

배추 무사마귀병 발병 억제 및 생육증진을 위한 달걀껍질 토양혼화처리 효과

가오유량 · 김병관 · 임태현¹ · 리규화² · 백기엽³ · 차병진*

충북대학교 식물의학과, ¹(주)삼호유비 농생명과학연구소, ²중국동북임업대학교 생명과학원

³충북대학교 원예학과

Soil-blending Effect of Eggshell Powder on the Control of Clubroot Disease and the Growth of Chinese Cabbage in the Field

Yuliang Gao, Byeongkwan Kim, Tae-Heon Lim¹, Kui-Hua Li², Kee-Yoeup Paek³ and Byeongjin Cha*

Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

¹Research Institute of Agri-Bio Science, Samhoub Co., Ltd., Sangju 742-130, Korea

²College of Life Science, Northeast Forestry University, Harbin 150-040, China

³Department of Horticultural Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

(Received on July 8, 2009)

Before transplanting Chinese cabbage seedlings, two kinds of eggshell powder were blended into the soil of cabbage field where the clubroot pathogen, *Plasmodiophora brassicae*, was infested. The incidence of clubroot disease, the shoot and root growth of cabbages, and soil pH were examined four times at 10 to 13 days interval from transplanting Chinese cabbage. As results, the cabbages treated with eggshell powder without membrane showed the fastest growth in above ground part, and the lowest disease index for clubroot disease. The cabbages treated with eggshell powder with membrane showed better growth than the cabbages of non-treated check, but lower growth than those treated with eggshell powder without membrane. Soil pH started to increase from 3 weeks after soil blending of eggshell powder, and it reached to above 8.0. However, the soil pH of non-treated check stayed at around 6.8. In the experiment to compare the effect of eggshell powder with other calcium compounds, soil-blending of CaCO₃ resulted the lowest disease incidence of 1.7 and the registered fungicide, 'flusulfamide', and the resistant variety 'CR Green cabbage' followed with the incidence of 1.9. Cabbages of non-treated check scored the highest disease incidence, 3.4, and that of eggshell powder without membrane was as high as 2.7. However, the growth of Chinese cabbage showed the different pattern to the disease incidence. Chinese cabbages treated with eggshell without membrane recorded the highest average growth, around 2.1 kg. On the other hand, the average growth of CR Green Chinese cabbage was about 2.0 kg, that of flusulfamide-treatment plot was 1.7, and that of non-treated check was as low as 1.3 kg. Soil blending of eggshell powder without membrane did not inhibit the development of clubroot, but increased the growth of cabbage to a great extent. Therefore, it was confirmed that soil blending of eggshell powder before transplanting makes the Chinese cabbage culture possible even in the field infested with clubroot pathogen.

Keywords : Chinese cabbage, Clubroot, Control, Eggshell, *Plasmodiophora brassicae*

뿌리에 흙을 만들어 배추 생육에 심각한 피해를 초래하는 배추 무사마귀병은 1920년에 수원과 서울에서 처음으로 발병이 보고된 이래 1990년대에 들어올 때까지는 발병기록이 거의 없는 병이었다. 하지만, 1991년도와 1994

년도 사이의 연구보고(함 등, 1998)에 의하면, 이 병은 이 시기에 벌써 우리나라 전역으로 발생이 확산되었으며, 특히 고랭지배추 생산지인 강원지역과 겨울배추 재배지인 전남 해남지방에서 큰 피해를 일으킨 것으로 알려져 있다. 실제로 1997년에 우리나라 각지에서 심하게 발생하였던 기록이 있으며(김과 오, 1997), 최근에는 하우스 재배와 여름 재배가 가능해짐에 따라 십자화과 작물을 연작하는 곳이 많아졌고, 그 결과 토양 병원균인

*Corresponding author

Phone) +82-43-261-2557, Fax) +82-43-271-4414

Email) bjcha@cnu.ac.kr

*Plasmodiophora brassicae*에 의한 배추 무사마귀병의 피해는 계속 증가하고 있다(농촌진흥청, 2001).

