

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

세계 잡초연구 동향 및 전망

이인용^{1*} · 박태선² · 최정섭³ · 고영관³ · 박기웅^{4*} · 서현아¹
국립농업과학원¹, 국립식량과학원², 한국화학연구원³, 충남대학교⁴

Current Status and Perspectives of Weed Science in the World

In-Yong Lee^{1*}, Tea-Seon Park², Jung Sup Choi³, Young-Kwan Ko³, Kee Woong Park^{4*}, and Hyun-A Seo¹

¹National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea

³Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 34114, Korea

⁴Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

ABSTRACT. This paper provides the current status of weed science and prospects for the development of weed science based on the research trends presented at the 7th International Weed Science Conference in 2016. Approximately 520 researchers from 59 countries, including Korea, participated in the conference and presented 625 papers in nine research areas. Major research topics were herbicide resistance, weed ecology, weed management in agricultural and non-agricultural lands, herbicide spray technology, and non-chemical weed control. Studies on herbicide resistance presented more than 30% of all papers presented. Particularly, resistance to non-selective herbicides, such as glyphosate and glufosinate-ammonium, and non-target sites of resistance mechanisms were the main subjects of the herbicide resistance research area. Moreover, the conference focused on research concerning herbicide resistant weeds of staple crops of the world (corn, wheat, and rice). Arylex was introduced as a new compound which has a mode of herbicidal action similar to synthetic auxin. Three compounds being developed as HPPD inhibitors were studied for ways to reduce their toxicity and tested as mixed with safeners. Additionally, parasitic weeds, which are not native to Korea, are an expanding research subject in the world. Although 45 years have passed since the first report of herbicide resistance in 1970, herbicide resistance remains a serious problem in most intensive cropping systems of the world and will continue to be a major area of study in the future.

Key words: Glyphosate, Glufosinate-ammonium, Herbicide resistant, Weed Science

Received on August 08, 2016; Revised on August 16, 2016; Accepted on September 12, 2016

*Corresponding authors: ¹Phone) +82-63-238-3320, Fax) +82-63-238-3838; E-mail) leeyong@korea.kr

⁴Phone) +82-42-821-5726, Fax) +82-42-822-2631; E-mail) parkkw@cnu.ac.kr

© 2016 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/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

제 7차 세계잡초학회가 2016년 6월 19일부터 25일까지 6일간 체코공화국 프라하 Clarion Congress Hotel, Prague에서 한국, 미국, 중국, 브라질, 체코 등 59개국 520여명이 참석한 가운데 개최되었다(IWSS, 2016). 이번 학회에는 초청강연 4편, plenary session 261편, poster session 387편 등 총 652편이 발표되었다(Table 1). 주요 연구분야는 제초제 저항성잡초, 잡초생태, 농경지 및 비농경지의 잡초관리, 제초제 응용기술, 비화학적 잡초방제 등이었다. 이중 제초제 저항성잡초 연구분야는 전체의 16.4%였지만 저항성잡초 관

리와 생태 분야를 포함하면 대략 30% 정도는 제초제 저항성잡초에 관한 연구로 향후에도 이들 연구가 지속될 것으로 판단되었다. 특히 설포닐우레아계 보다는 비선택성 제초제인 glyphosate, glufosinate-ammonium 저항성 잡초(예, 망초)에 대한 발표가 주류를 이루었다. Lee et al. (2014)의 보고에 의하면, 제24차 아시아·태평양잡초학회에서는 외래잡초 및 생태(18.7%), allelopathy (16.3%), 논잡초 관리(12.5%), 일반 작물 잡초관리(11.3%), 제초제 저항성잡초(11.2%) 등으로 세계잡초학회에서는 제초제 저항성잡초에

Table 1. The number of articles presented in the various sections at the 7th International Weed Science Congress.

