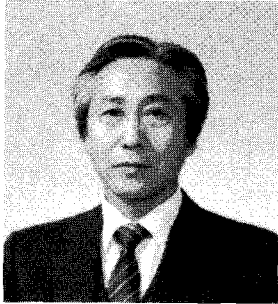


수확후 농산물 썩음병

길항 미생물로 막는다

생물학적 방제 상업적 도입 가능성 시사



백수봉
건국대학교 농과대학 교수

수확후 과실과 채소에 발생하는 저장병은 농산물 생산에 있어서 주요한 손실 요인이 되고 있다. 손실량은 정확히 산출하기 어렵지만 1965년 미국 농무성 조사에 의하면 과실과 채소 등에서 수확후 약 23%에 달한다고 한다. 저개발국은 빈약한 저장시설과 수확후 조제기술의 미비 때문에 더 심할 것이고 열대아프리카와 인도에서는 30%정도의 손실이 있는 것으로 조사되었다.

이러한 손실은 국내 출하하는 경우보다 수출하는 경우에 더 심하며 미국에서는 복숭아, 파파야 등과 같은 농산물의 수출을 저해하는 경우가 종종 발생한다. 우리나라도 이에 대한 정확한 통계자료는 없으나 막대한 손실이 있을 것으로 추측되며 더욱이 UR에 대처하기 위하여 농산물 수출에 힘쓰고 있는 실정에서 수확후에 발생하는 저장병에 대한 방제대책을 강구해야 될 것으로 믿는다.

수확한 농산물은 밭에서의 재배작물보다 더 높은 가치를 가진다. 수확된 농산물은 토양정리, 재식, 시비, 관수, 병충해 및 잡초방제, 수확, 저장, 유통 및 판매 등의 누적적인 가격을 수반한다. 그러므로 수확후 농산물의 손실은 전체 농작물 생산에 있어서 상당한 부담을 주게 된다.

수확된 농산물에 대해서는 비용이 많이 들어 포장에서 사용하지 못하는 병해방제수단을 어느정도 사용할 수 있다. 흔히 냉장 및 제어되는 시설저장, 살균제, 납질물, 열, 방사선 처리 등을 할 수 있다. 이중에서도 약제처리가 가장 많이 이용되고 있다. 그러나 농산물의 농약잔류에 대한 국민의 경각심이 고조되어 농약사용이 많은 제한을 받고 있다. 따라서 수확후의 농산물 병해방제를 위한 새롭고 효과적인 방법의 개발로 생물학적 방제의 가능성을 시사하게 되었으며 다음과 같은 요인이 이를 뒷받침한다.

첫째 생물학적 방제가 실패하는 주요 원인중의 하나가 환경조건을 조절하지 못하기 때문인데 수확된 농산물에 대해서는 저장조건에서 정확한 환경조건을 유지할 수가 있다. 둘째는 수확된 농산물은 처리부위가 재배중인 전체식물에 비하여 더 제한적이기 때문에 처리하기가 쉽다. 셋째는 재배종의 작물에는 경제적 부담 때문에 실시하기 어려운 방법도 수확된 농산물에는 이용이 가능하다.

생물학적 방제의 연구현황

수확된 농산물 저장병의 생물학적 방제에 대하여 처음으로 기술한 것은 Cook와 Baker였다. 그후 제한적인 것이나마 이 분야의 연구가 고무적으로 수행되어 몇가지 시도가 비교적 성공적이었다. 이에 대한 이론이 근거가 되어 수확후 환경조건에서 생물학적 방제가 유리하게 되었다(표 1).

