

การประเมินสมรรถนะของแบบจำลอง AquaCrop สำหรับจำลองผลผลิตข้าวภายใต้
สภาวะความเค็มที่ต่างกัน: กรณีศึกษาจากการปลูกทดลองในถังที่ภาคกลางของไทย
**Evaluating AquaCrop Model Performance for Simulating Rice Yield under Varying
Salinity Levels: A Case Study from a Pot Experiment in Central Thailand**

ณัชพล การะกุล,¹ ณัฐธัญ สุจริตธนารักษ์,¹ ภัทธาวุธ เพ็ชรรัตน์,¹ ณัชชา ว่องชิงชัย,¹ อีรภัทร เพชรดุลย์,¹
ภวัต ศรีศรทอง¹และ เอกสิทธิ์ โสมิตสกุลชัย^{1*}
**Natchapon Karakul,¹ Nattan Sujaritthanarag,¹ Phatthawut Phetcharat,¹ Nutchha Vongchingchai,¹
Teerapat Petdul,¹ Pawat Srisorntong¹ and Ekasit Kositsakulchai^{1*}**

Received 13 May 2024, Revised 18 August 2024, Accepted 20 August 2024

ABSTRACT

Soil salinity, a major constraint on rice production worldwide, is often quantified by electrical conductivity. This study investigated the performance of the AquaCrop model to simulate rice yield under varying salinity levels in a controlled pot experiment conducted in an experimental greenhouse at Kasetsart University, Nakhon Pathom, Thailand, from October 5, 2023, to January 20, 2024. Rice plants were grown in 28x28x35 cm pots filled with 20 cm of soil and subjected to four salinity treatments: no salt (NaCl), 50 g NaCl, 100 g NaCl, and 150 g NaCl. Each treatment had five replicates. The AquaCrop model was run using observed climate data (temperature, solar radiation, wind speed, humidity), soil properties, crop parameters, and irrigation management practices. Experimental results revealed a negative impact of salinity on both above-ground biomass and dry grain yield. AquaCrop simulations realistically captured the trend of decreasing biomass and yield with increasing salinity. While the model acceptably estimated above-ground biomass, it slightly overestimated dry grain yield compared to observed values. This study highlights AquaCrop's potential as a tool for simulating rice response to salinity stress. Further refinement of model parameters and enhanced capabilities to simulate plant responses to salinity in greater detail could further improve model performance.

Keywords: Rice, Salinity, Crop modeling, Yield

¹ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน
อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Sean Kasetsart University Kamphaeng Saen
Campus, Kamphaeng Saen, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

* Corresponding author: Tel: 034-351-897, E-mail address: ekasit.k@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ความเค็มของดินเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการผลิตข้าวทั่วโลก โดยทั่วไปตรวจวัดจากการนำไฟฟ้าของสารละลายในดิน งานวิจัยนี้ประเมินความสามารถของแบบจำลอง AquaCrop ในการจำลองผลผลิตข้าวภายใต้ระดับความเค็มที่แตกต่างกัน โดยใช้การปลูกทดลองในถังที่ควบคุมสภาพแวดล้อมดำเนินการที่โรงเรียนทดลองในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างวันที่ 5 ตุลาคม 2566 ถึงวันที่ 20 มกราคม 2567 ข้าวถูกปลูกในถังขนาด 28x28x35 cm บรรจุดิน 20 cm แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ (ก) ชุดควบคุม (ไม่ใส่เกลือ) (ข) ใส่เกลือ 50 g NaCl (ค) 100 g NaCl และ (ง) 150 g NaCl แต่ละชุดมี 5 ซ้ำ การรันแบบจำลอง AquaCrop นำเข้าข้อมูลสภาพอากาศจากการบันทึก (อุณหภูมิ พลังงานรังสีแสงอาทิตย์ ความเร็วลม ความชื้น) สมบัติของดิน พารามิเตอร์ข้าวและการจัดการน้ำชลประทาน ผลการทดลองพบว่าความเค็มมีผลให้น้ำหนักชีวมวลเหนือดินและผลผลิตข้าวลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น แบบจำลอง AquaCrop สามารถจำลองแนวโน้มของชีวมวลและผลผลิตข้าวที่ลดลงสอดคล้องกับผลการทดลอง โดยแบบจำลองให้ผลลัพธ์น่าพอใจในกรณีของชีวมวลเหนือดินแต่ประเมินผลผลิตข้าวสูงกว่าผลการทดลองเล็กน้อย การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของ AquaCrop สำหรับใช้เป็นเครื่องมือศึกษาการสนองของข้าวต่อความเค็ม การเปรียบเทียบพารามิเตอร์โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองที่หลากหลายขึ้น และ การพัฒนารายละเอียดของกระบวนการวิธีประเมินการตอบสนองของพืชต่อความเค็มเพิ่มเติม จะช่วยให้แบบจำลองทำงานได้อย่างน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ข้าว ความเค็ม การจำลองการปลูกพืช ผลผลิต

คำนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักของคนไทยและมีความสำคัญต่อประเทศไทยทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม (Napasintuwong, 2019) โดยข้าวและผลิตภัณฑ์มีมูลค่าการส่งออกมากกว่าปีละ 150,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) นับเป็นอันดับต้น ๆ ของสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ พื้นที่ปลูกข้าวของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นเขตเกษตรน้ำฝนซึ่งความแปรปรวนของภูมิอากาศเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบปริมาณผลผลิต นอกจากสภาพอากาศแล้ว สภาพดินเค็มก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อปลูกข้าว ดินเค็มเป็นดินที่ได้รับอิทธิพลของเกลือ (เอิบ, 2550) โดยมีเกลือที่ละลายน้ำได้มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช โดยวัดจากค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity [EC]) ของสารละลายสกัดจากดินอิ่มตัวบริเวณเขตรากพืชที่ 25°C มากกว่า 2 dS/m (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2555) ประเทศไทยมีพื้นที่ที่ได้รับ

อิทธิพลจากเกลือ ประมาณ 19.7 ล้านไร่ กระจายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนใหญ่ (17.8 ล้านไร่) บางส่วนของพื้นที่ราบภาคกลางและบริเวณชายฝั่งทะเล (เอิบ, 2550)

การจำลองการปลูกพืชด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของพืชกับปัจจัยแวดล้อมทั้งดิน น้ำ และภูมิอากาศ (Food and Agriculture Organization (FAO), 2001; Nendel *et al.*, 2018; Seidel *et al.*, 2018) ผลการจำลองสถานการณ์เป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยลดความเสี่ยงในการตัดสินใจการผลิตทางการเกษตร โดยสามารถทดสอบจากทัศน์ต่าง ๆ เพื่อการปรับการเพาะปลูกตามปัจจัยที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต (ณรงค์ศักดิ์ และ เอกสิทธิ์, 2566) ในประเทศไทย มีการประยุกต์แบบจำลองการปลูกพืชนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 (เอกสิทธิ์ และคณะ, 2550) โดยการจำลองการปลูกข้าวพบว่า แบบจำลอง DSSAT-CERES-Rice เป็นแบบจำลองที่มีการใช้งาน

อย่างกว้างขวาง มีงานศึกษาเปรียบเทียบพารามิเตอร์ข้าวหลายสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย (Pannangpetch *et al.*, 1991; Mankeb, 1993; จิรวพันธ์ และคณะ, 2543; สุนทร และ อรรถชัย, 2547) รวมถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการประเมินระบบการผลิตข้าว (Cheyglinted *et al.*, 2001; เอกพันธ์ และ เอกสิทธิ์, 2564) ส่วนแบบจำลองการปลูกพืชอื่นที่มีรายงานการใช้งาน อาทิ ORYZA (Wikampapraharn & Kositsakulchai, 2010; รัฐชัย, 2552), SWAP (เอกสิทธิ์ และคณะ, 2550) SWAT (ณรงค์ศักดิ์ และ เอกสิทธิ์, 2566) และ AquaCrop (Akumaga *et al.*, 2017; นนทธีตา และ เอกสิทธิ์, 2563)

แบบจำลอง AquaCrop (Steduto *et al.*, 2009) พัฒนาและเผยแพร่โดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) (Raes *et al.*, 2009) แบบจำลองนี้จำลองการเติบโตของพืชและผลผลิตที่ตอบสนองต่อน้ำที่ให้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นเครื่องมือยุคใหม่ ที่ FAO แนะนำ (Steduto *et al.*, 2012) แทนวิธีการประเมินผลผลิตที่ตอบสนองต่อการให้น้ำแบบดั้งเดิม (Doorenbos & Kassam, 1979) นอกจากนี้ แบบจำลอง AquaCrop ยังสามารถประเมินผลกระทบจากความเครียด (stress) ของพืชจากปัจจัยอื่น ๆ อาทิ ธาตุอาหาร (nutrient) อุณหภูมิ (temperature) ความเค็ม (salinity) (Raes *et al.*, 2009) แม้ว่าแบบจำลองนี้ได้รับการทดสอบกับพืชหลายชนิดภายใต้สภาพภูมิอากาศและระบบนิเวศเกษตรที่หลากหลาย (Salman *et al.*, 2021) แต่การประยุกต์ใช้กับข้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบจากความเค็มนั้นยังมีจำกัด (Mondal *et al.*, 2015)

งานวิจัยนี้ มีเป้าหมายที่จะประเมินแบบจำลอง AquaCrop ในการจำลองผลผลิตข้าวที่ปลูกภายใต้สภาวะความเค็มแตกต่างกัน โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ (1) ทดสอบผลกระทบของระดับความเค็มที่แตกต่างกันต่อผลผลิตข้าวที่ปลูกทดลองในถังในโรงเรือน (2) จัดเตรียมแบบจำลอง AquaCrop สำหรับการจำลองผลผลิตข้าวภายใต้สภาวะความเค็มที่แตกต่างกัน (3) ประเมินสมรรถนะของแบบจำลอง

AquaCrop ในการจำลองผลกระทบของความเค็มโดยเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการทดลองกับผลจากการจำลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกข้าวทดสอบในโรงเรือน

การปลูกข้าวเพื่อเก็บข้อมูลดำเนินการที่โรงเรือนทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม (latitude 14°01'30.10"N, longitude 99°58'20.50"E) การบันทึกข้อมูลระหว่างการปลูกทดลอง (ณัชพล และคณะ, 2566) มีดังนี้ ข้อมูลอุณหภูมิอากาศวัดเป็นรายวันด้วยเครื่องวัดสภาพอากาศอัตโนมัติ (Figure 1(A)) ติดตั้งภายในโรงเรือน (Figure 1(B)) การตรวจวัดครอบคลุมช่วงการปลูกข้าว (ตุลาคม พ.ศ.2566 - มกราคม พ.ศ.2567) ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ความเร็วลม รังสีแสงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณฝน (Figure 2) ข้อมูลดินวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ใช้ปลูกข้าว ประกอบด้วย สมบัติทางกายภาพ (สัดส่วนของอนุภาคดิน (sand, silt, clay) และเนื้อดิน) และความเค็ม (electrical conductivity of the saturation soil extract [ECse]) แล้วจึงนำไปประเมินสมบัติของน้ำในดินสำหรับแบบจำลอง (saturation (SAT), field capacity (FC), permanent wilting point (PWP), saturated hydraulic conductivity (Ksat))

