Benzobicyclon 혼합제의 제형에 따른 제초활성 특성

송재은^{1*}, 박매솔, 정종희, 박은희, 정창국

Herbicidal Efficacy Affected by Different Formulation of Benzobicyclon-Mixtures Herbicides in Paddy Rice Field

Jae-Eun Song^{1*}, Mae-Sol Park, Jong-Hee Jeong, Eun-Hee Park and Chang-Kuk Jeong

ABSTRACT Sulfonylurea herbicide-resistant weeds are spreading widely and distributed about 106,951 hectare in paddy rice fields in Korea. Moreover all biotype of *Scirpus juncoides* which were collected at 69 spots all over paddy rice fields in 2008 were identified biotype of sulfonylurea herbicide-resistant. Benzobicyclon is a p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD) inhibitor, which is absorbed through root and basal stem of weeds so cause bleaching of newly developing leaves. Benzobicyclon was very effective to control *Scirpus juncoides*, *Monochoria vaginalis*, sedges and broadleaves weeds, so it have been developed various formulation like a suspension concentrate (SC), a water dispersible granule (WG), a granule (GR) and a DT (tablet for Direct application). During recently 6 years, benzobicyclon-mixtures herbicides have been registered over than 54 products in paddy fields. Herbicidal efficacy by formulations of benzobicyclon and its mixture herbicides were highest in DT, followed by SC and GR. Herbicidal efficacy of the kaolin and CaCO₃ carrier of GR was better and stable than that of talc and bentonite carrier. Growth and yield of rice were not affected much by formulations, application rates and rice cultivation methods.

Key words: benzobicyclon; CaCO₃; carrier of granule; formulations; kaolin.

서 언

최근 국내 농업 환경은 빠르게 변화하고 있으며 농업인구의 감소는 농업 환경 변화를 가속화 시키는 가장 큰 요인으로 작용하였는데 1997년에 약 440만이었

던 농업인구는 2010년 기준 약 307만명으로 그 비율이 30% 감소하였다(MIFAFF 2011). 이러한 농업인구의 감소에 따른 고령화 비율과 가구당 재배면적의 증가는 재배적 측면에서 모든 과정을 기계화에 의존하게 되었고 화학적 방제 측면에서 농약사용량의 증가를 초래하

¹ 한국삼공(주) 농업연구소, 576-942 전북 김제시 금구면 콩쥐밭길로 788-22(Hankooksamgong Agricultural Research Center, Gimje 576-942, Korea).

* 연락저자(Corresponding author) : Phone) +82-63-546-6081, Fax) +82-63-546-6085, E-mail) jesong@30agro.co.kr

(Received December 6, 2011; Revised December 13, 2011; Accepted December 16, 2011)

게 되었다. 그중에서도 제초제 사용량의 증가는 선택이 아닌 필수조건이 되었다.

국내 벼 재배농가에서는 일부 특수한 경우를 제외하고 잡초방제의 목적으로 대부분 제초제에 의존하여 왔는데 소량의 약량으로 선택성과 지속성이 뛰어난 특성을 지닌 sulfonylurea(SU)계 제초제는 농민들의 요구사항을 충분히 만족시켜 주었다. 이러한 SU계 제초제는 1986년 bensulfuron-methyl이 최초로 소개된 이후 2009년까지 24년 동안 지속적으로 사용되어졌으며, 그 품목수도 꾸준히 증가하여 2009년 기준 SU계 제초제가 차지하는 비율은 약 76.9%(337품목 중 259품목)이다(KCPA 2010). 이러한 수도용 제초제의 주종을 이루던 SU계 제초제는 앞서 언급한 농업 환경의 변화에 따른 노동력 부족으로 인해 수년간 계속해서 연용할 수 밖에 없는 실정이었고 2004년 이후 국내 수도의 94% 이상의 논에서 ALS저해 제초제를 사용하고 있는 것으로 보고되어졌는데(농촌진흥청 2010), 이는 저항성 잡초발생의 직접적인 원인으로 볼 수 있으며(Itoh 등 1997), “제초제 저항성”이라는 새로운 과제를 안게 되었다.

국내의 제초제 저항성 논잡초는 1998년 충남 서산 간척지의 물옥잠(Park 등 1999)과 1999년 물달개비(Park 등 1999; Kwon 등 2000)를 시작으로 2000년 올챙이고랭이(Ma 등 2002), 2001년 알방동사니(Kuk 등 2003) 등을 포함하여 2009년 기준으로 총 11종이 보고되었다(농촌진흥청 2010). 그리고 저항성 물달개비와 저항성 올챙이고랭이는 그 발생면적이 전국적으로 확산되었으며, 최근에는 SU계 제초제로 방제되지 않는 저항성 피가 충남 서산지역과 전북 김제지역에서 발생되어(Im 등 2009; Park 등 2010) 문제가 되고 있다. 이러한 국내 저항성 잡초의 발생면적은 106,951 ha로서 전국 벼 재배면적의 약 10% 이상을 차지하고 있었으며(농촌진흥청 2010) 현재는 더 증가한 것으로 추측된다. 우리와 비슷한 농업적 환경을 가지고 있는 일본에서도 SU계 제초제 저항성 잡초가 이미 전국적으로 확산되어 있는 상황이다(Kohara 등 1999; Uchino 등 2000). 이러한 제초제 저항성 잡초를 방제하기 위한 약제 개발에 주력하여 benzobicyclon, carfentrazone-ethyl, bromobutide, mesotrione, tefuryltrione 등이 일본 및 국내에서 개발되었다. 상기 약제들은 기본적으로 SU계 제초제 저항성 잡초에 높은 제초활성을 가진 화합물