| Research fields | Invited session | Plenary session | Poster session | Total | Ratio (%) |
|--|-----------------|-----------------|----------------|-------|-----------|
| Herbicide resistance in weeds | - | 40 | 67 | 107 | 16.4 |
| Biological weed characteristics | - | 18 | 26 | 44 | 6.7 |
| Weed ecology | - | 35 | 69 | 104 | 16.0 |
| Weed management in crops and non-agricultural land | 2 | 49 | 65 | 116 | 17.8 |
| Crop-weed interactions | - | 39 | 34 | 73 | 11.2 |
| Herbicide and application technology | 1 | 36 | 48 | 85 | 13.0 |
| Bio-herbicide group section | - | 9 | 24 | 33 | 5.1 |
| Agricultural, Economic and societal aspects of weed management | 1 | 11 | 14 | 26 | 4.0 |
| Non-chemical weed control tools | - | 24 | 40 | 64 | 9.8 |
| Total | 4 | 261 | 387 | 652 | 100 |

많은 비중을 차지하고 있는 점이 달랐다. 이는 아·태지역은 논 재배면적이 많은 반면에 미국이나 유럽, 남미 등은 GMO 작물 재배를 위해 비선택성 제초제 처리가 많기 때문으로 사료된다.

국가별 잡초연구 발표현황

세계잡초학회 학술발표를 한 나라는 총159개국이었다 (Table 2). 대륙별 발표국 현황을 보면, 유럽에서는 27개국이 267편을 발표하여 전체 41.0%를 차지하였으며, 그 다음으로는 아시아에서 한국, 중국, 인도 등 12개국이 155편을 발표하여 전체의 23.8%이었다. 북미에서는 미국, 캐나다 등 5개국이 128편을 발표하여 19.6%이었다. 특이한 점은 단일국으로 미국이 99편(전체의 15.2%)으로 가장 많고 그 다음으로 브라질 53편(8.1%)을 발표하였다는 것이다.

잡초연구 주요 분야별 연구동향

제초제 저항성(Herbicide resistance)

제초제 저항성잡초와 관련된 연구는 구두 및 포스터 107건이 발표되어 전체의 16.4%를 차지하였다(Table 1). 그러나 weed management session에도 제초제 저항성잡초가 포함되어 있어 전체적으로는 30%내외가 제초제 저항성잡초

Table 2. The number of papers by country presented at the 7th International Weed Science Congress.

| Country | No. of papers | Ratio (%) | Country | No. of papers | Ratio (%) |
|--------------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|
| Unites States | 99 | 15.2 | Belgium | 4 | 0.6 |
| Brazil | 53 | 8.1 | Hungary | 4 | 0.6 |
| Czech Republic | 41 | 6.3 | Latvia | 4 | 0.6 |
| Germany | 39 | 6.0 | Malaysia | 3 | 0.4 |
| India | 39 | 6.0 | Mexico | 3 | 0.4 |
| China | 35 | 5.4 | Nigeria | 3 | 0.4 |
| Turkey | 30 | 4.6 | New Zealand | 3 | 0.4 |
| Australia | 20 | 3.1 | Pakistan | 3 | 0.4 |
| Israel | 20 | 3.1 | Portugal | 3 | 0.4 |
| Italy | 20 | 3.1 | Slovakia | 3 | 0.4 |
| Korea | 19 | 2.9 | Thailand | 3 | 0.4 |
| Serbia | 18 | 2.8 | Costa Rica | 2 | 0.3 |
| Canada | 17 | 2.6 | Côte d'Ivoire | 2 | 0.3 |
| Iran | 17 | 2.6 | Austria | 1 | 0.1 |
| Japan | 13 | 2.0 | Bangladesh | 1 | 0.1 |
| Spain | 13 | 2.0 | Burkina Faso | 1 | 0.1 |
| Greece | 10 | 1.5 | Cameroon | 1 | 0.1 |
| Poland | 10 | 1.5 | Chile | 1 | 0.1 |
| Denmark | 9 | 1.4 | Croatia | 1 | 0.1 |
| Argentina | 8 | 1.2 | D.P.R. Korea | 1 | 0.1 |
| France | 8 | 1.2 | Ethiopia | 1 | 0.1 |
| Russian Federation | 8 | 1.2 | Finland | 1 | 0.1 |
| United Kingdom | 8 | 1.2 | Kenya | 1 | 0.1 |
| Cuba | 7 | 1.1 | Madagascar | 1 | 0.1 |
| Netherlands | 7 | 1.1 | Philippines | 1 | 0.1 |
| Norway | 7 | 1.1 | Slovenia | 1 | 0.1 |
| Lithuania | 6 | 0.9 | Tunisia | 1 | 0.1 |
| South Africa | 5 | 0.8 | Ukraine | 1 | 0.1 |
| Sweden | 5 | 0.8 | Venezuela | 1 | 0.1 |
| Switzerland | 5 | 0.8 | Total (159) | 652 | 100 |