พันธุ์ข้าวใช้พันธุ์ กข41 ซึ่งนิยมปลูกในพื้นที่ภาคกลางจัดหาได้จากร้านอุปกรณ์การเกษตร การทดลองใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) โดยปลูกในถังพลาสติกสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 28X28 cm² สูง 35 cm ใส่ดินสูง 20 cm ทำการทดลอง 4 ชุดการทดลอง (treatment) แต่ละชุดการทดลองทำ 5 ซ้ำ (replicate) ดังนี้

T1: Control ไม่มีการเติมเกลือ

T2: 50 g NaCl เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 50 g/pot เมื่อข้าวอายุ 60 วัน (DAP60)

T3: 100 g NaCl เติมเกลือ 100 g/pot ครึ่งละ 50 g เมื่อข้าวอายุ 60 วัน และ 70 วัน (DAP60, DAP70)
T4: 150 g NaCl เติมเกลือ 150 g/pot ครึ่งละ 50 g เมื่อข้าวอายุ 60 วัน 70 วัน และ 80 วัน (DAP60, DAP70, DAP80)

ปริมาณเกลือที่เติมกำหนดให้ไม่กระทบต่อข้าวมากเกินไป ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมา (ณัชชาและคณะ, 2565) พบว่า การเติมเกลือมากกว่า 150 g/pot (320 g, 640 g, 920 g) มีผลกระทบที่รุนแรงต่อข้าว โดยข้าวตายหลังเติมเกลือในปริมาณ 640 g และ 920 g ในขณะที่ ผลผลิตเสียหายทั้งหมด (เมล็ดลีบ) ในกรณีเติมเกลือ 320 g

การปลูกใช้วิธีหว่านน้ำตม (pre-germinated seeds) (อัตรา 16 seeds/pot) เริ่มปลูกวันที่ 5 ตุลาคม 2566 เก็บเกี่ยววันที่ 20 มกราคม พ.ศ.2567 (107 days after planting [DAP107]) ให้น้ำชลประทานโดยเติมน้ำให้มีระดับน้ำขัง 20 mm พร้อมบันทึกปริมาณน้ำที่ให้ ให้ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง สูตร 16-20-0 อัตรา 1.47 g/pot (30 kg/rai) เมื่อข้าวอายุ 21 วัน (DAP21) และ สูตร 46-0-0 อัตรา 0.98 g/pot (20 kg/rai) 48 วัน (DAP48)

ข้อมูลผลผลิตเก็บเมื่อข้าวสุกแก่ทางสรีระวิทยา (DAP107) นำมาอบแห้ง (75°C 48 ชั่วโมง) และชั่งน้ำหนัก (Figure 1(C), 1(D)) ได้เป็นน้ำหนักของผลผลิต (ข้าวเปลือก) แห้ง (dry grain yield) และ น้ำหนักของชีวมวลแห้งเหนือดิน (dry above-ground biomass)

การจัดเตรียมแบบจำลอง AquaCrop

การศึกษานี้ใช้ AquaCrop version 7.1 ข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย

ข้อมูลภูมิอากาศ (Climate): ฝน (*.PLU) และ อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด (*.Tnx) เป็นข้อมูลตรวจวัดรายวันจากสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ, การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (*.ETo) คำนวณด้วยสมการ Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) จากข้อมูลตรวจวัด, CO_2 ใช้ข้อมูลอ้างอิงจากไฟล์ของ AquaCrop (Global Average. CO_2)

ข้อมูลพืช (Crop): ข้อมูลตั้งต้นอ้างอิงจากไฟล์ของ AquaCrop (PaddyRiceGDD.CRO) เป็นพารามิเตอร์พืชสำหรับข้าวนาสวน (lowland rice) ที่ประเมินการเติบโตและพัฒนาการพืชด้วยการนับอุณหภูมิสะสม (growing degree day (GDD) หรือ heat unit)

ข้อมูลการจัดการ (Management): ใช้เฉพาะ Irrigation Management Option (*.IRR) โดยให้น้ำเป็นรายวัน กำหนดค่า Net application (mm) และ คุณภาพน้ำชลประทาน (EC in dS/m) (วันที่ไม่มีการเติมเกลือ $\text{EC} = 0 \text{ dS/m}$)

ข้อมูลดิน (Soil): กำหนดเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (SandLoam.SOL) มี 2 layers: ชั้นบนหนา 0.20 m (PWP 20.0%, FC 37.0%, SAT 48.3%, Ksat 1466.4 mm/day) และ ชั้นล่างหนา 0.01 m (สมบัติของน้ำในดินชั้นล่างเหมือนกับชั้นบน ยกเว้น Ksat ใช้ 0 mm/day แทนกันถึงที่ไม่มีการรั่วซึม)

