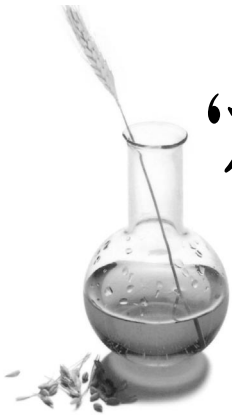


생물농약의 개발현황과 전망(Ⅱ) -산업으로서 현황 및 발전방향

# 작물보호제 시장 2.8%수준

## ‘기술적 불완전성’ 극복 성장 가능

사회 · 경험 · 과학적으로 ‘안전’ 인식 형성, 산업의 미래 밝아  
기업 영세성 · 발전 가능성 고려, 생산시설 등 탄력 지원 필요



**생**물농약의 정의가 상황적 개념의 도입으로 다양한 정의를 가지고 있기 때문에 모든 생물 농약에 적용될 수 있는 발전 방향의 제시에는 분명히 한계가 있을 것이다. 필자는 그동안 생물농약관련 보고서를 접하면서, 일부 보편성을 희생한다 하더라도 좀 더 구체적인 상황에 대한 문제점의 지적 및 발전방향의 제시가 필요하다고 생각해 왔다. 따라서 이번 호에서는 수집된 정보를 기초로 생물농약의 현황 및 전망에 대한 전반적인 통계자료를 소개하고, 향후 발전 방향은 우리나라의 생물농약산업에 대한 기대

감이 높은 한 사람으로서 미생물농약을 중심으로 제안해 보고자 한다.

### 현황 및 전망

2006년 소비자 가격을 기준으로 6.97억불의 매출액을 기록하고 있는 생물농약산업은 현재 미국 시장이 50.5%, 유럽이 21.5% 그리고 아시아가 15.8%를 차지하고 있다(표 1). 또한 시장의 성장률은 미국 9.2%, 유럽 14.6%, 그리고 아시아 11.9%의 높은 성장률을 보이고 있다. 전 세계적으로는 2000~2010년 동안 9.7%의 연평

표 1. 생물농약의 매출액 동향 및 전망

(단위 : 백만불)

지역	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2010	성장률(%)
미국	211	218	226	242	278	317	352	445	7.8
캐나다	5	5	6	6	7	8	9	13	9.2
유럽	66	68	73	82	102	125	150	259	14.6
아시아	55	57	61	68	80	95	111	171	11.9
남미	43	44	45	48	53	58	63	74	5.7
기타	7	7	7	8	9	10	12	19	9.3
계	387	399	418	454	531	613	697	979	9.7

자료: Biopesticides—a global strategic business report, GIA, 2006

균 성장률을 예상하고 있다. 이는 전체 작물보호제 시장의 2.5% 수준이나 오는 2010년에는 9.79억불의 매출액이 예상되어 약 3%의 시장점유율을 예상하고 있다.

이는 2005년 6.72억불로 작물보호제시장의 2.5%를 분석한 The New Pesticide Market (2006)에서도 재확인할 수 있다. 국내시장의 규모도 2006년 기준 370억원으로 작물보호제 시장의 2.8%를 차지하고 있고, 2010년에는 800억원까지 예상하고 있어 작물보호제 시장에서 생물농약은 산업적으로 빠르게 성장하고 있다. 하지만, 당분간 시장점유율은 3% 수준에 머무를 것으로 보인다. 과거 많은 보고서에서 작물보호제 시장의 10% 이상을 생물농약이 차지할 것으로 예상했었지만, 달성 시점을 반복적으로 수정했고 이제는 그 목표를 하향조정하는 것을 보면 앞으로도 가야할 길이 멀고 험한 것임을 짐작할 수 있다. 그럼에도 불구하고 생물농약산업의 미래는 한마디로 밝다고 볼 수 있다. 왜냐하면 “생물농약은 화학농약 보다는 상대적으로 안전하다”는 인식이 사회적, 경험적 그리고 과학적으로 형성되어가고 있기 때문이다.

반면 화학농약은 현실적으로 안정적인 식량 확보를 위하여 중요한 역할을 해 오고 있고, 자체적으로 인축 및 환경에 대한 안전성을 개선하기 위해 노력하고 있지만 국제적인 추세는 여러 가지 복잡한 상황 때문에 사용량을 줄여나가고 있다. 우리나라를 포함한 OECD 회원국의 경우 원제 사용량을 2013년 까지 2004년 기준으로 40% 축소하기로 합의하고 제도적으로 규제하고 있다. 여기에서 화학농약의 대체 또는 보완수단으로 많은 국가에서 생물농약을 청정화학(Green Chemistry) 분야 중의 하나로 인식하고 있는 점도 그 미래가 밝은 이유라고 하겠다.