무사마귀병이 발생하기에 좋은 환경은 저온다습하며 pH 6.0 이하인 산성 토양인데(Buczacki와 White, 1979), 병원균의 휴면포자가 pH 6.0~6.2에서 가장 잘 발아하며 pH 8.0 이상에서는 발아하지 않기 때문이다(김 등, 2000b). 그러므로 토양수분을 철저히 관리하고 pH를 높게 유지한다면 이 병의 발생을 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다(Osozawa 등, 1994). 현재 배추 무사마귀병 방제약제로는 합성살균제인 플루설파마이드(상표명: 흑안나)를 포함하여 모두 8종이 등록되어 있다. 경종적 방제로 윤작이나 저항성품종(CR품종) 재배 등이 있으나 실제 여러 레이스가 함께 존재하는 곳에서는 큰 효과를 얻지 못하는 실정이며(Asano 등, 1999), 길항미생물을 이용한 방제(Murakami 등, 2000)도 꾸준히 시도되었으나 실제로 성공한 예는 없다.

합성살균제를 사용하지 않고 병을 방제하기 위한 노력은 꾸준히 계속되어 Myers와 Campbell(1985)은 Ca^{2+} 이온이 휴면포자의 발아를 억제하여 발병을 감소시키는 것을 확인하였으며, Takahasi 등(2002)은 무의 저항성 품종에서 많이 만들어지는 PAL(phenylalanine ammonia-lyase)이 Ca^{2+} 에 의하여 유기된다고 보고하였다. 이러한 연구결과들에 착안하여 김 등(2008)은 Ca^{2+} 을 많이 함유하고 있으며 우리 주변에서 쉽게 구할 수 있는 달걀껍질을 배추 묘에 처리하여 우수한 무사마귀병 방제효과를 얻은 바 있다.

따라서, 본 연구에서는 김 등(2008)의 결과를 바탕으로 달걀껍질이 온실조건뿐만 아니라 실제로 무사마귀병균에 오염되어 있는 농가포장에서도 효과가 있는지 알아보기 위하여 달걀껍질과 몇 가지 칼슘화합물을 농가 배추포장에 처리하여 배추의 생육과 무사마귀병 발생에 미치는 영향을 알아봄으로써 배추 무사마귀병의 환경친화적 방제에 기여하고자 하였다.

재료 및 방법

봄배추 시험

배추, 달걀껍질 및 시험포장. 실험실 내에서 습실처리하여 발아시킨 노랑봄배추(*Brassica campestris* cv. Norangbom, 흥농종묘(주))를 윈예용 상토(바로커)에 파종하고 온실에서 재배하다가 본엽이 3-4장 되었을 때 노지 배추포장에 옮겨 심었다. 시험포장은 약 10여 년 전부터 무사마귀병이 심하게 자연발병하고 있는 충북 청원군 옥산면 소재의 미호천 하상부지에 위치한 농가 배추밭을 임차하여 시험을 수행하였다. 달걀껍질은 난막을 제거한 것과 제거하지 않은 것 등 두 가지를 사용하였다. 난막

을 제거한 달걀껍질은 달걀가공공장((주)풍림산업)에서 부산물로 생산한 것을 구입하여 사용하였으며 입자의 크기는 400 mesh 정도로 고운 것이었다. 난막을 제거하지 않은 것은 부화장에서 폐기물로 생산된 달걀껍질을 구입하여 물로 씻고 바람에 잘 말린 후 입자의 크기가 0.5 mm 이하가 되도록 분쇄기(cutting mill, 건흥전기(주))로 분쇄하여 사용하였다.

달걀껍질 처리 및 배추 생육과 무사마귀병 발병 조사.

각 달걀껍질은 배추를 정식하기 전에 2 kg/m^2 의 양으로 토양에 혼화처리 한 후 이랑을 만들어 4월 23일에 배추 묘를 정식하였다. 대조구에는 아무런 처리도 하지 않았으며, 정식한 이후에는 대조구를 포함한 모든 처리구에 어떠한 살균제도 처리하지 않고 농가관행에 따라 재배하였으며, 수분공급도 자연강우에 의존하였다. 생육 및 발병도 조사는 5월 4일, 17일, 27일, 그리고 6월 9일 등 네 차례에 걸쳐 수행하였는데, 각 시험구 마다 조사 당일 현재 생육이 좋은 5주씩을 선발하여 뿌리의 흑 형성정도를 조사하고 지상부 및 지하부의 생중량을 측정하였다. 무사마귀병의 발병도는 토양미생물실험법(양과 김, 2002)을 참고하여 다음과 같이 5등급으로 지수화하여 평가하였다. 0: 뿌리흑의 발생이 없음, 1: 뿌리흑이 세근에 0~10% 정도 발생, 2: 뿌리흑이 세근 또는 주근에 10~30% 정도 발생, 3: 뿌리흑이 세근 또는 주근에 30~60% 정도 발생, 4: 뿌리흑이 세근 또는 주근에 60% 이상 발생. 처리 별로 각 개체의 발병지수를 평균하여 그 처리의 발병도로 간주하였다. 모든 시험은 3반복으로 수행하였다.

