

## 휴믹산 농도가 유기농 고추의 생육 및 수량에 미치는 영향

김민정, 심창기<sup>†</sup>, 김용기, 박종호, 한은정, 고병구

농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과

### Effect of the Concentration of Humic Acid on Growth and Yield of Organically Cultivated Hot-Pepper

Min-Jeong Kim, Chang-Ki Shim<sup>†</sup>, Yong-Ki Kim, Jong-Ho Park, Eun-Jung Han, Byong-Gu Ko

Organic Agricultural Division, National Academy of Agricultural Science,  
Rural Development Administration

(Received: Feb. 21, 2017 / Revised: Mar. 7, 2017 / Accepted: Mar. 8, 2017)

**ABSTRACT:** The purpose of this study was to investigate the effect of humic acid on the germination, the growth and the yield of hot pepper when treated with organic hot pepper seedlings and growing season. The germination rate of 0.05% and 0.1% humic acid was higher than that of untreated, but the germination rates of 0.4% and 1.0% humic acid were 90.0% and 86.7%, respectively, compared with the control treatment (96.7%). At 30 days after transplanting, hot pepper treated with low (0.05%) or high (1.0%) concentration of humic acid decreased the growth of hot pepper seedlings, whereas 0.2% humic acid treatment significantly increased a average height (97.6 cm), leaf number (84.7) and fresh weight (128.1 g plant<sup>-1</sup>) of hot pepper. After 60 days of treatment with humic acid, the height of hot pepper was significantly longer in 0.2% humic acid. The mean green fruit number of 0.2%, 0.1% and 0.05% humic acid were not significantly different among the treatments, but the mean green pepper number of 0.4% and 1.0% humic acid treatments were the higher with 35.2% and 29.1%, respectively than other treatments. However, the fresh weight of green pepper was found to be 111.5 g plant<sup>-1</sup> more heavier than the untreated in 0.2% humic acid. The total (5.8 kg plant<sup>-1</sup>) and average (1.4 kg plant<sup>-1</sup>) fresh weight of pepper were higher than that of untreated control, except for the 1.0% humic acid treatment after 60 days of soil irrigation. The total weight of hot pepper treated with 0.2% and 0.1% humic acid treatment was 9.3 kg plant<sup>-1</sup> and 8.6 kg plant<sup>-1</sup>, respectively, which were heavier than the other treatments. The effect of humic acid concentrations on soil microbial populations, pH and EC was investigated. The soil bacterial population density of 0.2% humic acid treatment was 3.5 times higher than that of untreated control soil. As the concentration of humic acid increased from 0.05% to 1.0%, pH and EC of hot pepper grown soil also increased.

**Keywords:** humic acid, hot pepper, height, fresh weight, soil pH and EC

**초 록:** 본 연구의 목적은 휴믹산을 농도별로 유기농 고추 유묘기와 생육기에 처리하였을 때, 고추의 발아, 생육, 수량에 미치는 영향을 검정하고자 하였다. 0.05%와 0.1% 휴믹산을 상토에 처리하였더니 무처리보다 고추

<sup>†</sup> Corresponding Author (e-mail: ckshim@korea.kr)

발아율이 높았으나 0.4%와 1.0% 휴믹산의 발아율은 각각 90.0%와 86.7%로 96.7%의 무처리보다 낮았다. 고추 유묘 정식 30일 후, 휴믹산을 0.05%나 1.0%는 무처리에 비해 생육이 감소하였으나 0.2% 휴믹산을 처리한 고추의 평균 초장(97.6 cm), 엽수(84.7개) 및 생체중(128.1 g plant<sup>-1</sup>)이 유의적으로 증가하였다. 휴믹산 토양관주 처리 60일 후, 0.2% 휴믹산 처리구의 고추 초장이 유의적으로 가장 길었다. 0.2%, 0.1%, 0.05% 휴믹산 처리구의 평균 청과수는 처리 간에 유의적인 차이가 없었으나 0.4%와 1.0% 휴믹산 처리구의 평균 청과수가 각각 35.2개와 29.1개로 가장 많았다. 그러나 풋고추의 생체중은 0.2% 휴믹산 처리구가 무처리에 비해 평균 111.5 g plant<sup>-1</sup> 더 무거운 것으로 나타났다. 휴믹산 농도별 토양관주 60일 후, 1.0% 휴믹산 처리구를 제외하고 무처리에 비해 고추의 총무게(5.8 kg plant<sup>-1</sup>)와 평균 무게(1.4 kg plant<sup>-1</sup>)가 높은 것으로 나타났으며 0.2%와 0.1% 휴믹산 처리구의 고추 총무게가 각각 9.3 kg plant<sup>-1</sup>과 8.6 kg plant<sup>-1</sup>로 다른 처리농도에 비해 많았다. 휴믹산 토양관주 처리에 따른 토양의 세균, pH 및 EC에 미치는 영향을 조사하였더니, 0.2% 휴믹산에서 토양의 세균 밀도가 무처리구에 비해 3.5배 더 높게 나타났다. 휴믹산의 농도가 0.05%에서 1.0%로 증가함에 따라 고추재배 토양의 pH와 EC도 증가하는 것으로 나타났다.

주제어: 휴믹산, 고추, 초장, 생체중, 토양 pH와 EC

## 1. 서론

고추는 중요한 양념채소로 재배면적이 53천 ha에서 연간 117천톤이 생산되고 있는데, 시설 고추는 같은 장소에서 동일한 비료와 퇴비 및 유기자재의 과도한 투입으로 토양의 양분 불균형이 초래되고 있다.<sup>1)</sup> 특히 고추 유기재배농가는 2009년 현재 941농가이고 재배면적은 2,259 ha에서 약 3,878톤 정도 생산이 예상되고 있으나 고추 유기재배에 대한 연구는 미흡한 실정이다.<sup>2)</sup>

토양과 지하수에서 발견되는 대표적인 용존 유기물(dissolved organic mater)인 휴믹물질(humic substances)은 동물과 식물의 구성요소들의 분해과정에서 미생물의 작용으로 생성되는 고분자물질이다.<sup>3)</sup> 휴믹물질은 주로 카르복실기(-COOH)와 수산화기(-OH) 등의 산성 작용기를 가진 다전해질성(polyelectrolyte) 물질로서, 일반적으로 산도(acidity)는 2~10 meq g<sup>-1</sup>를 가진다.<sup>3)</sup> 휴믹물질은 다양한 천연 유기물들의 불균질 혼합체로서 수용액 상태에서의 pH에 따른 용해도 차이에 의해 휴믹산(humic acid), 풀빅산(fulvic acid) 및 휴민(humin) 등으로 구분된다.<sup>3)</sup> 휴믹물질의 특성은 토양이 형성된 지역의 식생, 기후, 지질 특성이나 토양층의 깊이 등에 따라 매우 다양한 조성과 물리·화학적 특성을 지닌다.<sup>3),4)</sup>

