

쿠퍼 수화제 살포시 마늘에 미치는 인공산성비의 영향

정봉진* · 이성달 · 명을재 · 김용태 · 김승호

동부한농화학(주) 농업기술연구소

요약 : 본시험은 쿠퍼 77% 수화제 살포에 따른 산성비가 마늘에 미치는 영향을 조사하였다. 인공 산성비만을 마늘에 처리한 결과 경미한 백화 현상이 발생되었고, 잎이 구부러지고 표피세포가 손상을 받았으며 기공이 열려 있었다. 이러한 현상은 인공산성비를 처리한 후 쿠퍼 수화제를 처리할 경우 더욱 심했지만, 마늘 수량 감소에 미치는 영향은 없었다. 마늘에 대한 구리 이온의 영향을 조사하기 위하여 황산구리 희석액을 살포한 결과 구리 이온으로 100 ppm 이상의 농도에서 백화증상이 발생되었다. 쿠퍼 수화제 희석액에 산을 첨가하여 pH를 낮추면 구리 이온의 용출량이 수용해도 이상으로 크게 증가됨을 확인할 수 있었다. 인공산성비가 처리된 후 쿠퍼 수화제를 살포한 마늘잎에서 인공산성비 무처리구에 비해 구리이온의 잔류량이 증가되었다. 인공산성비에 의해 피해를 입은 마늘에 동제를 안전하게 사용하기 위해 탄산칼슘을 쿠퍼 수화제와 혼용하여 살포하면 백화증상을 줄일 수 있었다(2002년 4월 11일 접수, 2002년 9월 30일 수리).

Key words : Simulated acid rain(SAR), copper hydroxide, garlic, chlorosis, calcium carbonate.

서 론

최근 우리나라의 대기환경은 대도시 또는 공업단지 주변의 교통수단의 증가와 산업의 성장발달로 인하여 악화되고 있을 뿐만 아니라 인접국가의 급격한 산업화로 대기오염이 심화되어 산성비의 발생 빈도가 증가되고 있다.

산성비란 대기 중에 방출된 산성물질들이 수증기나 비에 섞여 pH 5.6 이하의 비를 말하며, 자연생태계의 변화를 유발하기도 하지만 농업생산에 있어서도 문제점을 발생시켜 작물의 잎을 황화 시키고 생육을 저해시킬 뿐만 아니라 수형을 변화시키거나 심해지면 고사시키는 것으로 알려져 있다(김 등, 1995). 산성비에 의해서 식물체는 기공의 기능이 손상되고 왁스 층이 파괴되어 건조기에 수분손실이 초래될 뿐만 아니라 잎으로부터 양분이 용탈되고 광합성이나 호흡작용과 같은 대사가 교란되거나 방어조직의 파괴에 따라 내성이 감소된다고 보고 되어있다(이, 1997).

산성비의 원인물질은 주로 이산화황(SO₂)이나 질소산화물(NO_x)로 알려져 있는데 대기강하물을 조사한

결과 음이온 성분 중에서 산성 성분인 NO₂⁻과 SO₄²⁻가 산성비의 pH를 결정하는데 주요한 역할을 하며 산성화에는 SO₄²⁻의 영향이 더 큰 것으로 알려져 있다(김 등, 1996).

쿠퍼 수화제는 Cu(OH)₂ 함량이 77%인 무기동계 살균제로 1977년 토마토 겹동근무늬병에 대한 방제약제로 처음 등록된 후 토마토, 오이, 배추, 감귤, 고추, 마늘, 땅콩, 당근, 딸기 등 다양한 작물에 사용되며, 마늘에서는 잎마름병을 방제하기 위하여 사용되고 있고 그동안 약해 문제는 보고 된 적이 없는 약제이다(농약공업협회, 1999). 최근 1998년에 제주도에서 쿠퍼 수화제를 마늘에 살포한 결과 잎이 백화 되는 이상 증상이 발생되었다는 보고가 있었는데 살포시기 전후의 기상자료를 조사한 결과 pH 4.4-5.5의 산성비가 자주 내린 것으로 나타나 산성비가 쿠퍼 수화제 살포와 마늘의 이상생육 증세에 연계되어 있다고 판단되었다. 따라서 본 연구는 산성비와 무기동계 살균제인 쿠퍼 수화제의 상호 작용을 구명하고자 인공산성비가 마늘의 생육에 미치는 영향, 인공산성비 처리 후 쿠퍼 수화제를 살포했을 때 마늘 생육에 미치는 영향을 시험하였다. 또한 쿠퍼수화제 살포후 구리 이온 농도와 pH 변화에 따르는 쿠퍼 수화제의 구리 이온 용출