또한, 시험포장의 토양을 처리내용에 따라 처리구 별로 4군데에서 각각 약 300 cm^3 정도씩 채취하여 토양화분석법(농촌진흥청, 1988)에 따라 토양 pH를 측정하였다. 채취한 토양은 처리구 별로 잘 섞어서 바람에 말린 후 50 cm^3 를 취하여 증류수 250 ml와 1:5로 섞어 잘 저어 준 후 정지하였다. 흙 입자가 가라앉으면 맑은 용액만을 덜어내어 교반기로 잘 섞어주며 pH미터로 토양산도를 측정하였다. 시험에서 얻은 모든 결과들은 Duncan의 다중검정법($P=0.05$)으로 비교하였다.

가을배추 시험

배추, 달걀껍질 및 시험포장. 시험포장을 비롯하여 기본적인 방법과 재료는 봄배추 시험과 동일하였으나, 가을 시험에서는 (주)씨드텍코리아의 청풍명월배추를 사용하였으며, 달걀껍질은 봄배추 시험에서 효과가 좋았던 난막이 없는 달걀껍질(2 kg/m^2)만을 사용하였다. 그리고, 달걀껍질과 일반 칼슘제와의 효과를 비교하기 위하여 현재 토양을 개량하고 칼슘성분을 공급할 목적으로 흔히 사용하

고 있는 $\text{Ca}(\text{OH})_2(1 \text{ kg/m}^2)$, $\text{CaCO}_3(1 \text{ kg/m}^2)$, $\text{CaO}(1 \text{ kg/m}^2)$ 와 폐화석(1 kg/m^2)도 각각 처리에 포함하여 정해진 양만큼씩 배추묘를 정식하기 전에 토양에 혼화처리 하였다. 또한 합성살균제와의 비교를 위하여 무사마귀병 방제용 살균제인 흑안나(주성분: 플루설파마이드)도 정식 전에 재배토양에 혼화처리(20 g/m^2)하였으며, 아무런 처리도 하지 않은 대조구로는 시험배추와 동일한 청풍명월배추와 무사마귀병에 저항성 품종인 CR그린배추((주)농우바이오)를 사용하였다. 모든 처리는 5반복씩 수행하였으며, 한 반복당 최소 20주 이상의 배추묘를 정식하였다.

배추 생육과 무사마귀병 발병 조사. 배추의 생육 및 뿌리의 무사마귀병 발병조사는 봄배추 시험과 동일하게 수행하였다. 다만, 가을시험에서는 봄시험과 달리 주기적으로 배추를 수확하여 조사하지 않고 9월 중순에 묘를 정식한 후 60일 동안 재배하여 모든 처리구의 배추를 일시에 수확하여 조사하였다.

결 과

달걀껍질 처리에 따른 배추 생육 및 무사마귀병 발병의 경시적 변화. 배추포장에 달걀껍질을 처리한 후 10~13

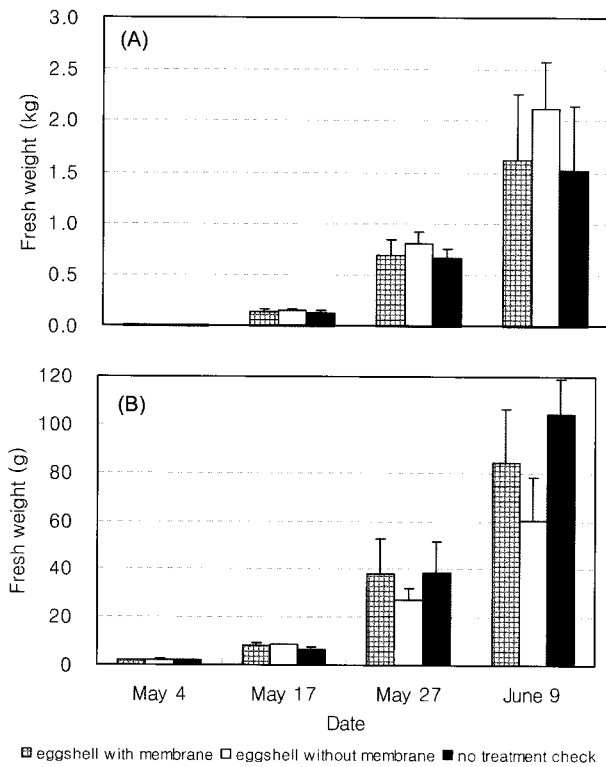


Fig. 1. Changes in the shoot (A) and root (B) growth of Chinese cabbages in the clubroot pathogen-infested field where the soil was blended with eggshell powder.

