

## 칼슘비료 처리에 의한 배추 무름병 발생 억제

김병섭\* · 용영록

강릉대학교 식물응용과학과

### Suppression of Bacterial Soft Rot on Chinese Cabbage by Calcium Fertilizer Treatment

Byung-Sup Kim\* and Young-Rog Yeoung

Department of Applied Plant Science, Kangnung National University, Jibyun-dong 123,  
Gangneung-shi 210-702, Korea  
(Received on January 17, 2004)

Bacterial soft rot by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* is one of the diseases causing the biggest damages in Chinese cabbage cultivation. This study was conducted to evaluate on suppressive effect of calcium fertilizer to bacterial soft rot of Chinese cabbage. Seven calcium fertilizers were selected for evaluation. And screening was conducted to select effective agents for controlling bacterial soft rot. When applied by the nursery test condition using mineral oil inoculation method with Chinese cabbage, calcium hydroxide had more suppressive efficacy than any other calcium fertilizer. While nitrogen fertilizer was induced the disease, calcium hydroxide was suppressed soft rot disease in field test as well as seedling test. Treatment of calcium+nitrogen fertilizer as well as calcium only showed a significant control effect in the field experiment with Chinese cabbage 'Sanchon' in 2003.

Keywords : Calcium fertilizer, Chinese cabbage, *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*

## 서 론

배추는 서늘한 기후를 좋아하는 저온성 채소로 생육기에 고온이 되면 결구가 되지 않을 뿐만 아니라 여러 병과 해충들에 의해 피해를 입게 된다. 그 가운데 무름병은 여름 배추의 생산에 가장 큰 제한 요인이며, 수송, 판매 그리고 저장 중에도 발병하여 막대한 피해를 일으킨다 (Jun, 1998; Péombelon과 Salmond, 1995). 배추 무름병은 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의해 발생하는 병으로 배추를 포함하여 무, 감자, 당근 그리고 양파 등 주요 채소에서 피해가 심각한 병이다(임, 1995; Péombelon과 Salmond, 1995; Smith와 Bartz, 1990; Stommel 등, 1996).

무름병은 생육 전 기간을 통해 발생하는데, 무름병균은

다른 병이나 해충에 의해 생긴 상처를 통해 혹은 자연 개구를 통해 기주 식물체의 내부로 들어간다(Fraaije 등, 1997). 배추에서 무름병은 초기 감염은 보통 결구기 때 엽병이 지체부와 닿게 되면서 발생하는 것과 결구 내에서 썩는 것으로 나눌 수 있고(Khorshed 등, 1998), 결구기 이후에, 주로 엽병의 기부에서 병반이 시작되어 속잎 및 포기 전체로 확대된다. 병반이 진전되면 엽병조직은 갈색으로 부패하면서 물러지고 심한 악취가 나며, 병든 포기는 상품 가치를 완전히 상실한다.

세균성 무름병을 방제하기 위해 다양한 방법이 모색되어왔다. 방제 방법으로 비용이 비싸므로 경제성이 검토되어야 하지만 재배 전에 토양살충제를 살포하여 토양해충의 구제하고, 토양을 훈증하여 멸균하는 방법(김, 1989; 이와 김, 1989)이 있으나 오늘날까지 Bordeaux mixture와 같은 구리 화합물, streptomycin, oxolinic acid 등 화학적 방제에 주로 의존하여 왔다. 그러나 이런 화학적 방제는 다른 유용 미생물을 사멸시키고 환경오염과 약해를 유발, 농업용 항생제에 대한 저항성균의 출현 등 여러 가지 문

\*Corresponding author  
Phone)+82-33-640-2353, Fax)+82-33-647-9535  
E-mail)bskim@kangnung.ac.kr

제점을 노출하고 있다(김 등, 1993; 이와 김, 1996). 이러한 부작용을 해소하기 위하여 친환경적인 방제 방법으로 비병원성 *Erwinia*를 이용한 미생물 농약이 개발(Kyeremeh 등, 2000; Takahara, 2000)되었으나 국내 시장에서는 등록되지 못하였다. 경종적 방법으로 이랑을 높이고 재식 밀도를 감소시키고 파종 날짜를 조절하는 것과 같은 재배 관리는 병발생 범위와 진전을 감소시킬 수 있으나 방제 효과가 떨어진다고(Fritz와 Honma, 1987). 시비조절 방법으로 질소 비료를 너무 많이 주면 병 발생이 많아지므로 3 요소의 비료를 균형 시비하도록 해야하며 연작을 금해야 한다(김, 1989; 이와 김, 1989). 또 다른방법으로 포장에서 병든 식물을 일찍 제거하고 수확후 이병 잔재물이 포장에 남아있지 않도록 하여 다음 해의 전염원을 줄인다. 병 발생이 심한 곳에선 가능한 한 배수가 좋은 땅에서 재배해야 한다.