*연락저자

량을 측정하였다. 인공산성비 처리 후 쿠퍼 수화제를 살포한 뒤 다시 산성비가 내렸을 때 나타날 수 있는 이상생육과 탄산칼슘 혼용살포에 의한 이상 생육의 경감효과에 대해 확인하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험약제

본 실험에 사용된 쿠퍼 수화제는(copper hydroxide 77% wettable powder) 동부정밀화학 제품(제조번호 9802-1)을 사용하였다. 산성용액 제조에 사용한 황산은 Junsei 제품(95%)으로, 질산은 대정화금 제품(60%)을 사용하였다. 황산구리($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)는 관동화학 제품을, 탄산칼슘은 화광순약 제품을 각각 희석 살포용으로 사용하였다.

인공 산성비 조제 및 살포

산성비는 황산 또는 황산과 질산(당량비 2:1)을 지하수로 희석하여 pH 4.5로 되게 만들어 사용하였다. 산성비 처리는 동력분무기(대동기계, 한국)를 이용하여 10-12 엽기 마늘밭(농가 포장)에 5일간 연속적으로 매일 30 mm($3 \ell/m^2$)의 강우량으로 마늘밭에 살포하였다.

인공산성비가 마늘의 생육에 미치는 영향

마늘의 생육에 미치는 산성비의 영향을 조사하기 위하여 제주도에서 쿠퍼 수화제 살포시기에 내렸던 산성비 중에서 제일 낮았던 pH 4.5를 기준하여 황산과 질산으로 인공산성비를 조제하여 살포하였다. 살포 10일 후 마늘잎의 외관상 변화를 육안으로 관찰하고 마늘잎을 채취하여 주사전자현미경(SX40-A, Akashi beam technology cooperation, 일본)으로 검경하였다.

산성비의 원인물질로 알려져 있는 황산이온(SO_4^{2-}) (김 등, 1996)이 마늘잎에 흡수된 양을 측정하기 위해 인공산성비 처리 후 처리구와 무처리구의 마늘잎을 채취하여 유도결합 플라즈마 발광분석기(ICPS-7500, Shimadzu, 일본)를 이용하여 잔류량을 조사하였다.

인공산성비 처리 후 쿠퍼 수화제 살포에 의한 마늘 생육 영향

인공산성비의 조성 성분과 마늘의 품종 그리고 인공산성비 살포 후 쿠퍼 수화제를 살포했을 경우 나타

나는 경시적인 피해 정도를 파악하고자 우선 황산 또는 황산+질산으로 조제한 인공산성비 용액을 마늘에 살포한 후 1, 5, 10, 15, 30일에 각각 쿠퍼 수화제를 지하수(pH 7.5~7.7)를 이용하여 500배로 희석하여 살포하였다. 쿠퍼 수화제 살포 10일 후 경엽의 백화증상 발생 면적율을 조사하였고 수확 후에 15개체 인경에 대해 3반복으로 생체중을 조사하였다.

마늘의 생육에 미치는 구리 이온의 농도

쿠퍼 수화제에서 용출되어 나오는 구리 이온이 마늘에 미치는 영향을 조사하고자 황산구리를 이용하여 구리 이온농도 0, 40, 80, 100, 200, 300 ppm 용액을 조제하여 각각 마늘에 살포하였다. 황산구리 수용액 살포 10 일 후에 잎에 대하여 백화증상을 발생 면적율로 조사하였고 수확 후에 15 개체의 인경에 대하여 3반복으로 생체중을 조사하였다.

