 이상의 살충효과를 보였으며, 특히 CNAB-63 균주가 각각 65.2, 77.6%의 높은 살충활성을 보였기에 본 균주가 생산하는 살충물질의 분리·정제를 실시하고 정제된 활성물질의 활성범위를 조사하였다.

CNAB-63 균주의 활성범위

CNAB-63 균주가 생산하는 살충물질의 활성범위를 알아보기 위해 Prep. TLC로 부분정제된 활성물질을 100 µg/ml 농도로 조절한 후 목화진딧물, 점박이응애, 배추좀나방, 온실가루이에 대한 살충효과를 조사하였다. 그 결과 CNAB-63 균주가 생산하는 활성물질 CNAB는 점박이응애에 66.59%의 살충력을 나타내었으며, 목화진딧물과 및 온실가루이 성충에는 각각 52.96%와 63.18%의 살충효과를 보였으나 배추좀나방의 유충에는 거의 살충효과를 나타내지 않고 있다(Table 2). 이와 같은 결과는 점박이응애의 경우 앞의 배양여액을 가지고 실시한 생물검정에서와 거의 유사한 결과를 보여주는 것으로 미루어 살충물질이 활성물질 CNAB에 포함되어 있는 것으로 생각되며, 목화진딧물과 온실가루이와 같은 다른 미소곤충들에서도 약간의 독성을 나타내고 있었다. 다만 나비목인 배추좀나방 유충의 경우는 거의 독성을 나타내지 않고 있어 곤충에 따라 서로 다른 선택적 독성을 나타낼 가능성을 가지고 있다.

한편, 정제된 CNAB의 농도별 two-spotted spider mite에 대한 살충효과는 Table 3에서 보는 바와 같이, 실험한 최고 농도인 1000 µg/ml에서는

Table 3. Insecticidal effects of different concentration of active compound CNAB produced by CNAB-63 fungus against the two-spotted spider mite

Concentration (µg/mL)	Pre-test population per replications	Survival rate (%)	Control effects (%)
1000	50	9.33	90.35
500	50	15.33	84.14
100	50	35.33	63.45
10	50	76.67	20.69
Control	50	96.67	-

90.35%의 높은 살충력을 나타내었으며, 최저 농도인 10 µg/ml에서는 20.69%로 낮은 살충력을 보였다. 한편 CNAB는 100 µg/disk 농도에서 곰팡이, 효모 및 세균에 전혀 항균활성을 보이지 않았다(자료 미제시).

CNAB-63 균주가 생산하는 살충물질 CNAB

CNAB-63 균주의 살충성 활성물질(CNAB)은 대부분 배양액 중에 존재하였으며 균체 추출물은 살충효과를 보이지 않았다. 한편 활성물질의 대부분은 ethyl acetate로 이행되는 비극성 화합물로서 silica gel column chromatography에서 활성물질의 대부분이 CHCl₃-MeOH(90:1) 분획에서 용출되었다. 한편 활성물질의 CHCl₃-MeOH(80:1)을 전개 용매로 한 TLC 분석시 Rf값은 0.45였으며 HPLC를 사용한 최종 정제시 retention time은 28분대였다(Fig. 3). 정제된 활성물질 CNAB는 chloroform, methanol, ethanol, dimethylsulfoxide (DMSO) 등에는 가용성이었으나 hexane, water 등에는 불용성이었다.

현재, 독성을 나타내고 있는 균주 CNAB-63은 균학적 특성과 함께 분류동정 중에 있으며, CNAB의

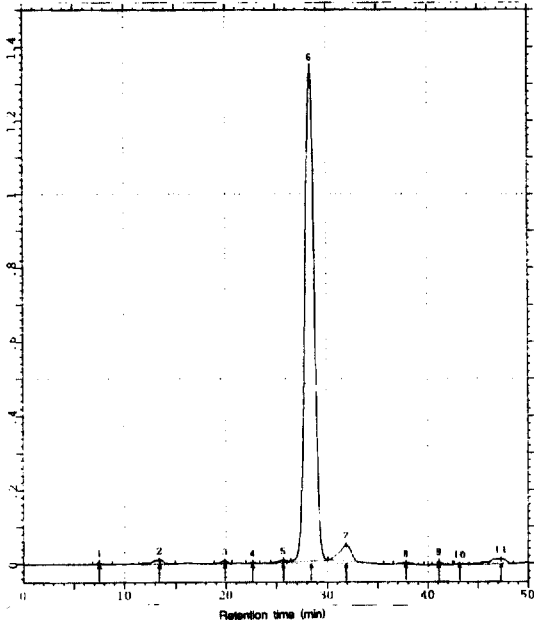


Fig. 3. HPLC profile of the insecticidal compound CNAB from fungi isolate CNAB-63.

