

Research Note

ACCase 저해 제초제 cyhalofop-butyl에 대한 경남지방 수집종 피의 저항성

원종찬^{1†}, 원옥재^{2†}, 하 준¹, 임일빈³, 강광식⁴, 변종영⁵, 박기웅^{2*}, 이증주^{1*}

¹경상대학교 농업생명과학연구원 식물외과, ²충남대학교 농업생명과학대학 식물자원학과, ³(주)바이오식물환경연구소,
⁴(주)동방아그로 부설연구소, ⁵한국과학기술정보연구원 ReSEAT 프로그램

Resistance to ACCase Inhibitor Cyhalofop-butyl in *Echinochloa oryzicola* Collected in Gyeongsangnam-do Province of Korea

Jong Chan Won^{1†}, Ok Jae Won^{2†}, Jun Ha¹, Il-Bin Im³, Kwang Sik Kang⁴, Jong Yeong Pyon⁵,
Kee Woong Park^{2*}, and Jeung Joo Lee^{1*}

¹Department of Plant Medicine, IALS, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

³Bio-Plant Environment Research Center, Gwangju 62399, Korea

⁴Dongbangageo, Technical Research Institute, Buyeo 33216, Korea

⁵ReSEAT Program, Korea Institute of Science and Technology Information, Daejeon 34141, Korea



OPEN ACCESS

*Corresponding author:

Phone. +82-42-821-5726

Fax. +82-42-822-2631

E-mail. parkkw@cnu.ac.kr

Phone. +82-55-772-1924

Fax. +82-55-772-1929

E-mail. jeunglee@gnu.ac.kr

†These authors contributed equally to this work.

Received: January 22, 2018

Revised: June 27, 2018

Accepted: June 27, 2018

© 2018 The Korean Society of Weed Science and
The Turfgrass Society of Korea.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

Repeated use of ACCase inhibiting herbicides for a long time has resulted in increases of resistant *Echinochloa oryzicola* populations in paddy fields in middle west area of Korea. This study aims to investigate current status of herbicide resistant *E. oryzicola* in Gyeongsangnam-do, in which there is less information about herbicide resistance. For resistance frequency and dose-response study, seeds from 100 individual plants of *E. oryzicola* in Gyeongsangnam-do were collected and tested with cyhalofop-butyl. Seven percent of plants from Gyeongsangnam-do was resistant at a recommended rate of cyhalofop-butyl. GR₅₀ values (herbicide rates required to reduce plant growth 50%) for one representative resistant populations and five susceptible populations were 738 g a.i. ha⁻¹ and 66-234 (average 147) g a.i. ha⁻¹, respectively, indicating average 5 times difference in resistance. Although lower rate of frequency of herbicide resistance in Gyeongsangnam-do than in Jeollabuk-do, increases of herbicide resistance are expected in this area because of increases of direct seeded rice fields and increases of dependence on a specific herbicide. Therefore, it is necessary to monitor herbicide resistance regularly and conduct integrated herbicide resistance management in this area.

Keywords: Acetyl CoA carboxylase (ACCase), Cyhalofop-butyl, *Echinochloa oryzicola*, Herbicidal activity, Resistance

화본과 잡초에 선택적으로 살초활성을 갖는 aryloxyphenoxypropionate계와 cyclohexanedione계 제초제들의 작용점은 식물에서 지방산 생합성 과정의 초발효소인 acetyl CoA carboxylase (ACCase)로 알려져 있다(Aung et al., 2017; Devine and Shimabukuro, 1994). 1970년대 중반에 소개된 ACCase계 제초제는 작물재배 시 발생하는 화본과 잡초들을 방제하기 위하여 현재까지도 널리 사용되고 있다.

우리나라의 경우 1990년대 직파재배가 확산됨에 따라 화본과잡초인 피(*Echinochloa oryzicola*)가 문제가 되었으며, 피의 조기 방제에 대한 필요성이 증가하였다. Quinclorac은 피 5엽기까지 방제가 가능하여 피 방제용으로 사용량이 증가하였으나, 후작물에 대한 약해 문제로 사용이 중단되었다. 그 대책으로 aryloxyphenoxypropionate계의 fenoxaprop-P-ethyl이 피 방제를 위해 사용되었으나, 벼(*Oryza sativa*)에 대한 약해 문제가 발생하였다. 이후 90년대 cyhalofop-butyl이 등록되었으며, 현재까지 피 방제를 위해 가장 광범위하게 사용되고 있다(Im et al., 2009).

전 세계적으로 ACCase 저해제에 대한 저항성 잡초는 1982년 diclofop-methyl에 저항성인 rigid ryegrass (*Lolium rigidum*)에서 처음으로 발견되었으며(Heap and Knight, 1982), 이후 48초종의 화본과 잡초에서 저항성이 보고되었다(Heap, 2017).