휴믹물질은 토양 층의 형성에 중요한 역할을 하며 A, B 층 및 C 층에까지 널리 분포하는 것으로 알려져 있다. 특히 이탄층은 유기물이 집적된 층으로 배수가 불량한 습지에서 수생식물의 잔여물들이 미분해 상태로 두껍게 퇴적된 토지로서 다량의 휴믹물질을 함유하고 있어 캐나다 등지에서는 중요한 휴믹물질 추출자원이 되고 있다.<sup>5)</sup> 토양내 휴믹물질은 토양에 존재하는 총 유기탄소(Total organic carbon)의 70% 이상을 차지하면서 탄소저장장소로서 역할을 하는 것으로 알려져 있다.<sup>3),5)</sup> 피트모스로부터 추출·분리한 휴민, 휴믹산 및 풀빅산의 상대분포량은 총유기물함량을 기준으로 각각 76%, 18%, 3%인 것으로 보고되었다.<sup>6)</sup>

휴믹물질은 토양 점토질의 강한 결합으로 인해 순수한 휴믹물질을 분리하는데 있어서 어려움과 기존 연구가 주로 오염물질의 제거에 강조를 두고 있어 국내에선 휴믹물질의 농업적 이용에 관한 연구가 매우 미미한 실정이다. 밀,<sup>7),8)</sup> 해바라기,<sup>9)</sup> 옥수수,<sup>8),10),11)</sup> 면화,<sup>7)</sup> 양상추와 토마토,<sup>12),13)</sup> 벼<sup>11)</sup>와 콩,<sup>14)</sup> ryegrass,<sup>15)</sup>와 같은 농업 작물 및 소나무와 가문비나무<sup>16)-18)</sup>와 같은 조경수<sup>19),20)</sup>에 휴믹산이 종자의 발아율, 뿌리 발생 및 육묘 성장 및 발달에 대한 유의한 효과를 보이는 것으로 보고되었다. 또한 휴믹물질이 옥수수, 귀리, 담배 뿌리, 콩, 땅콩 및 클로버, 치커리, 열대작물의 수확량을 증가시키는

것으로 보고 되었다.<sup>21)</sup> 토양중의 지렁이와 미생물의 작용에 의해 식물생장조절제로 역할을 할 수 있는 식물성 호르몬과 휴믹산을 다량 생성하며, 지렁이 분변토로부터 추출한 휴믹산을 메리골드, 고추 및 딸기에 처리하였더니 메리골드, 고추 및 딸기의 생육이 유의적으로 증가하는 것으로 보고되었다.<sup>22)</sup>

본 연구에서는 민간에서 유기농자재로 많이 사용하고 있으나 그 효능이나 특성에 대해서 잘 알려지지 않은 휴믹산과 풀빅산을 고추 육묘에서부터 생육기까지 처리하였을 때 고추의 생육과 수량에 미치는 영향을 조사하여 휴믹물질의 유기농업적 활용 연구에 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 휴믹산 농도별 상토 및 본밭 처리

시험에 사용한 순도 70% 수용성 휴믹산(Humic acid X, Shenzhou Humate Biotech Co., LTD, Tianjin, China)을 구입하여 물에 농도(0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.4%, 1.0% (v/v))별로 희석하여 사용하였다. 휴믹산 희석용액의 pH와 EC범위는 Table 1과 같으며 pH의 범위는 5.15~5.92로 나타났으며 EC는 2.75~240.2로 나타났다. 휴믹산 희석용액을 상토에 처리시 각 농도별로 육묘트레이를 휴믹산 희석액에 5분간 침지하여 처리하였으며, 고추 정식 후 30일 간격으로 4회에 걸쳐 토양에 관주 처리하였으며 처리량은 고추 한주 당 30 mL 씩 분주하였다.

Table 1. pH and EC of diluted humic acid solution

Concentration of humic acid (%)	pH	EC(mS/cm)
100	5.15±0.01	240.2±0.12
1	5.38±0.02	4.94±0.22
0.4	5.44±0.02	3.48±0.12
0.2	5.49±0.02	2.95±0.15
0.1	5.60±0.01	2.87±0.22
0.05	5.92±0.02	2.75±0.12

Data are expressed as mean±SD of triplicate experiments. Means in the same column with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ).

### 2.2. 고추종자 파종 및 육묘

시험에 사용한 고추 품종은 본 실험실에서 실내 및 농가포장시험을 통해 유기농 적합 고추 품종 중의 하나로 선발한 극조생종이며, 역병과 바이러스 저항성 품종인 역강홍장군 고추(신젠타종묘, 한국)를 종자회사에서 구입하여 사용하였다. 2016년 2월 20일경 고추종자를 72공 육묘포터에 파종 전 휴믹산 원액(Canadian HNC, 캐나다)을 0.05%, 0.1%, 0.2%, 0.4%, 1.0%로 희석하여 (주) 서울바이오의 원예용 바로커 상토(코코피트 40%, 피트모스 30%, 펄라이트, 버미큘라이트, 제올라이트는 각각 10%로 조성)에 5분간 침지 처리하였다. 고추종자 파종 후, 4월 10일경 본엽이 4~5매 정도 되었을 때 50공 육묘포터에 이식하여 발근을 촉진하였으며, 육묘시 생육단계를 나누어 4회에 걸쳐 일반시비방법에 준하여 관리하였다. 5월 20일(70일 묘)에 충남 서산 농가포장에 재식거리는 40cm 이랑 넓이 120cm, 주간거리 65cm로 2열로 대조식으로 심었다.

### 2.3. 고추 재배 및 관리

시험포장은 충남 서산시 강수리에 위치하였으며 전작으로 마늘을 재배한 후 녹비작물인 헤어리벳치를 15 kg 10a<sup>-1</sup> 만큼 2015년도 가을에 추파하여 이듬해 전량 예취기로 예초 후 토양에 환원하였다. 2016년 4월 15일경에 미리 경운·정지가 된 시험포장에 농가에서 자가제조한 유기물 퇴비(수피 50,000 kg, 우분 200,000 kg, 왕겨훈탄 50,000 kg)를 3,000 kg 10a<sup>-1</sup> 만큼 기비로 전면살포하고 다시 로타리 정지를 한 다음 1.5 m 넓이로 이랑을 만들었고, 5월 초에 다시 경운하여 이랑을 만든 후 흑색비닐로 피복하였다. 5월 10일에 1.5 m 간격으로 만들어진 이랑 위에 2열로 80일간 육묘한 역강홍장군 고추(*Capsicum annuum* L.)를 주간거리 40 cm로 정식하였다.

### 2.4. 유기농 고추 종자 발아율 및 생육, 수량 조사

휴믹산 농도별 고추종자 파종 전 상토처리에 의한 고추발아율 및 유묘기간의 생육은 각 휴믹산 농도별로 20주씩 3반복으로 조사하였다. 고추의 초장

은 지제부에서 최장엽의 선단까지의 길이, 과수는 수확된 고추의 개수를 조사하였다.