로서 bromobutide는 사초과잡초인 올챙이고랭이, carfentrazone-ethyl은 광엽잡초인 물달개비에 높은 방제효과를 가지며, benzobicyclon과 tefuryltrione은 동일한 작용기작을 가진 약제로서 사초과잡초와 광엽잡초를 포함한 일년생 및 다년생 잡초의 방제에 효과적이다(BCPC 2009).

Benzobicyclon은 [3-(2-chloro-4-mesylbenzoyl)-2-phenylthiobicyclo[3.2.1]oct-2-en-4-one]이며, 비호르몬 흡수이행형 수도용 제초제로서 작용기작은 4-hydroxyphenyl pyruvate dioxygenase(HPPD) 저해제로서 뿌리와 잎을 통해서 식물체내로 흡수되어 HPPD 효소 활성을 억제시키고 이는 pastoquinone의 생합성을 저해하며 최종적으로 carotenoid의 생합성을 억제하여 신엽의 탈색(bleaching) 및 백화(whitening)현상을 일으켜 수 일내에 식물체를 고사시킨다(Sekino 2002). Benzobicyclon의 제초활성 농도는 200~300g ai ha⁻¹으로 화분과, 사초과 그리고 광엽잡초에 이르기까지 광범위한 스펙트럼 활성을 나타내며, 특히 올챙이고랭이는 최대 5엽(15cm 내외)까지 방제가 가능한 것으로 보고되었다(Komatsubara 등 2009). 이러한 benzobicyclon은 입제(granule : GR)와 액상수화제(suspension concentrate : SC) 및 입상수화제(water dispersible granule : WG)의 제형이 가능하며 현재는 직접처리제(tablets for direct application : DT)를 포함한 다양한 제형이 개발되었다. 현재 이 화합물은 우리나라에서 벼 어린모와 담수직파 논에 사용되고 있으며, 처리시기의 폭이 넓어 어린모의 경우 씨레질 직후~이앙 2일 전, 이앙 후 5~7일(초기), 이앙 후 10~12일(초·중기), 이앙 후 15일(중기)까지 토양수면처리제로 등록되었다(KCPA 2010).

국내에서는 2002년에 처음으로 benzobicyclon SC를 이앙전처리제로 개발시험이 수행되었고, 이후로 2종 및 3종 혼합제로 개발 및 등록되어 2011년 현재 28품목이 등록되었고(KCPA 2011), 농약품목등록시험이 진행 중인 약종수는 33약종에 이른다(자료 미제시). 특이한 사항은 2002년에서 2011년까지 benzobicyclon 혼합제의 다양한 제형을 개발하였으나, 2011년 현재 농약지침서에 등록되어 실제로 사용되고 있는 제형은 총 28품목 중에 입제는 단지 5품목에 불과하다(KCPA 2011). 농업환경의 변화에 따라 농약의 제형도 발전하여 SC나 간편 제형 등이 개발되어 입제 개발이 상대적

으로 감소 추세에 있지만 benzobicyclon 성분은 SC나 DT보다는 GR 제형의 품목수가 적다는 사실을 알 수 있다. 또한 Kim 등(2008)은 benzobicyclon 혼합제 중에서 SC와 DT 제형에서 저항성잡초에 높은 제초활성을 나타낸다고 하였다.

따라서 본 시험은 국내 벼 재배지의 전 분야에서 사용되어지고 있는 benzobicyclon의 단제 및 혼합제의 다양한 제형(formulation)과 GR제형의 증량제(carrier)의 종류에 따른 제초활성을 비교, 평가하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험약제 및 시험포장

본 시험에 사용한 benzobicyclon과 penoxsulam, pyrazosulfuron-ethyl, cafenstrole, imazosulfuron은 각 원제사에서 제공받아 한국삼공(주) 농업연구소 화학팀 제형파트에서 제제하였다. Benzobicyclon의 구조식은 그림 1과 같고 순도는 99% 이상이였다.

시험약제의 제제방법은 표 1과 같이 일반적으로 air mill(100DSM, 대한화학기계)을 이용하여 건식분쇄(dry mill grinding) 한 후 talc를 증량제로 사용하였다. 그리고 약제성분의 평균입경을 작게 하기 위해 perl mill(PML-HV/DRAIS, Germany)을 이용한 습식분쇄(wet mill grinding)를 통하여 제형화한 GR를 시험약제로 사용하였다. 증량제는 talc, bentonite 그리고 kaolin, CaCO₃를 사용하여 두 종류로 제제하였다. GR의 조제 방법은 도말식(coating), 흡착식(impregnation), 조립식

Fig. 1. Structure of benzobicyclon used in this study.

(extrusion)의 세 가지 방법 중 수도재배에서 많이 사용되는 조립으로 하였다.

