

ข้าววัชพืชมานจากไหน

Where did Weedy Rice Come from?

เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม^{1*} ศันสนีย์ จำจด² จรรยา มณีโชติ³ และ ต่อนภา พุสดี⁴
Benjavan Rerkasem^{1*}, Sansanee Jamjod², Chanya Maneechote³ and Tonapha Pusadee⁴

¹ ห้องปฏิบัติการทรัพยากรพันธุกรรมและธาตุอาหารพืช มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

¹ Plant Genetic Resources and Nutrition Laboratory, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

² ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

² Lanna Rice Research Centre, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

³ สมาคมวัชพืชแห่งประเทศไทย ตึกวัชพืช สำนักงานวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³ Weed Science Society of Thailand, Weed Science Building,

Plant Protection Research and Development Office, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

⁴ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

⁴ Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: Email: benjavan.r@cmu.ac.th

(Received: 17 January 2026; Revised: 6 May 2026 ; Accepted: 8 May 2026)

Abstract: Weedy rice has long been known in Thailand as ‘red rice’ from deepwater rice area. Why has it just the complete set of circumstances leading to the sudden invasiveness of weedy rice in Southeast Asia. The paper begins with a timeline of weedy rice records and the spread of modern rice technology, followed by evidence of genetic interaction between cultivated, wild, and weedy rice. The impacts of photoperiod insensitivity from modern rice varieties in the local cultivated-wild-weedy rice gene pool are analysed. The influence of modern agronomic practices on the competitiveness, adaptation, and dispersal of weedy rice is reviewed, together with detrimental effects of weedy rice on rice production. The main finding is that weedy rice is likely endemic to deepwater rice areas in Southeast Asia. Its recent ecological success across the wider region is driven primarily by the introgression of photoperiod insensitivity from modern rice varieties, resulting in the removal of reproductive control by daylength in weedy rice, greatly expanding its adaptive capacity and increasing hybridization opportunities. Modern crop management practices create the paddy field environments that favour weedy rice. Modern rice technology has brought economic and social benefits to Southeast Asia, but also an unintended harm

to rice production with invasive weedy rice. Weedy rice control should benefit from a comprehensive understanding of the mechanisms driving its sudden invasiveness and spread.

Keywords: Deepwater rice, gene flow, modern rice varieties, photoperiod response, wild rice

บทคัดย่อ: ข้าววัชพืชเป็นที่รู้จักมานานในประเทศไทย ในชื่อ “ข้าวแดง” จากพื้นที่นาข้าวลึก แต่เหตุใดจึงมีการระบาดในพื้นที่นาทั่วประเทศเพียงในคริสต์ศตวรรษที่ 21 บทความปริทัศน์นี้ทำการวิเคราะห์ต้นเหตุโดยรวมที่ได้ส่งผลให้ข้าววัชพืชได้ระบาดแพร่หลายฉับพลันทั่วไปในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเริ่มด้วยการเรียงลำดับเวลาที่มีการบันทึกหลักฐานการพบข้าววัชพืชและการแพร่กระจายของเทคโนโลยีการทำนาสมัยใหม่ จากนั้นจึงนำเสนอหลักฐานบ่งชี้ถึงปฏิสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างข้าวปลูก ข้าวป่า และข้าววัชพืช พร้อมทั้งวิเคราะห์บทบาทของความไม่ไวต่อช่วงแสงจากข้าวพันธุ์สมัยใหม่ที่ถูกถ่ายทอดเข้าสู่แหล่งพันธุกรรมร่วมของข้าวในท้องถิ่น ต่อไปจึงทบทวนอิทธิพลของกรรมวิธีการจัดการในการทำนาสมัยใหม่ต่อความสามารถในการแข่งขัน การปรับตัว และการแพร่กระจายของข้าววัชพืช และประเมินผลกระทบของข้าววัชพืชต่อการผลิตข้าว ผลการวิเคราะห์ชี้ว่า ข้าววัชพืชน่าจะเป็นพืชประจำถิ่นของพื้นที่นาข้าวลึกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มาแต่เดิม การระบาดแพร่กระจายออกไปทั่วภูมิภาคเกิดขึ้นจากการไหลของยีนลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงจากข้าวพันธุ์สมัยใหม่เข้าสู่ประชากรข้าววัชพืชเป็นหลัก ส่งผลให้ช่วงแสงเฉพาะถิ่นไม่มีอิทธิพลต่อการสืบพันธุ์ของ ข้าววัชพืชอีกต่อไป และทำให้ข้าววัชพืชสามารถปรับตัวเข้าสู่พื้นที่นาชลประทานและน่าน้ำฝนได้อย่างกว้างขวาง และมีโอกาสผสมข้ามกับข้าวปลูกในพื้นที่เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกัน สภาพแวดล้อมในนาข้าวที่เอื้อต่อความได้เปรียบของข้าววัชพืช เป็นผลพวงจากกรรมวิธีการเพาะปลูกภายใต้เทคโนโลยีการทำนาสมัยใหม่ ที่เมื่อนำมาซึ่งประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมต่อภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่ก็ได้ก่อให้เกิดผลกระทบโดยไม่คาดคิดต่อการผลิตข้าวจากการระบาดของนาข้าววัชพืช การควบคุมข้าววัชพืชจำเป็นต้องอยู่บนความเข้าใจอย่างรอบด้านถึงกลไกที่ขับเคลื่อนการระบาดและการแพร่กระจายของข้าววัชพืช

คำสำคัญ: ข้าวนาข้าวลึก การไหลของยีน ข้าวพันธุ์สมัยใหม่ ความไม่ไวต่อช่วงแสง ข้าวป่า

คำนำ

ข้าววัชพืช (weedy rice, *Oryza sativa* f. *spontanea*) เป็นพืชที่ขึ้นปะปนอยู่กับข้าวปลูกในแปลงนา และมีลักษณะโดยรวมคล้ายข้าวปลูก (*O. sativa*) แต่มีลักษณะสัณฐานและคุณสมบัติบางประการที่คล้ายกับข้าวป่าสามัญ (*O. rufipogon*) ข้าววัชพืชที่ระบาดในนาข้าวก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต ทำให้เมล็ดข้าวด้อยคุณภาพ และเพิ่มต้นทุนในการจัดการ (Chauhan, 2013; Maneechote and Jamjod, 2005; Ziska *et al.*, 2015) ข้าววัชพืชเป็นศัตรูของต้นข้าวที่กำลังจัดให้หมดไปได้อย่างมากหากปล่อยให้อยู่ในนา ข้าววัชพืชเป็นที่รู้จักมานานมากแล้วในประเทศไทยในชื่อ ข้าวดอกมะขาม (Sanitwongse, 1941) หรือข้าวแดง (Sanitwongse, 1927) ด้วยเมล็ดที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงปะปนกับข้าวปลูก

เมล็ดสีขาว ที่เป็นลักษณะจำเพาะของข้าวจากพื้นที่นาข้าวลึก “ข้าววัชพืช” เป็นศัพท์คำใหม่ที่ได้เริ่มปรากฏขึ้นในเอกสารภาษาไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2548 เป็นต้นมา (Jamjod *et al.*, 2025) เอกสารวิชาการก่อนหน้านี้มักเรียกต้นวัชพืชในนาข้าวลึกที่มีลักษณะของข้าวป่าผสมกับข้าวปลูกว่า “ข้าวป่า” (wild rice) (Puckridge *et al.*, 1988; Vongsaroj, 1976, 1993) การระบาดของข้าววัชพืชได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วครอบคลุมพื้นที่นาในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ภายในทศวรรษแรก ofคริสต์ศตวรรษที่ 21 (Chauhan, 2013) หลังจากการพบครั้งแรกในนาชลประทาน ในประเทศมาเลเซีย ใน พ.ศ. 2531 (Bakar *et al.*, 2000) และในประเทศไทย ในช่วง พ.ศ. 2542-2544 (Maneechote *et al.* 2004; Chatuporn *et al.*, 2006) ซึ่งต่อมาระบาดลุกลามไปทั่วประเทศ ภายในช่วงเวลาเพียง 4-5 ปี เป็นที่รู้จักแพร่หลาย

ในนาม “ข้าวดีด” และ “ข้าวหาง” (Maneechote and Jamjod, 2005)

การระบาดของข้าววัชพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมทั้งในประเทศไทย ที่มีการทำนาปลูกข้าวมานานหลายพันปี นับว่าเป็นปรากฏการณ์ค่อนข้างใหม่ เมื่อเทียบกับปัญหาข้าววัชพืชในทวีปอเมริกาที่มีประวัติการปลูกข้าวเพียงไม่กี่ร้อยปี แต่มีรายงานถึงปัญหาข้าววัชพืชมามากตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 19 (Constantin, 1960; Gressel and Valverde, 2009; Nadir *et al.*, 2017; Olsen *et al.*, 2007; Watanabe *et al.*, 2000; Ziska *et al.*, 2015) คำถามสำคัญจึงเกิดขึ้นว่า เหตุใดข้าววัชพืชจึงกลายเป็นศัตรูสำคัญในนาข้าวของภูมิภาคที่มีประวัติการทำนามายาวนาน? และข้าววัชพืชเหล่านี้มาจากไหน?

บทความปริทัศน์นี้มุ่งวิเคราะห์ปัจจัยที่มีส่วนร่วมผลักดันให้ข้าววัชพืชกลายเป็นวัชพืชสำคัญในนาข้าวภายในช่วงเวลาอันสั้น โดยเริ่มจากการนำเสนอประวัติการระบาดในพื้นที่ เปรียบเทียบกับการแพร่กระจายของเทคโนโลยีข้าวสมัยใหม่ จากนั้นจึงทบทวนหลักฐานทางพันธุศาสตร์ที่บ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างข้าวปลูก ข้าวป่า และข้าววัชพืช พร้อมทั้งประเมินบทบาท

ของลักษณะพันธุกรรมความไม่ไวต่อช่วงแสงจากพันธุ์ข้าวสมัยใหม่ ที่ได้แพร่เข้าสู่แหล่งพันธุกรรมร่วมของข้าวปลูก-ข้าวป่า-ข้าววัชพืช ลงท้ายด้วยการประเมินผลกระทบของการทำนาสมัยใหม่ต่อความสามารถในการแข่งขัน การปรับตัว และการแพร่กระจายของข้าววัชพืช ตลอดจนผลกระทบของข้าววัชพืชต่อผลผลิตจากการทำนาโดยรวม

ประวัติการระบาดของข้าววัชพืชและการแพร่กระจายของเทคโนโลยีข้าวสมัยใหม่

การระบาดของข้าววัชพืชในนาชลประทานที่มีบันทึกเป็นครั้งแรกในประเทศไทย เกิดขึ้นในพื้นที่นาภาคกลางใน พ.ศ. 2542 (Chatuporn *et al.*, 2006) และ พ.ศ. 2544 (Maneechote *et al.*, 2004) ทั้งที่ก่อนหน้านี้ “ข้าวแดง” (Sanitwongse, 1927) และ “ข้าวดอกมะขาม” (Sanitwongse, 1941) เป็นที่รู้จักมาช้านานในฐานะข้าวคุณภาพต่ำปนข้าวแดงจากพื้นที่น้ำลึกซึ่งมักเป็นบริเวณที่การปลูกข้าวได้รุกล้ำเข้าไปในถิ่นอาศัยของข้าวป่า (Figure 1) ดังนั้น “ข้าวป่า” ที่เคยรายงานว่าเป็นวัชพืชในพื้นที่น้ำลึกภาคกลาง (Puckridge, 1988; Vongsaroj, 1976, 1993) จึงอาจเป็นได้ทั้งข้าวป่าสามัญหรือเป็นลูกผสมระหว่างข้าวป่ากับข้าวปลูกก็ได้ ข้าววัชพืชได้ลุกลามเข้าไปในแหล่งปลูกข้าวหลักทั้งน่าน้ำฝนและ