인공산성비 처리 후 쿠퍼 수화제 살포시 마늘잎 중의 구리 잔류량

산성비의 피해를 받은 마늘에 쿠퍼 수화제를 처리할 경우 흡수된 구리 잔류량 분석을 위해 황산으로 조제된 인공산성비를 매일 30 mm씩 5일간 처리한 후 1, 5, 10, 20일에 쿠퍼 수화제를 살포한 마늘잎과 인공산성비를 처리하지 않고 쿠퍼 수화제만 상기 처리일에 살포한 마늘잎을 약제처리 5 일 후에 채취하였다. 채취한 마늘잎을 흐르는 물에 표면을 가볍게 씻은 후 80℃에서 10 시간 동안 건조시킨 후 마늘잎 중의 구리 잔류량을 ICP(ICPS-7500, Simadzu, Japan)를 이용하여 4반복으로 조사하였다.

산 첨가에 의한 쿠퍼 수화제 수용액중 pH와 구리이온의 용출량 변화

쿠퍼 수화제가 살포된 후에 내리는 산성비에 의해 용출되는 구리 이온의 양을 조사하기 위하여 쿠퍼 수화제 0.2 g씩 평량하여 250 ml 플라스크에 각각 취하고 pH 7.5~7.7인 지하수 100 ml을 첨가하여 가볍게 흔들어 조제한 희석액에 5% 황산 수용액을 0.2 ml씩 첨가하고 20초 동안 가볍게 흔들어준 후 희석액의 pH를 1분 이내에 측정하고 magnetic stirrer를 이용하여 5 분간 교반한 후 pH를 다시 측정하였다. pH를 측정된 시료는 membrane filter(0.2 μm , Milipore, USA)를 이용하여 감압여과한 후 ICP로 용해된 구리

이온의 양을 4반복 분석하였다. 구리 이온의 검량곡선은 구리시약(Yukuri, 일본)으로 구리 이온 1000 ppm 표준용액을 조제한 후 0.3, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0, 10.0, 20.0, 40.0 ppm으로 희석한 후 ICP로 분석하여 작성하였다.

인공산성비 처리 후 쿠퍼 수화제가 처리된 마늘에 다시 처리된 인공산성비의 영향

산성비가 내린 후 쿠퍼 수화제가 살포되고 이후에 다시 내리는 산성비의 영향을 조사하고자 황산과 질산으로 조제한 인공산성비 처리하였고 10일 후에 쿠퍼 수화제를 살포하였으며 살포 1일 후에 인공산성비 용액을 다시 1회 더 살포하였다. 쿠퍼 수화제 살포 10 일 후에 백화증상 발생 면적율을 조사하였고 수확 후에 15개체의 인경에 대하여 3반복으로 생체중을 조사하였다.

쿠퍼 수화제와 탄산칼슘 혼용에 의한 백화증상 경감 효과

쿠퍼 수화제를 희석할 때 pH 증가제로 사용하는 탄산칼슘을 혼용하여 인공산성비 pH를 높여 산성조건에서 발생될 수 있는 이상 생육을 경감할 수 있는지 조사하였다. 황산과 질산으로 조제한 인공산성비 용액을 처리하고 5일 후 200배액의 탄산칼슘(CaCO₃)과 500 배액의 쿠퍼 수화제를 살포하였다. 살포 10일 후 마늘의 백화증상 발생 면적율을 조사하였고 수확 후에 15개체 인경에 대해 3반복으로 생체중을 조사하였다.

결과 및 고찰

인공산성비가 마늘의 생육에 미치는 영향

인공산성비를 하루 30 mm 강우량으로 5일간 살포하고 살포 10일 후 마늘잎의 외형을 관찰한 결과 마늘잎이 처지면서 구부러지는 증상을 보였으며 백화증상이 나타났다(그림 1). 마늘잎 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 열려져 있는 기공이 많았으며, 표피세포들이 심하게 주름져 있었다(그림 2). 이는 산성비에 의해 마늘잎의 기공과 표피세포가 피해를 받아 물리적인 손상이 나타난 결과로 판단되었다. 이러한 결과는 색비름 유식물에 인공산성비를 살포했을 경우 pH3.0 이하에서 잎에 괴사 반점이 생기고 옆

표면의 형태에 영향을 준다는 김 등(1994)의 결과와 김 등(1988)은 몇 가지 농작물에 산성비를 처리한 결과 식물의 엽록소가 4.8 ~ 27.6% 정도 감소되었다고 한 결과와 비슷하였다.

