

(리) (포) (트)

미생물 농약의
개발현황과 전망 ㉔

병원
발현기작
기초연구

우선해결과제

숙주
대량사육방법
개발



농업기술연구소 유전공학과
농업연구관
농학박사 류진창

인류가 농약을 사용한 시기는 1700년대로 기록되어 있으나 농약을 개발하여 농작물 재배시병충해의 방제를 목적으로 응용하게 된 것은 1900년대로 알려져 있다.

작물의 생산성을 향상시키기 위해서 개발한 농약들은 자연의 천연산물로 부터 추출·분리·정제한 물질에서 시작하여 석회유황합제, 보르도액 등의 제제개발을 거쳐 1938년에는 Müller에 의하여 화학합성제인 유기염소계의 농약이 개발되었고 그후 유기인계와 선택성 제초제가 개발되어 사용된 바 있다. 1950년대 초기에는 카바메이트계의 약제가 등장하여 작물의 생산성 제고면에서 각광을 받기도 하였다.

그러나 이들 농약들은 토양과

농작물을 대상으로 사용되었을 경우 잔류독성의 문제점이 제기 되어 잔류독성이 높은 유기염소계와 수은제 등은 농약으로서 사용이 금지되기도 하였다.

한편 우리나라는 1970년대 산업의 고도화에 따른 농어촌 노동력의 부족으로 말미암아 성력화와 작물의 생산성을 높이기 위해 농약의 사용량이 점차 증가하고 있다.

이와 더불어 농약사용등으로 야기되는 여러 문제점을 해결하고자 저독성 농약, 잔류독성이 없는 무독성 농약개발이 시급하게 되었다. 유기합성제로는 무공해 농약의 개발이 불가능하므로, 생물학적으로 병해충을 방제할 수 있는 미생물농약(Microbial pesticides)이 개발되기에 이르렀다.

본 란에서는 미생물을 이용한 농약의 국내외 개발현황과 이들 농약의 작용기작과 전망을 중심으로 설명하고자 한다.

미생물 농약의 중요성

생물농약이란 동물과 식물, 미생물을 직접 또는 간접적으로 이용하여 농작물의 병해충을 방제하고 작물 생산성을 제고하기 위하여 만든 제제이다.

천적미생물이 해충과 병원체

를 가해하여 용균시키거나, 억제 또는 저지력을 갖도록하는 미생물과, 이들 미생물이 생성 분비하는 1차, 2차산물의 활성제인 항생물질 및 독소물질 등을 광범위하게 적용하여 살균, 살충, 제초 및 성장조절효과를 갖도록한 농약을 의미한다.

그러나 미생물농약이란 자연계 즉, 토양이나 동·식물의 조직에 서식하는 세균, 사상균, 방선균, 조류, 원생동물 및 바이러스를 이용하여 병해충방제 및 제초의 효력을 갖도록 제제화한 것으로 정의할수 있으나, 이들 농약은 생물농약에 비하면 협의의 농약에 속할 것이다.

생물농약의 개발에 대한 시도는 1939년 영국에서 *Penicillium* 균을 이용한 Griseofulvin제품이 개발되어 토양병해방제용으로 사용된 이래 미생물이 생성하는 항생물질을 이용한 농약이 주종을 이루었다.

그러나 미생물농약은 자연계의 어느 곳에서나 생존하는 30여만종의 세균, 사상균, 방선균 등의 미생물과 바이러스 및 원생동물을 이용하여 생물학적으로 병해충을 방제할 목적으로 등장하게 되었다.

약제내성문제 해결할 수 있어

이들 농약제는 유기합성 농약제의 수요량 증가에 따른 대체 원료로 뿐만 아니라 국민의 식생활에 대한 위험을 줄이기 위한 무공해식품의 생산에 큰 몫을 담당하게 되었다.

미생물 농약의 대체사용은 유기합성농약제의 사용빈도에 따라 야기되는 여러가지 부작용을 경감시켜 줄 것이다. 또한 유기합성농약의 잔류는 연용과 과용으로인해 약제내성을 갖는 병충원의 만연을 조장하기 때문에 약제의 실효성 저하 요인등 여러가지 문제점을 미생물 농약으로 해결할 수 있으므로 그 중요성이 높이 인정되고 있다.