Lim과 Rohrbach는 *Penicillium funiculosum* 이 일으키는 파인애플 부패병에 이것의 비병원성 계통을 처리함으로써 발병을 감소시킬 수 있었다. 또한 Tronsmo와 Dennis는 수확 전후의 *Botrytis cinerea* 에 의한 딸기 부패병에 *Trichoderma* 를 처리하여 방제효과를 얻었다. 한편 Tronsmo와 Ystass는 *Botrytis cinerea* 에 의한 사과 건부병의 생물학적 방제를 발표했고 수확후 환경에서의 처리가치를 평가하였다. De Matos는 *Penicillium digitatum* 에 의한 감귤류 푸른곰팡이의 생물학적 방제를 위하여 많은 수의 길항균을 검토했으며 레몬 껍질에 병원균과 함께 *Trichoderma viride* 를 처리함으로써 35~8%까지 병발생을 감소시킬 수 있었다. 최근에 Colyer와 Mount는 씨감자 조각을 심기 전에 길항세균인 *Pseudomonas putida* 의 현탁액에 침적시킴으로써 무름병의 발생을 50% 감소시켰다. 또 수확후에 복숭아류의

표1. 저장병에 대한 생물학적 방제의 연구

작 물	대상병해	길항미생물	인 용
사 과	Blue mold	<i>Pseudomonas syringae</i>	Janisiewicz, 1987
	Blue mold	<i>Pseudomonas cepacia</i>	Janisiewicz and Roitman, 1988
	Blue mold	<i>Cryptococcus</i> spp.	Roberts, 1991
	Blue mold	<i>Pichia guilliermondii</i>	McLaughlin et al., 1990b
	Gray mold	<i>Pichia guilliermondii</i>	Wisniewski et al., 1988; McLaughlin et al., 1990b
	Gray mold	<i>Pseudomonas cepacia</i>	Janisiewicz and Roitman, 1988
	Gray mold	<i>C. laurentii</i>	Roberts, 1990a
	Gray mold	<i>C. flavus, C. albidus</i>	Roberts, 1991
	Gray mold	<i>Acremonium breve</i>	Janisiewicz, 1988b
	Mucor rot	<i>Pseudomonas cepacia</i>	Janisiewicz and Roitman, 1987
감 귤	Green mold	<i>Pichia guilliermondii</i>	Chalutz and Wilson, 1990; Wilson and Chalutz, 1989
	Green mold	<i>Bacillus subtilis</i>	Singh and Deverall, 1984
	Blue mold	<i>Pichia guilliermondii</i>	Chalutz and Wilson, 1990
	Sour rot	<i>Pichia guilliermondii</i>	Chalutz and Wilson, 1990
	Sour rot	<i>B. subtilis</i>	Singh and Deverall, 1984
	Sour rot	<i>Trichoderma</i> sp.	De Matos, 1983
	Stem end rot	<i>B. subtilis</i>	Singh and Deverall, 1984
	Blue mold	<i>Pseudomonas cepacia</i>	Janisiewicz and Roitman, 1988
	Gray mold	<i>Pseudomonas cepacia</i>	Janisiewicz and Roitman, 1988
	Gray mold	<i>Pseudomonas gladioli</i>	Mao and Cappellini, 1989
배	Mucor rot	<i>C. laurentii, C. flavus, C. albidus</i>	Roberts, 1990b
	Brown rot	<i>B. subtilis</i>	Pusey and Wilson, 1984
	Rhizopus rot	<i>Enterobacter cloacae</i>	Wilson et al., 1987
	Brown rot	<i>B. subtilis</i>	Pusey and Wilson, 1984
	Alternaria rot	<i>E. aerogenes</i>	Utkhede and Sholberg, 1986
포 도	Brown rot	<i>B. subtilis</i>	Utkhede and Sholberg, 1986
	Gray mold	<i>Trichoderma harzianum</i>	Dubos, 1984
	Gray mold	<i>Pichia guilliermondii</i>	Chalutz et al., 1988
토마토	Rhizopus rot	<i>Pichia guilliermondii</i>	Chalutz et al., 1988
	Gray mold	<i>Pichia guilliermondii</i>	Chalutz et al., 1988
딸 기	Alternaria rot	<i>Pichia guilliermondii</i>	Chalutz et al., 1988
	Gray mold	<i>Trichoderma</i> sp.	Tronsmo and Dennis, 1977
파인애플	Penicillium rot	Attenuated strains of <i>Penicillium</i> sp.	Tong-Kwee and Rohrbock, 1980
	Soft rot	<i>Pseudomonas putida</i>	Colyer and Mount, 1984

*Monilina fructicola*에 의한 갈색부패병 방지를 위하여 *Bacillus subtilis* (B-3)를 10 cfu/ml 현탁액으로 처리하여 우수한 방제효과를 보였다.

