รหัสโครงการ SUT3-302-59-36-06

รายงานการวิจัย

การพัฒนาการให้น้ำระบบน้ำหยดและปุ๋ยในระบบน้ำ สำหรับการผลิตอ้อย

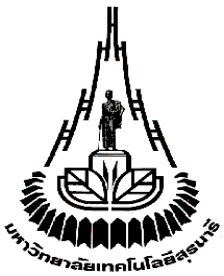
Development of drip irrigation and fertigation for sugar cane production

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-302-59-36-06



รายงานการวิจัย

การพัฒนาการให้น้ำระบบน้ำหยดและปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับการผลิตอ้อย

Development of drip irrigation and fertigation for sugar cane production

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร มะชิโกวา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ เกิดไทย

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2559-2561

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2564

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาการให้น้ำระบบน้ำหยดและปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับการผลิตอ้อยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี การดำเนินงานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดีต้องขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้พื้นที่ทำการทดลอง และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการ จนเกิดผลสำเร็จที่ดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อภาษาไทย

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุดของประเทศแต่มีผลผลิตเฉลี่ยต่ำมากและไม่สามารถไว้ตอได้หลายตอเนื่องจากสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบที่ความอุดมสมบูรณ์และการอุ้มน้ำต่ำ ประกอบกับปริมาณน้ำฝนที่มีน้อยและมีการกระจายตัวของน้ำฝนไม่สม่ำเสมอ ทำให้อ้อยได้รับน้ำไม่เพียงพอในบางช่วงของการเจริญเติบโต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการให้น้ำและการให้ปุ๋ยในระบบน้ำต่อผลผลิต คุณภาพ ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตอ้อย โดยมีการทดลอง 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาการให้น้ำและปุ๋ยในระบบน้ำต่อผลผลิตและคุณภาพของอ้อย ในดิน 2 ชนิด คือดินร่วนเหนียวและดินร่วนทราย โดยในดินทั้ง 2 ชนิดทำการเปรียบเทียบการให้น้ำและปุ๋ย 4 กรรมวิธีคือ 1) ไม่ให้น้ำ+ให้ปุ๋ยทางดินตามค่าวิเคราะห์ดิน 2) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน 3) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย 4) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม โดยทำการทดลองต่อเนื่อง 4 ปี ผลการทดลองในดินร่วนเหนียวพบว่าการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ สูงกว่าวิธีอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างจากวิธีให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย และการให้ปุ๋ยทุกวิธีไม่ทำให้ความหวานของอ้อยแตกต่างกัน โดยวิธีการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อยโดยไม่ใส่ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริมจะให้ผลตอบแทนสูงที่สุด ส่วนการทดลองในดินร่วนทราย พบว่าวิธีการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริมทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อยสูงที่สุด แต่ทุกวิธีการให้น้ำและปุ๋ยแก่อ้อยไม่มีผลต่อความหวานของอ้อย และการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม ให้ผลตอบแทนสูงที่สุด

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการควบคุมการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อการปริมาณน้ำที่ใช้ การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย โดยทำการทดลองเปรียบเทียบการควบคุมการให้น้ำ 3 กรรมวิธีได้แก่ 1) การให้น้ำตามการคำนวณ โดยใช้หลักการ water balance 2) การให้น้ำตามเซ็นเซอร์ฝังที่ระดับความลึก 15 และ 30 ซม. 3) การให้น้ำตามซ็นเซอร์ฝังที่ระดับความลึก 25 และ 50 ซม. ผลการทดลองพบว่าการให้น้ำทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของอ้อยไม่แตกต่างกัน แต่การให้น้ำตามเซ็นเซอร์ฝังที่ระดับความลึก 15 และ 30 ซม. มีปริมาณการให้น้ำน้อยที่สุดและมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

Northeast of Thailand is the largest area for sugarcane production, but the average cane yield in this area is very low. The important limiting factors include coarse texture soils with low fertility and water holding capacity and low rain fall with an erratic distribution. These lead to insufficient water consumption for sugarcane during some parts of growing periods and low nutrient utilization efficiency. The objective of this research was to study the effects of irrigation and fertigation on sugar cane yield, quality and economic returns.

There were two experiments. The first experiment aimed to study the effect of drip irrigation and fertigation on yield and quality of sugarcane in 2 soil types (clay loam and sandy loam). In each soil, there were 4 treatments: 1) no irrigation + soil fertilizer application based on soil test, 2) drip irrigation and fertigation based on soil test, 3) drip irrigation + ferigation based on yield potential and 4) drip irrigation + ferigation based on yield potential + secondary and micronutrients. In clay loam soil, it was found that the irrigation + fertigation based on the yield potential + secondary and micro nutrients resulted to higher growth and yield than other methods. Different fertilizer application had no effect on sugar content. However, drip irrigation +fertigation based on yield potential without secondary and micro nutrients provided the highest economic return. In sandy loam soil, it was found that the method of irrigation + fertigation based on yield potential + secondary and micro nutrients produced the highest growth and yield of sugarcane. All of the irrigation and fertilizer application methods did not affect sugar content. The irrigation + fertigation based on yield potential + secondary and micro nutrients gave the highest economic returns.

The second experiment aimed to study the effect of different irrigation controls on the water consumption, growth and yield of sugarcane. The experiment was conducted to compare 3 irrigation cotroling processes: 1) Irrigation based on ETc and water balance principle, 2) Irrigation based on soil moisture sensor at the soil depth of 15 and 30 cm and 3) Irrigation based on soil moisture sensor at the soil depth of 25 and 50 cm. The results showed that there was no difference in the yield among all irrigation control treatments, but the irrigation based on sensor at the soil depth of 15 and 30 cm had the least amount of water supply and the highest water use efficiency.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... จ
สารบัญภาพ ..... ช
คำอธิบายสัญลักษณ์ ..... ซ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 3
2.1 อ้อย ความสำคัญและการผลิตในประเทศไทย 3
2.2 ปัญหาการปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4
2.3 การใช้น้ำของอ้อย 7
2.4 การให้น้ำในระบบน้ำหยด 11
2.5 การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ 12
2.6 การควบคุมการให้น้ำสำหรับพืช 14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 16
3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการให้น้ำและปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับการผลิตอ้อย 16
3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการควบคุมการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อการปริมาณน้ำที่ใช้ การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย 19
บทที่ 4 ผลการทดลอง 22
4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการให้น้ำและปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับการผลิตอ้อย 22
4.2 ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการควบคุมการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อการปริมาณน้ำที่ใช้ การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย 33
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 39
บรรณานุกรม 40
ประวัตินักวิจัย 43

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของอ้อยในประเทศไทย ปี 2547–2556..... 3
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เกี่ยวกับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ หรือความชื้นที่อยู่ 5
ตารางที่ 2.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมดส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และใช้ไม่ได้ของ ... 6
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย (crop coefficient; Kc)..... 9
ตารางที่ 2.5 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) โดยวิธี Penman-Monteith รายเดือน..... 10
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของดินก่อนปลูกอ้อยในการทดลองที่ 1 17
ตารางที่ 3.2 ปริมาณธาตุอาหารที่ให้ในแต่ละกรรมวิธีของการทดลองที่ 1 18
ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติการอุ้มน้ำของดินในการทดลองที่ 2 21
ตารางที่ 4.1 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต
และความหวานของอ้อย ในดินร่วนเหนียว (อ้อยปลูก) 23
ตารางที่ 4.2 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต
และความหวานของอ้อยในดินร่วนเหนียว (อ้อยตอ 1) 23
ตารางที่ 4.3 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต
และความหวานของอ้อย ในดินร่วนเหนียว (อ้อยตอ 2)..... 24
ตารางที่ 4.4 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต
และความหวานของอ้อย ในดินร่วนเหนียว (อ้อยตอ 3)..... 24
ตารางที่ 4.5 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกอ้อยตอ 1
ในแปลง ดินร่วนเหนียว 25
ตารางที่ 4.6 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกอ้อยตอ 3
ในแปลง ดินร่วนเหนียว 25
ตารางที่ 4.7 ต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตอ้อย (บาท/ไร่) อ้อยปลูก-อ้อยตอ1..... 26
ตารางที่ 4.8 ต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตอ้อย (บาท/ไร่) เฉลี่ย 4 ปี 27
ตารางที่ 4.9 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และความหวานของอ้อย
ในดินร่วนทราย (อ้อยปลูก)..... 29
ตารางที่ 4.10 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และความหวานของอ้อย
ในดินร่วนทราย (ตอ 1)..... 29
ตารางที่ 4.11 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และความหวานของอ้อย
ในดินร่วนทราย (ตอ 2)..... 30

ตารางที่ 4.12 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และความหวานของอ้อย ในดินร่วนทราย (ตอ 3) 30
ตารางที่ 4.13 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกอ้อยตอที่ 1 ในแปลง ดินร่วนทราย 31
ตารางที่ 4.14 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกอ้อยตอที่ 3 ในแปลงดินร่วนทราย 31
ตารางที่ 4.15 ต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตอ้อย (บาท/ไร่) อ้อยปลูก และอ้อยตอ 1 32
ตารางที่ 4.16 ต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตอ้อย (บาท/ไร่) เฉลี่ย 4 ปี 33
ตารางที่ 4.17 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อจำนวนครั้งและปริมาณน้ำที่ให้ 34
ตารางที่ 4.18 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อความสูงของอ้อยที่ช่วงอายุ 2 - 10 เดือน 35
ตารางที่ 4.19 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อจำนวนหน่อของอ้อยที่ช่วงอายุ 2 -10 เดือน 35
ตารางที่ 4.20 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของอ้อยที่ช่วงอายุ 4 เดือน และ 6 เดือน 36
ตารางที่ 4.21 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อผลผลิตและความหวานของอ้อย 37
ตารางที่ 4.22 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อปริมาณการให้น้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อย 37

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 4.1 ปริมาณความต้องการน้ำของอ้อยและปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือน (มม./เดือน) 34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์

เพื่อความสะดวกในการนำเสนอและแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล และเพื่อให้เกิด ความเข้าใจที่ตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ ข้อมูลดังต่อไปนี้

%V	แทน	ร้อยละโดยปริมาตร
dS/m หรือ เดซิซีเมนส์./ม.	แทน	เดลิซีเมนต์ต่อเมตร
มก. /กก.	แทน	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
กก./ไร่	แทน	กิโลกรัมต่อไร่
กก./ลำ	แทน	กิโลกรัมต่อลำ
กก./ไร่/มม.	แทน	กิโลกรัมตันต่อไร่ต่อมิลลิเมตร
นน./ลำ	แทน	น้ำหนักต่อลำ
มม. /ซม.ดิน	แทน	มิลลิเมตรต่อเซนติเมตรดิน
ซม.	แทน	เซนติเมตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

อ้อยเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศ นอกจากจะใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบทางด้านอุตสาหกรรมน้ำตาล ยังเป็นวัตถุดิบในด้านพลังงานเชื้อเพลิง อ้อยสามารถปลูกได้ดีตั้งแต่ดินร่วนเหนียวถึงดินร่วนปนทราย ถ้าปลูกในสภาพน้ำฝนควรมีปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,200 มม./ปี อายุเก็บเกี่ยว 10-12 เดือน เก็บผลผลิตได้ 2-3 ปี โดยมีสภาพแวดล้อม พันธุ์ และการบำรุงดูแลรักษาเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมผลิต และคุณภาพของอ้อย ในฤดูการผลิตปี 2559/60 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 11 ล้านไร่ มีผลผลิตประมาณ 93 ล้านตัน พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีพื้นที่ปลูกครอบคลุม 20 จังหวัด รวมพื้นที่ประมาณ 4.8 ล้านไร่ (43% ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด) มีผลผลิตเฉลี่ย 9.31 ตันต่อไร่ ซึ่งถือว่าผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2560) การปลูกอ้อยในภูมิภาคนี้มักประสบปัญหาผลผลิตต่ำและไม่สามารถไว้ตอได้ เนื่องจากพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบ มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้น้อย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Muchovej and Newman, 2004) และที่สำคัญประมาณ 98% ของพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นการปลูกโดยอาศัยน้ำฝนแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งมักมีปัญหาการขาดแคลนน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่มีน้อย และการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ผลกระทบจากการขาดน้ำนอกจากจะทำให้ผลผลิตต่ำแล้วยังส่งผลถึงเปอร์เซ็นต์การงอกและการไว้ตอของอ้อย

จากงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในระยะแรก (สุดชล วุ้นประเสริฐ และ ธีรยุทธ เกิดไทย, 2558) ซึ่งทำการศึกษาวิธีการให้น้ำและให้ปุ๋ยในระบบน้ำ พบว่าการให้น้ำหยด ทำให้ผลผลิตของอ้อยสูงกว่า 20 ตันต่อไร่ และสามารถไว้ตออ้อยได้ มากกว่า 5 ปี และพบว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ ทำให้การใช้ปุ๋ยของอ้อยมีประสิทธิภาพสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางดิน ทำให้อ้อยมีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง แต่อย่างไรก็ตามในสภาพที่มีการให้น้ำ อ้อยจะมีศักยภาพการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น จึงอาจมีความต้องการธาตุอาหารในปริมาณสูงขึ้นรวมทั้งอาจมีความต้องการทั้งธาตุอาหารรองและธาตุเสริมมากขึ้น การให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินมีมีการแนะนำการใช้ธาตุอาหารหลักเท่านั้นและอัตราที่ให้อาจพอเพียงกับสภาพการปลูกอ้อยทั่วๆไปที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน แต่ในสภาพที่มีการให้น้ำอย่างเต็มที่อาจต้องมีการให้ปุ๋ยในปริมาณที่มากขึ้น รวมทั้งอาจต้องมีการให้ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเพื่อให้อ้อยสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตที่แท้จริง

นอกจากนี้แล้วจากงานวิจัยที่ผ่านมายังพบว่ารูปแบบในการให้น้ำแก่อ้อย ซึ่งได้แก่ ปริมาณ และความถี่ของการให้น้ำของอ้อย ซึ่งให้ตามความต้องการของอ้อย (Crop evapotranspiration, ETc) โดยคำนวณจากค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential evapotranspiration, ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ค่า ETp ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ค่า Kc ขึ้นอยู่กับชนิดและระยะการเจริญเติบโตของ

พืช ซึ่งการให้น้ำตามหลักการดังกล่าวมีจุดอ่อนคือ ค่า ETp ได้มาจากการประเมิณของสภาพภูมิอากาศในอดีต ในขณะที่สภาพภูมิอากาศปัจจุบันมีความแปรปรวนอยู่ตลอดเวลาทำให้ค่า ETp ที่ใช้อาจไม่ถูกต้อง ซึ่งจะส่งผลให้ค่าความต้องการน้ำของพืช (ETc) และการให้น้ำผิดพลาดได้ นอกจากค่า ETp แล้วค่า Kc ที่นำมาใช้อาจมีค่าไม่ตรงตามความเป็นจริง เพราะพืชแต่ละชนิดถ้าต่างพันธุ์หรือปลูกในสภาพที่ต่างกัน การเจริญเติบโตและปริมาณการใช้น้ำก็ต่างกันออกไป จะเห็นได้ว่าการให้น้ำโดยการคำนวณเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับความต้องการของอ้อย ทำได้ค่อนข้างยาก และมีโอกาสผิดพลาดสูง การให้น้ำอีกวิธีการทำได้โดยวัดความชื้นที่ลดลงบริเวณรากพืช เมื่อความชื้นต่ำกว่าจุดวิกฤต (จุดที่พืชดูดใช้น้ำได้ยาก) ก็ให้น้ำกลับไปที่จุด Field capacity ซึ่งการวัดปริมาณความชื้นดังกล่าวทำได้โดยใช้อุปกรณ์วัดความชื้น เช่น เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (soil moisture sensor) การให้น้ำตามวิธีนี้เป็นการวัดการใช้น้ำโดยตรงของพืช ซึ่งน่าจะมีความแม่นยำกว่าถ้ามีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่ดีและมีการติดตั้งที่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาการให้น้ำและปุ๋ยในระบบน้ำ และการให้ธาตุอาหารรองและอาหารเสริมในระบบน้ำในการผลิตอ้อยภายใต้ระบบน้ำหยด

2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการควบคุมการให้น้ำโดยใช้ soil moisture sensor เปรียบเทียบกับการควบคุมการให้น้ำจากการคำนวณการใช้น้ำของพืชและหลักการ water balance

3) เพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้ผลการศึกษานำไปปฏิบัติได้จริง ในการจัดการน้ำและปุ๋ยที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพในการเพิ่มศักยภาพของผลผลิตอ้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 อ้อย ความสำคัญและการผลิตในประเทศไทย

อ้อย (sugarcane) จัดอยู่ในวงศ์ (family) Gramineae สกุล (genus) *Saccharum* จำแนกได้เป็น 6 ชนิด (species) ได้แก่ *Saccharum officinarum, S. spontaneum, S. barberi, S. robustum, S. sinens* และ *S. edule* (Hunsigi, 1983) แต่อ้อยที่ปลูกเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาลทรายในปัจจุบัน คือ *S. officinarum* โดยเป็นพืชเขตร้อนชื้น (tropical) มีแหล่งกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในนิวกินี ซึ่งเป็นเกาะใหญ่ในมหาสมุทรแปซิฟิก (เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง, 2547) มีลักษณะภายนอกประกอบด้วยลำต้นที่มีข้อและปล้องชัดเจน มีใบเกิดสลับข้างกัน และมีส่วนกาบใบหุ้มลำต้นไว้ โดยกาบใบและใบจะมีไขและขนอยู่ด้วย รากอ้อยเป็นระบบรากฝอยแต่แข็งแรงสามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึก ลำต้นอ้อยสามารถแตกหน่อได้จากตาของข้อล่างๆ ที่อยู่ชิดดิน มีการขยายพันธุ์แบบ vegetative เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและกึ่งร้อน มีปริมาณน้ำฝนและแสงแดดเพียงพอ โดยทั่วไปอ้อยเจริญเติบโตได้ช้าในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C แต่ขึ้นได้ดีในอุณหภูมิที่สูงกว่า 20 °C และในพื้นที่ที่ไม่มีการชลประทานจะต้องมีน้ำฝน 1,200-1,500 มิลลิเมตรต่อปี หรือมากกว่านั้น มีอายุการเก็บเกี่ยว 11-12 เดือน และเมื่อปลูกครั้งหนึ่งแล้วสามารถเก็บเกี่ยวและไว้ตอได้หลายครั้งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการจัดการ

แหล่งปลูกอ้อยที่สำคัญของไทยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่จังหวัดนครราชสีมา อุดรธานี ขอนแก่น และชัยภูมิ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) โดยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2547-2556 ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งมีเนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เฉลี่ย 6.8 ล้านไร่ 72.9 ล้านตัน และ 10.5 ตัน/ไร่

ตารางที่ 2.1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของอ้อยในประเทศไทย ปี 2547–2556

ปี	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (ตัน)
2547	7,012	64,996	9.26
2548	6,670	49,586	7.43
2549	6,033	47,658	7.89
2550	6,314	64,365	10.19
2551	6,588	73,502	11.15
2552	6,023	66,816	11.09
2553	6,310	68,808	10.90

2554	7,870	95,950	12.19
2555	8,013	98,400	12.28
2556	8,093	99,597	12.30
เฉลี่ย	6,892	72,967	10.47

2.2 ปัญหาการปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.2.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การที่ผลผลิตอ้อยต่ำสาเหตุใหญ่มาจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินในกลุ่มชุดดิน 40, 35, 41 และ 44 (ปรีชา พราหมณีย์ และคณะ, 2544) ซึ่งมีเนื้อดินหลักเป็นดินทราย ดูดยึดธาตุอาหารได้ต่ำ การอุ้มน้ำต่ำ ทำให้เกิดการสูญเสียปุ๋ยเคมีจากการชะล้างลงสู่ดินในระดับลึกเกินกว่ารากพืชสูงกว่าดินเหนียว โดยมีผลโดยตรงต่อการไว้ตออ้อยในพื้นที่ดินทราย ซึ่งหากเกษตรกรสามารถไว้ตออ้อยได้หลายตอก็จะส่งผลให้เกษตรกรมีผลกำไร เนื่องจากในอ้อยตอไม่ต้องมีต้นทุนในการปลูก มีเพียงต้นทุนการบำรุงรักษาอ้อยตอเท่านั้น ดังนั้นการปรับปรุงดินทรายจึงสามารถทำได้โดยการเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน ซึ่งได้แก่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือวัสดุอินทรีย์อื่นๆ และการใช้ปุ๋ยพืชสด ในช่วงพักดินก่อนการเตรียมดินปลูกอ้อย ซึ่งเป็นวิธีการที่มีต้นทุนต่ำ และสะดวกในการปฏิบัติ โดยพืชที่แนะนำให้ใช้เป็นปุ๋ยพืชสด คือพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ปอเทือง ถั่วมะแฮะ ถั่วพร้า เป็นต้น แต่การใช้ปุ๋ยพืชสดยังมีข้อจำกัดในด้านการขยายผลให้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากเกษตรกรไม่สามารถพึ่งตนเองในการผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ นอกจากนี้เกษตรกรยังขาดข้อมูลในการใช้ปุ๋ยพืชสดบำรุงดินในไร่อ้อยอีกหลายประการ เช่น ชนิดพืชและวิธีการจัดการที่เหมาะสมที่ให้ปุ๋ยพืชสดสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้ตรงกับความต้องการของอ้อยและซากพืชที่สลายตัวเป็นอินทรียวัตถุที่สามารถดูดยึดธาตุอาหารให้อ้อยดูดไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการเผาใบอ้อยซึ่งเป็นการทำลายอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืช นอกจากการใส่อินทรียวัตถุแล้วการจัดการในเรื่องการตัดอ้อยก็มีความสำคัญ เพราะหากตัดอ้อยปลายหีบในช่วงแล้ง(ธันวาคม-เมษายน) เมื่ออ้อยตองอกในช่วงแล้งดินขาดความชื้นเปอร์เซ็นต์การงอกอ้อยตอต่ำ ส่งผลให้ผลผลิตอ้อยต่ำ และนอกจากนี้อ้อยที่ยืนต้นในดินทรายที่มีความชื้นต่ำ จะส่งผลให้ผลผลิตต่ำลงเช่นกัน จากรายงานของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (2542) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาการไว้ตออ้อยที่ปลูกในดินทราย พบว่าอ้อยที่ตัดในปลายฤดูหีบที่ต้องยืนต้นอยู่ในดินที่มีความชื้นต่ำกว่าจุดเหี่ยวถาวรเป็นเวลานานจะให้ผลผลิต อ้อยตอต่ำกว่าอ้อยที่ตัดต้นฤดูหีบ และศึกษาการใช้พืชบำรุงดินโดยการปลูกถั่วมะแฮะและไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใส่กากตะกอนอ้อย ทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอให้ผลผลิตดีกว่าที่ไม่บำรุงดิน นอกจากนี้ระยะปลูกยังมีผลต่อการให้ผลผลิตของอ้อย โดยทักษิณา ศันสยะวิชัย และสงบภัย นามไพศาลสถิตย์ (2545) พบว่า อ้อยที่ปลูกด้วยระยะถี่ให้

ผลผลิตอ้อยปลูกสูงกว่าการปลูกด้วยระยะห่าง แต่ในอ้อยตอการปลูกด้วยระยะห่างได้ผลผลิตอ้อยตอสูงกว่าการปลูกด้วยระยะถี่เมื่อคิดเป็นสัดส่วนกับอ้อยปลูก

นอกจากนี้การปลูกอ้อยต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานานๆ ยังมีผลทำให้ดินเสื่อมโทรมลงทุกปี เนื่องจากการเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการพักดิน และมีการใส่ปุ๋ยสูตรเดิมทุกปี ก่อให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารในระบบการปลูกอ้อย เช่น มีการสะสมฟอสฟอรัสจากการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมากเกินความจำเป็น อาจชักนำให้มีการดูดธาตุอาหารพืชอื่นๆ เช่น สังกะสี ทองแดง แมงกานีส และโบรอน จากการศึกษาของกอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และคณะ (2549) พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมี N-P-K ในอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน สามารถลดการสูญเสียหน้าดิน (โดยน้ำหนักแห้ง) ในดินร่วนทรายชุดแม่ริม (Mr) : Loamy-skeletal, mixed Oxic Paleustults ที่ไร่เกษตรกร จ.กาฬสินธุ์ ประมาณร้อยละ 33-42 สอดคล้องกับการทดลองของ Jantawat และคณะ (1991) ซึ่งได้ดำเนินการในไร่ทดลองของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.ชลบุรี สามารถลดการสูญเสียหน้าดินถึงร้อยละ 60 เมื่อเทียบกับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น มูลวัว และวัสดุอินทรีย์ เช่น ฟางข้าวในอัตรา 8 กก.N ต่อไร่ สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับมันสำปะหลังได้เป็นอย่างดี ให้หัวมันสดเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 24 และ 21 ตามลำดับ การใช้ปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี หรือต้นใบมันสำปะหลังไถกลบร่วมกับปุ๋ยเคมี สามารถเพิ่มผลผลิตหัวมันให้สูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และคณะ, 2548)

การอุ้มน้ำของดินทรายมีปริมาณต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3 ดังนั้นการเพิ่มการอุ้มน้ำแก่ดินโดยการใส่วัสดุปรับปรุงดินอาจเพิ่มการอุ้มน้ำของดินได้สูงขึ้นและสามารถไว้ตออ้อยได้หลายตอ

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่เกี่ยวกับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ หรือความชื้นที่อยู่ระหว่างระดับความชื้นชลประทานกับจุดเหี่ยวถาวร (ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545)

เนื้อดิน	AS	FC	PWP	ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (% นน. ดินแห้ง) PAW(1)	ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (% โดยปริมาตร) PAW(2)	ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (มม. /ซม.ดิน) D $D=\frac{PAW(2)xAS}{100}$
	(1)	(2)	(3)	(4)=(2)-(3)	(5)=(4)x(1)	$(6)=\frac{(4)x(1)x10}{100}$
ดินทราย	1.65 (1.55-1.80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	0.8 (0.6-1.0)
ดินร่วนปนทราย	1.50 (1.40-1.60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	1.2 (0.9-1.5)

ดินร่วน	1.40 (1.35-1.50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	1.7 (1.4-2.0)
ดินร่วนปนดินเหนียว	1.35 (1.30-1.40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	1.9 (1.6-2.2)
ดินเหนียวปนตะกอนทราย	1.30 (1.25-1.35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	2.1 (1.8-2.3)
ดินเหนียว	1.25 (1.20-1.30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-35)	2.3 (2.0-3.5)

หมายเหตุ AS : ความถ่วงจำเพาะปรากฏ, FC: ความชื้นชลประทาน (% นน. ดินแห้ง), PW : ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (% นน. ดินแห้ง), PAW(1): ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (% โดยน้ำหนักดินแห้ง), PAW(2): ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (% โดยปริมาตร), D: ความสูงของน้ำในดินที่ความลึก 1 ซม.

ตารางที่ 2.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมดส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และใช้ไม่ได้ของดินแต่ละชนิด (ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545)

เนื้อดิน	**ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (มม. /ซม.ดิน)**		
	รวมทั้งหมด	**พืชนำเอาไปใช้ได้**	**พืชใช้ไม่ได้**
ดินทราย	0.65-1.50	0.35-0.85	0.30-0.65
ดินร่วนปนทราย	1.50-2.30	0.75-1.15	0.75-1.00
ดินร่วน	2.30-3.40	1.15-1.70	1.15-1.50
ดินร่วนปนดินเหนียว	3.40-4.00	1.70-2.00	1.70-2.00
ดินเหนียวปนตะกอนทราย	3.60-4.15	1.50-1.80	2.10-2.35
ดินเหนียว	3.80-4.15	1.50-1.60	2.30-2.55

2.2.2 ความแห้งแล้ง ประมาณ 98% ของพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นการปลูกโดยอาศัยน้ำฝนแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งมักมีปัญหาการขาดแคลนน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่มีน้อย และการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ และพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบ มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ (Muchovej and Newman, 2004) จึงทำให้อ้อยประสบกับสภาวะการขาดน้ำโดยเฉพาะในช่วงแรกๆ ของการเจริญเติบโต ผลกระทบจากการขาดน้ำนอกจากจะทำให้ผลผลิตต่ำแล้วยังส่งผลถึงเปอร์เซ็นต์การงอกและการไว้ตอของอ้อย เพราะโดยทั่วไปเกษตรกรจะตัดอ้อยในช่วงแล้ง (ธันวาคม-เมษายน) ซึ่งมีสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้ง ดินมีความชื้นต่ำ ทำให้การงอกของอ้อยตอลดลง (ทักษิณา ศันสยะวิชัย, 2550) แต่ด้วยข้อจำกัดของโรงงานน้ำตาลที่สามารถรับอ้อยเข้าหีบได้ในช่วงเดือนนี้ของทุกปี จึงทำให้เกษตรกรไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

ธงชัย ตั้งเปรมศรี และคณะ (2535) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เนื่องจากการขาดน้ำของอ้อย 4 พันธุ์ เป็นเวลา 3 ปี สรุปได้ว่า ผลกระทบต่ออ้อยอันเนื่องมาจากความแห้งแล้ง คือ ลักษณะความสูง การตอบสนองต่อความแห้งแล้งขึ้นกับพันธุ์อ้อย โดยพันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์อีเหี่ยวแสดงการทนทานต่อการขาดน้ำได้ดีกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ Q 83

2.3 การใช้น้ำของอ้อย

อ้อยจัดเป็นพืชที่มีความต้องการน้ำในปริมาณสูง เมื่อเทียบกับการปลูกพืชไร่ชนิดอื่นๆ น้ำจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตของอ้อย การให้น้ำชลประทานแก่อ้อยในปริมาณและในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมทำให้อ้อยมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด การตอบสนองต่อความถี่การให้น้ำบนดินเหนียวชุดราชบุรี จังหวัดชัยนาท การให้น้ำเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 60 และ 90 มิลลิเมตร ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่ผลผลิตสูงกว่าการให้น้ำที่เมื่อระยะเวลาให้น้ำห่างออกไป (วันชัย ถนอมทรัพย์ และทักษิณา ศันสยะวิชัย, 2549) และในชุดดินสตึก จังหวัดขอนแก่น การให้น้ำในช่วงแล้งทำให้มีกอตายน้อยลง มีกอคงเหลือมากกว่าที่ไม่ให้น้ำ การรักษากออ้อยให้อยู่รอดข้ามช่วงแล้งได้สามารถได้ผลผลิตดีทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1 ถ้าสามารถให้น้ำในปริมาณ 60 มิลลิเมตร ในช่วงแล้งที่ค่าการระเหยสะสมครบ 60 มิลลิเมตร อ้อยจะให้ผลผลิตได้ดีทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1 หรือถ้ามีน้ำจำกัดการให้น้ำบ้างเมื่อค่าการระเหยสะสมครบ 120 มิลลิเมตร กออ้อยก็สามารถมีชีวิตรอดเพิ่มขึ้นให้ผลผลิตได้ดีกว่าที่ไม่มีการให้น้ำ แต่ในอ้อยตอ 2 ถึงแม้จะได้รับน้ำจำนวนกอตายยังเพิ่มขึ้นจึงทำให้ผลผลิตลดลงมาก (ทักษิณา ศันสยะวิชัย และคณะ, 2549)

การตอบสนองของอ้อยต่อการให้น้ำในช่วงการเจริญเติบโตระยะต่างๆ บนชุดดินสตึก พบว่าควรให้น้ำในระยะตั้งตัวและย่างปล้อง ซึ่งมีระยะเวลาการให้น้ำ 170 วัน (วันชัย ถนอมทรัพย์ และทักษิณา ศันสยะวิชัย, 2549) บนชุดดินสตึก จังหวัดขอนแก่น การขาดน้ำในระยะแตกกอมีผลให้จำนวนลำเก็บเกี่ยวลดลง และทำให้ผลผลิตลดลงจากที่ ได้รับน้ำสมบูรณ์

จากการศึกษาการให้น้ำชลประทานระบบน้ำหยดและระบบร่องคู่กับอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ในชุดดินกำแพงแสน จ.สุพรรณบุรี ในฤดูปลูกอ้อยปี 2547/48 และ 2548/49 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (12-6-12) พบว่าการให้น้ำชลประทานในปริมาณตามความต้องการน้ำของพืช และปริมาณ 1.25 เท่าของปริมาณความต้องการน้ำของพืชให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของอ้อยสูงกว่าเมื่อเทียบกับการปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝน และมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยให้ผลผลิตอ้อยปลูกเฉลี่ย 19.75 และ 16.13 ตัน/ไร่ และผลผลิตอ้อยตอ 1 เฉลี่ย 18.69 และ 14.70 ตัน/ไร่ สำหรับการให้น้ำและไม่ให้น้ำ ตามลำดับ (ธรรมนูญ แก้วคงคา และคณะ, 2548) จากผลการทดลองพบว่าพืชมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อพืชได้รับน้ำเพิ่ม พืชจึงมีความต้องการดูดใช้ธาตุอาหารในปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย จึงควรที่จะทำการศึกษาต่อเพื่อให้ทราบถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชในปริมาณต่างๆ

2.3.1 การหาปริมาณการใช้น้ำของอ้อย การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากภูมิอากาศเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุด โดยการระเหยน้ำจากพื้นผิวใดๆ ย่อมขึ้นกับปัจจัย 2 ประการ คือ สมบัติของผิวระเหยน้ำนั้น และสภาพของภูมิอากาศซึ่งกำหนดความต้องการการระเหยน้ำ (evaporative demand) ดังนั้นถ้าผิวที่มีการระเหยน้ำถูกปรับให้มีลักษณะเป็นมาตรฐาน เช่น ผิวน้ำ หรือแปลงพืชที่ใช้น้ำอย่างสมบูรณ์และมีพืชคลุมเต็มพื้นที่แล้ว การระเหยน้ำจากพื้นผิวดังกล่าวย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านภูมิอากาศเพียงด้านเดียว จึงสามารถใช้ข้อมูลภูมิอากาศ (climatological data) เพื่อทำนายการคายระเหยน้ำได้ ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ 3 วิธี คือ

1) ใช้ข้อมูลศักย์การคายระเหยน้ำของพืช หรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดยสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (crop coefficient; Kc) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) เป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลองในแปลงพืชจริง โดยปกติค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ไม่ใช่ค่าคงที่ แต่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยจะเปลี่ยนไปตามชนิดของพืช ระยะการเจริญเติบโต ฤดูกาล ช่วงเวลาในรอบปี และสถานที่ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ได้มีการรวบรวมไว้แล้วสำหรับพืชแต่ละชนิดในแต่ละช่วงอายุ เช่น ข้าว อ้อย ผัก พืชล้มลุก และพืชไร่ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 (ดิเรก และคณะ, 2545)

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) มีประโยชน์ในการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) ดังนี้

$$\text{จาก} \quad Kc = ETc / ETp$$

สามารถคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) ดังนี้

$$ETc = Kc . ETp$$

ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (reference crop evapotranspiration) หรือ potential evapotranspiration; ETp) หมายถึง ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากแปลงพืชมาตรฐานหรือพืชอ้างอิง ได้แก่ แปลงหญ้าหรืออัลฟัลฟาที่ปกคลุมดินตลอดปีและได้รับน้ำอย่างเพียงพอตลอดเวลา และมีบริเวณกว้างใหญ่พอที่จะไม่ทำให้การระเหย และการคายน้ำของพืชต้องกระทบจากอิทธิพลภายนอก เช่น การพัดผ่านของลม เพื่อต้องการให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศรอบข้างแต่เพียงอย่างเดียว นอกจากการวัดจากพืชโดยตรงแล้ว ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) ยังสามารถคำนวณได้จากสภาพภูมิอากาศ ณ ช่วงเวลา และสถานที่ที่ใช้ทดลอง หรือ สถานที่ที่จะนำค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงไปใช้งาน ซึ่ง ดิเรก และคณะ (2545) ได้รวบรวมปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) ในจังหวัดต่างๆ โดยกระจายเป็นรายเดือนจากข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรอบ 25 ปี ไว้แล้ว (ตารางที่ 2.5)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) โดยใช้ข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยแบบเอ (Kp) และปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan) ซึ่งอ่านค่าโดยตรงจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งในแปลงพืช ในกรณีนี้สามารถหาปริมาณการใช้น้ำของพืช จากสมการ

$$ETc = Kp.\ Epan.\ Kc$$

เมื่อ ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช
Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบ เอ
Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบ เอ
Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

3) โดยใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan) และสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยเบ็ดเสร็จแบบเอ (K´p) สามารถหาปริมาณการใช้น้ำของพืช จากสมการ

$$ETc = K´p.\ Epan.\ Kc$$

เมื่อ ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช
K´p = สัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยเบ็ดเสร็จแบบ เอ
Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบ เอ
Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศ โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะสามารถทำได้ง่ายโดยไม่ต้องมีเครื่องมือวัดหรือถาดวัดการระเหยของน้ำ แต่ใช้ข้อมูลที่มีการศึกษามาแล้วในแต่ละพื้นที่ทำให้สะดวกและรวดเร็ว

จากตารางสัมประสิทธิ์การให้น้ำของอ้อย พบว่าช่วงเดือนแรกของการเจริญเติบโตของอ้อย ค่า Kc จะมีค่าต่ำ และเพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และลดลงเมื่ออ้อยเริ่มสะสมน้ำตาลและหยุดการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น แสดงว่าค่า Kc ขึ้นกับอายุของพืช

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย (crop coefficient; Kc)

เดือนที่	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย (crop coefficient; Kc)						
	Modified Penman	Blaney-Criddle	Pan Method	Thornthwaite	Hargreaves	Radiation	Penman-Monteith
1	0.47	0.56	0.56	0.56	0.60	0.53	0.65
2	0.68	0.83	0.84	0.71	0.83	0.80	0.86

3	0.85	1.04	0.94	0.88	1.00	1.04	1.13
4	1.03	1.28	1.27	1.06	1.16	1.21	1.35
5	1.20	1.54	1.73	1.18	1.35	1.41	1.56
6	1.00	1.17	1.50	1.14	1.19	1.06	1.29
7	0.86	0.98	1.23	0.80	1.16	0.96	1.20
8	0.65	0.68	0.74	0.93	0.88	0.63	0.93
9	0.50	0.57	0.48	0.53	0.55	0.53	0.63
10	0.42	0.53	0.45	0.44	0.48	0.48	0.52
เฉลี่ย	0.76	0.90	0.92	0.82	0.91	0.85	1.01

ที่มา : กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน, 2555

ตารางที่ 2.5 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) โดยวิธี Penman-Monteith รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จังหวัด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
หนองคาย	3.1	3.8	4.6	4.6	4.0	3.6	3.5	3.4	3.5	3.6	3.3	3.0
เลย	3.3	4.1	4.8	5.1	4.4	4.1	3.7	3.6	3.6	3.6	3.2	3.0
-สถานฯเกษตร เลย	3.2	4.0	4.7	4.8	4.2	3.9	3.9	3.4	3.8	3.5	3.4	3.0
อุดรธานี	3.3	4.1	4.9	5.2	4.6	4.1	3.7	3.6	3.6	3.7	3.7	3.2
สกลนคร	3.4	4.1	4.9	5.0	4.4	4.0	3.6	3.4	3.9	3.9	3.6	3.3
-สถานฯเกษตร สกลนคร	3.1	3.8	4.5	5.0	4.4	4.3	3.9	3.7	4.0	3.8	3.4	3.1
นครพนม	3.3	3.9	4.3	4.5	4.0	3.5	3.4	3.3	3.5	3.6	3.6	3.2
-สถานฯเกษตร นครพนม	3.5	4.0	4.5	5.0	4.3	4.3	3.8	3.3	3.8	3.6	3.6	3.3
ขอนแก่น	3.7	4.2	5.1	5.0	4.7	4.3	3.9	3.7	3.6	3.8	3.8	3.6
-สถานฯเกษตร ท่าพระ	3.2	3.8	4.5	4.8	4.3	3.9	3.9	3.4	3.5	3.6	3.5	3.2
มุกดาหาร	3.7	4.2	5.0	5.2	4.1	3.6	3.6	3.4	3.6	3.8	4.0	3.5
มหาสารคาม	3.6	4.2	4.7	5.2	4.6	4.2	3.8	3.6	3.6	3.8	3.8	3.6
กาฬสินธิ์	4.2	4.9	5.4	5.5	4.8	4.3	4.2	3.7	3.7	4.1	4.3	4.1
ชัยภูมิ	3.6	4.2	5.0	5.1	4.5	4.1	3.8	3.6	3.6	3.8	3.9	3.5
ร้อยเอ็ด	3.5	4.1	4.7	4.8	4.2	3.9	3.8	3.6	3.6	3.6	3.7	3.5
-สถานฯเกษตร ร้อยเอ็ด	4.0	4.4	4.9	5.3	4.6	4.6	4.2	3.9	3.6	3.8	4.1	3.9
อุบลราชธานี	4.0	4.5	4.9	5.0	4.5	4.0	3.9	3.7	3.4	3.7	4.2	4.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถานฯเกษตรอุบลราชธานี	3.6	3.7	4.2	4.1	3.7	3.6	3.6	2.9	3.2	3.3	3.6	3.4
ศีรสะเกษ	.-	.-	.-	.-	.-	.-	.-	.-	.-	.-	.-	.-
-สถานฯเกษตร ศีรสะเกษ	3.4	3.9	4.6	4.8	4.4	4.4	4.2	3.7	3.9	3.6	3.8	3.5
นครราชสีมา	3.4	4.0	4.4	4.6	4.2	4.0	3.9	3.8	3.4	3.4	3.5	3.4
-สถานฯเกษตร ปากช่อง	4.7	4.7	5.0	4.8	4.2	4.5	4.3	4.0	3.4	3.5	4.4	4.5
โชคชัย	3.5	4.2	4.7	4.7	4.1	4.2	3.8	3.7	3.3	3.6	3.6	3.4
สุรินทร์	3.8	4.4	4.8	4.9	4.2	4.1	3.7	3.6	3.6	3.7	3.8	3.8
-สถานฯเกษตร สุรินทร์	3.5	4.0	4.4	4.6	4.0	4.0	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7	3.4
ท่าตูม	3.5	4.2	4.8	5.0	4.4	4.0	4.0	3.5	3.6	3.7	3.9	3.6
บุรีรัมย์	4.2	4.8	5.3	5.5	4.7	4.7	4.1	3.7	3.6	3.9	4.1	4.0
นางรอง	3.6	4.2	4.8	4.9	4.4	4.0	3.9	3.6	3.6	3.8	3.9	3.6

2.4 การให้น้ำในระบบน้ำหยด

ระบบให้น้ำแบบหยด เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นเขตแห้งแล้งใช้สำหรับการปลูกพืชเกือบทุกชนิด หลักการของการใช้น้ำหยดคือให้ความชื้นแก่ดินในรูปของกรวยตัดแล้วให้รากพืชเจริญเติบโต อยู่ภายในกรวยของความชื้นนั้น โดยรักษาความชื้นในดินให้อยู่ในระดับความชื้นชลประทาน (Field Capacity) ตลอดเวลา สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการให้น้ำแก่พืชหลายชนิด ช่วยให้สามารถประหยัดน้ำได้เป็นอย่างดี วิธีนี้เป็นที่นิยมทั่วไปและมีบทบาทมากขึ้นในอนาคต โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำและแรงงานในการให้น้ำ

การให้น้ำหยดใต้ผิวดิน เป็นการให้น้ำแก่พืชโดยอาศัยหลักการยกระดับน้ำใต้ดินให้เข้าสู่เขตรากซึ่งอาจเป็นการให้น้ำโดยใช้ระบบท่อใต้ผิวดิน ซึ่งการให้ใต้ผิวดิน มีข้อดีคือ ช่วยลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยของน้ำ และสะดวกในการจัดการดูแลรักษา เช่น การปลูกใหม่ การกำจัดวัชพืชระหว่างแถวไม่จำเป็นต้องรื้อถอนระบบน้ำ และมีการศึกษาพบว่ามีผลตอบแทนที่คุ้มค่าในพืชหลายชนิด (Ayars et al, 1999) แต่จุดอ่อนของการใช้ระบบให้น้ำใต้ผิวดินคือ การที่รากชอนไชเข้าไปในระบบให้น้ำ แต่สามารถป้องกันได้โดยใช้ phosphoric acid ที่ความเข้มข้น 13-15 mg/L (Howell et al, 1997)

ในประเทศไทยมีการประยุกต์วิธีการให้น้ำใต้ผิวดินในไร่อ้อย ซึ่งระบบน้ำหยดแบบฝังใต้ดินมีคุณสมบัติที่ดีต่อต้นอ้อยและเกษตรกรในหลายๆ ด้าน คือ เพิ่มผลผลิตอ้อยให้สูงขึ้น เพราะได้รับธาตุอาหารอย่างพอเพียงต่อความต้องการสามารถไว้ตอได้นานขึ้น เนื่องจากเมื่อตัดอ้อยไปแล้วสามารถให้น้ำ และปุ๋ย อย่างต่อเนื่องเพื่อฤดูปลูกต่อไปได้และระบบน้ำใต้ดินมีอายุการใช้งานได้หลายปี เพิ่มค่าความหวาน (% CCS) เนื่องจากได้รับธาตุอาหารที่ครบถ้วน และในปริมาณที่พอเหมาะประหยัดน้ำและปุ๋ย เพราะใช้น้ำน้อยกว่าและสามารถให้ปุ๋ยไปพร้อมกับน้ำได้ นอกจากนี้ทำให้การจัดการในไร่

อ้อยสะดวกขึ้นเพราะสามารถนำเครื่องจักรเข้าไปใช้งานในแปลงได้ และยังป้องกันการเจริญเติบโตของวัชพืชต่างๆ เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายเรื่องสารเคมีปราบวัชพืช ป้องกันการกัดเซาะผิวหน้าดิน และการกระจายตัวขึ้นของดินเค็มในพื้นที่วงเปียก (เนต้าฟิม, มปป)

ข้อดีของระบบน้ำหยดมีหลายประการ ได้แก่ 1) มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูง เมื่อเทียบกับการให้น้ำโดยวิธีอื่นๆ 2) ใช้ได้กับพื้นที่ทุกประเภทไม่ว่าดินร่วน ดินทราย หรือดินเหนียว 3) สามารถใช้กับพืชประเภทต่างๆ ได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นพืชที่ต้องการน้ำขัง 4) เหมาะสำหรับพื้นที่ขาดแคลนน้ำ ต้องการใช้น้ำอย่างประหยัด 5) ช่วยให้พืชมีรากฝอยเพิ่มขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้น้ำและธาตุอาหารได้ดี มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Raj et al., 2013) 6) ใช้แรงงานในการให้น้ำน้อย และสามารถให้ปุ๋ย สารเคมีอื่นๆ เช่น สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ไปพร้อมกับระบบน้ำได้ ซึ่งนอกจากจะประหยัดเวลาในการให้น้ำ ใส่ปุ๋ย และกำจัดวัชพืช แล้วยังเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของพืชได้มากกว่า 75 % อีกด้วย (Thomas et al., 2003) 7) สามารถควบคุมปริมาณน้ำและปุ๋ยได้พอดีกับปริมาณที่พืชต้องการ

ข้อจำกัดของระบบน้ำหยด ได้แก่ 1) อุปกรณ์ให้น้ำโดยวิธีนี้มีราคาสูง กลไกซับซ้อน ผู้ใช้ต้องมีความรู้ความเข้าใจในอุปกรณ์ส่วนต่างๆ และการบำรุงรักษา ตลอดจนต้องขยันตรวจสอบ เผื่อมีการรั่วซึม เสียหาย จึงจะใช้วิธีการให้น้ำโดยวิธีนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) ถ้าน้ำไม่สะอาดจะอุดตันได้ง่าย ใช้งานได้ไม่นาน 3) มักพบแมลง หรือสัตว์ กัดทำลาย

2.5 การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (Fertigation) คือ การให้ปุ๋ยโดยผสมปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้หมดลงไปในระบบน้ำซึ่งเมื่อพืชดูดน้ำไปใช้ก็จะมีการดูดธาตุอาหารขึ้นไปด้วยเป็นการให้ทั้งน้ำและปุ๋ยไปพร้อมกันในเวลาและบริเวณที่พืชต้องการ สามารถลดแรงงานในการให้ปุ๋ย ลดการชะล้างปุ๋ยเลยเขตรากพืช การแพร่กระจายปุ๋ยสม่ำเสมอบริเวณที่รากพืชอยู่ (มนตรี ค้ำชู, 2538) ระบบน้ำที่สามารถให้ปุ๋ยร่วมในระบบต้องเป็นการให้น้ำแบบประหยัดคือ ระบบน้ำหยด หรือ mini sprinkler การให้ปุ๋ยในระบบน้ำเป็นการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (ทองดี บ้านดอน, 2540) เพราะจำกัดอัตราการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้างปุ๋ยลึกลงไปเกินกว่าระดับราก และมีการกระจายตัวของปุ๋ยสม่ำเสมอ สามารถลดแรงงานการให้ปุ๋ย และถ้ามีการลงทุนระบบน้ำอยู่แล้วควรมีการให้ปุ๋ยของระบบน้ำไปพร้อมกัน เพราะมีการเพิ่มการลงทุนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่มีผลดีหลายด้านคือ สามารถลดแรงงานการให้ปุ๋ยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยได้ 10-50% ลดอันตรายจากการเค็มของปุ๋ยที่ให้ทางดิน ไม่ต้องนำรถเข้าไปใส่ปุ๋ยแปลงพืช ลดอัตราการแน่นของดิน (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) สามารถปรับสูตรปุ๋ยได้รวดเร็วทันความต้องการของพืช สามารถใช้ปุ๋ยธาตุอาหารจุลธาตุลงไปในระบบน้ำในรูปของเกลือละลายน้ำง่าย เช่น $ZnSO_4$ $MnSO_4$ และ $CuSO_4$ ทำให้ประหยัดการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ แต่ข้อเสียการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำคือ ปุ๋ยต้องละลายน้ำหมด และมีความบริสุทธิ์สูง ส่วนใหญ่มีราคาแพง แต่ถ้าสามารถผสมปุ๋ยเองจากแม่ปุ๋ย ซึ่งปัจจุบันหาซื้อได้ง่ายขึ้น จะ

สามารถทำให้ปุ๋ยราคาถูกลง แต่ผู้ที่ทำได้จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของปุ๋ยเป็นอย่างดี นอกจากนั้นแล้วต้องเข้าใจถึงคุณสมบัติของดินและน้ำ เพราะคุณสมบัติของดินและน้ำเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิด ปัญหาในระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำ การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (fertigation) จะให้ผลดีคุ้มค่าหรือไม่มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ โดยเฉพาะประเภทของระบบการให้น้ำที่จะมีการใช้ปุ๋ยควบคู่กันไป ชนิดปุ๋ยเคมีที่จะใช้ ชนิดดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทเนื้อดิน คุณภาพของน้ำชลประทาน ชนิดพืช และวิธีการปลูกพืชเป็นต้น (ปิยะ ดวงพัตรา, 2538)

ข้อดีของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

1) สามารถปรับสูตร และความเข้มข้นของปุ๋ยได้ทันที และรวดเร็ว ตามความต้องการของพืช และสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีการให้ปุ๋ยครั้งละน้อยๆ แต่บ่อยครั้ง จึงไม่ค่อยสะสมในดิน ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนสูตร หรือสัดส่วนของปุ๋ย พืชก็จะตอบสนองได้เร็วกว่าวิธีการที่ให้ครั้งละมากๆ ลงในดิน

2) เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยได้ 10-50 % (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2550) เนื่องจากการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ จะช่วยลดการชะล้างโดยเฉพาะไนโตรเจน และเป็นการให้ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอทั่วบริเวณรากพืช

3) ประหยัดปุ๋ย เพราะเป็นวิธีการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูง โดยพืชจะได้รับปุ๋ยมากกว่าวิธีการให้แบบอื่น นอกจากนี้ยังลดการสูญเสียเนื่องจากการตกค้างในดิน การสูญเสียเนื่องจากการชะล้างปุ๋ยออกไปเลยเขตรากพืช ลดการสูญเสียเนื่องจากการขนส่งปุ๋ยเข้าไปในแปลงปลูกพืช และลดปัญหาการถูกชะล้างเมื่อฝนตกหลังจากการให้ปุ๋ยไปแล้ว

4) ลดแรงงานในการให้ปุ๋ย เนื่องจากปุ๋ยไปกับน้ำ การใส่ปุ๋ยโดยใช้แรงคนเป็นงานหนัก ต้องอาศัยแรงงานค่อนข้างมาก และการให้ปุ๋ยมักไม่ค่อยทั่วถึง หากใช้เครื่องจักรใส่ปุ๋ยค่าลงทุนค่อนข้างสูงอาจทำให้เกิดการอัดตัวแน่นของดินได้ การให้ปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำพืช นอกจากสะดวกในการให้ปุ๋ยแล้วยังสามารถให้บ่อยครั้งได้ตามความเหมาะสม

5) สามารถให้ปุ๋ยตามปริมาณและความต้องการของพืชได้ ซึ่งสามารถกำหนดปริมาณและสัดส่วนปุ๋ยที่แน่นอนในการให้แต่ละครั้ง นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มธาตุอาหารบางชนิดที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อยเพื่อการเจริญเติบโต โดยผสมลงในสารละลายปุ๋ยที่จะให้แก่พืช ซึ่งการให้ปุ๋ยแก่พืชโดยวิธีอื่นทำไม่ได้

ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้วิธีให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

1) ปุ๋ยที่ใช้ต้องละลายน้ำหมดและมีความบริสุทธิ์สูง จึงมีราคาแพง และถ้าจะผสมปุ๋ยใช้เองซึ่งมีราคาถูกกว่าปุ๋ยสำเร็จรูปมาก ต้องใช้แม่ปุ๋ยทำให้หาซื้อได้ยาก

2) ต้องมีความรู้ และเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของดิน ปุ๋ย และน้ำที่ใช้ เนื่องจากปุ๋ยบางชนิดไม่สามารถผสมด้วยกันได้ที่ความเข้มข้นสูง ๆ นอกจากนี้ผลของเกลือที่ละลายอยู่เดิมในน้ำและค่า pH ของน้ำก็จะมีผลต่อการละลายของปุ๋ยบางชนิด และมีผลต่อการตกตะกอนของปุ๋ยด้วย ดังนั้นการใช้ปุ๋ยในระบบน้ำควรมีการหาความรู้ในส่วนนี้