### 2.5. 토양시료 채취 및 화학성 분석

토양의 EC와 pH는 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법에 준하여 실시하였다. 토양의 EC와 pH 및 미생물상 분석을 위한 토양시료는 고추 생육 시기인 7월 하순에 직경 10 cm 토양 시료 채취기를 이용하여 고추 포기 사이의 중간 위치에서 10 cm 깊이로 채취하였으며, 시험구당 3개 지점에서 채취된 시료를 완전히 혼합한 다음 2 mm 체로 걸러서 거친 유기물과 자갈을 제거한 후 일부는  $-80^{\circ}\text{C}$  냉동고 및  $4^{\circ}\text{C}$  냉장고에 보관하고, 나머지는 상온에 보관하면서 분석에 사용하였다. 상온에 보관된 토양 시료를 이용하여 화학 특성을 분석하였다. 풍진한 토양과 증류수를 1:5의 비율로 혼합하여 30분간 진탕시킨 후, pH 미터(Radiometer M-92, Denmark)와 전기전도도(YSI-32, Yellow Springs, OH, USA)로 pH와 EC를 측정하였다.

### 2.6. 토양 미생물 밀도조사

고추재배 토양에 휴믹산 처리 후 토양내 세균의 밀도변화에 미치는 영향을 조사하고자 휴믹산처리 농도별로 토양을 채취하여 1g당 세균의 밀도를 조사하였다. 세균의 밀도 조사방법은 생토 10g을 일정한 고추재배 토양의 근권에서 채취한 다음 그늘에서 건조한 후 그 중 10g을 90 mL의 멸균 증류수가 들어 있는 삼각플라스크에 넣고 150 rpm에서 1시간 정도 교반한 후 10분간 정체하였다. 그 중에서 1ml를 1/10씩 멸균증류수에 희석한 다음 TSA(Typtic Soy Agar, Difco, USA)배지와 NA(Nutrient Agar, Difco, USA)배지에 200  $\mu\text{L}$ 씩 배지 표면에 4 플레이트씩 도말하였다. 도말한 후  $25^{\circ}\text{C}$  항온인큐베이터(VS-3250Di, Vision Scientific Co., Korea)에서 48시간 배양한 후에 형성된 균의 균총수를 계수하였다.

### 2.7. 통계분석

시험별 통계분석은 휴믹산 희석농도별로 처리하였을 경우, 고추 발아율, 고추유묘의 생육 및 수량

에 미치는 영향을 비교분석하기 위해 SAS ver. 8.2(SAS Institute, Inc. 2003, Cary, NC) program을 이용하여 ANOVA분석을 하였으며, 처리평균간 비교를 위하여 Turkey's test( $P = 0.05$ )를 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 휴믹산 상토처리에 따른 고추 발아율 향상

유기농 고추 건전 육묘 기술을 개발하고자 천연 광물 추출물인 휴믹산을 0.05~1%를 희석하여 바로 커상토에 처리한 후, 시험에 사용한 역강홍장군 품종에 대한 유묘기 생육촉진효과를 조사하였다. 휴믹산 희석농도별로 역강홍장군 고추의 발아율에 미치는 영향을 조사하였더니, 무처리에 비해 휴믹산 0.05~0.1% 처리구가 유의적으로 역강홍장군 고추의 평균 발아율이 높은 것으로 나타났다. 0.2% 휴믹산은 무처리와 동일한 발아율을 보였으며 고농도인 0.4%와 1.0% 휴믹산 처리구의 평균 발아율은 각각 90.0%와 86.7%로 무처리보다 낮게 조사되었다 [Fig. 1].

휴믹산이 식물종자의 발아에 미치는 영향에 대한 연구결과가 많이 보고되어 있지 않으나 휴믹산을 추출한 모재의 특성에 따라 종자발아에 미치는 영향이 다른 것으로 보고되었다.<sup>15),16),17),23),24),25)</sup> 리그닌(lignite) 성분이 많은 산림토로부터 추출·분리한 휴믹산은 없으나 명아주(*Chenopodium album*)의 발아를 유의적으로 촉진하였으나 포드졸(podzol) 산림토로부터 추출·분리한 휴믹산은 발아를 억제하는 것으로 보고되었다.<sup>25)</sup> 또한 메리골드와 제라늄 종자를 휴믹산 용액에 침지한 후 발아시켰을 때는 처리 간에 발아율이나 육묘의 생육에 차이가 없었으나 종자발아 중 휴믹산을 분주하거나 휴믹산을 처리한 발아지를 사용하였을 때 메리골드와 제라늄 종자의 발아율과 유묘의 뿌리생체중이 유의적으로 증가하는 것으로 보고되었다.<sup>19)</sup>

선행된 연구결과들에 의하면 휴믹산이 추출된 모재의 성분에 따른 종자의 발아에 서로다른 결과를

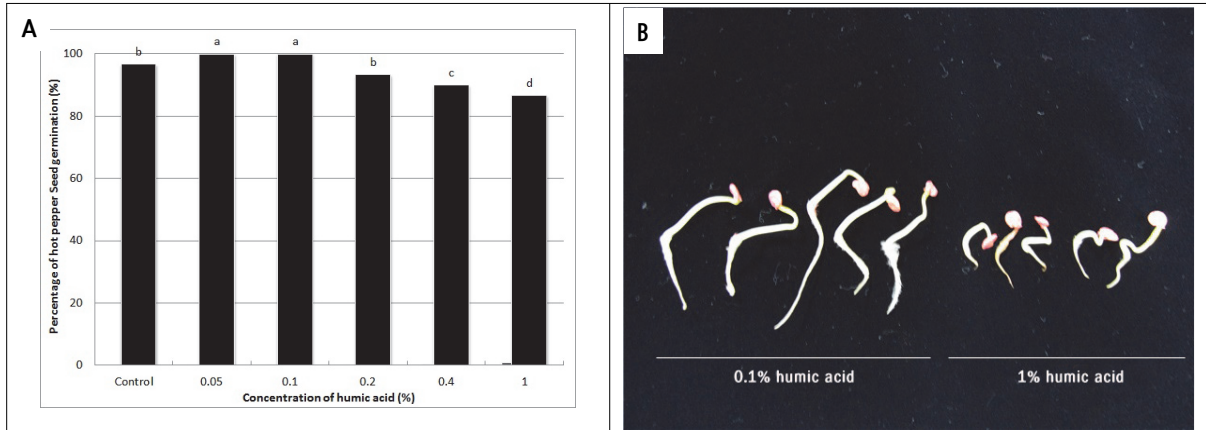


Fig. 1. Effect of humic acid on the hot pepper seed germination on farm condition. Data are expressed as mean±SD of triplicate experiments. Means in the same column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

보여주는 것으로 판단된다. 그러나 본 연구결과에서는 고추 발아 촉진을 위해 상토에 휴믹산을 분주한 후 고추 종자를 파종했을 때 고추의 발아가 촉진되는 것으로 나타나 유묘기에 적은 양의 휴믹산만으로도 고추종자의 발아를 향상시킬 수 있을 것으로 생각한다.