이와같이 길항미생물은 다양한 농산물의 부패병균을 방제하는 것으로 보고되고 있는데 이중에서도 특히 관심이 있는 것으로 *Pichia guilliermondii*, *Acremonium breve*, 몇종의 *Cryptococcus* 등의 효모 또는 효모 유사미생물이 있다. 이러한 효모는 건조상태에서 오랜기간 표면에 서식할 수 있고 과실의 표면에 분비되는 유용한 양분을 재빨리 이용하여 병원균과의 양분경합에서 유리하다. 또한 농약에 대해서도 거의 영향을 받지않기 때문에 농약과의 혼합처리시 더 큰 효과를 얻을 수 있으리라 생각된다.

저장환경하에서의 생물학적 방제

농작물의 생물학적 방제에 대한 연구가 상당히 이루어져 오고 있지만 실제로 성공한 예는 그리 많지 않다. 실내에서 실험할 때에는 효과가 있는 경우에도 실제 포장상태에서 실험할 경우 효과가 발생하지 않는 경우가 상당히 많이 있다. Leben 등은 이러한 것이 자외선이나 건조 등에 의한 길항균의 사멸 때문이라고 설명한다. 그러나 저장환경에서는 길항미생물에 대한 이러한 위험성이 나타나지 않는다. 이러한 이유



많은 연구결과들이 저장병에 대한 생물학적 방제가 상업적으로 응용될 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

때문에 저장시의 병해에 대한 생물학적 방제가 다른 환경하에서 보다 훨씬 가능성이 높을 것이다.

저장환경을 조절하여 병해발생을 억제하는 방법중에 자주 이용되고 있는 것이 저온저장인데 이러한 저온상태에서도 발생 가능한 저장병이 많이 있다. 그러므로 우리가 필요로 하는 길항미생물은 이러한 저온에서의 적응성 여부가 문제된다. 선발을 통하여 낮은 온도에 적응하는 길항미생물을 선택할 경우 훨씬 효과적인 결과를 얻을 수 있을 것이다.

상처부위에서의 길항균과 병원균의 관계

수확중 또는 선발, 포장 등의 과정에서 생긴 상처는 저장중 생기는 부패병의 주요 감염부위가 된다. 상처

부위에는 미생물생장에 필요한 양분이 풍부하다. 따라서 길항균이 없는 상태에서는 병이 발생하게 된다. 그러나 길항균이 먼저 증식한다면 다른 병원균은 영양경쟁 및 상처부위에서의 생활공간 확보에 불리하기 때문에 병이 발생하지 않을 것이다. 대부분의 길항력을 나타내는 효모는 이러한 영양경쟁 및 공간확보라는 행동양식으로 그 병원균에 대한 방제효과를 나타내는 것으로 알려져 있다. 그러므로 저장 농산물의 상처부위에서의 미생물 생태학적인 연구가 필요하다고 하겠다. Chalutz 등의 연구에 의하면 과실표면의 상처난 곳에서의 길항효모의 증식이 상처가 나지 않은 표면에서 보다 월등히 좋은 것으로 나타났다. 또 다른 몇가지 연구에서는 나무의 상처부위에 있는 미생물상의 천이가 보고되

었다. 또한 Hulme과 Shields는 양분조절을 통해 수목에서 부패균을 방제할 수 있었다.

이러한 상처부위에서의 길항균과 병원균 상호관계에 대한 더 깊은 연구가 필요할 것이며 이런 연구를 통해 보다 효율적인 생물학적 방제체를 발전시킬 수 있을 것이다.