Figure 1. A boy with some pink awned wild rice in the family's rice field in Ayutthaya, Central Thailand (A), and a rice landscape with mixed population of cultivated, wild, and weedy rice at the same location (B). Source: photos by Chanya Maneechote

นาชลประทานทั่วประเทศภายในราวช่วง พ.ศ. 2545-2550 ก่อนหน้านั้น มีรายงานการพบข้าววัชพืชในนาชลประทานครั้งแรกในคาบสมุทรมลายูเมื่อ พ.ศ. 2531 (Bakar *et al.*, 2000; Ziska *et al.*, 2015) และต่อมามีรายงานจากลาว (Prathepha, 2011) เวียดนาม (Chauhan *et al.*, 2015) กัมพูชา (Chhun *et al.*, 2020) และเกาะบอร์เนียว (Neik *et al.*, 2019) เหตุการณ์เหล่านี้ล้วนเกิดขึ้น ภายหลังจากแพร่กระจายของเทคโนโลยีข้าวสมัยใหม่ (Table 1) ที่เริ่มต้นด้วยการเผยแพร่พันธุ์ข้าวสมัยใหม่ไม่ไวต่อช่วงแสงพันธุ์แรกคือ IR8 ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Khush and Virk, 2005) พื้นที่ปลูกพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสงเหล่านี้ในประเทศไทยขยายครอบคลุมเขตชลประทานภาคกลางราว พ.ศ. 2540 ก่อนขยายต่อไปยังภาคเหนือตอนล่างและพื้นที่ชลประทานอื่น ๆ และแพร่ไปยังลาว กัมพูชา เวียดนาม และเมียนมา (Brennan and Malabayabas, 2011; Niang *et al.*, 2008) การใช้เครื่องจักรเตรียมดินแทนควายเริ่มขึ้นในภาคกลางราว พ.ศ. 2525 (Suebongsang *et al.*, 2020) และแพร่ไปทั่วภูมิภาค (Haefele and Gummert, 2016) การเกี่ยวและนวดข้าวด้วยแรงคนถูกแทนที่ด้วยรถเกี่ยวข้าวเพื่อตอบสนองแรงงานขาดแคลนในประเทศไทยช่วง พ.ศ. 2535-2536 (Thepent and Chamsing, 2009) และขยายไปยังเวียดนามและลาว (Fukai *et al.*, 2019; Haefele and Gummert, 2016) ส่วนการใช้สารกำจัดวัชพืชในนาข้าวมีมาตั้งแต่ทศวรรษ พ.ศ. 2500 (Ho, 1996) และภายหลังมีการทดลองยืนยันว่า สารกำจัดวัชพืชแบบเลือกทำลายสำหรับข้าวไม่สามารถกำจัดข้าววัชพืชได้ (Azmi *et al.*, 2000; Marambe *et al.*, 2000)

หลักฐานเอกสารที่บันทึกการพบข้าววัชพืชในนาชลประทานและน่าน้ำฝนพื้นที่ลุ่ม ซึ่งเป็นระบบการผลิตข้าวสำคัญของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ปรากฏขึ้นภายหลังการเข้ามาของเทคโนโลยีข้าวสมัยใหม่ อย่างไรก็ตาม จากความรู้ดั้งเดิมที่เป็นที่ยอมรับกันมานานเกี่ยวกับ “ข้าวแดง” จึงมีความเป็นไปได้ว่าข้าววัชพืชเป็นส่วนหนึ่งของระบบนาข้าวน้ำลึกในภูมิภาคนี้มาตั้งแต่ก่อนหน้านั้นนานมาแล้ว

ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างข้าวปลูก ข้าวป่า และข้าววัชพืช

ข้าวป่าสามัญ เป็นพืชท้องถิ่นในพื้นที่ราบลุ่มทั่วประเทศไทย (Chang, 1976; Khush, 1997; Oka, 1988) และรู้จักกันในชื่อเฉพาะถิ่นต่าง ๆ เช่น ข้าวผี ข้าวนก และหล้าละมาน เป็นต้น ประชากรข้าวป่าธรรมชาติยังพบได้ทั่วไปในที่รกร้างใกล้พื้นที่นาจนถึงศตวรรษที่ 21 (Pusadee *et al.*, 2016) แม้ว่าการสูญเสียถิ่นอาศัยจากการขยายตัวของเมืองจะทำให้ข้าวป่าบริเวณชานเมืองหายไปจากหลายพื้นที่ เช่น ในประเทศไทยตั้งแต่ราว พ.ศ. 2515 (Chitrakon *et al.*, 1995; Oka, 1988) และต่อมาในลาว กัมพูชา เวียดนาม และเมียนมา ลักษณะการผสมข้ามของข้าวป่า ทำให้มีโอกาสผสมกับข้าวปลูก ซึ่งโดยปกติเป็นพืชผสมตัวเองเป็นหลัก หลักฐานของการผสมข้ามตามธรรมชาติระหว่างข้าวปลูกท้องถิ่นกับข้าวป่าพบได้บ่อยใน “กลุ่มต้นข้าวลูกผสม” (hybrid swarms) ที่เกิดขึ้นรอบ ๆ พื้นที่นาซึ่งมีประชากรข้าวป่าอยู่ในละแวกเดียวกัน (Kuroda *et al.*, 2006; Morishima *et al.*, 1980, 1984; Oka and Chang, 1961) มีลักษณะทางสัณฐาน พันธุกรรม และอนุพันธุกรรม เป็นเครื่องยืนยันการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างข้าวปลูกและข้าวป่า ตัวอย่างเช่น การพบทั้งลักษณะของข้าวป่า (เมล็ดหุลูร่วงก่อนเวลาเมล็ดมีหาง และการมีสีที่เปลือกและเยื่อหุ้มเมล็ด) ควบคู่กับลักษณะของข้าวปลูก (แบ่งในเมล็ดเป็นข้าวเหนียวเยื่อหุ้มเมล็ดไม่มีสี) ในประชากรเดียวกัน ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงการเป็นลูกผสมระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก ในข้าวป่าที่ขึ้นตามธรรมชาติในพื้นที่ที่ปลูกข้าวเหนียวเป็นหลัก เช่น ในประเทศลาวและบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือของประเทศไทย (Kuroda *et al.*, 2005, 2006; Morishima *et al.*, 1984; Oka, 1988) บ่งชี้ถึงปฏิสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกันอย่างใกล้ชิดระหว่างข้าวปลูก ข้าวป่า และข้าววัชพืชในประเทศไทย การวิเคราะห์ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลชนิดไมโครแซทเทลไลต์ (simple sequence repeats: SSR) ยืนยันว่ามีการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมอย่างต่อเนื่องระหว่างข้าวปลูกกับข้าวป่า และระหว่างทั้งสองกลุ่มนี้กับข้าววัชพืช (Pusadee *et al.*, 2013; Wongtamee *et al.*, 2017) การผสมข้ามระหว่างข้าวปลูกกับข้าวป่า

Table 1. Chronological sequence of weedy rice records in Thailand and other countries in Southeast Asia, and the introduction and spread of modern rice technology.

Year	Noteworthy events and records (references in brackets)
1910, 1927	Rice contaminated with red rice, a historically common feature of deepwater rice in Thailand, was known colloquially as “tamarind buds rice” (ข้าวดอกมะขาม) (Sanitwongse, 1941) and “khao daeng” (ข้าวแดง) (Sanitwongse, 1927)
1960s	Chemical weed control in paddy fields in Asia began in the mid 1960s (Ho, 1996), selective herbicides for rice proved harmless to weedy rice (Azmi <i>et al.</i> , 2000; Marambe <i>et al.</i> , 2000)
1966	First photoperiod insensitive, high yielding rice variety IR8 released (Khush and Virk, 2005)
1970s	Mechanized land preparation began in Thailand’s Central Plain in 1970s (Suebpongsang <i>et al.</i> , 2020), spreading to all Southeast Asia by 2010s (Haefele and Gummert, 2016)
1974	‘Wild rice’ identified as a weed in deepwater rice area in Thailand (Vongsaroj, 1976, 1993; Puckridge <i>et al.</i> , 1988)
1980s	Adoption of modern rice varieties took off in Thailand in 1980s, spreading over the irrigated Chao Phraya Plain by mid 1990s, to the rest of the country (Rerkasem, 2015), Indochina (Brennan and Malabayabas, 2011) and Myanmar (Niang <i>et al.</i> , 2008) in the next decades
1988	Weedy rice first observed in Malaysia in 1988, and spread over the Malaya peninsula by 2000 (Bakar <i>et al.</i> , 2000; Ziska <i>et al.</i> , 2015)
1992-1993	Wide adoption of combine harvesting in Thailand in 1992-1993 (Thepent and Chamsing, 2009), in Vietnam about 2000, and Laos in the mid 2010s (Fukai <i>et al.</i> , 2019; Haefele and Gummert, 2016)
1999, 2001	Following the first observations in irrigated rice fields in the Central Plain of Thailand in 1999 (Chatuporn <i>et al.</i> , 2006) and 2001 (Maneechote <i>et al.</i> , 2004), invasive weedy rice had spread throughout the country by 2005, covering the main lowland rainfed and irrigated rice agroecosystems, and is known colloquially as “khao deed” (ข้าวดีด) and “khao haang” (ข้าวหาง) (Maneechote and Jamjod, 2005; Prasertsak <i>et al.</i> , 2007)
2010-2020	Weedy rice observed in Laos (Prathepha, 2011), Vietnam (Chauhan <i>et al.</i> , 2015), Cambodia (Chhun <i>et al.</i> , 2020), and Borneo Island (Neik <i>et al.</i> , 2019)

เป็นปรากฏการณ์ที่พบได้บ่อยในพื้นที่ที่มี *O. rufipogon* และ *O. sativa* อยู่ร่วมกันในจินตอนใต้ (Song *et al.*, 2005) อีกทั้งยังมีหลักฐานทางอนุพันธุกรรมสนับสนุนจากการทดลองและการศึกษาการไหลของยีน (Chen *et al.*,

2004; Kuroda *et al.*, 2005; Pusadee *et al.*, 2013; Song *et al.*, 2003)

หลักฐานจากลักษณะทางสัณฐานของต้นข้าวที่มีลักษณะผสมระหว่างข้าวปลูกและข้าวป่า มักถูกใช้เป็น

ตัวบ่งชี้ว่าข้าววัชพืชเป็นลูกผสมระหว่างข้าวปลูกและข้าวป่า (Appa Rao *et al.*, 2002; Chauhan, 2013; Schiller *et al.*, 2006) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ความหลากหลายทางอนุพันธุกรรมชี้ว่าข้าววัชพืชน่าจะมีต้นกำเนิดมาจากสองทาง ทางแรก เกิดขึ้นในพื้นที่นอกถิ่นอาศัยตามธรรมชาติของ *O. rufipogon* เช่น ทวีปอเมริกา และเกาหลี การหวนคืนมาของลักษณะป่าโดยเฉพาะเปลือกที่มีสีดำ เมล็ดมีหาง และเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง เป็นการถดถอยจากการเป็นพืชปลูกอันเกิดจากการกลายพันธุ์โดยธรรมชาติ (de-domestication events or feralization) (Kanapeckas *et al.*, 2016; Qui *et al.*, 2020; Vigueira *et al.*, 2020) ส่วนอีกทางหนึ่ง ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นถิ่นที่อยู่ของ *O. rufipogon* ข้าววัชพืชมีต้นกำเนิดจากการผสมข้ามระหว่างข้าวปลูกและข้าวป่าที่อยู่รวมในพื้นที่เดียวกัน