또한 최근 첨단과학의 한 분야인 생명공학(Biotechnology)의 유전자조작기술은 미생물농약이 갖고 있는 문제점을 보완함으로써 유기합성제 농약의 대체효과는 물론 고효성 미생물농약 개발에 새로운 기술을 제공할수 있을 것으로 사료된다.

개발현황과 작용기작

가. 병해방제 길항미생물 이용

미생물은 자연생태계에서 유

익한 면과 함께 작물의 생산성을 높이는데 있어 재해의 요인이 되는 무익한 경우도 있다. 특히 우리나라의 식생활양상은 육식과 더불어 채소류의 소비증가로 다원화됨에 따라 그의 수요량이 날로 증가하는 추세에 있다. 따라서 이 소비량을 충족시키기 위하여 제한된 경지면적하에서 주년재배의 작부체계 및 경제작물을 중심으로 비닐멀칭 재배양식을 도입하였기 때문에 연작장해와 더불어 병해의 발생량이 증가하고 있다. 이들 병원성의 미생물은 자연계에서 공기, 토양 및 종자등의 전염원을 통하여 작물에 감염되어 병해를 유발하게 된다.

이러한 병원미생물의 종류를 보면 표1과 같다.

표1에서 보는 바와 같이 작물에 병해를 일으키는 미생물은 대부분 진균류(Fungi)에 유래한 병균의 만연으로 발병하고 있다.

역병치료에 길항균 이용검토

병원균의 발생량을 억제 또는 예방하는 방법으로는 유기합성제의 농약살포로 가능한 병해도 있겠으나 *Phytophthora* 속에 의해서 발병되는 감자, 참깨 및 고추의 역병균은 사전 예방은 가능

(표 1) 병해의 종류

병 명	병 원 균	주발병 부위	주된전염법
○ 바이러스 모자이크병 (괴저병)	<i>Cucumber mosaic virus</i> <i>Turnip mosaic virus</i> <i>Watermelon mosaic virus</i>	잎, 신소	곤충, 접촉
○ 세 균 세균성점무늬병(斑點細菌病)	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>sesami</i>	잎	공기
꽃마름병(靑枯病)	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	줄기, 뿌리	토양
○ 곰팡이 갈록병(立枯病)	<i>Rhizoctonia solani</i>	줄기 땅가부위	토양
역병(疫病)	<i>Phytophthora nicotianae</i> var. <i>parasitica</i>	줄기, 뿌리, 잎	토양, 빗물
시들음병(萎凋病)	<i>Fusarium oxysporium</i> f. sp. <i>vasinfectum</i>	줄기, 뿌리	토양
잎마름병(葉枯病)	<i>Corynespora cassiicola</i>	잎, 줄기, 꼬투리	종자, 공기
흰가루병(白粉病)	<i>Oidium</i> sp.	잎	공기
검은점무늬병(黑斑病)	<i>Alternaria sesami</i>	잎	종자, 공기
점무늬병(斑點病)	<i>Alternaria sesamicola</i>	잎	종자, 공기
	<i>Cercospora sesami</i>	잎	종자, 공기
흰비단병(白絹病)	<i>Corticium rolfsii</i>	줄기	토양
갈색점무늬병(褐斑病)	<i>Macrophoma sesami</i>	잎	공기
검은썩음병(炭腐病)	<i>Macrophomina phaseolina</i>	잎, 줄기	종자, 공기
갈색무늬병(褐斑病)	<i>Phoma dauci</i>	잎	공기
줄기마름병(莖枯病)	<i>Phoma sesami</i>	줄기	공기
균핵병(菌核病)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	줄기	토양

하나 치료의 효과는 불가능하기 때문에 길항미생물을 이용하여 방제할수 있는 방법이 검토되고 있다.

식물병원균의 생물학적 방제를 위한 첫 시도는 1921년 Pht-

ley가 *Pythium debaryanum* 에 의한 소나무 입고병 방제에 *Trichoderma* 등 13개종의 길항균을 분리 이용함으로써 시작되었다.

작물의 병해방제를 위한 길항미생물의 농약제 개발은 모원균

(母原菌)의 종류에 따라 다양할 수 있다.

길항효과, 살균·억제로 대별

병원균에 대한 길항작용은 길항미생물의 종류에 따라 다소 양상이 다르겠으나 일반적으로 2가지로 구분할 수 있다.

