การให้น้ำหยดด้วยระบบโซล่าเซลล์สำหรับการปลูกอ้อย

Solar Energy Drip Irrigation System for Sugarcane Plantation

พงศ์ศักดิ์ ชลธนสวัสดิ์[1*] สมพินิจ เหมืองทอง[2] ชุติ ม่วงประเสริฐ[1] และรัตนา ตั้งวงศ์กิจ[1]

Pongsak Chontanaswat[1*] Somphinith Muangthong[2] Chuti Moungprasert[1] and Ratana Tangwongkit[1]

Abstract: The objectives of research were designing and testing a suitable set of drip irrigation powered by solar cell for rainfed sugarcane plantation in dry area with no electricity. This design based on 1.5 m row width and 40 m length of drip tape which was laid on soil surface and movable. The irrigation set consisted of 1 m^3 fillable water tank (1 m above land surface) and 12 V DC, 72 Ah water pump which maximum head and flow rate of 2.8 bar and 1.02 m^3/h, respectively. The solar system consisted of a crystalline solar cell with maximum power 120 Wp ±3%, 18.0 V, 6.67 A, and 12V, 75 Ah battery accompanied with solar control charger. The 1" PVC pipe was used for main pipe and 5 of 0.2 m spacing drip tapes were installed on main pipe with 1.5 m row space. The whole designed irrigation system covered 300 m^2. Tested result revealed the average, minimum and maximum drip flow rate were 0.82, 0.63 and 0.98 L/h respectively. The difference between maximum and minimum dripper flow rate was 35.85%. The emission uniformity (EU) was 76.83% and precipitation rate was 2.73 mm/h. The total water flow rate was 820 L/h. The investment was 4,990 THB in which the cost of drip irrigation set, solar cell set and installation labor were 540, 4,350 and 100 THB respectively.

Keywords: crop irrigation, drip irrigation, solar energy, solar cell, sugarcane

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาออกแบบและทดสอบการให้น้ำหยดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกอ้อยในพื้นที่แห้งแล้งและไม่มีกระแสไฟฟ้า ออกแบบติดตั้งระบบน้ำหยดในร่องอ้อยระยะแถวปลูก 1.5 ม. ความยาวเทปน้ำหยด 40 ม. ติดตั้งบนผิวดินสามารถเคลื่อนย้ายได้ ระบบให้น้ำหยดประกอบด้วยถังน้ำความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร (ตั้งสูงจากพื้น 1 ม.) สามารถเติมน้ำได้ตลอดเวลา เครื่องสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันไฟฟ้า 12 โวลท์ 72 แอมแปร์ชั่วโมง อัตราการสูบและแรงดันน้ำสูงสุด 1.02 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ 2.8 บาร์ ตามลำดับ ส่วนระบบโซล่าเซลล์ประกอบด้วยแผงโซล่าเซลล์ชนิดโมโนคริสตอลไลน์ 120 Wp ±3%, 18.0V, 6.67Ah, แบตเตอรี่แรงดันไฟฟ้า 12 โวลท์ กระแส 75 แอมแปร์ชั่วโมง โซล่าคอนโทรลชาร์จเจอร์ ใช้ท่อประธานพีวีซีขนาด 1 นิ้ว และเทปน้ำหยดระยะระหว่างหัวน้ำหยด 0.2 ม. จำนวน 5 เส้น ระยะห่างระหว่างเทปน้ำหยด 1.5 ม. ครอบคลุมพื้นที่การให้น้ำ 300 ตารางเมตร การศึกษาพบว่าอัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ย อัตราการจ่ายน้ำน้อยที่สุดและมากที่สุดเท่ากับ 0.82, 0.63 และ 0.98 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ คิดเป็นความแตกต่างระหว่างอัตราการจ่ายน้ำเท่ากับร้อยละ 35.85 และมีค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (EU) เท่ากับร้อยละ 76.83 อัตราการให้น้ำของระบบเท่ากับ 2.73 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง อัตราการจ่ายน้ำของระบบรวมเท่ากับ 820 ลิตรต่อชั่วโมง ต้นทุนรวมของระบบเท่ากับ 4,990 บาท ประกอบด้วยต้นทุนระบบน้ำหยด ระบบโซล่าเซลล์และค่าแรงงานในการติดตั้งเท่ากับ 540, 4,350 บาท และ 100 บาท ตามลำดับ

คำสำคัญ: การให้น้ำพืช, การให้น้ำแบบหยด, พลังงานแสงอาทิตย์, โซล่าเซลล์, อ้อย

---

[1] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140
Farm Mechanics Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom,

[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิชาช่างโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000
Survey Engineering Department, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima,

Agricultural Science and Management J. 3 (1) : 64-72 (2020)