고랭지 여름배추 재배에 있어서 칼슘 결핍은 배추 속 썩음병이라는 생리적 장애를 일으킨다. 따라서 칼슘비료 시비는 필수적이라고할 수 있다. 또 칼슘 비료의 시비가 무름병 저항성을 증가시킨다는 여러 논문이 보고된 바가 있다(Lyon, 1989; McGuire와 Kelman, 1986).

따라서 본 연구는 환경 친화형 농자재를 이용한 배추 무름병 방제를 위한 기초연구로서 칼슘 비료의 종류에 따른 무름병 발생 억제효과를 조사하였다. 또 병발생에 미치는 칼슘비료와 질소비료 시비와의 관계를 구명하고자 수행하였다.

### 재료 및 방법

**공시균주 및 유묘 검정.** 본 연구에 사용된 배추 무름병균은 국제표준균주인 *E. carotovora* subsp. *carotovora* ATCC 15713 균주를 시험에 이용하였다. 병원균은 nutrient agar 배지에 배양한 후 살균증류수로 현탁하였다. 접종 농도는 분광 광도계(Shimadzu UV-1201, UV/VIS spectrophotometer)로 세균 밀도를 측정하여  $10^8$  cfu/ml( $OD_{660}=0.1$ )로 조정하여 mineral oil 접종법(이, 2002)으로 접종하였다. Mineral oil 접종법은 세균 현탁액과 멸균한 mineral oil(Sigma Chemical Co.)을 4:1로 혼합하여 잘 섞은 후 10 ml를 온실에서 30일간 자란 배추의 중앙 기부에 관주 접종하였다. 대조구로는 증류수와 mineral oil을 4:1로 혼합하여 접종하였다.

**칼슘 및 질소 시비가 병발생에 미치는 영향조사.** 칼슘 비료 7종을 가지고 0.1, 0.2, 1.0%로 배추 유묘(품종: 강력여름)에 엽면 살포하였다(Table 1). 배추는 유리온실에서 4주 육묘한 것을 사용하였으며, 칼슘비료 살포 7일

**Table 1.** Effect of several calcium fertilizers on the suppression of bacterial soft rot on Chinese cabbage seedling caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*

Treatment	Disease Severity <sup>a</sup>		
	0.1%	0.2%	1%
Calcium Nitrate	1.5 bc <sup>b</sup>	1.6 b	1.5 bc
Calcium Chloride	1.8 bc	1.5 b	1.7 b
Calcium Oxide	1.3 c	1.2 b	1.0 cd
Calcium Hydroxide	0.8 d	0.5 c	0.7 d
Calcium Sulfate	1.9 ab	1.6 b	1.1 cd
Calcium Phosphate	1.6 bc	1.5 b	1.4 bc
Calcium Carbonate	2.4 a	2.7 a	2.4 a
Control	2.4 a	2.4 a	2.4 a

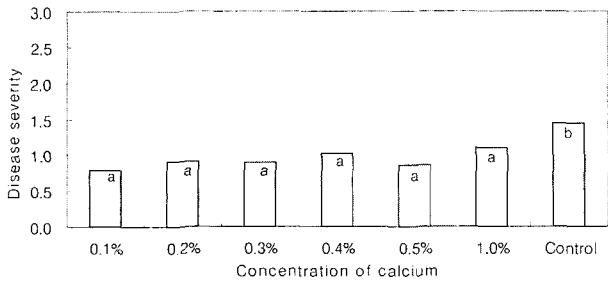
<sup>a</sup>0 = No diseased, 1 = 0-25% of leaf area diseased, 2 = 25-50% of leaf area diseased and 3 = 50-100% of leaf area diseased.

