

신나밀계 화합물이 배추의 종자발아와 유묘생장에 미치는 영향

김진호^{1,*} · 최근형¹ · 박병준¹

¹농촌진흥청 국립농업과학원 화학물질안전과

Effect of Cinnamly Derivatives on Crop Growth Inhibition of *Brassica campestris*.

Jin Hyo Kim^{1,*}, Geun-Hyoung Choi¹ and Byung-Jun Park¹

¹Chemical Safety Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Korea

(Received on November 24, 2014. Revised on November 29, 2014. Accepted on December 19, 2014)

Abstract Cinnamyl derivatives are abundant secondary metabolite in biomass, and they have been studied on their biological activities. However, little information was available for plant growth regulation of the cinnamyl derivatives. In here, the acid, amide, alcohol, aldehyde and ester of cinnamyl derivatives were screened for their root growth inhibition properties including germination. The aldehyde, amide and ester derivatives showed better the root growth inhibition than the carboxylic acid, and the *meta*-positioned electron withdrawing group on cinnamyl derivatives enhanced the inhibition activity. 3-Chlorocinnamic acid, cinnamaimde and 4-methoxycinnamaldehyde were highlighted with the early stage root development inhibition ($GR_{50} < 100$ mg/L) on *Brassica campestris*.

Key words root development inhibition, *Brassica campestris*, cinnamaldehyde, cinnamyl derivatives

잡초방제와 작물생육조절을 통한 농업생산성 및 품질향상 기술은 농약개발연구의 주요한 주제들 중 하나로 자리잡고 있고, 최근에는 지속 가능한 농업과 농산물의 안전성이 강조되면서, 천연물에서 유래한 화학물질을 대상으로 작물생육조절 기능성 물질을 개발하려는 연구가 진행되고 있다. 특히 쌈 채소류와 같이 소비자가 선호하는 크기와 품질이 정해진 농작물의 경우 생장을 촉진시켜주거나 억제함으로써 상품성을 높일 수 있어, 생장조절제에 대한 농가수요 증가로 인해 최근에는 제초제 개발연구와 함께 생장조절 관련연구가 주목 받고 있다. 국내에 등록된 작물 생장조절제는 auxins, cytokinins, gibberellins 등 생장촉진 호르몬과 azole계 등 생장억제 물질들이 등록되어 사용되고 있다. 하지만, 생장억제제의 경우 현재 국내 품목등록수가 7건 밖에 되지 않아, 영농현장에서 선택할 수 있는 생장조절제가 많지 않고, 이로 인해 천연 allelochemical을 중심으로 한 생장조절

기능성 탐색 연구가 추출물을 중심으로 국내의 연구진에 의해 진행 된 바 있다(Choi 등, 2009, Tworokski, 2002, Kim 등, 2001, Kim 등, 2003, Kim 등, 2006). 이런 추출물 효능 검증 연구와 더불어 추출물내 효능 성분을 검증하는 연구도 진행되어 agrostemin, benzoxazinoid, caffeine, clerodane, glucosinolate, juglone 등이 보고되었다(Kim, 2005). 이들 중 cinnamic acid 유도체들은 식물체 내에서 폴리페놀류 생합성의 기초물질로 항산화 활성 등 다양한 기능성이 알려져 있다. 또한, cinnamic acid 유도체는 phenol glycosylation과 관련한 단백질인 phenyl-β-glucosyltransferase (PGT) 저해제로 작용하여 식물의 세포막 투과성과 영양원 흡수억제를 통해 제초기능을 나타내는 것이 알려져 있고(Li 등, 2010), 그 외 벼 발아(Putman, 1988)와 ryegrass 초기생장억제능(Singh 등, 1989) 등 식물 생장조절 관련 일부 연구결과가 보고된 바 있다. 하지만 알려진 대부분의 결과들이 잡초 방제에 관한 제초기능 중심으로 평가되었고, 작물 생장억제제로서 검토되지 못하여, 본 연구에서는 46종의 cinnamyl 유도체들을 대상으로, 쌈배추의 생장조절 기능성을 발아와 유묘 생장조절능을 중심으로 탐색하였다.