시험장소는 SU계 제초제 저항성 물달개비 또는 올챙이고랭이가 발생하는 시험포장을 선정하였고, 포트 시험은 올챙이고랭이 종자로 하였다.

Benzobicyclon의 GR, SC, DT의 제초활성

시험약제인 benzobicyclon의 제형간 제초활성을 비교하기 위하여 0.7% GR, 3.5% SC, 8.4% DT를 사용하였다. 포트시험은 와그너 포트(1/5000a)에 논흙을 20cm 높이로 충전하고 관수한 후 씨레질을 하여 SU계 저항성 올챙이고랭이를 50립 수준으로 파종하여 생육시켰으며, 담수심은 4cm를 유지하였다. 약제처리는 올챙이고랭이 2.5엽기(파종 후 9일, 3.5cm) 4엽기(파종 후 15일, 5.0cm)에 ha당 30kg(GR), 5L(SC), 2.5kg(DT)을 각각 수면 처리하였으며, benzobicyclon의 농도는 210g ai ha⁻¹ 이었다. 온실조건은 주간 30±2℃, 야간 18±2℃의 온도조건을 유지하였다. 약효조사는 약제처리 7, 14, 21일후 달관평가(0~100%, 100% : 완전방

Table 1. Manufacturing methods of granule (GR), suspension concentrate (SC), and tablet for direct application (DT) formulations.

Formulation	Granule (GR)		Suspension concentrate(SC)	Tablet for direct application(DT)
Milling method (Machine)	Dry mill grinding (Air mill)	Wet mill grinding ¹⁾ (Perl mill)	Wet mill grinding (Perl mill)	Dry mill grinding (Air mill)
Size distribution	10 μ m	1-2 μ m	1-2 μ m	10 μ m
Carrier	Talc, bentonite /Kaolin, CaCO ₃	Talc, bentonite	Water	Cellulose

¹⁾This method is generally used in SC process. In this case, this method is used in GR process for experiments.

제) 하였고 모든 시험은 3반복으로 수행하였으며, 약효 비교를 위한 무처리구를 두었다.

Benzobicyclon 혼합제의 GR와 SC의 제초활성

시험은 benzobicyclon+imazosulfuron+cafenstrole(이하 BIC) [(4+1.5+6)%] SC와 [(0.7+0.25+1)%] GR간의 제초활성을 비교하기 위하여 실시하였다. 충북 진천의 저항성 올챙이고랭이가 우점한 포장에서 2007년 5월 14일에 썬레질을 하고 5월 18일에 새추청벼(어린모)를 기계이앙하였다. 시험약제의 처리는 이앙 후 15일인 올챙이고랭이 3엽기(4.5cm)에 ha당 5L(SC)와 30kg(GR)을 각각 수면 처리하였다. 시험약제 BIC SC의 농도는 575(200+75+300)g ai ha⁻¹ 이었으며 GR는 585(210+75+300)g ai ha⁻¹이었다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 약효조사는 약제 처리후 35일에 50cm×50cm의 quadrat을 이용하여 시험구내 잡초 발생이 균일한 두 곳의 잡초를 채취하여 본수 및 생체중을 조사 후 1m²로 환산하여 방제가를 구하였다.

Benzobicyclon 혼합제의 DT와 GR의 제초활성

시험은 benzobicyclon+penoxsulam+pyrazosulfuron-ethyl(이하 BPP) [(8.4+0.96+0.84)%] DT와 [(0.7+0.08+0.07)%] GR 간의 제초활성을 비교하기 위하여 시험장소를 전북 김제와 전남 나주 두 곳에서 수행하였다. 첫 번째로 전북 김제의 저항성 올챙이고랭이가 우점한 포장에서 2008년 5월 18일에 썬레질을 하고 5월 25일에 일미벼(어린모)를 기계이앙하였다. 시험약제의 1차 처리는 이앙 후 10일 올챙이고랭이 3엽기(4.0cm)에 ha당 2.5kg(DT)과 30kg(GR)을 각각 수면 처리하였으며, BPP DT와 GR의 농도는 255(210+24+21)g ai ha⁻¹이었

다. 2차 처리는 이앙 후 15일 올챙이고랭이 4.5엽기(6.0cm)에 1차 시험방법에 준하여 처리하였다. 두 번째로 전남 나주 시험포장에서 2008년 5월 18일에 썬레질을 한 후 5월 20일에 남평벼(어린모)를 기계이앙하였다. 약제 처리는 이앙 후 15일인 올챙이고랭이 3.7엽기(5.0cm)에 DT를 ha당 2.5kg을 수면 처리하였으며, 약효 비교를 위하여 benzobicyclon 혼합제 SC와 carfentrazone-ethyl 혼합제 GR를 동시에 처리하였다. BPP DT의 농도는 255(210+24+21)g ai ha⁻¹이었다. 모든 시험은 3반복으로 수행하였으며, 약효조사는 약제 처리 후 30일~40일 사이에 50cm×50cm의 quadrat을 이용하여 시험구내 잡초 발생이 균일한 2곳의 잡초를 채취하여 본수 및 생체중을 조사 후 1m²로 환산하여 방제가를 구하였다. 전남 나주 시험포장에서 수행한 시험은 약제처리 후 10일 간격으로 40일까지 약효를 달관평가 하였다.