휴믹산 희석농도별로 역강홍장군 고추 유묘 생육에 미치는 영향을 조사하였더니, 무처리에 비해 휴믹산 희석 농도가 0.1~0.4%에서 고추유묘의 생육이 유의적으로 증가하였으며, 저농도(0.05%)이거나 고농도(1.0%)에서는 무처리에 비해 생육이 오히려 감소하는 것으로 조사되었다. 특히, 0.2% 휴믹산 처리구가 유의적으로 역강홍장군 고추의 평균 초장(97.6 cm), 엽수(84.7개) 및 생체중(128.1 g plant<sup>-1</sup>)이 가장 높은 것으로 나타났다[Table. 2].

1000 mg kg<sup>-1</sup> 농도로 토마토 유묘에 처리했을 때 토마토 유묘의 생육을 촉진하였으나 높은 농도

로 처리했을 때는 토마토 생육을 저해하는 것으로 보고되었다.<sup>13)</sup> 휴믹산을 함유한 용액에서 재배된 토마토 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 식물은 뿌리 생체중이나 건조중량이 더 높았으며 대조 용액에서 재배된 식물보다 새싹과 뿌리에서 특정 미네랄 성분의 함량이 높은 것으로 보고했다.<sup>26)</sup> 또한 휴믹산을 처리했을 때 유묘의 뿌리생육이 증가한 것은 양분공급 효과보다 세포막 투과성을 조절하는 전해질 누출 작용기작에 의한 것으로 추측하고 있다.<sup>26)</sup>

본 연구결과에서도 고추 발아에서 유묘기간 동안 휴믹산의 처리농도에 따라 고추의 생육기간 중에 생육 촉진 및 억제를 하는 효과를 관찰할 수 있어 한번의 휴믹산 처리가 오랜 기간 동안 작물의 생리나 생육에 작용할 수 있으며 휴믹산의 농도에 따라 유묘기 기간에도 생육에 영향을 주는 것으로 생각된다.

Table 2. Effect of humic acid on the growth of hot pepper seedling at 70 days after seedling in the nurseling pot

Concentration of humic acid (%)	Growth of hot pepper (Aver. 10 <sup>-1</sup> plant)		
	Height(cm)	Leaf (number)	Fresh weight (g)
1	43.80±2.9 <sup>c</sup>	55.33±4.5 <sup>c</sup>	87.04±5.5 <sup>d</sup>
0.4	48.60±3.1 <sup>b</sup>	57.33±3.3 <sup>c</sup>	106.82±6.2 <sup>c</sup>
0.2	56.40±2.4 <sup>a</sup>	91.00±3.1 <sup>a</sup>	128.11±3.9 <sup>a</sup>
0.1	57.60±1.5 <sup>a</sup>	84.67±2.9 <sup>b</sup>	117.42±6.2 <sup>b</sup>
0.05	30.25±2.7 <sup>e</sup>	47.33±4.2 <sup>d</sup>	71.97±4.6 <sup>e</sup>
Control	37.13±3.1 <sup>d</sup>	50.00±3.6 <sup>d</sup>	82.06±3.4 <sup>d</sup>

Data are expressed as mean±SD of triplicate experiments. Means in the same column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

### 3.2. 휴믹산 농도별 토양관주 처리에 따른 고추 생육 및 수량 향상

휴믹산을 희석농도별로 처리하여 육묘한 역강홍 장군 고추 유묘를 유기재배 농가 포장에 정식한지 30일 후, 각 처리별로 풋고추의 특성을 조사하였더니, 휴믹산을 처리한 고추의 초장과 풋고추의 두께와 과중이 무처리에 비해 유의적으로 더 높은 것으로 나타났다. 고추의 초장은 0.2% 휴믹산 처리구가 무처리에 비해 평균 20.7 cm 이상 생육이 우수한 것으로 나타났다. 풋고추의 두께는 휴믹산 희석농도별로 유의한 차이는 없었으나 무처리에 비해 두꺼운 것으로 나타났다. 특히, 고추 한 주당 평균 풋고추의 무게는 0.2% 휴믹산(50.3 g plant<sup>-1</sup>) 처리구가 무처리(28 g plant<sup>-1</sup>)에 비해 78.5% 더 무거운 것으로 조사되어 수량 증가의 요인으로 작용할 것으로 생각된다[Table 3].

휴믹산 희석농도별 토양관주 처리 60일 후, 각 처리별로 풋고추의 특성을 조사하였더니, 고추의

초장은 1.0% 고농도의 휴믹산 처리구를 제외하고 무처리에 비해 고추의 평균 초장이 모두 길었다. 휴믹산 처리농도 중에서 0.2% 휴믹산 처리구의 고추 초장이 유의적으로 가장 길었다[Table 4]. 풋고추의 평균 과수는 무처리에 비해 모든 농도의 휴믹산 처리구에서 유의적으로 높았으며 0.2%, 0.1%, 0.05% 휴믹산 처리구의 풋고추 과수는 유의적으로 차이가 없었다. 특히 0.4%와 1.0% 휴믹산 처리구의 풋고추 평균 과수가 각각 35.2개와 29.1개로 가장 많은 것으로 나타났다[Table 3]. 그러나 풋고추의 생체중을 측정하였을 때는 0.4%와 1.0% 휴믹산 처리구의 풋고추 평균 생체중은 무처리를 제외하고 다른 휴믹산 처리구에 비해 낮은 것으로 나타났다. 고추 한 주당 평균 풋고추의 생체중은 정식 30일 후와 동일하게 0.2% 휴믹산(203.5 g plant<sup>-1</sup>) 처리구가 무처리(92.0 g plant<sup>-1</sup>)에 비해 평균 111.5 g 더 무거운 것으로 나타났다[Table 4].

Table 3. Improving fruit quality of hot pepper treated with humic acid at 30 days after transplanting in Seosan in 2016

Concentration of humic acid (% v/v)	Height of plant (cm)	Green pepper	
		Thickness(mm)	Weight(g)
1.0	61.7 <sup>cd</sup>	15a	35.3c
0.4	63.3 <sup>cd</sup>	17a	38.5 <sup>bc</sup>
0.2	80.0 <sup>a</sup>	17a	50.3 <sup>a</sup>
0.1	68.7 <sup>bcd</sup>	17a	42.8 <sup>b</sup>
0.05	69.7 <sup>bc</sup>	15a	39.7 <sup>bc</sup>
Control	59.3 <sup>d</sup>	9b	28.0 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>Data are expressed as mean±SD of triplicate experiments. Means in the same column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 4. Effect of soil drenching of humic acid on the height and yield of organically cultivated hot pepper at 60 days after treatment in Seosan.