연구에 대한 발표였다. 이 중에서 특히 제초제 저항성이 어떻게 발현되는지 구명하기 위한 연구가 폭 넓게 진행되어 향후에도 지속적인 관심을 가질 필요가 있다고 판단된다. 이번 세계잡초학회에서 나타난 경향을 보면, 제초제 저항성 메커니즘에 관한 non-target site resistance (작용점에서 제초제 화합물 활성의 감소에 의한 저항성) 및 biochemical aspects 11건이 발표되었고, 저항성잡초 발생현황과 분포 10건, 저항성 잡초 관리 5건이 각각 발표되어 총 26건의 주

Table 3. Main key words mentioned in the herbicide resistant weeds section.

| Key word | Korean name | No. of references |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|
| Herbicide resistance | 제초제 저항성 | 40 |
| ALS inhibitor | ALS 억제제 | 23 |
| <i>Lolium</i> spp. | 호리풀속 (쥐보리류) | 12 |
| ACCase inhibitor | ACCCase 억제제 | 11 |
| Glyphosate | 글리포세이트 | 10 |
| Glyphosate resistance | 글리포세이트 저항성 | 9 |
| <i>Echinochloa</i> species | 피속류 | 9 |
| Non-target site resistance | 비표적저항성 | 8 |
| <i>Apera spica-venti</i> | wind bent grass | 7 |
| <i>Alopecurus myosuroides</i> | 쥐꼬리뚫새풀 | 6 |
| Cross resistance | 교차저항성 | 6 |
| Integrated weed management (IWM) | 잡초종합관리 | 6 |
| Target site resistance | 표적저항성 | 6 |
| <i>Amaranthus</i> spp. | 비름과속 | 5 |
| Multiple resistance | 복합저항성 | 4 |
| EPSPS Inhibitor | EPSPS 억제제 | 4 |
| Gene flow | 유전자 이동 | 3 |
| P450 enzyme inhibitors | P450 효소 억제제 | 3 |
| <i>Amaranthus palmeri</i> | Palmer amaranth | 3 |
| <i>Phalaris minor</i> | 애기카나리새풀 | 3 |
| Shikimate=shikimic acid | 시킴산 | 3 |
| Sulfonylurea herbicide | 설폰닐우레아계 제초제 | 3 |
| Synthetic auxin | 옥신 합성 | 3 |
| Acetohydroxy acid synthase (AHAS) | AHAS 효소 | 2 |
| Chlorophyll fluorescence | 엽록소 형광 | 2 |
| Dose-response | 약제 투여반응 | 2 |
| Gene amplification | 유전자 증폭 | 2 |
| Glufosinate | 글루포시네이트 | 2 |
| Imazethapyr | 이마자피르 | 2 |
| <i>Kochia scoparia</i> | 땃싸리 | 2 |
| Mesosulfuron | 메소설풀론 | 2 |
| Penoxsulam | 페녹술람 | 2 |
| Selection pressure | 선발압 | 2 |
| Weedy rice | 잡초성벼 | 2 |

제가 발표되었다.