일 간격으로 배추를 수확하여 관찰한 결과 정식하고 약 5주 후부터 처리간에 생육차이가 나타나기 시작하여 최종조사 시에는 처리간의 차이가 확연하였다(Fig. 1A). 지상부 생육에 있어서, 난막을 제거한 달걀껍질 처리구의 배추들은 시험 중기부터 다른 처리구에 비하여 빠른 생육을 보이고 시간이 지남에 따라 그 차이는 더욱 뚜렷해져, 최종 수확시에는 개체 당 평균 2.1 kg이었다. 난막을 포함한 달걀껍질 처리구에서도 무처리 대조구에 비하여 더 빠른 생육을 보였으나 난막을 제거한 달걀껍질 처리구보다는 늦어 최종 평균 1.6 kg이었으며, 무처리구의 배추는 평균 1.5 kg이었다. 그러나 통계분석에서 배추의 지상부 생중량은 유의차를 보이지는 않았다.

반면, 무처리구의 배추들은 달걀껍질 처리구들의 배추에 비하여 무사마귀병 감염률이 높았으므로 지하부의 생중량은 지상부 생중량과는 완전히 반대되는 결과를 보였다. 즉, 무처리 대조구의 뿌리 생중량이 가장 무거웠으며, 난막 있는 달걀껍질, 난막 없는 달걀껍질의 순이었다(Fig. 1B). 지하부의 생중량도 지상부와 마찬가지로 정식 약 5주 후부터 차이가 나타나기 시작하였으며, 시간이 지날수록 처리간의 차이가 점점 뚜렷해져서 최종 수확시 개체 당 평균무게가 무처리는 104 g, 난막 있는 달걀껍질 처리구가 84 g이었던 데 비해 난막 없는 달걀껍질 처리구는 60 g이었다. 하지만, 뿌리의 무게도 통계적으로는 유의차가 없었다.

무사마귀병 발병도 역시 지하부 생중량과 같은 경향을 보여, 최종 수확시 무처리구는 2.9, 난막 있는 달걀껍질 처리구는 2.3이었으나, 난막 없는 달걀껍질 처리구는 1.8로 가장 낮았다(Fig. 2). 즉, 무처리구의 배추는 뿌리의 반 이상에 흑이 형성되어 있었던 것에 비하여 난막없는 달걀껍질 처리구의 배추는 뿌리의 약 10% 정도에 흑이 형성되어 있었다. 발병도는 최종 조사 시에만 처리간에 통

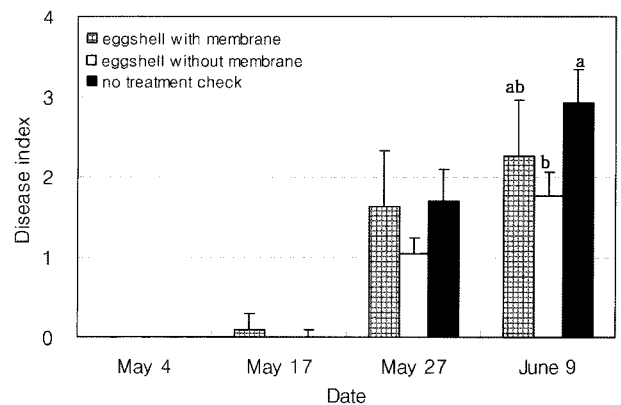


Fig. 2. Clubroot disease infection of Chinese cabbage in the pathogen-infested field where the soil was blended with eggshell powder.

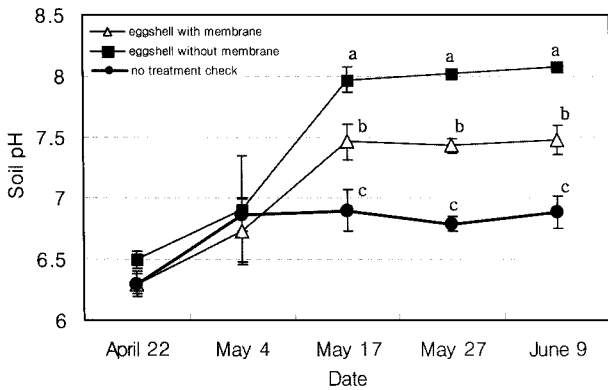


Fig. 3. Changes in soil pH of the clubroot pathogen-infested field where the soil was blended with eggshell powder.

