

애기수영의 화학적 방제를 위한 제초제 선발 및 선발 제초제의 살초효과

김성문^{1*} · 김용호² · 황기환² · 안문섭³ · 허장현² · 한대성²

¹강원대학교 농업과학연구소, ²강원대학교 농화학과, ³강원도 농업기술원

요약 : 본 실험의 목적은 강원도 고냉지 목초지에 크게 발생하고 있는 외래잡초 애기수영을 방제할 수 있는 토양처리 및 경엽처리 제초제를 실내실험을 실시하여 선발하고, 포장실험을 통하여 그 약효를 검증하는데 있다. 토양처리 제초제인 pendimethalin, simazine, alachlor, metolachlor, ethalfuralin은 실내실험시 애기수영에 대한 방제효과가 거의 없었다($P=0.05$). 그러나 경엽처리 제초제인 glufosinate, paraquat, glyphosate, glyphosate + 2,4-D, dicamba, mecoprop, 2,4-D, bentazone은 처리 2주 후 애기수영에 대해 60% 이상의 살초효과를 보였다. 이들 중 살초효과가 좋았던 옥신타입 제초제, dicamba와 2,4-D의 처리시기를 알기 위하여 엽기가 다른 애기수영에 처리한 결과, 두 옥신타입 제초제의 살초효과는 엽기와 관련이 없었다. 강원도 고냉지에 위치한 풍전목장에서 경엽처리 제초제들의 살초효과를 검증한 결과, 애기수영은 glufosinate 1.44 kg a.i. ha⁻¹, glyphosate 3.28 kg a.i. ha⁻¹, dicamba 0.96 kg a.i. ha⁻¹, mecoprop 2.50 kg a.i. ha⁻¹ 살포시 처리 4주 후 80% 이상 방제되었다. 본 실험의 결과들은 비선택성 제초제인 glufosinate와 glyphosate, 그리고 선택성 제초제인 dicamba와 mecoprop을 이용하여 강원도 고냉지 목초지에서 문제가 되고 있는 애기수영을 방제할 수 있다는 점을 보여주고 있다.(1999년 8월 14일 접수, 1999년 9월 30일 수리)

Key words : alachlor, bentazone, dicamba, ethalfuralin, glufosinate ammonium, glyphosate + 2,4-D, glyphosate, 2,4-D, imazaquin, mecoprop, metolachlor, paraquat dichloride, pendimethalin, simazine, red sorrel, *Rumex acetosella*, red clover, *Trifolium pratense*, orchardgrass, *Dactylis glomerata*.

서론

애기수영(*Rumex acetosella* L.)은 유럽이 원산인 마디풀과(Polygonaceae)에 속하는 다년생 초본으로 자웅이주 식물이며, 종자로 뿐만 아니라 지하뿌리으로도 왕성하게 번식한다. 잎은 창검모양으로 길이 3~5cm, 폭 1~2cm로 피침형 혹은 타원형이며, 꽃은 홍록색의 단성화로 원추화서를 이루며 5~9월에 피는데 꽃받침은 6개이고 꽃잎은 없다. 수꽃에는 6개의 수술이, 암꽃에는 3개의 암술이 있다. 한방에서는 애기수영의 뿌리를 소산모(小酸模)라고 하며, 청열양혈(淸熱涼血) 작용과 항암, 폐결핵, 객혈 등에 사용되고 있다(최, 1997). 애기수영의 약리작용은 캐나다에서도 오래 전부터 알려져 있었으며, 현재는 암치료 대체약품인 ESSIAC[®]의 한 구성분으로 사용되고 있다(Chan 등, 1998). 이러한 약리효능을 가지고 있는 애기수영을 가축이 다량 섭취했을 경우, 식물체내에 함유되어 있는 옥살산(oxalic acid)이 옥살산-칼슘 킬레이트를 형성하거나 혹은 칼슘부족을 유발하여 가축을 치사시키는 것으로 알려져 있다(Cooper와 Johnson, 1984).

목초종자와 함께 우리 나라로 유입된 것으로 추정되는 외래잡초인 애기수영이 최근 강원도 고냉지 대관령 목초

지에 크게 발생하여 목초생산성을 급격하게 감소시키고 있는 것으로 보고되었다. 대관령지역에 조성되어 있는 약 3천ha 목초지의 1/4~1/3이 애기수영으로 인해 황폐화되고 있으며, 이로 인한 경제적인 손실만 연간 약 60억원 정도에 이르는 것으로 추산되고 있다(김 등, 1999). 이와 같은 피해에도 불구하고 애기수영을 효과적으로 방제할 수 있는 방법의 미비로 많은 목축농가에서는 방제를 거의 포기한 실정이다.

애기수영을 방제하는데 dicamba와 glyphosate의 약효가 연구되었지만(박, 1997; 박 등, 1997) 연평균 기온이 매우 낮고, 강우가 많은 독특한 기후의 강원도 고냉지에서는 그 약효가 입증되어 있지 않다.

본 실험의 목적은 목초지의 외래잡초 애기수영 방제용 토양처리 제초제와 경엽처리 제초제를 선발하는데 있다. 실내실험을 통해 5종의 토양처리 제초제와 9종의 경엽처리 제초제를 애기수영과 몇몇 목초종에 살포한 후 나타난 약효·약해로부터 8종의 제초제를 선발하였고, 선발된 제초제에 대해 4주 포장실험을 실시하였다. 본 실험은 농가에서 제초제 처리 직후 목초를 파종하여 목초가 4주 후 애기수영보다 빠르게 성장하여 목초지에서 우점할 수 있다는 추정하에 수행되었다. 본 실험의 결과들은 dicamba와 mecoprop은 효과적인 애기수영 방제용 선택성 제초제로, glyphosate와 glufosinate는 비선택성 제초제로 사용될 수

*연락처

있음을 시사하며, 저자들은 본 연구를 통하여 선발된 제초제들이 실제 강원도 고냉지 목초지에서 적용될 수 있는지에 대한 확대 포장실험을 진행 중에 있다.