*Corresponding author

Tel: +82-63-238-3239, Fax: +82-63-238-3837

E-mail: setup75@korea.kr

Table 1. Germination and root development inhibitions of cinnamyl derivative on *B. campestris**

	Germination inhibition	Root development inhibition
Cinnamic acid	+++	-
2-Chlorocinnamic acid	++	+
3-Chlorocinnamic acid	+++	+++
4-Chlorocinnamic acid	++	-
2-(Trifluoromethyl)cinnamic acid	+++	-
3-(Trifluoromethyl)cinnamic acid	++	++
4-(Trifluoromethyl)cinnamic acid	++	-
2-Fluorocinnamic acid	+++	+
3-Fluorocinnamic acid	+++	++
4-Fluorocinnamic acid	+++	++
2-Nitrocinnamic acid	++	-
3-Nitrocinnamic acid	++	++
4-Nitrocinnamic acid	++	-
2,4-Difluorocinnamic acid	+++	++
2-Chloro-5-nitrocinnamic acid	++	++
4-Chloro-3-nitrocinnamic acid	++	-
2-Hydroxycinnamic acid	++	-
3-Hydroxycinnamic acid	+++	-
3,4-Dihydroxycinnamic acid	-	-
Sinapic acid	-	++
Ferulic acid	-	+
Caffeic acid	-	-
3-Hydroxy-4-methoxycinnamic acid	-	-
4-Hydroxy-3-methoxycinnamic acid	-	-
4-Ethoxycinnamic acid	++	++
4-Methoxycinnamic acid	+	++
3,4-Dimethoxycinnamic acid	+++	+
2,3,4-Trimethoxycinnamic acid	+	-
3,4,5-Trimethoxycinnamic acid,	-	-
2-Methylcinnamic acid	+	+++
3-Methylcinnamic acid	++	++
4-Methylcinnamic acid	++	+++
4-Aminocinnamic acid	-	++
Allyl cinnamate	+++	++
Methyl cinnamate	+++	++
Vinyl cinnamate	+++	+++
<i>cis</i> -3-Hexen-1-yl cinnamate	++	-
Ethyl 4-methoxycinnamate	++	+++
Ethyl 4-hydroxy-3-methoxycinnamate	-	-
Ethyl 4-nitrocinnamate	-	-
Methyl 4-chlorocinnamate	+++	+++
Cinnamamide	-	+++
2-Methoxycinnamaldehyde	+++	+++
4-Methoxycinnamaldehyde	+++	+++
Cinnamaldehyde	+++	+++
Cinnamyl alcohol	+++	++

*The growth inhibitions were tested at 500 mg/L on *B. campestris*. (-), (+), (++) and (+++) represent average growth inhibition range 0-10%, 10-30%, 30-70% and over 70%, respectively.

쌈배추(썬아시아종묘, 한국)의 발아억제율과 유근생장조절능은 Kim 등(2014)이 수행한 방법에 따라 처리구당 60립의 종자를 사용하여 시험하였고, 46종의 cinmyl 유도체는 TCI 사(Tokyo, 일본)로부터 Reagent급 시약을 구입하여 1% Tween® 20 (Sigma-Aldrich, 미국) 수용액에 녹여 시험에 사용하였다. 시험용액 500 mg/L가 처리된 용액에서 시험물질의 34%에 해당하는 16종의 화합물이 70% 이상의 발아를 억제한 것으로 확인되었으나, 모든 시험대상 cinnamyl 유도체들이 100 mg/L 이하에서는 정상 발아율을 나타내었다.

동일 농도에서 진행된 유근 생장율은 9종의 화합물만이 70% 이상의 억제율을 나타내었으며, 30종의 cinnamic acid 유도체들 중 2-methylcinnamic acid와 4-methylcinnamic acid 만이 70% 이상 억제율을 나타내었으며, 이들의 유근생장 50% 저해율(GR₅₀)은 각각 270, 250 mg/L로 확인되었다. 또한, 전자 끄는 기(electron withdrawing group, EWG)인 -CF₃, -F, -NO₂가 cinnamic acid에 치환될 때는 *ortho*-, *meta*-, *para*-위치 중 *meta*-위치에 있을 때 유근생장 억제율이 가장 우수함을 확인할 수 있었다. 특히, 3-chlorocinnamic acid는 시험대상 cinnamyl 유도체 중 *B. campestris* 유근생장 억제율(GR₅₀ = 45.2 mg/L)이 가장 높은 것으로 확인되었다. 이와 더불어, cinnamic acid는 500 mg/L에서 유근생장 억제능이 전혀 없는 것으로 관찰되었으나, methyl 혹은 ethyl ester와 같이 carboxylic acid를 ester로 바꿀 때 억제능이 70% 이상 향상됨을 확인할 수 있었으며, vinyl cinnamate (GR₅₀ = 220 mg/L)와 ethyl 4-methoxycinnamate (GR₅₀ = 195 mg/L)는 두드러진 GR₅₀ 향상이 확인되었다. 또한, carboxylic acid를 amide로 치환시킨 cinnamamide는 500 mg/L 처리구에서 70% 이상으로 유근생장이 억제되었으며 GR₅₀은 90 mg/L이었다. 특히, 본 시험에 사용된 cinnamaldehyde 유도체들은 모두 500 mg/L에서 70% 이상의 유근생장 억제율이 관찰되었으며, 이들 중 4-methoxycinnamaldehyde의 GR₅₀이 75.3 mg/L으로 100 mg/L 이하에서 확인되었다.

