

ผลของสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอตที่ตกค้าง ในดินต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว

Effects of Glyphosate and Paraquat Residues in Soil on Germination and Seedling Growth of Rice

สุพรรณา ชินวรณ์^{1*} และ อนูปงศ์ วงศ์ตามี²
Supansa Chinaworn^{1*} and Anupong Wongtamee²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ. ชลบุรี 20110

¹Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources,
Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Bangpra Campus, Chon buri 20110, Thailand

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก 65000

²Department of Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment,
Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author: Email: su_pan_sas@hotmail.com

(Received: 19 April 2022; Accepted: 8 August 2022)

Abstract: This study evaluated the germination of rice seed under soil contaminated with herbicide, glyphosate and paraquat. Each of the herbicides was arranged in 2 x 5 factorial in CRD with three replications. The first factor was application rates consisting of recommended rate and two times of recommended rate. Glyphosate included 240 and 480 g (ai)/rai while paraquat was 82.6 and 165.6 g (ai)/rai. The second factor was the seeding date at 3, 7, 14, 21 and 28 days after herbicide application. The results showed that the application rate and rice seeding date after spraying both glyphosate and paraquat herbicides affect the percentage of germination, shoot length and root length of rice. Glyphosate and paraquat herbicide application at two times the recommended rate resulted in lower germination percentage, shoot length, and root length of rice than that of the recommended rate. The percentage of germination at 21 days after glyphosate application at both rates increased to 92 % compared to no glyphosate application, while the percentage of germination, shoot length, and root length of rice at 28 days after applying at a rate of 240 g (ai)/rai were the same as with no glyphosate application. For paraquat, seeding at 21 days after both rates of application resulted in the percentage of germination, shoot length and root length being increased to 90 % compared with no paraquat application and tends to increase when the soil is left for longer. This study concluded that the soil should be left at least 21 days after glyphosate and paraquat application at both rates. Seeding before 21 days is not recommended, especially at two times the recommended rate.

Keywords: Glyphosate, paraquat, residues, percentage of germination, shoot length, root length

บทคัดย่อ: การทดสอบการงอกของข้าวในดินหลังพ่นสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอต สารแต่ละชนิดวางแผนการทดลองแบบ 2 x 5 factorial in CRD ทั้งหมด 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 อัตราการใช้ต่างกัน 2 อัตรา คืออัตราแนะนำและสูงกว่าอัตราแนะนำ ไกลโฟเซตประกอบด้วย 240 และ 480 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ พาราควอตประกอบด้วย 82.8 และ 165.6 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ปัจจัยที่ 2 วันปลูกข้าว 5 วันปลูก คือ 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน หลังพ่นสารกำจัดวัชพืชพบว่าอัตราการใช้และวันปลูกหลังพ่นสารทั้งสองชนิดมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวลำต้น และความยาวรากของข้าว โดยการปลูกข้าวหลังการใช้สารกำจัดวัชพืชทั้งสองชนิดที่อัตราสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่าทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวลำต้นและรากของข้าว ต่ำกว่าที่อัตราแนะนำ การปลูกข้าวที่ 21 วัน หลังใช้ไกลโฟเซตทั้ง 2 อัตราทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงขึ้นเป็น 92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารไกลโฟเซต ในขณะที่การปลูกข้าวที่ 28 วัน หลังใช้ที่อัตรา 240 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวลำต้นและรากของข้าวเท่ากับการไม่ใช้สารไกลโฟเซต การปลูกข้าวที่ 21 วันหลังใช้พาราควอตทั้ง 2 อัตราพบว่า เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวลำต้นและรากสูงขึ้นเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารพาราควอต และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปล่อยดินทิ้งไว้นานขึ้น การทดลองนี้สรุปได้ว่า หลังใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอตทั้ง 2 อัตรา ควรปล่อยดินทิ้งไว้อย่างน้อย 21 วัน ไม่แนะนำให้ปลูกก่อน 21 วันโดยเฉพาะในอัตราที่สูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่า

คำสำคัญ: ไกลโฟเซต พาราควอต ตกค้าง เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวลำต้น ความยาวราก

คำนำ

การปลูกข้าวในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าวนาสวน และข้าวไร่ การปลูกข้าวนาสวนแบ่งออกเป็นนาข้าวฝ่นและนาชลประทาน โดยมีทั้งนาดำและนาหว่านน้ำตม ส่วนใหญ่อยู่ในเขตที่ราบลุ่มภาคกลาง และเขตชลประทาน การทำนาแบบนี้มักไม่ประสบปัญหาวัชพืชเนื่องจากมีการขังน้ำในแปลงนา ทำให้สามารถลดวัชพืชได้ส่วนหนึ่ง การทำนาที่มักประสบปัญหาวัชพืชมากคือการทำนาแบบนาหว่านน้ำแห้ง และข้าวไร่ นาหว่านน้ำแห้ง พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นการหว่านเมล็ดข้าวลงบนดินโดยตรงหลังจากมีการเตรียมดินเสร็จแล้ว โดยไม่มีการขังน้ำ ส่วนการปลูกข้าวไร่เป็นการปลูกข้าวบนที่ดอน ที่ลาดเชิงเขา หรือปลูกแซมระหว่างไม้ยืนต้น หรือไม้ผลที่ยังไม่ให้ผลผลิต โดยการหยอดเมล็ดลงในดินโดยตรง พื้นที่ปลูกข้าวไร่จึงไม่มีการขังน้ำตลอดทั้งฤดูปลูก ประกอบกับบางพื้นที่เป็นที่ลาดเชิงเขา มีพื้นที่ไม่สม่ำเสมอทำให้ไม่สามารถไถเตรียมดินได้ นอกจากนั้นบางพื้นที่ที่มีการเตรียมดินโดยการไถกลบวัชพืชนั้น ไม่สามารถกำจัดวัชพืชให้ตายได้ทั้งหมด ดังนั้น ปัญหาใหญ่ของการปลูกข้าวไร่และข้าวนาหว่านน้ำตมคือ