병원균의 생육을 완전히 사멸시키는 살균효과 (fungicidal effects)와 병원균의 균락형성 및 생육을 억제 또는 저지시키는 억제효과 (fungistatic effects)로 나눌 수 있다. 그러나 길항미생물을 이용한 살균제의 개발면에서는 살균제의 작용을 갖는 길항균의 이용이 미생물 살균제로서 실효성이 높을 것으로 생각된다.

지금까지 병해방제를 위해 개발된 길항균 생물농약과 길항균에 관하여 살펴보면 다음과 같다.

식물병해의 길항균을 이용한 미생물농약의 개발은 증균(增菌)과정에서 미생물이 분비생성하는 물질을 활용하는 측면과 순수한 균체 자체를 증량제와 혼합하여 이용하는 2가지 면에서 생각할 수 있다.

그러나 식물병해방제를 위하여 사용하는 미생물제제는 사용하는 용도에 따라 그 개발양상이 다를 것이다.

토양접종으로 길항미생물 균락형성

즉, 토양유래 병원성(soil born disease) 미생물의 방제방법은 첫째로 토양에서 유래한 병해유발균을 억제하는 길항미생물을 병원균이 서식하는 토양에 접종하여 길항 미생물의 균락을 증가, 유지함으로써 발병을 억제하는 방법이 시도될 수 있을 것이다. 그 예로서 채소 입고병균(*Rhizoctonia solani*)의 밀도가 높은 토양에 분포하는 균과 이들 병원균에 길항력을 갖는 균과의 세균융합 또는 유전자재조합으로 병원균이 있어도 토착화가 가능한 고효성 길항미생물을 개발함으로써 병원균의 균락을 점차적으로 제어할 수 있을 것이다.

미생물 농약은 대부분 길항미생물 증균과정에서 생성·분비된 2차산물을 순수분리·정제한 항생물질이나 독소 및 유기화합물계의 물질등을 제제화하여 사용하고 있다.

현재까지 병해방제목적의 미생물농약은 대부분 항생물질을 생성하는 균이 주종이며, 50% 이상이 放線菌(*actinomycetes*) 중 *Streptomyces*균이고, 10%내의

가 眞菌類(Fungi), 그리고 稗菌類細菌이 10%내외로 알려져 있다. 항생물질을 생성하는 미생물 즉 *Streptomyces* 속, *Penicillium* 속 및 *Pseudomonas*속은 우리나라 토양이나 퇴비와 같은 유기물속에 널리 분포하고 있는 미생물이기 때문에 농약개발의 이용 가능성이 높을 것으로 생각된다.

식물병원균을 중심으로 광의의 미생물농약으로 개발·제제된 항생물질과 길항균을 보면 표2와 같다.

병해의 길항균에 관한 국내연구는 농업기술연구소와 농약연구소에서 고추역병균(*phytophthora capsici*)과 참깨역병균(*phytophthora parasitica*)의 생물학적 방제를 위한 길항균 이용연구를 수행하고 있다. 특히 농기연 유전공학과에서는 유전자 재조합기법에 의한 고효성 길항균개발과 길항물질의 추적연구를 계속 수행하고 있는 바, 앞으로 병해 방제를 위한 미생물농약의 개발

은 전망이 밝을 것으로 생각된다.

일부 미생물은 실용화 단계

식물병해를 방제하기 위해서 현재 이용되거나 이용가능성이 있는 미생물은 자연계내에 무수히 많을 것으로 생각되며, 그 중에서도 *Agrobacterium*속 등 30여종이 있는 것으로 알려져 있으나, 특히 *Pseudomonas*, *Penicillium*, *Hansforda*속등은 실용화 단계에 있다.

이와같은 길항미생물은 식물병원균의 전염원을 파괴시키거나 밀도를 저하시키고, 활력을 억제 또는 저지시키는 여러가지 특성을 갖고 있어야 할것이다.

이들 미생물 살균제농약은 대상작물에 독성이 없고, 인축에 대한 병원성 유발의 위험성이 없어야함은 물론 환경이 불량한 조건에서도 길항균으로서 활성이 장기간 유지되고, 활성이 높더라도 자연생태계에 부작용이 없는 제제로 개발되어야 할것이다

(다음호에 계속)