คำนำ

การให้น้ำแบบหยด (Drip or Trickle Irrigation) คือ การให้น้ำแก่พืชทีละน้อยๆ ในอัตราที่น้อย แต่ให้เป็นเวลานาน ชั่วโมงละไม่กี่ลิตรค่อยๆ ให้น้ำซึมลงไปในดินบริเวณเขตรากพืชเท่านั้นและยังสามารถให้ปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำได้ด้วย (มนตรี, 2535) การให้น้ำแก่พืชวิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดน้ำ มีวิวัฒนาการมาจากการให้น้ำทางผิวดิน ปัจจุบันได้แพร่หลายไปทั่วโลก หัวใจสำคัญของการให้น้ำวิธีนี้คือ เป็นการเพิ่มผลผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้น้ำและปุ๋ยให้สูงขึ้น (Nakayama and Bucks, 1986) ข้อดีของการให้น้ำแบบหยดมีหลายประการ คือ เป็นระบบการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถควบคุมปริมาณการให้น้ำให้พอเหมาะกับความต้องการของพืช เพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิต และมีสม่ำเสมอของผลผลิตเหมาะกับพื้นที่ที่มีน้ำน้อย ใช้แรงงานน้อย มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ สามารถให้ปุ๋ยและสารเคมีผสมลงไปในน้ำที่จะส่งให้กับพืชได้ ประหยัดค่าแรงงานในการใส่ปุ๋ย พืชได้รับปุ๋ยอย่างทั่วถึง ลดปัญหาวัชพืชในแปลงปลูกพืชได้ดีเนื่องจากเป็นการให้น้ำเฉพาะจุดบริเวณโคนต้นพืชเท่านั้น สามารถควบคุมปริมาณน้ำให้แก่พืชได้ดีเป็นการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ป้องกันการสะสมของเกลือในกรณีที่เป็นดินเค็ม ลดปัญหาเรื่องการระบายน้ำ เพราะให้น้ำไม่มากเกินกว่าความต้องการของพืช สามารถติดตั้งเครื่องควบคุมการส่งน้ำชนิดอัตโนมัติให้ทำงานตามเวลาแบบรอบเวรได้เองทั้งระบบ ใช้ได้กับดินที่เป็นดินทรายซึ่งเก็บน้ำและแร่ธาตุได้ไม่ดีเนื่องจากการชลประทานแบบน้ำหยดนี้จะนำน้ำและแร่ธาตุที่เป็นอาหารของพืชมาให้กับพืชได้โดยตรงตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง แต่มีผลเสีย คือ มักจะเกิดการอุดตันของหัวน้ำหยดซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดที่ทำให้การให้น้ำแบบน้ำหยดใช้ไม่ได้ผลดี อาจเกิดการสะสมของเกลือในบริเวณเขตรากพืชเนื่องจากให้น้ำในปริมาณที่ไม่เหมาะสมซึ่งเกลือที่สะสมอยู่ในเขตรากจะทำให้พืชได้รับความเสียหายได้และอาจเกิดการจำกัดการเจริญเติบโตของรากพืชเฉพาะบริเวณที่ให้น้ำเท่านั้น วิธีการให้น้ำแบบนี้จะทำให้ระบบรากเคยชินกับการได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอถ้าน้ำที่เคยให้ด้วยระบบนี้ขัดข้อง จะทำให้พืชมีสภาพโทรมกว่าพืชที่ได้รับน้ำด้วยวิธีอื่น นอกจากนี้อุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบหยดมักจะมีราคาค่อนข้างแพงทำให้การลงทุนระบบครั้งแรกค่อนข้างสูง

องค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบหยดที่สำคัญประกอบด้วยหัวน้ำหยด (Dripper) ท่อแขนง (Lateral line), ท่อประธานย่อย (Sub main) ท่อประธาน (Main line) ประตูน้ำ (Valve) เครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทางประกอบด้วยเครื่อง วัดแรงดันน้ำ (Water pressure gauge) เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ (Water Meter) เครื่องควบคุมแรงดันน้ำ (Water pressure control valve) (Keller and Bliesner, 1990) ส่วนเครื่องสูบน้ำซึ่งบางครั้งก็ไม่จำเป็นต้องใช้ถ้าแหล่งน้ำมีแรงดันน้ำเพียงพอ เช่น ระบบน้ำประปาที่มีแรงดันน้ำสูงหรือแหล่งน้ำที่อยู่สูงเกินกว่า 6 เมตร จากพื้นดินปกติและยังมีอุปกรณ์ที่สำคัญคือ เครื่องกรองน้ำ (Water filter) และเครื่องผสมปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำ ปัจจัยที่สำคัญสำหรับการให้น้ำแบบหยดคือเป็นระบบที่ลงทุนค่อนข้างสูงมากเนื่องจากอุปกรณ์มีราคาแพงและต้องใช้เทคนิคในการออกแบบและการติดตั้งระบบมากพอสมควรที่จะทำให้การใช้งานมีประสิทธิภาพสูงที่สุด ดังนั้นระบบการให้น้ำแบบหยดจึงเหมาะสมในการใช้ในการให้น้ำกับการผลิตพืชที่ให้ผลตอบแทนที่สูงและโดยเฉพาะอย่างยิ่งเหมาะสำหรับการนำมาใช้สำหรับพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำจำกัดหรือขาดแคลนแหล่งน้ำเนื่องจากใช้น้ำน้อยและสามารถลดการสูญเสียน้ำได้ดี