วัชพืช จึงได้มีการนำสารกำจัดวัชพืชมาใช้ โดยเฉพาะไกลโฟเซตและพาราควอต ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด 62.5 ล้านไร่ (Office of Agricultural Economics, 2022) จากข้อมูลปี 2555 มีพื้นที่ปลูกข้าวไร่ทั้งหมด 668,486 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นภาคเหนือตอนบนประมาณ 343,461 ไร่ รองลงมาเป็นภาคเหนือฝั่งตะวันตก 202,383 ไร่ และกระจายอยู่ทางภาคเหนือฝั่งตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ (Rice Department, 2012) จากข้อมูลตั้งแต่ปี 2550 - 2562 ประเทศไทยมีการนำเข้าสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอตมากเป็น 2 อันดับแรกของการนำเข้าสารกำจัดวัชพืชทั้งหมด แสดงให้เห็นว่ามีการใช้สารกำจัดวัชพืชเหล่านี้น้อยอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางที่มีการปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด รวมทั้งข้าว (Kwonpongsagoon *et al.*, 2021) จากการสำรวจเกษตรกรผู้ทำนาในเขตอำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก พบว่า เกษตรกรฉีดพ่นยาฆ่าหญ้า ชนิด Glyphosate isopropyl ammonium และ Paraquat dichloride จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ 3 - 5 วัน แล้วจึงฉีดยาคุมหญ้า ประเภท Butachlor 2,4-D sodium salt และ 2,4-D dimethyl ammonium (Sangpakdee *et al.*, 2014) เช่นเดียวกับเกษตรกรในอำเภอนองเสือ

จังหวัดปทุมธานี (Aroonsrimorakot *et al.*, 2017) สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซต เป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดดูดซึม ถูกดูดซึมได้ทางใบจากนั้นจะเคลื่อนย้ายไปทำลายส่วนที่มีการเจริญเติบโต โดยยับยั้งการสร้างเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโน สามารถเคลื่อนย้ายได้ดีในต้นพืช โดยเคลื่อนย้ายจากใบไปยังเนื้อเยื่อที่มีการย่อยสลายสูง หรือเนื้อเยื่อที่มีการสะสมอาหาร ดังนั้น ไกลโฟเซตจึงมีประสิทธิภาพกับวัชพืชที่กำลังเจริญเติบโต เมื่อสารไกลโฟเซตตกลงไปในดิน จะถูกดูดซับไว้โดยอนุภาคดินเหนียว และมีค่าครึ่งชีวิต อยู่ที่ 30 - 40 วัน (Nomura and Hilton, 1977) โดยมีค่าครึ่งชีวิตในสภาพแปลง อยู่ที่ 30 วัน ส่วนสารที่เหลือจากการดูดซับโดยอนุภาคดินจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน สำหรับสารกำจัดวัชพืชพาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทสัมผัสตาย ออกฤทธิ์ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของพืช ใบพืชที่ถูกพ่นสารจะเหี่ยวแห้งอย่างรวดเร็ว ภายใน 1 - 2 ชั่วโมง และมีประสิทธิภาพสูงสุดภายใน 1 อาทิตย์ เมื่อสารพาราควอตตกลงไปอยู่ในดิน สามารถเคลื่อนย้ายได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากถูกยึดไว้โดยอนุภาคของดิน เนื่องจากพาราควอตเป็นสารที่มีประจุบวก ดังนั้น เมื่ออยู่ในดิน ซึ่งมีประจุสุทธิเป็นลบ โดยเฉพาะดินที่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวหรือมีอินทรีย์วัตถุสูง และถูกดูดซับโดยง่าย สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน รวมทั้งการสลายตัวโดยแสงแดดหรือรังสีอัลตราไวโอเล็ต พาราควอตถูกใช้กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากออกฤทธิ์เร็ว และยังมีรายงานว่าสามารถทดแทนการเตรียมดินซึ่งลดกิจกรรมที่ทำลายชั้นดินได้ (Bromilow, 2004) อย่างไรก็ตาม พบว่า หากเมล็ดพืชวงศ์หญ้าได้รับพาราควอตโดยตรงสามารถยับยั้งการงอกได้ (Egley and Williams, 1978) งานทดลองของ Maldani *et al.* (2021) รายงานว่า สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอตที่มีความเข้มข้นสูง ๆ ทำให้อัตราการงอกในข้าวฟ่าง ซึ่งเป็นพืชวงศ์หญ้าเช่นเดียวกับข้าวลดลง โดยไปรบกวนการทำงานของไมโทคอนเดรียทำให้สูญเสียพลังงาน ส่งผลให้การงอกลดลง (Gomes *et al.*, 2017) จากข้อมูลพฤติกรรมในดินของสารกำจัดวัชพืชทั้งสองชนิดจะเห็นได้ว่า สารทั้งสองสามารถถูกดูดซับไว้ในดินได้ซึ่งขึ้นอยู่กับอนุภาคของดินเหนียวและ