제초제 저항성잡초 분야에서 언급된 key words는 457개 이었다(세부성적 생략). 여기에는 대상 잡초, 제초제, 저항성의 종류, 각 제초제별 작용효소 등 다양하였다. 각 key words 중 두 번 이상 언급한 것은 Table 3과 같다. 제초제 저항성 분야인 관계로 herbicide resistance는 40회, 설폰닐우레아계 제초제의 작용을 나타내는 ALS inhibitor는 23회, 제초제 저항성잡초가 많이 발견된 것으로 알려진 *Lolium* spp.가 12회, fenoxaprop-p-ethyl 등의 작용을 나타내는 ACCase inhibitor가 11회, 비선택성 제초제인 glyphosate와 glyphosate resistance가 각각 10회와 9회 언급되었다. 그밖에 제시된 잡초로는 *Echinochloa* species (피속류) 9회, *Apera spica-venti* (wind bent grass) 7회, *Alopecurus myosuroides* (쥐꼬리뚫새풀) 6회, *Amaranthus palmeri* 3회, *Phalaris minor* (애기카나리새풀) 2회, *Kochia scoparia* (땃싸리) 2회, silky bent grass 2회, weedy rice (잡초성벼) 2회이다. 그리고 제초제 저항성종류도 non-target site resistance (비표적저항성) 8회, target site resistance (표적저항성)과 cross resistance (교차저항성)은 각각 6회, multiple resistance (복합저항성)는 4회 언급되었다.

제초제 저항성잡초 연구 동향을 보면, 먼저 non-target-site resistance에 관한 연구 중 쥐꼬리뚫새풀(*Alopecurus myosuroides*)의 유전자(gene) 5곳에서 돌연변이 확인, diclofop-methy 저항성 호밀풀(*Lolium rigidum*)에서 RNA-Seq (Transcriptome)를 통한 저항성 원인 구명, ALS inhibitor 저항성 강피의 RNA 분석을 통한 저항성 원인 구명을 보고하였다. 또 화학적 및 비화학적 방법을 통한 저항성잡초 관리 개선 가능성 연구 소개, RNA-seq transcriptome을 통한 비름속 잡초 *Amaranthus palmeri*의 제초제 내성연구, ALS inhibitor 저항성 돼지풀(*Ambrosia rtemisiifolia*)의 3군락 내에서 제초제 선택성 연구, ALS inhibitor들에 대한 저항성 호밀풀류(*Lolium* spp.)에서 safener cloquintocet-mexy은 pyroxsulam 활성을 낮출 뿐만 아니라 저항성화 시기도 연기할 수가 있다는 것 등 다양한 주제에 대한 연구결과를 보고하였다. 그리고 biochemical aspects session에서는 glufosinate에 저항성 및 감수성인 목화의 phosphinothricin acetyltransferase 활성을 통해 그 원인을 구명하였고, glyphosate 저항성 및 감수성 콩의 흡수율의 생화학적 반응 차이를 확인하였다. ALS inhibitor 저항성 존슨그래스(*Sorghum halepense*)의 ALS gene 및 대사적 차이에 의한 저항성 구명, glyphosate의 추천량 이하 낮은 농도를 잡초 발아 전에 여러 번 처리할 경우 저항성이 증가한다는 것도 발표되었다.

Herbicide resistance status and surveys session은 주로 각국의 제초제 저항성잡초 발생과 관련된 발표가 많았다. 독일에서는 농경지에서 저항성 잡초의 세계적 발생 현황과

관리, 미국 California 논에서 제초제 저항성 피(*Echinochloa* spp.)의 분포, 체코 공화국에서 저항성 잡초 *Apera spicaventi*의 발생분포 등을 보고하였다. 또한 파키스탄 밀밭에서 제초제 저항성잡초 발생 분포, 남아프리카 공화국에서 glyphosate 저항성 망초(*Conyza bonariensis*)의 발생 정도 등도 발표되었다. 현재 우리나라 일부 지역에서도 glyphosate 저항성 망초가 발생하고 있다는 보고가 있어 우리에게 시사하는 점이 많았다. 미국 California 과수원과 포도밭에서 glyphosate 저항성잡초 발생 분포, propanil 저항성 알방동사니 및 송이고랭이(*Schoenoplectus mucronatus*)의 메커니즘은 아미노산 valine 219번째 *psbA* mutation에 의해 유발된다는 보고 등이 있었다. 그리고 겨울 밀밭에서 *Apera spica*의 분포와 경합피해, 피(*Echinochloa colona*)의 다중저항성 이해의 다양한 접근방법, 포장에서 ALS 및 ACCase 저항성 쥐꼬리독새풀의 저항성화 원인 및 관리법 등이 발표되어 주목을 받았다.

