การต้านทานสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม Aryloxyphenoxy-propionate ของหญ้าตีนกา (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) ในประเทศไทย

Resistance of Goosegrass (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) to Aryloxyphenoxy-propionate Herbicides in Thailand

จรัญญา ปิ่นสุภา[1*/] อุษณีย์ จินดากุล[1/] เทอดพงษ์ มหาวงศ์[1/] เอกรัตน์ ธนูทอง[1/] ปรัชญา เอกฐิน[1/]
ยุรวรรณ อนันตนมณี[1/] สุพรรณิกา อินต๊ะนนท์[2/]
Jarunya Pinsupa[1*/] Aussanee Chindakul[1/] Terdpong Mahawong[1/] Akekarat Tanutong[1/]
Pruchaya Ekatin[1/] Yurawan Anantanamanee[1/] Suphannika Intanon[2/]

Received 11 Jun. 2021/Revised/2 Aug. 2021 Accepted 4 Aug. 2021

ABSTRACT

Goosegrass (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) becomes a problematic weed in many cropping systems and some goosegrass populations have been reported to be resistant to aryloxyphenoxy-propionate herbicides (APH). This study aimed to test whether 100 goosegrass populations collected from 100 vegetable fields in Thailand in 2018 were resistant to APH, fenoxaprop-P-ethyl, fluazifop-P-butyl, haloxyfop-R-methyl, propaquizafop, and quizalofop-P-tefuryl, and to evaluate resistant level in some populations using whole-plant dose-response assays. The study was carried out in greenhouse of Weed Science group from January to October, 2019. Results revealed that some goosegrass populations were resistant to all five tested APH. There were 77% of populations resistant to fenoxaprop- P-ethyl, followed by fluazifop-P-butyl, haloxyfop-R-methyl, propaquizafop, and quizalofop-P-terfuryl at 27%, 26%, 25% and 23%, respectively. When divided by regions, the resistant populations were found greater in the central region than in the north and northeast. The GR_{50} values for fluazifop-P-butyl in resistant populations ($GR_{50}$of P58 =133.85±38.45 and GR_{50} of P26 =146.42±53.07) were more than 3,660.50 and 3,346.25 times greater than for the S population (GR_{50}= 0.04±0.04), respectively. The highest resistant level to fluazifop-P-butyl compared to other tested APH. Aryloxyphenoxy-propionate herbicides would have least potential use to control goosegrass in vegetable fields in the future if these resistant populations spreads widely.

Keywords: Goosegrass, post-emergence weed control, vegetable crops, herbicide resistant weed, aryloxyphenoxy propionate herbicides

---

[1] กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

[1] Weed Science and Research Group, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก
Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok

*** Corresponding author: pinsupa.j@gmail.com**

บทคัดย่อ

หญ้าตีนกา (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) เป็นวัชพืชที่เป็นปัญหาในพืชปลูกหลายชนิด และมีรายงานการต้านทานสารในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความต้านทานของหญ้าตีนกา จำนวน 100 ประชากร จากพื้นที่ปลูกผักที่สำคัญของประเทศในปี 2561 ต่อสารกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate ได้แก่ fenoxaprop-P-ethyl, fluazifop-P-butyl, haloxyfop-R-methyl, propaquizafop และ quizalofop-P-tefuryl และประเมินระดับความต้านทาน โดยทดสอบการตอบสนองของหญ้าตีนกาบางประชากรต่อสารกำจัดวัชพืชที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในเรือนทดลองกลุ่มวิจัยวัชพืช ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 การศึกษาพบว่า หญ้าตีนกาบางประชากรมีความต้านทานต่อทุกสารในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate โดย 77% ของหญ้าตีนกาจากจำนวนประชากรทั้งหมด ต้านทานต่อสาร fenoxaprop-P-ethyl มากกว่าสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่น และต้านทานต่อสาร fluazifop-P-butyl, haloxyfop-R-methyl, propaquizafop, และ quizalofop-P-terfuryl คิดเป็น 27%, 26%, 25% และ 23% ตามลำดับ เมื่อแยกตามภูมิภาค พบว่า ประชากรหญ้าตีนกาในพื้นที่ภาคกลางมีความต้านทานต่อสารมากกว่าประชากรหญ้าตีนกาในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่า GR_{50} ของสาร fluazifop-P-butyl ในประชากรหญ้าตีนกาที่ต้านทานของ P58 =133.85±38.45 และ GR_{50} ของ P26 =146.42±53.07 คิดเป็น 3,660.50 และ 3,346.25 เท่า มากกว่าประชากรอ่อนแอ (GR_{50} = 0.04±0.04) การที่ระดับความรุนแรงของการต้านทานในหญ้าตีนกาต่อสาร fluazifop-P-butyl มากกว่าสารอื่น ๆ ในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate ดังนั้น ในระยะยาวสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate มีแนวโน้มที่จะไม่สามารถใช้ควบคุมหญ้าตีนกาที่พบในแปลงผักได้ หากมีการกระจายพันธุ์ของประชากรที่ต้านทาน

คำสำคัญ: หญ้าตีนกา, การควบคุมวัชพืชหลังงอก, พืชผัก, วัชพืชต้านทานสารกำจัดวัชพืช, สารกำจัดวัชพืชกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate

บทนำ

การจัดการวัชพืชในพืชปลูกส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้สารกำจัดวัชพืช เนื่องจากเป็นวิธีการที่เห็นผลได้รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพประกอบกับการขาดแคลนแรงงาน จึงทำให้เกษตรกรนิยมใช้สารกำจัดวัชพืชควบคุมวัชพืชในพืชปลูกอย่างแพร่หลาย (รังสิต, 2547; Vargas *et al*., 2013) โดยเฉพาะในแปลงปลูกผัก เช่น คะน้า ผักชี หอมใหญ่ หอมแดง พริก เป็นต้น เกษตรกรนิยมใช้สารกำจัดวัชพืชกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate ได้แก่ fenoxaprop-P-ethyl,fluazifop-P-butyl, haloxyfop-R-methyl, propaquizafop และ quizalofop-P-tefuryl ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทใบแคบ เช่น หญ้านกสีชมพู (*Echinochloacolona* (L.) Link), หญ้าตีนนก (*Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler), หญ้าปากควาย (*Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd.), หญ้าตีนติด *Brachiaria reptans* (L.) C.A.Gardner & C.E.Hubb.) และหญ้าตีนกา (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) เป็นต้น จะใช้พ่นหลังวัชพืชงอก (post-emergence herbicides) มีจำนวนใบ 3-5 ใบ และใช้หลังจากปลูกพืช 15-20 วัน โดยมีคำแนะนำให้เกษตรกรใช้มานานกว่า 10 ปี (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2554)

คุณสมบัติของสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate มีกลไกเข้าทำลายพืชโดยไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetyl-CoA carboxylase (ACCase) ที่สังเคราะห์ไขมันในคลอโรพลาสต์ของพืชวงศ์หญ้า ไม่ทำลายวัชพืช

ประเภทใบกว้าง และวงศ์กก จึงไม่เป็นพิษต่อผักที่เป็นพืชปลูกใบกว้าง เมื่อสารเข้าสู่ต้นพืชโดยผ่านทางใบสามารถเคลื่อนย้าย (translocation) ได้ทั่วต้นพืชทั้งในท่อลำเลียงน้ำ (xylem) และท่อลำเลียงอาหาร (phloem) และไปสะสมที่เนื้อเยื่อเจริญ เช่น ยอดอ่อน ตาข้าง และปลายราก ส่งผลให้พืชชะงักการเจริญเติบโต อาการที่วัชพืชแสดงออกเมื่อได้รับพิษจากสารกำจัดวัชพืช ได้แก่ ใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (chlorosis) ยอดอ่อนหลุดจากปล้อง (growing point separation) โคนยอดอ่อนไหม้เป็นเนื้อเยื่อตาย (decayed tissue at the base) และใบเหี่ยวแห้งตาย (necrosis) ภายใน 1-2 สัปดาห์ (ศุภธิดา และคณะ, 2555; Cocker *et al*., 2000) อย่างไรก็ตาม การใช้สารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate ซ้ำ ๆ ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้เกิดปัญหาวัชพืชต้านทานสารกำจัดวัชพืชได้ จากการรายงานในหลายประเทศ พบว่า มีวัชพืชหลายชนิดที่ต้านทานสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate เช่น black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) ต้านทานต่อสาร diclofop-methyl, fenoxaprop-ethyl, และfluazifop-P-butyl, (Hall *et al*, 1997), johnsongrass (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) ต้านทานต่อสาร quizalofop-ethyl (Bradley *et al*., 2001), หญ้าดอกขาว (*Leptochloa chinensis* (L.) Nees) ต้านทานต่อสาร fenoxaprop-P- ethyl, cyhalofop-butyl, และ quizalofop-P-tefuryl (Maneechote *et al*., 2005), littleseed canary grass (*Phalaris minor* Retz.) ต้านทานต่อสาร fenoxaprop-P-ethyl. (Abbas *et al*., 2016), annual blue grass (*Poa annua* L.) ต้านทานต่อสาร haloxyfop (Ghanizadeh *et al*., 2020.), wild oat (*Avena fatua* L.) ต้านทานต่อสาร propaquizafop (Bhaskar *et al*., 2020), หญ้าข้าวนก (*Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv.) ต้านทานต่อสาร fenoxaprop-P-ethyl (Hamza *et al*., 2012) และ หญ้าตีนกา (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) ต้านทานต่อสาร diclofop-methyl, fenoxaprop, และ fluazifop (Mccullough *et al*., 2016) เป็นต้น

หญ้าตีนกา เป็นวัชพืชปีเดียวที่ก่อให้เกิดปัญหาในพืชปลูกหลายชนิด เช่น พืชไร่ พืชผัก ไม้ผล และไม้ยืนต้น รวมทั้งพื้นที่สนามกอล์ฟ (Breeden *et al*., 2017; Mclroy *et al*., 2017) เนื่องจากสามารถขึ้นได้ในสภาพพื้นที่ที่หลากหลาย และเป็นวัชพืช C4 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงมากในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง มีโอกาสแก่งแย่งปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชปลูกหลัก (Chauhan and Johnson, 2008) หากปล่อยให้หญ้าตีนกามีการผลิตเมล็ด จะสามารถผลิตเมล็ดได้สูงถึง 120,000 เมล็ด/ต้น (Takano *et al*., 2016) ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อพืชผักเนื่องจากเป็นพืชอายุสั้น หากวัชพืชขึ้นแข่งขันตั้งแต่ระยะแรก จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตมากกว่า 50 % ภัทร์พิชชา และคณะ (2560) พบว่า หากไม่กำจัดวัชพืชในแปลงคะน้าจะทำให้ผลผลิตของคะน้าลดลงถึง 85%

ในช่วงเวลา 5-6 ปี ที่ผ่านมา ได้รับทราบจากเกษตรกรว่าสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม aryloxyphenoxy propionate ไม่สามารถควบคุมวัชพืชหญ้าตีนกาได้ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเพื่อกำจัดหญ้าตีนกาโดยใช้แรงงานคน ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น และก่อให้เกิดปัญหาในฤดูถัดไปได้ แต่การศึกษาทางด้านการต้านทานของวัชพืชประเทศไทย ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก ส่งผลให้มีปัญหาการแพร่ระบาดของวัชพืชในแปลงปลูกต่อเนื่อง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงทำการสำรวจและประเมินระดับการเกิดความต้านทานวัชพืชหญ้าตีนกา ต่อสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate ในพื้นที่ปลูกผักที่สำคัญของประเทศ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการวัชพืชหญ้าตีนกาที่ต้านทานสารกำจัดวัชพืช ได้อย่างเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