อินทรีย์วัตถุในดิน และยังสามารถสลายได้โดยแสงแดด หากมีการเว้นระยะที่เหมาะสมอาจไม่ส่งผลกระทบต่อ การงอกของข้าว จากการศึกษาผลของสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอตต่อการงอกของข้าว พบว่า หากพ่นสารกำจัดวัชพืชพาราควอตควรมีการปล่อยดินทิ้งไว้อย่างน้อย 14 วัน ในขณะที่ ไกลโฟเซตควรเว้นระยะที่ 7 วัน จึงสามารถย้ายเมล็ดข้าวที่งอกแล้วมาปลูกได้อย่างปลอดภัย (Sangruan *et al.*, 2016) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเกษตรกรปล่อยดินทิ้งไว้ แต่หากมีการใช้สารกำจัดวัชพืชในอัตราที่สูงกว่าอัตราแนะนำ อาจส่งผลกระทบต่อ การงอกของข้าวได้ การศึกษาครั้งนี้จึงทดสอบการงอกของข้าวโดยการหยอดเมล็ดลงในดินโดยตรงหลังจากการใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอต ในอัตราที่ต่างกัน 2 อัตราคืออัตราแนะนำ และสูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่า และระยะเวลาที่ปล่อยดินทิ้งไว้ก่อนการปลูกข้าว ทั้งหมด 5 วันปลูก คือ 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ผลการศึกษานี้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกข้าว โดยเฉพาะผู้ที่ใช้วิธีการหยอดเมล็ดลงในดินโดยตรง หรือการปลูกข้าวไร่ และการทำนาหว่านน้ำแห้ง การจัดการการใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอต ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อ การงอกของข้าว จะทำให้ลดระยะเวลาในการจัดการและต้นทุนในการผลิตลง และในอนาคตหากประเทศไทยมีการอนุญาตให้นำพาราควอตกลับมาใช้อีกครั้ง เกษตรกรก็สามารถใช้ได้ถูกต้อง และไม่กระทบต่อผลผลิตข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

ทดสอบการงอกของข้าวในดินหลังพ่นสารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอต ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึง วันที่ 31 พฤษภาคม 2563 ณ โรงเรือนปลูกพืช สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์ และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี โดยใช้ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ สารกำจัดวัชพืชแต่ละชนิดวางแผนการทดลองแบบ 2 x 5 factorial in completely randomized design ทั้งหมด 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 คืออัตรา

สารต่างกัน 2 อัตรา ประกอบด้วย อัตราแนะนำ และ อัตราที่สูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่า สารกำจัดวัชพืช ไกลโฟเซต (isopropylammonium 48% W/V SL) ประกอบด้วย 240 และ 480 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ สารกำจัดวัชพืชพาราควอต (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride 27.6% W/V SL) ประกอบด้วย 82.8 และ 165.6 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ปัจจัยที่ 2 วันปลูกข้าวหลัง พ่นสารกำจัดวัชพืช ทั้งหมด 5 วันปลูก คือ 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ทดสอบความงอกของเมล็ดข้าวก่อนนำมาใช้ในงานทดลอง โดยวิธี between paper โดยนับจากต้นกล้าที่ปกติ ตามมาตรฐานการทดสอบเมล็ดพันธุ์ (ISTA, 2016) จากนั้นนำเมล็ดข้าวกลุ่มที่มีความงอกมากที่สุดคือ 98 เปอร์เซ็นต์ มาใช้ในงานทดลอง เตรียมดินสำหรับปลูกข้าวในภาคเพาะ ลักษณะดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย นำไปทดสอบด้วยชุดทดสอบดิน KU soil test kit มีอินทรีย์วัตถุในดิน 1.4 % pH 6.15 ค่าการนำไฟฟ้า 0.23 ds/m นำดินไปผึ่งให้แห้ง และร่อนให้ละเอียด จากนั้นนำมาใส่ในภาคเพาะ ขนาด 104 หลุมต่อภาค โดยให้ 1 ภาคเท่ากับ 1 ซ้ำ ผสมสารกำจัดวัชพืชในกระบอกพ่นยาแบบปั๊มลม ขนาด 1 ลิตร ตามอัตราที่กำหนด พ่นสารกำจัดวัชพืชบนดินในภาคเพาะ จากนั้นปล่อยดินทิ้งไว้ให้วิธีการพ่นดินด้วยน้ำเปล่าเป็นกรรมวิธีควบคุม เมื่อครบกำหนด 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ทำการปลูกข้าวโดยการหยอดเมล็ดลงในดิน จำนวน 1 เมล็ดต่อหลุม จากนั้นกลบดินป้องกันการระเหยของน้ำ