พื้นที่การเกษตรโดยเฉพาะการเพาะปลูกพืชในที่ห่างไกลที่สายไฟฟ้าฟ้าเข้าไม่ถึง แต่ยังมีความจำเป็นในการให้น้ำพืชด้วยระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดซึ่งในพื้นที่ดังกล่าวสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์และนำมาใช้สำหรับเครื่องสูบน้ำได้ ระบบโซลาเซลล์จะทำงานเมื่อมีแสงอาทิตย์กระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและประจุบวกขึ้นซึ่งได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล ส่วนประกอบของระบบไฟฟ้าจากเซลแสงอาทิตย์ประกอบด้วย แผงโซล่าเซลล์ ชนิด Crystalline แผงโซล่าเซลล์แบบนี้มีทั้ง Mono crystalline คือ แผงชนิดผลึกเดี่ยว

มีประสิทธิภาพการใช้งานดี เครื่องควบคุมการชาร์จ (Solar charge controller) ทำหน้าที่ประจุหรือชาร์จกระแสไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ลงแบตเตอรี่จนเต็มแล้วจะตัดหรือยกเลิกการชาร์จ เพราะหากพยายามชาร์จแบตเตอรี่ที่มีกระแสไฟฟ้าเต็มแล้วจะทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมกำลังไฟให้เหมาะสมกับการชาร์จแบตเตอรี่ รวมทั้งควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อที่ช่อง Load ให้ทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เก็บสะสมกระแสไฟฟ้าไว้ใช้ แบตเตอรี่ที่เหมาะสำหรับใช้งานกับระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด คือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย สามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่อง เครื่องแปลงไฟหรืออินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ในการแปลงดังกล่าวจะมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้นเสมอ โดยทั่วไปประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์มีค่าประมาณร้อยละ 90-95 หมายความว่าถ้าต้องการใช้ไฟฟ้า 90-95 วัตต์ เราควรเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 100 วัตต์ ในการใช้งานควรติดตั้งอินเวอร์เตอร์ในที่ร่มอุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศไม่เกินร้อยละ 60 อากาศถ่ายเทดี พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลแสงอาทิตย์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคม โดยมีค่าความเข้มแสงอยู่ในช่วง 5.54 – 6.65 kwh/m2/day บริเวณที่รับรังสีอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 5.26 – 5.54 kwh/m2/day พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 14.30 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ และพบว่าร้อยละ 50.20 ของพื้นที่ทั้งหมดรับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 4.99 – 5.26 kwh/m2/day รังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศมีค่าเท่ากับ 5.04 kwh/m2/day แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพค่อนข้างสูงในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, มปป)

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย นอกจากนี้อ้อยยังก่อให้เกิดผลผลิตในอุตสาหกรรมต่อ-เนื่องและผลพลอยได้อีกมากมาย เช่น อุตสาหกรรมนมข้นแอลกอฮอล์ ผงชูรส เยื่อกระดาษ ไม้อัด กาว และพลังงานไฟฟ้าชีวมวล เป็นต้น ซึ่งอ้อยสามารถที่จะพัฒนาไปได้อย่างกว้างไกลในอนาคต โดยในปัจจุบันอ้อยได้มีการนำไปใช้ในการผลิตเป็นแหล่งพลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยและผลผลิตอ้อยเป็นอันดับที่ 4 ของโลกรองจากประเทศบลาซิล อินเดีย และจีน โดยในปี 2560/61 ประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อยรวม 11.19 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 131.72 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 11.77 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเพาะปลูกอ้อยจะอาศัยน้ำฝนเป็นหลักทำให้ผลผลิตอ้อยที่ได้ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีและในบางพื้นที่ยังพบว่ามีความแห้งแล้งขาดแคลนแหล่งน้ำชลประทานทำให้การเพาะปลูกอ้อยไม่ได้ผลเท่าที่ควรหรือบางพื้นที่ทำการเพาะปลูกไปแล้วแต่ปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอหรือเกิดฝนทิ้งช่วงทำให้อ้อยที่เพาะปลูกไปแล้วเกิดความเสียหายและตายในขณะ ที่ต้นอ้อยยังเล็ก การเพาะปลูกอ้อยเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดจะต้องมีการให้น้ำแก่อ้อยอย่างเพียงพอตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของอ้อยที่ปลูก การเจริญเติบโตทางลำต้นของอ้อยเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณน้ำที่คายออกจากต้นอ้อย (Gilbert *et al*., 2008) ความต้องการน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับภูมิอากาศและช่วงระยะการเจริญเติบโตซึ่งมีค่าประมาณตามช่วงอายุการเจริญเติบโต (Doorenbos and Pruitt, 1984) คือ ระยะตั้งตัว (30 วัน) มีความต้องการน้ำ 4 มิลลิเมตรต่อวัน ระยะเติบโตทางลำต้น (140 วัน) มีความต้องการน้ำ 4.50 มิลลิเมตรต่อวัน ระยะสร้างน้ำตาล (125 วัน) มีความต้องการน้ำ 5 มิลลิเมตรต่อวัน ระยะแก่ (35 วัน) มีความต้องการน้ำ 4 มิลลิเมตรต่อวัน คิดเป็นปริมาณความต้องการน้ำรวมตลอดการเพาะปลูก 1,515 มิลลิเมตร (330 วัน) (Wiedenfeld, 2004) ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหา

Agricultural Science and Management J. 3 (1) : 64-72 (2020)

ดังกล่าวด้วยการพัฒนาและการประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำพืชแบบน้ำหยดร่วมกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับเครื่องสูบน้ำ ด้วยระบบโซล่าเซลล์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกใช้น้ำปริมาณน้อยสำหรับใช้ในพื้นที่เพาะปลูกอ้อยที่อยู่ห่างไกลที่ขาดแคลนแหล่งน้ำและไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ ทั้งนี้เพื่อให้พื้นที่เพาะปลูกอ้อยในเขตดังกล่าวสามารถทำการเพาะปลูกอ้อยและอ้อยมีอัตราการรอดตายจากการขาดน้ำเพิ่มสูงขึ้นรวมทั้งยังเป็นการเพิ่มปริมาณผลผลิตอ้อยให้สูงขึ้นด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาและออกแบบระบบการให้น้ำพืชแบบหยดโดยใช้เทปน้ำหยดระยะห่างระหว่างหัวหยด 0.2 ม. มีอัตราการจ่ายน้ำ 1 ลิตร/ชั่วโมง/หัวหยด ที่แรงดันน้ำ 1 บาร์ โดยกำหนดให้ใช้เทปน้ำหยดความยาว 40 เมตร/แถว สำหรับการให้น้ำในร่องอ้อยที่ระยะปลูกระหว่างแถว 1.5 ม. และอุปกรณ์ระบบน้ำหยดประกอบด้วยถังบรรจุน้ำขนาดความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร ตั้งสูงจากพื้นเป็นระยะ 1 เมตร สามารถเติมน้ำได้อย่างสะดวก ท่อส่งน้ำหลักขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว อุปกรณ์ข้อต่อท่อ และบอลวาล์วขนาด 1 นิ้ว ที่ทางออกของน้ำจากถังบรรจุน้ำติดตั้งเครื่องกรองน้ำแบบแผ่นพลาสติกความละเอียดของไส้กรองเบอร์ 140 เมช ระบบโซล่าเซลล์ประกอบด้วย เครื่องสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลท์ 72 วัตต์ ที่แรงดันและอัตราการสูบน้ำสูงสุด 2.8 บาร์ และ 1.02 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อุปกรณ์แปลงและควบคุมการประจุไฟฟ้าขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลท์ แผงโซล่าเซลล์ชนิดคริสตอลไลน์สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 120 Wp ±3%, 18.0V, 6.67Ah พร้อมแบตเตอรี่สำหรับเก็บประจุไฟฟ้าขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลท์ กระแสไฟฟ้า 75 แอมแปร์ชั่วโมง ประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบสูบน้ำและชุดโซล่าเซลล์ให้มีขนาดกะทัดรัดสามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างสะดวกและง่ายในการนำไปใช้ในแปลงปลูกอ้อย

การทดสอบประสิทธิภาพระบบน้ำหยดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในแปลงปลูกอ้อย

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบการให้น้ำพืชแบบหยดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยการใช้ระบบโซล่าเซลล์ในแปลงปลูกอ้อยประกอบด้วยการทดสอบแรงดันน้ำและอัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำ จำนวนเส้นและความยาวของเทปน้ำหยดที่สามารถใช้งานได้สูงสุดต่อครั้งของการให้น้ำ อัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวน้ำหยด ความสม่ำเสมอในการให้น้ำของเทปน้ำหยด (Emission Uniformity) อัตราการให้น้ำของระบบน้ำหยด (Precipitation Rate, Pr) จำนวนพื้นที่การให้น้ำสูงสุดต่อการให้น้ำหนึ่งครั้ง ประสิทธิภาพการทำงานของแบตเตอรี่โดยการวัดความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้า ต้นทุนระบบน้ำหยดและระบบโซล่าเซลล์