การสำรวจและเก็บเมล็ดหญ้าตีนกา

สำรวจและเก็บเมล็ดหญ้าตีนกาที่พบแพร่กระจายในพื้นที่ปลูกผักจังหวัดต่าง ๆ 20 จังหวัด ในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี พ.ศ. 2561 โดยไม่ได้มีการระบุพิกัดพื้นที่ล่วงหน้า และคณะผู้วิจัยไม่ทราบข้อมูลเกี่ยวกับประวัติการใช้สารกำจัดวัชพืชในพื้นที่ ทำการสุ่มเก็บเมล็ดหญ้าตีนกา จำนวน 100 ประชากรจากพื้นที่ปลูกผัก เช่น หอมหัวใหญ่ คะน้า ฟักทอง มะเขือเทศ พริก กระเทียม ผักชี ชะอม เป็นต้น การเก็บเมล็ดในแต่ละพื้นที่จะทำตามวิธีการของ European Herbicide Resistance Committee (2017) โดยเลือกแปลงที่พบการแพร่กระจายของหญ้าตีนกาอย่างน้อย 20% เพื่อให้ได้จำนวนเมล็ดที่เพียงพอต่อการทดสอบ เดินสุ่มเก็บเมล็ดหญ้าตีนกาในแนวเส้นทแยงมุม จำนวน 5 จุด ให้ได้จำนวนเมล็ดรวมกันประมาณ 200 กรัม บันทึกชนิดพืชปลูกและพิกัดตำแหน่งแปลง หลังจากนั้นนำเมล็ดหญ้าตีนกาในแต่ละพื้นที่มาตากประมาณ 7 วัน ในเรือนทดลอง (อุณหภูมิ 33/27°ซ. กลางวัน/กลางคืน) แล้วนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 4 เดือน เพื่อให้พ้นระยะการพักตัวของเมล็ด ก่อนนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การศึกษาระดับความต้านทานของหญ้าตีนกา

นำเมล็ดหญ้าตีนกา จำนวน 50 เมล็ด ของแต่ละประชากรทั้งหมด 100 ประชากร เพาะในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว 5 ซ้ำ หลังจากหญ้าตีนกามีจำนวนใบ 2 ใบ ถอนแยกให้เหลือ 20 ต้น ทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ เมื่อหญ้าตีนกามีใบประมาณ 3-5 ใบ ทำการพ่นด้วยสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate ตามอัตราคำแนะนำ ได้แก่ fenoxaprop-P-ethyl, fluazifop-P -butyl, haloxyfop-R-methyl, propaquizafop, และ quizalofop-P-tefuryl อัตรา 22.08, 36.00, 21.60, 15.00, 12.80 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ตามลำดับ โดยใช้เครื่องพ่นสารแบบถังโยกสะพายหลัง (knapsack sprayer) หัวพ่นแบบรูปพัด ปริมาณน้ำที่ใช้ 80 ลิตร/ไร่ วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block : RCB) โดยมีกรรมวิธีที่ไม่พ่นสารเป็นกรรมวิธีควบคุม หลังพ่นสารกำจัดวัชพืชที่ 21 วัน นับจำนวนต้นที่รอดตาย นำค่าที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การรอดตายโดยเปรียบเทียบกับจำนวนต้นของประชากรเดียวกันที่ไม่พ่นสาร การประเมินความต้านทานทานของวัชพืช แบ่งระดับความต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืช เป็น 3 ระดับ (Llewellyn and Powles, 2001) ดังนี้

เปอร์เซ็นต์การรอดตาย	ระดับความต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืช
0	ประชากรอ่อนแอ (Susceptible population)
1-20	ประชากรที่กำลังพัฒนาความต้านทาน (Developing resistant population)
มากกว่า 20	ประชากรต้านทาน (Resistant population)

การตอบสนองของหญ้าตีนกาต่อสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate

เลือกเมล็ดหญ้าตีนกาประชากรต้านทาน (resistant population) ที่พบการรอดชีวิต หลังฉีดพ่นด้วยสารกำจัดวัชพืช 5 ชนิด ที่อัตราแนะนำตั้งแต่ 70 % ขึ้นไป ในทุกสาร จำนวน 2 ประชากร มาปลูกและเก็บเมล็ด เพื่อนำเมล็ดรุ่นลูกมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกำจัดวัชพืชและการตอบสนองต่อสารกำจัดวัชพืช โดยมีประชากรอ่อนแอ (susceptible population) ต่อสารทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกและเก็บเมล็ดรุ่นลูก ใช้เป็นประชากรชุดควบคุม

เพาะเมล็ดหญ้าตีนกาแต่ละประชากรลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว จำนวน 50 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อหญ้าตีนกามีจำนวน 3-5 ใบ ถอนแยกให้เหลือ 10 ต้น/กระถาง วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ ต่อประชากรของหญ้าตีนกา และชนิดสารกำจัดวัชพืชในแต่ละอัตรา พ่นสารกำจัดวัชพืช fenoxaprop-P-ethyl อัตรา 0.02, 1.10, 2.21, 11.04, 22.08, 44.16, 88.32, 176.64 และ 309.12 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่, fluazifop-P-butyl อัตรา 0.036, 1.8, 3.6, 18, 36, 72, 144, 288 และ 504 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่, haloxyfop-R-methyl อัตรา 0.0216, 1.08, 2.16, 10.8, 21.6, 43.2, 86.4, 172.8, และ 302.4 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่, propaquizafop อัตรา 0.015, 0.75, 1.5, 7.5, 15, 30, 60, 120 และ 210 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่, และ quizalofop-P-tefuryl อัตรา 0.0128, 0.64, 1.28, 6.4, 12.8, 25.6, 51.2, 102.4 และ 179.2 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ หลังพ่นสารกำจัดวัชพืชที่ระยะ 21 วัน นับจำนวนต้นหญ้าตีนกาที่รอดชีวิต และเก็บส่วนต้นของหญ้าตีนกาที่อยู่เหนือดิน (aboveground biomass) มาอบที่อุณหภูมิ 60°ซ. เป็นเวลา 72 ชม. บันทึกน้ำหนักแห้ง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