วางภาคเพาะไว้ในโรงเรือนมีหลังคาที่ไม่มีการพรางแสง ความยาวของช่วงเวลากลางวันเท่ากับ 12 ชั่วโมง 26 นาที ช่วงเวลากลางคืนเท่ากับ 11 ชั่วโมง 34 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือน 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 35 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 544 -1,184 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ รดน้ำและดูแลรักษาจนครบ 14 วัน

บันทึกจำนวนต้นที่งอก เพื่อบันทึกจำนวนเปอร์เซ็นต์การงอก โดยคำนวณได้จาก จำนวนของเมล็ดที่มีการงอกเป็นต้นกล้าปกติหารด้วยจำนวนเมล็ดทั้งหมด คูณด้วย 100 ตามมาตรฐานการทดสอบเมล็ดพันธุ์ของ ISTA (2016) สุ่มจำนวนต้นที่งอก จำนวน 30 ต้นต่อ 1 ซ้ำ วัดความยาวลำต้นและความยาวรากของต้นข้าว

วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองด้วยโปรแกรม statistix 8 โดยใช้ analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD (least significant difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซต

เปอร์เซ็นต์การงอก พบว่า อัตราการใช้และวันปลูกข้าวหลังพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดไกลโฟเซต มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) (Table 1) โดยพบว่า กรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีการใช้สารกำจัดวัชพืชมีเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ที่

Table 1. Mean squares of two glyphosate rates and five seeding dates after glyphosate application for a percentage of germination, shoot length and root length in rice

Source of Variation	DF	Germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
Replications	2	7.033	0.007	0.61
Rates (R)	1	440.83***	1.97 ^{ns}	0.01 ^{ns}
Seeding dates (SD)	4	959.92***	0.53 ^{ns}	28.36***
R x SD	4	17.92 ^{ns}	0.75 ^{ns}	0.39 ^{ns}
Error	18	10.99	0.76	0.19
CV (%)		4.60	5.94	4.15

ns= non significant difference, * and *** =significant difference at $P < 0.05$ and 0.001 , respectively

90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการปลูกใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซต เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวที่อัตรา 240 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ สูงกว่า 480 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ในทุก ๆ วันปลูก ประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1a) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า ที่อัตรา 240 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ การปล่อยดินทิ้งไว้ 3 วัน ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงมากที่สุด 33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 7, 14 และ 21 วัน โดยลดลง 22, 13 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่ 28 วัน เปอร์เซ็นต์ความงอกของข้าวเท่ากับชุดควบคุม มีรายงานว่าหากมีการใช้ไกลโฟเซตและพาราควอต พืชวงศ์หญ้าเริ่มงอกได้ปกติ หลังจากวันที่ 21 เป็นต้นไป (Davies and Davies, 1981) จากการทดสอบปลูกเมล็ดข้าวโอ๊ต ซึ่งเป็นพืชวงศ์หญ้าในดินที่มีการพ่นสารไกลโฟเซตและมีการปล่อยดินทิ้งไว้ 14 วัน พบว่า ยังคงส่งผลให้เมล็ดข้าวโอ๊ตงอกได้ช้าลง และลดน้ำหนักแห้งลำต้นและ

รากลง 29 เปอร์เซ็นต์ (Helander *et al.*, 2019) แสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 14 วัน ยังคงมีสารไกลโฟเซตที่ตกค้างอยู่ในดินและส่งผลให้ส่วนของ radicle ที่งอกออกมาสัมผัสกับสาร แต่หากปล่อยดินทิ้งไว้ ทำให้การออกฤทธิ์ของสารลดลงเนื่องจากการสลายตัวโดยแสงแดด ทำให้การงอกเป็นปกติได้ ในขณะที่อัตรา 480 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ พบว่า การปล่อยดินทิ้งไว้ 3 วัน ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงมากที่สุดถึง 46 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 7, 14, 21 และ 28 วัน โดยลดลง 34, 22, 11 และ 9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าหากมีการใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตในอัตราที่สูงกว่าอัตราแนะนำ ต้องมีการปล่อยดินทิ้งไว้เวลานานขึ้นจากเดิม เช่น หากต้องการความงอกในแปลงไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ การใช้ไกลโฟเซตที่อัตราแนะนำ สามารถปล่อยดินทิ้งไว้ที่ 14 วัน ในขณะที่หากใช้ในอัตราที่สูงกว่าอัตราแนะนำควรปล่อยดินทิ้งไว้ 21 วัน จึงจะให้ความงอกที่ 80 เปอร์เซ็นต์