Benzobicyclon 혼합제의 평균입경 및 증량제에 의한 제초활성 특성

시험은 BPP[(0.7+0.08+0.07)%] GR의 제제시 분쇄 방법에 따른 평균입경(particle size) 차이와 증량제인 talc, bentonite와 kaolin, CaCO₃의 처방 차이에 따른 제초활성을 비교하기 위하여 실시하였으며, 시험에 사용한 GR는 모두 4가지 종류이었다. 첫 번째는 일반적인 조립식 GR의 제조과정을 거쳐 제형화한 GR로서 최초로 benzobicyclon과 penoxsulam, pyrazosulfuron-ethyl 3가지 원제를 air mill을 이용하여 건식분쇄 한 후 물과 증량제인 talc와 bentonite를 고루 교반하여(8 : 2, v/v) 압출기로 제형화하였다(GR- I). 두 번째는 benzobicyclon 성분의 평균입경을 작게 한 GR로서

Table 2. Effect of particle sizes and carriers of BPP GR on herbicidal activity in paddy fields.

Herbicide	Type	Formulation method				
		Machine	Grinding method	Particle size (μm)	Screen size (mm)	Carrier
BPP GR ¹⁾	GR- I	Air mill	Dry mill	10	1.0	Talc, bentonite
	GR- II	Perl mill	Wet mill	1-2	1.0	Talc, bentonite
	GR-III	Air mill	Dry mill	10	1.0	Kaolin, CaCO ₃
	GR-IV	Air mill	Dry mill	10	0.7	Talc, bentonite

¹⁾Benzobicyclon+penoxsulam+pyrazosulfuron-ethyl granule, Dosage : (210+24+21)g ai ha⁻¹.

penoxsulam과 pyrazosulfuron 원제는 air mill을 이용하여 분쇄한 후 benzobicyclon 성분만 perl mill을 이용하여 습식분쇄 하여 혼합한 후 talc와 bentonite를 증량제로 사용하여 제형화하였다(GR-II). 세 번째는 증량제의 종류를 다르게 하여 제형화한 GR로서 분쇄방법은 첫 번째 GR와 동일하지만 증량제를 talc와 bentonite 대신 kaolin과 CaCO₃를(7 : 2, v/v) 사용하였다(GR-III). 네 번째는 GR의 평균 외형의 크기를 작게 한 GR로서 일반적인 GR의 제조과정을 거쳐 마지막 단계인 조립시 스크린 사이즈를 기존의 직경 1mm 보다 작은 직경 0.7mm로 하여 제형한 GR이다(GR-IV). 각 시험에 사용한 GR의 제제방법은 표 2와 같다.

상기 방법으로 제형화한 GR를 SU계 제초제 저항성 잡초가 발생하는 두 지역에서 시험을 수행하였다. 첫 번째는 전북 김제의 저항성 물달개비가 우점한 담수직과 재배포장에서 2009년 5월 10일 씨레질을 한 후 5월 14일에 일미벼를 50kg ha⁻¹ 수준으로 파종하였고, 담수심은 5cm로 유지하였다. 약제처리는 파종 후 15일 물달개비 3.7(4.5cm)엽기에 4가지 종류의 BPP[(0.7+0.08+0.07)%] GR를 각각 수면 처리하였다. 두 번째는 전북 김제(죽산)의 저항성 올챙이고랭이가 우점한 어린모 기계이앙 재배포장에서 2009년 5월 22일 씨레질을 한 후 5월 25일에 호품벼를 기계이앙하였다. 약제처리는 이앙 후 15일 올챙이고랭이 3.7엽기(6.0cm)에 상기와 동일한 방법으로 처리하였으며, BPP[(0.7+0.08+0.07)%] GR의 농도는 255(210+24+21)g ai ha⁻¹이

었다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 약효조사는 약제처리 후 30~40일에 50cm×50cm의 quadrat을 이용하여 시험구내 잡초 발생이 균일한 2곳의 잡초를 채취하여 본수 및 생체중을 조사 후 1m²로 환산하여 방제가를 구하였다.

결과 및 고찰

Benzobicyclon의 GR, SC, DT의 제초활성

시험약제를 저항성 올챙이고랭이 2.5엽기(3.5cm)에 처리후 7일에 조사시 GR 처리구는 경미한 생육억제 증상이 관찰되었으나, SC와 DT는 70% 이상의 생육억제를 보이는 동시에 백화현상이 뚜렷하게 발현되었다. 약제처리 후 21일에는 SC와 DT 처리구는 백화 후 고사되었으나, GR 처리구는 백화증상이 발현되어 올챙이고랭이의 엽끝이 고사하거나 일부 개체가 고사하였으나, 나머지는 재생하는 경향이였다. 저항성 올챙이고랭이 4엽기(5.0cm)에 처리시 약제처리 후 7일에 모든 제형에서 백화현상이 관찰되었고, 처리후 21일에는 SC와 DT 처리구는 완전 고사되지는 않았지만, 그 억제 정도가 92% 내외였다. 그러나 GR는 70% 수준으로 낮았다(표 3). Benzobicyclon GR 처리 후 21일의 제초활성을 비교해 보면 2.5엽기와 4엽기의 방제효과는 85%와 80% 수준으로 그 차이는 5% 이내였고 4엽기 처리시에는 백화 및 엽고 증상 후 전 개체가 고사하지

Table 3. Herbicidal effect of benzobicyclon formulations (Dosage 210g ai ha⁻¹) and application times on control of SU-resistant biotype of *Scirpus juncoides*.