คำนวณร้อยละน้ำหนักแห้งจากน้ำหนักแห้งของหญ้าตีนกาในแต่ละประชากรที่ตอบสนองต่อสารกำจัดวัชพืช เปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งของประชากรเดียวกัน ที่ไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช และใช้ข้อมูลดังกล่าวในการวิเคราะห์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกำจัดวัชพืชและการตอบสนองต่อสารกำจัดวัชพืช (dose response curve) โดยใช้ log-logistic equation (Seefeldt *et al*., 1995; streibig *et al.,* 1993 ดังสมการที่ 1

$$y = C + \frac{D - C}{1 + (x/GR_{50})^b} \quad [1]$$

โดยที่ y คือ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของหญ้าตีนกา (คิดเป็น% ของกลุ่มควบคุม) ที่ความเข้มข้นหนึ่งของสารกำจัดวัชพืช

x, C คือ ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองของพืชต่อสารกำจัดวัชพืชที่ความเข้มข้นสูง (lower limit)

D คือ ค่าเฉลี่ยของการตอบสนองของพืชในกรณีที่ปริมาณสารกำจัดวัชพืชเป็นศูนย์ (upper limit),

b คือ ความชัน (slope) ของเส้นที่ GR_{50}

GR_{50} คือ ปริมาณสารกำจัดวัชพืชที่ทำให้การเจริญเติบโตของวัชพืชลด 50 %

วิเคราะห์ dose response curve โดยใช้โปรแกรม R (Ritz *et al*., 2015) และความรุนแรงของการต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืช (level of herbicide resistance) คำนวณจากสัดส่วนของค่า GR_{50} ของประชากรต้านทานต่อ GR_{50} ของประชากรอ่อนแอ

ผลการทดลองและวิจารณ์

การสำรวจและเก็บเมล็ดหญ้าตีนกา

การตรวจสอบความต้านทานของหญ้าตีนกาในพื้นที่ปลูกผักที่สำคัญของประเทศไทย จำนวน 100 แปลง จาก 20 จังหวัด เมื่อแบ่ง

พื้นที่สำรวจตามเขตภูมิภาคของกรมการปกครอง 4 ภูมิภาค แปลงสำรวจ จำนวน 53 แปลง จาก 11 จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ น่าน ลำพูน แพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก นครสวรรค์ พิจิตร เพชรบูรณ์ และตาก ภาคกลาง จำนวน 31 แปลง จาก 5 จังหวัด ได้แก่ สุพรรณบุรี นครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี เพชรบุรี, และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 16 แปลง จาก 4 จังหวัด ได้แก่ สกลนคร ขอนแก่น กาฬสินธุ์ และหนองคาย

ระดับความต้านทานของวัชพืชหญ้าตีนกา

ผลการทดลองพบว่า มีการกระจายตัวของประชากรเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต้านทาน (resistant population) ระดับกำลังพัฒนาความต้านทาน (developing resistant population) และระดับอ่อนแอ (susceptible) ต่อสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate โดยพบระดับต้านทาน จำนวน 19 ประชากรต่อสารในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate แสดงใน Table 1 โดยพบประชากรต้านทานในภาคเหนือ จำนวน 6 ประชากร ในพื้นที่ปลูกคะน้า จ.พิษณุโลก ในภาคกลาง พบประชากรหญ้าตีนกาต้านทานจำนวนมากที่สุด (10 ประชากร) ในพื้นที่ปลูกผัก จ.สุพรรณบุรี นครปฐม ราชบุรี และเพชรบุรี ขณะที่พบประชากรต้านทานเพียง 3 ประชากรในพื้นที่ปลูกพริก จ.หนองคาย

เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของหญ้าตีนกาที่ต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate โดยแยกตามภูมิภาค พบว่า ประชากรหญ้าตีนกาในเขตภาคกลาง มีร้อยละความต้านทานต่อทุกสารในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate มากกว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Table 2) แต่ระดับความต้านทานต่อสาร fenoxaprop-P-ethyl มีแนวโน้มมากกว่าสารอื่น ๆ โดยพบประชากรอ่อนแอมากที่สุดในพื้นที่ภาคเหนือ 3.8% และพบประชากรที่กำลังพัฒนาความต้านทานมากที่สุดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 44.4% ในขณะที่พบระดับความต้านทานต่อสารในภาคกลางสูงสุด 93.11. การพบจำนวนประชากรอ่อนแอสูงสุดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มากกว่าภาคเหนือ และภาคกลาง อาจจะเกิดจากระบบการปลูกพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการปลูกพืชแบบสลับหมุนเวียน และทำการเกษตรแบบอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก (วาสนา และชรัตน์ 2556; พรทิพย์ 2557) การปลูกพืชแบบสลับหมุนเวียนเพื่อลดการใช้น้ำ ทำให้การจัดการวัชพืชในพืชปลูกแต่ละชนิดแตกต่างกันโดยเฉพาะการใช้สารกำจัดวัชพืช การหมุนเวียนในการใช้สารกำจัดวัชพืชต่างชนิดและมีกลไกการทำลายที่ต่างกันมีผลต่อการการชะลอตัวการเกิดความต้านทานของวัชพืช และเป็นวิธีการที่จะลดปัญหาวัชพืชต้านทานได้ (Mccullough *et al*., 2016) ส่วนในภาคกลางมีระบบการเกษตรแบบชลประทานประกอบกับฝนตกตามฤดูกาล เกษตรกรสามารถทำการเกษตรได้ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะการปลูกผักและมีการใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดเดียวติดต่อกัน ทำให้เกิดวัชพืชต้านทานได้สูง ดังนั้น เกษตรกรจึงควรหมุนเวียนการใช้สารกำจัดวัชพืชภายในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate ร่วมกับการใช้สารกำจัดวัชพืชกลุ่มอื่นที่มีกลไกการออกฤทธิ์เข้าทำลายพืชที่ต่างกัน จึงจะช่วยลดปัญหาวัชพืชต้านทานในแปลงปลูกผัก

การตอบสนองของหญ้าตีนกาต่อสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate

ได้เลือกประชากร P58 จากภาคกลาง และ P26 จากภาคเหนือ ซึ่งมีความต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืช fenoxaprop-P-ethyl,fluazifop P-butyl, haloxyfop-R-methyl, propaquizafop และ quizalofop-P-tefuryl ตั้งแต่ 70% ขึ้นไป มาวิเคราะห์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกำจัดวัชพืชและการตอบสนองต่อสารกำจัดวัชพืช (dose response curve) เปรียบเทียบ