Concentration of humic acid (% v/v)	Hot pepper		
	Height (cm)	Green fruit	
		Number	Fresh wt. (g)
1.0	81.8±5.7 <sup>e 1)</sup>	29.1±3.8 <sup>b</sup>	139.7±3.8 <sup>d</sup>
0.4	89.5±3.1 <sup>c</sup>	35.2±3.4 <sup>a</sup>	149.5±3.4 <sup>c</sup>
0.2	105.8±2.9 <sup>a</sup>	26.6±2.5 <sup>c</sup>	203.5±2.5 <sup>a</sup>
0.1	93.1±2.6 <sup>b</sup>	26.2±2.9 <sup>c</sup>	182.1±2.9 <sup>b</sup>
0.05	89.5±3.1 <sup>c</sup>	25.2±3.4 <sup>c</sup>	152.5±5.4 <sup>c</sup>
Control	86.9±8.2 <sup>d</sup>	17.7±3.6 <sup>d</sup>	92.0±3.6 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup>Data are expressed as mean±SD of triplicate experiments. Means in the same column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).



염류직접 토양에서 고추재배시 1000 mg L<sup>-1</sup>과 2000 mg kg<sup>-1</sup>의 휴믹산 적용시, 고추 잎과 뿌리의 생체중과 건조중, 줄기 직경, 뿌리 길이 및 새싹 길이가 증가했으며, 고농도의 4000 mg kg<sup>-1</sup> 휴믹산을 토양 처리하였더니 고추묘의 생육을 감소시키는 것으로 보고하였다.<sup>27)</sup>

본 연구에서도 너무 낮은 농도이거나 고농도의 휴믹산을 처리했을 때 고추의 생육이 감소하는 것으로 나타나 유기성 혼합물인 휴믹산이 작물생육조절제로 사용될 수 있으므로 작물별로 처리농도에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

휴믹산 희석농도별 토양관주 처리 후, 4회 수확한 고추의 무게와 처리별 평균 무게를 비교하였더니, 고농도의 1.0% 휴믹산 처리구를 제외하고 무처리에 비해 고추의 총무게(5.8 kg plant<sup>-1</sup>)와 평균무게(1.4 kg plant<sup>-1</sup>)가 높은 것으로 나타났다. 특히, 휴믹산 처리농도 중에서 0.2%와 0.1% 휴믹산 처리구의 고추 총무게가 각각 9.3 kg plant<sup>-1</sup>, 8.6 kg plant<sup>-1</sup>로 다른 처리농도에 비해 높은 것으로 나

타났다[Fig. 2].

휴믹산이 식물을 자극하는 기작은 휴믹산의 화학적 이질성 때문에 명확히 결론내기 어려우나 주요 작물의 성장과 수확에 대한 휴믹산의 긍정적 효과가 널리 확인되었다.<sup>11),28),29),30)</sup> 식물 생육 촉진에 있어 휴믹산의 작용기작은 완전히 알려지지 않았지만, 세포막 투과성, 산소 섭취량, 호흡과 광합성, 인산염 흡수 및 뿌리 세포 신장 등에 대한 연구결과들이 몇몇 연구자들에 의해 제안되었다.<sup>31),32),33)</sup> 휴믹 물질로 식물을 처리 한 결과 일반적인 농도의 증가에 따라 식물생육 반응 곡선도 증가하지만, 고농도에서는 성장률이 감소하는 것으로 보고되었다.<sup>34)</sup>

본 연구결과에서도 휴믹산의 처리농도와 시간의 경과에 따라 고추의 생육 및 수량에 차이가 있는 것으로 나타나 휴믹산의 다양한 작용기작에 대한 추가적인 연구가 필요하지만 휴믹산의 적절한 처리농도에 따라 작물별의 생육기별로 작물의 생육 촉진 및 수량증가에 기여할 것으로 생각한다.

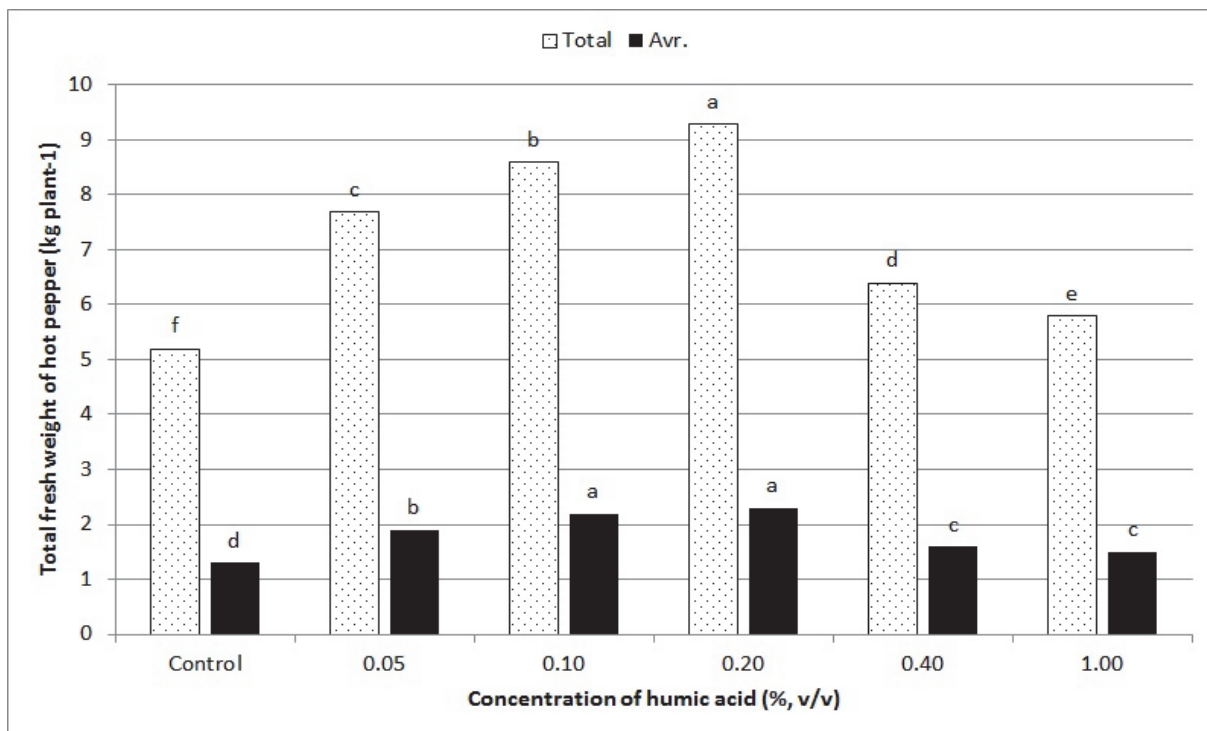


Fig. 2. Comparison of total and average ( Avr.) fresh weight of red pepper treated with humic acid in organically cultivated hot pepper in Seosan in 2016. Data are expressed as mean±SD of triplicate experiments. Means in the same column with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 5. Effect of soil drenching of humic acid on the EC and pH of organically cultivated hot pepper field at 60 days in Seosan

Concentration of humic acid (% v/v)	Soil of hot pepper field	
	pH	EC(dS m <sup>-1</sup> )
1	5.6±0.03 <sup>a1)</sup>	2.84±0.4 <sup>a</sup>
0.4	5.5±0.02 <sup>b</sup>	2.56±0.6 <sup>b</sup>
0.2	5.2±0.01 <sup>c</sup>	2.19±0.7 <sup>c</sup>
0.1	5.0±0.01 <sup>d</sup>	1.86±0.6 <sup>d</sup>
0.05	4.8±0.02 <sup>e</sup>	1.35±0.4 <sup>e</sup>
Control	4.7±0.02 <sup>e</sup>	0.92±0.5 <sup>f</sup>

<sup>1)</sup>Data are expressed as mean±SD of triplicate experiments. Means in the same column with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ).