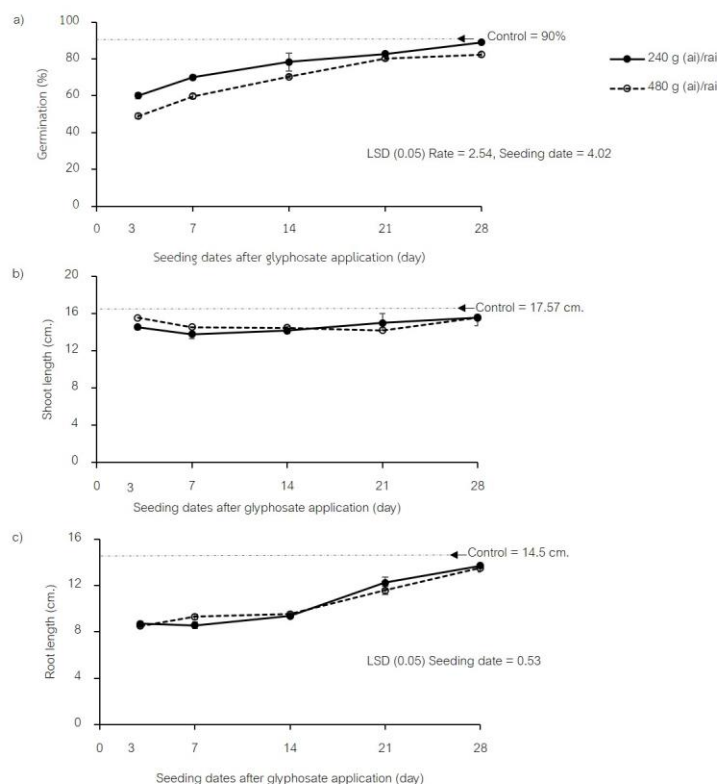


Figure 1. Effect of glyphosate application rates and seeding dates after application on percentage of germination (a), shoot length (b) and root length (c) of Riceberry rice variety

ความยาวลำต้น พบว่า อัตราการใช้และวันปลูกหลังพ่นสารไม่มีผลต่อความยาวลำต้นของข้าว (Table 1) โดยมีค่าความยาวลำต้นอยู่ที่ 14.00 - 16.00 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีความยาวลำต้นอยู่ที่ 17.57 เซนติเมตร

ความยาวราก พบว่า อัตราการใช้ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความยาวราก แต่พบว่า วันปลูกที่แตกต่างกันมีผลต่อความยาวรากอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) (Table 1) โดยพบว่า ที่ชุดควบคุมมีความยาวรากที่ 14.50 เซนติเมตร เมื่อมีการใช้สารกำจัดวัชพืชทำให้ความยาวรากลดลง การปลูกข้าวหลังปล่อยดินทิ้งไว้ 3 - 14 วัน มีความยาวรากต่ำที่สุด ที่ 8 เซนติเมตร (Figure 1c) แต่เมื่อปล่อยดินทิ้งไว้ 21 วัน ความยาวรากเพิ่มขึ้นเป็น 12.00 เซนติเมตร และสูงสุดในวันที่ 28 มีความยาวรากเท่ากับ 13.50 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับชุดควบคุม

เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวลำต้น และความยาวรากในงานทดลองครั้งนี้ สอดคล้องกับงานทดลองที่ผ่านมาที่พบว่า ไกลโฟเซตทำให้การงอกช้าลงและทำให้น้ำหนักแห้งลำต้นในข้าวไธลดลงประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากช่วงที่มีการคุดน้ำเพื่อใช้สำหรับการงอก ทำให้ endosperm ของพืชวงศ์หญ้าได้รับสารไกลโฟเซตซึ่ง endosperm ดังกล่าวเป็นแหล่งอาหารสำคัญสำหรับพืชที่งอกในระยะเริ่มต้น (Helander *et al.*, 2019) แต่หากปล่อยดินทิ้งไว้สามารถลดผลกระทบจากสารไกลโฟเซตได้ สอดคล้องกับค่าครึ่งชีวิตของไกลโฟเซตเมื่ออยู่ในดิน ที่รายงานว่ามีค่าครึ่งชีวิตอยู่ที่ 47 วัน (Vencill *et al.*, 2002) และเคลื่อนย้ายภายในดินได้ค่อนข้างยาก (Epa, 1993) ดังนั้นหากปล่อยดินทิ้งไว้ระยะหนึ่ง พร้อมกับการได้รับแสงแดดจัดในช่วงกลางวัน สามารถลดฤทธิ์ของไกลโฟเซตในดินได้เร็วขึ้น

สารกำจัดวัชพืชพาราควอต

เปอร์เซ็นต์การงอก พบว่า อัตราการใช้ วันปลูกหลังพ่นสาร และปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้และวันปลูกหลังพ่นสาร มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) (Table 2) พบว่า