กับประชากร P22 จากภาคเหนือที่อ่อนแอต่อสารกำจัดวัชพืชทุกสารในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate จากการประเมินการตอบสนองของหญ้าตีนกาต่อสารกำจัดวัชพืช fenoxaprop P-ethyl, fluazifop-P-butyl, haloxyfop-R-methyl, propaquizafop และ quizalofop-P-tefuryl พบว่ามีการตอบสนองต่อสารกำจัดวัชพืชแตกต่างกันชัดเจนระหว่างประชากรต้านทาน 2 ประชากร ได้แก่ P58 และ P26 เมื่อเทียบกับประชากรอ่อนแอ P22 ในทุกสาร (Figure 1; Table 3) สาร fenoxaprop-P-ethyl อัตรา 1.104 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ น้ำหนักแห้งของประชากรต้านทานลดลง 33% และ 24% ในประชากร P58 และ P26 ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักแห้งของประชากรอ่อนแอลดลงมากถึง 82% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่พ่นสาร (Figure 1A) สาร fluazifop-P-butyl ที่ความเข้มข้น 1.8 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ น้ำหนักแห้งของประชากรต้านทานลดลง 19% และ 14% ในประชากร P58 และ P26 ตามลำดับ ในขณะที่น้ำหนักแห้งของประชากรอ่อนแอลดลงมากถึง 88%

Table 1 Survival (%) of goosegrass populations which resist to all 5 herbicides

Population	Region[a]	Province[b]	Crop	Survival (%)					Resistance Level[c]				
				Feno	Flua	Halo	Prop	Quiz	Feno	Flua	Halo	Propa	Quiz
P22	N	UTT	green shallot	0	0	0	0	0	S	S	S	S	S
P25	N	PLK	Kale	87	57	55	40	45	R	R	R	R	R
P26	N	PLK	Kale	87	93	73	77	70	R	R	R	R	R
P27	N	PLK	Kale	83	93	83	87	60	R	R	R	R	R
P30	N	PLK	Kale	30	23	47	27	33	R	R	R	R	R
P31	N	PLK	Kale	73	83	87	80	90	R	R	R	R	R
P34	N	PLK	Kale	80	80	70	87	87	R	R	R	R	R
P58	C	SPB	Yard long bean	100	87	80	70	93	R	R	R	R	R
P59	C	NPT	Chili	57	63	73	83	90	R	R	R	R	R
P62	C	NPT	Taro	97	93	60	53	63	R	R	R	R	R
P65	C	NPT	Holy Basil	100	90	60	100	97	R	R	R	R	R
P68	C	RBR	Chili	97	83	66	90	80	R	R	R	R	R
P70	C	RBR	Baby corn	40	37	40	20	39	R	R	R	D	R
P72	C	RBR	Yard long bean	93	90	60	83	93	R	R	R	R	R
P73	C	RBR	Baby corn	80	57	20	23	33	R	R	D	R	R
P83	C	PBI	Yard long bean	97	83	90	90	80	R	R	R	R	R
P84	C	PBI	Yard long bean	100	97	100	100	100	R	R	R	R	R
P96	NE	NKI	Chili	63	60	39	57	70	R	R	R	R	R
P99	NE	NKI	Chili	77	79	46	67	30	R	R	R	R	R
P100	NE	NKI	Chili	90	33	27	62	37	R	R	R	R	R

[a] N=North, C=Central, NE=Northeast

[b] PLK=Phitsanulok, SPB=Suphan Buri, NPT=Nakhon Pathom, RBR=Ratchaburi, PBI=Phetchaburi, NKI=Nong Khai

[c] Resistance Level: susceptible= S, developing resistance=D, resistant=R

Remarks: Feno= Fenoxaprop-P-ethyl, Flua= Fluazifop-P-butyl, Halo= Haloxyfop-R-methyl, Prop=Propaquizafop, Quiz = Quizalofop-P-tefury

Table 2 Resistant Level of goosegrass populations to aryloxyphenoxy-propionate herbicides grouped by region

Herbicides	Application rate (g.ai/rai)	Susceptible[a]			Developing resistant			Resistant		
		N	C	NE	N	C	NE	N	C	NE
		Population (%)[b]								
fenoxaprop-P-ethyl	22.08	3.8	0	0	20.8	6.9	44.4	75.4	93.1	55.6
fluazifop-P-butyl	36.00	43.4	44.8	61.1	34.0	17.2	16.7	22.6	38	22.2
haloxyfop-R-methyl	21.60	51.0	41.4	55.6	30.2	17.2	22.2	18.8	41.4	22.2
propaquizafop	15.00	45.3	58.6	50.0	32.1	10.4	27.8	22.6	31	22.2
quizalofop-P-tefuryl	12.80	41.5	55.2	61.1	41.5	10.3	16.7	17	34.5	22.2

[a] Level of herbicide resistance: 0% survival = susceptible population; 1-20% survival = developing resistant population; >20% survival = resistant population (Llewellyn and Powles, 2001)

[b] Percent of goosegrass populations in each region: North (N=53), Central (N=31), and Northeast (N=16) for each herbicide

(Figure 1B) สาร haloxyfop-R-methyl ที่ความเข้มข้น 1.08 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ น้ำหนักแห้งของประชากรต้านทาน P58 และ P26 ลดลง 33% และ 37% และน้ำหนักแห้งของประชากรอ่อนแอลดลง 79% (Figure 1C), สาร propaquizafop ที่ความเข้มข้น 7.5 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ น้ำหนักแห้งของประชากรต้านทาน P58 และ P26 ลดลง 24% และ 29% ในขณะที่น้ำหนักแห้งของประชากรอ่อนแอลดลง 95% (Figure 1D) และสาร quizalofop-P-tefuryl ที่ความเข้มข้น 1.28 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ น้ำหนักแห้งของประชากรต้านทาน P58 และ P26 ลดลง 17% และ 16% ในขณะที่น้ำหนักแห้งของประชากรอ่อนแอลดลง 85% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ฉีดพ่นสาร (Figure 1E)