การจำลองผลผลิตข้าว

การจำลองผลผลิตข้าวภายใต้สภาวะความเค็มที่แตกต่างกัน แบ่งเป็น 4 ฉากทัศน์ (scenario) เท่ากับจำนวนชุดการทดลอง ช่วงเวลาการจำลอง (simulation period) เริ่มจากวันเริ่มปลูก (5 ตุลาคม 2566) ถึงวันที่ข้าวสุกแก่ทางสรีระวิทยาจึงเก็บเกี่ยว แต่ละฉากทัศน์ใช้ข้อมูลนำเข้าชุดเดียวกัน ยกเว้น ข้อมูลการจัดการ โดย ฉากทัศน์ T1 คุณภาพน้ำชลประทาน $\text{EC} = 0 \text{ dS/m}$ ตลอดช่วงเพาะปลูก ในขณะที่ ฉากทัศน์ T2, T3, T4 จะมีค่า EC ในวันที่ เติมเกลือ (DAP60, DAP70, DAP80) มีค่ามากกว่า 0 ตามปริมาณเกลือที่เติม โดยการแปลงหน่วยปริมาณเกลือต่อน้ำชลประทานจาก mg/l เป็น dS/m (ช่วง 0.1-5 dS/m , 1 dS/m ~640 mg/L) อ้างอิงจาก Salinity Management Handbook (Department of Environment and Resource Management, 2011) ตัวอย่างผลการจำลองฉากทัศน์ T1 แสดงใน Figure 3

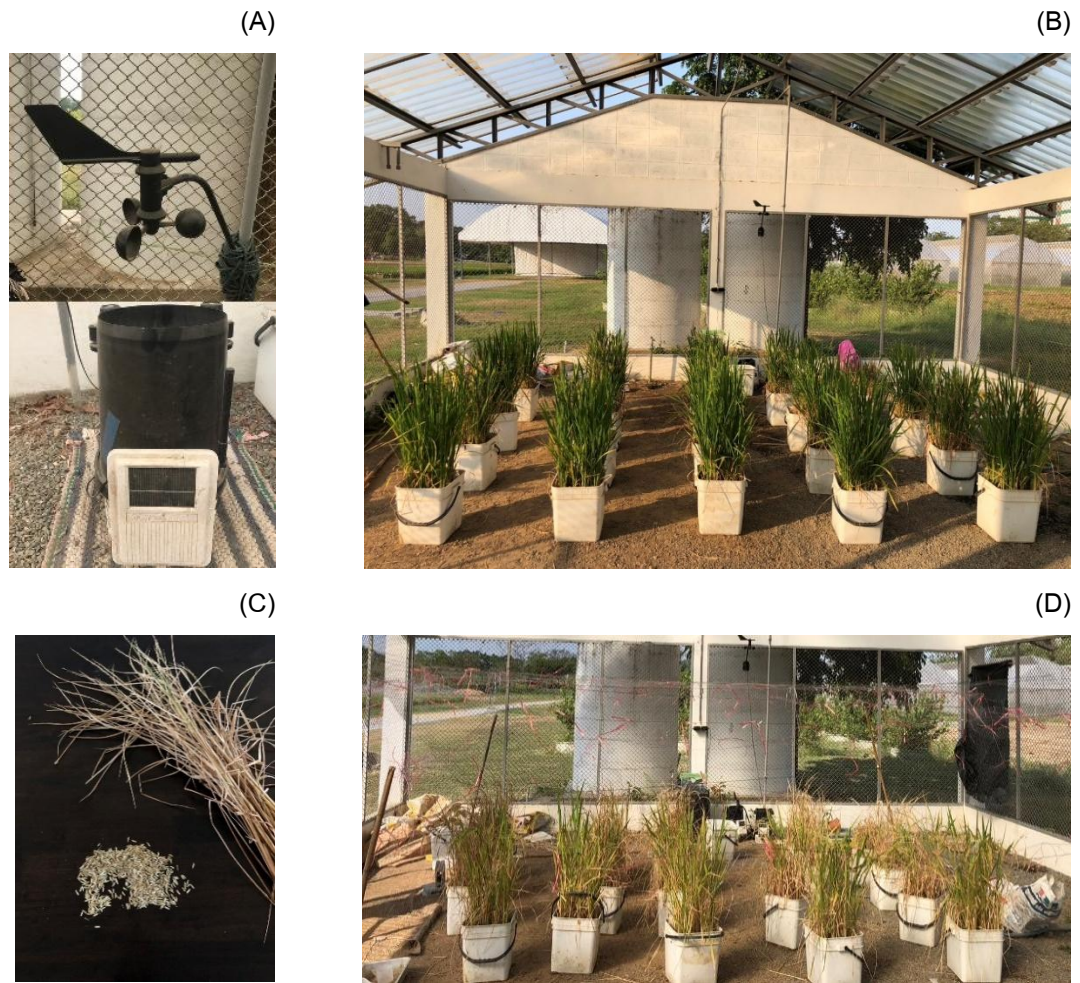


Figure 1 Rice salinity experiment setup: (A) weather station, (B) mid-season plants, (C) harvested grain and other plant components, (D) late-season plants.