3) ค่าติดตั้งระบบขั้นต้นมีราคาสูงในที่นี้หมายรวมถึงระบบการให้น้ำด้วย คือ อาจเป็นแบบน้ำหยด หรือ แบบ Mini sprinkle ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียอยู่แล้วส่วนอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อให้ปุ๋ยในระบบน้ำเมื่อเทียบกับทั้งระบบถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มเติมขึ้นมาน้อยมาก ดังนั้นหากมีการเดินระบบให้น้ำอยู่แล้วควรอย่างยิ่งที่จะต้องมีระบบให้ปุ๋ยในระบบน้ำเพิ่มเข้าไปด้วย

2.6 การควบคุมการให้น้ำสำหรับพืช

2.6.1 การควบคุมให้น้ำโดยการคำนวณโดยใช้หลักการ water balance

โดยทั่วไปการวัดปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (Crop evapotranspiration, ETc) สามารถคำนวณได้จากค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential evapotranspiration, ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ดังแสดงในสมการ

$$ETc = ETp \times Kc$$

จากสมการที่ใช้คำนวณ จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำที่ต้องให้กับอ้อย (ETc) ต้องคำนวณจากค่า ETp ซึ่งเป็นค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพอากาศที่อาจมีความแปรปรวน อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น ซึ่งหากค่า ETp ที่วัดได้มีความแปรปรวน จะส่งผลทำให้ค่า ETc คลาดเคลื่อนได้ สำหรับค่า Kc เป็นอีกค่าหนึ่งที่ใช้ในการคำนวณ ETc ค่านี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่นเดียวกัน ได้แก่ อายุ การเจริญเติบโต และชนิดของพืช (ดิเรก และคณะ, 2545) นอกจากนี้ปริมาณการให้น้ำที่ให้แก่พืชในแต่ละครั้ง ยังต้องคำนึงถึงความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Water holding capacity, WHC) ซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดิน การให้น้ำดังกล่าวจำเป็นต้องมีการคำนวณหารูปแบบการให้น้ำ (ปริมาณและความถี่ของการให้น้ำ) ในทุกพื้นที่ที่ปลูกพืชหรือเมื่อช่วงเวลาในการปลูกเปลี่ยนไปต้องมีการคำนวณใหม่ทั้งหมด ซึ่งการคำนวณทำได้ยากโดยเกษตรกร นอกจากนั้นแล้วยังมีจุดอ่อน เพราะค่า ETp มักคำนวณจากสภาพภูมิอากาศในอดีตที่ผ่านมาเพื่อความสะดวกและทันต่อการวางแผนให้น้ำ แต่สภาพภูมิอากาศในปัจจุบันมีความแปรปรวนอยู่ตลอดเวลาทำให้การคำนวณ ค่า ETp และค่าความต้องการน้ำของพืช (ETc) เกิดความผิดพลาดได้ และถ้าหากจะใช้สภาพอากาศในขณะปลูกพืชในการคำนวณก็ทำได้ยากเพราะอาจมีความจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์จำนวนมากใกล้กับพื้นที่ปลูก เพื่อให้ได้ข้อมูลหลายอย่างที่ทันสมัย ส่วนค่า Kc ที่นำมาใช้อาจมีความไม่แน่นอน เพราะพืชแต่ละชนิดถ้าต่างพันธุ์หรือปลูกในสภาพที่ต่างกัน หรือมีการจัดการที่ต่างกัน ก็จะทำให้การเจริญเติบโตและปริมาณการใช้น้ำก็ต่างกันออกไปด้วย

2.6.2 การควบคุมการให้น้ำโดยการวัดความชื้นในดินโดยตรง

ปัจจุบันการให้น้ำแก่พืชหลายชนิด ได้นำ sensor มาใช้วัดความชื้นในดิน และควบคุมการให้น้ำแก่พืช โดย sensor จะวัดความชื้นและเก็บข้อมูล จากนั้นเมื่อนำข้อมูลไปใช้ในการตัดสินใจให้น้ำหรือเชื่อมต่อกับเครื่องควบคุมการจ่ายน้ำ เครื่องจะจ่ายน้ำให้โดยอัตโนมัติ ซึ่งการให้น้ำระบบน้ำหยดที่ควบคุมโดย sensor จะช่วยให้การให้น้ำพอดีกับการใช้น้ำของพืช และยังช่วยลดการสูญเสียน้ำ โดยมีหลายงานวิจัยที่พบว่าการปลูกพืชโดยใช้ระบบน้ำหยดที่ใช้ sensor ตรวจวัดความชื้นในดิน มีผลทำให้การให้น้ำมีความเที่ยงตรง ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำ ลดค่าใช้จ่าย และยังใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Yildirim and Demirel, 2011) ตัวอย่างการใช้ sensor เพื่อผลิตพืชบางชนิด เช่น การปลูก zucchini squash โดยใช้การควบคุมการให้น้ำด้วย sensor สามารถประหยัดน้ำได้ 33-80% แต่ไม่มีผลกระทบต่อผลผลิต (Zotarelli et al., 2008) สำหรับในสนามหญ้าพบว่าระบบดังกล่าวสามารถลดการใช้น้ำได้สูงถึง 65% และได้หญ้าที่มีคุณภาพดี (Cardenas-Lailhacar and Dukes, 2012) นอกจากนี้ในการปลูกมะเขือเทศพบว่าการให้น้ำระบบนี้ช่วยลดปริมาณการให้น้ำได้ 15-51% และยังช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนจากดิน และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 11-80% (Zotarelli et al., 2009)

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายใช้อุปกรณ์แอนด์ดรอยด์ (Android devices) หรือแท็บเล็ตแอนด์ดรอยด์ (Android tablet) โดยในอุปกรณ์แอนด์ดรอยด์ดังกล่าวมีสมองกลฝังตัวที่มีฮาร์ดแวร์พร้อมใช้งาน มีการประมวลผลไม่ซับซ้อน สามารถประยุกต์ใช้งานได้ดีทั้งในด้านของการแสดงผลบนจอภาพแบบสัมผัส (Touch screen display) และการติดต่อกับผู้ใช้งานแบบกราฟิก (Graphic user interface) สามารถทำการ ติดต่อสื่อสารแบบไร้สายผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่และผ่านอุปกรณ์บลูทูช (Bluetooth devices) รวมถึง การเชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์ระดับต่ำ (Low-level interface) เช่น อุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์เซ็นเซอร์ได้

การนำ sensor มาประยุกต์ใช้กับอ้อยยังมีข้อมูลจำกัด จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพในสภาพแปลงปลูกพืชจริงที่มีความแปรปรวนจากปัจจัยต่างๆ เช่น เนื้อดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และคุณสมบัติอื่นๆ ของดิน รวมถึงสภาพแวดล้อมอื่นรอบต้นพืช เป็นต้น นอกจากนี้ในการวัดความชื้นดินเพื่อกำหนดการให้น้ำต้องวัดในบริเวณที่รากพืชสามารถดูดใช้น้ำได้ ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษาตำแหน่งและระดับความลึกที่เหมาะสมในการติดตั้ง sensor ในสภาพแปลงปลูกเพื่อให้สามารถตรวจสอบความชื้นที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ได้จริง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการทดลอง 2 การทดลอง

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการให้น้ำและปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับการผลิตอ้อย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการให้น้ำและปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับการผลิตอ้อย โดยมีการติดตามการเจริญเติบโตและผลผลิตจากอ้อยปลูกถึงอ้อยตอ 3 ทำการทดลองในดินที่มีเนื้อดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินแตกต่างกัน 2 ชนิดซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองแสดงในตารางที่ 3.1 โดยในดินแต่ละชนิดวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธีคือ

T1. ไม่ให้น้ำ+ปุ๋ยทางดินตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)

T2. ให้น้ำหยด+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)

T3. ให้น้ำหยด+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย

T4. ให้น้ำหยด+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม

3.1.1 วิธีการปลูก

ดำเนินการทดลอง ณ.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา ใช้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ทำการปลูกโดยใช้รถปลูก ระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร หลังจากปลูกแบ่งแปลงตามกรรมวิธีโดยให้มีขนาดแปลงย่อยกว้าง 12 เมตรยาว 10 เมตร โดยทำการปลูกอ้อยครั้งแรกในเดือนมกราคม พ.ศ. 2556 และเก็บผลผลิตอ้อยที่อายุ 12 เดือนของทุกปี

3.1.2 การให้ปุ๋ย

ในทุกปีจะมีการให้ปุ๋ยเหมือนกันคือ ในกรรมวิธีที่ T1 (ใส่ปุ๋ยทางดินโดย) แบ่งใส่ 2 ครั้งๆละครึ่งหนึ่ง ที่อายุอ้อย ประมาณ 1 เดือนและ 3 เดือน

การให้ปุ๋ยในกรรมวิธีที่ T2-T4 (ให้ทางระบบน้ำ) จะแบ่งให้ปุ๋ย ครั้งละเท่าๆ กันจำนวน 5 ครั้งห่างกันครั้งละ 2 สัปดาห์โดยเริ่มให้ครั้งแรกที่อ้อยอายุ 30 วัน

ปริมาณธาตุอาหารหลักของ T1 และT2 ให้ตามผลวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)

ปริมาณธาตุอาหารหลักของ T3 และT4 ให้ตามศักยภาพของผลผลิตอ้อยโดยคาดการณ์ว่าในสภาพที่มีการให้น้ำอ้อยจะมีศัยภาพให้ผลผลิตได้ 25 ตัน/ต่อไร่ โดยปริมาณธาตุอาหารคำนวณจากสมการของ Nutrient balance ดังต่อไปนี้

$$NS = \frac{NR-(SAN - SM)}{Ue}$$

NS = ปริมาณธาตุอาหารที่ให้ (Nutrient supply)

NR = ความต้องการธาตุอาหารของพืช (Nutrient requirement)

SAN = ปริมาณธาตุอาหารในรูปเป็นประโยชน์ในดิน (Soil available nutrient)
SM = ปริมาณธาตุอาหารขั้นต่ำที่ควรมีอยู่ในดิน (Safe margin)
Ue = ประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารของพืช (Nutrient uptake efficiency)

โดยอ้อย 1 ตันจะมีการดูดใช้ธาตุ N, P และ K เท่ากับ 1.48, 0.22 และ 2.31 กก./ไร่ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของอ้อยโดยวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ ใช้ค่าประมาณ คือ 80% สำหรับ N 60% สำหรับ P และ 80% สำหรับ K

ส่วนธาตุอาหารรองจะให้พร้อม N, P และ K ในระบบน้ำโดยปริมาณที่ให้เท่ากับ 50% ของความต้องการของอ้อย โดยอ้อยผลผลิต 1 ตันมีความต้องการ Ca, Mg และ S เท่ากับ 0.43, 0.38, 0.36 กก./ตัน ตามลำดับ (อ้างอิงจาก Australian Sugarcane Nutrition Manure)

ปริมาณธาตุอาหารของแต่ละกรรมวิธีแสดงในตารางที่ 3.2 ปุ๋ยที่ใส่ทางดิน (T1) คือ ยูเรีย (46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และ โปตัสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ส่วนปุ๋ยทางระบบน้ำ (T2-T4) ใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (12-60-0) โปแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) แคลเซียมไนเตรท และแมกนีเซียมซัลเฟต มาผสมกันให้ได้ธาตุอาหารตามกรรมวิธีที่กำหนด ส่วนธาตุอาหารเสริมใช้ธาตุอาหารเสริมรวมฉีดพ่นทางใบระหว่างอายุ 1-3 เดือนจำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของดินก่อนปลูกอ้อยในการทดลองที่ 1

คุณสมบัติของดิน	**ดินร่วนเหนียว**	**ดินร่วนทราย**	**ค่าที่เหมาะสม (กรมวิชาการเกษตร, 2544)**
pH	7.81	6.03	5.6-7.3
EC (เดซิซีเมนส์./ม.)	246	120	-
Organic matter (%)	1.76	1.50	1.5-2.5
Available P (มก. /กก.)	46.0	21.5	10-20
Exchangeable K (มก. /กก.)	145	62.	80-150
Exchangeable Ca (มก. /กก.)	2435	1340	215-487
Exchangeable Mg (มก. /กก.)	218	88.3	29-73
Available Fe (มก. /กก.)	27.8	13.4	-
Available Mn (มก. /กก.)	8.93	7.03	-
Available Cu (มก. /กก.)	0.55	0.23	>0.2
Available Zn (มก. /กก.)	3.71	0.71	>0.6
Field capacity (%V)	37.49	26.42	-
Permanent wilting Point (%V)	21.25	14.20	-
Available water holding capacity (%V)	16.24	12.22	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 ปริมาณธาตุอาหารที่ให้ในแต่ละกรรมวิธีของการทดลองที่ 1

กรรมวิธี	ปริมาณธาตุอาหาร (กก./ไร่)					
	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	S
ดินร่วนเหนียว						
T1	12	3	6	-	-	-
T2	12	3	6	-	-	-
T3	15.5	7.8	8.4	-	-	-
T4	15.5	7.8	8.4	5.4	4.7	4.5
ดินร่วนทราย						
T1	12	6	12	-	-	-
T2	12	6	12	-	-	-
T3	21	12.6	28	-	-	-
T4	21	12.6	28	5.4	4.7	4.5

3.1.3 การให้น้ำ

การให้น้ำ ให้ตามปริมาณการใช้น้ำของพืช (ETc) คำนวณจากค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดยปริมาณการให้น้ำในแต่ละครั้ง จะคำนวณให้จนถึงจุด Field Capacity ของดิน โดยในช่วงเดือนแรกหลังปลูก คำนวณที่ความลึก 15 ซม. แต่หลังจาก 2 เดือน การให้น้ำคำนวณที่ความลึก 30 ซม. การให้น้ำครั้งถัดไปปล่อยให้พืชได้ใช้น้ำครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Available water holding capacity, AWHC) ในกรณีที่มีฝนตกมากกว่าค่า ETc จะลดการให้น้ำและเลื่อนระยะเวลาการให้น้ำให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝน

3.1.4 การเก็บข้อมูล

1. วิเคราะห์คุณสมบัติดินก่อนการทดลอง และหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยตอที่ 1 และ 3 ดังนี้

1) วิเคราะห์ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยใช้อัตราส่วนดิน : น้ำ เท่ากับ 1:1 ด้วยเครื่อง pH meter

2) วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity : EC) โดยใช้อัตราส่วนดิน : น้ำ เท่ากับ 1:5 ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter

3) วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ด้วยวิธี Walkley and Black (Black, 1965) วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ด้วยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945)

4) วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca และ Mg) โดยสกัดดินด้วย NH_4OAC เข้มข้น 1.0 M วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones, 2001)

5) วิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง (available Fe, Mn, Cu และ Zn) สกัดดินด้วย DTPA วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Lindsay et al., 1978)

2. ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตอ้อย

เก็บเกี่ยวอ้อยที่อายุประมาณ 12 เดือน โดยเก็บข้อมูลจากตัวอย่างอ้อยในแต่ละแปลงทดลองตามมาตรฐานการทดลองและการบันทึกข้อมูลพืชไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2540; กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่, 2544) ดังนี้

1) ความสูง วัดจากโคนคอใบสุดท้ายที่มองเห็น (Top Visible Dewlap: TVD) โดยสุ่มจาก 10 ลำ จากอ้อย 4 แถวกลาง แล้วหาค่าเฉลี่ย

2) น้ำหนักลำ (กก./ลำ) สุ่มจากอ้อย 10 ลำ จาก 4 แถวกลาง แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยน้ำหนัก/ลำ

3) จำนวนลำ (ลำ/ไร่) ตรวจนับจำนวนลำทั้งหมดที่ตัดได้จาก 4 แถวกลางของแต่ละกรรมวิธี และคำนวณเป็นจำนวนลำ/ไร่

4) ผลผลิต (ตัน/ไร่) โดยเก็บจาก 4 แถวกลางยาว 6 เมตร ของแต่ละกรรมวิธี ชั่งน้ำหนักรวมแล้วคำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่

5) วิเคราะห์ค่าความหวาน (Brix) โดยใช้ Reflectometer โดยสุ่มจากอ้อย 10 ลำ

3. ประเมินต้นทุนการผลิต และผลตอบแทน

เก็บข้อมูลต้นทุนการปลูกอ้อย โดยค่าแรงงานอ้างอิงจากค่าแรงงานขั้นต่ำ ส่วนค่าการเตรียมดิน ค่าท่อนพันธ์ ปุ๋ยสารเคมี และอุปกรณ์อื่นๆ ใช้ข้อมูลของราคาในจังหวัดนครราชสีมา ต้นทุนระบบน้ำและระบบให้ปุ๋ยทางน้ำใช้ค่าเฉลี่ย (ต่อไร่) จากค่าวัสดุอุปกรณ์ และค่าแรงงานจากการติดตั้งระบบน้ำในพื้นที่ 10 ไร่

3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้โปรแกรม SPSS V.16 (SPSS Inc.,2006)

3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการควบคุมการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อการปริมาณน้ำที่ใช้การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

ดำเนินการทดลอง ณ.ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา ในดินร่วนเหนียวปนทราย

วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี ได้แก่

T1 การให้น้ำจากการคำนวณความต้องการน้ำของอ้อย (ETc)

T2 การให้น้ำตามความชื้นที่วัดได้จาก soil-moisture sensor ซึ่งมีการติดตั้งที่ระดับความลึก 15 และ 30 ซม.

T3 การให้น้ำตามความชื้นที่วัดได้จาก soil-moisture sensor ซึ่งมีการติดตั้งที่ระดับความลึก 25 และ 50 ซม.

