การประเมินประสิทธิภาพของสมการแบบเรียบง่ายสำหรับประมาณการค่าการคายระเหยน้ำและการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินในไร่อ้อย

Evaluation the Efficiency of Simple Equation for Estimating Evapotranspiration and Changes of Soil Moisture in Sugarcane Field

ปรีชา กาเพ็ชร [1/] ทักษิณา ศันสยะวิชัย [1/] กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ [1/]

Preecha Kapetch [1/] Taksina Sansayawichai [1/] Kobkiet Pisancharoen [1/]

ABSTRACT

Evapotransiration is a key part for water cycle and can be used as a tool to improve water use efficiency and increase sugarcane yield. The Penman-Monteith FAO-56 (PM-56) has been widely used to estimate the evapotranspiration rate. However, the unavailability of local weather data has largely restricted its application. This study evaluated the simple equation and linked to water balance model for estimating soil moisture in the sugarcane field. Soil moisture in sugarcane yield was measured using Time Domain Reflectometry (TDR) soil moisture sensor and automatically recorded by data logger. The experiment was conducted in Khon Kaen Field Crops Research Center during March to September, 2014. Sugarcane cultivar KK3 was planted in plot site 36x40 m with spacing 1.20x0.50 m. After that, simple equations were developed for estimating evapotranspiration and changes of soil moisture in sugarcane field. Comparison the simple equation with Penman-Montieth FAO-56 (PM-56) and Priestley-Taylor (PT) for evapotranspiration and compared with experiment and Canegro model for soil moisture. Simple equation performance was evaluated using the statistical parameters such as cofficient of determinatron (R^2), root mean square error (RMSE) and normalized root mean square error (NRMSE). The result showed that the simple equation was excellent for evapotranspiration estimation comparing to PT. The total evapotranspiration was not

[1/] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น, 40000 โทรศัพท์ 0-4320-3508 แฟกซ์ 0-4320-3505

[1/] Khon Kaen Field Crops Research Center, Mueng, Khon Kaen 40000, Thailand.
Tel. +66 (0) 4320 3508 Fax. +66 (0) 4320 3505

significantly different from PT equation (2.2%) but lower than PM-56 19.1%. The simple equation was the good estimation of soil moisture with the NRMSE 10.2%. The results indicated that the evapotranspiration and soil moisture in sugarcane field can be estimated by the simple equation.

Key words: sugarcane, simple equation, evapotranspiration, soil moisture

บทคัดย่อ

การเพิ่มผลผลิตอ้อยควรได้รับการพิจารณาควบคู่ไปกับประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช การวิเคราะห์เพื่อหาทางเลือกสำหรับการเพิ่มผลผลิตอ้อยและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการคำนวณค่าการคายระเหยของน้ำ ซึ่งมีการนำสมการของ Penman-Monteith (FAO-56) (PM-56) มาใช้คำนวณกันอย่างกว้างขวาง แต่สมการนั้นก็ไม่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกพื้นที่เนื่องจากข้อจำกัดทางข้อมูลอุตุนิยมวิทยา การศึกษานี้ได้ประเมินประสิทธิภาพ ของสมการแบบเรียบง่ายสำหรับประมาณการค่าการคายระเหยของน้ำ และเชื่อมโยงกับสมการอย่างเรียบง่ายสำหรับประมาณการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินในแปลงอ้อย เก็บข้อมูลความชื้นดินด้วยหัววัดความชื้นดินแบบ TDR (Time Domain Reflectometry) และบันทึกข้อมูลอัตโนมัติในแปลงทดลองที่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ขนาดแปลง 36 ม. x 40 ม. ระยะปลูก 1.20 ม. x 0.50 ม. ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ระหว่างเดือนมีนาคม - กันยายน ปี พ.ศ. 2557 แล้วสร้างสมการแบบเรียบง่ายสำหรับประมาณการค่าการคายระเหยน้ำ และสมการแบบเรียบง่ายสำหรับประมาณการการเปลี่ยนแปลงของความชื้นดิน ประเมินประสิทธิภาพของสมการโดยพิจารณาจากค่า Coefficient of Determinatron ค่า RMSE (Root Mean Square Error) และค่า NRMSE (Normalized Root Mean Square Error) เปรียบเทียบค่าการคายระเหยน้ำกับสมการของ Penman-Monteith FAO-56 (PM-56) และสมการของ Priestley-Taylor (PT) และเปรียบเทียบค่าความชื้นดินกับข้อมูลจากแปลงทดลองที่ใช้ในแบบจำลอง Canegro ผลการศึกษาพบว่า สมการแบบเรียบง่ายสามารถคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงได้อย่างดีเยี่ยมเมื่อเปรียบเทียบกับสมการของ PT โดยมีค่าความแตกต่างของการคายระเหยน้ำรวมทั้งปี 2.2% แต่ต่ำกว่าสมการของ PM-56 19.1% เมื่อนำไปเชื่อมโยงกับสมการอย่างเรียบง่ายสำหรับการเปลี่ยนแปลงของความชื้นดิน สามารถประมาณการเปลี่ยนแปลง ของความชื้นดินได้ดี มีค่า NRMSE เท่ากับ 10.2% ชี้ให้เห็นว่าค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง และการเปลี่ยนแปลงของน้ำในดินในแปลงอ้อยสามารถประเมินได้จากสมการแบบเรียบง่าย