การวิเคราะห์ความหลากหลายทางอนุพันธุกรรม (Li *et al.*, 2024; Sang and Ge, 2007; Song *et al.*, 2003; Song *et al.*, 2014) และการจัดลำดับทั้งจีโนม (Vigueira *et al.*, 2019) บ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ใกล้ชิดกัน ระหว่างประชากรข้าวปลูก ข้าวป่า และข้าววัชพืชในแต่ละท้องถิ่น ยีนข้าวปลูกจำนวนมากที่พบในการวิเคราะห์จีโนม *O. rufipogon* หลากหลายประชากร เป็นหลักฐานยืนยันถึงประวัติศาสตร์อันยาวนานของการถ่ายทอดยีนจากข้าวปลูกไปยังข้าวป่า ซึ่งนำไปสู่ข้อสันนิษฐานว่า *O. rufipogon* ในปัจจุบันน่าจะมีความแตกต่างทางพันธุกรรมจากสายพันธุ์บรรพบุรุษก่อนยุคแรกเริ่มการปลูกข้าว (Wang *et al.*, 2017)

ตลอดช่วงเวลายาวนานของการปฏิสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและการผสมข้ามระหว่างข้าวปลูกและข้าวป่า เหตุใดลูกผสมที่เกิดขึ้นจึงเพิ่งปรากฏและแพร่กระจายเป็นข้าววัชพืชที่สร้างความเสียหายในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เมื่อไม่นานมานี้ การตอบคำถามนี้ต้องอาศัยความเข้าใจในปัจจัยที่จำกัด (the limiting factor) ต่อการแพร่กระจายและการปรับตัวของข้าววัชพืช ก่อนมีพันธุ์ข้าวสมัยใหม่เข้ามาในพื้นที่ ซึ่งจะได้อภิปรายต่อไปในหัวข้อ การตอบสนองต่อช่วงแสงและกระบวนการจัดการในการเพาะปลูกข้าว

บทบาทของการตอบสนองต่อช่วงแสง

ความไวต่อช่วงแสงเป็นลักษณะเด่นของข้าวป่าและข้าวพันธุ์พื้นเมืองในเขตร้อน ในขณะที่ความไวต่อช่วงแสงเป็นเอกลักษณ์สำคัญของข้าวพันธุ์สมัยใหม่ (Vergara and Chang, 1985; Yoshida, 1981) ดังนั้น พัฒนาการสู่ระยะสืบพันธุ์ของข้าวป่าและข้าวพันธุ์พื้นเมืองจึงอยู่ภายใต้อิทธิพลของช่วงแสง ตรงกันข้ามกับข้าวพันธุ์สมัยใหม่ที่เข้าสู่ระยะออกดอกและสร้างเมล็ดได้อย่างเป็นอิสระโดยไม่ขึ้นกับช่วงแสงเลย ก่อนมีการนำข้าวพันธุ์สมัยใหม่เข้ามาปลูกในภูมิภาคเอเชียเขตร้อน รวมทั้งประเทศไทย ความไวต่อช่วงแสงทำหน้าที่เป็นกลไกสำคัญในการควบคุมการปรับตัวเฉพาะถิ่น ของข้าวพันธุ์พื้นเมือง ข้าวป่า และลูกผสมระหว่างข้าวปลูกกับข้าวป่า ช่วงแสงในแต่ละพื้นที่จึงเป็นปัจจัยจำกัด (the limiting factor) ทั้งต่อการปรับตัวและต่อโอกาสการผสมข้ามในแต่ละท้องถิ่น เพราะเวลาการออกดอกและการสร้างเมล็ดในข้าวแต่ละพันธุ์ถูกกำหนดด้วยช่วงแสงของแต่ละพื้นที่ ในพื้นที่น่าน้ำลึกการปรับตัวของข้าวป่า และข้าวพันธุ์พื้นเมืองรวมทั้งข้าวขึ้นน้ำ ถูกจำกัดโดยความไวต่อช่วงแสงที่สอดคล้องกับฤดูกาลน้ำหลาก ทำให้หลายพันธุ์มีอายุยาวนานถึง 9 เดือน (Vergara and Chang, 1985) ดังนั้น *O. sativa f. spontanea* จากพื้นที่น้ำลึกในภาคกลางจึงไม่อาจมีชีวิตอยู่รอดในพื้นที่นาอื่น ๆ ที่มีฤดูปลูกสั้นเพียง 4-5 เดือน อีกทั้งไม่มีโอกาสผสมเกสรกับพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในพื้นที่ได้เลย ข้าวป่าสามัญ (*O. rufipogon*) สามารถผสมกับข้าวพันธุ์สมัยใหม่ได้ และให้ลูกผสมที่มีความสมบูรณ์ ไม่ต่างจากการผสมกับข้าวพันธุ์พื้นเมือง (Khumto *et al.*, 2017; Niruntrayakul *et al.*, 2009; Sinthukiew *et al.*, 2005; Somkual *et al.*, 2005)

ความไวต่อช่วงแสงน่าจะเป็นลักษณะที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการระบายลงในนาและการแพร่กระจายของข้าววัชพืชมากที่สุด เมื่อการเป็นปัจจัยจำกัด (the limiting factor) ของช่วงแสงถูกปลดออก ด้วยยีนที่กำหนดความไวแสงใน IR8 เป็นพันธุ์แรก และตามด้วยการปรับใช้ลักษณะนี้อย่างต่อเนื่องในข้าวพันธุ์สมัยใหม่ ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวระดับนานาชาติและระดับประเทศทั่วเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Brennan

and Malabayabas, 2011) ความไม่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของข้าวพันธุ์สมัยใหม่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยทำให้ฤดูปลูกสั้นลงและทำให้สามารถปลูกข้าวได้ตลอดทั้งปี ในพื้นที่ที่มีน้ำชลประทาน ฤดูแล้ง กล่าวคือ ทำนาได้มากกว่าหนึ่งครั้งในแปลงเดียวภายในหนึ่งปี หรือปลูกต่อเนื่องตลอดปี ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมของข้าวพันธุ์สมัยใหม่ได้รับการประเมินอย่างกว้างขวาง (Pingali, 2012; Pinstруп-Andersen and Hazell, 1985) แต่ผลกระทบทางนิเวศวิทยาจากการนำลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงเข้าสู่แหล่งพันธุกรรมร่วมของข้าวปลูก ข้าวป่า และข้าววัชพืชกลับแทบไม่ได้รับความสนใจ ความไม่ไวต่อช่วงแสงส่งผลในการขยายขอบเขตความสามารถปรับตัว เห็นได้ชัดเจนในข้าววัชพืชทั่วประเทศไทย ที่สามารถออกดอกและติดเมล็ดได้ทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน โดยมีช่วงออกดอกตั้งแต่ 43 ถึง 176 วันหลังปลูก และช่วงเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 63 ถึง 202 วัน (Prasertsak *et al.*, 2007) ตรงกันข้าม ข้าวพันธุ์พื้นเมืองผลิตได้เฉพาะในฤดูฝน และพันธุ์พื้นเมืองปรับปรุงที่นิยมปลูกส่วนใหญ่ มีช่วงดอกบานค่อนข้างคงที่อยู่วราวครึ่งหลังของเดือนตุลาคม ประมาณวันที่ 21 ตุลาคม ในพันธุ์ กข6 และ 25 ตุลาคม ในข้าวดอกมะลิ 105 (Thai Rice Knowledge Bank, 2025)

หลังจากการผสมข้ามระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูก การแลกเปลี่ยนพันธุกรรมยังคงดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่อง ด้วยการผสมเกสรระหว่างข้าวปลูกและข้าววัชพืช โดยเฉพาะในข้าววัชพืชที่ยังคงสัณฐานของดอกและอุปนิสัยการผสมข้ามแบบข้าวป่า (Jamjod *et al.*, 2005; Khumto *et al.*, 2017) แม้ว่าจะมีรายงานการผสมข้ามระหว่างข้าวป่าและข้าวปลูกในหลายพื้นที่ (Langevin *et al.*, 1990; Song *et al.*, 2003) แต่โดยทั่วไปโอกาสที่ข้าววัชพืชผสมเกสรกับข้าวปลูกในนาแปลงเดียวย่อมมีมากกว่า การศึกษาข้าววัชพืชในน่าน้ำฝนและนาชลประทานในประเทศไทยแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่แสดงออก (phenotype) และพันธุกรรม (genotype) ของข้าววัชพืช ให้คล้ายคลึงข้าวปลูกมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามกาลเวลา (Wongtamee *et al.*, 2017) การวิเคราะห์ไมโครแซทเทลไลต์ได้แสดงให้เห็นว่า ข้าว

วัชพืชมีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับกับข้าวปลูกที่ขึ้นอยู่รวมในนาแปลงเดียวกัน แต่แตกต่างจากข้าวป่าที่ขึ้นอยู่ในละแวกเดียวกัน ด้วยปฏิสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้าววัชพืช ที่เกิดขึ้นได้กับทั้งข้าวพันธุ์สมัยใหม่ไม่ไวต่อช่วงแสงในนาชลประทาน และข้าวพื้นเมืองพันธุ์ปรับปรุงที่ไวต่อช่วงแสงในน่าน้ำฝน (เช่น ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข6) ความใกล้ชิดทางพันธุกรรมระหว่างข้าววัชพืชกับข้าวปลูกที่ขึ้นอยู่ร่วมกันนี้ยังพบได้เช่นกันในคาบสมุทรมลายู (Song *et al.*, 2014) และบนเกาะบอร์เนียว (Neik *et al.*, 2019) นอกจากนี้ การพบลักษณะของข้าวปลูก อาทิ เยื่อหุ้มเมล็ดไม่มีสี และแบ่งในเมล็ดเป็นข้าวเหนียวในประชากรข้าวป่าธรรมชาติ เป็นหลักฐานแสดงถึงการไหลของยีนในทิศทางกลับกันจากข้าวปลูกไปสู่ข้าวป่า (Kuroda *et al.*, 2006; Oka, 1988)

ในช่วงเวลา 5 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2553 ข้าววัชพืชมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะทางสัณฐานให้คล้ายกับข้าวปลูกร่วมแปลงมากยิ่งขึ้น แต่ยังคงลักษณะเมล็ดตรงก่อนแก่ มากกว่าร้อยละ 90 แบบเดียวกับข้าวป่า (Wongtamee *et al.*, 2017) เป็นที่มาของชื่อ “ข้าวดีด” ส่วนลักษณะที่ถูกกำหนดโดยกระบวนการจัดการ เช่น ความสูงต้น และช่วงอายุช่ย์ ได้เปลี่ยนใกล้เคียงกับข้าวปลูกมากขึ้น การตัดข้าววัชพืชที่มีต้นสูงทิ้งจากแปลงนำไปสู่การคัดเลือกและวิวัฒนาการของสายพันธุ์ข้าววัชพืชที่มีลำต้นเตี้ยลง (Gressel and Valverde 2009; Jamjod *et al.*, 2005) วิวัฒนาการของข้าววัชพืชภายใต้กระบวนการการเพาะปลูกข้าวจึงเป็นตัวอย่างของการเลียนแบบพืชปลูก (crop mimicry; Vavilovian mimicry) (Barrett, 1983; Ellstrand *et al.*, 1999; McElroy, 2014) ซึ่งเป็นกระบวนการทางนิเวศวิทยาที่มักพบในวัชพืช ตัวอย่างเช่น หญ้าข้าววน (Echinochloa crus-galli) ในนาข้าว ซึ่งมีลำต้นตั้งตรง และปรับช่วงดอกบานให้ใกล้เคียงกับข้าวปลูกในแปลง พร้อมทั้งปรับส่วนมวลชีวภาพไปสู่เมล็ดมากขึ้น ทำให้ดูคล้ายข้าวมากยิ่งขึ้น (Ye *et al.*, 2019) ข้าววัชพืชบางสายพันธุ์มีความคล้ายคลึงกับข้าวพันธุ์สมัยใหม่ในลักษณะต้นเตี้ย รวงใหญ่ และมีเมล็ดจำนวนมาก (Prasertsak *et al.*, 2007) การผลิตเมล็ดได้จำนวนมากหมายถึงความหนาแน่นของประชากร