인공산성비 살포 후 쿠퍼 수화제 살포에 의한 마늘 생육 영향

품종이 다른 마늘에 황산 단독 또는 황산과 질산으로 조제한 인공산성비를 5일간 처리하고 처리 후 1, 5, 10, 15, 30일차에 쿠퍼 수화제 용액을 처리했을 때 발생하는 이상 증세를 조사한 결과, 처리 1일차에서 15일차에 백화 증세가 심하게 나타났고 30일차는 나타나지 않았다. 그 정도는 인공산성비 살포 5일 또는 10일 후에 쿠퍼 수화제를 처리한 구에서 백화증상이 가장 심하게 나타났으며 황산 단독으로 조제한 인공산성비가 황산과 질산으로 조제한 인공산성비보다 피해를 더 주었다(표 1).

이 결과는 마늘 재배농가가 산성비가 내렸을 경우 무기 동제인 쿠퍼 수화제 살포에 의한 이상 생육 현상을 회피하기 위해서 산성비가 온 다음 15 일 이후에 살포하는 방법이 효과적이라는 것을 나타내며, 황산만으로 조제한 인공산성비가 피해를 더 준 것은 산성비의 pH를 결정하는 주성분이 황산이온이라는 보고(김 등, 1996)로 미루어 보아 황산이온 많을수록 마늘체내에 황산이온이 많이 축적되고 황산이온(SO₄²⁻)에 의해 pH가 낮아지고 이때 쿠퍼 수화제의 유효성분 Cu(OH)₂ 중 구리 이온의 가용화가 쉽게 일어나 마늘체내에 쉽게 흡수, 축적되어 피해를 줄 수 있을 것으로 사료되었다. 그래서 실제로 마늘잎에서 황산이온(SO₄²⁻)의 잔류량을 ICP로 분석한 결과(성적 미발표) 처리구 전체 평균 0.9647 mg/g으로 무처리 0.0573 mg/g에 비하여 황산이온이 더 축적된 결과를 보여 이들 결과를 뒷받침해 주고 있다.

이들 피해가 수량에 미치는 영향을 알기 위하여 조사한 결과, 인공산성비 처리 후 쿠퍼 수화제의 처리에 의한 마늘의 이상생육은 수량 감소까지 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있었다(표 2). 이는 인공산성비에 의한 수량감소는 pH 2.3 ~ 3.0의 강산성비에서 배추, 무(이 등, 1996), 콩(이 등, 1994)등에 보고된 바 있으나 본 시험에서 사용된 인공산성비는 pH 4.5로 마늘의 생육에는 조금 피해가 있었으나 수량 감소까지의 직접적인 영향을 주지 않았다고 판단되었다.

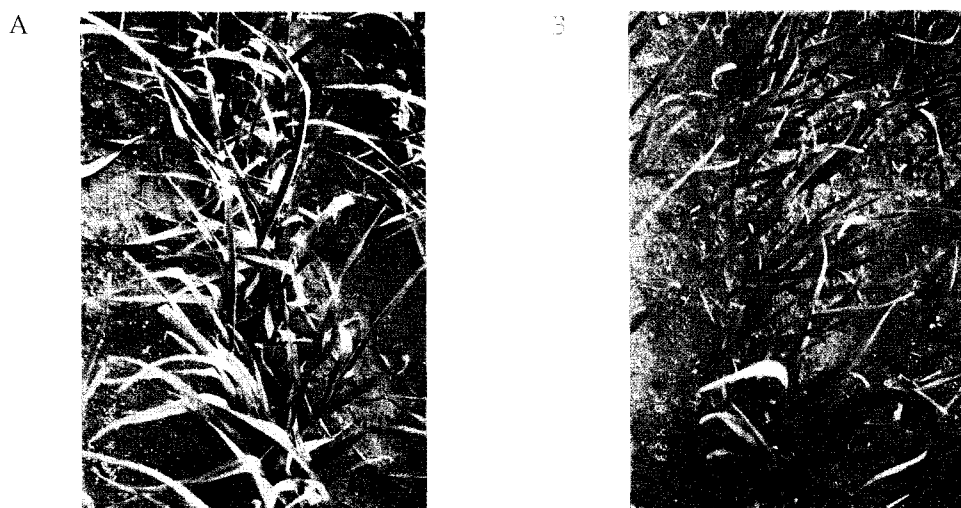


Fig 1. Pictures showing the injury symptoms treated with simulated acid rain (A) and untreated control (B) on garlic.