3.2.1 วิธีการดำเนินการ

1) ทำการวิเคราะห์ดิน โดยวิเคราะห์ค่า Field Capacity และ Permanent Wilting Point ของดิน จากนั้นคำนวณหาค่า Water Holding Capacity ของดิน เพื่อกำหนดการให้น้ำตามกรรมวิธีการทดลอง (ตารางที่ 3.3)

2) ปลูกอ้อยพันธ์ขอนแก่น 3 แบบแถวเดี่ยวให้มีระยะห่างระหว่างแถว 1.50 เมตร ขนาดแปลงย่อย 12 x 12 เมตร วางระบบน้ำหยด โดยใช้เทปน้ำหยด ที่มีอัตราการไหล 2 ลิตร/ชั่วโมง และมีระยะระหว่างรูน้ำหยด 30 ซม. 1 เส้น/แถวอ้อย โดยปลูกอ้อยต้นเดือนมีนาคม 2560 และเก็บผลผลิตอ้อยที่อายุ 12 เดือน การดูแลรักษาและการให้ปุ๋ยเหมือนการทดลองที่ 1 โดยมีการให้ปุ๋ยในระบบน้ำในทุกกรรมวิธี โดยปริมาณธาตุอาหารที่ให้ คือ 15.5, 7.8 และ 8.4 กก. N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่

3) ในกรรมวิธี T2 และ T3 ติดตั้ง sensor วัดความชื้นดินชนิด EC 5 ที่วัดความชื้นดินแบบ volumetric water content พร้อมอุปกรณ์ส่งสัญญาณแบบไร้สาย โดยในแต่ละแปลงย่อยมี sensor 2 ระดับความลึกตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยที่สัญญาณจะถูกส่งไปที่แผงควบคุมและประมวลผลเพื่อให้ได้ค่าความชื้นของดินสำหรับใช้ในการให้น้ำ

4) การให้น้ำ ในกรรมวิธี T1 (การให้น้ำจากการคำนวณ) จะทำการคำนวณความต้องการน้ำของอ้อย (ETc) จากค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดยปริมาณการให้น้ำในแต่ละครั้งจะใช้หลักการ water balance โดยคำนวณการให้น้ำจนถึงจุด Field Capacity (FC) ของดิน โดยในเดือนแรกหลังปลูก คำนวณที่ความลึก 15 ซม.เพราะรากอ้อยยังไม่ลึก แต่หลังจากเดือนที่ 2 เป็นต้นไป การให้น้ำคำนวณที่ความลึก 30 ซม. การให้น้ำครั้งถัดไปจะปล่อยให้พืชได้ใช้น้ำครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (50% AWHC) จึงให้น้ำกลับมาที่ Field Capacity ในกรณีที่มีฝนตกมากกว่าค่า ETc จะงดการให้น้ำหรือเลื่อนระยะเวลาการให้น้ำให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่ตกค้างอยู่ในดิน

กรรมวิธีที่ 2–3 กำหนดการให้น้ำเมื่อความชื้นในดิน (วัดจาก sensor) ลดลงจนถึง 50% ของ AWHC ซึ่งเท่ากับความชื้น 26.5% (ตารางที่ 3.3) โดยในเดือนแรก ใช้ความชื้นที่วัดได้จาก sensor ตัวบน (ที่ระดับความลึก 15 หรือ 25 ซม.) แต่หลังจากอ้อยอายุ 2 เดือน ใช้ความชื้นจากค่าเฉลี่ยของ sensor ทั้งตัวบนและล่าง โดยปริมาณการให้น้ำจะให้จนถึงระดับ FC ที่ระดับความลึกของ sensor ตัวบนในเดือนแรกหลังปลูก แต่หลังจากอายุ 2 เดือน การให้น้ำจะให้จนถึงระดับ FC ที่ความลึกของ sensor ตัวล่าง

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติการอุ้มน้ำของดินในการทดลองที่ 2

คุณสมบัติ	**ความชื้นดิน (% V)**
Field capacity (FC)	34.5
Permanent wilting point (PWP)	18.5
Available water holding capacity (AWHC)	16.0
ระดับความชื้นที่กำหนดให้น้ำ (50%AWHC)	26.5

3.2.2 การเก็บข้อมูล

1) การเจริญเติบโต (ความสูง จำนวนหน่อต่อพื้นที่) ที่อายุ 2-10 เดือน สุ่มวัดจากอ้อย 4 แถวกลาง แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยต่อไร่

2) วัดปริมาณ Chlorophyll โดยใช้ Spad Chlorophyll Meter บนใบที่ 3 และ 4 นับจากยอดที่อายุ 4 และ 6 เดือน

3) ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และค่าความหวาน (Brix) ที่อายุ 12 เดือน (มีรายละเอียดการวัดเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1)

4) บักทึกจำนวนครั้งการให้น้ำและปริมาณการให้น้ำ คำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำจากสมการ

ประสิทธิภาพการใช้น้ำ = ผลผลิต / ปริมาณน้ำที่ให้

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะต่างๆ พร้อมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการทดลอง โดยใช้โปรแกรม SPSS V.16 (SPSS Inc., 2006)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการให้น้ำและปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับการผลิตอ้อย

4.1.1 ผลการทดลองในดินร่วนเหนียว

1) ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและความหวานของอ้อย

จากการเก็บข้อมูล ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและความหวานของอ้อย ติดต่อกัน 4 ปี (อ้อยปลูก และอ้อยตอ 1-3)

ผลการทดลองในอ้อยปลูก (ปีแรก) พบว่าการให้น้ำทุกวิธีการ (T2-T4) ส่งผลให้ความสูงอ้อย จำนวนลำต่อไร่ น้ำหนักต่อลำ และผลผลิตอ้อยที่อายุ 12 เดือน สูงกว่าการไม่ให้น้ำ (T1) อย่างเด่นชัด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการให้น้ำด้วยกัน (T2-T4) พบว่า การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพการให้ผลผลิต (T3 และ T4) มีผลผลิตอ้อยสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (T2) แต่เมื่อเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อยที่ไม่มีการให้ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม (T3) กับมีการให้ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม (T4) พบว่าผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับความหวานพบว่าทุกกรรมวิธีไม่ทำให้ความหวานของอ้อยแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.1)

ผลการทดลองในอ้อยตอที่ 1-3 พบว่ามีผลการทดลองที่คล้ายกับในอ้อยปลูก คือการให้น้ำทุกวิธีการ (T2-T4) ส่งผลให้ความสูงอ้อย จำนวนลำต่อไร่ น้ำหนักต่อลำ และผลผลิตอ้อยที่อายุ 12 เดือน สูงกว่าการไม่ให้น้ำ (T1) และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพการให้ผลผลิต (T3 และ T4) มีผลผลิตอ้อยสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (T2) และเมื่อเปรียบเทียบการปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อยที่ไม่มีการให้ธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม (T3) กับมีการให้ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม (T4) พบว่าผลผลิตไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนความหวานของอ้อยพบว่า ทุกกรรมวิธีไม่ทำให้ความหวานของอ้อยแตกต่างกันทั้งในอ้อยตอที่ 1 2 และ 3 (ตารางที่ 4.2, 4.3 และ 4.4)

ในวิธีการไม่ให้น้ำ (T1) ผลผลิตของอ้อยลดลงจากอ้อยปลูกที่มีผลผลิต 16 ตัน/ไร่ ลงมาเหลือ 10.2 ตัน/ไร่ในอ้อยตอที่ 3 คิดเป็นผลผลิตลดลง 36% ในขณะที่การให้น้ำตามกรรมวิธีต่างๆ (T2-T4) ผลผลิตลดลงจากอ้อยปลูกที่ให้ผลผลิต 25.6, 29.3 และ 29.9 ตันต่อไร่ลงมาเป็น 19.4 25.3 และ 25.7 ตันต่อไร่ในอ้อยตอที่ 3 คิดเป็นผลผลิตที่ลดลง 24.2, 13.6 และ 14.0% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำและให้ปุ๋ยในระบบน้ำทุกวิธีการสามารถรักษาเสถียรภาพของผลผลิตได้ดีกว่าการไม่ให้น้ำอย่างเด่นชัด และการให้ปุ๋ยตามศัยภาพผลผลิตอ้อยสามารถรัษาระดับผลผลิตได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินปรกติ

การให้ปุ๋ยตามศักยภาพผลผลิต (T3 และT4) สามารถเพิ่มผลผลิตของอ้อยได้มากกว่าการให้ปุ๋ยตามค่าเคราะห์ดิน (T2) เนื่องจากการให้ปุ๋ยตามค่าเคราะห์ดินเป็นวิธีการให้ปุ๋ยแก่อ้อยที่ปลูกภายใต้สภาพน้ำฝน เป็นการให้ปุ๋ยที่ยังไม่ได้คำนึงศักยภาพผลผลิตของพืชที่อาจมีมากขึ้นตามการจัดการที่เหมาะสมกว่าปรกติ อัตราปุ๋ยที่ให้อาจยังไม่เพียงพอตามความต้องการของพืชที่สามารถให้ผลผลิตได้สูงเมื่อมีการให้น้ำเสริม ดังนั้นเมื่อมีการกำหนดให้ปุ๋ยตามศักยภาพของอ้อยซึ่งมีปริมาณปุ๋ยที่ให้มากขึ้นตามศักยภาพของผลผลิต (ตารางที่ 3.2) จึงทำให้ได้ผลผลิตที่สูงกว่า ส่วนการใส่ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม (T4) ไม่ทำให้ผลผลิตของอ้อยสูงกว่าการไม่ใส่ (T3) อาจเนื่องจากดินในการทดลองนี้มีปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้เพียงพออยู่แล้ว (ตารางที่ 3.1) การใส่ธาตุอาหารรองและเสริมจึงไม่เพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อย

ตารางที่ 4.1 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและความหวานของอ้อยในดินร่วนเหนียว (อ้อยปลูก)

ทรีตเมนต์	ความสูง (เมตร)	จำนวน ลำ/ไร่	นน/.ลำ (กก.)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	% Brix
T1) ไม่ให้น้ำ	2.23c	10,178b	1.70c	16.0c	22.3
T2) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)	2.90b	15,387a	1.86b	25.6b	22.9
T3) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย	3.06ab	15,805a	2.07a	29.3a	22.4
T4) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม	3.29a	15,670a	2.14a	29.9a	22.1
Cv (%)	6.23	7.29	3.64	12.1	4.41

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.2 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและความหวานของอ้อยในดินร่วนเหนียว (อ้อยตอ 1)

ทรีตเมนต์	ความสูง (เมตร)	จำนวน ลำ/ไร่	นน/.ลำ (กก.)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	% Brix
T1) ไม่ให้น้ำ+ปุ๋ยทางดิน	2.03b	10,850c	1.51b	13.8c	21.5
T2) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)	2.97a	14,820b	1.89a	24.3b	22.4
T3) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย	3.02a	16,826a	1.92a	28.0a	22.0
T4) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม	3.07a	16,608a	1.96a	28.6a	22.2
Cv (%)	2.55	6.32	5.77	5.38	2.85

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.3 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและความหวานของอ้อย ในดินร่วนเหนียว (อ้อยตอ 2)

ทรีตเมนต์	ความสูง (เมตร)	จำนวนลำ/ไร่	นน/.ลำ (กก.)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	% Brix
T1) ไม่ให้น้ำ+ปุ๋ยทางดิน	2.13b	9,950c	1.51b	14.2c	21.5
T2) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)	3.17a	12,820b	2.10a	24.4b	21.4
T3) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย	3.32a	13,826a	2.15a	27.7a	22.1
T4) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ ธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม	3.41a	13,608a	2.16a	28.9a	22.3
CV (%)	11.1	10.3	7.88	6.38	3.65

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.4 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและความหวานของอ้อย ในดินร่วนเหนียว (อ้อยตอ 3)

ทรีตเมนต์	ความสูง (เมตร)	จำนวนลำ/ไร่	นน/.ลำ (กก.)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	% Brix
T1) ไม่ให้น้ำ+ปุ๋ยทางดิน	2.11b	9,884c	1.091b	10.2c	22.5
T2) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)	2.96	11,520b	1.79a	19.4b	22.3
T3) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย	3.15a	14,127a	1.81a	23.7a	22.7
T4) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ ธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม	3.21a	14,315a	1.90a	25.3a	22.5
CV (%)	12.3	9.82	9.56	7.39	6.31

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) คุณสมบัติของดินหลังการทดลอง ทำการวิเคราะห์ดินหลังการเก็บผลผลิตในอ้อยตอที่ 1 และอ้อยตอที่ 3 จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการให้ปุ๋ยด้วยวิธีต่างๆ (ตารางที่ 4.5 และ 4.6) พบว่าไม่ส่งผลให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าความเค็ม (EC) อินทรียวัตถุในดิน (OM) ปริมาณธาตุอาหารหลัก (exchangeable K และ available P) แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในวิธีการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม (T4) ส่งผลให้ และธาตุอาหารรอง (exchangeable Ca และ Mg) สูงกว่าวิธีการอื่นๆ เล็กน้อย

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การให้ปุ๋ย N P และ K ที่มากขึ้นจากการให้ปุ๋ยตามศักยภาพผลผลิต (T3-T4) เทียบกับการให้ปุ๋ยตามผลการวิเคราะห์ดิน (T1 และT2) (ตารางที่ 3.2) ไม่มีผลตกค้างของปุ๋ย N (OM), P และ K ที่มากขึ้นอาจเป็นเพราะการใส่ปุ๋ยตามศักยภาพผลผลิต มีการดูดใช้ N, P และ K มากกว่าการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มผลผลิตในการใส่ปุ๋ยตามศักยภาพผลผลิตเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่สำหรับการใส่ธาตุอาหารรอง (T4) มีผลทำให้ปริมาณธาตุรอง (Ca และ Mg) เพิ่มสูงขึ้นอาจเป็นเพราะธาตุอาหารรองที่ใส่ลงไปไม่มีการดูดใช้ไปเพิ่มขึ้นเพราะในดินมีธาตุอาหารรองที่เพียงพออยู่แล้ว (ตารางที่ 3.1) จึงทำให้การใส่ธาตุอาหารเหล่านี้มีผลตกค้างในดินและการชะล้างก็มีน้อยเพราะเนื้อดินมีความละเอียดที่มีค่า CEC ที่สูงจึงสามารถดูดยึดธาตุอาหารที่เป็นประจุบวก (Ca และ Mg) ไว้ได้ สำหรับธาตุอาหารเสริมเป็นการฉีดพ่นทางใบในปริมาณที่ไม่สูงจึงไม่มีผลตกค้างในดินในกรรมวธีที่มีการใช้ (T4)

ตารางที่ 4.5 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกอ้อยตอ 1 ในแปลง ดินร่วนเหนียว

ทรีตเมนต์	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Av.P (มก./กก.)	Ex.K (มก./กก.)	Ex.Ca (มก./กก.)	Ex.Mg (มก./กก.)	Ex.Fe (มก./กก.)	Ex.Mn (มก./กก.)	Ex.Cu (มก./กก.)	Ex.Zn (มก./กก.)
ดินก่อนปลูก	7.81	0.25	1.76	46.0	145	2,435	218	27.8	8.93	0.55	3.71
T1	7.61	0.27	1.62	43.9	145	2,169b	192b	31.9	9.50	0.48	3.82
T2	7.67	0.26	1.86	44.8	146	2,303b	203b	32.0	9.44	0.63	3.95
T3	7.77	0.24	1.60	40.2	131	2,459b	215b	29.7	8.32	0.43	3.68
T4	7.77	0.26	1.76	44.8	146	2,744a	240a	32.0	9.34	0.53	3.85
%cv	2.00	4.79	6.00	4.85	4.57	5.63	5.52	6.28	6.71	15.0	12.9

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.6 ผลของวิธีการให้น้ำและปุ๋ยทางระบบน้ำต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกอ้อยตอ 3 ในแปลง ดินร่วนเหนียว

ทรีตเมนต์	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Av.P (มก./กก.)	Ex.K (มก./กก.)	Ex.Ca (มก./กก.)	Ex.Mg (มก./กก.)	Ex.Fe (มก./กก.)	Ex.Mn (มก./กก.)	Ex.Cu (มก./กก.)	Ex.Zn (มก./กก.)
ดินก่อนปลูก	7.81	0.25	1.76	46.0	145	2,435	218	27.8	8.93	0.55	3.71
T1	7.65	0.29	1.75	46.9	155	2,176b	198b	30.7	8.57	0.51	3.51
T2	7.63	0.28	1.76	45.7	147	2,204b	201b	29.0	8.49	0.55	3.53
T3	7.73	0.27	1.84	43.5	149	2,359b	211b	28.5	8.86	0.49	3.71
T4	7.69	0.29	1.79	45.7	143	2,845a	274a	33.1	9.31	0.54	3.86
%cv	3.24	5.63	5.75	5.56	5.47	6.39	7.39	7.89	6.35	11.3	11.2

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

3) ต้นทุน และผลตอบแทน

การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตอ้อยและผลตอบแทน จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าต้นทุนของอ้อยปลูกมีค่าสูงกว่าอ้อยตอ1 เนื่องจากมีค่าเตรียมดิน ค่าปลูก ค่าท่อนพันธุ์อ้อย และค่าวางระบบน้ำ (กรณีให้ระบบน้ำ) ดังนั้นในอ้อยตอ จึงมีผลกำไรที่สูงกว่าอ้อยปลูก ส่วนการเปรียบเทียบต้นทุนแปลงที่มีการให้น้ำกับไม่ให้น้ำ พบว่าแปลงที่ให้น้ำทั้ง 3 แปลง มีต้นทุนสูงกว่าแปลงไม่ให้น้ำ โดยวิธีการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริมเป็นวิธีการที่ใช้ต้นทุนสูงที่สุดทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ เนื่องจากมีค่าวางระบบน้ำ และค่าปุ๋ยทางระบบน้ำ ซึ่งวิธีนี้ได้รับธาตุอาหารพืชมากกว่าวิธีอื่นๆ

แต่เมื่อเทียบผลตอบแทน (กำไร) พบว่าผลตอบแทนของอ้อยจะสูงขึ้นชัดเจนในอ้อยตอ1 โดยเฉพาะการปลูกโดยใช้ระบบน้ำ และเมื่อเปรียบระหว่างกรรมวิธีการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ พบว่าการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย (T3) ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (T2) เนื่องจากสัดส่วนของปุ๋ยที่ให้มากกว่าวิธีการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินนั้นสามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยได้ถึง 3.7 ตัน/ไร่ ซึ่งมีมูลค่ามากว่าค่าปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นถึง 3,364 บาท/ไร่ในอ้อยปลูก และ 2,952 บาท/ไร่ในอ้อยตอ และเมื่อเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อยระหว่าง การใส่ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม (T4) และการไม่ใส่ (T3) พบว่าการไม่ใส่ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริมให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าเล็กน้อย อาจเนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอเพียง การเติมธาตุอาหารเหล่านี้ลงไปถึงแม้จะช่วยเพิ่ม ความสูง น้ำหนักต่อลำ และผลผลิตให้กับอ้อยเล็กน้อย แต่ก็ให้ค่าผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าค่าปุ๋ยของธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมที่ใส่ไป