재료 및 방법

식물 재료

애기수영의 종자와 뿌리는 1998년 10월 대관령 풍전목장(강원도 평창군 도암면 황계3리 14-104)에서 채취하였다. 채취한 종자는 실험실로 운반, 4°C 암조건의 저온저장고에 보관하였으며, 뿌리는 흐르는 물에 5분동안 세척하여 토양을 제거한 후 4°C 암조건의 저온저장고에 보관하였다. 목초인 레드클로버(red clover, *Trifolium pratense* L.)와 오차드그라스(orchardgrass, *Dactylis glomerata* L.)종자는 농촌진흥청 축산기술연구소에서 분양받아 실험재료로 사용하였다.

토양처리 제초제 선발

상토(TKS-2, Floragard Co., Germany)를 채운 사각 플라스틱 포트(17×6×6cm)에 애기수영, 레드클로버, 오차드그라스 종자 각각 20립을 줄뿌림 파종하였다. 애기수영 및 목초 종자 위에 약 1cm 정도 상토로 복토하였다. 파종 3일 후, 5종의 토양처리 제초제를 CO₂ sprayer(R&D Sprayers Inc., Opelousas, U.S.A.)를 이용하여 토양에 살포하였다. CO₂ sprayer의 압력은 40Mpa이었고, 노즐은 8002 flat fan type을 사용하였다.

처리된 제초제는 모두 시중에서 구입하였으며, 제초제의 일반명, 상품명, 처리량은 다음과 같다. Pendimethalin (스토프®, 500 ml/100 L/10 a), simazine (씨마진®, 200 g/120 L/10 a), alachlor (라쏘®, 250 ml/100 L/10 a), metolachlor (듀일®, 4 kg/10 a), ethalfluralin (쏘나란®, 300 ml/100 L/10 a). 실험은 3반복으로 2회 실시하였고, 반복 처리구는 completely randomized design에 따라 배치하였다.

제초제 처리 4주 후, 애기수영과 목초에 대한 약효·약해를 미국잡초학회의 0~100 단위체계에 따라 달관조사하였다(구 등, 1995). 작물약해는 0을 무해, 10~30을 약해, 40~50을 중해, 70~90을 심해, 100을 완전해로 평가하였으며, 약해, 중해, 심해의 경우 그 약해정도에 따라 다시 3단계로 구분하였다. 잡초살초효과는 0을 무방제, 10~30을 소방제, 40~60을 중방제, 70~90을 대방제, 그리고 100을 완전방제로 평가하였으며, 소방제, 중방제, 대방제의 경우 그 방제정도에 따라 다시 3단계로 구분하였다.

달관조사의 결과는 SAS general linear model procedure(Statistical Analysis Systems Institute, Cary, U.S.A.)를 이용하여 통계분석되었다.

경엽처리 제초제 선발

토양처리 제초제 선발 실험에서와 같이 애기수영 뿌리절편 2개와 목초종자 20립을 사각 플라스틱 포트에 이식 또는 파종하였다. 애기수영과 목초 유묘가 5~6엽기에 도달하였을 때, 9종의 경엽처리 제초제를 CO₂ sprayer를 이용하여 토양처리 제초제 선발실험에서 언급한 것과 동일한 방법으로 경엽에 살포하였다. 처리된 제초제는 모두 시중에서 구입하였으며, 제초제의 일반명, 상품명, 처리량은 다음과 같다. Paraquat (그라목손®, 300 ml/120 L/10 a), bentazone (뱃사그란®, 400 ml/120 L/10 a), mecoprop (MCP® 500 ml/150 L/10 a), imazaquin (톤-앞®, 400 ml/200 L/10 a), glyphosate + 2,4-D (랜드마스타®, 300 ml/80 L/10 a), glyphosate (라운드업®, 800 ml/80 L/10 a), 2,4-D (이사디아민염®, 70 ml/100 L/10 a), glufosinate (바스타®, 800 ml/120 L/10 a), dicamba (반벨®, 200 ml/150 L/10 a). 제초제 처리 7일 후, 애기수영과 목초 지상부에 나타난 약효·약해를 달관조사하였으며, 애기수영과 목초의 지상부를 수확하여 생체중을 측정하였다. 작물약해와 잡초살초효과에 대한 달관조사 방법과 달관조사로부터 얻어진 결과분석은 토양처리 제초제의 선발실험 항목에 기술되어 있는대로 실시하였다. 실험은 각 제초제당 3반복으로 2회 실시하였으며, 반복 처리구는 completely randomized design에 따라 배치하였다.

경엽처리 제초제의 처리 시기

경엽처리 제초제 선발 실험에서와 동일한 방법으로 한 포트 당 애기수영 뿌리절편 5개를 1주 간격으로 파종 혹은 이식하였다. 애기수영 유묘를 1~3엽기, 4~5엽기, 6~10엽기, 11~15엽기로 구분하여 경엽처리 제초제인 2,4-D와 dicamba를 포장처리량 살포하였다. 제초제는 CO₂ sprayer를 이용하여 토양처리 제초제 선발실험에 언급되어 있는 것과 동일한 방법으로 살포하였다. 제초제 처리 7일 후, 애기수영과 목초 지상부에 나타난 약효·약해를 달관조사하였으며, 애기수영과 목초의 지상부를 수확하여 생체중을 측정하였다. 작물약해와 잡초살초효과에 대한 달관조사 방법과 달관조사로부터 얻어진 결과분석은 토양처리 제초제의 선발실험 항목에 기술되어 있는대로 실시하였다. 실험은 각 제초제당 3반복으로 2회를 실시하였으며, 반복 처리구는 completely randomized design에 따라 배치하였다.