우리나라에서는 fenoxaprop-P-ethyl이나 cyhalofop-butyl이 광범위하게 사용되기 전까지는 ACCase 저해제에 대한 피의 저항성은 보고된 바가 없었으나(Lee et al., 2004), 이들 약제가 널리 사용되기 시작한 후에는 충남 서산 및 전북 등의 서해안을 중심으로 한 지역들에서 cyhalofop-butyl에 대한 저항성 피의 발생이 다수 보고되어 왔다(Im et al., 2009; Im et al., 2017; Lee et al., 2012; Park et al., 2010; Park et al., 2014; Park, et al., 2011). 따라서 본 연구에서는 제초제 저항성 피의 연구가 미흡한 경남지역에서의 저항성 피의 발생과 저항성 정도를 알아보기 위한 실험을 수행하였다.

Cyhalofop-butyl에 대한 감수성 및 저항성 피의 선발

2013년 9월 하순부터 10월 말까지 경남지역 5개 시군에서 100개의 피 종자를 개체별로 수집하여 저항성 실험을 수행하였다. 종자의 휴면타파를 위해 4°C에서 30일간 저온 침지 하였으며, 직경 7 cm, 높이 6.5 cm의 원형 plastic pot에서 최아된 종자를 파종하여 4-4.5엽기까지 생육시켰다. 약제는 표준량(250 g a.i. ha⁻¹)으로 처리하였으며, 배부식 분무기를 이용하여 1000 L ha의 양으로 분사하였다. 저항성 여부는 약제처리 15일 후에 달관평가(0: 약해없음, 100: 완전고사, 50 이하: 저항성, 50 이상: 감수성) 하였으며, 실험은 3반복으로 수행하였다. 수집한 총 100개체 중 7개체(함양 1, 고성 5, 진주 1)가 생존하여 저항성으로 확인되었으며, 그 중 경남 함양의 수집종이 가장 높은 저항성을 보였다.

Cyhalofop-butyl에 대한 약량반응

위 결과에서 저항성이 가장 높은 함양의 1개체와 5개체의 감수성 피를 선발하여 포장에서 증식한 후 수확한 종자를 약량반응 실험에 사용하였다. 피 3.5-4엽기에 cyhalofop-butyl EC를 감수성 피는 0, 31.3, 62.5, 125, 250, 500 g a.i. ha⁻¹, 저항성 피는 0, 125, 250, 500, 1,000, 2,000 g a.i. ha⁻¹의 농도로 처리하였으며, 실험은 완전임의배치법 3반복으로 하였다. 조사는 약제 처리 8일후 지상부를 채취하여 95°C에서 48시간 건조시켜 건물중을 측정하였으며, 피 생육의 50%를 저해하는 농도(GR₅₀, herbicide rates required to reduce plant growth 50%) 값은 sigmaplot을 이용하여 sigmoidal의 logistic, 4 parameter를 이용한 비선형회귀분석을 사용하여 구하였다(Seefeldt et al., 1995). 선발된 감수성 5개체의 GR₅₀값은 66-234 g a.i. ha⁻¹였고, 평균 147 g a.i. ha⁻¹로 나타났다. 함양 지역의 저항성 피의 GR₅₀값은 738 g a.i. ha⁻¹ 였으며, 감수성 개체들과의 R/S값은 3-11배였고, 평균 5.01배로 나타났다(Table 1).

Table 1. Cyhalofop-butyl rates required for 50% suppression of shoot dry weight in susceptible and resistant biotypes.

Biotype	Site	GR ₅₀ ^y (g a.i. ha)	R/S ^z
Susceptible	Geochang-gun	139	5.3
	Jinju-si	153	4.8
	Jinju-si	234	3.2
	Jinju-si	145	5.1
	Sacheon-si	66	11.2
Resistant	Hamyang-gun	738	-

^yHerbicide rates required to reduce plant growth 50%.

^zRatio of resistance to sensitivity.

국내에서 저항성 피가 가장 문제가 되는 지역은 전북으로 Im et al. (2010)이 수행한 실험결과에 의하면 전북 지역에서 수집한 34개체의 강피에 cyhalofop-butyl을 표준량으로 처리한 결과 13개체(38.2%)가 생존한 것으로 보고 되었다. 본 연구결과 cyhalofop-butyl에 대한 경남지역 수집종 피의 저항성 개체는 7%에 불과하며, 전북지역의 약 20% 수준으로 낮은 경향을 보였다. 하지만 제초제 저항성 잡초의 특성상 일단 저항성 개체가 발생한 지역에서 같은 종류의 제초제를 연용한다면 저항성 문제는 크게 확대될 것이다. 상대적으로 저항성 피의 발생정도가 낮은 경남지역에서 직파재배보다는 이앙재배를 추천하거나 같은 작용을 갖는 제초제의 사용을 회피하는 등 체계적인 저항성 관리방안을 이행한다면 제초제 저항성 피의 확산을 지연시키거나 막을 수 있을 것으로 사료된다.