ในรุ่นต่อไป ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบในการแข่งขันกับข้าวปลูกอีกทางหนึ่ง ดังที่ได้พบในหญ้าไรย์ (*Lolium rigidum*) ในแปลงข้าวสาลี (Rerkasem *et al.*, 1980)

การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมกำหนดความไม่ไวต่อช่วงแสง ทำให้ข้าววัชพืชได้ปรับตัวเข้ากับฤดูปลูกของทั้งข้าวพันธุ์สมัยใหม่และข้าวพันธุ์พื้นเมือง เปิดโอกาสให้ข้าววัชพืชสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมในนาที่หลากหลาย และผสมข้ามกับข้าวปลูกในแปลงเดียวกัน ส่งผลให้ข้าววัชพืชได้แพร่กระจายไปทั่วเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

อิทธิพลของเทคโนโลยีการทำนาสมัยใหม่

กระบวนการเกษตรกรรมในการทำนาสมัยใหม่ที่มีผลกระทบทางนิเวศวิทยาต่อข้าววัชพืช ประกอบด้วย การเตรียมดิน การทำนาหว่านแทนการดำนา การเกี่ยวและนวดข้าวด้วยรถเกี่ยวข้าว และการใช้สารกำจัดวัชพืช

1. การเตรียมแปลง

การเตรียมแปลงเพื่อปลูกข้าวด้วยควายที่ต้องไถซ้ำหลายครั้งได้ผลในการควบคุมวัชพืชได้ระดับหนึ่ง ข้าววัชพืชและวัชพืชอื่น ๆ ที่งอกขึ้นมาจะถูกทำลายไปในการไถนาครั้งต่อไป (Chauhan, 2013) ตรงกันข้าม รถไถที่มีแรงจลน์มากกว่าหลายเท่า สามารถเตรียมแปลงได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องรอให้ดินเปียกชุ่มและมักเสร็จสิ้นไปก่อนข้าววัชพืชจะทันไถงอก การนำรถไถมาใช้เตรียมแปลงเพื่อปลูกข้าวได้แพร่กระจายไปในเวลาแตกต่างกันในต่างพื้นที่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตัวอย่างเช่นการนำรถไถเข้ามาใช้ในประเทศไทยได้เริ่มขึ้นก่อนในบริเวณภาคกลางแล้วจึงกระจายไปในภูมิภาคอื่น ๆ ในเวลาต่อมา (Suebpongsang *et al.*, 2020) การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นควบคู่กับการลดลงของจำนวนควายในประเทศ ซึ่งลดลงจากราว 60 ล้านตัวในช่วง พ.ศ. 2530 เหลือไม่ถึง 20 ล้านตัวในเวลาเพียง 15 ปี (Food and Agriculture Organization, 2024) ถึง พ.ศ. 2550 การเตรียมแปลงเพื่อปลูกข้าวในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้เปลี่ยนไปใช้รถไถแทนการไถนาด้วยควายแทบทั้งหมด (Haefele and 6mert, 2016) อนึ่ง เมล็ดข้าววัชพืชที่ฝังลึกอยู่ในดินยังอาจถูกพลิกกลับขึ้นมาให้งอกได้อีก จากการที่รถไถสามารถไถลึกลงไปใต้ดิน (Zhang *et al.*, 2019)

2. การทำนาหว่านแทนการดำนา

การเปลี่ยนแปลงวิธีการปลูกข้าวจากการดำนาไปเป็นการหว่านเมล็ด มักถูกชี้ว่าเป็นต้นเหตุของการระบาดของข้าววัชพืชลงในนาในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ (Azmi and Mashhor, 1994; Chauhan, 2013, Singh *et al.*, 2013; Ziska *et al.*, 2015) การปลูกข้าวด้วยการหว่านด้วยเมล็ดตอบโจทยปัญหาแรงงานที่มีราคาแพงและมักขาดแคลนในช่วงเวลาเร่งด่วนได้เป็นอย่างดี (Cramb, 2020; Konchan and Kono, 1996) แต่การควบคุมวัชพืชในนาหว่านทำได้ค่อนข้างยาก ต้นกล้าข้าวอายุ 4-6 สัปดาห์ ย่อมมีข้อได้เปรียบในการแข่งขันกับข้าววัชพืชที่เพิ่งเริ่มงอกจากเมล็ด และข้อได้เปรียบยังคงอยู่บ้างแม้ใช้เครื่องดำนาที่ปลูกด้วยต้นกล้าอายุเพียง 2 สัปดาห์ แต่สาเหตุนี้ไม่สามารถอธิบายการระบาดของข้าววัชพืชในนาได้

3. การเกี่ยวและนวดข้าวด้วยรถเกี่ยวข้าว

รถเกี่ยวข้าวมีบทบาทต่อการแพร่กระจายของข้าววัชพืชอยู่สองทาง ทางแรก เมล็ดข้าววัชพืชที่ติดค้างอยู่ในเครื่องเกี่ยวข้าว (Gao *et al.*, 2018) ถูกนำจากแปลงหนึ่งไปยังอีกแปลงหนึ่งอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากรถเกี่ยวรับจ้างมักไม่มีเวลาหยุดทำความสะอาดเครื่องระหว่างแปลง เมล็ดข้าววัชพืชยังอาจถูกนำพาออกนอกพื้นที่ไปพร้อมกับเครื่องเกี่ยวข้าวที่เดินทางไปรับจ้างข้ามจังหวัด ทางที่สอง เกิดขึ้นเมื่อข้าวเปลือกที่ปนด้วยเมล็ดข้าววัชพืชจากเครื่องเกี่ยว ถูกนำไปใช้เป็นเมล็ดพันธุ์จากตัวอย่างข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวจากทั่วประเทศ พบว่า มากกว่าร้อยละ 80 ปนเปื้อนด้วยข้าวแดง (Prasertsak *et al.*, 2007) การปนเปื้อนด้วยเมล็ดข้าวแดงเพียง ร้อยละ 0.2 (โดยน้ำหนัก) ก็อาจทำให้เกิดข้าววัชพืชมากกว่า 10 ต้นต่อตารางเมตร เมื่อใช้หว่านด้วยอัตราเมล็ดพันธุ์ 16 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ดพันธุ์ที่ปนเปื้อนเช่นนี้ถือเป็นกลไกสำคัญของการระบาดของข้าวแดงในทวีปอเมริกา (Noldin, 2000) ด้วยเหตุนี้ หลายประเทศจึงมักจะมิกซ์เกนซ์ในการควบคุมคุณภาพเมล็ดข้าวอย่างเคร่งครัด ตัวอย่างเช่น ในประเทศอูรูกวัยซึ่งปลูกข้าวด้วยเมล็ดพันธุ์รับรองเกือบทั้งหมด กำหนดให้เมล็ดข้าวต้องปลอดจากข้าววัชพืชอย่างสิ้นเชิง ส่วนในรัฐออคันซอ

สหรัฐอเมริกา เมล็ดข้าวพันธุ์คัด พันธุ์หลัก และพันธุ์รับรอง ต้องผ่านการตรวจพิสูจน์ว่า ไม่ปรากฏเมล็ดข้าวแดง จากการกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก 4 ปอนด์ (1.8 กิโลกรัม) นอกจากนี้ การตรวจแปลงกำหนดให้แปลงผลิตเมล็ดพันธุ์มีต้นข้าววัชพืชได้ไม่เกินหนึ่งต้นต่อเอเคอร์ (0.4 เฮกตาร์) และในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์หลักและพันธุ์รับรอง ต้องไม่มีต้นข้าววัชพืชอยู่เลย (Hardke *et al.*, 2018) ส่วนในประเทศไทย ในราว พ.ศ. 2560 เกษตรกรร้อยละ 65 ยังใช้เมล็ดข้าวจากแปลงปลูกเป็นเมล็ดพันธุ์ (Napasintuwong, 2018) ขณะเดียวกัน ข้อกำหนดให้มีข้าวแดงได้ไม่เกินหนึ่งเมล็ดในเมล็ดพันธุ์หลัก 0.5 กิโลกรัม และไม่เกิน 5 เมล็ด ในเมล็ดพันธุ์รับรอง 0.5 กิโลกรัม (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2014) นับว่ามากเกินไปสำหรับเป็นจุดเริ่มต้นให้ข้าววัชพืชระบาดลงในนาได้

4. การใช้สารกำจัดวัชพืช

การใช้สารกำจัดวัชพืชเพื่อควบคุมวัชพืชในนาข้าว นับเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งของเทคโนโลยีการนาสมัยใหม่ ที่มีส่วนทำให้ข้าววัชพืชได้กลายเป็นวัชพืชสำคัญในพื้นที่นา โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืชแบบเลือกทำลายที่ไม่เป็นอันตรายต่อต้นข้าว ส่วนข้าววัชพืชที่มีพันธุกรรมไกลด์ไซด์ข้าววัชพืช ก็ได้รับการยืนยันว่าไม่ได้รับอันตรายจากสารกำจัดวัชพืชแบบเลือกทำลายสำหรับข้าวด้วยเช่นกัน (Azmi *et al.*, 2000; Marambe *et al.*, 2000) ข้าวเป็นพืชปลูกอีกชนิดหนึ่งที่มีเทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์ ให้ทนทานต่อสารกำจัดวัชพืชจำเพาะ (herbicide resistant, HR technology) ซึ่งเปิดทางให้สามารถกำจัดพืชทุกชนิดในนาข้าวรวมทั้งข้าววัชพืชโดยยกเว้นเฉพาะต้นข้าวพันธุ์ HR (Sudianto *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตาม พบว่า ข้าววัชพืชในนาในมาเลเซียได้มีวิวัฒนาการมีความทนทานต่อสาร imidazolinone ซึ่งใช้ควบคุมกับข้าวพันธุ์ HR ภายในเวลาเพียงไม่กี่ปี หลังจากการเริ่มใช้เทคโนโลยีนี้ใน พ.ศ. 2553 (Dilipkumar *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2006) เช่นเดียวกันในสหรัฐอเมริกา ที่ได้นำเทคโนโลยีข้าว HR มาใช้ในเวลาไล่เลี่ยกัน พบว่าต้นข้าววัชพืชที่รอดจากการทำลายโดยสาร imazethapyr ให้เมล็ดในรุ่นลูกที่มีความทนทานต่อสารนี้ถึงร้อยละ 60 อีกทั้งมีพันธุกรรมใกล้เคียงกับข้าวปลูกพันธุ์ HR มากกว่า

ข้าววัชพืชจากเมื่อครั้งที่ยังไม่มีการนำพันธุ์ HR เข้ามาปลูก (Burgos *et al.*, 2006, 2014) ประสบการณ์จากข้าวทนต่อสารกำจัดวัชพืช (HR rice) ซึ่งถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการดัดแปลงพันธุกรรมของข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้วยพันธุ์วิศวกรรม ในพื้นที่ที่มีข้าวป่าสามัญแพร่หลาย และมีข้าววัชพืชซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างข้าวป่ากับข้าวปลูกอยู่ทั่วไปในพื้นที่นาแบบในประเทศไทย