또한 제품 등록을 위해 미국, 일본, 유럽 등 선진국을 중심으로 생물농약의 연구개발 촉진과 산업화를 위한 제도적 지원이 본격화되고 있고, 국내에서도 2001과 2005년에 생물농약의 등록에 관한 규정이 제정 및 확대 정립되면서 법적으로 우호적인 토대가 마련되어 있다. 기술적으로도 최근 20년 동안 전 세계적으로 매년 평균 10,000편 이상의 생물농약 관련 논문이 보고되면서, 생물농약의 실용화에 관한 문제점 해결에도 나름대로 괄목할만한 진보가 있었다. 그리고 상당기간 많은 나라에서 생물농약을 사용해 본 결과, 인축 및 환경에 대한 문제점이 크게 부각되지 않았다는 점도 그 안전성에 대한 경험적인 확신을 갖게 해주었다고 볼 수 있다. 이와 같은 국제적인 추세, 제도적 지원, 기술적 발전 및 경험적인 확신은 향후 생물농약산업 전망을 밝게 하기에 충분하다고 볼 수 있다.



김달수  
(주)LG생명과학 기술연구원

### 과제 및 향후 발전 방향

이 같은 밝은 전망과 꾸준한 노력에도 불구하고 산업적으로 생물농약은 아직까지 제대로 정착하지 못하고 있으며 국제적으로도 생물농약을 주력 제품으로 하는 대부분 기업은 영세하고 빈번한 인수 합병의 대상이 되고 있다. 국내에서도 예외적인 상황이 아니다. 지난 10년 동안 벤처열풍을 타고 생물농약을 주력제품으로 하는 기업들이 출범했지만 아직까지는 주식시장에 상장된 곳도 없고 영세한 수준에서 머무르고 있는 상황이다.

그렇다면 사회적, 제도적 지원이 있음에도 불

구하고 산업적 발전이 왜 어려울까? 가장 큰 원인으로 생물농약의 기술적 불완전성이라고 본다. 자본주의 사회에서 산업은 수요와 공급에 의해 결정되는 가격에 의해 소비자와 생산자가 만족스러울 때 발전하는 것이다. 그런데 생물농약은 아직 그렇지 못하고, 그 생존기반을 우호적인 사회적, 제도적 지원에 의존하고 있는 상황이다. 즉, 주변상황은 좋는데 당사자인 소비자와 생산자를 위한 가격이 만족스럽지 못한 것이다. 생물농약과 관련된 집단으로는 농산물 소비자, 유통업자, 등록심사기관, 과학자, 생산자 등 여러 집단이 있겠지만, 산업적 측면에서 직접적인 집단은 생물농약의 소비자인 농민과 생산과 판매 역할을 수행하는 기업(생물농약회사)이다. 이 두 집단의 특성을 간단하게 표현하면 농민이 원하는 것은 약효가 좋고 가격이 저렴한 것, 기업은 약효도 높아야 하지만 가격이 적정한 이윤을 보장해 주어야 한다. 이를 위해 두 집단이 모두 같은 방향으로 높이기를 원하는 “약효”의 뜻을 잘 생각해 봐야 한다.

필자가 보는 약효의 핵심은 우선적으로 △중요한 병해충, 잡초에 대한 방제효과가 높은 경우 △다양한 작물에 효과가 있는 경우 △화학농약 수준의 희석 배수에서 약효가 있는 경우 △한번 사용으로 일정기간 약효가 유지되는 경우를 들 수 있다. 이러한 조건들을 많이 갖출수록 약효가 높은 제품이고 약효가 좋으면 농민이나 기업 모두 수용할 수 있는 가격이 형성될 수 있다. 그렇지 않을 경우, 농민은 화학농약의 약효를 고려한 일정한 가격 수준을 요구할 것이고 기업은 생산비용을 고려하여 일정한 이윤이 남는 가격을 제시할 수밖에 없을 것이다. 현재로서는 이 가격이 농민과 기업이 만족하는 수준에서 형성되어 있

지 않다고 본다. 그러다 보니 유기농 또는 친환경 농법을 실시하는 소수 농민이나 친환경 소비자 단체들을 제외하고는 미생물농약을 선호하지 않게 되고 이는 제품이 팔리지 않는 원인이 되며, 결국 기업이 성장하지 못하게 되는 것이다. 따라서 농민과 기업 모두 해결해야 될 궁극적인 과제는 ‘약효의 증진’이라고 볼 수 있다. 그렇다면 약효를 어떻게 증진시킬 수 있는가? 이에 대한 답을 다시 미생물농약의 장단점으로 돌아가 찾아보기로 하자(표 2).