คำหลัก: อ้อย, สมการแบบเรียบง่าย, การคายระเหยน้ำ, ความชื้นดิน

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตอ้อยเป็นอันดับสี่ และสามารถผลิตเป็นน้ำตาลส่งออกได้เป็นอันดับสองของโลก จึงถือได้ว่าการผลิตอ้อยมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก ในปีการผลิต 2557/58 มีพื้นที่ปลูกอ้อยในเขตสำรวจ 47 จังหวัด จำนวน 10.5 ล้านไร่ พื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่อยู่นอกเขตชลประทาน และเป็นการปลูกแบบอาศัยน้ำฝน ผลิตอ้อยได้มากกว่า 105.96 ล้านตัน และผลิตเป็นน้ำตาลทรายได้ 11.30 ล้านตัน (นิรนาม, 2558) อ้อยมีแนวโน้มการผลิตเพิ่มมากขึ้นในอนาคต เนื่องจากนโยบายของรัฐบาลที่ส่งเสริมให้เปลี่ยนพื้นที่นาข้าวที่ไม่เหมาะสมมาปลูกอ้อยทดแทน การปลูกอ้อยส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกแบบอาศัยน้ำฝน ซึ่งในแต่ละปีพื้นที่ปลูกอ้อยมีความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนค่อนข้างมาก 800-2,400 มล/ปี ประกอบกับพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นดินทรายร่วน ดังนั้นการผลิตอ้อยจึงมีความเสี่ยงสูงต่อการขาดน้ำ ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ผลผลิตอ้อยต่อไร่ต่ำ

การจัดการน้ำจึงมีความสำคัญต่อการผลิตอ้อย และการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำจำเป็นต้องอาศัยการประเมินความชื้นในดิน เนื่องจากชนิดดิน และเขตปริมาณน้ำฝนมีความหลากหลาย ดังนั้นการประเมินความชื้นดินจึงต้องประเมินด้วยแบบจำลอง ซึ่งในปัจจุบันมีแบบจำลองที่สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินได้หลายแบบ เช่นระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร หรือ DSSAT (Hoogenboom *et. al*., 2011) ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองพืชหลายชนิด หรือแบบจำลอง Aquacrop (Steduto *et. al*., 2012) เป็นต้น แบบจำลองพืชเกือบทั้งหมดจะประกอบไปด้วยแบบจำลองสมดุลของน้ำในดิน สำหรับการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำในดิน ซึ่งสมการการหาค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (Reference evapotranspiration: ETo) ที่นิยมใช้ได้แก่สมการของ Penman-Monteith FAO-56 (PM-56) (Allen *et al*., 1998) ที่แสดงในสมการที่ (1)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\left(\frac{900}{T+273}\right)u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

เมื่อ

ET_o = การคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (mm d^{-1}),

Δ = ความชันของกราฟความดันไอน้ำอิ่มตัวกับอุณหภูมิที่อุณหภูมิ T [kPa C^{-1}],

Rn = รังสีแสงแดดสุทธิ (MJ m^{-2} day^{-1}),

G = soil heat flux [MJ m-2 day^{-1}],

γ = psychrometric constant [kPa C^{-1}],

T = อุณหภูมิ (°ซ),

u_2 = ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตร [m s^{-1}],

e_s = ความดันไอน้ำอิ่มตัวเฉลี่ยของบรรยากาศ (kPa),

e_a = ความดันไอน้ำเฉลี่ยของบรรยากาศ [kPa]

สมการดังกล่าวต้องการข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา 4 ชนิด ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีข้อจำกัดในบางพื้นที่ในการนำมาคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง จึงจำเป็นต้องใช้สมการอื่นที่ต้องการข้อมูลน้อยกว่า เช่น สมการของ Priestley-Taylor (PT) (Priestley and Taylor, 1972) ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$ET_0 = \frac{1}{\lambda} \propto \frac{\Delta}{\Delta+\gamma} R_n \qquad (2)$$