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตอ้อยและผลตอบแทนเฉลี่ยทั้ง 4 ปี ซึ่งให้ผลไปทำนองเดียวกันคือกำไรสูงสุดได้จากกรรมวิธี การให้น้ำและให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย (T3) และไดผลตอบแทนต่ำที่สุดคือการไม่น้ำ (T1)

ตารางที่ 4.7 ต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตอ้อย (บาท/ไร่) อ้อยปลูก-อ้อยตอ1

รายการ	อ้อยปลูก				อ้อยตอ 1			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1. เตรียมดิน ปลูก บำรุงรักษา	5,665	11,228	11,837	12,417	997	2,290	2,883	3,468
1.1 ค่าแรงงาน								
- เตรียมดินปลูก	1,750	1,750	1,750	1,750	0	0	0	0
- ปลูก	750	750	750	750	0	0	0	0
- การกำจัดวัชพืช	300	350	350	350	100	100	100	100
- ใส่ปุ๋ยทางดิน	125	0	0	0	125	0	0	0
- ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช	60	60	60	60	60	60	60	60

1.2 ค่าวัสดุ								
- พันธุ์อ้อย	1,800	1,800	1,800	1,800	0	0	0	0
- ปุ๋ยเคมีทางดิน (N-P-K)	630	0	0	0	612	0	0	0
- ปุ๋ยเคมีทางน้ำ	0	818	1,427	2,007	0	780	1,373	1,958
- สารเคมีกำจัดวัชพืช	250	250	250	250	100	100	100	100
1.3 ค่าระบบน้ำ								
-วางระบบน้ำ และระบบให้ปุ๋ย	0	5,200	5,200	5,200	0	0	0	0
- ค่าไฟฟ้าสูบน้ำ	0	250	250	250	0	250	250	250
- ซ่อมแซมระบบน้ำ	0	0	0	0	0	1,000	1,000	1,000
2. ต้นทุนการเก็บเกี่ยว และขนส่ง	4,800	7,680	8,790	8,970	4,140	7,290	8,400	8,580
3. ต้นทุนรวม (1+2) (บาท/ไร่)	10,465	18,908	20,627	21,387	5,137	9,580	11,283	12,048
4. ผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่)	16.0	25.6	29.3	29.9	13.8	24.3	28.0	28.6
ราคาอ้อย	1,066	1,066	1,066	1,066	956	956	956	956
5. รายได้ (บาท/ไร่)	17,056	27,290	31,234	31,873	13,193	23,231	26,768	27,342
6. ผลตอบแทน (5-3) (บาท/ไร่)	6,591	8,382	10,606	10,486	8,056	13,651	15,485	15,294
7. ผลตอบแทน/ต้นทุน (B/C)	0.63	0.44	0.51	0.49	1.57	1.42	1.37	1.27

ตารางที่ 4.8 ต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตอ้อย (บาท/ไร่) เฉลี่ย 4 ปี

รายการ		T1	T2	T3	T4
1. ต้นทุนเฉลี่ยต่อปี	(บาท/ไร่)	7,801	14,244	15,955	16,718
	(บาท/ตัน)	513	566	553	568
2. ผลผลิตอ้อยเฉลี่ยต่อปี	(ตัน/ไร่)	14.9	25.0	28.7	29.3
3. รายได้เฉลี่ยต่อปี	(บาท/ไร่)	15,124	25,260	29,001	29,608
4. ผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปี	(บาท/ไร่)	7,323	11,016	13,046	12,890

4.1.2 ผลการทดลองในดินร่วนทราย

1) ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและความหวานของอ้อย

จากการเก็บข้อมูล ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและความหวานของอ้อย ติดต่อกัน 4 ปี จากในอ้อยปลูก และอ้อยตอ 1-3

ผลการทดลองในอ้อยปลูก (ปีแรก) พบว่าการให้น้ำทุกวิธีการ (T2-T4) ส่งผลให้ความสูงอ้อย จำนวนลำต่อไร่ น้ำหนักต่อลำ และผลผลิตอ้อยที่อายุ 12 เดือน สูงกว่าการไม่ให้น้ำ (T1) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการให้น้ำด้วยกัน (T2-T4) พบว่า การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพการให้ผลผลิต (T3 และ T4) มีผลผลิตอ้อยสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (T2) ส่วนการ

เปรียบเทียบการปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อยที่ไม่มีการให้ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม (T3) กับมีการให้ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม (T4) พบว่า การให้ธาตุอาหารรองและเสริมมีแนวโน้มให้ผลผลผลิตที่สูงกว่า (ตารางที่ 4.9)

ผลการทดลองในอ้อยตอที่ 1-3 พบว่ามีผลการทดลองที่คล้ายกับในอ้อยปลูกคือ การให้น้ำทุกวิธีการ (T2-T4) ส่งผลให้ความสูงอ้อย จำนวนลำต่อไร่ น้ำหนักต่อลำ และผลผลิตอ้อยที่อายุ 12 เดือนสูงกว่าการไม่ให้น้ำ (T1) และการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพการให้ผลผลิต (T3 และ T4) มีผลผลิตอ้อยสูงกว่าการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (T2) และเมื่อเปรียบเทียบการปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อยที่มีการให้ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม (T4) พบว่าผลผลิตสูงกว่า การไม่ให้ธาตุอาหารรองและเสริม (T3) ส่วนความหวานของอ้อยพบว่า ทุกกรรมวิธีไม่ทำให้ความหวานของอ้อยแตกต่างกันทั้งในอ้อยตอที่ 1, 2 และ 3 (ตารางที่ 4.10, 4.11 และ 4.12)

ในวิธีการไม่ให้น้ำ (T1) ผลผลิตของอ้อยลดลงจากอ้อยปลูกที่มีผลผลิต 14.3 ตัน/ไร่ ลงมาเหลือ 8.7 ตัน/ไร่ในอ้อยตอที่ 3 คิดเป็นผลผลิตลดลง 39% ในขณะที่การให้น้ำตามกรรมวิธีต่าง (T2-T4) ผลผลิตลดลงจากอ้อยปลูกที่ให้ผลผลิต 23.0, 25.3 และ 27.2 ตันต่อไร่ลงมาเป็น 15.4, 18.1 และ 21.2 ตัน/ไร่ในอ้อยตอที่ 3 คิดเป็นผลผลิตที่ลดลง 33.0, 28.4 และ 22.0% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำและให้ปุ๋ยในระบบน้ำทุกวิธีการสามารถรักษาเสถียรภาพของผลผลิตได้ดีกว่าการไม่ให้น้ำเช่นเดียวกับการทดลองในดินร่วนเหนียว และเมื่อมีการให้ปุ๋ยตามศักยภาพผลผลิตอ้อยที่มีการให้ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริมยิ่งสามารถรักษาระดับผลผลิตของอ้อยไว้ได้ดียิ่งขึ้น

การให้ปุ๋ยตามศักยภาพผลผลิต (T3 และT4) สามารถเพิ่มผลผลิตของอ้อยได้มากกว่าการให้ปุ๋ยตามค่าเคราะห์ดิน (T2) สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกับการทดลองในดินร่วนเหนียว ส่วนการใส่ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม (T4) ในดินนี้ทำให้ผลผลิตของอ้อยสูงกว่าการไม่ใส่ (T3) อาจเนื่องจากดินร่วนทรายในการทดลองนี้มีปริมาณธาตุอาหารรองและเสริมที่ต่ำกว่าในดินร่วนเหนียว (ตารางที่ 3.1) การใส่ธาตุอาหารรองและเสริมจึงทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อยสูงขึ้นและมีเสถียรภาพของผลผลิตที่ดีในทุกอ้อยตอ ดังนั้นในการปลูกอ้อยที่มีการให้น้ำในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำนอกจากการให้ปุ๋ยที่เป็นธาตุอาหารหลัก (N P K) ตามศักยภาพของผลผลิตแล้ว อาจต้องมีการให้ธาตุอาหารรองและเสริมด้วยเพื่อไม่ให้เป็นตัวจำกัดศักภาพของผลผลิตอ้อยโดยเฉพาะในสภาพที่ไม่มีการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทีย์หรือวัดุอื่นๆ

ตารางที่ 4.9 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และความหวานของอ้อยในดินร่วนทราย (อ้อยปลูก)

ทรีตเมนต์	ความสูง (เมตร)	จำนวนลำ/ไร่	นน./ลำ (กก.)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	% Brix
T1) ไม่ให้น้ำ+ปุ๋ยทางดิน	2.08c	9,285b	1.61c	14.7c	21.2
T2) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)	2.62b	13,973a	1.77b	23.0b	21.8
T3) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย	2.65b	14,350a	1.84b	25.3ab	21.3
T4) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม	2.93a	14,228a	2.04a	27.2a	21.0
%cv	4.92	5.73	3.90	8.60	2.32

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.10 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และความหวานของอ้อยในดินร่วนทราย (ตอ 1)

ทรีตเมนต์	ความสูง (เมตร)	จำนวนลำ/ไร่	นน/.ลำ (กก.)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	% Brix
T1) ไม่ให้น้ำ+ปุ๋ยทางดิน	1.92b	9,890c	1.43b	11.9d	20.4
T2) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)	2.67a	14,013b	1.74a	21.4c	21.3
T3) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย	2.71a	15,020a	1.82a	23.5b	20.9
T4) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ ธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม	2.76a	15,072a	1.86a	25.7a	21.1
%cv	2.51	3.81	6.65	6.14	2.79

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.11 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และความหวานของอ้อยในดินร่วนทราย (ตอ 2)

ทรีตเมนต์	ความสูง (เมตร)	จำนวน ลำ/ไร่	นน/.ลำ (กก.)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	% Brix
T1) ไม่ให้น้ำ+ปุ๋ยทางดิน	1.85b	9,071c	1.21b	10.4d	21.3
T2) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)	2.25ab	12,134b	1.67a	18.1c	20.9
T3) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย	2.66a	13,124a	1.79a	20.3b	21.7
T4) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ ธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม	2.70a	14,071a	1.82a	23.4a	24.8
%cv	4.12	5.79	8.35	7.35	5.62

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.12 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และความหวานของอ้อยในดินร่วนทราย (ตอ 3)

ทรีตเมนต์	ความสูง (เมตร)	จำนวน ลำ/ไร่	นน/.ลำ (กก.)	ผลผลิต (ตัน/	% Brix
T1) ไม่ให้น้ำ+ปุ๋ยทางดิน	1.84b	8,0131c	1.12b	8.7d	22.1
T2) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร)	2.21ab	11,237b	1.65a	15.4c	22.3
T3) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย	2.61a	12,635a	1.75a	18.1b	22.5
T4) ให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิต อ้อย+ ธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม	2.70a	13,214a	1.81a	21.2a	24.7
%cv	6.32	6.38	7.98	10.23	6.32

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) คุณสมบัติของดินหลังการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการให้ปุ๋ยด้วยวิธีต่างๆ พบว่าไม่ส่งผลให้ค่าวิเคราะห์ดินหลังการทดลองที่อ้อยตอ1 และ 3 แตกต่างกันทางสถิติและมีผลใกล้เคียงกับดินก่อนทำการทดลอง ยกเว้น Mg ที่วิธีการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารอง/อาหารเสริม มีค่ามากว่ากรรมวิธีอื่นๆ เล็กน้อย (ตารางที่ 4.13 และ 4.14)

การไม่ตกค้างของธาตุอาหารต่างๆในการทดลองนี้ อาจเนื่องมาจาก การใส่ธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้น อ้อยสามารถดูดธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นไปใช้ได้เป็นส่วนใหญ่ ประกอบกับเนื้อดินเป็นดินเนื้อหยาบ มีการชะล้างธาตุอาหารที่ใส่ลงไปได้ง่ายจึงไม่มีผลตกค้างของธาตุอาหารเกือบทุกชนิด

ตารางที่ 4.13 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกอ้อยตอที่ 1 ในแปลงดินร่วนทราย

ทรีตเมนต์	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Av.P (มก. /กก.)	Ex.K (มก. /กก.)	Ex.Ca (มก. /กก.)	Ex.Mg (มก. /กก.)	Ex.Fe (มก. /กก.)	Ex.Mn (มก. /กก.)	Ex.Cu (มก. /กก.)	Ex.Zn (มก. /กก.)
ดินก่อนปลูก	6.03	0.12	1.50	21.5	62.0	1,340	88.3	13.4	7.03	0.23	0.71
T1	6.09	0.13	1.46	20.9	63.2	1,311	88.2b	12.9	7.07	0.23	0.70
T2	6.01	0.11	1.36	20.8	63.1	1,279	88.3b	12.8	6.97	0.22	0.62
T3	6.07	0.12	1.39	20.7	63.0	1,276	83.5b	12.7	6.87	0.23	0.67
T4	6.09	0.13	1.46	20.9	64.4	1,344	101a	13.8	7.07	0.26	0.74
%cv	4.74	4.74	4.87	8.91	5.01	8.74	6.36	12.6	3.35	13.6	16.7

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.14 ผลของวิธีการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกอ้อยตอที่ 3 ในแปลงดินร่วนทราย

ทรีตเมนต์	pH	EC (dS/m)	OM (%)	Av.P (มก. /กก.)	Ex.K (มก. /กก.)	Ex.Ca (มก. /กก.)	Ex.Mg (มก. /กก.)	Ex.Fe (มก. /กก.)	Ex.Mn (มก. /กก.)	Ex.Cu (มก. /กก.)	Ex.Zn (มก. /กก.)
ดินก่อนปลูก	6.03	0.12	1.50	21.5	62.0	1,340	88.3	13.4	7.03	0.23	0.71
T1	6.03	0.15	1.32b	18.7	62.3b	1,301b	85.1b	10.0b	7.07b	0.19b	0.69b
T2	6.05	0.13	1.58ab	19.8	60.1b	1,256b	81.2b	10.1b	7.12b	0.20b	0.63b
T3	6.03	0.16	1.61a	20.3	65.7a	1,205b	80.2b	11.3b	7.11b	0.21b	0.65b
T4	6.11	0.18	1.63a	22.5	69.1a	1,511a	109a	14.1a	8.05a	0.28a	0.78a
%cv	5.35	7.12	6.31	7.32	8.12	7.65	7.82	9.32	7.51	11.1	12.4

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

3) ต้นทุน และผลตอบแทน

จากตารางที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าต้นทุนของอ้อยปลูกมีค่าสูงกว่าอ้อยตอ1 เนื่องจากมีค่าเตรียมดิน ค่าปลูก ค่าท่อนพันธุ์อ้อย และค่าวางระบบน้ำ (กรณีให้ระบบน้ำ) ดังนั้นในอ้อยตอ1 จึงมีผลกำไรที่สูงกว่าอ้อยปลูก ส่วนการเปรียบเทียบต้นทุนแปลงที่มีการให้น้ำกับไม่ให้น้ำจะพบว่า แปลงที่ให้น้ำทั้ง 3 แปลง มีต้นทุนสูงกว่าแปลงไม่ให้น้ำ เนื่องจากมีค่าวางระบบน้ำ และค่าปุ๋ยที่ให้ทางระบบน้ำมีค่าสูงกว่าปุ๋ยทางดิน เช่นเดียวกับการทดลองในดินร่วนเหนียว โดยวิธีการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพ

ผลผลิตอ้อย+ ธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม (T4) ทำให้ต้นทุนการปลูกอ้อยสูงที่สุดทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ เพราะว่ามีค่าว่างระบบน้ำและค่าปุ๋ยทางระบบน้ำซึ่งวิธีนี้ได้รับธาตุอาหารพืชมากกว่าวิธีอื่นๆ แต่เมื่อเทียบผลตอบแทน (กำไร) ของการใช้ระบบน้ำ พบว่าการให้น้ำมีผลตอบแทนสูงกว่าแปลงที่ไม่ให้น้ำเล็กน้อยในอ้อยปลูก ส่วนในอ้อยตอ1 จะมีผลตอบแทนสูงขึ้นอย่างชัดเจน และจากการเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยระบบน้ำด้วยกันพบว่าการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+เติมธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม (T4) ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามค่าวิเคราะห์ดิน (T2) และการให้น้ำ+ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ไม่เติมธาตุอาหารรอง/ธาตุอาหารเสริม (T3) ทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วคือดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินทรายที่มีธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมต่ำ การเติมธาตุอาหารเหล่านี้ลงไปจึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อย ทำให้ได้ผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าราคาปุ๋ยที่ใส่เพิ่ม

ตารางที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตอ้อยและผลตอบแทนเฉลี่ยทั้ง 4 ปี ซึ่งให้ผลไปทำนองเดียวกันคือกำไรสูงสุดได้จากกรรมวิธี การให้น้ำและให้ปุ๋ยทางระบบน้ำตามศักยภาพผลผลิตอ้อย+ธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม (T4) และการไม่ให้น้ำ (T1) ให้ผลตอบแทนเฉลี่ยน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.15 ต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตอ้อย (บาท/ไร่) อ้อยปลูก และอ้อยตอ 1

รายการ	อ้อยปลูก				อ้อยตอ 1			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1. เตรียมดิน ปลูก บำรุงรักษา	5,930	11,675	12,765	13,635	1,269	2,725	3,785	4,663
1.1. ค่าแรงงาน								
- เตรียมดินปลูก	1,750	1,750	1,750	1,750	0	0	0	0
- ปลูก	750	750	750	750	0	0	0	0
- การกำจัดวัชพืช	300	350	350	350	100	100	100	100
- ใส่ปุ๋ยทางดิน	125	0	0	0	125	0	0	0
- ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช	60	60	60	60	60	60	60	60
1.2. ค่าวัสดุ								
- พันธุ์อ้อย	1,800	1,800	1,800	1,800	0	0	0	0
- ปุ๋ยเคมีทางดิน (N-P-K)	895	0	0	0	884	0	0	0
- ปุ๋ยเคมีทางน้ำ	0	1,265	2,355	3,225	0	1,215	2,275	3,153
- สารเคมีกำจัดวัชพืช	250	250	250	250	100	100	100	100
1.3. ค่าระบบน้ำ								
-วางระบบน่ำ และระบบให้ปุ๋ย	0	5,200	5,200	5,200	0	0	0	0
- ค่าไฟฟ้าสูบน้ำ	0	250	250	250	0	250	250	250
- ซ่อมแซมระบบน้ำ	0	0	0	0	0	1,000	1,000	1,000
2. ต้นทุนการเก็บเกี่ยว และขนส่ง	4,410	6,900	7,590	8,160	3,570	6,420	7,050	7,710
3. ต้นทุนรวม (1+2) (บาท/ไร่)	10,340	18,575	20,355	21,795	4,839	9,145	10,835	12,373