필자는 미생물 농약의 단점을 가능한 한 많이 극복한 제품이 시장에 도입될 때 미생물농약이 산업으로서 도약할 수 있는 출발점이라고 본다. 모든 문제점의 해결을 기대할 수는 없겠지만, 각 미생물의 특성에 따라 어느 단점의 극복이 중요하고 얼마나 많은 문제점을 해결하느냐에 따라 농민과 생산자가 만족할 수 있는 가격이 형성되기 때문이다. 예를 들면, 최근 BT 살충제를 제외하고 매출액이 400억원 수준으로 성장한 미국 AgraQuest사의 미생물 살균제 세레나데의 경우가 이러한 단점을 나름대로 극복한 경우이다. 이 제품의 유효성분은 세균(학명 *Bacillus subtilis* QST713)이다. 이 제품은 생물농약의 장점인 안전성 측면에서, 자연토양에 흔하게 존재하고 청국장을 만들 때 사용하는 세균과 동일한 범주의 세균의 선발을 통해 사람들이 경험적으로 안전하다는 인식과 함께 독성시험을 수행하여 EPA의 심사를 통과함으로써 안전성의 과학적 근거를 제시하였다. 약효 측면에서, 이 세균은 20여 종류의 진균성 및 세균성 식물병원균을 억제하는 iturin, agrastatin 등의 lipopeptide를 생산하는 것으로 알려져 있다. 이들 물질은 △적용대상 스펙트럼을 확대하는 효

표 2. 미생물농약의 장단점 및 각 단점의 개선 방안

장 점	단 점 (예)	개 선 방 안
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 높은 인축 안전성</li> <li>▶ 높은 환경 안전성</li> <li>▶ 낮은 저항성 발현</li> <li>▶ 낮은 개발 비용</li> <li>▶ 쉬운 제품 등록</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 낮은 방제 효과(예: 미생물 살균제)</li> <li>▶ 약효의 재현성 부족(예: 미생물 살균제)</li> <li>▶ 좁은 방제 스펙트럼(예: 미생물 살충제)</li> <li>▶ 침투/치료 효과 없음(예: 미생물 농약)</li> <li>▶ 물리적 불안정성(예: 열에 약한 미생물 농약)</li> <li>▶ 화학살균제에 대한 감수성(예: 미생물 농약)</li> <li>▶ 환경요인에 대한 감수성 (예: 광, 수분, pH 등에 의한 약효 변화)</li> <li>▶ 정확한 사용방법의 부재 (예: 저장/환경요인 안정성에 따른 유효성분 변화)</li> <li>▶ 생육단계별 적용 제한성(예: 미생물 살충/선충제)</li> <li>▶ 느린 약효 발현(예: 미생물 농약)</li> <li>▶ 약취 문제(예: 미생물 발효 중 약취)</li> <li>▶ 높은 생산 비용(예: 미생물 발효/제제)</li> <li>▶ 높은 유통/저장 비용(예: 냉암 저장 또는 반품)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 주요 작물 중 대표 병해충 선정</li> <li>● 관련 요인(물질, 환경 등) 분석 통한 제제연구 및 미생물 선정</li> <li>● 선발 단계 검토 또는 균주 개량</li> <li>● 작용 메커니즘 및 농민 교육 통한 예방 처리체계 정착</li> <li>● 선발 단계 검토</li> <li>● 감수성 확인 및 저항성 유도</li> <li>● 소재 탐색 및 제제 적용 연구</li> <li>● 제제연구 통한 품질보증 기준 확립</li> <li>● 선발 단계 검토</li> <li>● 발효 단계 대사물질 포함</li> <li>● 약취 제거 첨가물 활용</li> <li>● 배양용 대체배지 선발</li> <li>● 미생물의 특성 또는 제제연구 통한 품질보증기준 확립</li> </ul>

과 △초기 약효를 빠르게 발현시키는 효과 △환경요인에 의한 약효 변이를 줄이는 효과 △저항성 병원균의 출현을 억제하는 효과를 통해 생물농약의 단점을 극복하고 있다. 제제 및 저장 안정성 측면에서, 이 세균은 생리적으로 내생포자(endospore)를 만들기 때문에 열, 햇빛, 건조 등의 물리적·환경적 요인에 상대적으로 안정하다. 이러한 특징은 제제 과정에서 다양한 기술적 용을 위한 탄력성을 제공하고, 제품 생산 이후 유통이나 저장과정에서도 저장안정성을 제공하기 때문에 품질보증 조건 및 유효기간의 설정에 있어 화학농약 수준으로 확립될 수 있다. 생산비용 측면에서도, 식품분야에서 이미 확립된 경제적인 발효방법을 활용할 수 있다.