Herbicide	Application timing (Leaf stage/Height)	Weeding efficacy (%)		
		7 DAA ²⁾	14 DAA	21 DAA
Benzobicyclon GR ¹⁾	2.5/2.0cm	60 ³⁾	75	85
	4.0/4.5cm	60	65	70
Benzobicyclon SC	2.5/2.0cm	70	85	97
	4.0/4.5cm	65	75	92
Benzobicyclon DT	2.5/2.0cm	70	85	98
	4.0/4.5cm	65	75	93

¹⁾GR : granule, SC : suspension concentrate, DT : tablet for direct application.

²⁾Days after application.

³⁾Visual scale 0-100, 0 : no weed control, 100 : completely control.

않고 재생하는 경향을 보였다. 또한 SC와 DT의 제초 활성은 95% 이상으로서 동일한 수준으로 판단되었다.

따라서 benzobicyclon의 GR, SC, DT 제형간에 제초 활성 차이가 있는 것을 확인하였는데, 이들 시험약제의 평균입경을 비교해보면, GR는 약 $10\mu\text{m}$ 수준이고, SC는 $2\mu\text{m}$ 이하로 benzobicyclon의 평균입경이 작을수록 수중에서의 유효성분의 용출속도가 빨라 약효발현에 있어 유리할 것으로 생각되었다. 하지만 GR와 평균입경이 동일한 benzobicyclon DT의 제초활성이 높게 나타난 이유는 DT 자체가 가지고 있는 빠른 확산성이 주요한 원인으로 사료된다.

Benzobicyclon 혼합제의 DT와 SC의 제초활성

시험약제인 benzobicyclon+imazosulfuron+carfenstrole (BIC) GR와 SC를 저항성 올챙이고랭이 3엽기(4.0cm)에 처리 후 35일에 제초활성은 표 4와 같다. 시험약제인 BIC SC는 저항성 올챙이고랭이와 저항성 물달개비에 대한 방제가는 100%로 나타났으나 GR는 85%와 89%로 그 차이는 10% 이상이였다. 또한 benzobicyclon 유효성분이 SC가 GR 보다 10g ai ha^{-1} 적게 포함되어 있는 점을 고려 했을시 SC의 제초활성이 높게 나타난 것은 제형간의 활성차이가 분명히 존재한다고 할 수 있었다. 이러한 benzobicyclon 혼합제의 GR와 SC의 제형간의 제초활성 차이는 두 제형의 평균입경의 차이, 즉 유효성분인 benzobicyclon의 평균입경이 작을수록 제초활성이 높게 나타난 것으로 사료된다.

Table 4. Herbicidal efficacy of BIC as affected by different formulation herbicide treatments at 15 days after transplanting.

Herbicide	Dosage (g ai ha ⁻¹)	Weeding efficacy (%)	
		MONVP ²⁾	SCIJU
BIC SC ¹⁾	200+75+300	100 ³⁾	100
BIC GR	210+75+300	89	85

¹⁾BIP SC : benzobicyclon+imazosulfuron+carfenstrole suspension concentrate; BIC GR : benzobicyclon+imazosulfuron+carfenstrole suspension granule.

²⁾MONVP : *Monochoria vaginalis* Presl.; SCIJU : *Scirpus juncooides* Roxb.

³⁾The value represents % of control by weed sampling at 35 days after application.

Benzobicyclon 혼합제의 DT와 GR의 제초활성

전북 김제(죽산)의 저항성 올챙이고랭이가 우점한 시험포장에서 시험약제인 BPP DT와 GR를 이앙 후 10일에 처리시 저항성 올챙이고랭이에 대한 제초활성은 그 방제가가 99.2%와 94%로 매우 높았다. 하지만 이앙 후 15일에 처리시 DT의 제초활성은 이앙 후 10일 처리와 동일한 수준의 방제가를 보이고 있으나 GR는 그 효과가 10% 낮았다(표 5). 이러한 GR와 DT의 제초활성은 저항성 물달개비에서도 동일한 경향을 보였는데 저항성 물달개비 2엽기와 3.5엽기 두 처리시기에서 DT는 방제가 95% 이상의 높은 제초활성을 나타내었고 대조약제인 carfentrazone-ethyl 혼합제와 동일한 수

Table 5. Herbicidal efficacy of BPP as affected by different formulation herbicide treatments to control of SU-resistant biotype of *Scirpus juncooides* at 10 and 15 days after transplanting.

Herbicide	Dosage (g ai ha ⁻¹)	Application timing (Leaf stage/Height)	Weeding efficacy (%)
BPP DT ¹⁾	210+24+21	3.0/4.0cm	99.2 ³⁾
		4.5/6.0cm	98.4
BPP GR	210+24+21	3.0/4.0cm	94.0
		4.5/6.0cm	80.5

¹⁾BPP DT : benzobicyclon+penoxsulam+pyrazosulfuron-ethyl tablet for direct application; BPP GR : benzobicyclon+penoxsulam+pyrazosulfuron-ethyl granule.