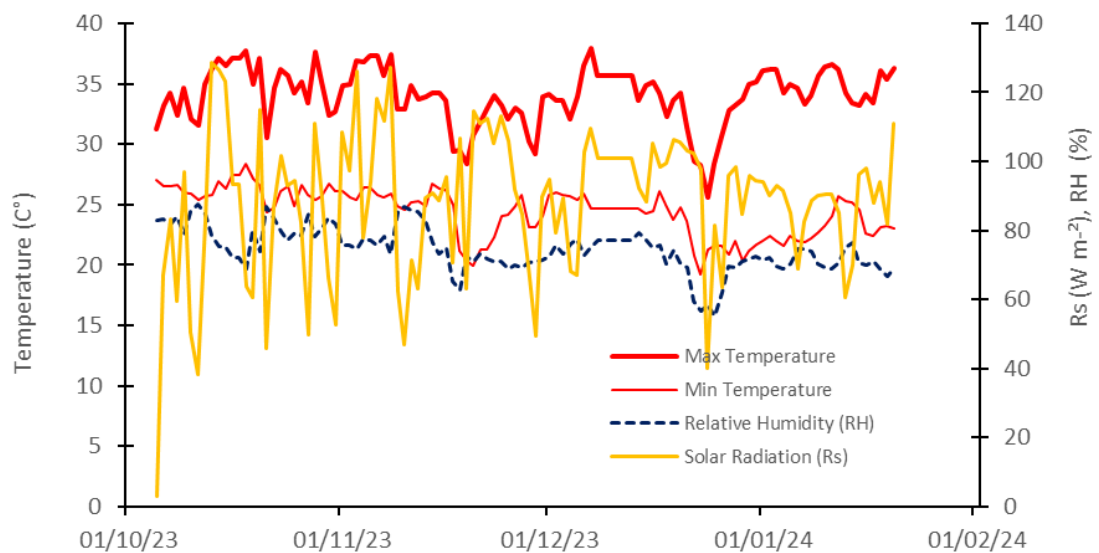


Figure 2 Daily meteorological data (October 2023–January 2024) from the rice growing season. Data included maximum and minimum temperature ($^{\circ}\text{C}$), relative humidity (%), and solar radiation (W/m^2). Rainfall and wind speed data were negligible under greenhouse shade (not shown).

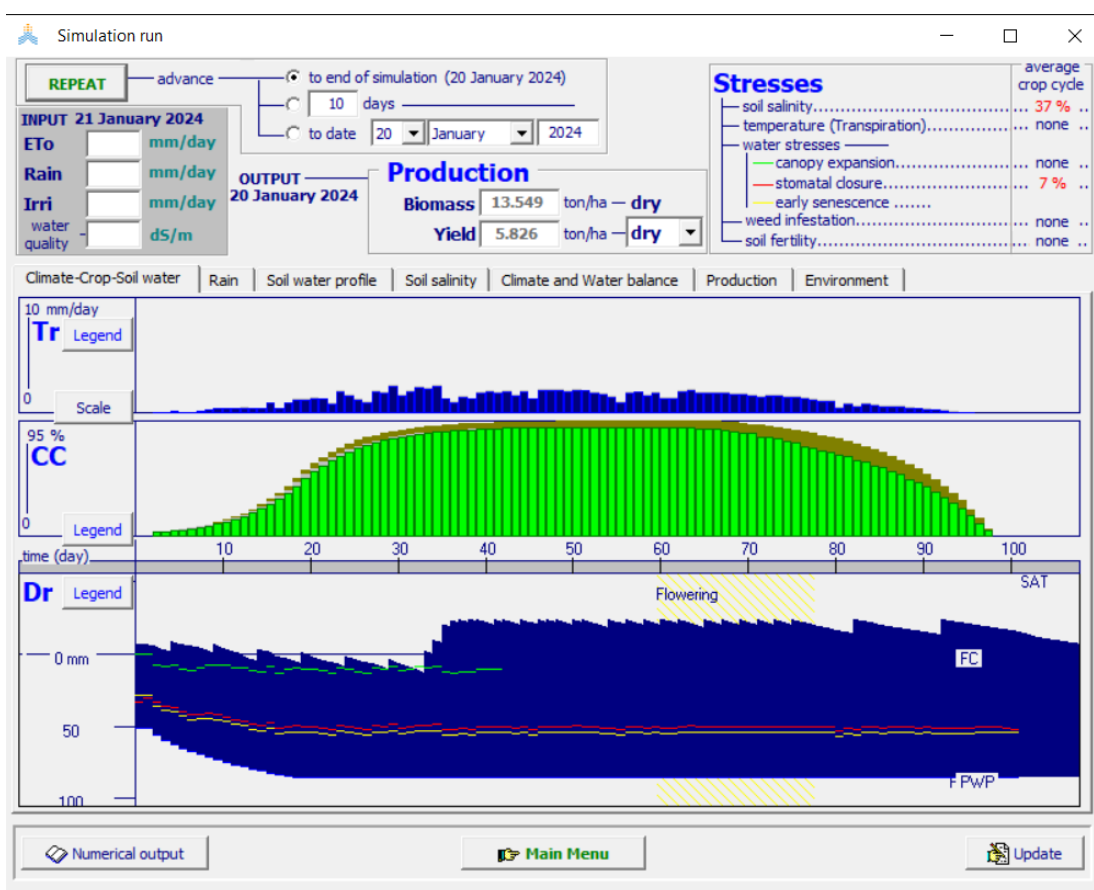


Figure 3 AquaCrop simulation (T1) shows changes in transpiration (Tr, mm/day), canopy cover (CC, %), soil water (Dr, mm), and final biomass/yield (ton/ha) during the rice growing season. Average stress levels are indicated.