เมื่อพิจารณาค่า GR_{50} ของประชากรต้านทาน เปรียบเทียบกับค่า GR_{50} ของประชากรอ่อนแอ หญ้าตีนกามีระดับความรุนแรงของความต้านทาน (Resistance ratio) ต่อสาร fluazifop-P-butyl มากกว่าสารชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate (Table 3) โดยให้ค่าความรุนแรงของการต้านทาน (resistance ratio) 3,660.50 และ 3,346.25 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับประชากรอ่อนแอ รองลงมาคือ propaquizafop (1,252.50 และ 757.17 เท่า), haloxyfop-R-methyl (383.80 และ 435.09 เท่า), fenoxaprop-P-ethyl (112.00 และ 201.67 เท่า) และ quizalofop-P-tefuryl (28.09 และ 9.45 เท่า) สำหรับประชากรต้านทาน P58 และ P26 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mccullough *et al.* (2016) ที่พบหญ้าตีนกามีความต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืช fluazifop อัตรา 16.5 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ มากกว่าสารกำจัดวัชพืช fenoxaprop (อัตรา 16 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่) โดยให้น้ำหนักแห้งหญ้าตีนกา 117% และ 112% ขณะที่ประชากรหญ้าตีนกาที่อ่อนแอให้น้ำหนักแห้ง 31% และ 39% ตามลำดับ

Jalaludin *et al.* (2015) รายงานการเกิดความต้านทานของหญ้าตีนกาประชากรที่พบในมาเลเซียต่อสาร fluazifop-P-butyl, haloxyfop-P-methyl, และ butroxydim เป็นผลเนื่องมาจากประชากรต้านทานมีการเปลี่ยนแปลงลำดับกรดอะมิโน (mutation) ที่ *ACCase* โดยมีลำดับกรดอะมิโนเปลี่ยนจากทริปโตเฟน เป็นซิสเตอีน ตำแหน่งมิวเทชั่น 2027 (Trp-2027-Cys) ในขณะที่ Wang *et al.* (2017) พบว่า biotype ของหญ้าตีนกาที่ต้านทานสารกำจัดวัชพืช fluazifop-P-butyl

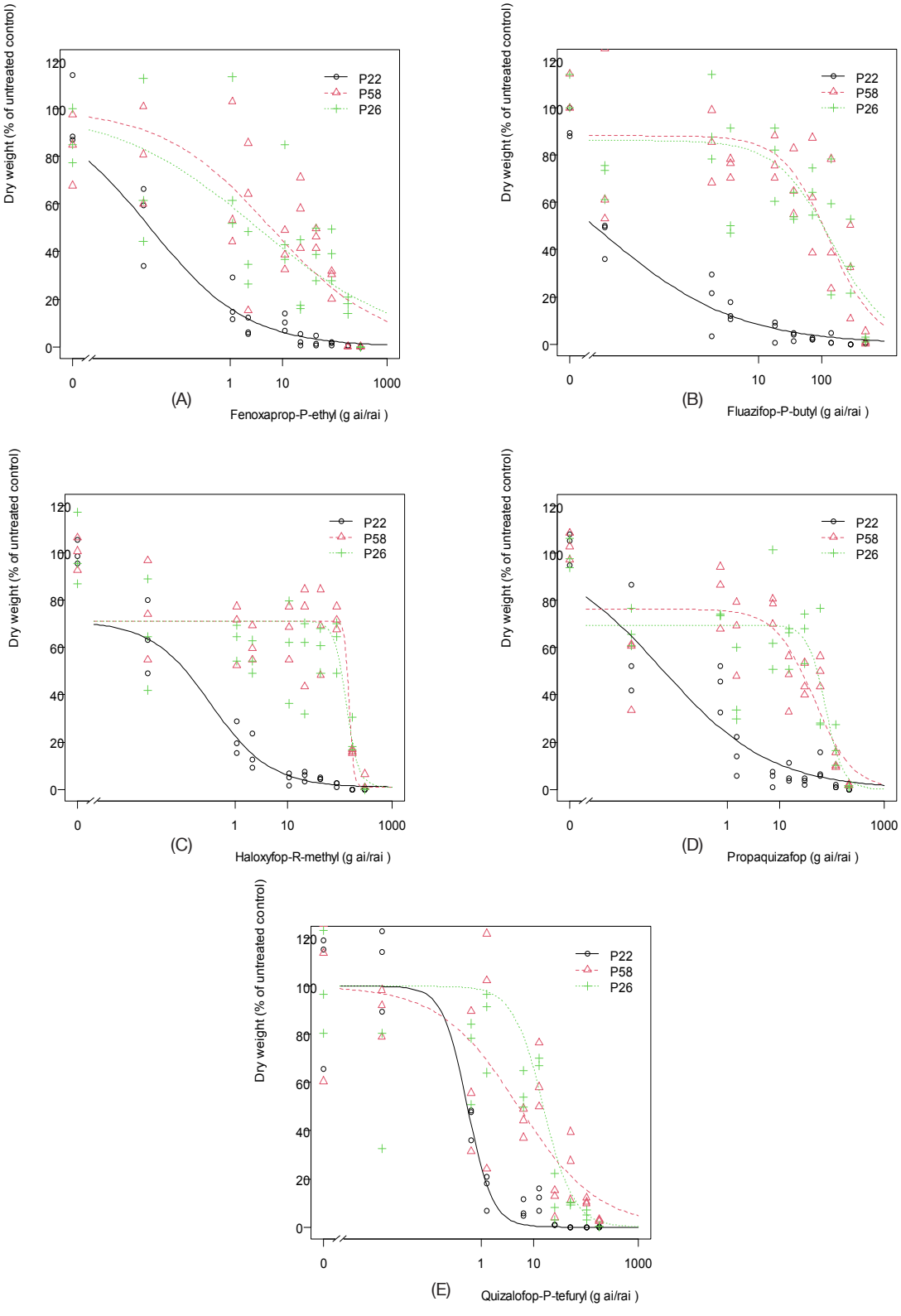

Figure 1 Shoot biomass of aryloxyphenoxy-propionate resistant (P26 and P58) and susceptible (P22) goosegrass populations after treated by (A) fenoxaprop-P-ethyl, (B) fluazifop-P-butyl, (C) haloxyfop-R-methyl, (D) propaquizafop, and (E) quizalofop-P-tefury