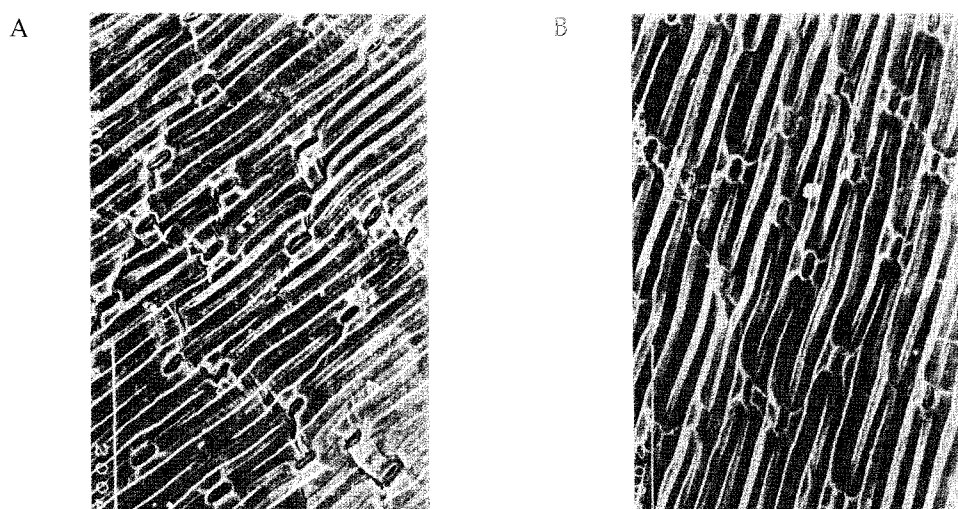


Fig. 2. Comparison of healthy and injured leaf surface and epidermal cell treated with simulated acid rain (A) and untreated control (B) by Scanning Electron Microscope (SEM).

Table 1. Effect of two kinds of simulated acid rain in spraying copper hydroxide on leaf injury of galic

Acid solution	Variety of garlic	Chlorosis area of leaves(%) ^{a)}					Control ^{c)}
		Application time ^{b)}					
		1	5	10	15	30	
H ₂ SO ₄ solution	Seosan	1.2	2.7	5.1	3.1	0.0	0.3
	Namdomanul	2.1	3.5	4.7	1.8	0.0	0.4
H ₂ SO ₄ +HNO ₃ solution	Seosan	0.9	2.5	1.3	1.0	0.0	0.1
	Namdomanul	1.9	3.3	3.2	1.2	0.0	0.2

^{a)}Data were evaluated at 10 days after spraying copper hydroxide.

^{b)}Each different application days of copper hydroxide solution after spraying simulated acid rain.

^{c)}Spraying with simulated acid rain only.

Table 2. Effect of two kinds of simulated acid rain in spraying copper hydroxide on yield of garlic (variety : Seosan)

Simulated acid rain	Yield (g/15 bulbs) ^{a)}					
	Application time ^{b)}				Control	
	1	5	10	15	C ₁ ^{c)}	C ₂ ^{d)}
H ₂ SO ₄ solution	700 ^{a)}	690 ^{a)}	697 ^{a)}	702 ^{a)}	693 ^{a)}	695 ^{a)}
H ₂ SO ₄ +HNO ₃ solution	700 ^{a)}	703 ^{a)}	693 ^{a)}	698 ^{a)}	702 ^{a)}	695 ^{a)}

^{a)}Values with the same letters indicate insignificantly different (P=0.05) according to Duncan's new multiple range test.

^{b)}Each different application days of copper hydroxide solution after spraying simulated acid rain.

^{c)}Spraying with simulated acid rain only.

^{d)}Spraying with copper hydroxide (500X solution) only.