요약

경남지역 제초제 저항성 피의 발생현황과 저항성 정도를 알아보기 위하여 벼 재배 논에서 100개체의 피 종자를 수집하여 ACCase 저해제인 cyhalofop-butyl에 대한 약량반응 실험을 수행한 결과, 수집한 피의 7%가 저항성으로 조사되었다. 선발된 감수성 5개체의 GR₅₀값은 평균 147 g a.i. ha⁻¹로 나타났고, 함양 지역의 저항성 개체의 GR₅₀값은 738 g a.i. ha⁻¹로 R/S (ratio of resistance to sensitivity)값은 5.01배로 나타났다. 현재 경남지역에서의 저항성 피의 발생 수준은 낮은 것으로 나타났지만, 저항성 피의 확산을 지연시키거나 막기 위해서는 주기적인 저항성 피의 모니터링과 체계적인 저항성 잡초 관리방안을 마련하여 수행할 필요가 있다.

주요어: Acetyl CoA carboxylase (ACCase), Cyhalofop-butyl, *Echinochloa oryzicola*, 제초활성, 제초제 저항성

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was carried out with the support of the “Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ01245703)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

REFERENCES

- Aung, B.B., Won, O.J., Sin, H.T., Lee, J.J. and Park, K.W. 2017. Mechanisms of herbicide resistance in weeds. *Kor. J. Agric. Sci.* 44(1):1-15.
- Devine, M.D. and Shimabukuro, R.H. 1994. Resistance to acetyl coenzyme a carboxylase inhibiting herbicides, pp. 141-169. In: Powles, S.B. and Holtum, J (Eds.) *Herbicide resistance in plants: Biology and biochemistry*. CRC press, Boca Raton, Florida. USA.
- Heap, I. 2017. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. <http://weedsscience.org/Summary/Species.aspx> (Accessed Jun. 26, 2017).
- Heap, J. and Knight, R. 1982. A population of ryegrass tolerant to the herbicide diclofop-methyl. *J. Austral. Ins. Agric. Sci.* 48:156-157.
- Im, I.B., Im, B.H., Park, J.H., Im, M.H., Kim, D.H., et al. 2017. Control and occurrence of herbicide resistance *Echinochloa oryzicola* in rice paddy field of honam area. *Weed Turf. Sci.* 6(1):32-39. (In Korean)
- Im, S.H., Park, M.W., Yook, M.J. and Kim, D.S. 2009. Resistance to ACCase inhibitor cyhalofop-butyl in *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* collected in Seosan, Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 29(2):178-184.
- Im, S.H., Song, J.S., Zhang, C. and Kim, D.S. 2010. ACCase inhibitor cyhalofop-butyl resistance in *Echinochloa oryzicola* collected in Chungnam and Jeonbuk province, Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 30(1):45-46. (In Korean)
- Lee, I.Y., Kwon, O.S., Park, I.E., Lee, Y.K., Kim S.M., et al. 2004. Dose-response study with barnyardgrass collected from rice paddy fields where ACCase inhibiting herbicides were consecutively used. pp. 283-289. Annual report of NIAST. NIAST, Suwon, Korea. (In Korean)
- Lee, I.Y., Park, J.S., Seo, Y.H., Kim, E.J., Lee, S.G., et al. 2012. Occurrence trends of herbicide resistant weeds in paddy fields in Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 32(2):121-126. (In Korean)
- Park, T.S., Ku, B.I., Kang, S.K., Choi, M.K., Park, H.K., et al. 2010. Response of the resistant biotype of *Echinochloa orizoides* to ACCase and ALS inhibitors, and effect of alternative herbicides. *Kor. J. Weed Sci.* 30(3):291-299. (In Korean)
- Park, T.S., Lee I.Y., Seong, K.Y., Cho, H.S., Park, H.K., et al. 2011. Status and prospect of herbicide resistant weeds in rice field of Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 31(2):119-133. (In Korean)
- Park, T.S., Seong, K.Y., Cho, H.S., Seo, M.C., Kang, H.W., et al. 2014. Current status, mechanism and control of herbicide resistant weeds in rice fields of Korea. *Kor. J. Agric. Sci.* 41(2):85-99. (In Korean)
- Seefeldt, S.S., Jensen, J.E. and Feurst, E.P. 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. *Weed Tech.* 9:218-227.