이러한 시험결과를 볼 때 cinnamyl기를 기본 골격으로 하는 화합물의 경우 carboxylic acid보다는 ester, amide, aldehyde와 같은 작용기에서 유근생장 억제능이 높았고, EWG는 *meta*-위치에서 유근생장능 억제 효과가 높은 것이 확인되

었다. Cinnamamide, 3-chlorocinnamic acid와 4-methoxycinnamaldehyde는 100 mg/L 미만에서 배추발아 억제기능을 나타내지 않는 유근생장 억제제로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009240)의 지원에 의해 수행되었습니다.

Literature cited

- Choi, S. H., J. Y. An, K. W. Park and J. J. Lee (2009) Initial growth inhibitory effects of essential oils on direct seeded rice and barn yard grass, Korean J. Weed Sci. 29(4):318-322.
- Kim, H. Y., H. J. Choi, S. H. Lim, S. J. Heo, S. S. Han, D. S. Kim, K. H. Hwang and S. Kim (2003) Herbicidal activity of Korean native plants (I), Korean. J. Pestic. Sci. 7(4):248-257.
- Kim, J. B. (2005) Pathogen, insect and weed control effects of secondary metabolites from plants. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 48(1):1-15.
- Kim, J. H., J. Y. Kim, S. J. Ryu, G. H. Choi, W. I. Kim, S. R. Kim, B. J. Park and N. J. Cho (2014) Effect of ethanol extract of herbal medicine on crop growth inhibitor. Korean J. Environ. Agric. 33:69-72.
- Kim, S. (2006) Herbicidal activity of Korean native plants (IV), Korean J. Pestic. Sci. 10(3):225-229.
- Kim, S., S. J. Heo, S. H. Yong, J. S. Kim and J. H. Hur (2001) Natural compounds as leads for novel herbicides, Korean J. Weed Sci. 21(3):199-212.
- Li, Z. H., Q. Wang, X. Ruan, C. D. Pan and D. A. Jiang (2010) Phenolics and plant allelopathy. Molecules. 15:8933-8952.
- Putnam, A. R. (1988) Allelochemicals from plants as herbicides. Weed Technol. 2:510-518.
- Singh, M., R. V. Tamma and H. N. Nigg (1989) HPLC identification of allelopathic compounds from Lantana camara. J. Chem. Ecol. 15:81-89.
- Tworokski, T. (2002) Herbicide effects of essential oils, Weed Sci. 50:425-431.

신나밀계 화합물이 배추의 종자발아와 유묘생장에 미치는 영향

김진호^{1,*} · 최근형¹ · 박병준¹

¹농촌진흥청 국립농업과학원 화학물질안전과

요 약 신나밀계 화합물은 다양한 생물에 넓게 분포하는 생물 2차대사산물로 잘 알려져 있으며, 여러 생리활성이 규명되었다. 하지만, 작물의 생장조절기능성 연구결과는 잘 알려져 있지 않아, 본 연구에서는 신나밀기를 갖는 acid, amide, alcohol, aldehyde, ester 등 46종의 유도체를 대상으로 발아와 유근생장억제능을 비교평가 하였다. 시험 결과, cinnamyl group을 기본 골격으로 하는 화합물의 경우 carboxylic acid group보다는 ester, amide, aldehyde와 같은 functional group에서 유근생장 억제능이 쉽게 관찰되는 것으로 확인되었다. 또한, EWG는 meta-position에 위치할 때 가장 효과가 높은 것으로 확인되었으며, cinnamamide, 3-chlorocinnamic acid와 4-methoxycinnamaldehyde는 100 mg/L 미만의 처리농도에서 배추에 대한 발아억제를 일으키지 않으며, 유근생장 생장억제기능성이 높아 작물 생장억제제로 사용가능한 cinnamyl 유도체임을 확인하였다.

색인어 유근생장, 배추, 신나밀유도체