ความสามารถของข้าววัชพืชในการปรับตัวต่อระบบการทำนาสมัยใหม่ ยืนยันได้จากกระบาดลงในนาและการแพร่ขยายอย่างรวดเร็ว จากแปลงหนึ่งไปยังอีกแปลงหนึ่ง และกระจายไปทั่วประเทศ หลังจากที่ถูกพบเป็นครั้งแรกในนาเพียงสามกระทง ในฤดูนาปรัง พ.ศ. 2544 ในพื้นที่ทำนาปีละสองครั้ง ในจังหวัดกาญจนบุรี ข้าววัชพืชได้กระจายไปทั่วหมู่บ้านภายใน 5 ฤดูปลูก (Figure 2) แล้วลุกลามไปยังหมู่บ้านใกล้เคียง และขยายออกทั่วประเทศภายในช่วงเวลาเพียงไม่กี่ปี (Jamjod *et al.*, 2025) ใน พ.ศ. 2547 ประเทศไทยมีข้าววัชพืชกระบาดอยู่ในทุกเขตพื้นที่ทำนาหลัก ทั้งน่านน้ำฝนปลูกพันธุ์ข้าวไวต์ต่อช่วงแสง (พันธุ์พื้นเมืองปรับปรุง) นาชลประทานปลูกข้าวพันธุ์สมัยใหม่ไม่ไวต์ต่อช่วงแสง ตลอดจนพื้นที่น่าน้ำลึก ทั้งในระบบนาดำและนาหว่าน (Prasertsak *et al.*, 2007) ส่วนในมาเลเซียวัชพืชในนาข้าวหลากหลายชนิดที่ประกอบด้วยทั้งพืชใบกว้างและใบแคบ ได้ถูกทดแทนด้วยข้าววัชพืชภายในช่วงเวลาเพียงสิบปี (Azmi and Mashhor 1994; Ziska *et al.* 2015)

ข้าววัชพืชอาจแพร่กระจายได้โดยมิได้เกี่ยวข้องกับการทำนาโดยตรง เช่น เมื่อมีการนำเมล็ดข้าววัชพืชเข้ามาเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่นาภาคกลางที่มีการเลี้ยงเป็ดไล่ทุ่งอย่างแพร่หลาย (Saijuntha *et al.*, 2013; Wattanasuntorn, 2015) ด้วยมีเกษตรกรรายงานว่า ข้าววัชพืชเริ่มปรากฏขึ้นหลังจากการนำฝูงเป็ดไล่ทุ่งมาขังในพื้นที่ เป็ดเหล่านี้ซึ่งมีจำนวนฝูงละหลายพันตัว สามารถช่วยกำจัดเมล็ดข้าววัชพืชและวัชพืชชนิดอื่นที่ร่วงตกค้างอยู่ในนา รวมถึงหอยเชอร์รี่ (*Pomacea* sp.) และแมลงศัตรูอื่น ในแปลงนาขังน่านอกฤดูปลูกได้เป็นอย่างดี แต่ข้าวคุณภาพต่ำที่นำมาเป็นอาหารเสริมเลี้ยงเป็ดที่มีมักจะประกอบด้วยเมล็ดข้าววัชพืชเป็นส่วนใหญ่จึงกลายเป็นเส้นทางหนึ่งในการนำข้าววัชพืชเข้ามาในพื้นที่

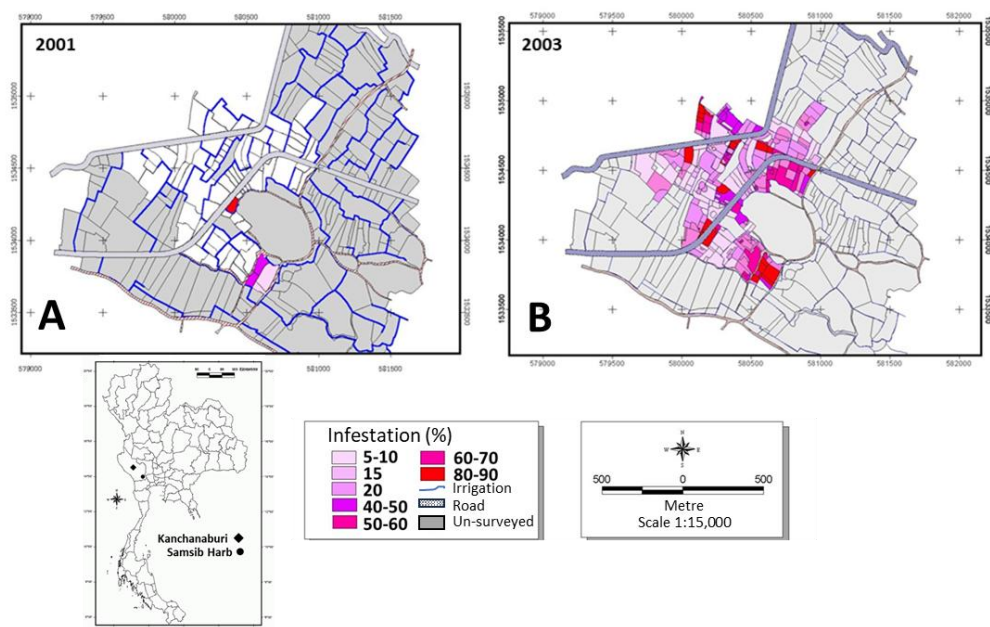


Figure 2. Weedy rice infestation in Samsib Harb village, Kanchanaburi province, in dry season 2001 (A) compared with the level in dry season 2003, the 5th subsequent cropping season (B, with un-marked irrigation channels) Source: maps by Ariya Phaokrueng

ข้าววัชพืชเป็นปัญหาที่เกษตรกรจำเป็นต้องเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้นันลูกหลานแพร่พันธุ์จากเพียง 2-3 ต้น หรือจากเมล็ดที่ฝังอยู่ในดิน ไปสู่ระดับที่สามารถก่อความเสียหายร้ายแรงต่อผลผลิตจากการทำนาปลูกข้าวได้ภายในเพียงไม่กี่ฤดูปลูก

ผลกระทบต่อผลผลิตจากการทำนา

ข้าววัชพืชมีผลกระทบต่อผลผลิตจากการทำนา โดยการแข่งขันแย่งทรัพยากร เป็นอุปสรรคในการสร้างผลผลิต และลดมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลผลิตด้วยเมล็ดด้อยคุณภาพ การจัดการเพื่อควบคุมการระบาดของข้าววัชพืชยังมีส่วนในการเพิ่มต้นทุนการผลิตด้วย

1. การลดผลผลิตข้าว

การระบาดของข้าววัชพืชในแปลง สามารถส่งผลให้มวลชีวภาพรวมและการผลิตเมล็ดในข้าวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (Burgos *et al.*, 2006; Jindalouang *et al.*, 2018) ซึ่งบ่งชี้ถึงความได้เปรียบทางชีววิทยาของประชากรข้าวปลูกผสมข้าววัชพืช แต่ผลผลิตข้าวกลับลดลงเมื่อระดับของการระบาด (จำนวนรวงข้าววัชพืช คิดเป็นสัดส่วนต่อจำนวนรวงทั้งหมด) เพิ่มขึ้น (Figure 3)

ด้วยผลกระทบของการแก่งแย่งจากข้าววัชพืช ต่อการเจริญเติบโตและการสร้างเมล็ดของข้าวปลูก ผ่นวกกับการสูญเสียจากเมล็ดข้าววัชพืชที่ไถ่ร่วงหล่นไปก่อนการเก็บเกี่ยว (Maneechote *et al.*, 2004; Ziska *et al.*, 2015) ในบางครั้งผลผลิตข้าวอาจสูญเสียไปทั้งหมดที่อัตราการระบาดเพียงร้อยละ 30 เมื่อข้าววัชพืชต้นสูงโคนล้มทับต้นข้าวปลูกก่อนหรือระหว่างช่วงสร้างเมล็ด ข้อได้เปรียบของข้าววัชพืชในการแข่งขันกับข้าวปลูก อาจเกิดจากความสามารถดูดซับธาตุอาหารที่สูงกว่า (Estorninos *et al.*, 2002; Jindalouang *et al.*, 2018) ตัวอย่างเช่นในสหรัฐอเมริกาข้าวแดงชนิดเปลือกสีฟางสามารถดูดซับธาตุไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าข้าวพันธุ์ Drew (Burgos *et al.* 2006) ทั้งนี้ ผลกระทบของข้าววัชพืชต่อผลผลิตข้าวปลูกมักแตกต่างกันตามพันธุ์ข้าวและสายพันธุ์ข้าววัชพืช (Burgos *et al.*, 2006; Estorninos *et al.*, 2005; Jindalouang *et al.*, 2018; Kwon *et al.*, 1991).

2. ผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ด

คุณภาพข้าวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการคัดเลือกข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์สมัยใหม่ (Prom-u-

thai and Rerkasem, 2020) ในการประเมินและคัดเลือกพันธุ์ในการปลูกข้าวทั้งเพื่อบริโภคและเชิงพาณิชย์ การยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพเมล็ดข้าวมักจะมี ความสำคัญกว่าผลผลิตหรือความต้านโรค เยื่อหุ้มเมล็ดที่มี สีแดงเป็นลักษณะจำเพาะของข้าวป่า ส่วนเยื่อหุ้มเมล็ด ที่ไม่มีสีเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่เกิดจากการกลายพันธุ์ ที่ถูกคัดเลือกในกระบวนการวิวัฒนาการสู่การเป็นข้าว ปลูก (Sweeney *et al.*, 2007) ข้าวแดงนับว่าเป็นสิ่ง ปนเปื้อนในข้าวกล้องและข้าวสาร โดยมาตรฐานคุณภาพ ข้าวในประเทศไทยกำหนดให้ มีข้าวแดงได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 ในข้าวสารชั้นข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ และไม่เกิน ร้อยละ 1 ในข้าวกล้อง 100 เปอร์เซ็นต์ (Ministry of Commerce, 2016) สำหรับข้าวเปลือก ปริมาณข้าวแดง ที่ยอมรับได้มักขึ้นอยู่กับโรงสีที่ต้องคำนวณต้นทุนและผล กำไรจากการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร โดยการกำจัด ข้าวแดงด้วยการเพิ่มระยะเวลาการขัดสี หรือการคัดเมล็ด ข้าวแดงออกด้วยเครื่องคัดแยกด้วยแสง การเพิ่มเวลาขัด สีมีผลในการเพิ่มต้นทุนและลดผลผลิตการสีข้าว ตัวอย่างเช่น ในข้าวเมล็ดยาวเรียว การขัดสีข้าวกล้องให้

เป็นข้าวสารตามปกติ 30 วินาที ทำให้น้ำหนักลดลงร้อยละ 12 และลดลงเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 18 เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 45 วินาที และร้อยละ 26 หากทำการขัดสีนาน 1 นาที (Prom-u-thai *et al.*, 2007) นอกจากนี้ การขัดสีนานขึ้น ยังมีผลด้านราคาเพราะทำให้ได้ข้าวตันน้อยลง เมล็ดข้าว หักเป็นปลายข้าวมากขึ้น

ในทวีปอเมริการวมทั้งสหรัฐอเมริกา ข้าว วิจัยมักถูกเรียกว่า “ข้าวแดง” (Noldin, 2000) แต่ใน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้นอกจากเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ข้าววิจัยยังมีลักษณะอื่น ๆ ของข้าวป่าที่เห็นได้ชัดด้วย เช่น เมล็ดมีหาง ข้าวเปลือกมีสีดำหรือสีน้ำตาล และ ลักษณะคุณภาพเมล็ดที่ผิดแปลกไปจากข้าวปลูก (Figure 4) คุณภาพข้าวพันธุ์หลักจึงยังอาจเสื่อมถอยจากการปนเปื้อน ด้วยเมล็ดข้าววิจัยที่ดูคล้ายกับข้าวปลูกด้วยเยื่อหุ้มที่ไม่ มีสี แต่ยังมีลักษณะทางคุณภาพเมล็ดอื่นคลาดเคลื่อนไป จากข้าวพันธุ์หลัก ขนาดเมล็ดที่วัดด้วยความยาวและ ความกว้างเป็นลักษณะเฉพาะของข้าวแต่ละพันธุ์ (Khush and Virk, 2005; Thai Rice Knowledge Bank, 2025) ที่สามารถใช้เป็นเกณฑ์ประเมินความบริสุทธิ์ของพันธุ์ใน

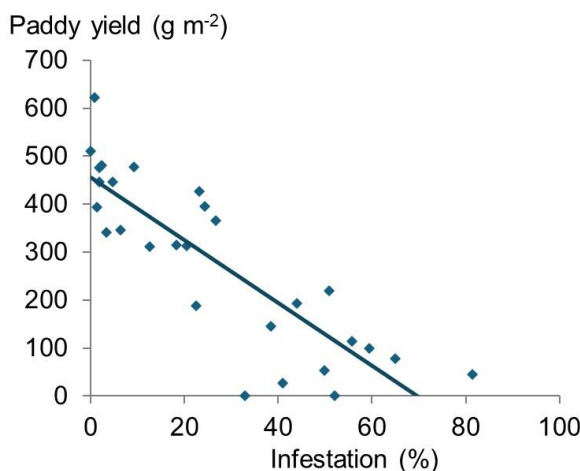


Figure 3. Correlation between paddy yield and weedy rice infestation in an intensive double rice cropping system at two neighboring villages of Samsib Harb and Koke Trabong in Kanchanaburi, Thailand in the early 2000s. The line is the linear regression [$y = -6.5x + 454.8$, $r = -0.85$ ($P < 0.001$)]. Source: redrawn with data from Maneechote *et al.* (2004) and Jamjod *et al.* (2005).