ที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ที่ 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้สารกำจัดวัชพืชทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดลง โดยพบว่าหลังจากปล่อยดินทิ้งไว้ 3 วัน ที่อัตรา 82.8 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ทำให้ความงอกลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสภาพที่ไม่มีการใช้สารกำจัดวัชพืช พาราควอต ในขณะที่อัตราที่ 165.6 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ทำให้ความงอกลดลงถึง 45 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปล่อยดินทิ้งไว้ 7 วัน ทั้ง 2 อัตราให้อัตราความงอกไม่ต่างกัน ที่ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยลดลงจากชุดควบคุม 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปล่อยดินทิ้งไว้ 14 จนถึง 28 วัน พบว่า การใช้สารทั้ง 2 อัตราทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกไม่แตกต่างกันและคงที่ โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ หรือลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 2a) แสดงให้เห็นว่าพาราควอตซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดสัมผัสผิวดิน ความเข้มข้นของสารมีผลในวันแรก ๆ สอดคล้องกับงานก่อนหน้าที่พบว่า หากเมล็ดวัชพืชวงศ์หญ้าสัมผัสกับพาราควอตสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ (Egley and Williams, 1978) แต่หากมีการปล่อยดินทิ้งไว้สักระยะ จากการทดลองนี้คือ 14 วัน เป็นต้นไป ความเข้มข้นไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอก โดยเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับจำนวนวันปลูกหลังพ่นสารแทน ถึงแม้ว่าพาราควอตมีค่าครึ่งชีวิตเมื่ออยู่ในดิน มากกว่า 1,000 วัน (Ahrens *et al.*, 1994) แต่ถูกทำลายได้โดยแสงแดด และจุลินทรีย์ในดิน และเมื่ออยู่ในดิน ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ดังนั้น จึงไม่สามารถเคลื่อนย้ายลงสู่ดินชั้นล่างได้ สารกำจัดวัชพืชพาราควอตที่ตกค้างขึ้นอยู่กับอนุภาคดินเหนียว หากมีอนุภาคดินเหนียวมากทำให้มีการตกค้างมาก และสะสมอยู่ในส่วนหน้าดินประมาณ 1 - 5 เซนติเมตร ซึ่งสามารถเสื่อมสลายเมื่ออยู่ในดินได้เร็วกว่าในห้องปฏิบัติการ (Amondham *et al.*, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้ เนื่องจากรังสี UV ได้สลายความเป็นพิษของพาราควอตได้ ในขณะเดียวกัน ระยะเวลาที่นานขึ้นส่งผลให้ความเป็นพิษลดลงจนไม่ส่งผลกระทบต่อ การงอกของข้าว ลักษณะโรงเรือนที่ไม่มีการพรางแสงในงานทดลองมีสภาพเดียวกับการทำนาโดยทั่วไป ดังนั้น ปริมาณแสงใกล้เคียงกัน

ความยาวลำต้น พบว่า วันปลูกหลังพ่นสารที่แตกต่างกันมีผลต่อความยาวลำต้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) (Table 2) พบว่า ที่ชุดควบคุมมีความยาวลำต้นเท่ากับ 17.57 เซนติเมตร เมื่อใช้สารกำจัดวัชพืชทำให้ความยาวลำต้นลดลง โดยพบว่า เมื่อปล่อยดินทิ้งไว้หลังพ่นสารกำจัดวัชพืช ความยาวลำต้นของต้นกล้ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Figure 2b) โดยทั้งสองอัตราให้ความยาวลำต้นในทุกวันปลูกไม่แตกต่างกัน ในวันที่ 3, 7, 14, 21 และ 28 พบว่า ความยาวลำต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.57, 15.26, 14.00, 15.48 และ 16.04 เซนติเมตร ตามลำดับ

ความยาวราก พบว่า วันปลูกหลังพ่นสารและปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้และวันปลูกมีผลต่อความยาวรากอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.001$ และ 0.05 ตามลำดับ) (Table 2) โดยพบว่า ที่ชุดควบคุมมีความยาวรากเท่ากับ 14.50 เซนติเมตร เมื่อพ่นสารกำจัดวัชพืชทำให้ความยาวรากลดลง โดยพบว่าที่ 3, 7 และ 14 วัน ความยาวรากของต้นกล้าต่ำสุดที่ 8 - 10 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าชุดควบคุม 4 - 6 เซนติเมตร ในขณะที่ วันที่ 21 และ 28 พบว่า ความยาวรากของต้นกล้าสูงขึ้นเท่ากับชุดควบคุม (Figure 2c) จากลักษณะความยาวลำต้นและความยาวรากแสดงให้เห็นว่า วันปลูกหลังพ่นสารมีผลต่อความยาวลำต้นและรากมากกว่าอัตราการใช้ เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์การงอกสอดคล้องกับงานทดลองของ Bandara *et al.* (1991) ที่พบว่า ไม่ว่าที่ความเข้มข้นใด หากปล่อยดินทิ้งไว้ให้

การงอกของเมล็ดไม่ขึ้นอยู่กับอัตราการใช้สาร แต่ขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ เมื่อเพิ่มระยะเวลาการได้รับแสงสามารถลดความเข้มข้นของพาราควอตได้ (Lee *et al.*, 2003) เนื่องจากปฏิกิริยาการสลายตัวของพาราควอตในดินทั้งโดยจุลินทรีย์และแสงแดด (Huang *et al.*, 2019)

ภายใต้สภาพดินที่ไม่มีน้ำขัง ส่วนของ radicle งอกออกมาจากเมล็ดก่อนส่วนของ coleoptile ดังนั้น ส่วนของรากสัมผัสกับสารกำจัดวัชพืชก่อน จะเห็นได้ว่าจากผลการทดลองนี้พบว่าสารกำจัดวัชพืชทั้งสองชนิดมีผลต่อ เปอร์เซ็นต์การงอกและความยาวรากมากกว่าความยาวลำต้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Maldani *et al.* (2021) ที่พบว่า ถั่วปากอ้า ถั่วแขก และข้าวฟ่าง มีความยาวรากลดลง เมื่อปลูกในดินที่มีการใช้ไกลโฟเซตและพาราควอตในอัตราที่สูงกว่าอัตราแนะนำ

จากงานทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอตในอัตราที่สูงขึ้น แต่ข้าวยังคงงอกและเจริญเติบโตได้ ถึงแม้ว่าไม่เทียบเท่ากับการไม่ใช้สารกำจัดวัชพืช เช่นเดียวกับงานทดลองของ Puttha and Oupkeaw (2017) ที่พบว่า กข31, กข47 และ ชัยนาท 1 สามารถงอกและเจริญเติบโตได้ในดินที่ปนเปื้อน ไกลโฟเซต และพาราควอตจากการพ่นสารในอัตรา 600 และ 400 มิลลิลิตร/น้ำ 80 ลิตร/ไร่ ได้ ซึ่งมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับการทดลองในครั้งนี้ และการปล่อยดินทิ้งไว้สามารถลดผลกระทบของสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างในดินต่อการงอกของข้าวได้

Table 2. Mean squares of two paraquat rates and five seeding dates after paraquat application for a percentage of germination, shoot length and root length in rice

Source of Variation	DF	Germination (%)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
Replications	2	1.433	0.53	1.41
Rates (R)	1	246.53***	0.01 ^{ns}	0.85 ^{ns}
Seeding dates (SD)	4	607.03***	6.69***	32.89***
R x SD	4	120.03***	0.23 ^{ns}	2.09*
Error	18	3.66	0.48	0.38
CV (%)		2.53	4.67	5.56

ns= non significant difference, * and *** =significant difference at $P < 0.05$ and 0.001, respectively

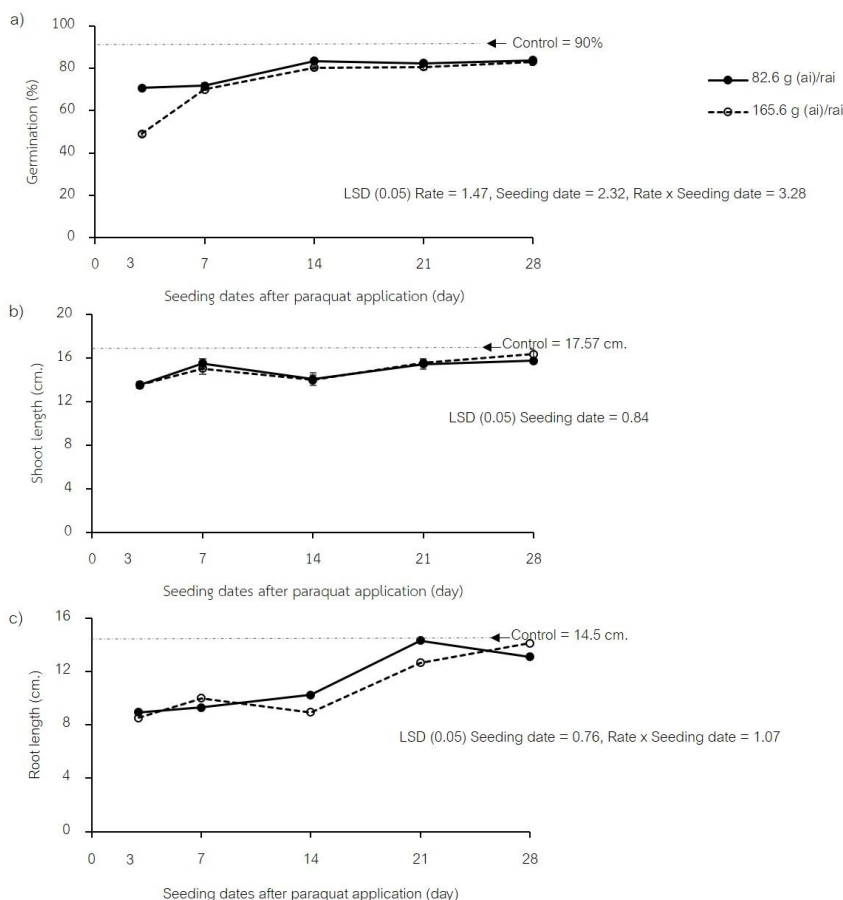


Figure 2. Effect of paraquat application rates and seeding dates after application on percentage of germination (a), shoot length (b) and root length (c) of Riceberry rice variety

สรุป

การใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตและพาราควอตทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวลำต้น และความยาวรากของข้าวลดลง แต่เมื่อปล่อยดินทิ้งไว้สามารถทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวเป็นปกติเทียบเท่ากับการไม่ใช้สารกำจัดวัชพืชทั้งสองชนิดได้ การปล่อยดินทิ้งไว้ 21 วัน หลังการใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซตที่อัตรา 240 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ และ 480 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก และความยาวรากของข้าวใกล้เคียงกับการไม่ใช้สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเซต ในขณะที่การปล่อยดินทิ้งไว้ 28 วันหลังการใช้ที่อัตรา 240 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่