ผลการศึกษา

ผลการทดลองปลูกข้าวพันธุ์ RD41 เพื่อประเมินผลกระทบของความเค็ม แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุด ดังนี้ T1 ไม่มีการเติมเกลือ (ควบคุม) T2 เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 50 กรัมต่อถัง T3 เติมเกลือ 100 กรัมต่อถัง และ T4 เติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 150 กรัมต่อถัง

ผลการทดลองใน Table 1 แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการทำซ้ำ 5 ครั้ง (ถัง) พบว่า น้ำหนักชีวมวลเหนือดิน (above-ground biomass) และผลผลิตข้าวเปลือกแห้ง (dry grain yield) ของข้าว RD41 ลดลงตามระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น กรณีควบคุม (ไม่เติมเกลือ) มีน้ำหนักชีวมวลเหนือดิน และผลผลิตข้าวเปลือกแห้งสูงสุด (123.86 g/pot และ 34.11 g/pot ตามลำดับ) เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น (T2, T3, T4) น้ำหนักชีวมวลเหนือดินและผลผลิต

ข้าวเปลือกแห้งลดลง น้ำหนักชีวมวลเหนือดินลดลง ระหว่าง 44.28% (T3) ถึง 55.07% (T2) ผลผลิตข้าวเปลือกแห้งลดลงระหว่าง 62.77% (T3) ถึง 73.12% (T4) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) ซึ่งว่าระดับความเค็มที่ต่างกันของแต่ละชุดทดลองมีผลต่อชีวมวลเหนือดิน ($F(3, 16) = 146.97, p < 0.001$) และ ผลผลิตข้าว ($F(3, 16) = 42.04, p < 0.001$)

ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดระหว่างกรณีควบคุม (T1) กับกรณีที่เติมเกลือ (T2, T3, T4) ซึ่งให้เห็นว่าความเค็มส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว RD41 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา (Rhoades *et al.*, 1992) โดยข้าวจัดเป็นพืชที่ค่อนข้างอ่อนไหวต่อความเค็ม (Maas & Hoffman, 1977) อย่างไรก็ตาม กรณีที่มีการเติมเกลือ (T2, T3, T4) ปริมาณต่างกัน แต่ปริมาณชีวมวลและ

ผลผลิตลดลงในระดับไม่ต่างกันมากนัก ทั้งนี้ อาจมีสาเหตุจากปริมาณเกลือที่เติมหรือจากช่วงเวลาเติมปริมาณเกลือเลือกปริมาณที่กระทบต่อข้าวไม่รุนแรง (สูงสุด 150 g/pot) ซึ่งกำหนดโดยอ้างอิงจากผลการทดลองก่อนหน้านี้ (ณัชชา และคณะ, 2565) การทดลองต่อไปควรพิจารณาปริมาณเกลือในช่วง 150-300 g/pot อีกประการหนึ่ง การทดลองเริ่มเติมเกลือเมื่อข้าวอายุ 60 วัน (DAP60) ซึ่งข้าวเจริญเติบโตเต็มที่ใกล้ออกดอก การทดลองนี้จึงเป็นการศึกษาผลของความเค็มจากน้ำชลประทาน การศึกษาต่อไปควรพิจารณาอายุข้าวขณะที่ได้รับความเค็ม ส่วนผลของความเค็มในดินควรเติมเกลือตั้งแต่วันเริ่มปลูก

ส่วนสมรรถนะของแบบจำลอง AquaCrop ข้อมูลใน Table 2 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักชีวมวลที่ได้จากการทดลองจริง (Experiment) กับผลการจำลองด้วย AquaCrop (Simulation) พบว่า ชุดการทดลอง T1, T3, T4 น้ำหนักชีวมวลจากการทดลองจริงมีค่ามากกว่าผลการจำลอง (14.2%, 19.8%, 10.2%) ส่วน T2 มีค่าใกล้เคียงกับผลการจำลอง

Table 3 แสดงผลการเปรียบเทียบผลผลิตข้าวเปลือกแห้งที่ได้จากการทดลองจริง (Experiment) กับผลการจำลองด้วย AquaCrop (Simulation) พบว่า ผลจากแบบจำลองมีค่ามากกว่าผลผลิตจากการทดลองจริงทุกชุดการทดลอง โดย T1 ต่างกันน้อยที่สุด (34.0%) T4 ต่างมากที่สุด (160.7%)

ในภาพรวม AquaCrop สามารถประเมินแนวโน้มของน้ำหนักชีวมวลและผลผลิตข้าวเปลือกแห้งที่ลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นได้ ผลการจำลองด้วย AquaCrop สามารถประมาณน้ำหนักชีวมวลได้ค่อนข้างแม่นยำในสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มระดับต่ำ (T2) แต่สำหรับสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มระดับสูง (T3 และ T4) ผลการจำลองมีแนวโน้มที่จะต่ำกว่าค่าที่ได้จากการทดลองจริง

ในขณะที่ ปริมาณผลผลิตข้าวเปลือกแห้งยังจำลองได้ไม่แม่นยำมากนัก ทุกชุดการทดลอง (T1, T2, T3, T4) การทดลองจริงให้ผลผลิตข้าวเปลือกแห้งน้อยกว่าการจำลองด้วย AquaCrop สาเหตุที่ผลผลิต