<sup>b</sup>Mean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

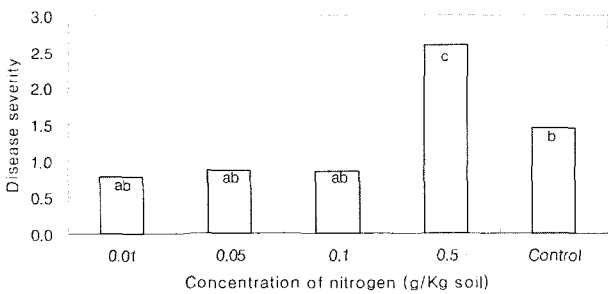
후 mineral oil 접종법을 이용하여 병원균을 접종하여 무름병 발생을 조사하였다. 7종의 칼슘 비료중 무름병 방제에 효과가 높게 나타난 calcium hydroxide로 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0% 수용액을 엽면시비 하였다. 질소 처리는 황산암모늄을 Kg soil당 0.01, 0.05, 0.10, 0.50 g로 표토에 처리하였다. 칼슘과 질소 처리 7일 후 mineral oil 접종법에 의해 병접종을 하였으며 무름병 발생정도를 4단계로 구분하여 병조사를 하였다. 포장 시험은 산촌배추를 온실에서 30일 동안 육묘한 후, 강릉시 왕산면 고랭지(해발 720 m) 포장에 이식하여 재배하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 실시하였으며 재배방법은 농가관행에 따라 수행하였다. 칼슘비료는 calcium hydroxide 0.5% 수용액을, 질소비료는 요소 2.0% 수용액을 엽면 살포하였으며, 칼슘과 질소 혼합 처리는 calcium hydroxide 0.5% 수용액과 요소 2.0% 수용액을 혼합조제하여 발병직전 7일간격으로 3회 엽면 살포하였다. 무름병의 단계별 발병정도 조사기준은 결구기에 육안 조사를 통해 0 = 무발병, 1 = 외엽의 일부가 발병, 2 = 외엽에 발병하고 결구엽의 일부가 발병, 3 = 결구엽의 대부분 발병 등 4단계로 나누어 조사하여 발병도(%)를 산출하였다.

### 결과 및 고찰

Calcium nitrate 외 6종의 칼슘비료 0.1%를 배추유묘에 엽면 살포한 후 병접종할 때, calcium sulfate와 calcium carbonate의 경우는 무처리와 비슷한 정도로 발병하여 병 발생 억제효과가 없었다. 그러나 calcium nitrate, calcium chloride, calcium oxide, calcium hydroxide, calcium



**Fig. 1.** Effect of calcium hydroxide on bacterial soft rot on Chinese cabbage seedling caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*.

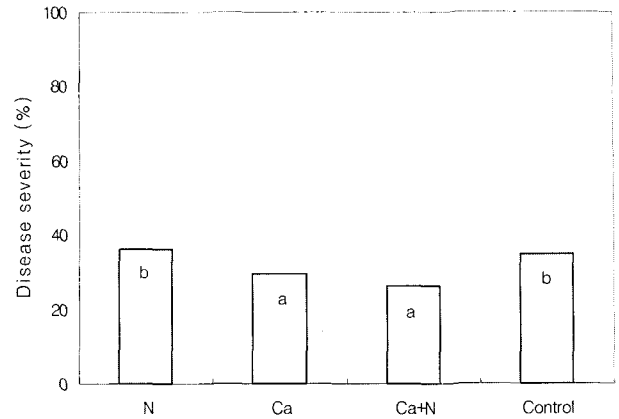


**Fig. 2.** Effect of ammonium sulfate on bacterial soft rot on Chinese cabbage seedling caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*.

phosphate는 통계적으로 유의성 있는 차이를 나타내게 병 발생을 억제하였다(Table 1). 0.2%와 1.0% 처리에서도 비슷한 경향으로 calcium carbonate를 제외한 나머지 calcium 비료가 병발생을 억제하였고 그중에서도 calcium hydroxide는 조사된 다른 calcium비료들보다 통계적으로 유의성이 있게 병발생을 억제하였다(Table 1).