마늘의 이상생육에 미치는 구리 이온 농도

구리 이온의 농도에 따라 마늘잎의 이상생육에 미치는 영향을 알고자 황산구리 용액을 구리 이온으로 계산하여 0, 40, 80, 100, 200, 300 ppm의 여러 농도 별로 조제하여 마늘에 처리하여 조사하였다. 구리 이온의 농도가 100 ppm에서부터 마늘잎의 백화증상이 발생되었고, 농도가 높아지면 엽맥을 따라서 길게 백화증상이 심하게 나타났으며 잎도 처지는 증상을 보였다. 또한 마늘의 수량을 조사한 결과, 고농도인 400 ppm으로 살포시 수량이 유의하게 감소되는 것으로 조사되었다(표 3). 이 결과를 볼 때 100 ppm 이상의 구리 이온이 마늘에 살포되면 구리이온의 흡수가 많아져 백화증상을 유발할 수 있으며 고농도일 경우에는 수량까지도 영향을 주는 것으로 판단되었다.

Table 3. Effects of copper ion on chlorosis of leaves and yield of garlic

Copper ion (ppm)	Chlorosis area of leaves ^{a)} (%)	Yield ^{b)} (g/15 bulbs)
0	0.0	705 a
40	0.0	692 ab
80	0.1	703 a
100	10.0	698 ab
200	40.0	688 ab
300	60.0	680 b

^{a)}Data were evaluated at 10 days after spraying copper hydroxide.

^{b)}The values were measured by 15 bulbs of garlic (Seosan variety). Values with the same letters indicate insignificantly different (P=0.05) according to Duncan's new multiple range test.

인공산성비 처리 후 쿠퍼 수화제 살포시 마늘잎 중 구리 잔류량

산성비의 피해를 받은 마늘에 쿠퍼 수화제를 처리할 경우 흡수된 구리 잔류량 분석을 위해 황산으로 조제된 pH 4.5의 인공산성비를 5일간 처리한 후 쿠퍼 수화제를 1, 5, 10, 15, 20일후 살포한 마늘잎과 인공산성비를 처리하지 않고 쿠퍼 수화제만 살포한 마늘잎을 약제처리 10후에 채취하여 분석하였다.

인공산성비 처리 1일 후 쿠퍼 수화제가 살포된 마늘잎 내부의 구리 함량은 87.2 ppm, 5일 후처리된 마늘에서는 126.3 ppm으로 크게 증가한 반면 인공산성비가 처리되지 않고 쿠퍼 수화제 용액만 살포된 마늘잎의 구리 함량이 1일차 34.0 ppm에서 5일차 50.2 ppm에 비하여 1.8내지 3.1배로 증가되었다.

인공산성비 처리 5일 후 쿠퍼 수화제 5일차 처리에서 구리 이온의 잔류량이 제일 높았으며, 이는 인공산성비가 처리되지 않고 쿠퍼 수화제만 처리한 시험구보다 두배 이상의 구리 이온이 잔류되는 것으로 나타났다(표 4).

이 결과는 산성비로 인해 잎 표면의 털이 상하고 왁스질이 녹아내리며 표피가 연약해져서 빗물이 쉽게 스며들고 수축과 팽창이 연속적으로 일어난다고 한 보고를 고려해 볼 때(Adams 등 1984, Paparozzi 등 1983) 산성비에 의해 마늘잎 표면의 왁스질이 상하여 쿠퍼수화제 처리 시 흡수가 쉽게 되고 이로 인해 구리 이온의 흡수가 증가되었고, 산성비가 마늘잎의 표면 또는 내부의 pH를 낮추어 쿠퍼 수화제의 구리 이온이 많이 용출되도록 조장하여 구리의 잔류량이 많아지도록 한 것으로 판단된다.

Table 4. Amount of copper ion in garlic leaves treated with copper hydroxide after spraying simulated acid rain and copper hydroxide only

Treatments	Copper residue in garlic leaves (ppm) ^{a)}					
	Application time ^{b)}					
	1	5	10	15	20	
Copper hydroxide	With Acid rain	87.2	126.3	104.2	93.7	103.6
	Without acid rain	45.5	50.2	34.0	52.7	59.1

^{a)}Copper residue was 1.5 ppm in untreated control.

^{b)}Each different application days of copper hydroxide solution after spraying simulated acid rain.