Herbicide resistance management session에는 5개가 발표되었다. 제초제 저항성 야생귀리(*Avena fatua*) 발생 예방을 위한 작물 윤작 및 재배적 방법, 호주 서부 산성지역에서 제초제 저항성 야생 무 및 ryegrass 관리방법, 호주에서 glyphosate 저항성잡초 관리방법, 제초제 저항성잡초 종합적 관리방법, 캐나다 옥수수, 콩, 겨울밀 밭에서 glyphosate 저항성 망초 관리 방법 등이 그것이다.

위에서 언급한 바와 같이, 세계잡초학회에서 제초제 저항성잡초에 관한 연구결과가 전체의 16.4%를 차지하였다. Weed management session에서도 저항성잡초 관리방법들이 포함되어 전체적으로는 제초제 저항성잡초에 관한 내용이 30% 내외가 되는 것으로 보인다. 우리나라에서는 주로 ALS inhibitor와 ACCase inhibitor 저항성잡초에 대한 연구가 수행되어 왔으나, 향후에는 비선택성 제초제인 glyphosate, glufosinate-ammonium 저항성잡초에 대한 연구도 필요하다고 판단되었다(Park et al., 2014).

종합적 잡초관리(Integrated weed management)

잡초종합관리란 잡초방제 수단을 한 가지에 의존하지 않고 여러 가지 다양한 방법을 사용하여 특정잡초의 적응 및 우점을 방지하는 장기적인 잡초관리 접근방법이다. 이 분야는 제초제 저항성과 더불어 최근 전 세계적으로 가장 많은 관심을 보이고 있는 분야로 전체 51개 구두발표 세션 중 4개가 이 분야에 해당되었으며 18개 세션은 잡초의 종합관리와 연관되었다.

농경지에서 잡초방제를 제초제에만 의존할 경우 제초제 저항성잡초의 출현으로 사용할 수 있는 제초제의 선택에 제한을 받기 때문에 특히 저항성잡초의 출현이 문제가 되고 있는 호주에서는 종자의 파종량이나 주간거리를 조절

하거나 잡초와의 경합력이 강한 품종을 재배함으로써 곡류 및 콩과작물 재배지에서 종합적 잡초관리를 하고 있다. 유럽에서도 제초제 저항성 문제와 사용할 수 있는 제초제 수의 제한 및 IPM (Integrated pest management) 적용에 대한 지속적인 요구로 제초제의 사용을 줄이면서 다른 대체 잡초방제법을 모색하는 연구들이 수행되어 왔다. 스웨덴에서는 유채재배지에서 휴간경운과 제초제를 이랑에만 처리하는 국부처리가 제초제 전면처리와 비교했을 때 65-70%의 제초제 사용량을 줄이는 것으로 보고하였다. 인도 북서 지역에서는 벼-밀 재배지에서 벼 직파재배의 보급을 위한 타당성연구를 수행하였는데 농민들을 대상으로 한 조사결과 이랑재배와 비교했을 때 벼 수확량은 비슷하였으며 오히려 밀의 수확량이 증가한 것으로 나타났다. 관개수, 노동력, 연료 및 재배비용의 절감이라는 장점이 있는 것으로 나타났다지만 잡초방제를 위해 제초제의 사용과 필요 시 손제초가 병행되어야 하는 단점도 나타나고 있다.