เมื่อกำหนดให้ $\propto$ = 1.25 (Monteith and Unsworth, 2008) Rn = 0.62S (Yoshida, 1981) และเมื่อแทนค่า $\frac{\Delta}{\Delta+\gamma}$ = 0.78 (เกริก, 2552) พบว่าสมการของ PT ให้ค่าต่ำกว่าสมการของ PM-56 เล็กน้อย นอกจากนั้น เกริก (2552) ได้ประยุกต์สมการของ PM-56 ให้เป็นสมการแบบเรียบง่ายโดยมีสมมุติฐานว่าหากอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมในแต่ละพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ค่าการคายระเหยของน้ำจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มแสงเพียงค่าเดียว ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการเส้นตรงได้ ดังสมการที่ (3)

$$ET_0 = (bR_n+a)/\lambda \qquad (3)$$

เมื่อ

R_n คือค่าความเข้มแสงสุทธิ (MJ $m^{-2}d^{-1}$) ซึ่งมีสมการแสดงในสมการที่ (4)

$$R_n = (1 - albedo)S+ln \qquad (4)$$

b และ a เป็นค่าคงที่ของสมการ λ คือค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนแฝงในการระเหยของน้ำ S คือค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (MJ $m^{-2}d^{-1}$) และ ln คือค่าคลื่นแสงช่วงยาว

ผลการศึกษาพบว่า สมการแบบเรียบง่ายสามารถนำมาใช้ประเมินค่าการคายระเหยของน้ำในนาข้าวได้ดีเช่นเดียวกัน โดยมีค่า a และ b เท่ากับ 2 และ 0.8 ดังนั้นการศึกษาครั้งมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์สมการแบบเรียบง่ายและทดสอบประสิทธิภาพของสมการสำหรับประมาณการค่าการคายระเหยของน้ำและการเปลี่ยนแปลงของน้ำในดินในแปลงอ้อย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมแปลงทดลองสำหรับเก็บข้อมูล

ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น ระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2557 โดยเก็บข้อมูลสมบัติทางกายภาพของดินก่อนปลูก ได้แก่ ค่าความชื้นดินที่ระดับความจุความชื้นสนามและที่ระดับจุดเหี่ยวถาวรของพืช เนื้อดิน ความหนาแน่นดิน และการซึมซาบของน้ำ ทำการปลูกอ้อยแปลงใหญ่ขนาด 36 ม. x 40 ม. ปลูกเป็นหลุมระยะระหว่างหลุม 50 ซม. ระหว่างแถว 120 ซม. ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก/ไร่ ให้น้ำทุก ๆ 14 วัน ครั้งละ 24 มม. ใช้แรงงานคนในการกำจัดวัชพืช และการดูแลรักษาแปลงอื่น ๆ ปฏิบัติตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ในแปลงอ้อยติดตั้งหัววัดความชื้นดินแบบ TDR (Time Domain Reflectometry) (EC5) ที่ระดับความลึก 15 ซม.จำนวน 4 จุด บันทึกข้อมูลความชื้นดินด้วยชุดบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger: EM50) ตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว

2. การประยุกต์ใช้สมการแบบเรียบง่ายสำหรับคำนวณค่าการคายระเหยน้ำ

จากสมการที่ (3) และ (4) เมื่อแทน ค่า albedo ในแปลงอ้อยเท่ากับ 0.25 (Pereira *et al*., 2013) ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนแฝงในการระเหยของน้ำมีค่าประมาณ 2.45 (Harrison, 1963) และคลื่นแสงช่วงยาวเท่ากับ -1 หลังจากนั้นรวมสมการทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วเขียนเป็นสมการใหม่ได้ดังนี้

$$ET_0 = 0.24S + 0.49 \quad (5)$$

จากนั้นใช้สมการที่ (5) คำนวณค่าการคายระเหยน้ำของสมการแบบเรียบง่ายโดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2557 แล้วเปรียบเทียบกับค่าการระเหยที่คำนวณได้กับสมการของ PM-56 และสมการของ PT ที่ใช้ในแบบจำลอง Canegro

3. การประยุกต์ใช้สมการแบบเรียบง่ายคำนวณการเปลี่ยนแปลงของความชื้นดินในแปลงอ้อย

สมการแบบเรียบง่ายสำหรับการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำในดินสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (6)

$$ET_0 = ET_0 \times Ks \times Kc \quad (6)$$

เมื่อ

ET = ค่าการคายระเหยน้ำของพืช

ETo = ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง

Kc = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช มีค่า 0.39-2.25 ตามช่วงอายุพืช (กอบเกียรติและคณะ, 2555)

Ks = ค่ายินยอมให้น้ำระเหยออกจากดิน โดย

$$Ks = \frac{(\theta + \theta_{wp})}{(\theta_{fc} + \theta_{wp})} \quad (7)$$

เมื่อ

θ = ความชื้นดิน (มม./มม.),

θwp = ความชื้นดินที่จุดเหี่ยวถาวร (มม./มม.),

θfc = ความชื้นดินที่จุดความจุความชื้นสนาม (มม./มม.).

และอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำในดินรายวัน ($d\theta$) (มม./วัน) คำนวณได้ตามสมการที่ (8)

$$d_\theta = Rf - ET - Ro - Dp \quad (8)$$

เมื่อ

$$Rf = 0.3Ro$$

$$Inf = Rf - Ro$$

$$as = (\theta_{fc} - \theta)z$$

และถ้าค่า Inf มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ as ค่า Dp มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อค่า inf มีค่ามากกว่าค่า as ค่า Dp คำนวณได้ดังสมการที่ (9)

$$Dp = Inf - as \quad (9)$$

เมื่อ Rf คือปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.), Ro คือการไหลบ่าของน้ำ (มม.), inf คืออัตราการซึมของน้ำลงในดิน (มม./วัน), as คือช่องว่างในดินที่สามารถรับน้ำได้ (มม.), z คือความลึกของดิน (มม), และ Dp คือการซึมของน้ำในดินลงสู่ดินชั้นที่ลึกกว่า (มม./วัน) หลังจากนั้นคำนวณ

ความชื้นดินรายวันตามสมการที่ (10)

$$\theta = \theta + d_{\theta} \quad (10)$$

การประเมินประสิทธิภาพของสมการแบบเรียบง่าย

ประเมินค่าความชื้นดินที่ได้จากสมการแบบเรียบง่าย (สมการที่10) โดยนำไปเปรียบเทียบกับค่าความชื้นดินที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจากแปลงทดลอง และจากการประเมินความชื้นดินของแบบจำลอง Canegro และใช้ค่าสถิติ 3 ค่า ได้แก่ the coefficient of determination (R^2), the root mean square error (RMSE), และ normalized RMSE (NRMSE) สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของสมการแบบเรียบง่าย ซึ่งค่า RMSE และ NRMSE คำนวณได้โดย

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(S_i - O)_i^2}{N}}$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{\bar{O}} 100$$

เมื่อ S_i คือค่าที่ได้จากการคำนวณ, *Oi* คือค่าที่ได้จากการบันทึกในแปลงทดลอง, *N* คือจำนวนข้อมูล และ $\bar{O}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากการบันทึกในแปลงทดลอง

สมการแบบบเรียบง่ายจะมีประสิทธิภาพดีเยี่ยมเมื่อค่า NRMSE น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10% ประสิทธิภาพดีเมื่อมีค่ามากกว่า 10% แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20% ประสิทธิภาพพอใช้เมื่อค่า NRMSE มีค่ามากกว่า 20% แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30% และประสิทธิภาพไม่ดีเมื่อค่า NRMSE มีค่ามากกว่า 30% (Jamieson *et al*., 1991)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติดิน

ดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เป็นดินร่วนปนทราย มีค่าความหนาแน่นดิน 1.63 ก./ลบ.ซม. มีค่าการซึมซาบน้ำ 4.48 ซม./ชม. และค่าความชื้นดินที่ระดับความจุความชื้นสนามเท่ากับ 0.243 มม./มม. และที่ระดับจุดเหี่ยวถาวรของพืชเท่ากับ 0.121 มม./มม. จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 35 เนื่องจากเป็นดินร่วนปนทรายมีค่าความจุของน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพียง 12.2% และมีการซึมซาบน้ำได้ดี ดินในแปลงทดลองนี้จึงมีความเสี่ยงสูงต่อการขาดน้ำ

การคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง

ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงที่ได้จากการคำนวณของสมการแบบเรียบง่าย มีค่าระหว่าง 1.7-8.5 มม./วัน รวมค่าการระเหยน้ำตลอดทั้งปีเท่ากับ 1,858 มม. ใกล้เคียงกับค่าการคายระเหยที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการของ PT ที่มีค่าการคายระเหยน้ำทั้งปี 1,899 มม. ขณะที่สมการ PM-56 ได้ค่าการคายระเหยน้ำตลอดทั้งปีเท่ากับ 2,296 มม. ทั้งสมการแบบเรียบง่ายและสมการ PT คำนวณได้ต่ำกว่าสมการของ PM-56 19.1% และ 17.3% ตามลำดับ (Figure 1) อย่างไรก็ตามค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงที่ได้จากสมการแบบเรียบง่ายมีความสัมพันธ์สูงกับค่าที่ได้จากสมการของ PM-56 โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.959 และเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากสมการของ PT พบว่ามีค่า R^2 เท่ากับ 0.974 ในขณะที่ผลที่ได้จาก