산 첨가에 의한 쿠퍼 수화제 수용액중 pH와 구리 이온 용출량 변화

또한 마늘에 쿠퍼 수화제가 살포된 후에 산성비가 내렸을 때 구리 이온의 용출정도를 시험하기 위해 쿠퍼 수화제 500배 희석액에 인공산성비의 성분인 황산 5% 수용액을 첨가하면서 pH의 변화에 따른 구리 이온 용출량을 조사한 결과, 산의 첨가에 의해 pH가 낮아질수록 구리의 용출량은 증가되었고 pH 5.5 이하에서 구리 이온의 용출량이 급격히 증가하기 시작하였다(그림 3). 이는 쿠퍼 수화제가 살포된 후에 pH 5.5 이하의 산성비가 내리면 쿠퍼 수화제로부터 구리 이온의 용출이 많아져서 마늘의 이상생육을 더욱 조장시킬 것으로 판단되었다.

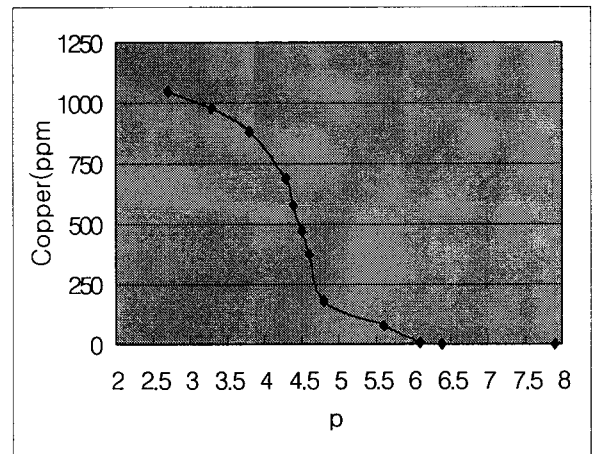


Fig 3. Solubility of copper ions in copper hydroxide added with varying levels of acid solution.

인공산성비 살포 후 쿠퍼 수화제가 살포된 마늘에 다시 처리된 인공산성비의 영향

실제로 마늘 포장에서 황산 단독 또는 황산과 질산으로 조제된 인공산성비를 5일간 처리한 후에 쿠퍼 수화제를 살포하고 다시 인공산성비를 처리하여 그 피해 정도를 확인한 결과, 쿠퍼 수화제 살포 후에 내

리는 산성비에 의해서 백화증상이 더 심해질 수 있다는 것을 확인할 수 있었으며 황산과 질산으로 조제된 인공산성비보다 황산으로 조제된 인공산성비의 영향이 더 컸다. 그러나 이런 피해는 마늘의 수량에는 영향을 주지 않았다(표 5).

Table 5. Effects of additional treatment of simulated acid rain after spraying copper hydroxide on leaf injury and growth of garlic (variety ; Seosan)

Treatment	Chlorosis area of leaves (%) ^{a)}		Yield (g/ 15bulbs) ^{b)}	
	H ₂ SO ₄ solution	H ₂ SO ₄ +HNO ₃ solution	H ₂ SO ₄ solution	H ₂ SO ₄ +HNO ₃ solution
Additional simulated acid rain	5.5	2.5	697 a	693 a
No additional simulated acid rain	5.1	1.3	702 a	698 a

^{a)}Copper hydroxide was sprayed at 10 days after simulated acid rain and retreated simulated acid rain one days after spraying copper hydroxide.

^{b)}Data were evaluated at 10 days after spraying copper hydroxide. Values with the same letters indicate insignificantly different (P=0.05) according to Duncan's new multiple range test.

Table 6. Yield and injury of garlic treated with copper hydroxide and calcium carbonate together after spraying simulated acid rain

	Chlorosis area of leaves (%) ^{a)}		Yield (g/15 bulbs) ^{b)}	
	Seosan	Namdomanul	Seosan	Namdomanul
Copper hydroxide WP and CaCO ₃	0.5	0.3	697a	538a
Copper hydroxide WP only	2.5	2.5	690a	548a
Untreated control	0.0	0.0	702a	540a

^{a)}Data were evaluated at 10 days after spraying copper hydroxide.

^{b)}The values with the same letters indicate insignificantly different (P=0.05) according to Duncan's new multiple range test.

이는 산성비에 의해 왁스층 파괴 등의 물리적 손상에 의해 표면이 피해를 입어 마늘잎이 처지고 기공이 많이 열린 상태에서 쿠퍼 수화제가 살포된 후 다시 산성비가 내리면 구리 이온의 용출이 보다 증가되고, 따라서 구리이온의 축적량이 더욱 많아져 구리 이온에 의한 백화 현상이 조장되었을 것으로 판단된다.