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. ผลผลิตอ้อย (ตัน/ไร่)	14.7	23.0	25.3	27.2	11.9	21.4	23.5	25.7
ราคาอ้อย	1,066	1,066	1,066	1,066	956	956	956	956
5. รายได้ (บาท/ไร่)	15,670	24,518	26,970	28,995	11,376	20,458	22,466	24,569
6. ผลตอบแทน (5-3) (บาท/ไร่)	5,330	5,943	6,614	7,200	6,537	11,313	11,631	12,197
7. ผลตอบแทน/ต้นทุน (B/C)	0.52	0.32	0.32	0.33	1.35	1.24	1.07	0.99

ตารางที่ 4.16 ต้นทุน และผลตอบแทนการผลิตอ้อย (บาท/ไร่) เฉลี่ย 4 ปี

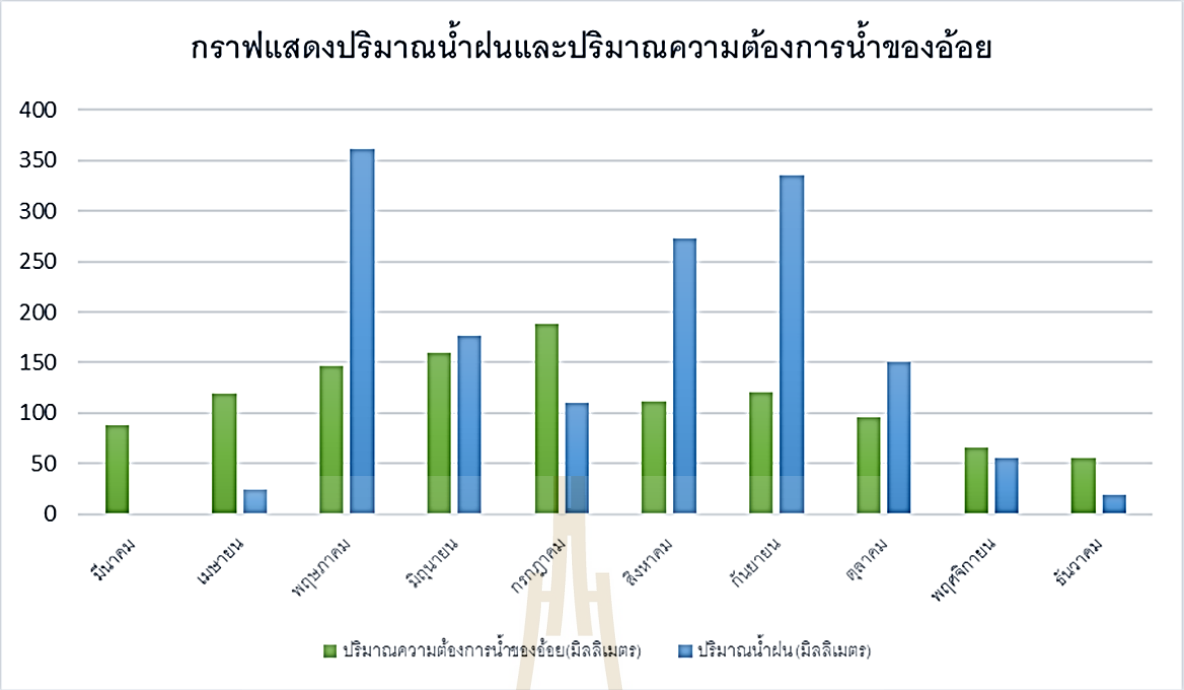
รายการ		**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
1. ต้นทุนเฉลี่ยต่อปี	(บาท/ไร่)	7,590	13,860	15,595	17,084
	(บาท/ตัน)	555	617	633	641
2. ผลผลิตอ้อยเฉลี่ยต่อปี	(ตัน/ไร่)	13.3	22.2	24.4	26.5
3. รายได้เฉลี่ยต่อปี	(บาท/ไร่)	13,523	22,488	24,718	26,782
4. ผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปี	(บาท/ไร่)	5,934	8,628	9,123	9,698

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการควบคุมการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อการปริมาณน้ำที่ใช้การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

4.2.1 ความต้องการน้ำ และปริมาณการให้น้ำของอ้อย

ปริมาณความต้องการน้ำของอ้อย และปริมาณน้ำฝนรายเดือนแสดงในภาพที่ 4.1 ซึ่งความต้องการน้ำของอ้อยจะขึ้นอยู่กับช่วงอายุของอ้อยและสภาพภูมิอากาศ โดยอ้อยที่ทำการปลูกในการทดลองนี้ (เริ่มปลูกในเดือนมีนาคม) จะมีความต้องการน้ำมากที่สุดในเดือน กรกฎาคมหรือเดือนที่ 5 หลังปลูก โดยมีความต้องการน้ำประมาณ 188 มม./เดือน หรือ 6.07 มม./วัน

การควบคุมการให้น้ำที่ต่างกันทำให้จำนวนครั้งและปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้งแตกต่างกัน การให้น้ำตามการคำนวณ (T1) จากความต้องการน้ำของพืช (ETc) ซึ่งทำการคำนวณมาจากสภาพภูมิอากาศ (ETp) และค่า Kc จะมีจำนวนครั้งที่ให้น้ำตลอดฤดูการปลูกอยู่ที่ 18 ครั้ง ปริมาณน้ำรวมเท่ากับ 348 มม. ส่วนการให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ที่ฝังลึก 15 และ 30 ซม. (T2) จะมีการให้น้ำตลอดฤดูการปลูกอยู่ที่ 15 ครั้ง โดยมีปริมาณในการให้น้ำเท่ากับ 288 มม. ส่วนการให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ที่ฝังลึก 25 และ 50 ซม. (T3) จะมีการให้น้ำตลอดฤดูการปลูกอยู่ที่ 11 ครั้ง โดยมีปริมาณในการให้น้ำเท่ากับ 360 มม. (ตารางที่ 4.17)



ภาพที่ 4.1 ปริมาณความต้องการน้ำของอ้อยและปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือน (มม./เดือน)

ตารางที่ 4.17 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อจำนวนครั้งและปริมาณน้ำที่ให้

เดือน	T1 การให้น้ำตามการคำนวณ		T2 เซ็นเซอร์ 15/30 ซม.		T3 เซ็นเซอร์ 25/0 ซม.	
	จำนวนครั้งที่ให้น้ำ (ครั้ง/เดือน)	ปริมาณน้ำที่ให้ (มม.)	จำนวนครั้งที่ให้น้ำ (ครั้ง/เดือน)	ปริมาณน้ำที่ให้ (มม.)	จำนวนครั้งที่ให้น้ำ (ครั้ง/เดือน)	ปริมาณน้ำที่ให้ (มม.)
มีนาคม	7	84	6	72	4	80
เมษายน	4	96	4	96	3	120
พฤษภาคม	0	0	0	0	1	0
มิถุนายน	1	24	1	24	1	40
กรกฎาคม	3	72	2	48	1	40
สิงหาคม	0	0	0	0	0	0
กันยายน	0	0	0	0	0	0
ตุลาคม	1	24	0	0	0	0
พฤศจิกายน	1	24	1	24	1	40
ธันวาคม	1	24	1	24	0	40
รวม	18	348	15	288	11	360

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.2 การเจริญเติบโตของอ้อย

ได้เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยตามระยะต่างๆ เพื่อประเมินผลกระทบจากการให้น้ำที่ต่างกันโดยมีการเก็บข้อมูล ความสูง จำนวนหน่อ และปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยมีผลการทดลองดังนี้

ความสูง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อความสูงของอ้อยพันธุ์ พบว่าช่วงที่อายุอ้อยได้ 2 เดือน 4 เดือน และ 6 เดือน การให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ที่ฝังด้วยระดับความลึกที่ 25 และ 50 ซม.นั้น มีแนวโน้มให้ความสูงมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำตามการคำนวณ และการให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ที่ฝังด้วยระดับความลึกที่ 15 และ 30 ซม. (ตารางที่ 4.18)

จำนวนหน่อ การวิเคราะห์ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อจำนวนหน่อของอ้อยที่อายุ 2-10 เดือน พบว่า การให้น้ำแบบต่างๆ ไม่มีผลต่อจำนวนหน่อ/ไร่ของอ้อยตลอดช่วงอายุที่ปลูก โดยอ้อยมีจำนวนหน่อต่อไร่สูงสุดที่อายุ 4 เดือน และลดลงจนมีค่าค่อนข้างคงที่หลังจากอายุ 8 เดือนในทุกรรมวิธี (ตารางที่ 4.19)

ปริมาณคลอโรฟิลล์ การวิเคราะห์ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อการปริมาณคลอโรฟิลล์ของอ้อยที่อายุ 4 และ 6 เดือนซึ่งทำการวัดด้วยเครื่อง Spad Chlorophyll Meter โดยเป็นการวัดความเขียวของใบ (spad unit) ผลการทดลองพบว่า ค่าความเขียวใบไม่มีความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีทั้ง 2 ช่วงอายุ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าทุกรรมวิธีการให้น้ำไม่เกิดสภาวะการขาดน้ำจึงทำให้ความเขียวใบหรือปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.20)

ตารางที่ 4.18 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อความสูงของอ้อยที่ช่วงอายุ 2 - 10 เดือน

ทรีตเมนต์	ความสูง (ซม.)				
	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน
T1	53.7	131	233	301	312
T2	53.4	128	231	298	309
T3	57.3	135	236	304	315
CV (%)	11.82	5.64	6.87	6.46	7.63

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.19 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อจำนวนหน่อของอ้อยที่ช่วงอายุ 2 -10 เดือน

ทรีตเมนต์	จำนวนหน่อ (หน่อ/ไร่)				
	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	10 เดือน
T1	30,146	32,254	13,324	11,824	11,712
T2	31,135	33,332	13,334	12,034	12,023
T3	31,124	32,231	13,425	12,072	12,017
CV (%)	13.8	11.8	13.1	16.8	15.1

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.20 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของอ้อยที่ช่วงอายุ 4 เดือน และ 6 เดือน

ทรีตเมนต์	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (spad unit)			
	4 เดือน		6 เดือน	
	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 3	ใบที่ 4
T1	42.2	45.6	40.6	45.0
T2	42.2	45.2	38.9	43.8
T3	43.1	47.2	39.8	44.3
CV (%)	11.2	7.98	6.22	8.00

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4.2.3 องค์ประกอบผลผลิตและความหวานของอ้อย

จำนวนลำ/ไร่ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อจำนวนลำต่อไร่ที่อายุเก็บเกี่ยวอ้อย พบว่าการให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ที่ฝังด้วยระดับความลึกที่ 15 และ 30 ซม. (T2) นั้น มีแนวโน้มให้จำนวนลำต่อไร่มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ที่ฝังด้วยระดับความลึก 25 และ 50 ซม. (T3) และการให้น้ำตามการคำนวณ (T1) โดยมีค่าเท่ากับ 12,073 12,040 และ11,816 ลำ/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.21)

น้ำหนักลำ การวิเคราะห์ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อน้ำหนักลำของอ้อยที่อายุเก็บ พบว่าการให้น้ำแบบต่างๆ ส่งผลให้น้ำหนักลำของอ้อยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการให้น้ำตามการคำนวณ (T1) การให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ที่ฝังด้วยระดับความลึกที่ 15 และ 30 ซม. (T2) และ 25 และ 50 ซม. (T3) มีค่าเท่ากับ 2.11, 2.12 และ 2.14 กก./ลำ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.21)

ผลผลิต การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อผลผลิตของอ้อยพบว่า พบว่าการให้น้ำแบบต่างๆ ส่งผลผลิตของอ้อยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการให้น้ำตามการคำนวณ (T1) การให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ที่ฝังด้วยระดับความลึกที่ 15/30 ซม. (T2) และ25/50 ซม. (T3) มีผลผลิตเท่ากับ 24.8, 25.1 และ 25.6 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.21)

ความหวานของอ้อย การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อความหวานของอ้อย พบว่าการให้น้ำแบบต่างๆ ไม่ส่งผลให้ค่าความหวาน (บริกซ์) ของอ้อย มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.21)

ตารางที่ 4.21 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อผลผลิตและความหวานของอ้อย

ทรีตเมนต์	จำนวนลำ (ลำ/ไร่)	น้ำหนักลำ (กิโลกรัม /ลำ)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	ความหวาน (บริกซ์)
T1	11,816	2.11	24.8	23.9
T2	12,073	2.12	25.1	23.8
T3	12,040	2.14	25.6	23.7
CV (%)	12.40	5.43	13.9	2.16

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

4.2.4 ประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานของอ้อย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานของอ้อยที่อายุเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4.22) โดยประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทานในการทดลองนี้เป็นปริมาณผลผลิตของอ้อยต่อหน่วยของน้ำที่ให้ จากการวิเคราะห์พบว่าการให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ที่ฝังด้วยระดับความลึกที่ 15 และ 30 ซม. (T2) มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด (87.1 กก./ไร่/มม.) ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ที่ฝังด้วยระดับความลึก 25 และ 50 ซม. (T3) และการให้น้ำตามการคำนวณ (T1) โดยมีค่าเท่ากับ 71.2 และ 72.4 กก./ไร่/มม. ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 ผลของการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อปริมาณการให้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อย

ทรีตเมนต์	ปริมาณน้ำ (มม.)	ผลผลิต (ตัน/ไร่)	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (กก./ไร่/มม.)
T1	348	24.8	72.4b
T2	288	25.1	87.1a
T3	360	25.6	71.2b
CV (%)	-	13.9	10.3

[1] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

4.2.5 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าการให้น้ำตามระบบเซ็นเซอร์ ซึ่งมีการคำนวณการให้น้ำตามความลึกของเซ็นเซอร์ที่ฝัง โดยการใช้เซ็นเซอร์ลึก 15 และ 30 ซม. (T2) มีการให้น้ำที่ระดับความลึกเท่ากับการให้น้ำจากวิธีการคำนวนจากสภาพอากาศ (T1) ดังนั้นปริมาณการให้น้ำแต่ละครั้งจึงเท่ากับการให้น้ำจากการคำนวณ แต่มีจำนวนครั้งการให้น้ำน้อยกว่าทำให้ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ให้น้อยกว่าการคำนวณ 17% ทั้งนี้ผลการทดลองที่ได้อาจเป็นเพราะการใช้ sensor วัดมีความแม่นยำกว่าการคำนวณและยังสามารถวัดน้ำที่มาจากน้ำใต้ดินได้ ดังนั้นจึงส่งผลให้จำนวนครั้งและปริมาณการให้น้ำรวมน้อยกว่าการให้น้ำจากการคำนวณ ผลการทดลองสอดคล้องกับการงานวิจัยอื่นเช่น Zotarelli et al., (2008), Yildirim and Demirel,

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(2011), Cardenas-Lailhacar and Dukes, 2012) และ Xie et al.(2020) ที่พบว่าการใช้ sensor ควบคุมการให้น้ำสามารถประหยัดการใช้น้ำได้มากถึง 10-80%

ส่วนการให้น้ำตามเซ็นเซอร์ที่ฝังลึก 25 และ 50 ซม. (T3) การให้น้ำในแต่ละครั้งมากกว่าการให้น้ำจาก 2 วิธีการแรกเป็นเพราะการให้น้ำลงไปในดินที่ลึกกว่าจึงต้องให้น้ำแต่ละครั้งมากกว่า ซึ่งส่งผลให้ดินมีความชื้นในระดับสูงนานกว่า 2 วิธีการแรก และทำให้จำนวนครั้งของการให้น้ำน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามเมื่อรวมปริมาณการให้น้ำตลอดฤดู การให้น้ำตามวิธีนี้ยังคงมีปริมาณการให้น้ำที่สูงที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการให้น้ำในระดับที่ลึกมีโอกาสสูญเสียน้ำบางส่วนจากการซึมลงไปมากกว่าระดับความลึกของรากอ้อย

ถึงแม้การให้น้ำตามเซ็นเซอร์ที่ฝังลึก 25 และ 50 ซม. (T3) มีการให้น้ำมากที่สุด(ตามเหตุผลที่กล่าวมาแล้ว) และการให้น้ำตามการใช้เซ็นเซอร์ลึก 15 และ 30 ซม. (T2) มีการให้น้ำน้อยที่สุด แต่การเจริญเติบโตและผลผลิตในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.18, 4.19 และ 4.21) ผลการทดลองอาจกล่าวได้ว่าการให้น้ำทุกวิธีการไม่ทำให้อ้อยมีการขาดน้ำตลอดช่วงอายุปลูก ผลการทดลองสอดคล้องกับการวัดค่าความเขียวใบที่อายุ 4 และ 6 เดือน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธีเช่นกัน (ตารางที่ 4.20) ซึ่งความเขียวใบสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้สถานะของน้ำในดินและในพืชได้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่

การที่มีปริมาณการให้น้ำที่ต่างกันแต่การเจริญเติบโตและผลผลิตใกล้เคียงกันจึงทำให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธีที่ให้น้ำ (ตารางที่ 4.22) โดยการให้น้ำตามการใช้เซ็นเซอร์ลึก 15 และ 30 ซม. (T2) มีการใช้น้ำน้อยที่สุดและมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด ดังนั้นจึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด สามารถประหยัดการใช้น้ำได้มากที่สุด การประยุกต์ใช้ sensor ในการควบการให้น้ำในอ้อยจึงควรฝังดินที่ระดับความลึกไม่เกิน 30 ซม.