계적인 유의차를 보였다.

정확한 데이터로 제시되지는 않았지만, 무처리구의 배추는 시험 수행 중 절반 정도의 배추가 밑둥이 무르며 완전히 시들어 죽었거나 또는 크기가 매우 작고 못 자라는 등 상태가 불량하여 달걀껍질 처리구와는 대조를 보였다. 따라서, 시험 초기에 계획하였던 대로 반복 당 10주 조사가 불가능하였기 때문에 반복 당 조사 주수를 5주로 조정하였다.

토양 pH도 처리에 따라 뚜렷한 차이를 보였는데, 처리 후 약 3주 동안은 그다지 큰 차이가 나지 않았으나 그 이후 확실한 차이가 보였으며, 그러한 경향은 최종 수확할 때까지 지속되었다(Fig. 3). 시험을 시작하기 전에는 시험 포장 토양 pH가 6.3~6.5였으나, 달걀껍질 토양혼화처리 후 약 4주 경부터 난막 없는 달걀껍질은 약 8.0, 난막 있는 달걀껍질은 약 7.5, 무처리구는 약 6.8 정도의 토양 pH를 유지하였다.

달걀껍질과 칼슘제 처리에 의한 배추 생육 증진 및 무사마귀병 발병억제. 가을배추 시험에서도 봄배추 시험에서와 마찬가지로 무처리구에서는 상당 수의 배추가 밑

Table 1. Effects of soil blending of eggshell powder and other calcium compounds on the growth of Chinese cabbage and clubroot pathogen infection

Treatments	Dose (kg/m ²)	Fresh weight (g)		Disease index
		Above ground	Root	
Eggshell	2	2075.0 a	71.7 a	2.7 abc
CaCO ₃	1	1936.9 a	56.5 a	1.7 c
Ca(OH) ₂	1	1807.0 a	68.7 a	2.3 abc
CaO	1	1541.7 a	67.4 a	2.9 ab
Calcined shell	1	1649.7 a	48.5 a	2.7 abc
Flusulfamide	0.02	1731.3 a	62.2 a	1.9 bc
CR green cabbage	-	2033.1 a	65.1 a	1.9 bc
Non-treated check	-	1313.3 a	47.9 a	3.4 a

둥이 썩으며 죽거나 또는 생장이 아주 불량하였다(Fig. 4). 따라서, 무처리구에서는 모든 시험구에서 외관상 크기로 상위 10주씩만 생육량과 발병도를 조사하였으며, 나머지 시험구에서는 20주씩을 조사하였다.

난막 없는 달걀껍질과 몇 종류의 칼슘화합물을 토양에 혼화처리하고 배추를 재배한 결과 무사마귀병 발병도는 처리 간에 뚜렷한 유의차가 있었다(Table 1). 즉, 모든 처리구에서 무처리구 보다 더 좋은 생육을 보였으며, 그 중에서도 달걀껍질 처리구에서 배추의 생육이 가장 좋았다. 칼슘제 이외의 처리로서는 무사마귀병에 대한 저항성유전자를 가지고 있는 CR그린배추의 평균 생중량이 2,033 g으로 달걀껍질 처리구의 2,075 g과 같은 수준이었으며, 무사마귀병 방제용 살균제인 플루설파마이드(흑안나) 처리구에서도 1,731 g으로서 무처리구의 1,313 g에 비하여 월등한 생육량을 보였다. 가을배추 시험에서는 봄배추 시험과는 달리 뿌리 생중량도 지상부 생중량과 거의 비슷한 경향을 보여 달걀껍질 처리구의 뿌리 평균 생중량이 71.7 g으로 가장 무거웠으며, 무처리구가 47.9 g으로 가장 가벼웠다. 그러나 지상부 및 뿌리의 생중량은 모두 처리간에 통계적인 유의차는 보이지 않았다.

반면에 발병도는 처리간에 뚜렷한 유의차가 있었다(Table 1). 무처리구의 배추 뿌리 대부분에 흑을 만들어져 있었으며, 발병도도 가장 높아 평균 3.4에 이르고 있었다. CaCO₃를 제외한 칼슘제 처리에서도 대부분 반 이상의 뿌리에 흑이 만들어져 있었고, 발병도도 2.7 내외를 기록하였다. 반면에 CR그린배추나 흑안나 처리구에서는 발병도가 1.9로 낮았고, 뿌리의 30% 이내에 흑이 만들어져 있을 뿐, 무사마귀병 방제효과가 뚜렷한 것으로 나타났다. 가장 낮은 발병도를 보인 것은 CaCO₃ 처리구로서 발병도 1.7이었다.