Calcium 비료중 배추 무름병 발생을 억제하는 것으로 나타난 calcium hydroxide의 농도별 발병에 미치는 영향을 조사하였다(Fig. 1). 0.1%에서 1.0%까지 6농도로 조사한 결과 농도간에는 발병에 미치는 영향에 차이가 없었으나 무처리와 비교하여 모든 농도에서 발병은 억제되었다. 질소 시비가 병발생에 미치는 영향을 조사한 결과 0.01, 0.05, 0.50 g/Kg soil를 시비하였을 때 무처리와 비슷한 정도의 병발생을 나타냈으며 0.50 g/Kg soil을 토양에 처리할 때 병발생이 크게 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 2).

포장 시험에서 질소시비와 calcium hydroxide가 배추 무름병 발병에 미치는 영향을 조사하였다. 질소비료 시비는 무처리와 비슷한 정도의 병발생을 나타냈다. 그러나 calcium hydroxide 단독처리와 질소와 칼슘을 함께 처리할 때는 무처리보다 발병이 적게 나타났다(Fig. 3).



**Fig. 3.** Effect of nitrogen (N) and calcium hydroxide (Ca) on bacterial soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in the Chinese cabbage fields located in Daekwallyong alpine area in 2003.

이상의 결과를 통하여 칼슘이 배추 무름병 발생을 억제한 반면 질소비료 시비는 병발생을 조장하는 것으로 나타났다. 이는 치커리에서 병 발생이 질소 처리에서는 향상되고 칼슘 처리에서는 감소 되었다는 것과 같은 결과를 나타냈다(Schober와 Vermeulen, 1999). 여러 식물에서 고칼슘 농도가 병 저항성을 증가시킨다는 보고가 있으며, 무름병에 감염된 감자에서 조직 사이의 칼슘 농도가 높을수록 무름병이 감소한다는 칼슘농도와 병 저항성의 상관관계가 설명되었다(Lyon, 1989; McGuire와 Kelman, 1986). 고칼슘 처리가 배추 무름병 발생을 억제하는 메커니즘은 중엽의 pectin성분을 분해하는 무름병균의 pectinase의 활성을 약화시키기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 칼슘과 pectinase 활성에 대하여는 상반되는 연구 결과가 있으므로 단정지기는 어렵다(Lyon, 1989). 용 등(2003)은 배추에 칼슘처리는 지상부보다는 지하부의 생육을 촉진하며 엽육 세포벽을 두껍고 조직이 치밀하게 만들어 수확시 품질이 우수하고 무름병에 대한 저항성을 높인다고 보고하였다.

토양속의 칼슘은 식물의 증산에 따라 주로 이동하는 것으로 알려져 있는데, 증산 작용은 대기의 온도 및 상대습도에 크게 좌우된다(Demarty 등, 1984). 따라서 식물체로 하여금 토양속의 칼슘을 원활하게 이용하도록 충분한 양의 칼슘을 공급하거나 칼슘의 이동이 촉진되도록 건조한 환경을 조성해 주는 방법이 있다. 용 등(2003)에 의하면 고랭지 여름배추 재배에 있어서 질소비료의 시비 수준은 표준시비보다 많이 시비하는 것으로 보고하였다. 질소질 비료의 시비가 발병을 유인하는 것을 감안할 때, 칼슘 비료의 시비는 무름병 발생 억제를 위하여 필수적으로 시비하여야 함을 생각할 수 있다. 따라서 무름병 발생 억제

를 위하여 질소비료 시비는 반드시 칼슘과 병행하여 사용할 것을 제안한다.

## 요 약

*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 배추 무름병은 배추에서 가장 큰 문제가 되고 있는 병 중 하나이다. 본 연구는 칼슘비료 시비가 배추 무름병 발생에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다. 칼슘 비료 7종을 선발하여 배추 유효에 엽면 살포한 후, 세균현탁액과 mineral oil을 4:1로 혼합하여 배추의 중앙 기부에 10 ml 관주 접종하는 mineral oil 접종법으로 접종하였다. 배추 유효에 엽면 살포한 결과 calcium hydroxide가 다른 calcium 비료보다 무름병 방제에 효과가 높게 나타났다. 질소 비료 시비는 무름병 발생을 촉진한 반면, calcium hydroxide를 수용액으로 엽면시비할 때 유효에서뿐 아니라 포장 시험에서도 무름병 발생을 억제하였다. Calcium과 질소를 혼합 살포할 때도 calcium 단독살포와 마찬가지로 무름병 발생을 억제하였다.