²⁾SU-resistant biotype of *Scirpus juncooides* Roxb.

³⁾The value represents % of control by weed sampling at 35 days after application.

Table 6. Herbicidal efficacy of BPP as affected by different formulation herbicide treatments at 15 days after transplanting.

Herbicide	Dosage (g ai ha ⁻¹)	Weeding efficacy (%)	
		MONVP ²⁾	SCIJU
BPP DT ¹⁾	210+24+21	93	98
BIP SC	200+75+30	98	97
CIP GR	75+75+30	96	-

¹⁾BPP DT : benzobicyclon+penoxsulam+pyrazosulfuron-ethyl tablet for direct application; CIP GR : carfentrazone+ethyl+imazosulfuron+pyriminobac-methyl; BIP SC : benzobicyclon+imazosulfuron+pyriminobac-methyl suspension concentrate.

²⁾MONVP : *Monochoria vaginalis* Presl.; SCIJU : *Scirpus juncoides* Roxb..

³⁾Visual scale 0-100, 0 : no weed control, 100 : completely control. The value represents visual rating at 40 days after application.

준의 살초력을 확인하였다(자료 미제시).

전남 나주 시험포장의 시험결과를 살펴보면(표 6), BPP DT를 이앙 후 15일에 처리하여 40일 후에 달관 조사시 저항성 물달개비와 올챙이고랭이에 대한 방제가는 93%와 98%로 높은 제초효과를 보였으며, BIP SC와 동일한 수준이었다. 또한 저항성물달개비에 높은 살초력을 지닌 carfentrazone-ethyl 혼합제 GR와도 대등한 수준이었다. 앞의 결과들을 미루어 볼 때

benzobicyclon 혼합제 DT는 이앙 후(파종 후) 10일과 15일의 두 처리시기에서 안정적이고 높은 제초활성을 보인 반면, GR는 이앙 후(파종 후) 15일 처리시에는 제초효과가 감소하는 경향을 보였다. 여기서 DT와 GR의 제제과정은 두 제형 모두 air mill을 사용한 건식 분쇄 과정을 거쳤기 때문에 앞 시험과는 달리 유효성분인 benzobicyclon의 평균입경은 동일하다고 볼 수 있다. 하지만 DT는 cellulose를 증량제로 사용하였고(표 1), GR는 talc와 bentonite를 증량제로 사용하였다는 점이 다르다. 두 제형의 제초활성의 차이는 증량제에 의한 차이보다는 수중조건에서의 확산성에 의한 차이가 그 원인일 것으로 판단되었는데, 약제 처리시 DT는 수면부상 후 확산되면서 유효성분이 5-7 분 이내에 신속하게 용출되는 반면, GR는 논 토양바닥에 가라앉아 서서히 수중에 용출된다는 점이다. 따라서 benzobicyclon의 평균입경의 크기는 동일하지만 물리적인 확산력에 의해서 제초활성이 차이가 나는 것으로 사료된다.

Benzobicyclon 혼합제의 평균입경 및 증량제에 의한 제초활성 특성

혼합제의 성분 중 benzobicyclon의 분쇄방법을 다르게 하여 평균입경이 서로 다른 GR와 증량제의 종류가 다른 GR의 제초활성을 비교하기 위하여 저항성잡초가 발생하는 두 시험포장에서 시험을 수행하였다. 첫

Table 7. Weeding Efficacy of particle sizes and carriers of BPP GR to SU-resistant biotype of *Monochoria vaginalis* in direct water-seeded rice fields.

Herbicide	Dosage (g ai ha ⁻¹)	Type	Weeding efficacy (%)		
			ECHCR ³⁾	MONVP	ELEKU
BPP GR ¹⁾	210+24+21	GR- I ²⁾	100 ⁴⁾	84.2 a ⁵⁾	82.6
		GR- II	100	99.8 b	86.3
		GR-III	100	100 b	86.1
		GR-IV	100	85.6 a	88.7

¹⁾Benzobicyclon+Penoxsulam+Pyrazosulfuron-ethyl granule.

²⁾See table 1.

³⁾ECHCR : *Echinochloa crus-galli*(L.) P. Beauv; MONVP : SU-resistant biotypes of *Monochoria vaginalis* Presl.; ELEKU : *Eleocharis kuroguwai* Ohwi.

⁴⁾The value represents % of control by weed sampling at 40 days after applications.

⁵⁾Means within a column followed by the same letters are not significantly different at 5% level according to Duncan's method.

Table 8. Weeding Efficacy of particle sizes and carriers of BPP GR to SU-resistant biotypes of *Scirpus juncoides* Roxb. in paddy fields.

Herbicide	Dosage (g ai ha ⁻¹)	Type	Weeding efficacy		
			Number of plants (Individuals/m ²)	Fresh weight (g/m ²)	Weeding effect (%)
BPP GR ¹⁾	210+24+21	GR- I ²⁾	29.3 ³⁾ a ⁴⁾	41.8	91.2
		GR- II	1.0 b	0.6	99.9
		GR-III	4.0 b	4.9	99.0
		GR-IV	23.3 a	40.7	90.2

¹⁾Benzobicyclon+Penoxsulam+Pyrazosulfuron-ethyl granule.²⁾See table 1.³⁾The value represents number of plants sampled in 1m² square at 35 days after applications.⁴⁾Means within a column followed by the same letters are not significantly different at 5% level according to Duncan's method.