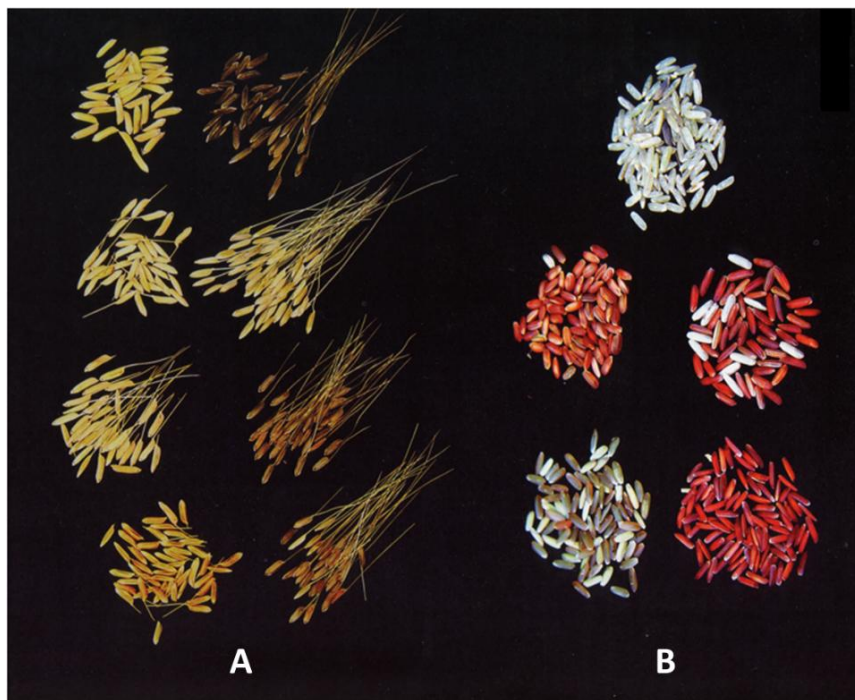


Figure 4. Weedy rice seed with hull, showing variation in hull coloring and awning (A), and without hull, showing variation in pericarp pigmentation and kernel size (B). Source: photo by Chanya Maneechote.

ตัวอย่างข้าวเปลือกได้ (International Rice Research Institute, 2023) ข้าววัชพืชในประเทศไทยส่วนใหญ่มีเมล็ดสั้นกว่าและเรียวน้อยกว่าข้าวพันธุ์หลัก (Prasertsak *et al.*, 2007) ประเทศไทยเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีการควบคุมคุณภาพข้าวอย่างเคร่งครัดเริ่มตั้งแต่ในตลาดข้าวเปลือก ดังนั้นข้าวพันธุ์หลัก เช่น ขาวดอกมะลิ 105 กข6 และ กขอื่น ๆ จึงอาจถูกตัดราคาจากการมีเมล็ดไม่ถูกต้องตรงตามขนาดประจำพันธุ์ปะปนอยู่มากเกินไป

3. การเพิ่มต้นทุนการผลิต

การกำจัดควบคุมวัชพืชทำได้หลายวิธี ตั้งแต่การถอนหรือตัดต้นออกและการถางพรวนดิน ใช้สารกำจัดวัชพืช ปลุกด้วยเมล็ดสะอาด และปรับเปลี่ยนระบบการเพาะปลูกโดยการทิ้งช่วงการปลูกข้าวด้วยพืชไร่อื่น ตลอดจนการจัดการวัชพืชแบบผสมผสาน (Chauhan, 2013; Maneechote, 2009) ซึ่งมีผลในการเพิ่มต้นทุนการผลิตและลดผลผลิตแทบทั้งสิ้น การปลูกด้วยเมล็ดสะอาด การกำจัดรวงข้าววัชพืชก่อนระยะดอกบาน

(โดยการตัดออกทั้งต้นหรือลูบด้วยสารกำจัดวัชพืช) และทำความสะอาดเครื่องเกี่ยวระหว่างแปลง พบว่าล้วนแต่ให้ผลดีในการลดการระบาดของข้าววัชพืชในแปลงนาได้ (Maneechote *et al.*, 2005) อย่างไรก็ตามการกำจัดข้าววัชพืชต้นสูงออกจะส่งผลให้ประชากรข้าววัชพืชมีลักษณะคล้ายข้าวปลูกในแปลงมากขึ้น จากวิวัฒนาการที่ทำให้ต้นเตี้ยลง ลักษณะที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากข้าวป่า เช่น เมล็ดที่มีระยะพักตัวและความสามารถงอกขึ้นมาจากใต้ดินได้ค่อนข้างลึก (Nadir *et al.*, 2017; Oard *et al.*, 2000 ; Prasertsak and Khongchoo, 2004) ทำให้ข้าววัชพืชสามารถมีชีวิตรอดอยู่รอดในนาได้เป็นเวลายาวนาน

ในช่วงเวลาเพียงไม่กี่ทศวรรษของการทำนาสมัยใหม่ ข้าววัชพืชได้กลายเป็นวัชพืชสำคัญในพื้นที่นาทั่วประเทศไทย และ ก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างรุนแรง ทั้งจากการลดลงของผลผลิตข้าว การเสื่อมคุณภาพเมล็ดข้าว และต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ข้าววัชพืชมีความสามารถในการอยู่รอดสูง สามารถกลับมาตั้งตัวได้

อย่างรวดเร็วแม้เหลือเพียงต้นเดียวหรือสองต้น หรือจาก คลังเมล็ดในดิน จึงจำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังและควบคุม ใกล้เคียงอย่างต่อเนื่องเพื่อมิให้มันกลับมาระบาดของได้อีก

สรุป

บทความปริทัศน์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ บัจจัยทั้งหมดที่มีบทบาท ในการทำให้ข้าววัชพืชกลายเป็น พืชสำคัญ อย่างฉับพลัน และเพื่อชี้ให้เห็นบทบาทสำคัญของ ปฏิสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างข้าวปลูก ข้าวป่า และข้าววัชพืช ผลการวิเคราะห์ได้บ่งชี้ว่า ข้าววัชพืชจะเป็น พืชในท้องถิ่นของพื้นที่นาที่น้ำลึกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ควบคู่ไปกับบรรพบุรุษป่าของข้าววัชพืช คือข้าว ป่าสามัญ (*Oryza rufipogon*) มานานแล้ว ลักษณะไม่ ไวต่อช่วงแสง (photoperiod insensitivity) เป็นกุญแจ สำคัญที่สร้างความสำเร็จทางนิเวศวิทยาของข้าววัชพืช ให้ขยายออกไปทั่วเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เมื่อยืนความไม่ ไวต่อช่วงแสงจากข้าวพันธุ์สมัยใหม่ถูกถ่ายทอดเข้าสู่แหล่ง พันธุกรรมร่วมของข้าวปลูก ข้าวป่า และข้าววัชพืชใน ท้องถิ่น การสืบพันธุ์ของข้าววัชพืชจึงมิได้ถูกกำหนด ควบคุมโดยช่วงแสงเฉพาะถิ่นอีกต่อไป ทำให้ข้าววัชพืช ขยายการปรับตัวออกไปในพื้นที่นาสำคัญของประเทศ ทั้งน่านน้ำฝนและนาชลประทาน ขณะเดียวกันการเขต กรรมภายใต้เทคโนโลยีการทำนาสมัยใหม่ ตั้งแต่การ-เตรียมดิน การทำนาหว่านแทนการทำนาดำ การเก็บเกี่ยว และนวดข้าวด้วยรถเกี่ยว จนถึงการใช้สารกำจัดวัชพืช ล้วนมีส่วนส่งเสริมให้ข้าววัชพืชได้ระบาดเป็นวงกว้าง ออกไป โดยการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมในนาข้าวให้เอื้อต่อ ข้าววัชพืชมากขึ้น ให้ได้เปรียบในการแข่งขัน ขยาย ศักยภาพในการปรับตัว และเพิ่มประสิทธิภาพในการ-แพร่กระจาย

แม้การทำนาสมัยใหม่จะนำมาซึ่งประโยชน์ ทางสังคมและเศรษฐกิจอย่างมหาศาลต่อผู้คนในเอเชีย ตะวันออกเฉียงใต้ แต่ก็แลกมากับต้นทุนแฝงในรูปของ ความเสียหายผลิตผลการทำนาจากข้าววัชพืช ผลกระทบ ของลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงต่อการเพิ่มศักยภาพใน การปรับตัวและการแพร่กระจายของข้าววัชพืชภายใต้ ระบบการทำนาสมัยใหม่ รวมทั้งการที่ยืนต้นทนสาร

กำจัดวัชพืชถูกผนึกเข้าไปในประชากรข้าววัชพืชอย่าง รวดเร็ว เป็นเครื่องเตือนว่า ผลกระทบจากการปรับปรุง พันธุ์ข้าวด้วยพันธุวิศวกรรมไม่ควรถูกมองอย่างผิวเผินหรือ คำนวณจากผลได้ระยะสั้นเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะใน ภูมิภาคที่มี *O. rufipogon* และ *O. sativa* f. *spontanea* เป็นพืชประจำถิ่น เช่น เอเชียตะวันออกเฉียงใต้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวล้านนา และคณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการสนับสนุนการ ดำเนินการโครงการนี้

เอกสารอ้างอิง

- Azmi, M., M.Z. Abdullah, B. Mislamah and B.B. Baki. 2000. Management of weedy rice (*Oryza sativa* L.): the Malaysian experience. pp. 91-96. In: B.B. Baki, D.V. Chin and M. Mortimer (eds) Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia – A Review, International Rice Research Institute, Los Baños.
- Azmi, M. and M. Mashhor. 1994. Weed succession over several seasons of direct seeded rice in Seberang Perai, Malaysia. pp. 221-224. In: A. Rajan and Y. Ibrahim (eds.). Proceedings of Plant Protection in the Tropics. Malaysia Plant Protection Society, Kuala Lumpur.
- Appa Rao, S., C. Bounphanousay, J.M. Schiller and M.T. Jackson. 2002. Collection, classification, and conservation of cultivated and wild rices of the Lao PDR. Genetic Resource and Crop Evolution 49: 75-81.
- Bakar, B.B., M.A. Bakar and A.B. Man. 2000. Weedy rice (*Oryza sativa* L.) in Peninsular