포장실험

경엽처리 제초제 중 약효가 뛰어난 선택성 제초제 4종과 비선택성 제초제 4종을 1999년 6월 18일 강원도 대관령에 위치한 풍전목장의 애기수영-목초 혼재지와 애기수영 우점지에 살포하였다. 포장실험구는 경사도 15°정도의 완만한 경사를 유지하고 있었으며, 남~남서향을 향하고 있

었다. 그리고 포장실험구에는 오차드그라스가 유일하게 파종경작되고 있는 초종이었다. 살포된 선택성 제초제는 2,4-D, mecoprop, bentazone, dicamba이었고, 비선택성 제초제는 glufosinate, glyphosate, glyphosate + 2,4-D, paraquat이었다. 이 제초제들의 상품명과 처리량은 '경엽처리 제초제의 선발'에 언급되어 있다. 각 처리구의 면적은 1×2m이었고, 처리구와 처리구사이의 간격은 30cm로 하였다. 제초제는 CO₂ sprayer를 이용하여 토양처리 제초제 선발실험에 언급되어 있는 것과 동일한 방법으로 살포하였다. 제초제 처리 0, 1, 2, 3, 4주 후, 애기수영과 목초지상부에 나타난 약효·약해를 달관조사하였다. 작물약해와 잡초살초효과에 대한 달관조사 방법과 달관조사로부터 얻어진 결과분석은 토양처리 제초제의 선발실험 항목에 기술되어 있는대로 실시하였다. 실험은 3반복으로 2회 실시하였고, 각각의 처리구는 completely randomized block design으로 배치하였다.

결과 및 고찰

토양처리 제초제 선발을 위한 실내실험

애기수영은 지하뿌리를 통해서 뿐만 아니라 1개체당 약 1만여개씩 생산되는 종자를 통해서도 증식을 한다(조, 1993). 강원도 고냉지에서 채집된 애기수영 종자의 경우, 예비실험에서 발아적온인 25℃에서 약 40%정도의 발아율을 보였으므로 익년에는 1개체당 약 4천여개의 새로운 개체를 생산할 것으로 추산된다. 이렇게 종자발아를 통해 증식하는 애기수영을 방제하기 위하여 새로운 토양처리 제초제를 선발할 목적으로 실내실험을 수행하였다.

실험에 사용된 pendimethalin, simazine, alachlor, metolachlor, ethalfluralin은 강원도 고냉지 경작지에서 농업경작자들이 많이 사용하고 있는 약제로서(김 등, 1998),

토양내 종자로부터 발달하는 지하에 위치하는 유묘의 배축 혹은 유근(radicle)에 접촉 혹은 흡수되어 그 약효를 나타내는 것으로 알려져 있다. 본 실험에 사용된 토양처리 제초제들은 애기수영에 대해 약효는 나타내지 않았고, 일부 제초제들의 경우 목초에 대한 약해를 나타내었다(표 1). 즉, 실험에 사용된 제초제들 중 alachlor와 metolachlor는 레드클로바에 대해 약해를 나타내었고(약해율 100%), simazine은 오차드그라스에 대해 약해를 나타내었다(약해율 100%). 본 실험에서 사용된 제초제의 약효가 애기수영에서 나타나지 않았다는 점은 실험에 사용된 고냉지 목초지 토양의 특성, 예를들면 일반 농경지보다 높은 유기물 함량(7.5%; 김, 1999; 김 등, 1999)에 기인된 것인지, 아니면 애기수영의 생물학적인 특성에 기인된 것인지는 알 수가 없다.

실험에 사용된 제초제들은 애기수영에 대한 살초효과가 없었고 오히려 목초에 대한 약해를 보였으므로 목초지의 애기수영 방제를 위해서는 적합하지 않다고 사료된다.

경엽처리 제초제 선발을 위한 실내실험

비선택성 제초제의 약효 및 약해

Glufosinate Glufosinate 처리 2일 후, 애기수영과 오차드그라스의 잎에서는 황백화현상이 발견되었으며, 처리 4일 후 잡초와 목초는 거의 고사되었다. 처리 7일 후, glufosinate가 처리된 애기수영의 생체중과 오차드그라스의 생체중은 대조구 식물의 생체중과 비교하여 각각 19%(0.15 g vs 0.78 g)와 11%(0.13 g vs 1.13 g)에 불과하였다(표 2).

Paraquat Paraquat 처리 1일 후, 애기수영과 오차드그라스의 잎에서 황백화현상이 관찰되었으며, 처리 2일 후 잡초와 목초는 완전히 고사되었다(100%). 처리 7일 후, paraquat가 처리된 애기수영은 수확이 불가능하였다(표 2).

Table 1. Red sorrel control with various soil-applied herbicides

Herbicide	Rate (kg/ha)	Yield (g/plant) ^{a)}		
		Red sorrel	Orchard grass	Red clover
Control		0.420	0.089	0.036
Metolachlor	1.60	0.413	0.077	0
Alachlor	1.09	0.467	0.087	0
Pendimethalin	1.59	0.736	0.115	0.057
Ethalfluralin	1.05	0.400	0.088	0.031
Simazine	1.00	0.419	0	0.039
LSD _{0.05}	-	0.390	0.026	0.026

^{a)}Red sorrel, orchard grass, and red clover were harvested 4 weeks after herbicide treatment and yield was based on fresh weight basis.