การหาค่าความสม่ำเสมอของการให้น้ำของเทปน้ำหยด (Emission uniformity calculation, EU)

$$EU = 100\,\frac{qn'}{qa'}$$

เมื่อ EU = ความสม่ำเสมอของการให้น้ำของเทปน้ำหยด (ร้อยละ)

qn' = อัตราการจ่ายน้ำน้อยสุดของหัวน้ำหยด (ลิตรต่อชั่วโมง)

qa' = อัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวน้ำหยด (ลิตรต่อชั่วโมง)

การหาค่าอัตราการให้น้ำของระบบน้ำหยด (Precipitation rate calculation, Pr)

$$Pr = \frac{Q}{(S\,x\,L)}$$

เมื่อ Pr = อัตราการให้น้ำของระบบน้ำหยด (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)

Q = อัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ยของเทปน้ำหยด (ลิตร/ชั่วโมง)

S = ระยะห่างระหว่างหัวน้ำหยด Dripper Spacing (เมตร)

L = ระยะห่างระหว่างเทปน้ำหยด (เมตร)

การหาค่าพื้นที่การให้น้ำต่อการให้น้ำหนึ่งครั้ง (Irrigation covers area per time)

พื้นที่การให้น้ำต่อการให้น้ำหนึ่งครั้ง = ระยะห่างระหว่างเทปน้ำหยด (เมตร) X จำนวนแถวอ้อย (เมตร) X ความยาวของเทปน้ำหยด (เมตร)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ระบบการให้น้ำพืชแบบหยดโดยการประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยโซล่าเซลล์สำหรับใช้ในการให้น้ำในแปลงปลูกอ้อย ซึ่งทำการทดสอบในแปลงอ้อยที่มีอายุปลูก 3 เดือน โดยมีอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบน้ำหยดประกอบด้วยถังบรรจุน้ำขนาดความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร ตั้งอยู่บนฐานสูงจากพื้นเป็นระยะ 1 เมตร ท่อส่งน้ำหลักชนิดพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว อุปกรณ์ข้อต่อท่อพีวีซีกับเทปน้ำหยดและบอลวาล์วขนาด 1 นิ้ว เครื่องกรองน้ำแบบแผ่นพลาสติกความละเอียดของไส้กรองเบอร์ 140 เมช เครื่องสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลท์ 72 วัตต์ ให้แรงดันน้ำและอัตราการสูบน้ำสูงสุด 2.8 บาร์ และ 1.02 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เทปน้ำหยดมีระยะห่างระหว่างหัวหยด 0.2 เมตร พร้อมอุปกรณ์ข้อต่อระบบน้ำหยด (Figure 1, 3) ระบบโซล่าเซลล์ประกอบด้วย เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 12 โวลท์ แผงโซล่าเซลล์ชนิดคริสตอลไลน์สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 120 Wp ±3%, 18.0V, 6.67Ah พร้อมแบตเตอรี่สำหรับเก็บไฟฟ้าขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลท์ กระแสไฟฟ้า 75 แอมแปร์ชั่วโมง (Figure 2)

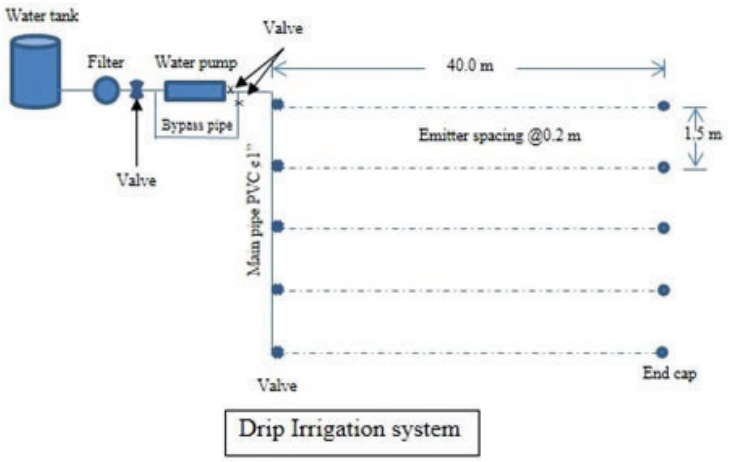

Figure 1 Components of the drip irrigation system used in sugarcane plantation.