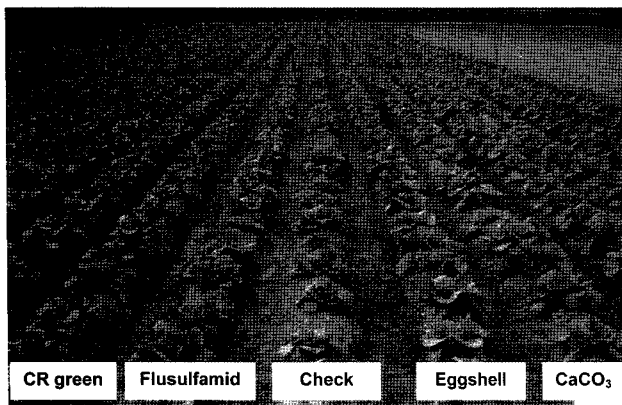


Fig. 4. Differences in Chinese cabbage growth under several soil-blending-treatments in the clubroot pathogen-infested field.

고 찰

십자화과 식물에 무사마귀병을 일으키는 *P. brassicae*의 휴면포자는 pH 8.0 이상에서는 발아하기 힘들다는 특성 때문에 다른 병들과는 달리 무사마귀병 방제에는 살균제 이외에 석회 등을 사용하는 친환경적 방제법에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다(Campbell과 Greathead, 1989). 최근에는 Ca^{2+} 를 다량으로 함유하고 있음에도 불구하고 지금까지 주목을 받지 못하던 재료인 달걀껍질을 이용하여 무사마귀병을 방제할 수 있다는 가능성도 제시된 바 있다(김 등, 2008). 본 연구는 그 연구의 연장으로 수행되었으며, 김 등(2008)이 예상하였던 대로 실제 포장에서도 배추 무사마귀병 방제에 긍정적인 결과를 얻었다.

달걀껍질의 효과를 검정한 결과, Fig. 1A에서 볼 수 있듯이 난막까지 같이 처리한 경우에는 순수한 달걀껍질만을 처리했을 때보다 생육증진 효과가 낮았다. 난막의 유무를 가려서 시험한 이유는 일반적으로 난막에는 여러 가지 생리활성물질이 묻어 있으며, 그에 따라 식물병원균 억제효과가 더 클 수 있다는 가정 때문이었다. 그러나 시험 결과는 오히려 반대로 나타났다. 난막이 있는 달걀껍질은 순수한 달걀껍질에 비하여 입자의 크기가 더 크다는 차이가 있는데, Dobson 등(1983)은 lime 입자의 크기가 무사마귀병 방제효과에 영향을 미친다고 보고하였다. 그러나, lime과 달걀껍질이 같은 성질을 가지고 있다고 할 수 없으며, 앞서 수행된 연구(김 등, 2008)에서 달걀껍질 입자의 크기는 무사마귀병 억제에 아무런 영향을 미치지 않았다는 사실이 확인된 바 있으므로 입자의 크기에 따라 효과가 달리 나왔을 가능성은 크지 않다고 하겠다. 난막의 유무에 따라 효과가 달라지는 이유에 대해서는 앞으로 더 많은 연구가 필요할 것이다.

Fig. 1A과 Fig. 1B에서 처리별로 생육결과가 상반되게 나온 것은 달걀껍질을 처리한 토양에서는 무사마귀의 발병이 억제되었기 때문에 뿌리가 작았던 반면, 무처리구에서는 무사마귀병이 심하게 발생하여 뿌리가 커졌기 때문이다. 가을재배 시험(Table 1)에서는 봄재배 시험과는 반대로 오히려 달걀껍질 처리구의 뿌리가 무처리구의 뿌리보다 더 컸는데, 이는 봄재배 시험에서는 10~13일 간격으로 각 시험구에서 생장이 좋은 순서로 5주씩 선별하여 조사하였으므로 무사마귀병에 심하게 감염되었던 개체들은 자동 제외되었던 반면, 가을재배에서는 살아있는 거의 모든 개체들을 다 조사하였기 때문인 것으로 생각한다. 실제로 뿌리가 비슷한 정도로 감염되어 있는 경우에는 무처리보다 달걀껍질 처리구의 배추들이 지상부 생육이 훨씬 더 좋았다는 사실이 이를 뒷받침한다고 할 수 있다.