그러나 세레나데의 경우에도 부족한 점이 아직도 있다. 우선 약효 측면에서, 각종 식물의 흰

가루병과 잿빛곰팡이병을 중심으로 예방효과가 있지만, 화학 살균제 보다 뛰어나지는 않고 침투 또는 치료적인 효과가 없다. 또한 이 세균의 특징은 식물에 처리되었을 때 능동적으로 증식하여 단위 밀도가 증가하거나, 제품 중의 내생 포자가 생식 세포로 전환하는 효율이 상대적으로 낮은 것으로 알려져 있다. 즉, 세레나데의 경우 나름대로 많은 문제점을 개선함으로써 시장에서 좋은 반응을 얻고 있지만, 아직도 개선의 여지가 있다는 것이고, 이 여지 안에 후속제품의 기회가 있다고 본다. 어쩌면 세레나데는 생물농약의 산업으로서의 가능성을 알리는 서곡인지도 모른다.

앞에서 언급한 생물농약의 장단점과 세레나데의 성공사례를 통해 향후 우리나라의 생물농약의 발전방향을 생각해 보자. 우선 생물농약의 최

대 장점인 안전성 부문에 대한 기존의 경험적, 과학적인 자료나 정보를 최대한 활용할 필요가 있다. 이런 측면에서 보면, 단기적으로 신종(new species)이나 신속(new genera)은 바람직하지 않다. 그리고 가장 중요한 부분인 약효 측면에서 주요 작물의 대상 병해충에 대한 차별화가 이루어져야 한다. 그 차별화는 탁월한 약효, 약효의 재현성이나 지속성, 스펙트럼 등 여러 가지가 있을 수 있다. 생산비용 측면에서 경쟁력 있는 제조원가를 확보할 수 있는 배지, 발효시설 및 기술 등이 필요하다. 유통 또는 저장안정성은 제품의 유효기간 및 품질 보증에 있어 매우 중요한 요인이다. 제품의 유효기간이 1년 이하일 경우 재고의 반품 처리 등에 소요되는 비용은 기업으로서 무시할 수 없는 것이다. 또는 사용자 편의성 측면에서 다양한 제형의 개발이 필요하고, 약취 등의 문제점도 개선해야 한다.

다른 각도에서 정리해 보면, 연구개발단계에서 우수한 잠재력을 가지고 있는 후보미생물의 선발이 필수적이다. 2006년까지 국내에 등록되어 있는 21품목을 살펴보면, 안타깝지만 우수한 잠재력 측면에서 외국과 차별화되기 보다는 따라잡기라는 인상을 받게 된다. 희망적인 것은 국내에 후보 미생물의 탐색 및 선발관련 상당한 전문가와 경험이 축적되어 있다는 점이다. 그럼에도 생물농약의 유통·저장·환경관련 안정성, 경제적 생산성 등의 문제점 해결에 꼭 필요한 발효와 제제 분야의 전문가와 경험은 일천한 현실이다. 그나마 식품 또는 생물공학 분야의 발효전문가와 화학농약 분야의 제제전문가를 통해 관련 지식과 경험을 어느 정도 전수받을 수 있음은 다행이다.

제품의 개발과 등록으로 표현되는 상품화 단

계에서는 관련 규정, 마케팅 전략, 생산자인 기업과 소비자인 농민의 입장이 반영되어야 한다. 이를 위해서는 우리나라에서 선도적인 역할을 수행하고 있는 작물보호회사의 국내외 경험을 적극적으로 활용할 필요가 있다. 제도적으로는 이미 화학농약과 비교하여 훨씬 우호적인 규정이 확립되어 있긴 하지만, 국내 생물농약기업의 영세성과 미래 발전 가능성을 염두에 두고 적극적인 관심과 탄력적인 지원이 필요하다. 또한 생산시설의 지원에 대한 체계화가 필요하다. 생물농약회사의 영세성을 고려할 때 일정 기간 동안 대량 발효 또는 제품의 대량생산을 위한 체계적인 제도는 관련기관들의 시너지 창출로 생물농약 발전에 기여할 수 있기 때문이다.

## 결론

필자는 우리나라에서 산업으로서 생물농약의 가시적인 성공 여부는, 조만간 매년 50억원 이상 매출을 일으키는 제품개발의 성패에 달려 있다고 생각한다. 이를 위해서는 우선적으로 약효 개선을 위한 탁월한 미생물의 선발, 발효와 제제 관련 분야의 기술적 개선이 가장 중요한 과제이고, 이는 약효의 재현성, 저장 안정성, 사용자 편의성 및 경제적 생산성을 고려해서 강화되어야 한다. 이를 통해 농민 입장에서 약효도 좋고 가격도 합리적이고 안전한 제품이 등장하고, 산업이 성장할 수 있는 시장과 가격이 형성될 것이다. 여기에서 우호적으로 확립된 등록제도와 소비자의 긍정적 인식을 활용하여 “작물보호제 시장의 10% 점유율 달성”이라는 생물농약산업의 꿈은 이루어질 수 있다고 본다. 그리고 필자는 우리나라에서 외국 보다 먼저 독창적으로 이 꿈을 달성할 수 있다는 믿음을 가지고 있다. Y