Table 2. Effects of herbicides on red sorrel, orchard grass, and red clover yield

Herbicide	Rate (kg/ha)	Yield (g/plant) ^{a)}		
		Red sorrel	Orchard grass	Red clover
Control	-	0.784	1.127	0.590
Imazaquin	0.80	0.102	0.109	0.204
Glyphosate	3.28	0.262	0.117	0.057
Glyphosate + 2,4-D	0.66 + 0.19	0.160	0.167	0
Bentazone	1.60	0	0.700	0.361
2,4-D	0.28	0.224	0.713	0
Glufosinate	1.44	0.147	0.128	0
Mecoprop	2.50	0	0.800	0.050
Dicamba	0.96	0.244	0.951	0
Paraquat	0.74	0	0	0
LSD _{0.05}	-	0.267	0.232	0.079

^{a)}Red sorrel, orchard grass, and red clover were harvested 7 days after herbicide treatment and yield was based on fresh weight basis.

Glyphosate Glyphosate 처리 3일 후, 애기수영과 오차드그라스의 잎에서 황백화현상이 관찰되었고, 처리 5일 후 목초와 잡초에서 황백화는 더욱 심화되었다. 처리 7일 후, glyphosate가 처리된 애기수영의 생체중과 오차드그라스의 생체중은 대조구 식물의 생체중과 비교하여 각각 33%와 10%이었다(표 2).

Glyphosate + 2,4-D Glyphosate + 2,4-D 처리 3일 후, 애기수영과 오차드그라스의 잎에서 나타난 증상은 glyphosate가 처리된 식물의 잎에서 나타난 증상과 동일하였다. 처리 7일 후, glyphosate + 2,4-D가 처리된 애기수영과 오차드그라스의 생체중은 대조구 식물의 생체중과 비교하여 15~20%이었다(표 2).

비선택성 제초제의 약효 및 약해실험에 사용된 4종의 제초제들은 모두 애기수영에 대한 탁월한 방제가를 나타내었기에 포장실험에 사용하였다.

선택성 제초제의 약효 및 약해

Dicamba Dicamba 처리 2일 후, 애기수영의 잎에서는 황백화현상이 관찰되었고, 줄기에서는 옥신타입 제초제의 약해 증상인 epinasty가 관찰되었다. Dicamba 처리 7일 후, 애기수영의 생체중은 대조구 식물의 생체중과 비교하여 31%에 불과하였다(표 2). 그러나 dicamba가 처리된 오차드 그라스의 생체중은 대조구 식물의 생체중과 비교하여 84%이었다. 본 실험의 결과는 dicamba가 그라스인 오차드그라스보다는 광엽식물인 애기수영의 생장을 더 잘 저해하였고, 오차드그라스에서는 발견되지 않는 약해증상이 애기수영에서는 발견되었다는 점을 나타내었다. 이러한 결과는 그라스 목초지에 발생한 애기수영을 방제하는데

dicamba가 사용될 수 있다는 점을 시사하여 준다

Mecoprop Mecoprop 처리 후 애기수영의 잎에서 나타나는 증상은 dicamba 처리 후 나타나는 증상과 동일하였다. Mecoprop 처리 7일 후, 애기수영은 100% 고사된 반면, 제초제가 처리된 오차드그라스의 생체중은 대조구 식물의 생체중과 비교하여 71%이었다(표 2). 본 실험의 결과는 옥신타입 제초제인 mecoprop이 그라스 목초지의 애기수영을 방제할 수 있다는 점을 시사하여 준다.

2,4-D 2,4-D 처리 후 애기수영의 잎에서 나타나는 증상은 dicamba와 mecoprop이 처리된 애기수영의 잎에서 나타나는 증상과 동일하였다. 2,4-D 처리 7일 후, 제초제가 처리된 애기수영의 생체중은 대조구 식물의 생체중과 비교하여 29%이었다. 2,4-D는 dicamba와 mecoprop의 약해보다 더 심한 약해를 나타내었다. 즉, 제초제가 처리된 오차드그라스의 생체중은 대조구 식물의 생체중과 비교하여 63%이었다(표 2).

Bentazone Bentazone 처리 3일 후 애기수영의 잎에서는 황백화현상이 관찰되었고, 처리 7일 후 애기수영은 100% 고사되었다. 제초제는 오차드그라스의 생육에도 영향을 주어 제초제가 처리된 식물의 생체중은 대조구 식물의 생체중과 비교하여 62%이었다(표 2).

Imazaquin Imazaquin 처리 3일 후 제초제가 처리된 애기수영의 잎에서는 괴사(necrosis)증상이 관찰되었으며, 처리 7일 후 애기수영의 생장은 크게 저해되었다(87%). Imazaquin이 처리된 오차드그라스의 엽초에서는 엽신에서 관찰되지 않은 황백화현상이 관찰되었고, 제초제가 처리된 오차드그라스의 생체중은 대조구 식물의 생체중과 비교하여 9.7%에 불과하였다(표 2). 본 실험의 결과는 이 제초제

가 그라스류 목초지의 애기수영을 선택적으로 방제하는데 적합하지 않다는 점을 시사한다.

선택성 제초제의 약효 및 약해실험에 사용된 5종의 제초제들 중 imazaquin을 제외하고는 탁월한 애기수영 방제가와 낮은 오차드그라스 약해도를 나타내었기에 imazaquin을 제외한 4종의 제초제들을 포장실험에 사용하였다.