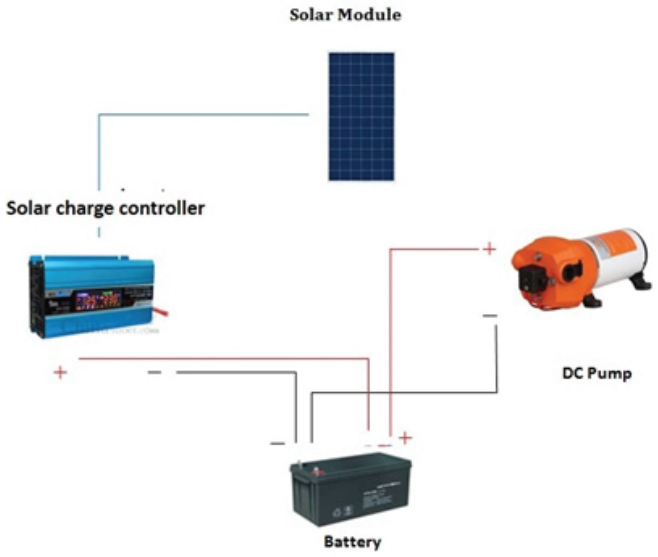

Figure 2 The design of the solar cell system for the drip irrigation system in sugarcane field.

Agricultural Science and Management J. 3 (1) : 64-72 (2020)

ผลการทดสอบระบบการให้น้ำพืชแบบหยดสำหรับใช้ในการให้น้ำในแปลงปลูกอ้อยที่ทำการออกแบบและติดตั้ง ทำการทดสอบระบบในช่วงระหว่างวันที่ 6-12 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 พบว่าระบบน้ำหยดสามารถรองรับการใช้งานกับเทปน้ำหยดได้สูงสุดจำนวน 5 เส้น ความยาวของเทปน้ำหยดสูงสุดเส้นละ 40 เมตร เทปน้ำหยดมีระยะห่างระหว่างหัวหยด 20 เซนติเมตร ติดตั้งเทปน้ำหยดห่างกันเป็นระยะ 1.5 เมตร ตามระยะระหว่างแถวปลูกอ้อย (Figure 4) ทำการทดสอบที่แรงดันน้ำ 1 บาร์ โดยมีค่าอัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวน้ำหยด (qa') เท่ากับ 0.82 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราการจ่ายน้ำสูงสุดและต่ำสุดของหัวน้ำหยดเท่ากับ 0.98 และ 0.63 ลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าอัตราการจ่ายน้ำสูงสุดและต่ำสุดของหัวน้ำหยดมีความแตกต่างกันร้อยละ 35.85 (Table 1) มีค่าความสม่ำเสมอในการกระจายน้ำ (EU) เท่ากับร้อยละ 76.83 อัตราการให้น้ำ (Pr) เท่ากับ 2.73 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และมีอัตราการให้น้ำรวมทั้งระบบเท่ากับ 820 ลิตรต่อชั่วโมง โดยคิดเป็นพื้นที่ในการให้น้ำเท่ากับ 300 ตารางเมตรต่อการให้น้ำ 1 ครั้ง (Figure 5)

Table 1 Minimum, maximum, average dripper flow rate and the system average dripper flow rate at water pressure of 1 bar.

Drip Tape Data	Average Dripper Flow rate				
	Drip tape 1	Drip tape 2	Drip tape 3	Drip tape 4	Drip tape 5
Average Drip Tape Flow rate (liters/h)	0.79	0.79	0.82	0.84	0.85
Average (liters/h)			0.82		
Min (liters/h)			0.63		
Max (liters/h)			0.98		
Difference (%) (Max-Min)			35.85		

Figure 3 System design of drip irrigation powered by solar cell for rainfed sugarcane field in dry area with no electricity.

Figure 4 Drip irrigation system in sugarcane rows.

Figure 5 Emission uniformity of drip supply was tested.

การให้น้ำแต่ละครั้งจะสามารถครอบคลุมพื้นที่ปลูกอ้อยได้ประมาณ 300 ตารางเมตร โดยใช้เทปน้ำหยดจำนวน 5 เส้นที่ความยาวเทปน้ำหยดเส้นละ 40 เมตร ต่อการให้น้ำแต่ละครั้ง ถ้าหากต้องการให้น้ำคิดเป็นความลึกของน้ำครั้งละ 4 มิลลิเมตร จะต้องให้น้ำแต่ละครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 24 นาที จะทำให้แปลงอ้อยได้น้ำเท่ากับ 1,200 ลิตร จึงจะเพียงพอต่อความต้องการของต้นอ้อย สำหรับอ้อยที่มีอายุ 3 เดือน และในพื้นที่ปลูกอ้อย 1 ไร่ จะต้องทำการให้น้ำเป็นเวลา 7 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำเต็มพื้นที่จำนวน 1 ไร่ จะต้องมีการเคลื่อนย้ายระบบการให้น้ำหยดจำนวน 5 ครั้ง นอกจากนี้การใช้ระบบโซล่าเซลล์สำหรับการให้น้ำแบบหยดอาจไม่จำเป็นต้องมีการใช้แบตเตอรี่ซึ่งจะทำให้ต้นทุนระบบถูกลงแต่การใช้แบตเตอรี่มีข้อดีคือแบตเตอรี่จะช่วยรักษาระดับการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ในกรณีที่แสงแดดไม่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ในบางช่วงเวลาที่ทำการให้น้ำ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแบตเตอรี่

ผลการทดสอบอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ให้กับมอเตอร์เครื่องสูบน้ำ พบว่าระยะเวลาการจ่ายกระแสไฟของแบตเตอรี่ให้กับมอเตอร์เครื่องสูบน้ำได้เป็นระยะเวลาสูงสุด 8 ชั่วโมง โดยที่ไม่ต้องมีการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่จะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ หลังจากเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เครื่องสูบน้ำ และกระแสไฟฟ้าจะลดลงอย่างรวดเร็วใน 2 ชั่วโมงสุดท้ายของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เหลือ (Table 2) ปริมาณกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการสูบและแรงดันน้ำของเครื่องสูบน้ำโดยที่เมื่อปริมาณกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่ลดลงอัตราการสูบและแรงดันน้ำก็จะลดลงตามปริมาณกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่ทั้งนี้แบตเตอรี่จะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงระยะเวลาประมาณ 6 ชั่วโมงแรกโดยไม่มีการประจุไฟฟ้าเข้าไปในแบตเตอรี่ แต่ถ้าหากมีการประจุไฟฟ้าเข้าไปในแบตเตอรี่อย่างต่อเนื่องด้วยก็จะทำให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดตลอดทั้งวัน (Table 2)

Table 2 Relationship between working hour with water flow rate, water pressure and battery voltage remain.

Working hours (h)	Water flow rate (m^3/h)	Water pressure (bar)	Voltage (volt)
1	1.027	1.2	12.0
2	0.993	1.1	11.7
3	0.967	1.1	11.5
4	0.949	1.0	11.4
5	0.831	1.0	11.1
6	0.811	0.9	10.7
7	0.553	0.6	6.4
8	0.345	0.5	4.1

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบโซล่าเซลล์เมื่อใช้งานร่วมกับระบบการให้น้ำแบบหยดโดยการวิเคราะห์ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ยังคงเหลืออยู่ในแบตเตอรี่ในแต่ละวันที่มีการใช้งานพร้อมทั้งมีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากระบบโซล่าเซลล์ในระหว่างวันด้วย พบว่า เริ่มต้นแบตเตอรี่มีกำลังไฟฟ้าเต็มที่ 900 วัตต์ เครื่องสูบน้ำจะใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่วันละ 504 วัตต์ (Figure 6) ในขณะที่ระบบโซล่าเซลล์ทำการผลิตกระแสไฟฟ้าได้วันละ 480 วัตต์ ซึ่งจะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าไหลออกมากกว่าไหลเข้าแบตเตอรี่เนื่องจากระบบโซล่าเซลล์มีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าได้น้อยกว่าการใช้งานของเครื่องสูบน้ำทำให้เครื่องสูบน้ำจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ด้วยเท่ากับ 24 วัตต์ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการแบตเตอรี่ของระบบโซล่าเซลล์ที่ทำการทดสอบจะสามารถใช้งานในการให้น้ำได้รวมจำนวน 16 วัน แล้วจำเป็นจะต้องหยุดพักเพื่อทำการประจุไฟฟ้าเข้าไปยังแบตเตอรี่เพื่อให้มีปริมาณกำลังไฟฟ้าที่เพียงพอต่อการใช้งานในรอบต่อไป

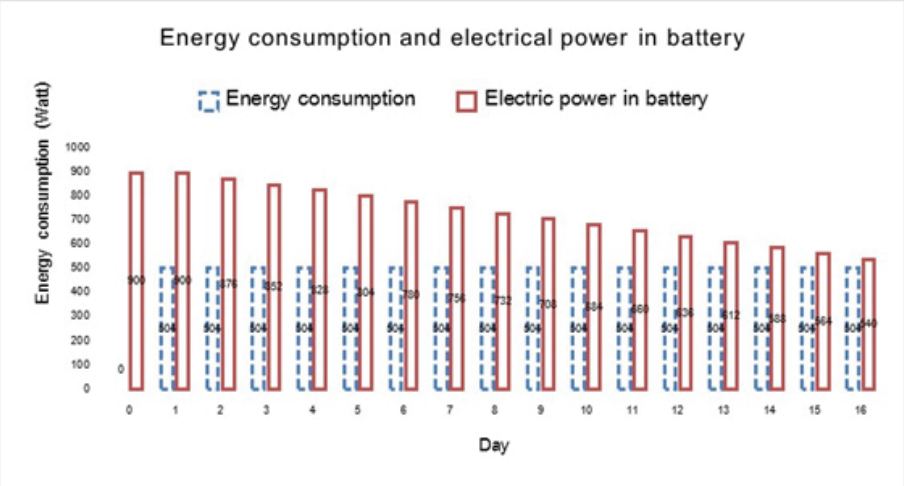

Figure 6 Energy consumption of water pump and electrical power remain in battery.