Table 3 GR_{50} values (g.ai/rai) and resistance ratios for resistant (P26 and P58) and susceptible (P22) goosegrass populations to aryloxyphenoxy-propionate herbicides

Herbicide	Population	GR_{50}	(SE)[a]	Resistance ratio (R:S)
fenoxaprop-P-ethyl	P26	3.36	(2.06)	112.00
	P58	6.05	(2.92)	201.67
	S	0.03	(0.02)	
fluazifop-P-butyl	P26	146.42	(53.07)	3,660.50
	P58	133.85	(38.45)	3,346.25
	S	0.04	(0.04)	
haloxyfop-R-methyl	P26	134.33	(20.82)	383.80
	P58	152.28	(48.32)	435.09
	S	0.35	(0.25)	
propaquizafop	P26	75.15	(13.87)	1,252.50
	P58	45.43	(13.62)	757.17
	S	0.06	(0.05)	
quizalofop-P-tefuryl	P26	15.45	(5.93)	28.09
	P58	5.20	(2.41)	9.45
	S	0.55	(0.23)	

[a] Standard errors for estimated GR_{50} values are in parenthesis.

เกิดขึ้นเนื่องจากการย่อยสลายสารพิษในประชากรต้านทาน โดยเข้าไปเพิ่มการทำงานของ glutathione S-transferase (GST) ซึ่งเป็นเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระภายในเซลล์พืช ส่งผลเพิ่มความสามารถในการทำลายสารพิษ หรือขจัดสารพิษจากสารกำจัดวัชพืชในเซลล์หญ้าตีนกาที่ต้านทาน

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า หญ้าตีนกามีความต้านทานต่อสารกำจัดวัชพืช fuazifop-P-butyl มากกว่าสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นในกลุ่มเดียวกัน อาจเนื่องมาจากสารกำจัดวัชพืช fluazifop-P-butyl ขึ้นทะเบียนการใช้ในประเทศไทยตั้งแต่ปีพ.ศ 2539 เพื่อกำจัดวัชพืชในพืชผักก่อนสารกำจัดวัชพืช fenoxaprop-P-ethyl, propaquizafop, haloxyfop-R-methyl และ quizalofop-P-tefuryl อาจเป็นเหตุทำให้พบความต้านทานได้มากกว่าสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ในระยะยาวสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate มีแนวโน้มที่จะไม่สามารถใช้ควบคุมหญ้าตีนกาที่พบในแปลงผักได้ หากมีการกระจายพันธุ์ของประชากรที่ต้านทาน จึงควรที่จะแนะนำให้เกษตรกรใช้สารกำจัดวัชพืชในกลุ่มอื่นที่มีกลไกการเข้าทำลายวัชพืชที่แตกต่างกัน พ่นแทนการใช้สารกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate หรือพ่นสลับในฤดูการปลูกถัดไป และสามารถใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในกลุ่ม Chloroacetamide เช่น alachlor, metholachlor, s-metalachlor เป็นต้น ซึ่งมีกลไกการออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (กลุ่มวิจัยพืช, 2554) โดยคำนึงถึงความเป็นพิษของพืชปลูกแต่ละชนิด และไม่แนะนำให้เกษตรกรใช้สารในกลุ่ม Cyclohexanedione เช่น clethodim และ sethoxydim ซึ่งเป็นสารที่มีกลไกการออกฤทธิ์เหมือนกับ aryloxyphenoxy-propionate และมีรายงานการเกิดความต้านทานข้าม (cross resistance) ได้ (Heap, 2021) อย่างไรก็ตาม ควรทำงานวิจัยหาวิธีการจัดการหญ้าตีนกาต้านทานสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate ต่อไป

สรุปผลการทดลอง

จากการสำรวจประชากรหญ้าตีนกาในแปลงปลูกผัก จำนวน 100 ประชากร จาก 20 จังหวัด ในพื้นที่เขตภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หญ้าตีนกาบางประชากรมีความต้านทานต่อทุกสารในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate โดยเฉพาะประชากรหญ้าตีนกาในเขตภาคกลางมีความต้านทานมากกว่าในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และหญ้าตีนกาต้านทานสาร fluazifop-P-butyl มากกว่าสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นในกลุ่ม aryloxyphenoxy-propionate

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิจัยวัชพืช. 2554. *คำแนะนำการควบคุมวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืช.* กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 149 หน้า.

พรทิพย์ ศรีมงคล. 2557. ถั่วเขียวในระบบการปลูกพืชเพื่อเกษตรยั่งยืน. *ข่าวสารเกษตรศาสตร์.* 60(1): 57-63.

ภัทร์พิชชา รุจิระพงศ์ชัย คมสัน นครศรี และอมฤต ศิริอุดม. 2560. ประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดวัชพืชชนิดใหม่ในคะน้า. หน้า 1803-1808. *ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2560.* สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

รังสิต สุวรรณเขตนิคม. 2547. *สารป้องกันกำจัดวัชพืช: พื้นฐานและวิธีการใช้.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 487 หน้า.

วาสนา พุฒกลาง และ ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. 2556. การโซนนิ่งพื้นที่เกษตรกรรมสำหรับการผสมผสานหาทางเลือกสำหรับการใช้ที่ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. แหล่งข้อมูล: https://gecenet.kku.ac.th/research/n__journal/2557/1.4.1__Agricultural__Zoning.pdf สืบค้น: 7 มีนาคม 2564

ศุภธิดา ศิริสวัสดิ์ ภาณุวัฒน์ มหาทำนุโชค และทศพล พรพรหม. 2555. การศึกษาความต้านทานสารหลายกลุ่มและลักษณะทางชีวโมเลกุลของหญ้าดอกขาว (*Leptochloa chinensis* L. Nees) ที่ต้านทานสารฟีนอกซาพรอพ. *ว.วิชาการเกษตร.* 30(1): 53-72.