- Malaysia. pp. 51-54. *In*: B.B. Baki, D.V. Chin and M. Mortimer (eds) *Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia – a review*, International Rice Research Institute, Los Baños.
- Barrett, S.H. 1983. Crop mimicry in weeds. *Economic Botany* 37(3): 255-282.
- Brennan, J.P. and A. Malabayabas. 2011. International Rice Research Institute's contribution to rice varietal yield improvement in South-East Asia. *ACIAR Impact Assessment Series Report No. 74*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 114 p.
- Burgos, N.R., R.J. Norman, D.R. Gealy and H. Black. 2006. Competitive N uptake between rice and weedy rice. *Field Crops Research* 99(2-3): 96-105.
- Burgos, N.R., V. Singh, T.M. Tseng, H. Black, N.D. Young, Z. Huang, K.E. Hyma, D.R. Gealy and A.L. Caicedo. 2014. The impact of herbicide-resistant rice technology on phenotypic diversity and population structure of United States weedy rice. *Plant Physiology* 166(3): 1208-1220.
- Chang, T.T. 1976. The origin, evolution, cultivation, dissemination, and diversification of Asian and African rices. *Euphytica* 25: 425-441.
- Chatuporn, S., A. Prasertsak and A. Intrman. 2006. Integrate management of red rice in wet-seeded rice production. *Thai Agricultural Research Journal* 24(1): 83-96.
- Chauhan, B.S. 2013. Management Strategies for Weedy Rice in Asia. International Rice Research Institute, Los Baños. 24 p.
- Chauhan, B.S., O.S. Namuco, L.O.L. Ocampo, T.N. Son, T.A. Thu, N.N. Nam, L.N. Phuong and A.A. Bajwa. 2015. Weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea*) problems and management in wet direct-seeded rice (*O. sativa* L.) in the Mekong Delta of Vietnam. *Crop Protection* 78: 40-47.
- Chen, L.J., D.S. Lee, Z.P. Song, K.S. Suh and B.R. Lu. 2004. Gene flow from cultivated rice to its weedy and wild relatives. *Annals of Botany* 93(1): 67-73.
- Chhun, S., V. Kumar, J.M. Martin, P. Srean and B.A.R. Hadi. 2020. Weed management practices of smallholder rice farmers in Northwest Cambodia. *Crop Protection* 135(2): 104793, doi: 10.1016/j.cropro.2019.04.017.
- Chitrakon, S., C. Vutiyano and P. Pusuwan. 1995. Geographical distribution, habitat conditions and character variations of wild rice in Thailand. *Thai Agricultural Research Journal* 13(2): 125-135. (in Thai)
- Constantin, M.J. 1960. Characteristics of red rice in Louisiana. Ph.D. Dissertation. Louisiana State University, Baton Rouge. 94 p.
- Cramb, R. 2020. The evolution of rice farming in the Lower Mekong Basin. pp. 3-34. *In*: R. Cramb (ed.). *White Gold: the Commercialisation of Rice Farming in the Lower Mekong Basin*. Springer Nature, Singapore.
- Dilipkumar, M., N.R. Burgos, T.S. Chuah and S. Ismail. 2018. Cross-resistance to imazapic and imazapyr in a weedy rice (*Oryza sativa*) biotype found in Malaysia. *Planta Daninha* 36: e018182239, doi:10.1590/S0100-83582018360100058.
- Ellstrand, N.C., H.C. Prentice and J.F. Hancock. 1999. Gene flow and introgression from

- domesticated plants into their wild relatives. *Annual Review of Ecological Systems* 30: 539-563.
- Estorninos, Jr. L.E., D.R. Gealy, E.E. Gbur, R.E. Talbert and M.R. McClelland. 2005. Rice and red rice interference. II. Rice response to population densities of three red rice (*Oryza sativa*) ecotypes. *Weed Science* 53(5): 683-689.
- Estorninos, Jr. L.E., D.R. Gealy and R.E. Talbert. 2002. Growth response of rice (*Oryza sativa*) and red rice (*O. sativa*) in a replacement series study. *Weed Technol* 16(2): 401-406.
- Food and Agriculture Organization 2024. FAOSTAT. (Online). Available: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (March 6, 2024)
- Fukai, S., P. Xangsayasane, D. Manikham and J. Mitchell. 2019. Research strategies for mechanised production of rice in transition from subsistence to commercial agriculture: a case study from Khammouan in Lao PDR. *Plant Production Science* 22(1): 1-11.
- Gao, P., Z. Zhang, G. Sun, H. Yu and S. Qiang. 2018. The within-field and between-field dispersal of weedy rice by combine harvesters. *Agronomy for Sustainable Development* 38: 55 doi: 10.1007/s13593-018-0518-2.
- Gressel, J., and B.E. Valverde. 2009. A strategy to provide long-term control of weedy rice while mitigating herbicide resistance transgene flow, and its potential use for other crops with related weeds. *Pest Management Science* 65(7): 723-731.
- Haefele, S., and M. Gummert. 2016. Trajectories in lowland rice-based cropping systems in mainland Southeast Asia. pp. 73-109. *In*: R.A. Cramb, G.D. Gray, S.M. Gummert, R.D.B. Lefroy, R.A. Newby, W. Stur and P. Warr (eds.). *Trajectories of Rice-based Farming Systems in Mainland Southeast Asia*. ACIAR Monograph MN177. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Hardke, J., K. Moldenhauer, X. Sha. 2018. Rice cultivars and seed production. pp.21-28. Chapter 3: Rice cultivars and seed production. *In*: J.T. Hardke (ed.). *Arkansas Rice Production Handbook*. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, Fayetteville.
- International Rice Research Institute. 2023. Measuring varietal purity. Rice Knowledge Bank. (Online). Available: <http://www.knowledgebank.iri.org/training/fact-sheets/postharvest-management/rice-quality-fact-sheet-category/measuring-varietal-purity-fact-sheet> (March 15, 2023).
- Jamjod, S., C. Maneechote and B. Rerkasem. 2005. Role of gene flow on invasion of weedy rice. pp. 63-71. *In*: C. Maneechote and S. Jamjod (eds.). *Proceedings of Weedy Rice Symposium*, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Jindalouang, R., C. Maneechote, C. Prom-u-thai, B. Rerkasem and S. Jamjod. 2018. Growth and nutrients competition between weedy rice and crop rice in a replacement series study. *International*

- Journal of Agriculture and Biology 20: 784-790.
- Kanapeckas, K.L., C.C. Vigueira, A. Ortiz, K.A. Gettler, N.R. Burgos, A.J. Fischer and A.L. Lawton-Rauh. 2016. Escape to ferality: the endoferal weedy rice from crop rice through de-domestication. Plos One 11(9): e0162676, doi: 10.1371/journal.pone.0162676.
- Khumto, S., T. Pusadee, K.M. Olsen and S. Jamjod. 2017 . Genetic relationships between anther and stigma traits revealed by QTL analysis in two rice advanced-generation backcross populations. Euphytica 214: 5, doi: 10.1007/s10681-017-2091-1.
- Khush, G.S. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. Plant Molecular Biology 35(1-2): 25-34.
- Khush, G.S. and P.S. Virk. 2005. IR Varieties and their Impact. International Rice Research Institute, Los Baños. 163 p.
- Konchan, S. and Y. Kono. 1996. Spread of direct seeded lowland rice in Northeast Thailand: farmers' adaptation to economic growth. Journal of Southeast Asian Studies 33(4): 523-546.
- Kuroda, Y., S. Appa Rao, C. Bounphanousay, K. Kongphanh, A. Iwata, K. Tanaka and Y.I. Sato. 2006. Diversity of wild and weedy rice in Laos. pp. 215-234. In: J.M. Schiller, M.B. Chanphengxay, B. Linquist and S. Appa Rao (eds.). Rice in Laos. International Rice Research Institute, Los Baños.
- Kuroda, Y., Y.I. Sato, C. Bounphanousay, Y. Komo and K. Tanaka. 2005. Gene flow from cultivated rice (*Oryza sativa* L.) to wild *Oryza* species (*O. rufipogon* Griff. And *O. nivara* Sharma and Shastry) on the Vientiane plain of Laos. Euphytica 142(1): 75-83.
- Kwon, S.L., Jr. R.J. Smith and R.E. Talbert, R.E. 1991. Interference of red rice (*Oryza sativa*) densities in rice (*O. sativa*). Weed Science 39(2): 169-174.
- Langevin, S.A., C. Clay and J.B. Grace 1990. The incidence and effects of hybridization between cultivated rice and its related weed red rice (*Oryza sativa* L.). Evolution 44(4): 1000-1008, doi.org/10.2307/2409561.
- Li, L.F., T. Pusadee, M.J. Wedger, Y.L. Li, M.R. Li, Y.L. Lau, S.J. Yap, S. Jamjod, B. Rerkasem, Y. Hao, B.K. Song. and K.M. Olsen. 2024. Porous borders at the wild-crop interface promote weed adaptation in Southeast Asia. Nature Communications 15: 1182, doi: 10.1038/s41467-024-45447-0.
- Maneechote, C. 2009. Weedy rice, problem and solutions. Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. 29 p. (in Thai)
- Maneechote, C. and S. Jamjod. 2005. Current situation of weedy rice in Thailand. pp. 1-14. In: C. Maneechote and S. Jamjod (eds.). Proceedings of Weedy Rice Symposium, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Maneechote, C., S. Jamjod and B. Rerkasem. 2004. Invasion of weedy rice in rice fields in Thailand: problems and management. International Rice Research Notes 29(2): 20-22.

- Maneechote, C., S. Samanwong, S. Jamjod, A. Paokrueng, B. Rerkasem and K. Rerkasem. 2005. Integrated management of weedy rice. pp.115-128. *In*: C. Maneechote and S. Jamjod (eds.). Proceedings of Weedy Rice Symposium, Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Marambe, B. and L. Amarasinghe. 2000. Weedy rice in Sri Lanka. pp. 79-82. *In*: B.B. Baki, D.V. Chin and M. Mortimer (eds.). Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia – A Review. International Rice Research Institute, Los Baños.
- McElroy, J.S. 2014. Vavilovian mimicry: Nikolai Vavilov and his little-known impact on weed science. *Weed Science* 62(2): 207-216, doi: 10.1614/WS-D-13-00122.1.
- Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2014. Agricultural product standard: good agricultural practices for rice seed. Royal Gazette 131 (special 200e). (Online). Available: <https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2557/E/200/6.PDF> (June 24, 2024) (in Thai)
- Morishima, H., Y. Sano and H.I. Oka. 1980. Observations on wild and cultivated rices and companion weeds in the hilly areas in Nepal, India and Thailand. Report of study-tour of tropical Asia, 1979. Report of the National Institute of Genetics, Misima. 82 p.
- Morishima, H., Y. Shimamoto, Y. Sano and Y.I. Sato. 1984. Observations on wild and cultivated rices In Thailand, for ecological-genetic study. Report of study-tour in 1983. Report of the National Institute of Genetics, Misima. 97 p.
- Nadir, S., H.B. Xiong, Q. Zhu, X.L. Zhang, H.Y. Xu, J. Li, W. Dongchen, D. Henry, X.Q. Guo, S. Khan, H. Suh, D.S. Lee and L.J. Chen. 2017. Weedy rice in sustainable rice production. *Agronomy for Sustainable Development* 37(5): 46, doi:10.1007/s13593-017-0456-4.
- Napasintuwong, O. 2018. Rice seed system in Thailand. Agricultural and Resource Economics (ARE) Working Paper #2561/2. Faculty of Economics, Kasetsart University, Bangkok. 12 p.
- Neik, T.X., J.Y. Chai, S.Y. Tan, M.P.S. Sudo, Y. Cui, J. Jayaraj, S.S. Teo, K.M. Olsen and B.K. Song. 2019. When west meets east: the origins and spread of weedy rice between continental and island Southeast Asia. *Genes Genomes Genetics* 9(9): 2941-2950.
- Niang, T.A.A., A.J. Kingsbury, A. Buerkert and M.R. Finckh. 2008. A survey of Myanmar rice production and constraints. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 109(2): 151-168.
- Niruntrayakul, S., B. Rerkasem and S. Jamjod. 2009. Crossability between cultivated rice (*Oryza sativa*) and common wild rice (*O. rufipogon*) and characterization of F₁ and F₂ populations. *Science Asia* 35(2): 161-169.
- Noldin, J.A. 2000. Red rice status and management in the Americas. pp. 20-24. *In*: B.B. Baki, D.V. Chin and M. Mortimer. (eds.). Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia – a review.