번째는 전북 김제의 담수직과 재배포장에서 저항성 물달개비의 반응성을 조사한 결과, 건식분쇄 과정 (benzobicyclon의 평균입경=10 μ m)을 거쳐 증량제를 talc와 bentonite를 사용하여 제형화한 GR- I 은 84.2%의 방제효과를 보였고, 습식분쇄 과정을 거쳐 제형화한 GR- II (benzobicyclon의 평균입경=2 μ m)와 증량제를 CaCO₃ 와 kaolin을 사용하여 제형화한 GR-III 처리구의 방제가가 99.8%와 100%로 매우 높았다(표 7). 또한 BPP GR의 스크린 사이즈를 0.7mm로 압출한 GR-IV는 85.6% 로 1mm로 압출한 GR와 유의성 차이는 인정되지 않았다. 또한 4가지 타입의 입제에서 피는 100%, 올방개는 80% 이상의 방제효과를 나타내었는데 이는 혼합제의 성분중 penoxsulam과 pyrazosulfuron-ethyl 성분에 의한 약효가 주요한 것으로 사료된다.

두 번째는 전북 김제(죽산)의 어린모 기계이앙 재배 포장의 저항성 올챙이고랭이에 대한 약효반응은 앞선 시험포장과 동일한 경향이였다(표 8). 습식건쇄 과정을 거친 GR- II 와 증량제가 CaCO₃ 와 kaolin인 GR-III의 제초활성이 99% 이상으로 매우 높았다. 반면, GR- I 과 스크린 사이즈를 0.7mm로 압출한 GR-IV의 방제효과는 91.2%와 90.2%로 높았지만, 앞선 두 GR(GR- II, GR-III)와 비교시 개체의 본수에 있어서는 그 차이가 20분 이상으로 유의성 있는 차이를 보였다.

따라서 benzobicyclon을 습식분쇄하여 제형화한 GR- II 와 증량제를 CaCO₃ 와 kaolin을 사용한 GR-III가 benzobicyclon을 건식분쇄하여 증량제를 talc와 bentonite를 사용한 GR- I 보다 제초활성이 높은 것을

알 수 있었다. Benzobicyclon 성분을 습식분쇄하여 제형화한 GR- II 의 제초활성이 높은 이유는 benzobicyclon 성분의 평균입경이 작아 유효성분의 용출이 신속하게 이루어졌기 때문인 것으로 해석되었고 이는 앞선 시험에서 benzobicyclon SC가 GR보다 제초활성이 높았다는 것과 동일한 원인으로 생각되었다. 그렇지만 모든 제초제의 평균입경을 작게 제형화한다고 해서 제초활성이 높아지는 것은 아니다. 물론 평균입경이 작아지면 수중에서의 용출은 보다 신속하게 이루어 질 것으로 예상되지만 화합물의 종류에 따라 평균입경에 상관없이 용출이 잘 이루어지는 화합물들이 있기 때문이다. 이러한 용출성은 화합물의 수용해도와 직접적인 관련이 있는데 수용해도가 낮을수록 평균 입경이 작아야 수중에서의 용출이 잘 이루어지는 것으로 보여지는데 benzobicyclon의 수용해도는 0.052mg L⁻¹로서 bromobutide 10mg L⁻¹와 mesotrione 160mg L⁻¹에 비해서 매우 낮은 것을 알 수 있다.

다음으로 증량제의 종류에 따른 GR의 제초활성을 비교하면 일반적인 GR의 제조과정(건식분쇄)을 거쳐 증량제를 talc와 bentonite 대신 CaCO₃와 kaolin을 사용하여 제형화한 GR-III의 제초활성은 SC의 제조과정(습식분쇄)을 거쳐 제형화한 GR- II 와 동일한 수준이었다. 이는 benzobicyclon 성분의 용출에 있어 증량제가 중요한 영향을 미치는 것으로 해석되었다. 증량제인 CaCO₃와 kaolin이 benzobicyclon의 유효성분의 용출에 있어 유리하게 작용한다는 것이다. 이러한 원인은 증량제인 CaCO₃와 kaolin은 benzobicyclon에 약하

게 결합되어 있어 수중에서 용출이 빠르고 쉽게 이루어지는 반면에 talc와 bentonite는 benzobicyclon에 강하게 결합되어 있어 용출이 잘 이루어지지 않는 것으로 설명할 수 있다.