정확한 구조동정 실험을 진행 중에 있다. 이상의 결과에서 살펴본 바와 같이 진균이 생성하는 살충성 생리활성물질은 일부 곤충에 대하여 독성작용을 보이는 것으로 추측된다. 그렇지만 이러한 생리활성물질의 곤충에 대한 작용기작에 관해서는 매우 흥미있는 분야지만 실제로 거의 연구된 바 없다. 그러나 일부 학자들은 이들 살충성 생리활성물질이 glycine (Catovic 등, 1975)이나 GABA(Norris 등, 1980)와 같은 신경전달자나 신경전달 감응세포에 작용하여 신경계의 정상적인 작용을 방해하고 있는 것으로 생각하고 있다. 한편, 살충성 생리활성물질이 곤충의 식이저해제로도 작용할 수 있다고 여겨져 진균을 이용한 이들의 생물검정도 필요하리라 본다.

곤충에 대해서는 살충력을 가지고 있으면서, 사람이나 가축등 포유동물에 안전하고, 자연상태에서 쉽게 분해되어 잔류독성이 적은 새로운 진균의 2차 대사산물, 즉 살충성 생리활성물질을 찾는 것은 해충의 방제측면에서의 경제성 뿐만 아니라, 화학살충제의 남용 및 오용으로 인한 환경 생태계의 파괴를 방지함으로써 제2, 제3의 간접적인 효과를 얻을 수 있다고 생각된다.

적 요

전국 각지에서 채집한 사멸곤충에서 분리한 곤충기생성 진균이 생산하는 살충성 생리활성물질을 탐색한 결과 곰팡이 분리주 CNAB-63 균주가 목화진딧물과 점박이응애 모두에 대해 다른 분리균주들보다 비교적 높은 살충효과를 보인 바, 본 균주가 생산하는 살충성분을 각종 chromatography로 분리·정제하였다. 정제된 활성물질 CNAB는 점박이응애에서 66.59%, 목화진딧물에서 52.96%의 살충효과를 보였으며, 그 외에도 온실가루이에 살충효과를 보였으나 배추좀나방에는 미미한 살충효과를 보였다. 한편 활성물질 CNAB는 100 µg/disk 농도에서 곰팡이, 효모, 세균류에 전혀 항균활성을 보이지 않았다.

감사의 글

본 연구는 1996년도 한국학술진흥재단 자유공모 과제 연구비(1996. 8.~1997. 7)에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Anderson, T. E., Roberts, D. W. and Soper, R. S. 1988. Use of *Beauveria bassiana* for suppression of Colorado potato beetle in New York State (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 17: 140-145.
- Catovic, S., Filipovic, N. and Stern, P. 1975. The effect of penitrem-A upon the level of glycine in the CNS. *Bull. Sci. A* 20: 284.
- Ferron, P. 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. *Ann. Rev. Entomol.* 23: 409-442.
- Ferron, P. 1981. Pest control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. In: *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980*. H.D. Burges (ed.) Academic Press, London. pp. 465-482.
- Hiroshi, H. 1995. Trend of characteristics of recently developed insecticides and problems on their use. *Agri. Tech.* 50(10): 433-450.
- Hiroshi, H. 1996. Characteristics of newly developed insecticides and problems on their

- use. *Plant protection* 50(11): 446-450.
- Maniania, N. K. 1993. Effectiveness of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. for control of the stem borer *Chilo partellus* (Swinhoe) in maize in Kenya. *Crop. Prot.* 12: 601-604.
- Norris, P. J., Smith, C. C., De Belleruche, T. J., Bradford, H. F., Mantle, P. G., Thomas, A. J. and Penny, R. H. C. 1980. Actions of tremorgenic fungal toxins on neurotransmitter release. *J. Neurochem.* 34: 33.
- Park, C. K. 1993. The Biochemistry and uses of Pesticides. 2nd. (Ed.) Shinil Co. 697 pp.
- Wright, V. F., Vesonder, R. F. and Ciegler, A. 1982. Mycotoxins and other fungal metabolites as insecticides. In: Microbial and Viral Pesticides. Kurstak E. Ed. Marcel Dekker, New York. 559 pp.