- International Rice Research Institute, Los Baños.
- Oard, J., M.A. Cohn, S. Linscombe, D. Gealy and K. Gravois. 2000. Field evaluation of seed production, shattering, and dormancy in hybrid populations of transgenic rice (*Oryza sativa*) and the weed, red rice (*Oryza sativa*). *Plant Science* 157(1): 13-22.
- Oka, H.I. 1988. Origin of Cultivated Rice. Japan Scientific Societies Press, Tokyo. 254 p.
- Olsen, K.M., A.L. Caicedo and Y. Jia. 2007. Evolutionary genomics of weedy rice in the USA. *Journal of Integrated Plant Biology* 49(6): 81-816.
- Pingali, P.L. 2012. Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 109(31): 12302-12308.
- Pinstrup-Andersen, P. and P.B.R. Hazell. 1985. The impact of the green revolution and prospects for the future. *Food Reviews International* 1(1): doi: 10.1080/87559128509540765.
- Prasertsak, A. and A. Kongchoo. 2004. Waterlogging effects on survival of rice and some red rice seed. *Thai Agricultural Research Journal* 22(3): 188-204. (in Thai)
- Prasertsak, A., A. Kongchoo, S. Tangwisuthichit, S. Chatuporn, A. Inman, C. Nuankaew, O. Wongkasem, P. Kenleum and P. Jutamat. 2007. Collection and database management of red weedy rice characteristics. *Thai Agricultural Research Journal* 25(1): 18-30. (in Thai)
- Prathepha, P. 2011. Microsatellite analysis of weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea*) from Thailand and Lao PDR. *Australian Journal of Crop Science* 5(1): 49-54.
- Prom-u-Thai, C. and B. Rerkasem. 2020. Rice quality improvement. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 40:28, doi:10.1007/s13593-020-00633-4.
- Prom-u-thai, C., C. Sanchai, B. Rerkasem, S. Jamjod, S. Fukai, I.D. Godwin and L. Huang. 2007. The effect of grain morphology on degree of milling and iron loss in rice. *Cereal Chemistry* 84(4): 384-388.
- Puckridge, D.W., L. Chankasem, P. Vongsaroj, P. Thongbai and S. Chinawong. 1988. Effect of tillage and sowing methods on control of wild rice. pp. 593-598. *In: Proceedings of the 1987 International Deepwater Rice Workshop*. International Rice Research Institute, Manila.
- Pusadee, T., B. Rerkasem, S. Jamjod and B.A. Schaal. 2016. Life-history traits, and geographical divergence in wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) gene pool in Indochina Peninsula region. *Annals of Applied Biology* 168(1): 52-65.
- Pusadee, T., B.A. Schaal, B. Rerkasem and S. Jamjod. 2013. Population structure of *Oryza sativa* primary gene pool in Thailand. *Genetic Resource and Crop Evolution* 60: 335-353.
- Qui, J., L. Jia, D. Wu, X. Weng, L. Chen, J. Sun, M. Chen, L. Mao, B. Jiang, C. Ye, G.M. Turra, L. Guo, G. Ye, Q.H. Zhu, T. Imaizumi, B.K. Song, L. Scarabel, A. Merotto, K.M.

- Olsen and L. Fan. 2020. Diverse genetic mechanisms underlie worldwide convergent rice feralization. *Genome Biology* 21(1): 70, doi: 10.1186/s13059-020-01980-x.
- Rerkasem, K., W.R. Stern and N.A. Goodchild. 1980. Associated growth of wheat and annual ryegrass. 1. Effect of varying total density and proportion in mixtures of wheat and annual ryegrass. *Australian Journal of Agricultural Research* 31(4): 649-658.
- Saijuntha, W., Duenngai, K. and C. Tantrawatpan. 2013. Zoonotic echinostome infections in free-grazing ducks in Thailand. *Korean Journal of Parasitology* 51(6): 663-667.
- Singh, K., V. Kumar, Y.S. Saharawat, M. Gathala, J.K. Ladha and B.S. Chauhan. 2013. Weedy rice: an emerging threat for direct-seeded rice production systems in India. *Journal of Rice Research* 1(1): 106, doi: 10.4172/jrr.1000106.
- Sang, T. and S. Ge. 2007. Genetics and phylogenetics of rice domestication. *Current Opinion in Genetic Development* 17(6): 533-538.
- Sanitwongse, S. 1941. History of the Ministry of Agriculture. 2nd ed. A commemorative volume published on the occasion of the funeral rites of Major General Chao Phraya Wongsanupraphat, MR Sathan Sanitwongse. Sponpipatthanakorn Publishing, Pranakorn. 327 p. (in Thai)
- Sanitwongse, S. 1927. The Rice of Siam. A commemorative volume published on the occasion of the funeral rites of Major MR Suvabhan Sanitwongse. Sponpipatthanakorn Publishing, Pranakorn. 56 p.
- Schiller, J.M., A. Hatsadong and K. Dounsila. 2006. A history of rice in Laos. pp. 9-28. *In*: J.M. Schiller, M.B. Chanphengxay, B. Linquist and S. Appa Rao (eds.). *Rice in Laos*. International Rice Research Institute, Los Baños.
- Sinthukiew, T., A. Prommin, B. Rerkasem and S. Jamjod. 2005. Characterization of F₁ and F₂ between cultivated rice and common wild rice. pp. 25-33. *In*: C. Maneechote and S. Jamjod (eds.). *Proceedings of Weedy Rice Symposium*. Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Somkual, N., S. Jamjod and B. Rerkasem. 2005. Yield and yield component of F₁ hybrids between crop x wild rice and crop x weedy rice. pp. 145-149. *In*: C. Maneechote and S. Jamjod (eds.), *Proceedings of Weedy Rice Symposium*. Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Song, B.K., T.S. Chuah, S.M. Tam and K.M. Olsen. 2014. Malaysian weedy rice shows its true stripes: Wild *Oryza* and elite rice cultivars shape agricultural weed evolution in Southeast Asia. *Molecular Ecology* 23(20): 5003-5017.
- Song, Z., B. Li, J. Chen and B.R. Lu. 2005. Genetic diversity and conservation of common wild rice (*Oryza rufipogon*) in China. *Plant Species Biology* 20(2): 83-92.
- Song, Z.P., B.R. Lu, Y.G. Zhu and J.K. Chen. 2003. Gene flow from cultivated rice to the wild species *Oryza rufipogon* under experimental field conditions. *New Phytology* 157(3): 657-665.

- Sudianto, E., B.K. Song, T.X. Neik, N.E. Saldain, R.C. Scott and N.R. Burgos. 2013. Clearfield® rice: Its development, success, and key challenges on a global perspective. Crop Protection 49: 40-51.
- Suebpongsang, P., B. Ekasingh and R. Cramb. 2020. Commercialisation of rice farming in Northeast Thailand. pp. 39-67. In: R. Cramb (ed.). White Gold: The Commercialisation of Rice Farming in the Lower Mekong Basin. Springer Nature, Singapore.
- Sweeney, M.T., M.J. Thomson, Y.G. Cho, Y.J. Park, S.H. Williamson, C.D. Bustamante and S.R. McCouch. 2007. Global dissemination of a single mutation conferring white pericarp in rice. Plos Genetics 3(8): 1418-1424.
- Thepent, V. and A. Chamsing. 2009. Agricultural mechanization development in Thailand. Paper presented at the 5th Session of the Technical Committee of APCAE, 14-16 October 2009, Los Banos. 13 p.
- Ministry of Commerce. 2016. Thai jasmine rice as a standard product and the standard for Thai jasmine rice (Edition 3). Ministry of Commerce announcement. Royal Gazette 133(s 243d), p 5. (in Thai)
- Thai Rice Knowledge Bank. 2025. Rice varieties. Thailand Rice Knowledge Bank, Division of Rice Research and Development. (Online). Available: <http://www.ricethailand.go.th/rkb3/Varieties.htm> (March 9, 2025) (in Thai)
- Vergara, B.S. and T.T. Chang. 1985. The Flowering Response of the Rice Plant to Photoperiod. International Rice Research Institute, Los Baños. 67 p.
- Vigueira, P.A., K.M. Olsen, C.R. Wagner, Z.B. Chittick and C.C. Vigueira. 2020. Weedy rice from South Korea arose from two distinct de-domestication events. Frontiers in Agronomy 2: 602612, doi: 10.3389/fagro.2020.602612.
- Vigueira, C.C., X. Qi, B.K. Song, L.F. Li, A.L. Caicedo, Y. Jia and K.M. Olsen. 2019. Call of the wild rice: *Oryza rufipogon* shapes weedy rice evolution in Southeast Asia. Evolutionary Applications 12(1): 93-104.
- Vongsaroj, P. 1976. Wild rice at Prachinburi. Journal of Weed Science Society of Thailand 1(2): 20-23. (In Thai)
- Vongsaroj, P. 1993. Integrated management of paddy weeds in Thailand. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. (Online) . Available: <http://www.agnet.org/library/eb/367a/> (Sep 5, 2024)
- Wang, H., F.G. Vieira, J.E. Crawford, C. Chu and R. Nielsen. 2017. Asian wild rice is a hybrid swarm with extensive gene flow and feralization from domesticated rice. Genome Research 27(6): 1029-1038.
- Watanabe, H., D.A. Vaughan and N. Tomooka. 2000. Weedy rice complexes: case studies from Malaysia, Vietnam, and Surinam. pp. 25-34. In: B.B. Baki, D.V. Chin and M. Mortimer (eds.). Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia – a review, International Rice Research Institute, Los Baños.
- Wattanasuntorn, P. 2015. Ecological risk assessment of pesticide residues in paddy field ecosystem in Chainat province: a case study of grazing ducks. National Institute of Development Administration, Bangkok. 168 p.

-
- Wongtamee, A., C. Maneechote, T. Pusadee, B. Rerkasem and S. Jamjod. 2017. The dynamics of spatial and temporal population genetic structure of weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea* Baker). *Genetic Resource and Crop Evolution* 64: 23-39.
- Ye, C.Y., W. Tang, D. Wu, L. Jia, J. Qiu, M. Chen, L. Mao, F. Lin, H. Xu, X.Yu, Y. Lu, Y. Wang, K.M. Olsen, M.P. Timko and L. Fan. 2019. Genomic evidence of human selection on Vavilovian mimicry. *Nature Ecology and Evolution* 3(10): 1474-1482.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*. International Rice Research Institute, Los Baños. 269 p.
- Zhang, Z., P. Gao, W. Dai, X. Song, F. Hu and S. Qiang. 2019. Effect of tillage and burial depth and density of seed on viability and seedling emergence of weedy rice. *Journal of Integrated Agriculture* 18(8): 1914-1923.
- Zhang, W., S.D. Linscombe, E. Webster, S. Tan and J. Oard. 2006. Risk assessment of the transfer of imazethapyr herbicide tolerance from Clearfield rice to red rice (*Oryza sativa*). *Euphytica* 152: 75-86.
- Ziska, L.H., D.R. Gealy, N. Burgos, A.L. Caicedo, J. Gressel, A.L. Lawton-Rauh, L.S. Avila, G. Theisen, J. Norsworth, A. Ferrero, F. Vidotto, D.E. Johnson, F.G. Ferreira, E. Marchesan, V. Menezes, M.A. Cohn, S. Linscombe, L. Carmona, R. Tang and A. Merotto. 2015. Chapter three - weedy (red) rice: an emerging constraint to global rice production. *Advances in Agronomy* 129: 181-228.
-