สมการ PM-56 และสมการของ PT พบว่ามีความสัมพันธ์กันสูงที่สุด มีค่า R^2 เท่ากับ 0.985 (Figure 2a, 2b, 2c) Widmoser (2009) พบว่ามีหลายๆ งานวิจัย ค่าการระเหยที่ได้จากสมการ PM-56 จะสูงกว่าค่าสังเกต และจากการศึกษาของ Osorio *et al*., (2014) ยืนยันว่าค่าการคายระเหยน้ำในแปลงอ้อยที่ได้จากการคำนวณของสมการ PM-56 สูงกว่าที่ได้จากสมการของ PT ประมาณ 18% อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของ Sentelhas *et al*., (2010) พบว่าถ้าหากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาไม่มีค่าความเร็วลมและความชื้นบรรยากาศแล้ว สมการของ PT สามารถนำมาใช้ทดแทนสมการ PM-56 ได้ ผลจากการทดลองในครั้งนี้ พบว่าค่าที่ได้จากสมการอย่างเรียบง่ายไม่แตกต่างจากสมการของ PT โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 0.3 มม/วัน และค่า NRMSE = 5.9% ถือได้ว่าสมการแบบเรียบง่าย (สมการ 5) สามารถนำมาใช้คำนวณค่าการคายระเหยของน้ำได้อย่างดีเยี่ยมเมื่อเทียบกับสมการของ PT

การเปลี่ยนแปลงของความชื้นดิน

การจำลองการเปลี่ยนแปลงของน้ำในดินในแปลงอ้อยโดยสมการแบบเรียบง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการแปลงทดลอง พบว่ามีประสิทธิภาพดี โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.632 ค่า RMSE เท่ากับ 0.018 มม/มม และค่า NRMSE เท่ากับ 10.2% (Figure 3a) ในขณะที่ผลจากแบบจำลอง Canegro เปรียบเทียบกับ

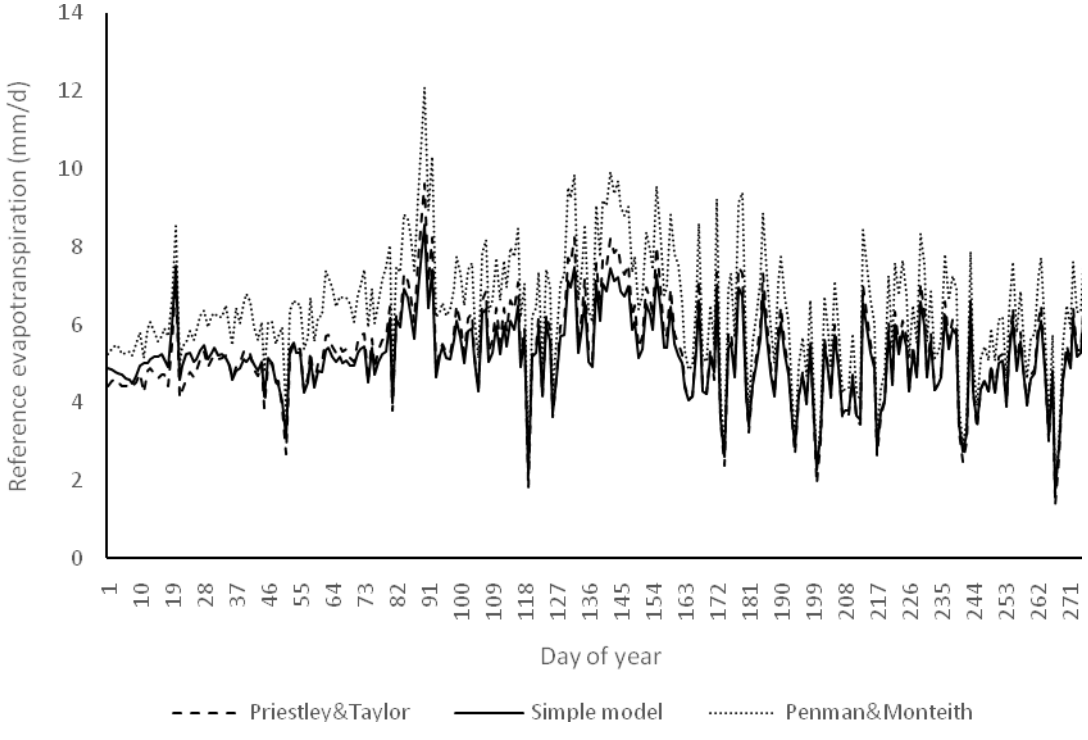


Figure 1 The reference evapotranspiration calculated by three equations: Priestlet&Taylor, Simple model and Penman&Monteith