무엇보다도 종합적 잡초관리를 위해서는 잡초에 대한 작물의 경합력을 높여야 하는데 온도상승과 이산화탄소의 증가 등 기후변화에 따른 작물과 잡초의 경합력의 예측과 해석에 관한 연구들도 심도 있게 다루어졌다. 유기농 작물재배지에서 제초제를 사용하지 않고 잡초문제를 해결하려는 연구도 이루어졌다. 장기적으로 볼 때 잡초의 군락을 줄이는 예방적 잡초방제에 중점을 두고, 경종적 측면에서의 잡초방제로 군락변화를 모델링하는 방법을 보여 주고 있다. 또한 윤작이나 피복작물 등에 의한 잡초방제 가능성도 제시해 주고 있다. 그 밖의 조기 잡초방제에 의한 제초제의 효과나 잡초의 지리적, 계절적 변화를 GIS를 이용하여 측정함으로써 밀밭에서 발생하는 들것의 발생을 효율적으로 예측하는 연구도 소개되고 있다.

재배하는 작물의 다양성과 지역별 잡초의 다양성으로 일반화된 종합적 잡초관리법을 제시하기는 어려우나 이번에 발표된 연구결과들을 종합하여 볼 때 성공적인 종합적 잡초관리를 위해서는 장기적으로 잡초의 발생양상을 이해하고 예측할 수 있어야 하며, 이를 토대로 사회적으로나 경제적으로 주어진 상황에서 가장 효율적인 생태적 잡초방제법을 적용하는 것이라고 할 수 있다.

신규 제초제 개발

신규 제초제로 발표된 물질은 Dow AgroScience가 개발한 synthetic auxin 작용기작의 제초제인 arylex이었는데, 피리딘골격을 갖고 있는 이 제초제는 주로 경엽처리조건에서 10 g a.i. ha⁻¹ 이하의 소량의 처리로 밀밭에 발생하는 *Galium aparine*, *Chenopodium album*, *Lamium amplexicaule*, *Papaver rhoeas*, *Descurainia sophia*, *Stellaria media*, *Galeopsis tetrahit* 및 *Fumaria officinalis* 등의 광엽잡초 방제에 효과적이며, 2,4-

D 제초제와는 다른 receptor binding site에 작용한다고 연구결과를 보고하였다.

한편, Bayer CropScience에서는 4-hydroxyphenyl pyruvate dioxygenase (HPPD) 저해제로 개발 중인 3가지 물질을 safener와의 합제처리를 통해 약해를 경감시킨 사례를 발표하였다. 옥수수밭 경엽처리용인 tembotrione은 100-150 g a.i. ha⁻¹의 처리약량에서 ALS, glyphosate, PSII 제초제 저항성 잡초방제에 효과적이거나 배량의 처리에서는 약해가 문제시 된다. 이를 극복하기 위한 방법으로 isoxadifen-ethyl을 safener로 처리하여 300 g a.i. ha⁻¹ 처리구에서 약해가 거의 없는 수준까지 낮출 수 있었다. 한편 옥수수밭 토양처리 제초제로 개발되는 isoxaflutole은 100 g a.i. ha⁻¹의 처리약량에서 탁월한 잡초방제력을 보이고 있으나 약해가 발견되었으며, 약량을 75 g a.i. ha⁻¹으로 낮추면 약해는 극복할 수 있으나 잡초방제력이 충분하지 못한 단점을 갖고 있었다. 이를 해결하기 위한 방안으로 cyprosulfamide를 safener로 사용하면 고용량에서도 isoxaflutole을 사용할 수 있어 약해 발생 문제를 극복할 수 있었다. 또한 밀밭 제초제로 개발 중인 pyrasulfotole은 25-50 g a.i. ha⁻¹의 처리약량에서 경엽처리에서는 탁월한 광엽잡초 방제력을 보이고 있으나 화분과 잡초에 대한 방제력은 충분하지 못할 뿐만 아니라, 밀에 대한 안전성도 충분히 확보하지 못하는 단점을 갖고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위한 방안으로 mefenpyr-diethyl을 safener로 활용하여 약해를 극복할 수 있었고, 이를 합제로 상품화하였다. 한편, 화분과 잡초 방제력은 bromoxynil과의 합제로 해결할 수 있었다. 마지막으로 향후 신규 HPPD 저해 제초제 개발방향으로는 비록 동일한 작용점을 갖고 있지만 구조적으로 아주 novel한 신규 물질을 발굴하는 것이라고 제안하고 있다.