처리 이후에 토양의 pH 변화를 보면, 달걀껍질 처리구는 pH가 점점 증가하여 8.0을 넘어 선 반면, 무처리구는 6.9 정도에 머물렀다. 칼슘은 토양 pH를 상승시키고 병원균인 *P. brassicae*의 휴면포자는 활성을 떨어뜨려 무사마귀병 발병을 억제하며(Campbell 등, 1985), pH 8.0 이상에서는 발아할 수 없다는 특성(김 등, 2000b; Myers와 Campbell, 1985) 등을 고려할 때, 달걀껍질 처리구의 뿌리감염은 주로 초기에 국한되지만 무처리구에서는 지속적으로 감염이 일어나기 때문에 병 발생량도 더 많고 정도도 더 심한 것으로 보인다. 실제로 Fig. 2를 보면 정식 25일 후(5월 17일)까지만 해도 뿌리에서의 발병이 많지 않았으나 불과 열흘 뒤에는 상당히 많은 뿌리에 흑이 형성되어 있음을 알 수 있다. 이를 Fig. 3의 토양 pH변화와 비교하면 정식 25일 후부터 처리구별로 토양 pH의 차이가 크게 나타난다는 사실에서도 미루어 짐작할 수 있다. 달걀껍질을 처리하고서 3~4주 정도 지나야 토양의 pH가 8에 이른다는 것을 감안할 때, 배추를 정식하기 직전에 달걀껍질을 처리하는 것보다는 정식 3~4주 전에 처리하는 것이 효과가 더 좋을 것으로 생각한다.

순수한 달걀껍질 처리는 처리 시기에 관계없이 다른 처리에 비하여 배추의 생육증진효과가 가장 컸다(Fig. 1A, Table 1). 특히 가을재배 시험에서는 달걀껍질 처리구의 발병도가 무처리구를 제외하고는 가장 컸음에도 불구하고 지상부의 생육이 가장 좋았는데(Table 1), 현재로서는 그 이유를 설명하는 것이 불가능하다. 그러나 봄재배 시험(Fig. 1A) 및 확인 시험(자료 미제시) 등에서도 달걀껍질 처리구의 배추들은 감염이 됨에도 불구하고 생육은 정상적으로 이루어진다는 사실이 확인되었으므로 위와 같은 현상을 실험상의 오차로 보기는 어려우며, 그 이유를 좀 더 깊이 연구할만한 가치가 있다고 생각한다. 또한, 무사마귀병 저항성 유전자를 가진 CR그린배추는 발병도 1.9에 지상부 생중량은 2,033 g이었던 것에 비해 무사마귀병 방제용 살균제인 흑안나 처리구는 똑같은 발병도에도 불구하고 지상부 생중량은 1,731 g에 불과했다는(Table 1) 것도 매우 흥미로운 결과이다.

칼슘화합물 중에서는 CaCO_3 와 Ca(OH)_2 가 달걀껍질과 버금가는 효과를 보여서 무사마귀병 방제물질로 사용 가능하였으나, 달걀껍질은 산업폐기물로 분류되고 있으며, 매우 저렴한 가격에 구입할 수 있다는 점 등은 달걀껍질이 지니고 있는 또 다른 장점이라고 할 수 있다.

봄 및 가을 재배시험 모두에서 지상부 및 지하부의 생육량은 처리 간에 큰 차이가 있었음에도 불구하고 통계적으로는 유의차가 없었는데, 이는 무처리구와 같이 처리구 내에서의 생육량 변이가 매우 컸던 처리구들이 있었

기 때문이었다.

이상의 결과들을 종합해 볼 때 달걀껍질은 무처리구보다 우수함은 물론, 살균제 혹은 처리구와 비교하여 병 억제 효과는 다소 떨어지지만 생육증진효과는 매우 우수하였으므로 배추 무사마귀병 방제에 효과적으로 사용될 수 있으리라 생각한다.