ข้าวเปลือกแห้งจากการทดลองจริงน้อยกว่าการจำลอง อาจเกิดจากข้อจำกัดของสภาพแวดล้อมในการทดลองจริงที่ควบคุมได้ยากกว่าสภาพแวดล้อมในการจำลองด้วยแบบจำลอง อาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อผลผลิตนอกเหนือจากความเค็มที่ไม่ได้ประมวลผลในแบบจำลอง อาทิ ผลผลิตเสียหายจากโรค แมลง และสัตว์เข้าทำลาย นอกจากนี้ แบบจำลอง AquaCrop ประเมินการเติบโตและผลผลิตที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม (ภูมิอากาศ ดิน น้ำ และการจัดการ) ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน ความรู้ความเข้าใจทางทฤษฎีอย่างชัดเจน การจัดเตรียมข้อมูลนำเข้าที่ถูกต้อง และการกำหนดค่าตั้งต้น (initial condition) ของแบบจำลองที่เหมาะสม ล้วนเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยให้แบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ

สรุป

การศึกษานี้ประเมินผลของความเค็ม 4 ระดับ (ควบคุม, 50, 100, และ 150 กรัมต่อถัง) ต่อข้าวพันธุ์ RD41 พบว่า ความเค็มมีผลต่อน้ำหนักชีวมวลเหนือดินและผลผลิตข้าวเปลือกแห้งโดยส่งผลให้ลดลง จากผลการทดลองพบว่าข้าวพันธุ์ RD41 ที่ปลูกภายใต้สภาพควบคุม (ไม่เติมเกลือ) มีน้ำหนักชีวมวลเหนือดินและผลผลิตข้าวเปลือกแห้งสูงสุด เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น น้ำหนักชีวมวลเหนือดินและผลผลิตข้าวเปลือกแห้งลดลง โดยสภาพความเค็ม 150 กรัม/ถัง ส่งผลต่อน้ำหนักชีวมวลและผลผลิตข้าวเปลือกแห้งมากที่สุด ส่วนการจำลองด้วย AquaCrop พบว่า สามารถจำลองแนวโน้มของน้ำหนักชีวมวลและผลผลิตข้าวเปลือกแห้งที่ลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นได้ โดยสามารถประมาณน้ำหนักชีวมวลได้ค่อนข้างแม่นยำ ในขณะที่ แบบจำลองประมาณค่าปริมาณผลผลิตข้าวเปลือกแห้งสูงกว่าความเป็นจริง อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการปรับเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลเพิ่มขึ้น และพัฒนาแบบจำลองให้จำลองการตอบสนองพืชต่อความเค็มให้ละเอียดมากขึ้นเพื่อเพิ่มสมรรถนะของแบบจำลอง

Table 1 Effect of Salinity Treatment on Above-ground Biomass and Dry Grain Yield of RD41 Rice
(Mean $\pm$ Standard Error)

Treatment	Biomass (g/pot)	Yield (g/pot)
T1	123.86 $\pm$ 2.09	34.11 $\pm$ 2.56
T2	55.65 $\pm$ 3.68	11.60 $\pm$ 4.06
T3	69.02 $\pm$ 3.74	12.70 $\pm$ 1.55
T4	61.96 $\pm$ 8.27	9.17 $\pm$ 2.21

Note: T1: Control, no added salinity; T2: 50 g/pot NaCl; T3: 100 g/pot NaCl; T4: 150 g/pot NaCl.

Table 2 Above-ground biomass of RD41 rice under varying salinity treatments in experiment and AquaCrop simulation.

Treatment	Biomass (ton/ha)		Diff.
	Experiment	Simulation	
T1	15.80	13.55	-14.2%
T2	7.10	7.15	0.7%
T3	8.80	7.06	-19.8%
T4	7.90	7.09	-10.2%

Table 3 Dry-grain yield of RD41 rice under varying salinity treatments in experiment and AquaCrop simulation.

Treatment	Yield (ton/ha)		Diff.
	Experiment	Simulation	
T1	4.35	5.83	34.0%
T2	1.48	3.07	107.4%
T3	1.62	3.03	87.0%
T4	1.17	3.05	160.7%

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และได้รับความอนุเคราะห์สถานที่จากภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มผู้พัฒนาโปรแกรม AquaCrop ที่ใช้ในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

จิรวัฒน์ เวชแพศน์, ศักดา จงแก้ววัฒนา, และ อานันท์ ผลวัฒน์. (2543). การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บ.ก.), *โครงการระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ* (น. 141–165). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