### 3.3. 휴믹산 농도별 토양관주 처리에 따른 토양세균 및 pH와 EC변화

휴믹산을 희석농도별 토양관주 처리 60일 후, 토양내 세균의 밀도에 미치는 영향을 조사하였더니, 분리 배지에 따라 차이는 있으나 휴믹산을 토양관주 처리한 토양의 세균 밀도가 무처리에 비해 유의적으로 더 증가하였다. 특히 휴믹산 처리 중에서 0.2% 휴믹산 처리구에서 토양의 세균 밀도가 3.5배 더 높게 나타났다[Fig. 3].

총질소함량이 높은 퇴비 처리구에서 방선균 밀도가 높은 것은 무기질소와 유기질소의 토양 미생물 상에 미치는 효과는 확연히 다르다는 결과가 보고되었다.<sup>35)</sup> 유기물 퇴비 시용이 방선균, 균근균 등의 밀도를 증가시켜서 고추 생육에 우호적인 미생물 군락 조성의 가능성을 보여주는 것으로 보고한 바 있다.<sup>36)</sup> 혐기성 환경에서 휴믹산은 다양한 박테리아에 의한 전자 수용체 또는 전자 셔틀로 사용되는 것으로 보고하였다. 또한 호기성 환경의 경우, 휴믹

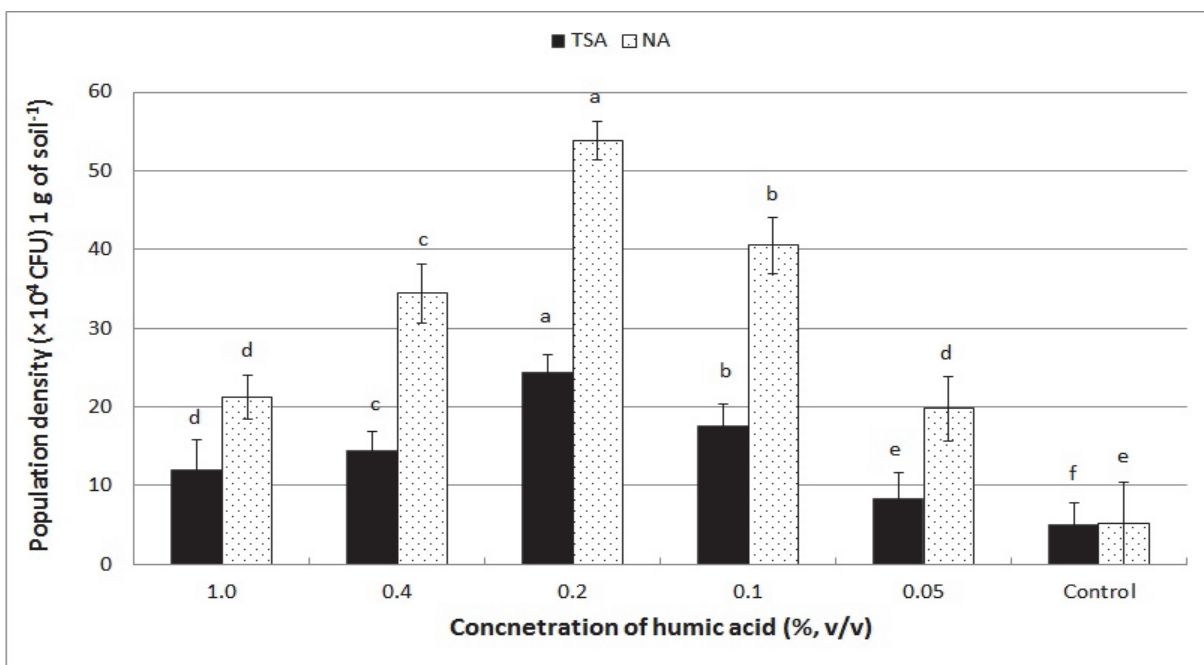


Fig. 3. Effect of soil drenching of humic acid on bacterial population of organically cultivated hot pepper field at 60 days in Seosan. TSA, tryptic soy agar; NA, nutrient agar; CFU, Colony forming unit on the media. Data are expressed as mean±SD of triplicate experiments. Means in the same column with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ).



물질에 대한 노출은 일반적으로 신진 대사 활동 및 유기 오염 물질 화합물의 생분해에 다양한 영향을 미치는 것으로 나타났다.<sup>37),38),39)</sup>

본 연구에서도 휴믹산의 처리농도에 따라 처리구 토양내 세균의 밀도가 증가하는 것으로 나타났으나 유용미생물이 증가한 것인지 전체적인 세균의 종 다양성이 증가한 것인지 부가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

휴믹산을 희석농도별 토양관주 처리 60일 후, 토양 pH와 EC에 미치는 영향을 조사하였더니, 휴믹산의 농도가 0.05%에서 1.0%로 증가함에 따라 고추재배 토양의 pH와 EC도 증가하는 것으로 나타났다[Table 4]. 특히 1.0% 휴믹산을 토양관주 처리한 토양의 EC는  $2.84 \pm 0.4 \text{ dS m}^{-1}$ 로 무처리 ( $0.92 \pm 0.5 \text{ dS m}^{-1}$ )에 비해 평균  $1.92 \text{ dS m}^{-1}$  만큼 증가한 것으로 조사되어 휴믹산 처리가 토양의 EC변화에 크게 영향을 주는 것으로 나타났다[Table 5].