경엽처리 제초제의 처리시기

경엽처리 제초제의 약효 및 약해 실험을 통해 애기수영에 대한 약효가 좋았던 2,4-D와 dicamba를 엽기가 서로 다른 애기수영의 경엽에 처리하고, 처리 시기에 따른 약효를 검정하였다. Dicamba가 처리된 애기수영은 전 엽기에 걸쳐 완전방제되었다(그림 1). 2,4-D의 약효는 반벨의 약효와 비교하여 낮았지만 그 약효는 전 엽기에서 고르게 나타났다(그림 1). 이와 같은 결과는 이 제초제의 경우 그 어떠한 엽기에 처리를 하여도 약효가 나타난다는 점을 시사한다.

강원도 고냉지 목초지에서 애기수영은 5월 초~중순부터 잎을 형성하기 시작하여 6월 중순~말경 꽃을 형성하므로 애기수영이 잎을 형성하기 시작한 때로부터 새로운 개체를 형성하는 6월 중순 전에 제초제를 살포하여 방제하는 것이 매립 종자수(seed bank)를 감소시킬 수 있는 방안이라 사료된다.

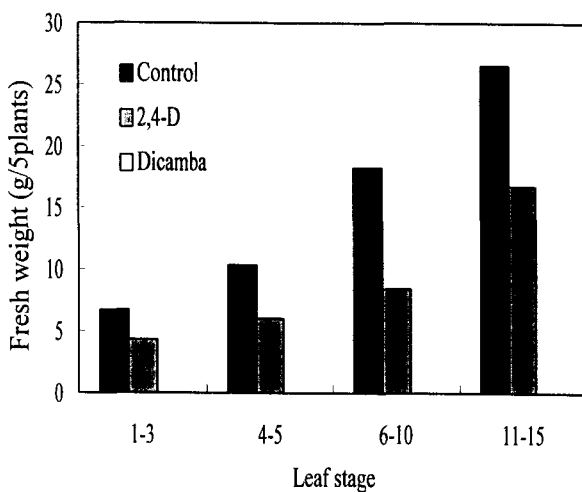


Fig. 1. Red sorrel control with dicamba and 2,4-D at different growth stages. F-value for the main effects of herbicides, 2,4-D and dicamba, and time and their interaction were significant at the $P_{0.01}$, $P_{0.01}$, and $P_{0.05}$, respectively. In the figure, values for dicamba are not plotted since plants treated with dicamba are totally eradicated.

선발된 경엽처리 제초제의 포장실험

비선택성 제초제의 약효 및 약해

Glufosinate Glufosinate가 처리된 애기수영은 처리 1주 후 황화현상(yellowing)을 보였으며, 2주 후에는 완전히 사되었다. 처리 1주일 후 glufosinate의 약효는 85%이었고, 그 후에는 100%이었다(그림 2). Glufosinate의 약효는 실험에 사용된 제초제들 중 paraquat을 제외하고는 속효성에 속하였다.

Glufosinate의 실내실험과 포장실험 결과는 이 제초제가 목초지에 발생한 애기수영을 비선택적으로 방제할 수 있음을 보여 준다. 목초지에서 이 제초제의 사용을 위해서는 제초제가 환경에 미치는 영향과 애기수영 방제 후 보파시 목초의 생육에 미치는 영향에 대한 연구가 이루어져야만 할 것이다.

Paraquat Paraquat의 약효는 실험에 사용된 제초제들 중 가장 빠르게 나타나 paraquat가 처리된 애기수영은 처리 1주일 후 완전고사되었다(100%). 그러나 처리 3주에는 새로운 개체들이 출현하기 시작하여 약효는 처리 4주에 37%로 떨어졌다(그림 3). 제초제 처리 3주 후 처리구에서 새로운 개체의 발생은 매물잡초종자 혹은 지하뿌리로부터 기인된 것이라 추정된다. Paraquat는 경엽처리시 처리부위에서만 살초기작이 나타나기 때문에 제초제에 처리된 지상부위는 쉽게 고사되는 반면, 지하뿌리내 휴면종의 눈(bud) 혹은 미발아 종자로부터 발생하는 새로운 개체에는 영향을 주지 못한다. 본 실험의 결과는 paraquat가 비록 초기방제효과는 탁월하지만, 지하뿌리를 통해 번식하는 다년생 잡초인 애기수영을 방제하는데는 적합하지 않은 제초제라는 점을 나타낸다.

Glyphosate 처리 1주 후, glyphosate가 처리된 일부 애기수영들은 안토시아닌 생성으로 인해 붉은 색을 띠었고(Shaner와 Singh, 1992; Smith와 Oehme, 1992), 제초제 약효는 62%이었다. 이와 같은 약효는 glufosinate, paraquat와 비교해서는 낮은 수준이었고, glyphosate + 2,4-D와는 비슷한 수준이었다(그림 3). 제초제 처리 2주 후, glyphosate의 약효는 36%로 낮아졌는데, 이는 처리구내 애기수영이 나타내는 약효차이라고 추정된다. 제초제 처리 3주 후에는 약효가 88%로 높아졌고, 4주 후에는 75%이었다. 본 실험의 결과는 현재 국내에서 과수원, 조림지, 비농경지에 발생하는 일년생 및 숙근잡초 그리고 산야초 및 잡관목 방제용으로 적용되고 있는(농약공업협회, 1998) glyphosate가 비록 완효적인 방제효과를 보이기는 하지만 애기수영 방제에 사용될 수도 있음을 보여준다.