요 약

Benzobicyclon은 HPPD활성을 억제하여 plastoquinone의 생합성을 저해하며 최종적으로 carotenoid 합성을 억제하고 대상잡초는 백화현상(bleaching)을 거쳐 고사하게 된다. 본 시험은 저항성잡초에 대한 benzobicyclon의 제형별, 증량제 종류별 제초활성을 비교하기 위하여 실시하였다. 포트 시험에서 SU계 제초제 저항성 올챙이고랭이에 대한 benzobicyclon의 제형별 제초활성은 SC가 GR보다 높게 나타났고 이러한 결과는 시험포장에서 동일하였는데, 이는 SC의 평균입경이 GR보다 작기 때문이다. 또한 평균입경이 동일한 benzobicyclon 혼합제의 DT와 GR간의 제초활성은 차이는 용출속도에 의해 차이가 나타났다. Benzobicyclon 혼합제 GR를 분쇄방법을 통해 유효성분의 평균입경을 각각 다르게 하여 제초활성을 비교시 습식분쇄를 거쳐 평균입경을 작게 한 GR-II의 제초활성이 높았다. 또한 건식분쇄를 거쳐 증량제를 talc와 bentonite로 사용한 GR-I보다 증량제를 CaCO₃와 kaolin을 사용한 GR-III의 제초활성이 10% 높았다. Benzobicyclon 성분을 습식분쇄하여 제형화한 GR의 제초활성이 높은 이유는 benzobicyclon 성분의 평균 입경이 작아 유효성분의 용출이 신속하게 이루어졌기 때문이고, 증량제의 종류에 따른 용출 차이는 benzobicyclon의 광물질의 종류에 따라 흡착(결합)력이 다르기 때문이다. Benzobicyclon 혼합제의 스크린 사이즈가 1mm인 GR-I와 0.7mm인 GR-IV간의 효과차이는 10% 이내이었다.

인 용 문 헌

- British Crop Production Council (BCPC). 2009. Pesticide Manual. 15th ed. Latimer Trend & Co., Plymouth p. 96.
- Itoh K., A. Uchino, G. X. Wang and S. Yamakawa. 1997. Distribution of Linderia spp. resistant biotype to sulfonylurea herbicides in Yuza town, Yamagata prefecture. J. Weed Sci., Tech. 42 (Suppl.) 22-23 (In Japan).
- Kim, K. H., S. W. Oh, O. G. Lee, I. C. Hwang and C. S. Yoon. 2008. Efficacy against benzobicyclon mixtured herbicides with particle size difference. Korean J. Weed Sci. (sub.) 28(1):39.
- Kohara, H., K. Konno and M. Takekawa. 1999. Occurrence of sulfonylurea-resistant biotypes of *Scirpus juncoides* Roxb. var. *ohwianus* T. Koyama in paddy fields of Hokkaido prefecture, Japan. J. Weed Sci. & Tech. 44(3):228-235.
- Komatsubara, K., K. Sekino, Y. Yamada, H. Koyanagi and S. Nakahara. 2009. Discovery and development of a new herbicide, benzobicyclon. J. Pestic. Sci. 34(2):113-114.
- Korea Crop Protection Association (KCPA). 2010. 2010 Guide book of using the agrochemicals. Sam Jeong Press Co., Seoul. 1199 p.
- Korea Crop Protection Association (KCPA). 2011. 2011 Guide book of using the agrochemicals. Sam Jeong Press Co., Seoul. 1309 p.
- Kwon, O. D., S. J. Koo, J. S. Kim, D. J. Lee, T. S. Park, H. J. Lee, Y. I. Kuk and J. O. Guh. 2000. Herbicide response and control of sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria vaginalis* in paddy fields in Chonnam province, Korea. Korean J. Weed Sci. 20(1):46-62.
- Im, S. H., M. W. Park, M. J. Yook and D. S. Kim. 2009. Resistance to ACCase inhibitor cyhalofop-butyl in *Echinochola crus-galli* var. *crus-galli* collected in Seosan, Korea. Korean J. Weed Sci. 29(2):178-184.
- Ma, S. Y., S. L. Ko and S. S. Han. 2002. Resistance of a *Scirpus juncoides* Roxb. biotype to sulfonylurea herbicides. Korean J. Weed Sci. 22(4):334-342.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2011. 2011 Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Major Statistics. pp.260-263.
- Park, T. S., B. I. Ku, S. K. Kang, M. K. Choi, H. K.

- Park, K. B. Lee and J. K. Ko. 2010. Response of the resistant biotype of *Echinochloa oryzoides* to ACCase and ALS inhibitors, and effect of alternative herbicides. Korean J. Weed Sci. 30(3):291-299.
- Park, T. S., C. S. Kim, J. E. Park, Y. K. Oh, and K. U. Kim. 1999. Sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria korsakowii* in reclaimed paddy fields in Seosan, Korea. Korean J. Weed Sci. 19(4):340-344.
- Park, T. S., O. D. Kwon, C. S. Kim, J. E. Park and K. U. Kim. 1999. Appearance of resistant biotype of *Monochoria vaginalis* to sulfonylurea herbicides in paddy fields of Korea. Korean J. Weed Sci. (sub.) 19(2):71-73.
- Sekino, K. 2002. Discovery study of new herbicides from the Inhibition of photosynthetic pigments biosynthesis (Development of a new plastoquinone biosynthetic inhibitor, benzobicyclon as a herbicide). J. Pestic. Sci. 27:388-391.
- Uchino, A., G. X. Wang and K. Itoh. 2000. Sulfonylurea resistant biotypes of *Lindernia* species in the Tohoku region and their response to several herbicides. Weed Res. (Japan) 45(1):13-20.
- 농촌진흥청. 2010. 제초제 저항성잡초의 효율적인 관리(워크숍). 농촌진흥청. 수원. pp. 30-36.