휴믹 물질은 토양 유기물의 최대 구성 성분 (~60%)이며 토양 생태계의 주요 구성 요소로 간주되며 토양에서의 많은 복잡한 화학 반응을 담당하는 것으로 알려져 있다.<sup>4)</sup> 식물의 종에 따른 휴믹산의 생리활성 효과에 pH가 관여하는 것으로 해석하고 있다.<sup>28),24)</sup> 휴믹산은 수소성 상호 작용과 수소 결합에 의해 결합된 이중 분자의 초분자 결합력으로 분자 응집체의 구조를 안정화시키고 있어, 용액 내 휴믹산 응집체의 안정성은 동적 성질로 보이고 용액 이온 강도 및 pH에 영향을 받는 것으로 보고되었다.<sup>40),41)</sup> 토양 pH와 CEC 변화의 큰 기여는 유기 탄소, 점토 함량과 높은 상관관계가 있는 것으로 보고하였다.<sup>42)</sup> 특히, 토양에서의 pH 완충 능력의 중요한 요소는 다양한 전하 미네랄과 유기물에 대한 용해 / 침전 반응 및 양성자화 / 탈양자화 반응이 관여하는 것으로 보고되었다.<sup>43)</sup> 또한 항생물질을 생성하여 병 저항성을 유도하며, 작물의 성장을 돕고 수확량을 증가 *Pseudomonas fluorescense* 세균이 길항성을 보이기 위해서는 토양 내에 세균 밀도가 증가해야 하는데 그러기 위해서는 토양의 pH가 6.5-7.5, 철, 아연, 붕소, 구리, 마그네슘 등 무기물의 함량이 높아야 효과가 좋은 것으로 보고한 바 있다.<sup>44)</sup>

본 연구에서 처리한 휴믹산의 농도가 증가할수록 고추재배 포장의 물리·화학적 특성에 의해 토양의 완충능력이 개선되어 휴믹산 처리구의 토양내 세균의 밀도증가뿐만 아니라 pH와 EC도 유의적으로 증가하여 휴믹물질을 다량 포함한 유기물 자원을 처리하는 것이 토양의 생물상, 물리성 및 이화학성 개선으로 고추생육 개선에 도움이 될 것으로 생각된다.

#### 4. 결론

유기농 고추 건전 육묘 기술을 개발하고자 천연 광물 추출물인 휴믹산을 0.05~1%를 희석하여 바로 커상토에 처리한 후, 역강홍장군 품종에 대한 발아율 및 육묘기, 생육기, 수확기의 생육과 수량을 조사하였다.

휴믹산 희석농도별로 역강홍장군 고추의 발아율에 미치는 영향을 조사하였더니, 0.2% 휴믹산은 무처리와 동일한 발아율을 보였으며 고농도인 0.4%와 1.0% 휴믹산 처리구의 평균 발아율은 각각 90.0%와 86.7%로 무처리보다 낮게 조사되었다.

휴믹산 처리 고추 육묘 정식 30일 후 고추 육묘 생육에 미치는 영향을 조사하였더니, 저농도(0.05%)이거나 고농도(1.0%)에서는 무처리에 비해 생육이 감소되었으나 0.2% 휴믹산 처리구는 유의적으로 고추의 평균 초장(97.6 cm), 엽수(84.7개) 및 생체중(128.1 g/plant)이 증가하였다. 휴믹산을 처리한 고추의 초장과 풋고추의 두께와 과중이 무처리에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났다.

휴믹산 희석농도별 토양관주 처리 60일 후, 0.2% 휴믹산 처리구의 고추 초장이 유의적으로 가장 길었다. 풋고추의 평균 과수는 0.2%, 0.1%, 0.05% 휴믹산 처리구에서는 유의적인 차이가 없었으나 0.4%와 1.0% 휴믹산 처리구는 평균 청과수가 각각 35.2개와 29.1개로 가장 많았다. 그러나 풋고추의 생체중은 0.2% 휴믹산( $203.5 \text{ g plant}^{-1}$ ) 처리구가 무처리( $92.0 \text{ g plant}^{-1}$ )에 비해 평균 111.5 g 더 무거운 것으로 나타났다.

휴믹산 희석농도별 토양관주 처리 후, 고농도의

1.0% 휴믹산 처리구를 제외하고 무처리에 비해 고추의 총무게( $5.8 \text{ kg plant}^{-1}$ )와 평균 무게( $1.4 \text{ kg plant}^{-1}$ )가 높은 것으로 나타났으며 0.2%와 0.1% 휴믹산 처리구의 고추 총무게가 각각  $9.3 \text{ kg plant}^{-1}$ ,  $8.6 \text{ kg plant}^{-1}$ 로 다른 처리농도에 비해 높았다.

휴믹산을 희석농도별 토양관주 처리 60일 후, 휴믹산 처리 중에서 0.2% 휴믹산 처리구에서 토양의 세균 밀도가 3.5배 더 높게 나타났다. 휴믹산을 희석농도별 토양관주 처리 60일 후, 휴믹산의 농도가 0.05%에서 1.0%로 증가함에 따라 고추재배 토양의 pH와 EC도 증가하는 것으로 나타났다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ01082301)의 연구비 지원으로 수행되었음.

## References

1. Park, J. M., Lee, I. B., Kang, Y. I., Hwang, K. S., "Effects of Mineral and Organic Fertilizations on Yield of Hot Pepper and Changes in Chemical Properties of Upland Soil", *Korean J. Horti. Sci. & Techno.* 27, pp. 24-29. (2009).
2. Yang, S. K., Seo, Y. W., Lee, Y. S., Kim, H. W., Ma, K. C., Lim, K. H., Kim, H. J., Kim, J. G., Jung, W. J., "Effects of green manure crops on red-pepper yield and soil physico-chemical properties in the vinyl house", *Korean J. Org. Agri.* 19, pp. 215-228. (2011).
3. Hays, H. B., "Humic substances II: In search of structure", Wiley, New York, (1989).
4. Stevenson, F. J., "Humus chemistry: Genesis, Composition, Reactions", John Wiley & Sons, New York, U.S.A. pp. 453-471. (1994).
5. Aiken, G. R., Mcknight, D. M., Wershaw, R. L., MacCarthy, P., "Humic substances in soil, sediment and water", John Wiley & Sons, New York, U.S.A. pp. 1-12. (1985).
6. Lee, C. H., Shin, H. S., Kang, K. H., "Chemical and spectroscopic characterization of peat moss and its different humic fractions (Humins, Humic acid and Fulvic acid)", *J. KoSSGE* 9, pp. 42-51. (2004).
7. Killi, F., "Effects of potassium humate solution and soaking periods on germination characteristics of undelinted cotton seeds (*Gossypium hirsutum* L.)", *J. Environ. Biol.*, 25, pp. 395-398. (2004).
8. Antošov, B., Novak, J., Kozle, r J., Kub ček, J., Kimmerova, I., "Methodic for testing biological activities of humic substances in higher plant, In: Barroso, M.I. (ed.), *Reactive and Functional Polymers Research Advances*", Nova Science Publisher, New York, pp. 191-203. (2007).
9. Desanfilippo, E. C., Arguello, J. A., Orioli, G. A., "The effect of humic acids and their different molecular mass fractions on germination in sunflower", *Biol. Plant.*, 32, pp. 42-48. (1990).
10. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vianello, A., "Physiological effects of humic substances on higher plants", *Soil Biol. Biochem.*, 34, pp. 1527-1536. (2002).
11. Olk, D. C., Samson, M. I., Gapas, P., "Inhibition of nitrogen mineralization in young humic fractions by anaerobic decomposition of rice crop residuum", *Eur. J. Soil Sci.*, 58, pp. 270-281. (2007).
12. Lulakis, M. D., Petsas, S. I., "Effect of humic substances from vine canes mature compost on tomato seedling growth", *Bioresour. Technol.*, 54, pp. 179-182. (1995).
13. Türkmen, Ö., Dursun, A., Turan, M., Erdinç, Ç., "Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions", *Acta Agri. Scandinavica*, 54, pp.168-174. (2003).
14. Ferrara, G., Loffredo, E., Senesi, N., "Anticlastogenic, antitoxic and sorption effects of humic substances on the mutagen maleic hydrazide