เท่ากับการไม่ใช้สารไกลโฟเซต ส่วนการใช้สารกำจัดวัชพืชพาราควอตทั้ง 2 อัตราคือ 82.8 และ 165.6 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ การปล่อยดินทิ้งไว้ 21 วัน ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวลำต้นและความยาวรากของข้าวใกล้เคียงกับการไม่ใช้สารกำจัดวัชพืชพาราควอต และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อปล่อยดินไว้นานขึ้น แสดงให้เห็นว่าหากเกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้ไกลโฟเซตและพาราควอตในอัตราที่สูงกว่าอัตราแนะนำ 2 เท่า เกษตรกรสามารถใช้ได้ โดยเว้นระยะไว้อย่างน้อย 21 วัน จึงสามารถปลูกข้าวได้โดยไม่กระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าโดยไม่แนะนำให้ปลูกก่อนระยะ 21 วัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่อนุเคราะห์สถานที่ทำ
การวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Ahrens, W.H. 1994. Herbicide Handbook. 7th ed. Weed Science Society of America, Lawrence. 352 p.
- Amondham, W., P. Parkpian, C. Polprasert, R.D. Delaune and A. Jugsujinda. 2006. Paraquat adsorption, degradation, and remobilization in tropical Soils of Thailand. Journal of Environmental Science and Health 41(5): 485-507.
- Aroonsrimorakot, S., V. Sangnate and P. Pradabphetrat. 2017. The chemical application in rice production of farmers in Nong-Sue district, Pathum Thani province. Prawarun Agricultural Journal 14(2): 173-180 (in Thai)
- Bandara, J.M.R.S. and P.C. Kearney. 1991. Paraquat residues in lowland rice fields. Journal of Agricultural Sciences 29: 11-19.
- Bromilow, R.H. 2004. Paraquat and sustainable agriculture. Pest Management Science 60(4): 340-349.
- Davies, W.I.C. and J. Davies. 1981. Varying the time of spraying with paraquat or glyphosate before direct drilling of grass and clover seeds with and without calcium peroxide. Grass and Forage Science 36(1): 65-69.
- Egley, G.H. and R.D. Williams. 1978. Glyphosate and paraquat effects on weed seed germination and seedling emergence. Weed Science 26(3): 249-251.
- Epa, U. 1993. Re-registration Eligibility Decision (RED): Glyphosate. United States Environmental Protection Agency, Office of Prevention. 291 p.
- Gomes, M.P., F.V. da Silva Cruz, E.M. Bicalho, F.V. Borges, M.B. Fonseca, P. Juneau and Q.S. Garcia. 2017. Effects of glyphosate acid and the glyphosate-commercial formulation (Roundup) on *Dimorphandra wilsonii* seed germination: Interference of seed respiratory metabolism. Environmental Pollution 220: 452-459.
- Helander, M., A. Pauna, K. Saikkonen and I. Saloniemi. 2019. Glyphosate residues in soil affect crop plant germination and growth. Scientific Reports 9: 19653, doi: 10.1038/s41598-019-56195-3.
- Huang, Y., H. Zhan, P. Bhatt and S. Chen. 2019. Paraquat degradation from contaminated environments: Current achievements and perspectives. Frontiers in Microbiology 10: 1754, doi: 10.3389/fmicb.2019.01754.
- ISTA. 2016. International Rules for Seed Testing. The International Seed Testing Association, Zurich. 284 p.
- Kwonpongsagoon, S., C. Katasila, P. Kongtip and S. Woskie. 2021. Application intensity and spatial distribution of three major herbicides from agricultural and nonagricultural practices in the central plain of Thailand. International Journal of Environmental Research and Public Health 18(6): 3046, doi: 10.3390/ijerph18063046.
- Lee, J.-C., M.-S. Kim, C. Kim, C.-H. Chung, S. Cho, G. Han, K. Yoon and B.-W. Kim. 2003.

- Removal of paraquat in aqueous suspension of TiO_2 in an immersed UV photoreactor. Korean Journal of Chemical Engineering 20(5): 862-868.
- Maldani, M., F.Z. Aliyat, S. Cappello, M. Morabito, F. Giarratana, L. Nassiri and J. Ibjibjen. 2021. Effect of glyphosate and paraquat on seed germination, amino acids, photosynthetic pigments and plant morphology of *Vicia faba*, *Phaseolus vulgaris* and *Sorghum bicolor*. Environmental Sustainability 4: 723-733.
- Nomura, N.S. and H.W. Hilton. 1977. The adsorption and degradation of glyphosate in five Hawaiian sugarcane soils. Weed Research 17(2): 113-121.
- Office of Agricultural Economics. 2022. (online). Available: <https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดข้าวนาปี/TH-TH> (June 10, 2022). (in Thai)
- Puttha, R. and P. Oupkeaw. 2017. Effect of herbicides contaminated soil on seed germination and seedling growth of commercial rice. Khon Kaen Agriculture Journal 45(Suppl. 1): 249-254. (in Thai)
- Rice Department. 2012. Sustainable Technology on Upland Rice Cultivation. The Agricultural Co-operative Federation of Thailand, Ltd., Nonthaburi. 116 p. (in Thai)
- Sangpakdee, K., K. Silprasit, D. Peangthai, W. Khwaiphan, S. Siriyan and P. Kroeksakul. 2014. A study of chemical use behaviors of farmers in Ongkharak district, Nakhon Nayok province, Thailand. Khon Kaen Agriculture Journal 42(3): 375-384. (in Thai)
- Sangruan, P., P. Uayyue and N. Insalud. 2016. Effects of herbicide on seed germination and growth of rice seedling. Agricultural Science Journal 47(Suppl. 2): 709-712. (in Thai)
- Vencill, W.K. 2002. Herbicide Handbook. 8th ed. Weed Science Society of America, Lawrence. 493 p.
-