Gouglar와 Geiger(1981)는 glyphosate가 식물체의 경엽에 처리되었을 때 뿌리에서도 발견된다는 점을 보여주었다. 애기수영의 경엽에 처리된 glyphosate가 뿌리로도 이행되어 그 살초기작이 발견되었을 것이라 추정되지만,

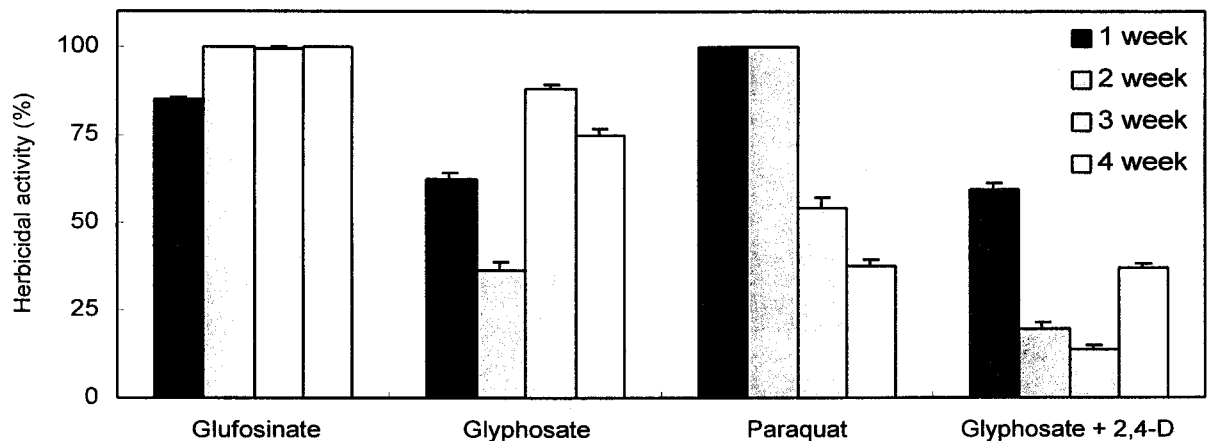


Fig. 2. Red sorrel control with glufosinate, glyphosate, paraquat, and glyphosate + 2,4-D in the field. Means and standard errors are based on data from two runs, three replicates per a run.

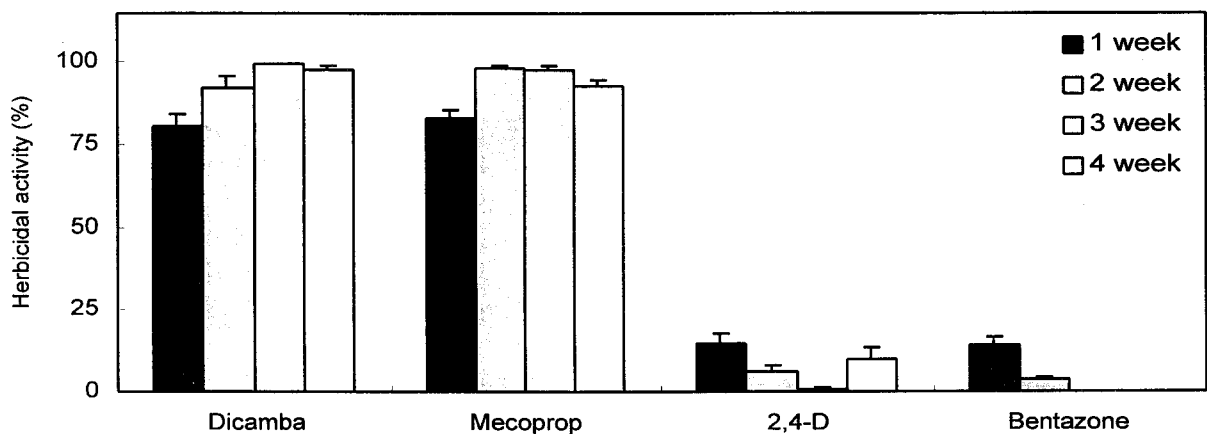


Fig. 3. Effects of 2,4-D, bentazone, dicamba, and mecoprop on red sorrel and orchard grass in the field. Means and standard errors are based on data from two runs, three replicates per a run.

glyphosate 처리시 애기수영의 지하뿌리가 어느 정도 피해를 입는지 그리고 얼마나 빨리 그 피해로부터 회복될 수 있는지는 알 수 없다. 향후 이러한 연구를 통해 glyphosate 살포 후 재살포 시기를 예측할 수도 있을 것이다.

Glyphosate + 2,4-D Glyphosate + 2,4-D가 처리된 애기수영의 잎은 처리 1주 후 붉은 색을 띠었다. 이러한 약효증상은 glyphosate가 처리된 애기수영에서도 나타났으며, 이는 glyphosate + 2,4-D의 살초성분 중 하나인 glyphosate 때문이라 사료된다. Glyphosate + 2,4-D는 실내실험에서는 매우 높은 약효를 나타냈으나, 포장실험에서는 낮은 약효를 보였다. 처리 1주일 후, 애기수영에 대한 약효는 59%로 glyphosate의 약효와 유사하였지만, 이후에는 약효가 감소되어 처리 4주 후에는 37%로 아주 낮은

애기수영 방제효과를 보였다(그림 3). 이러한 결과는 glyphosate 단제를 처리했을 때보다 훨씬 낮은 방제효과이었다.

포장실험에서 glyphosate + 2,4-D의 약효가 낮은 이유는 환경(*in situ*)내에서 제초제의 빠른 분해성, 형태학적 특성이 상이한 애기수영 생태형(生態型, ecotype)내에서 제초제의 낮은 흡수·이행능에 기인된 것이라 추정된다.