외래 및 기생잡초

작물 뿌리에 기생하여 생장에 치명적인 전기생(horo-parasitic) 잡초 *Orobanche cumana*는 해바라기뿐만 아니라 다른 작물에도 심각한 피해를 준다. 기생잡초를 예방하기 위해 salicylic acid를 *O. cumana*에 감수성 해바라기 품종(TK0409)의 종자에 처리할 경우 기생잡초의 생체중이 현저히 감소되는 것을 확인하였다. 또 다른 진정기생(obligate parasitism) 잡초인 *Phelipanche aegyptiaca*는 비선택성 제초제인 glyphosate로 방제되었다. 진정기생 잡초는 숙주식물이 죽어야 방제되나 glyphosate저항성 토마토(GRT)를 이용할 경우 *P. aegyptiaca*의 체내에 shikimate가 축적되어 방제된다. 터키 사탕무밭에는 36과 162종의 외래잡초가 발생하며, *Conyza canadensis*가 가장 문제이고, *Cuscuta campestris*, *Amaranthus* spp., *Chenopodium album* 등의 순으로 많이 발생되었다. 어저귀(*Abutilon theophrasti*)는 우리나라에서도 문제가 많은

외래잡초로, 세르비아에서 어저귀 밀도별 옥수수 수량을 확인한 실험에서 밀도에 따라 1.2-35.9%까지 감소되었다. 이와 같이 외래 및 전기생잡초가 국내에 유입될 경우 심각한 문제가 발생할 수 있으므로 철저한 검역이 필요하며, 만약에 국내 유입 시 즉각적으로 대처할 수 있는 방제방법 연구가 필요할 것이다.

비화학적 잡초방제

비화학적 잡초방제에는 cover crop을 이용하거나 토양 내 seedbank 밀도를 줄이는 예방적 방법, 경합이나 기계를 이용하는 경종적 방법, 불(화염)로 태우는 직접적인 방법 그리고 이들을 결합한 종합적 방법을 제시하였다. 잡초발생을 억제시키는데 이용할 수 있는 cover crop으로는 키가 크면서 큰 종자를 가진 콩과류(*Pisum sativa*, *Vicia sativa*), 토양을 빨리 덮을 수 있는 종자가 작은 콩과류(*Trifolium incarnatum*, *T. squarrosum*), 경쟁력이 높은 화분과 잡초(*Hordeum vulgare*, *Avena sativa*), 알레로파시 물질을 함유한 십자화과(*Raphanus ativa*, *Brassica nigra*) 등이 있다.

인도에서는 농촌노동력 부족과 인건비 상승으로 직파재배가 늘어나고 있다. 직파에서 문제되는 weedy rice를 방제하기 위하여 수심에 따른 발생억제를 확인한 결과, 담수심을 10 cm하면 충분히 발생이 억제되고 2 cm만 담수 하여도 46.7-84.0% weedy rice 발생이 억제되었다. *Rumex*속은 목초지 문제잡초의 하나로서 뿌리 수와 유묘의 밀도에 따라 목초지의 생체중 또는 건물중에 많은 영향을 미친다. 심경(24 cm)하거나 skimmer를 사용할 경우 *Rumex*속이 감소하였다. 또 보리짚을 cover crop으로 이용하는 것도 *Rumex*속 감소에 효과적이었다.