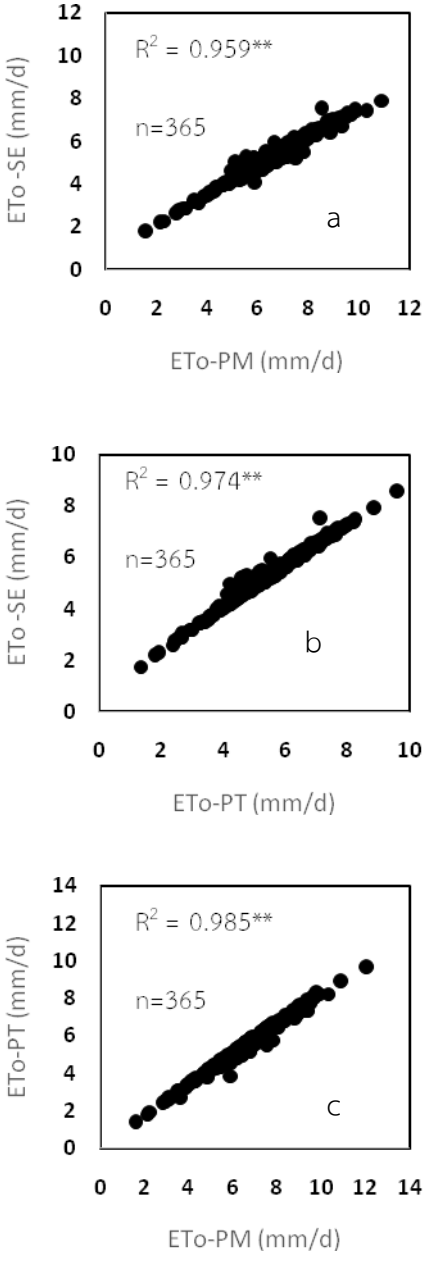


Figure 2 The correlation between simple equation (SE) and Penman-Monteith (PM) (a), simple equation (SE) and Priestley& Taylor (PT) (b) and Priestley&Taylor (PT) and Penman-Monteith (PM) (c) for calculating reference evapotanspiration

ค่าที่ได้จากแปลงทดลอง พบว่าแบบจำลอง Canegro มีประสิทธิภาพดีกว่าสมการแบบเรียบง่าย โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.711 ค่า RMSE และ NRMSE เท่ากับ 0.015 มม./มม. และ 8.68% ตามลำดับ (Figure 3b) ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลอง Canegro มีแบบจำลองสมดุลของน้ำที่สมบูรณ์และซับซ้อน ซึ่งต้องการข้อมูลนำเข้าที่มากกว่าสมการแบบเรียบง่าย ทำให้ได้ผลการจำลองที่ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าทั้งสมการแบบเรียบง่ายและแบบจำลอง Canegro ให้ผลไปในทางเดียวกัน (Figure 4) ในช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนมาก พบว่าค่าที่บันทึกได้จากแปลงทดลองมีค่าสูงกว่าค่าที่จำลองได้ เนื่องจากค่าที่ได้จากการจำลองถูกจำกัดโดยความชื้นดินที่ระดับความจุความชื้นสนาม ดังนั้นความชื้นดินสูงสุดที่ได้จะมีค่าเท่ากับความชื้นดินที่ระดับความจุความชื้นสนาม ในขณะที่ข้อมูลที่บันทึกได้จริงสามารถบันทึกได้สูงกว่า

ในสมการแบบเรียบง่ายได้ใช้ค่าคงที่ a และ b ที่มาจากการศึกษาของ เกริก (2552) ซึ่งเป็นการศึกษาในนาข้าว และเป็นช่วงฤดูปลูกที่สั้น ซึ่งมาจากสมมุติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณภูมิ และความเร็วลมมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ในขณะที่การปลูกอ้อยมีช่วงการปลูกที่ยาว และมีความแตกต่างกันของฤดูกาล การทำงานทดลองเพื่อหาค่าคงที่ (a, b) เฉพาะของแต่ละฤดูกาลอาจจะให้ผลที่แตกต่างและทำให้สมการแบบเรียบง่ายให้ผลการจำลองมีความแม่นยำมากขึ้น