- tested in leguminous plants”, *Eur. J. Soil Sci.*, 55, pp. 449-458. (2004).
15. Asenjo, M. C. G., Gonzalez, J. L., Maldonado, J. M., “Influence of humic extracts on germination and growth of ryegrass”, *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.*, 31, pp. 101-114. (2000).
  16. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vianello, A., “Physiological effects of humic substances on higher plants”, *Soil Biol. Biochem.*, 34, pp. 1527-1536. (2002).
  17. Muscolo, A., Sidari, M., Attina, E., Francioso, O., Tugnoli, V., Nardi, S., “Biological activity of humic substances is related to their chemical structure”, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 71, pp. 75-85. (2007).
  18. Pellissier, F., “Allelopathic inhibition of spruce germination”, *Acta Oecol. Intern. J. Ecol.*, 14, pp. 211-218. (1993).
  19. Hartwigsen, J. A., Evans, M. R., “Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development”, *HortScience* 35, pp. 1231-1233. (2000).
  20. Evans, M. R., Li, G., “Effect of humic acids on growth of annual ornamental seedling plugs”, *Horttechnology*, 13, pp. 661-665. (2003)
  21. Van Bergen, P. M., Bull, I. D., Poulton, P. R., Evershed, R. P., “Organic geochemical studies of soils from the Rothamsted classical experiments-I. Total lipid extracts, solvent insoluble residues and humic acids from Broadbalk wilderness”, *Organic Geochem*, 26, pp. 117-135. (1997).
  22. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S., Byrne, R., “Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth”, *European J. of Soil Biology* 42, pp. S65-S69. (2006).
  23. von Lutzow, M., Kogel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B., Flessa, H., “Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions - a review”, *Eur. J. Soil Sci.*, 57, pp. 426-445. (2006).
  24. Chen, Y., Clapp, C. E., Magen, H., “Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organoiron complexes”, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50, pp. 1089-1095. (2004).
  25. Šerá, B., Novák, F., “The effect of humic substances on germination and early growth of Lamb’s Quarters (*Chenopodium album* agg.)”, *Biologia*, 66, pp. 470-476. (2011).
  26. David, P. P., Nelson, P. V., Sanders, D. C., “A humic acid improves growth of tomato seedlings in solution culture”, *J. Plant Nutr.* 17, pp. 173-184. (1994).
  27. Gulser, F., Sonmez, F., Boysan, S., “Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition”, *J. Environmental Biology*, 31, pp. 873-876. (2010).
  28. Sanders, D. C., Prince, C., “Effect of humic-acid on vegetable seedling emergence”, *HortScience*, 23, pp. 819-819. (1988).
  29. Reynolds, A. G., Wardle, D. A., Drought, B., Cantwell, R., “Gro-mate soil amendment improves growth of greenhouse grown Chardonnay grapevines”, *HortScience*, 30, pp. 539-542. (1995).
  30. Sharif, M., Khattak, R. A., Sarir, M. S., “Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants”, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 33, pp. 3567-3580. (2002).
  31. Vaughan, D., “Possible mechanism for humic acid action on cell elongation in root segments of *Pisum sativum* under aseptic conditions”, *Soil Biol. Biochem.* 6, pp. 241-247. (1974).
  32. Cacco, G., Dell’Agnolla, G., “Plant growth regulator activity of soluble humic substances”, *Can. J. Soil Sci.* 64, pp. 25-28. (1984).
  33. Russo, R. O., Berlyn, G. P., “The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture”, *J. Sust. Agric.*, 1, pp. 19-42. (1990).
  34. Chen, Y., Aviad, T., “Effects of humic substances on plant growth”, In: McCarthy, P., Calpp, C. E., Malcolm, R. L., Bloom, P. R. (eds.), “Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings”, ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 161-186. (1990).

35. Chang, E. H., Chung, R. S., Tsai, Y. H., "Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population", *Soil Sci. Plant Nutr.*, 53, pp. 132-140. (2007).
36. Park, K. C., Kim, Y. S., Kwon, O. H., Kwon, T. R., Park, S. G., "Effects of Organic Amendments on Soil Microbial Community in Red Pepper Field", *Korean J. Soil Sci. and Fertilizer*, 41, pp. 118-125. (2008).
37. Finneran, K. T., Forbush, H. M., VanPraagh, C. V.G., Lovley, D. R., "Desulfitobacterium metallireducens sp. nov., an anaerobic bacterium that couples growth to the reduction of metals and humic acids as well as chlorinated compounds", *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 52, pp. 1929-1935. (2002).
38. Grosser, R. J., Friedrich, M., Ward, D. M., Inskeep, W. P., "Effect of model sorptive phases on phenanthrene biodegradation: different enrichment conditions influence bioavailability and selection of phenanthrene-degrading isolates", *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, pp. 2695-2702. (2000).
39. Luijten, M., Weelink, S. A. B., Godschalk, B., Langenhoff, A. A. M., van Eekert, M. H. A., Schraa, G., Stams, A. J. M., "Anaerobic reduction and oxidation of quinone moieties and the reduction of oxidized metals by halo-respiring and related organisms", *FEMS Microbiol. Ecol.* 49, pp. 145-150. (2004).
40. Balousha, M, Motelica-Heino, M, Le Coustumer, P., "Conformation and size of humic substances: Effects of major cation concentration and type, pH, salinity and residence time", *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp.*, 272, pp. 48-55. (2006).
41. Kucerik, J, Smejkalova, D, Cechlovska, H, Pekar, M., "New insights into aggregation and conformational behavior of humic substances: Application of high resolution ultrasonic spectroscopy", *Org Geochem.*, 38, pp. 2098-2110. (2007).
42. Nelson, P. N., Su, N., "Soil pH buffering capacity: a descriptive function and its application to some acidic tropical soils", *Aust. J. Soil Res.*, 48, pp. 210-217. (2010).
43. Aitken, P. L., Moody, P. W., "The effect of valence and ionic strength on the measurement of pH buffer capacity", *Aust. J. Soil Res.*, 32, pp.975-984. (1994).
44. Timms-Wilson, T. M., Ellis, R. J., Renwick, A., Rhodes, D. J., Mavrodi, D. V., Weller, D. M., Thomashow, L. S., Bailey, M. J., "Chomosomal insertion of phenazine-1-carboxylic acid biosynthetic pathway enhances efficacy of damping-off disease control by *Pseudomonas fluorescens*", *Molecular Plant-Microbe Interactions.*, 13, pp. 1293-1300. (2000).