ต้นทุนระบบน้ำหยดและระบบโซล่าเซลล์สำหรับการให้น้ำในไร่อ้อย

จากการวิเคราะห์ต้นทุนระบบการให้น้ำหยดด้วยระบบโซล่าเซลล์ ประกอบด้วยต้นทุนของอุปกรณ์ชุดโซล่าเซลล์ รวม 4,350 บาท ต้นทุนของอุปกรณ์ระบบน้ำหยดรวม 540 บาท และต้นทุนค่าแรงงานในการติดตั้งระบบน้ำหยดในแปลงอ้อยรวม 100 บาท รวมต้นทุนระบบทั้งหมดเท่ากับ 4,990 บาท (Table 3) ทั้งนี้ไม่รวมต้นทุนในการเติมน้ำในถังน้ำสำรองสำหรับระบบให้น้ำและไม่รวมต้นทุนค่าแรงงานในการขนย้ายอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบเพื่อนำไปติดตั้งยังแปลงอื่นเนื่องจากใช้แรงงานของเกษตรกรเจ้าของไร่เองประกอบกับเป็นเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจำนวนไม่มาก

Table 3 Cost of solar cell and drip irrigation system for sugarcane. (Baht)

Cost of solar cell system (Baht)		
1	Solar cell module	850.00
2	Battery	1,800.00
3	Solar charge controller	450.00
4	Water pump	1,250.00
	Total	**4,350.00**

Cost of drip irrigation system (Baht)		
1	Main pipe	90.00
2	Drip tape	300.00
3	Valve & connectors	50.00
4	Others equipment	100.00
	Total	**540.00**
Cost of labor for system installation (Baht)		
	Cost of labor	100.00
	Total	**100.00**
Total cost		**4,990.00**

สรุปและข้อเสนอแนะ

การออกแบบและใช้ระบบการให้น้ำพืชแบบหยดโดยใช้เทปน้ำหยดร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (โซล่าเซลล์) มีความเป็นไปได้และมีความคุ้มค่าสำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยไม่มาก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ขาดแคลนแหล่งน้ำหรือมีแหล่งน้ำจำกัดและอยู่ห่างไกลไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้โดยเฉพาะในแปลงอ้อยที่ปลูกใหม่ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ระบบที่ออกแบบยังมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายนำไปติดตั้งให้น้ำยังแปลงปลูกอ้อยอื่นๆ ได้ง่ายทำให้สามารถประหยัดต้นทุนค่าอุปกรณ์ระบบการให้น้ำ แต่ระบบน้ำหยดโดยใช้พลังงานแสงจากดวงอาทิตย์จะมีข้อด้อยคือถังบรรจุน้ำมีขนาดเล็กมีปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้จำกัดจำเป็นจะต้องมีการเติมน้ำให้กับระบบอย่างต่อเนื่องในขณะที่ทำการให้น้ำในแปลงอ้อยและควรมีการเพิ่มความสามารถของระบบให้น้ำหยดในการให้น้ำในในแปลงอ้อยเป็นจำนวนพื้นที่ที่มากขึ้นเพื่อลดระยะเวลาในการให้น้ำและสามารถทำการให้น้ำได้รวดเร็วมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. มปป. คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน : พลังงานแสงอาทิตย์. กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ.

มนตรี ค้ำชู. 2535. หลักการชลประทานแบบหยด. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

Doorenbos, J. and W. O. Pruitt. 1984. Crop Water Requirements. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gilbert, R. A., C. R. Rainbolt, D. R. Morris and J. M. McCary. 2008. Sugarcane growth and yield responses to a 3-month summer flood. Agricultural Water Management 95 (2008) 95-100. [Available at www.sciencedirect.com].

Keller, J. and R. D. Bliesner. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. Department of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State University.

Nakayama F. S. and D. A. Bucks. 1986. Trickle Irrigation for Crop Production. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. U.S. Water Conservation Laboratory, Phoenix. Arizona. U.S.A.

Wiedenfeld, B. 2004. Scheduling water application on drip irrigated sugarcane. Agricultural Water Management 64: 169-181. [Available at www.sciencedirect.com].