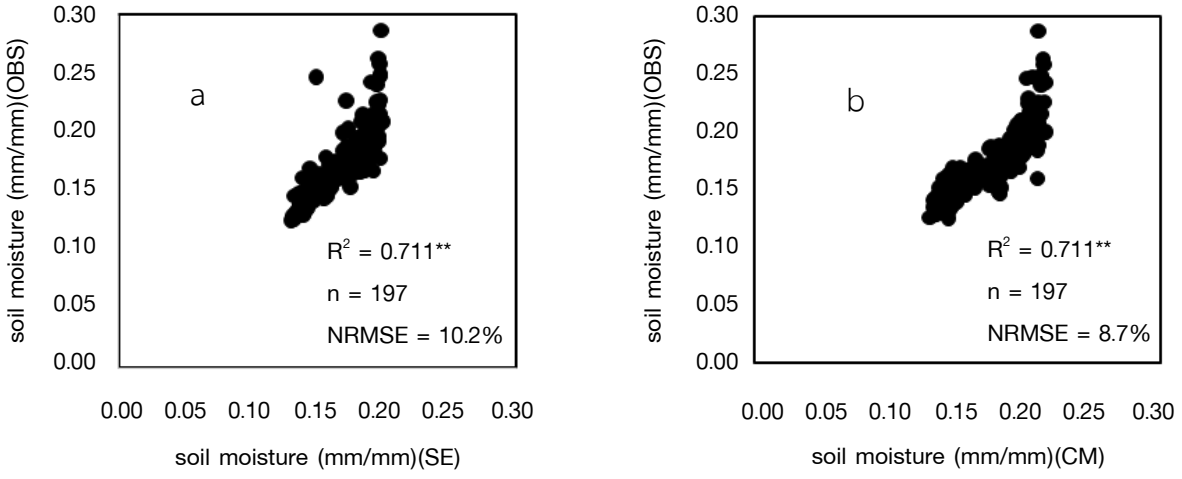


Figure 3 Correlation of soil moisture between simulated from simple equation (SE) and observed data (OBS) (a) and Canegro model (CM) and observed data (OBS) (b)

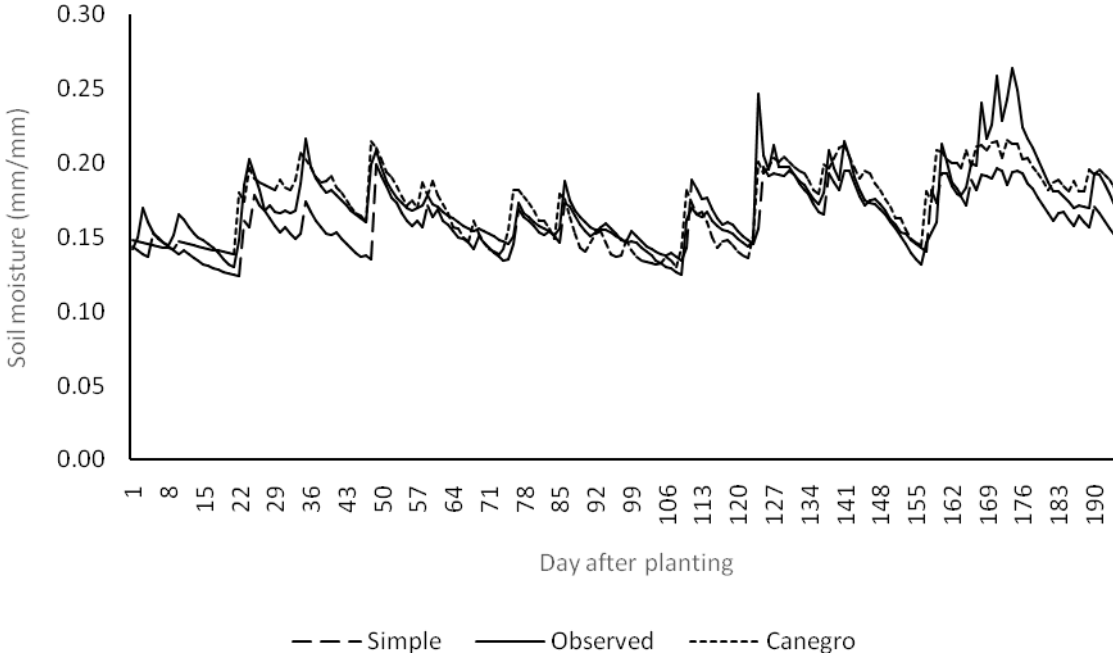


Figure 4 comparison of two models and observed data for changing of soil moisture in sugarcane field

สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยามีข้อจำกัด สมการแบบเรียบง่ายที่ใช้เฉพาะข้อมูลแสงสามารถนำมาใช้คำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงได้อย่างดีเยี่ยมเมื่อเทียบกับสมการของ Priestley-Taylor โดยมีค่าความแตกต่างของค่าการคายระเหยน้ำของพืชทั้งปี 2.2% แต่ทั้งสมการแบบเรียบง่ายและสมการของ Priestley-Taylor มีค่าต่ำกว่าสมการของ Penman-Monteith FAO-56 (PM-56) 19.1% และ 17.3% ตามลำดับ สมการอย่างง่ายสำหรับการประเมินความชื้นดินในไร่อ้อย มีประสิทธิภาพในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของความชื้นดินได้ดี มีค่า NRMSE เท่ากับ 10.2% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่บันทึกได้จากแปลงทดลอง อย่างไรก็ตามสมการแบบเรียบง่ายนี้ได้ใช้ค่าคงที่ a และ b ที่มาจากการศึกษาในนาข้าวและเป็นช่วงฤดูปลูกที่สั้น ขณะที่การปลูกอ้อยมีช่วงการปลูกที่ยาวความแตกต่างกันของฤดูกาลอาจมีผลต่อค่าคงที่ดังกล่าวได้ ดังนั้นควรจะมีแนวทางการวิจัยต่อไปเพื่อหาค่าคงที่ (a, b) เฉพาะของแต่ละฤดูกาลอาจจะให้ผลที่แตกต่าง และทำให้สมการแบบเรียบง่ายมีประสิทธิภาพในการคำนวณได้แม่นยำมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ทักษิณา ศันสยะวิชัย ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศรีสุดา ทิพยรักษ์ เกษม ชูสอน จินดารัตน์ ชื่นรุ่ง และ ชยันต์ ภักดีไทย. 2555. ความต้องการน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3. *วารสารแก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ.* 3: 103-114.

เกริก ปั้นแหน่งเพ็ชร. 2552. การประเมินการคายระเหยจากข้าวนาสวนอาศัยน้ำฝนโดยสมการแบบเรียบง่าย. *วารสารวิจัย มข.*. 14(3): 253-263.

นิรนาม. 2558. *รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2557/58.* กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 123 หน้า.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith, 1998. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56.)*. FAO, Rome, Italy. 300 p.

Harrison, L.P. 1963. *Fundamentals concepts and definitions relating to humidity*. In Wexler, A. (eds.) Humidity and moisture. Vol 3. Reinhold Publishing Co., New York, USA. 562 p.

Hoogenboom, G., J.W. Jones, P.W. Wikens, C.H. Porter, K.J. Boote, L.A. Hunt, U. Singh, J.L. Lizaso, J.W. White, O. Uryasev, F.S. Royce, R. Ogoshi, A.J. Gijsman, and G.Y.

Tsuji. 2011. *Decision Support System for Agrotechnology Transfer.* Version 4.5 [CD-ROM] University of Hawaii, Honolulu, HI.

Jamieson, P.D., J.R. Porter and D.R. Wilson. 1991. A test of the computer simulation model ARC-WHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. *Field Crops Research* 27:337–350.

Monteith, J.L., and M.H. Unsworth. 2008. *Principles of environmental physics.* 3nd Ed. J. Lawson. (eds). Academic press, London, UK. 440 pp.

Osorio, J., J. Jeong, K. Bieger, and J. Arnold. 2014. Influence of Potential Evapotranspiration on the Water Balance of Sugarcane Fields in Maui, Hawaii. *Journal of Water Resource and Protection* 6: 852-868.

Pereira, F., M. Tursunov, and C. Uvo. 2013. Quantifying the Rapid Sugarcane Expansion for Ethanol Production in the Rio Grande Basin, Brazil. *Journal of Water Management and Research* 69: 83-86.

Priestley, C.H.B., and R.J. Taylor. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review* 100: 81-82.

Sentelhas, P.C., T.J. Gillespie, and E.A. Santos. 2010. Evaluation of FAO Penman–Monteith and Alternative Methods for Estimating Reference Evapotranspiration with Missing Data in Southern Ontario, Canada. *Agricultural Water Management* 97: 635-644.

Steduto, P., T.C. Hsiao, E. Fereres, and D. Raes. 2012. *Crop yield response to water.* FAO 66 irrigation and drainage paper. Food and agricultural organization to the united nations. Rome. 505 pp.

Widmosor, P. 2009. A Discussion on and Alternative to the Penman-Monteith Equation. *Agricultural Water Management* 96: 711-721.

Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of rice crops science.* International Rice Research Institue, Los Banos, Philippines. 269 pp.