สำนักงานเศรษฐกิจ. 2560. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. แหล่งข้อมูล: https://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร/TH-TH สืบค้น: 10 ตุลาคม 2560

Abbas, T., M.A. Nadeem, A. Tanveer and R. Ahmad. 2016. Evaluation of Fenoxaprop -P-Ethyl Resistant Littleseed Canarygrass (*Phalaris minor*) in Pakistan. *Planta Daninha,* 34(4): 833-838.

Bhaskar, V., A. Vijayarajan, P. D. Forristal, S. K. Cook, J. Staples, D. Schilder, M. Hennessy and S. Barth. 2020. First Report on Assessing the Severity of Herbicide Resistance to ACCase Inhibitors Pinoxaden, Propaquizafop and Cycloxydim in Six *Avena fatua* Populations in Ireland. Available at : https://www.researchgate.net/publication/344190953 Accessed : June 8, 2021

Bradley, K.W., J. Wu, K.K. Hatzios and E.S. Hagood. 2001. The mechanism of resistance to aryloxyphenoxypropionate and cyclohexanedione herbicides in a jonnsongrass biotype. *Weed Sci.*49(4): 477-484.

Breeden, S M., J.T. Brosnan, G.K. Breeden, J.J. Vargas, G. Eichberger, S. Tresch and M. Laforest. 2017. Controlling

Dinitroaniline-Resistant Goosegrass (*Eleusine indica*) in Turfgrass. *Weed Technol.* 31(6): 883-889.

Chauhan, B.S. and D.E. Johnson. 2008. Germination ecology of goosegrass (*Eleusine indica*): an important grass weed of rainfed rice. *Weed Sci.* 56(5), pp.699-706.

Chen, J., H. Cui, X. Ma, Y. Ma and X. Li. 2020. Distribution differences in the EPSPS gene in chromosomes between glyphosate-resistant and glyphosate susceptible goosegrass (*Eleusine indica*). *Weed Sci.* 68(1): 33–40.

Cocker, K.M., J.O.D. Coleman, A.M. Blair, J.H. Clarke and S.R. Moss. 2000. Biochemical mechanisms of cross-resistance to aryloxyphenoxypropionate and cyclohexanedione herbicides in populations of *Avena spp. Weed Res.* 40(4): 323-334.

European Herbicide Resistance. 2017. Committee European Guidelines to conduct herbicide resistance tests. Available at: http://hracglobal.com/europe/files/docs/Europe__Guidelines__Herbicide__Resistancetests__13Oct17.pdf. Accessed: December 13, 2017.

Ghanizadeh, H., C. H. Mesarich and K. C. Harrington. 2020. Molecular characteristics of the first case of haloxyfop-resistant *Poa annua*. *Scientific reports* 10: 4231.

Hall, L.M., S.R. Moss and S.B. Powles. 1997. Mechanisms of Resistance to ayloxy-phenoxy propionate herbicides in two resistant biotypes of *Alopecurus myosuroides* (blackgrass): Herbicide metabolism as a cross-resistance mechanism. *Pestic. Biochem. Physiol.* 57(2): 87-98.

Hamza, A., A. Derbalah, and El-Na M. 2012. Identication and mechanism of *Echinochloa crus-galli* resistance to fenoxaprop-p-ethyl with respect to physiological and anatomical differences. *The Scientific World Journal*, 2012: 893204.

Heap, I. 2021. The international herbicide-resistant weed database. Available at: www.weedscience.org. Accessed: June 8, 2021.

Jalaludin, A., Q. Yu, and S. B. Powles. 2015. Multiple resistance across glufosinate, glyphosate, paraquat and ACCase inhibiting herbicides in an *Eleusine indica* population. *Weed Res.* 55(1), 82-89.

Llewellyn, R.S. and S.B. Powles. 2001. High levels of herbicide resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in the wheat belt of Western Australia. *Weed Technol.* 15(2): 242-248.

Maneechote, C., S. Samanwong, X.Q. Zhang and S.B. Powles. 2005. Resistance to ACCase-inhibiting herbicides in

sprangletop (*Leptochloa chinensis*). *Weed Sci.* 53(3): 290-295.

Mccullough, P.E., J. Yu and D.G. Barreda. 2013. Efficacy of preemergence herbicides for controlling a dinitroaniline-resistant goosegrass (*Eleusine indica*) in Georgia. *Weed Technol.* 27(4): 639–644.

Mccullough, P.E., J. Yu, P.L. Raymer and Z. Chen. 2016. First report of ACCase resistant goosegrass (*Eleusine indica*) in the United States. *Weed Sci.* 64(3): 399–408.

Mclroy, J.S., W. B. Head, G.R. Wehtje and D. Spak. 2017. Identification of goosegrass (*Eleusine indica*) biotypes resistant to preemergence-applied oxadiazon. *Weed Technol.* 31(5): 675-681.

Ritz, C., F. Baty, J.C. Streibig and D. Gerhard. 2015. Dose-response analysis using R. *PLOS ONE*, 10(12): e0146021.

Seefeldt, S.S., J.E. Jensen and E.P. Fuerst. 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. *Weed Technol.* 9(2): 218-227.

Shaner, D. 2014. *Herbicide Handbook*. 10th Ed. Weed Science Society of America, Lawrence, KS. USA. 513 p.

Streibig, J.C., M. Rudemo and J.E. Jensen. 1993. Dose-response curves and statistical models. Pages 29-53. *In:* Herbicide Bioassay. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Takano, H.K., JR. R.S. Oliveira, J. Constantin, G.B.P. Braz and J.C, Padovese. 2016. Growth Development and Seed Production of Goosegrass. Available at: https://www.researchgate.net/publication/304005041. Accessed: June 8, 2021

Vargas, L., A.R. Ulguim, D. Agostinetto, T.D. Magro and L. Thurmer. 2013. Low level resistance of goosegrass (*Eleusine indica*) to glyphosate in Rio Grande Do Sul-Brazil. *Planta Daninha*, 31(3): 677-686.

Wang, C.S., W.T. Lin, Y.J. Chiang, and C.Y. Wang. 2017. Metabolism of fluazifop-P-butyl in resistant goosegrass (*Eleusine indica*) in Taiwan. *Weed Sci.* 65(2): 228–238.