- ณัชชา ว่องชิงชัย, ชีรภัทร เพชรตุลย์, และ ภาวัต ศรีศรทอง. (2565). การศึกษาผลความเค็มของดินต่อผลผลิตของข้าวโดยใช้แบบจำลอง AquaCrop. โครงการวิศวกรรมชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัชพล การะกุล, ณัฐชัย สุจริตชนารักษ์, และ ภัทราวุธ เพ็ชรรัตน์. (2566). สมรรถนะของแบบจำลอง AquaCrop ในการจำลองการตอบสนองของข้าวต่อความเค็ม. โครงการวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณรงศักดิ์ พิมใจใส และ เอกสิทธิ์ โสมิตสกุลชัย. (2566). การเปรียบเทียบและประเมินสมรรถนะแบบจำลอง SWAT สำหรับการจำลองผลผลิตและการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 12(1), 1-14.
- นนท์ธิดา เปล่งวุฒิไกร และ เอกสิทธิ์ โสมิตสกุลชัย. (2563). การประยุกต์แบบจำลอง AquaCrop ในการจำลองการปลูกข้าวพันธุ์ กข 43 ภายใต้ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ต่างกัน. ใน การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 21.(น. 117-123). นครราชสีมา.
- รัฐชัย สายรวมญาติ. (2552). การวิเคราะห์การใช้น้ำและการรั่วซึมผ่านดินในนาข้าวโดยใช้ถึงวัดการใช้น้ำของพืชและแบบจำลอง ORYZA. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. iThesis Kasetsart University. <https://www-lib-ku-ac-th.kasetsart.idm.oclc.org/KUthesis/2552/RattachaiSay/index.html>
- ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. (2555). คู่มือการจัดการดินเค็มเพื่อปลูกข้าว. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2565. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- สุนทร บุณยะวิริยะกุล และ อรรถชัย จินตะเวช. (2547). ฐานข้อมูลข้าวกับการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ของพันธุ์สำหรับ แบบจำลอง CERES-Rice. ใน อรรถชัย จินตะเวช และคณะ (บ.ก.), รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจผลผลิตพืชระดับท้องถิ่น: ท้องทุ่งไทย 1.0. (น. 47-61). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- เอกพันธ์ มาเลิศ และ เอกสิทธิ์ โสมิตสกุลชัย. (2564). ผลกระทบของน้ำแข็งพื้นที่สำหรับการปลูกข้าวในจังหวัดชัยนาท. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, 27(1), 16-24.
- เอกสิทธิ์ โสมิตสกุลชัย, ชาญณรงค์ ตั้งคณาทรัพย์, บัญชา ขวัญยืน, ปราโมทย์ สฤณีธีร์นรินทร์, พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, ศุภกิจ ตันวิบูลศักดิ์, .ศรชัย สิทธิรักษ์. (2550). แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชสำหรับการประเมินผลผลิตและการใช้น้ำของพืชในพื้นที่ชลประทาน. โครงการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการเพาะปลูก. กรมชลประทาน และ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เอิบ เขียวรีนรมย์. (2550). ดินเค็มในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- Akumaga, U., Tarhule, A., & Yusuf, A. A. (2017). Validation and testing of the FAO AquaCrop model under different levels of nitrogen fertilizer on rainfed maize in Nigeria, West Africa. *Agricultural and Forest Meteorology*, 232, 225- 234. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.08.011>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. 300(9), D05109.
- Cheyglinted, S., Ranamukhaarachchi, S. L., & Singh, G. (2001). Assessment of the CERES-Rice model for rice production in the Central Plain of Thailand. *The Journal of Agricultural Science*, 137(3), 289-298.
- Department of Environment and Resource Management. (2011). *Salinity Management Handbook* (2nd ed.) . The State of Queensland.
- Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). *Yield response to water* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2001) . Agro-meteorological Models and Remote Sensing for Crop Monitoring and Forecasting in Asia and the Pacific, Annex VII. In *Report of the FAO Asia-Pacific Conference on Early Warning, Prevention, Preparedness and Management of Disasters in Food and Agriculture*. FAO.
- Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop Salt Tolerance—Current Assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103(2), 115-134.
- Mankeb, P. (1993). *Calibration of Genetic Coefficients of Paddy Rice (Oryza sativa L.) for Validation of the CERES-Rice Model in Northern Thailand*. [Master's thesis, Chiang Mai University]. CMU Library. https://cmul.primo.exlibrisgroup.com/permalink/66CMU_INST/1jlp5re/alma991003376519708906
- Mondal, M. S., Saleh, A. F., Razzaque Akanda, M. A., Biswas, S. K., Moslehuddin, Md, A. Z., Zaman, S., Lazar, A.N, & Clarke, D. (2015). Simulating yield response of rice to salinity stress with the AquaCrop model. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 17(6), 1118-1126. <https://doi.org/10.1039/c5em00095e>
- Napasintuwong, O. (2019). *Rice Economy of Thailand*. Department of Agricultural and Resource Economics, Kasetsart University.

- Nendel, C., Rötter, R. P., Thorburn, P. J., Boote, K. J., & Ewert, F. (2018). Editorial Introduction to the Special Issue “Modelling cropping systems under climate variability and change: impacts, risk and adaptation”. *Agricultural Systems*, 159, 139-143. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.11.005>.
- Pannangpetch, K., Laohasiriwong, S., & Vorasoot, N. (1991). Determination of physiological characteristics to simulate growth of rice variety RD6. In F. W. T. Penning de Vries, H. H. van Laar, & M. J. Kropff (Eds.), *Simulation Systems Analysis for Rice Production (SARP)*. (pp. 102-108). Wageningen.
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., & Fereres, E. (2009). AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: II. main algorithms and software description. *Agronomy Journal*, 101(3), 438-447. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0140s>.
- Rhoades, J. D., Kandiah, A., & Mashali, A. M. (1992). *The use of saline waters for crop production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Salman, M., García-Vila, M., Fereres, E., Raes, D., & Steduto, P. (2021). *The AquaCrop model: enhancing crop water productivity. Ten years of development, dissemination and implementation 2009–2019*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Seidel, S. J., Palosuo, T., Thorburn, P., & Wallach, D. (2018). Towards improved calibration of crop models – Where are we now and where should we go?. *European Journal of Agronomy*, 94, 25-35. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.01.006>.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). *Crop yield response to water*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Raes, D., & Fereres, E. (2009). AquaCrop—The FAO Crop Model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agronomy Journal*, 101(3), 426-437. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0139s>.
- Wikarnpapraham, C., & Kositsakulchai, E. (2010). Evaluation of ORYZA2000 and CERES-Rice models under potential growth condition in the Central Plain of Thailand. *Thai Journal of Agricultural Science*, 43(1), 17-29.