본 실험에서 선발된 비선택성 제초제들은 초지 갱신의 전제하에 애기수영 우점지에서 사용될 수 있을 것이다. 연중 강우가 많고 경사가 심하여 토양내 양분용탈이 심한 강원도 고냉지 목초지에서 토양 이동성이 큰 제초제는 환경오염을 일으킬 가능성이 있으므로, 선발된 제초제들이 실제 고냉지 목초지에서 사용될 수 있으려면 우선 이 제초제들의 토양내 거동에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

선택성 제초제의 약효 및 약해

Dicamba Dicamba가 처리된 애기수영에서는 옥신타입 제초제들이 일반적으로 나타내는 증상인 downward leaf-rolling, epinasty를 관찰할 수 있었다. 이러한 증상은 살초성분이 가상의 옥신타입 수용체와 결합한 후(Katekar, 1979) 2차대사반응의 결과로 나타난 것이라 추정되며(Cline, 1994), 타 식물에서 발견된 것과 동일한 것이었다(Sharma, 1986). 처리 1주 후 제초제의 약효는 80%이었고, 이후 시간경과에 따라 그 약효는 증가하여 처리 4주 후에는 98%로 애기수영에 대한 완전방제 효과를 보였다(그림 3). Dicamba가 처리된 목초는 처리 1주 후, 12% 정도의 낮은 약해가 관찰되었다. 그러나 이후 시간경과에 따라 제초제에 처리된 목초는 약해로부터 회복되어 처리 4주 후에는 약해가 거의 관찰되지 않았다(약해율 1%). 본 실험의 결과는 그라스류가 생육되고 있는 목초지의 애기수영을 선택적으로 방제할 수 있었다고 하는 박(1997)의 결과와 동일한 것이다. 현재 국내에서 dicamba는 잔디밭의 클로바, 화본과목초지의 광엽잡초, 비농경지의 잡목 방제용으로 적용되고 있을 뿐(농약공업협회, 1998), 목초지 애기수영 방제용 제초제로는 등록이 되어 있지 않다. 강원도 고냉지 목초지에서 dicamba가 사용된다면 비록 이 제초제의 환경중 반감기가 14일 정도로 짧고, 또 목초지 주변에 감수성인 대두, 면화, 포도, 토마도와 같은 작물들이 경작되고 있지는 않지만 토양 중에서 비교적 이동성이 크기 때문에(Ross와 Lembi, 1985) 환경 및 작물에 대한 영향 평가가 반드시 선행되어야 할 것이다.

Mecoprop Mecoprop이 처리된 애기수영에서는 dicamba가 처리된 애기수영에서 발견된 것과 동일한 증상이 발견되었다. 이와 같은 사실은 mecoprop이 옥신타입 제초제라는 점에 기인된다고 하겠다(Cobb, 1992). 제초제의 약효는 dicamba와 비슷한 수준이었다. 즉, 제초제 처리 1주 후 제초제에 처리된 애기수영의 약효는 82%이었고, 2주 후에는 98%로 완전방제 수준에 도달하였다(그림 3). Mecoprop이 처리된 목초에서는 처리 1주 후 15%의 약해가 관찰되었지만, 시간경과에 따라 감소되어 처리 4주 후에는 3%의 약해가 관찰되었다. 이러한 결과는 그라스류가 생육되고 있는 목초지의 애기수영을 선택적으로 방제하는데 dicamba 이외에도 mecoprop 역시 사용될 수 있다는 점을 시사한다. Mecoprop 역시 dicamba와 유사한 작용기작을 갖고, 환경내에서의 거동 역시 dicamba와 유사하므로(Ross와 Lembi, 1985) 강원도 고냉지 목초지에서 사용된다면 환경 및 작물에 대한 영향 평가가 선행되어야 할 것이다.

본 실험에 사용된 옥신타입 제초제인 dicamba, mecoprop, 2,4-D 중 dicamba와 mecoprop이 그라스 목초에는 영향을 주지 않으면서도 애기수영을 비교적 잘 방제할 수

있었다는 점은 이들 이외의 옥신타입 제초제가 애기수영 방제에 사용될 가능성이 있다는 점을 시사한다. 현재 옥신타입 제초제로는 phenoxyalkanoic acid 계열, benzoic acid 계열, aromatic carboxymethyl derivative 계열, pyridine derivative 계열, quinoline carboxylic acid 계열의 많은 화합물이 개발되어 있는 만큼(Katekar, 1979), dicamba와 mecoprop 이외의 화합물도 애기수영 방제용 제초제로 개발될 수 있으리라 추정된다.

2,4-D와 bentazone 이 두 제초제는 실내실험에서는 약효가 우수하였지만, 포장실험에서는 약효가 거의 나타나지 않았다. 처리 1주 후 두 제초제의 약효는 공히 14%이었고, 시간경과에도 불구하고 약효는 증가되지 않았다(그림 3). 이와 같은 포장실험의 결과는 두 제초제의 흡수, 이행의 감소와 대사의 증가 때문인 것으로 추정된다. 실내실험에서는 약효가 우수했지만 포장실험에서는 약효가 거의 나타나지 않은 2,4-D와 bentazone은 목초에 대해 처리 4주 후 약해가 전혀 나타나지 않았다.

본 실험의 결과들은 몇몇 제초제를 이용하여 애기수영을 방제할 수 있다는 점을 보여주고 있다. 실내실험과 포장실험을 통하여 dicamba와 mecoprop은 그라스류 목초지에서 발생한 애기수영을 선택적으로 방제할 수 있었는데, 이러한 결과는 이 제초제들이 애기수영-목초 혼재지에서 애기수영만을 선택적으로 방제할 수 있다는 점을 시사하여 준다. Glyphosate와 glufosinate 역시 애기수영을 방제할 수 있었다. 그러나 이 제초제들은 목초에 대한 높은 약해를 나타내었기에 목초지의 애기수영 우점지에서 사용될 수 있으리라 사료된다.