인공산성비 처리후 쿠퍼 수화제와 탄산칼슘 혼용에 의한 백화증상 경감효과

산성비 피해를 입은 마늘에 무기 동제를 사용할 경우 피해를 줄일 수 있는 효과적인 방법을 파악하기 위해 pH 증가제로 사용되는 탄산칼슘을 혼용 살포하였다. 인공산성비 처리 5일 후에 쿠퍼 수화제 500배액에 탄산칼슘을 200배로 혼용하여 살포한 결과, 쿠퍼 수화제 단독 처리한 것 보다 백화증상의 발생 정도가 크게 완화되는 것을 확인하였다(표 6). 따라서 산성비가 내린 후 무기 동제를 살포할 때 탄산칼슘을 혼용하면 탄산칼슘의 중화작용으로 구리 이온의 용출을 줄여 그 피해를 경감할 수 있는 방법으로 판단되었다.

인용문헌

Adams, C. M. and T. C. Hutchinson (1984) A - Comparison of the ability of leaf surfaces of three species to neutralize acidic rain drops. *New Phytol.* 97:463~478.
 Paparozzi, E. T. and H. B. Tukey, Jr (1983)

Developmental and anatomical changes in leaves of yellow birch and red kidney bean exposed to stimulated acid precipitation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108(6):890~898.

농약공업협회 (1999) 쿠퍼 수화제 쿠퍼 하이드록사이드 입상수화제. 99농약사용지침서 p.173.

김명란, 소용영 (1995) 은행나무와 곰솔에 처리된 인공산성비에 의한 잎의 형태변화. *한국식물학회지* 38(1):79~85.

김복영, 김규식 (1988) 농작물에 대한 인공산성비의 영향. *한국토양비료학회지* 21(2):161~167.

김병수, 차상덕, 박광섭, 박재윤, 서상욱, 이창일, 김옥순, 권오일 (1996) 구미·영천지역에 있어서의 산성비에 관한 조사 연구 (III). *보건환경연구원보* 1995 8:76~87.

김정숙, 이재석 (1994) 인공산성비 처리가 색비름 (*Amaranthus tricolor* L.) 유식물의 생장, 색소 및 엽 표면형태에 미치는 영향. *한국환경농학회지* 13(2):175~182.

이석형, 김태주, 김복진 (1994) 벼, 콩, 고추의 생육시기별 인공 산성비에 대한 내성. *한국작물학회지* 39(6):548~555.

이석형, 홍승범, 김복진 (1996) 인공산성비 처리량에 따른 배추와 무의 생육과 토양화학성. *한국환경농학회지* 15(2):217~222.

이종식 (1997) 산성비가 식생에 미치는 영향. *농업과학기술원 발표자료 모음집* pp.35~70.

Effects of simulated acid rain on garlic in spraying copper hydroxide solution

Bong-Jin Chung, Seong-Dal Lee, Eul-Jae Myung, Yong-Tae Kim, Seung-Ho Kim(Agricultural Technology Research Institute, DongBu Hannong Chemical Co., Botong-ri, Jeongnam-myun, Hwasung-gun, Kyungki-do, 445-960, Republic of Korea.)

Abstract : This experiment was conducted to investigate the effects of acid rain in spraying copper hydroxide 77% wettable power(WP) on leaf surface morphology and crop injury of the garlic(*Allium sativum* L.). Leaf chlorosis, hooked leaves, wrinkled epidermal cells and increased stomata open of garlic were induced by foliar application of simulated acid rain(SAR). It was become to be severe in application of copper hydroxide solution after application of SAR, but those yield of garlic was not significantly different from the untreated control. Leaf chlorosis was sharply increased above 100 ppm of copper ions. Amount of solvated copper ions in copper hydroxide solution was remarkably increased below pH 5.5 and the residue in garlic leaves was significantly increased by application of copper hydroxide solution after spraying SAR compared with application of copper hydroxide solution only. When calcium carbonate was applied together with copper hydroxide leaf chlorosis was less than copper hydroxide only.

*Corresponding author (Fax : +82-031-354-6820, E-mail : chungbj@dongbuchem.com)