기타

2011년 3월에 일어난 일본 북서부 대지진 이후 물달개비가 급증하였는데 그 원인을 찾을 수 없다고 하였다. 특히 바닷물의 염도와 비슷한 0.5 M NaCl에서 물달개비의 발아율은 0-1.7%이고 일반 증류수에서는 36.6-91.6%이기 때문에 어떻게 해석할 수는 없었다. 그러나 염분이 물달개비의 발아를 촉진하는 촉매제가 되었을 것으로 추측하였다. 가뭄으로 지하수가 염분화될 경우 작물 내성과 잡초방제를 비교한 결과, 염도가 4-5 ds m⁻¹일 때 작물에 3-4회 처리하면 잎 가장자리에 괴사가 유발된다고 하였으나, 전기전도도(electrical conductivity, EC) 수준에 따라 halosulfuron, metribuzin, sethoxydim을 염분이 있는 물에 희석하여 처리하여도 작물이나 잡초방제효과에는 차이가 없다고 한다.

북한에도 설포닐우레아계 제초제 저항성잡초의 문제 심각성을 우회적으로 알 수 있었다. 즉 설포닐우레아계 제초제 저항성잡초를 효과적으로 방제할 수 있는 저항성 메커

니즘 연구결과 발표가 그것이다. 설포닐우레아계 제초제는 acetohydroxy acid synthase (AHAS) 돌연변이로 유발되는데 돌연변이율은 AHAS의 197 (Pro 197) 위치에 있을 경우가 제일 높았다. 따라서 저항성을 유발시키는 AHAS의 197Ser, 197Thr, 197Ala의 합성 중단을 목표로 하는 제초제를 개발하면 이들 설포닐우레아계 저항성잡초는 방제된다. 그러나 제초제 등 농약 공급이 원만하지 않았을 북한에서 이런 연구 발표를 했다는 것이 의아할 뿐이다.

요 약

세계 잡초연구자들이 세계잡초학회에서 발표한 최근 연구동향을 파악하여 이를 토대로 향후 잡초연구 발전방향과 전망을 제시하고자 하였다. 제 7차 세계잡초학회는 우리나라를 포함한 59개국 520여명이 참석하였으며, 9개 분야 625편이 발표되었다. 주요 연구분야로는 제초제 저항성 잡초, 잡초생태, 농경지 및 비농경지의 잡초관리, 제초제 살포기술, 비화학적 잡초방제 등이었다. 이중 제초제 저항성 잡초 연구분야는 전체 30%를 점유하여 향후에도 이들 연구가 지속될 것으로 판단된다. 특히 설포닐우레아계 보다 비선택성 제초제인 glyphosate, glufosinate-ammonium 저항성 잡초에 대한 발표가 많았다. 신규 제초제 개발은 synthetic auxin 작용기작의 제초제인 arylex, HPPD 저해제로 개발 중인 3가지 물질을 safener와의 합제 연구 등이 있었다. 그

리고 세계 주곡작물인 옥수수, 밀, 벼 재배지에서 발생하는 제초제 저항성잡초에 대한 연구가 집중되었다. 특히 잡초의 non-target site에 대한 저항성 연구가 집중적이었다. 또한 우리나라에는 없는 기생잡초에 대한 연구 폭이 넓어지고 있으며, 예년에는 취급하지 않았던 비화학적 잡초방제 부문도 많았다. 향후에는 제초제 저항성 메카니즘 구명, 기생잡초 연구, 제초제 살포기술, 비화학적 잡초방제 등의 연구가 폭넓게 진행될 것으로 전망되었다.

주요어: 제초제 저항성, Glyphosate, Glufosinate-ammonium, 잡초학

References

- IWSS (International Weed Science Society). 7th International weed science congress. 2016. Proc. Prague, Czech Republic, 19-25 June 2016. (Proc. International Weed Sci. Soc.)
- Lee, I.Y., Lee, J., Kim, D.S. and Park, K.W. 2014. Current status and perspective of weed science in the world. Weed Turf. Sci. 3(1):1-5. (In Korean)
- Park, T.S., Seong, K.Y., Cho, H.S., Kang, H.W. and Park, K.W. 2014. Current status, mechanism and control of herbicide resistant weeds in rice fields of Korea. CNU J. Agri. Sci. 41:85-99. (In Korean)