## 감사의 글

이 논문은 농림부 농업기술관리센터의 농림특정과정(2001-2003)의 연구비에 의하여 수행한 것으로 감사를 포함합니다.

## 참고문헌

Demarty, M., Morvan, C. and Thellier, M. 1984. Calcium and the cell walls. *Plant. Cell Environ.* 7: 441-448.

Fritz, V. A. and Honma, S. 1987. The effect of raised beds, population densities, and planting date on the incidence of bacterial soft rot in Chinese cabbage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112: 41-44.

Fraaije, B. A., Appels, M., De Boer, S. H., Van Vuurde, J. W. L. and Vanden Bulk, R. W. 1997. Detection of soft rot *Erwinia* spp. on seed potatoes: conductimetry in comparison with dilution planting, PCR and serological assays. *Eur. J. Plant Pathol.* 103: 183-193.

Jun, W. 1998. Establishment of methods in evaluating the susceptibility of Chinese cabbage (*Brassica campestris* spp.) to soft rot disease. M. S. thesis paper. Chung-Ang Univ. 66pp.

Khorshed, A. S. M., Togashi, J., Namai, T. and Ueda, K. 1998. Role of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* sprayed on

leaves of Chinese cabbage as a source of inoculum for soft rot. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 64: 546-551.

김충희. 1989. 고령지 배추의 병해와 그 방제. 최신원예. 흥농종묘출판사. 30: 26-31.

김영철, 송동업, 조백호, 정갑채, 김기청. 1993. 식물 세균성 연부병균 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*의 Tn5 유발 약병원성 돌연변이주의 선발. 한식병지 9: 63-69.

Kyeremeh, A. G., Kikumoto, T., Chuang, D., Gunji, Y., Takahara, Y. and Ehara, Y. 2000. Biological control of soft rot of Chinese cabbage using single and mixed treatments of bacteriocin-producing avirulent mutants of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. *J. Gen. Plant Pathol.* 66: 264-268.

이은종, 김충희. 1989. 채소병해충 표준영농교본-47. 농촌진흥청. p.30-32.

이성희. 2002. 배추 세균성무름병에 대한 효과적 접종법과 저항성 유도. 충북대학교 농학석사학위논문 50pp.

이영근, 김령희. 1996. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 메론의 세균성 무름병 발생. 한식병지 12: 116-120.

임춘근. 1995. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 치커리 세균성무름병. 한식병지 11: 116-119.

Lyon, G. D. 1989. The biochemical basis of resistance of potatoes to soft rot *Erwinia* spp.-a review. *Plant Pathol.* 38: 313-339.

McGuire, R. G. and Kelman, A. 1986. Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*. *Phytopathology.* 76: 401-406.

Péombelon, M. C. M. and Salmand, G. P. C. 1995. Bacterial soft rot. p.1-20. In: Pathogenesis and Host Specificity in Plant Disease, ed. by Singh, U. S., Singh, R. P., and Kohmoto, K. Elsevier Science, Ltd.

Schober, B. M. and Vermeulen, T. 1999. Enzymatic maceration of witloof chicory by the soft rot bacteria *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* : the effect of nitrogen and calcium treatment of the plant on pectic enzyme production and disease development. *Eur. J. Plant Pathol.* 105: 341-349.

Smith, C. and Bartz, J. A. 1990. Variation in the pathogenicity and aggressiveness of strains of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* isolated from different hosts. *Plant Dis.* 74: 505-509.

Stommel, J. R., Goth, R. W., Haynes, K. G. and Kim, S. H. 1996. Pepper (*Capsicum annum*) soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. *Plant Dis.* 80: 1109-1112.

Takahara, Y. 2000. Biokeeper wettable powder: The research and practical application of microbial pesticide for soft rot disease. In: Biological Control for Crop Protection. Rural Development Administration pp. 57-65.

용영록, 김병섭, 신관용, 김창수, 이춘수, 이정태, 이계준, 윤철수, 정은경, 장현철. 2003. 고령지 여름배추의 무름병 방제 및 고품질 안전 생산기술 개발. 강릉대학교 농림기술개발보고서 146pp.