저장병에 대한 생물학적 방제의 상업화

국내에서는 물론 선진국에서도 실제적으로 대규모의 상업적인 길항균 처리는 거의 이루어지지 않고 있다. 다만 실험적으로 소규모의 길항균 처리가 실행되고 있을 뿐이다. 그리고 현재까지는 길항균의 처리가 수확전에 실행되고 있을 뿐 수확후의 처리는 완전히 개발되어 있지 않다. 그러므로 수확후 선별, 포장하는 동안의 생산라인에 길항미생물의 처리를 병합적으로 실시할 수 있는 시스템을 개발해야 할 것이다.

Wilson 등은 길항균을 정상적인 생산라인을 방해하지 않고 효과적으로 처리하였으며, Pusey 등은 복숭아 포장라인에 상업적으로 처리되는 납질물과 길항균인 *B.subtilis*를 혼합처리하여 합성농약인 베노밀을 처리했을 때 얻은 것과 유사한 방제효과를 얻었다. 또한 McLaughlin 등은 효모현탁액에 2% 염화칼슘을 첨가하여 길항효모의 활력을 증강시켜 방제효과를 높임으로써 방제시 필요한 효모의 양을 상당

히 줄일 수 있었다.

한편, 많은 약제들이 살균제 또는 제산제로서 이용되고 있는데 이러한 약제처리에 대한 길항균의 반응이 어떠한 것인가에 대한 연구도 필요할 것이다. 길항균이 이러한 약제에 대해 영향을 받지 않는다면 보다 효과적일 것이며 합성농약과의 혼합처리시 효과적인 방제를 위해 필요한 살균제의 양을 현저히 감소시킬 수도 있을 것이다. 실제로 Hofstein 등은 감귤류의 저장병 방제를 위해 효모를 처리했을 때 정상적으로 필요한 살균제량의 10%만 혼합처리하여도 상당한 방제효과를 보았다고 하였다. 이러한 연구들은 저장병의 생물학적 방제가 상업적으로 실시될 수 있다는 가능성을 보여주는 것들이다.

미생물처리에 대한 소비자의 인식

농산물의 저장병에 대한 생물학적 방제를 위해 길항균을 처리할 경우에 앞서 여러가지 안전성 및 위생성에 대한 사전조사가 실시되어야 할 것이며 저장식품의 양분소모에 대한 영향이 고려되어야 할 것이다. 또한 길항균 자체도 “균”이라는 점에 있어서는 소비자로부터 어쩔수 없는 저항감을 불러 일으킬 지도 모른다. 그러나 약제처리에 의한 잔류성 문제에 대한 소비자의 인식에 비해서 이러한 미생물 처리의 “위생성”은 충분히 납득시킬 수 있을 것

이다. 실제로 우리는 미생물이 첨가된 음식을 섭취하고 있으며 현재 소비자들은 요구르트나 유산균 우유와 같은 음식물에 대해 아무런 거부감도 갖고 있지 않다. 따라서 길항균처리에 대한 소비자의 인식에 있어서는 큰 문제가 없으리라 생각된다.

이상과 같이 농작물 수확후의 저장병에 대한 생물학적 방제는 여러 가지 면에서 그 중요성과 실용화 가능성이 많은 것으로 생각된다. 특히 수출입 농산물 검사시에도 농약잔류에 대한 규제가 심해지고, 소비자들 또한 농산물의 농약잔류에 대해 민감한 반응을 보이고 있는 이때에 길항균처리에 의한 생물학적 방제는 저장병에 대한 이상적인 대처방안이라 할 수 있겠다. 그러므로 이 분야에 대한 보다 많은 관심과 연구가 이루어져야 할 것이다. 더불어 멀지 않은 미래에는 유통 및 판매중인 농산물뿐만 아니라 가정에서도 농작물의 수명을 길게할 수 있는 미생물 제제의 개발도 가능해지리라 기대된다. **농약정보**