요 약

무사마귀병이 상습적으로 발생하는 농가포장에 달걀껍질을 토양훈화 처리한 후 배추를 정식하고 10~13일 간격으로 4회에 걸쳐 배추를 수확하여 무사마귀병 발병과 배추생육, 토양 pH 변화 등을 조사한 결과 지상부 생육에 있어서 난막을 제거한 달걀껍질 처리구의 배추들이 시험 중기부터 다른 처리구들에 비하여 빠른 생육을 보였으며, 무사마귀병 발병도도 가장 낮았다. 난막이 있는 달걀껍질 처리구는 무처리 대조구보다는 생육이 좋았으나 난막 없는 달걀껍질 처리구보다는 낮았다. 토양 pH는 처리 3주 이후부터 차이가 커지기 시작하여, 난막 없는 달걀껍질 처리구에서는 8.0 이상으로 상승한 반면 무처리구에서는 6.8 정도에 머물렀다. 달걀껍질과 기타 칼슘화합물의 효과를 비교한 시험에서는 CaCO₃ 처리구의 발병도가 1.7로 가장 낮았고, 무사마귀병 방제용 살균제인 플루셀파마이드 처리구와 무사마귀병 저항성 품종인 CR그린배추의 발병도가 모두 1.9인 반면, 달걀껍질 처리구의 발병도는 2.7로 높은 편이었다. 무처리 대조구의 발병도는 3.4였다. 그러나 배추 생육은 발병도와는 다른 양상을 보여, 달걀껍질 처리구의 배추 생육이 약 2.1 kg으로 가장 좋았던 반면 무사마귀병 저항성 품종인 CR그린배추의 생육은 약 2.0 kg, 무사마귀병 방제용 살균제인 플루셀파마이드 처리구에서는 약 1.7 kg, 그리고 무처리 대조구에서는 약 1.3 kg에 머물렀다. 달걀껍질은 무사마귀병을 크게 억제하지는 못하여도 배추의 생육을 증진시키는 효과는 매우 컸다. 따라서, 배추를 정식하기 전에 토양에 달걀껍질을 훈화한다면 무사마귀병 발생에 관계없이 배추를 재배가 가능할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

- Asano, T., Kageyama, K. and Hyakumachi, M. 1999. Surface disinfections of resting spores of *Plasmodiophora brassicae* used to infect hairy roots of *Brassica* spp. *Phytopathology* 89: 314-319.
- Buczacki, S. T. and White, J. G. 1979. The value of soil sterilants for the control of clubroot on a field scale. *Plant Pathology* 28: 36-39.
- Campbell, R. N., Greathead, A. S., Myers, D. F. and de Boer, G. J. 1985. Factors related to control of clubroot of crucifers in the Salinas Valley of California. *Phytopathology* 75: 665-670.
- Campbell, R. N. and Greathead, A. S. 1989. Control of clubroot of crucifers by liming. pp. 90-99. In: *Management of diseases with macro-and microelements*. Engelhard, A. W. The American Phytopathological Society.
- Dobson, R. L., Gabrielson, R. L., Baker, A. S. and Bennett, L. 1983. Effects of lime particle size and distribution and fertilizer formulation on clubroot disease caused by *Plasmodiophora brassicae*. *Plant Disease* 67: 50-52.
- 함영일, 권민, 김점순, 서효원, 안재훈. 1998. 강원도 고랭지 주요 원예작물의 병해 발생 상황. *한국식물병리학회지* 14: 668-675.
- 김충희, 조원대, 김홍모. 2000. 배추무사마귀병균 휴면포자의 발아 및 생존에 미치는 몇가지 환경요인. *한국농약과학회지* 4: 66-71.
- 김두욱, 오정행. 1997. 배추 무사마귀병의 발생상황과 병원 (*Plasmodiophora brassicae*)의 병원성 및 배추품종의 병저항성. *한국식물병리학회지* 13: 95-99.
- Murakami, H., Tsushima, S. and Shishido, Y. 2000. Soil suppressiveness to clubroot disease of Chinese cabbage caused by *Plasmodiophora brassicae*. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 1637-1642.
- Myers, D. F. and Campbell, R. N. 1985. Lime and the control of clubroot of crucifers: effects of pH, calcium, magnesium, and their interactions. *Phytopathology* 75: 670-673.
- 농촌진흥청. 2001. 십자화과 채소의 뿌리혹병 발생생태 및 방제 대책 연구. 대형공동과제 완결보고서. 111 pp.
- 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법, 토양·식물체·토양미생물, 농업기술연구소 간행. 450 pp.
- Osozawa, S., Iwama, H. and Kubota, T. 1994. Effect of soil aeration on the occurrence of clubroot disease of crucifers. *Soil Sci. Plant Nutr.* 40: 445-455.
- Takahashi, H., Takita, K., Kishimoto, T., Mitsui, T. and Hori, H. 2002. Ca²⁺ is required clubroot resistant turnip cells for transient increases in PAL activity that follow inoculation with *Plasmodiophora brassicae*. *J. Phytopathol.* 150: 529-535.
- 양창술, 김종식. 2002. 토양미생물실험법. 월드사이언스. 453 pp.