비록 선발된 제초제들이 다년생 잡초인 애기수영의 지상부를 방제할 수는 있었으나, 뿌리에 존재하는 발아하지 않은 눈을 방제하였는지는 현재로서 알 수가 없다. 저자들은 현재 선발된 제초제들의 확대포장 실험과 선발 제초제들의 연속살포가 애기수영 뿌리 생장에 미치는 영향을 연구 중에 있다.

인용문헌

구자욱, 변종영, 전재철 (1995) 신고 잡초방제학. 향문사. p.240~241.
 김성문, 황기환, 박홍열, 조준모, 박수진, 신현포, 허장현, 한대성 (1998) 강원도 고냉지 씨감자 경작자들의 잡초 방제 및 제초제 사용 실태. 농약과학회지 2(2):102~107.
 김성문, 김용호, 황기환, 안문섭, 허장현, 한대성 (1999) 강원도 고냉지 목초지의 애기수영 우점 원인 가능성. 한국잡초학회지 19(3):244~250.
 김현정 (1999) 강원도 고냉지 토양의 유효태 미량 영양소 분포 특성. 석사학위논문. 강원대학교, 춘천, 대한민국.

- 52p.
- 농약공업협회 (1998) 농약사용지침서. 823p.
- 박근제, 김영진, 이종경, 김익중, 윤세형, 최선식 (1997) 제초제 처리가 애기수염(*Rumex acetella*) 우점초지의 수량 및 양분생산성에 미치는 영향. 한국초지학회지 17:277~284.
- 박근제 (1997) 애기수염(*Rumex acetella*) 우점초지에서 제초제 처리에 의한 초지식생의 사료가와 생태적 특성. 한국초지학회지 17:351~356.
- 조길임 (1993) 분포지역에 따른 애기수염(*Rumex acetosella* L.)의 종자발아반응의 지리적 변이. 건국대학교, 석사학위논문. 32p.
- 최상길 (1997) 애기수염의 화학적 성분. 석사학위논문, 충북대학교, 청주, 대한민국. 53p.
- Chan, J., C. Gussa, C. B. Olsen, and P. Bond (1998) Essiac: A native herbal cancer remedy. Kali Press. 132p.
- Cline, M. G. (1994) The role of hormones in apical dominance. New approaches to an old problem in plant development. *Physiol. Plant.* 90:230-237.
- Cobb, A. (1992) Auxin-type herbicides. pp.82~106. *In* Herbicides and plant physiology. Chapman & Hall New York.
- Cooper, M. R. and A. W. Johnson (1984) Poisonous plants in Britain and their effects on animals and man. Her Majesty's Stationery Office, London. 305p.
- Gougler, J. A. and D. R. Geiger (1981) Uptake and distribution of N-(phosphonomethyl)glycine in sugar-beet plants. *Plant Physiol.* 68:668~672.
- Katekar, G. F. (1979) Auxins: On the nature of the receptor site and molecular requirements for auxin activity. *Phytochem.* 18:223~233.
- Ross, M. A. and C. A. Lembi (1985) Applied weed science. p.157~162.
- [SAS] Statistical Analysis Systems (1990) SAS Procedures Guide. Version 6, 3rd ed. Cary, NC:Statistical Analysis Systems Institute.
- Shaner, D. L. and B. K. Singh (1992) How does inhibition of amino acid biosynthesis kill plants. pp.174~183. *In* Biosynthesis and molecular regulation of amino acids in plants. B. K. Singh, H. E. Flores, J. C. Shannon, eds, American Society of Plant Physiologists.
- Sharma, M. P (1986) Recognizing herbicide action & injury. Alberta Agriculture, Edmonton. p.26~32.
- Smith, E. A. and F. W. Oehme (1992) The biological activity of glyphosate to plants and animals: A literature review. *Vet. Hum. Toxicol.* 34:531~543.

Response of Red Sorrel (*Rumex acetosella* L.) to Several Soil- and Foliar-Applied Herbicides

Songmun Kim¹, Yongho Kim², Kihwan Hwang², Mun-Sub Ahn³, Jang-Hyun Hur² and Dae-Sung Han²(¹Institute for Agricultural Science Research, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea, ²Department of Agricultural Chemistry, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea, ³Kangwondo Agricultural Research and Extension Services, Chunchon 200-701, Korea)

Abstract : Red sorrel (*Rumex acetosella* L.) is a troublesome perennial weed in the alpine grasslands of Kangwon Province of Korea. A number of soil- and foliar-applied herbicides were evaluated for their efficacy of red sorrel control. In greenhouse experiments, no soil-applied herbicides, such as pendimethalin, simazine, alachlor, metolachlor, ethalfluralin controlled red sorrel, however, foliar-applied herbicides, such as glufosinate, paraquat, glyphosate, glyphosate + 2,4-D, dicamba, mecoprop, 2,4-D, bentazone controlled more than 60% of red sorrel 2 weeks after treatments. When dicamba and 2,4-D were applied to red sorrel in different growth stages, the auxin-type of herbicides could control red sorrel regardless of growth stage. This result implies that the auxin-type herbicides can be applied between early May (early growth stage) and mid June (before fruit maturation) at Kangwon alpine grasslands. In a field experiment, glufosinate at 1.44 kg a.i. ha⁻¹, glyphosate at 3.28 kg a.i. ha⁻¹, dicamba at 0.96 kg a.i. ha⁻¹, and mecoprop at 2.50 kg a.i. ha⁻¹ controlled more than 80% of red sorrel 4 weeks after treatment, suggesting such herbicides could be applied for red sorrel control at Kangwon alpine grasslands.

*Corresponding author (FAX : +82-361-254-3835, E-mail : skim5@cc.kangwon.ac.kr)