ถึงแม้การใช้ sensor ในการควบคุมการให้น้ำจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการคำนวณ แต่ก็มีต้นทุนที่สูงขึ้นจากค่าอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่ง sensor ที่มีความแม่นยำยังคงมีราคาที่สูงอยู่ในปัจจุบัน (sensor EC5 ที่ใช้ในการทดลองนี้มีราคาตัวละ 5,000 บาท) เพราะต้องซื้อจากต่างประเทศ ดังนั้นในประเทศควรมีการพัฒนา sensor ที่มีความแม่นยำขึ้นมาใช้เองเพื่อให้มีราคาที่ถูกลง ให้เกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

การให้น้ำด้วยการคำนวณไม่ต้องมีการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ทำให้มีต้นทุนที่ต่ำกว่า แต่การคำณวนการให้น้ำซึ่งอ้างอิงจากสภาพอากาศในอดีตนั้น อาจมีความไม่แม่นยำเพราะสภาพอากาศในปัจจุบันนั้นมีความแปรปรวนไม่เหมือนกับในอดีต และในการคำนวณการให้น้ำที่อ้างอิงตามหลักการ water balance ไม่ได้คำนึงถึงปริมาณน้ำที่อาจมาจากใต้ดิน ซึ่งในบางพื้นที่ มีน้ำที่มาจากใต้ดินและมีผลต่อการใช้น้ำของพืชได้ ดังนั้นในพื้นที่ดังกล่าว การคำนวณการให้น้ำจึงขาดความแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้การคำนวณยังมีความยุ่งอยากสำหรับเกษตรกร ดังนั้นอาจต้องมีการพัฒนาแอฟพิเคชั่นที่ช่วยในการคำนวณการให้น้ำที่สามารถใช้ข้อมูลสภาพอากาศในปัจจุบันมาใช้ในการคำนวณเพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้ในการให้น้ำได้ง่ายและมีความแม่นยำที่มากขึ้น

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 1 การศึกษาการให้น้ำและปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับการผลิตอ้อย

1. การให้น้ำในดินทั้งสองชนิด ส่งผลให้อ้อยได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการไม่ให้น้ำ แต่มีต้นทุนการผลิตอ้อยค่อนข้างสูงโดยเฉพาะในปีแรก (อ้อยปลูก) จากค่าการวางระบบน้ำ ซึ่งทำให้ในปีแรกการให้น้ำมีผลตอบแทนสูงกว่าการไม่ให้น้ำเล็กน้อย แต่ในอ้อยตอ 1 ถึงอ้อยตอ 3 การให้น้ำจะมีต้นทุนที่ไม่สูงขึ้นมากนัก จึงทำให้การให้น้ำได้ผลตอบแทนสูงกว่าการไม่ให้น้ำอย่างชัดเจน เพราะอ้อยที่ปลูกโดยใช้ระบบน้ำจะสามารถรักษาเสถียรภาพผลผลิตของอ้อยที่สูงไว้ได้

2. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำตามศักยภาพของผลผลิตอ้อย สามารถเพิ่มผลผลิตของอ้อยและได้ผลตอบแทนมากกว่าการให้ปุ๋ยตามค่าเคราะห์ดิน ในดินทั้งสองชนิด

3. ในดินร่วนเหนียวที่มีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชปานกลาง การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำและเพิ่มธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริม จะช่วยเพิ่มผลผลิตของอ้อยได้เพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียกับไม่มีการให้ธาตุอาหารรองและเสริม อาจเนื่องจากดินมีปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้เพียงพออยู่แล้ว จึงทำให้การเพิ่มธาตุอาหารรอง+ธาตุอาหารเสริมให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่า แต่ในดินร่วนทรายที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชต่ำ การใส่ธาตุอาหารรองและเสริมสามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและมีผลตอบแทนในการลงทุนที่สูงขึ้นด้วย

4. วิธีการให้น้ำและปุ๋ยในระบบน้ำตามศักยภาพของผลผลิต สามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ในการปลูกอ้อยได้ในดินทุกชนิด แต่การเพิ่มธาตุอาหารรองและเสริมหรือไม่ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินในแต่ละพื้นที่

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการควบคุมการให้น้ำแบบต่างๆ ต่อการปริมาณน้ำที่ใช้การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

การควบคุมการให้น้ำ 3 วิธีการคือ 1) การให้น้ำตามการคำนวณจากค่าETc ใช้หลักการ water balance 2) การให้น้ำตามเซ็นเซอร์ฝังที่ระดับความลึก 15 และ 30 ซม. และ 3) การให้น้ำตามซ็นเซอร์ฝังที่ระดับความลึก 25 และ 50 ซม. ไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อยแตกต่างกัน แต่การให้น้ำตามเซ็นเซอร์ฝังที่ระดับความลึก 15 และ 30 ซม. สามารถประหยัดน้ำได้มากที่สุดและมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงที่สุด ดังนั้นจึงเป็นวิธีที่ควรนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมการให้น้ำในไร่อ้อยแต่ควรมีการพัฒนาอุปกรณ์และระบบให้มีราคาที่ถูกลงเพื่อให้เกษตรกรทั่วไปสามารถใช้ได้

ส่วนการคำนวณการให้น้ำถึงแม้จะมีความยุ่งยากและขาดความแม่นยำ แต่ไม่มีการลงทุนที่เพิ่มขึ้นจึงควรมีการพัฒนาแอฟพิเคชั่นที่ช่วยในการคำนวณ เพื่อให้มีความแม่นยำเพิ่มขึ้นและเกษตรกรสามารถใช้ได้ง่าย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. (2540). คู่มือการบันทึกข้อมูลพืชไร่. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.

กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. (2544). คู่มือการศึกษาวิจัยด้านดินและปุ๋ยกับพืชไร่. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ชุมพล นาควิโรจน์ และไพโรจน์ พันธุ์พฤกษ์. (2549). การจัดการดินและปุ๋ยในระบบปลูกพืชมันสำปะหลังในดินชุดแม่ริมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารดินปุ๋ย. 28(1): 30-41

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ชุมพล นาควิโรจน์ และสุพิน สุวรรณ. (2548). การจัดการดินและปุ๋ยในระบบปลูกพืชมันสำปะหลังในดินชุดแม่ริมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2548. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร.

เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง. (2547). ประวัติความสำคัญ. เอกสารวิชาการอ้อย กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ตั้งสกุล, นาวี จิระชีวี และอิทธิสุนทร นันทกิจ. (2545). การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช. วารสารเคหการเกษตร. 4708

ทองดี บ้านดอน. (2540). เทคโนโลยีระบบน้ำ. วารสารเคหการเกษตร. 21(10). 157-165.

ทักษิณา ศันสยะวิชัย .(2550). ปัจจัยที่มีผลในการไว้ตออ้อยในดินทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. นิตยสารพืชพลังงาน. 1 (10) : 50-54.

ทักษิณา ศันสยะวิชัย และสงบภัย นามไพศาลสถิตย์. (2545). ความสามารถในการแตกกอและการให้ผลผลิตในระดับประชากรต่างๆของอ้อยพันธุ์ 90-2-029 90-2-020 และ 90-2-043 . เอกสารประกอบการประชุมแถลงผลงานวิจัยปี 2544. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น.

ทักษิณา ศันสยะวิชัย, วันชัย ถนอมทรัพย์, สงบภัย นามไพศาลสถิต. (2549). การตอบสนองของอ้อยต่อความถี่การให้น้ำ (ความสามารถในการไว้ตอ) II บนชุดดินสตึก ในเขตจังหวัดขอนแก่น. รายงานผลงานวิจัยปี 2549 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร.

ธงชัย ตั้งเปรมศรี, นริศร ขจรผล, จรัญ อารีย์, วันทนา ตั้งเปรมศรี และอรรถสิทธิ์ บุญธรรม. (2535). การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาเนื่องจากการขาดน้ำของอ้อย 4 พันธุ์ (อ้อยตอ2). ในรายงานผลการวิจัยประจำปี 2535 : อ้อย. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 164-169

ธรรมนูญ แก้วคงคา, จักรพงษ์ เจิมศิริ, อุดม รัตนารักษ์, อนันต์ ทองภู, บพิตร อุไรพงษ์ และชูศักดิ์ มลิชัยศรี. (2548). การศึกษาเปรียบเทียบการให้น้ำระบบร่องคูและระบบน้ำหยดสำหรับอ้อยในชุดดินกำแพงแสนในเขตภาคกลาง. ใน เอกสารวิชาการเรื่อง ผลงานปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2548. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.

เนต้าฟิม. มปป.คู่มือการปลูกอ้อยด้วยระบบน้ำหยดใต้ดิน

ปรีชา พราหมณีย์ และคณะ . (2544) . รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 โครงการพัฒนาระบบคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตอ้อยโดยใช้โปรแกรม CaneFert 1.0 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ปิยะ ดวงพัตรา. (2538). การให้ปุ๋ยทางระบบชลประทาน. หลักการและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 273-276.

มนตรี ค้ำชู. (2538). หลักการชลประทานแบบหยด. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 152-209.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2546). **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 529 หน้า.

วันชัย ถนอมทรัพย์ และทักษิณา ศันสยะวิชัย. (2549). การจัดการน้ำสำหรับอ้อยบนชุดดินเหนียวชุดราชในเขตชลประทานภาคกลาง บทคัดย่อการประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งชาติครั้งที่ 6 17-19 สิงหาคม 2549 ณ โรงแรมเบเวอร์ลีฮิลล์ปาร์ค จังหวัดนครสวรรค์.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น. (2542). รายงานประจำปีศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2560). ราคาอ้อยและผลตอบแทนการผลิตและจำหน่ายน้ำตาลทรายประจำปีการผลิต. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.ocsb.go.th/th/cms/detail.php?ID= 420&SystemModuleKey=cuntry

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559 [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.oae.go.th/download/download_journal/2560/yearbook59.pdf

สุดชล วุ้นประเสริฐ และธีรยุทธ เกิดไทย. (2558). รายงานวิจัยการจัดการดินและน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยตอ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 67 หน้า.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. (2550). การให้ปุ๋ยในระบบน้ำ. เอกสารประกอบการบรรยายการสัมมนากลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชสู่รายได้ที่ยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

Ayars, J.E., Phene, C.J., Hutmacher, R.B., Davis, K.R., Schoneman, R.A., Vail, S.S., Mead, R.M., (1999). Subsurface drip irrigation of row crops. Agricultural Water Management. 42:1-27.

Black, C.A. (1965). **Method of soil analysis In: the series Agronomy American Society of Agronomy Inc**, Medison, Wisconsin, USA.

Bray, R.H. and Kurtz, L.T. (1945). Determination of total organic and available forms of 55 phosphorus in soil. Soil Sci. 59 : 39-45.

Cardenas-Lailhacar. B. and Dukes, M.D. (2012). Soil moisture sensor landscape irrigation controllers: A review of multi-study results and future implications. Trans. ASABE. 55(2): 581-590.

Howell, T.A., Schneider, A.D., Evett, S.R., (1997). Subsurface and surface microirrigation of corn: Sourthern high plains. Trans. ASAE 40, 6336-641.

Jantawat S., Vichukit V., Putthacharoen, and R. Howeler. (1991). Cultural practices for erosion control in cassava. In : M. Schnepf (Ed.). Proc. Intern. Workshop on Conservation Farming on Hill Slopes. March 20-29,1989. Taichung,Taiwan, R.O.C. pp. 201-205.

Jones, J.B. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. **CRC Press LLC**, Boca Raton, Florida.

Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42:421-428.

Muchovej, R. M. and Newman, P. R. (2004). Nitrogen fertilization of sugarcane on a sandy soil: II. Soil and groundwater analyses. Journal American Society Sugar Cane Technologists. 24. 225-240

Raj, A., Muthukrishnan, P. and Ayyadurai, P. (2013). Root Characters of Maize as Influenced by Drip Fertigation Levels. American Journal of Plant Sciences. 4(2):340-348.

SPSS Inc. (2006). SPSS 15.0. Chicago, IL: SPSS Inc.

Thomas, L.T., Scott, A.W., James, W. and Greg, J.S. (2003). Fertigation frequency for subsurface drip-irrigated Broccli. Soil science society of American Journal. 67(3): 910-918.

Xie, X., Machikowa, T. and Wonprasaid, S. 2020. Drip irrigation systems controlled by soil moisture sensors and a soil water balance model for cassava grown in soils of two different textures. South African Journal of Plant and Soil. 2020:01-10.

Yildirim, M. and Demiral, M. (2011). An automated drip irrigation system based on soil electrical conductivity. Philippine Agricultural Scientist. 94(4): 343-349.

Zotarelli, L., Dukes, M.D., Scholberg, J.M.S. and Hanselman, T. (2008). Nitrogen and water use efficiency of zucchini squash for a plastic mulch bed system on a sandy soil. Scientia Horticulturae. 116(1): 8-16.

Zotarelli, L., Dukes, M.D., Scholberg, J.M.S. and Munoz-Carpena, R. (2009). Tomato nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. Agricultural Water Management. 96(8): 1247-1258.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ – สกุล: **นายสุดชล วุ้นประเสริฐ (Mr. Sodchol Wonprasaid)**

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี
อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-225035, โทรสาร 044-224281
e-mail: sodchol@sut.ac.th

ประวัติการศึกษา

ชื่อสถาบัน	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขา	ปีที่จบ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ตรี	B.Sc.	Agronomy	1983
University of Western Australia, Australia	โท	M.Sc.	Crop Science	1992
University of Kentucky, USA.	เอก	Ph.D.	Soil Science	2003

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

1. การจัดการดิน ปุ๋ย ธาตุอาหารพืช
2. การจัดการน้ำ

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย และงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ:

1. ผู้อำนวยการแผนการวิจัย:

- เทคโนโลยีการจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช สำหรับการผลิตมันสำปะหลัง

2. หัวหน้าโครงการวิจัย:

1) Organic matter residue management in lowland rice in northeast Thailand. ACIAR
2) Integrated nutrient management for rainfed lowland conditions. IRRI
3) การจัดการน้ำ และธาตุอาหารพืชในถั่วเหลือง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือโครงการวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และสถานภาพในการทำวิจัย

1) การตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองและผลตกค้างจากการตรึง N ของถั่วที่มีต่อผลผลิต ข้าวในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนข้าว-ถั่วเหลือง โดย N-15 เทคนิค. (2545) วารสารดินและปุ๋ย. 24: 1-21 . ผู้ร่วมวิจัย
2) การใช้ปุ๋ยชีวภาพจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว. (2536) รายงานประจำปีศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี กรมวิชาการเกษตร. หน้า 109-115. ผู้ร่วมวิจัย
3) ความไวในการตอบสนองของดัชนีชี้วัดคุณภาพของดินต่อการ จัดการดินและระบบพืช. (2546) รายงานการประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติ ครั้งที่ 9. 5 หน้า หัวหน้าโครงการ
4) ประสิทธิภาพการใช้น้ำของถั่วเหลือง. (2539) รายงานการประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติ ครั้งที่ 6. 3-6 กันยายน 2539. หน้า 172 - 179. หัวหน้าโครงการ
5) Effects of Fe-Amino Acid Chelate Foliar Application on Nutrient Uptake, Growth and Yield of Chili (Capsicum annuum L.). In 16th Asian Agricultural Symposium and 1th International Symposium on Agriculture Technology. 25-27 August. Bangkok. Thailand ผู้ร่วมวิจัย
6) Control release and split fertilizer application for rainfed lowland rice in sandy soils.(1992) RLRC Final Report IRRI. 40. หัวหน้าโครงการ
7) Effects of Ethephon Application on Grape Fruit Quality and Yield. In 16th Asian Agricultural Symposium and 1 th International Symposium on Agriculture Technology. 25-27 August. Bangkok. Thailand .ผู้ร่วมวิจัย
8) Effects of Rice Growing Systems and PGPR on Nitrogen Fixation and Rice Yield. In 1 6 th Asian Agricultural Symposium and 1 th International Symposium on Agriculture Technology. 25-27 August. Bangkok. Thailand.หัวหน้าโครงการ
9) Gas Generation from Anaerobic Fermentation of Animal Manures and Their Liquid Residue Applications on Organic Hydroponics. In 1 6 th Asian Agricultural Symposium and 1th International Symposium on Agriculture Technology. 25-27 August. Bangkok. Thailand. ผู้ร่วมวิจัย
10) Improved water conservation and nutrient-use efficiency via subsoil compaction and mineral fertilization. (1998) In: Rainfed Lowland Rice : Advances in Nutrient Management Research, Ladha JK, Wade LJ, Dobermann

A, Reichardt W, Kirk GJD, Piggin C (editors). International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines 245-256. ผู้ร่วมวิจัย

11) Integrated nutrient management on sesbania-rice systems. (1993) RLRC Final Report IRRI35-37. หัวหน้าโครงการ

12) Nitrogen Fixation Efficiency of *Azospirillum largimobile* in System of Rice Intensification: SRI. In The ASA-CSSA-SSSA 2010 International Annual Meetings. 31 Oct. - 4Nov. Longbeach CA. USA .หัวหน้าโครงการ

13) Nitrous Oxide Emissions from Fertilized Upland Fields in Thailand. (2001) Nutrient Cycling in Agroecosystems. 57:55-65. ผู้ร่วมวิจัย

14) Organic matter residue management in lowland rice in northeast Thailand. (1995) ACIAR Proceedings No. 56. 98-103. หัวหน้าโครงการ

15) Performance of contrasting rice cultivars selected for rainfed lowland conditions in relation to soil fertility and water availability. (1996) Field Crops Research. 47: 267 หัวหน้าโครงการ

16) Screening aquatic legumes for potential use as pre-rice green manure on unproductive sandy soil. (1992) RLRC Final Report IRRI. 36-39. หัวหน้าโครงการ

17) Stimulation of Nitrogen Release from Organic Fertilizer for Organic Vegetable Production. In 16th Asian Agricultural Symposium and 1th International Symposium on Agriculture Technology. 25-27 August. Bangkok. Thailand. ผู้ร่วมวิจัย

18) The management of rice straw, fertilisers and leaf litters in rice cropping systems in Northeast Thailand. 2. Rice yields and nutrient balances. (1999) Plant and Soil. 209, 29- 36 . ผู้ร่วมวิจัย

19) The management of rice straw, fertilisers and leaf litters to enhance the sustainability of rice cropping systems in North-east Thailand. 1. Soil Carbon Dynamic. (1999) Plant and Soil. 209,21-28. ผู้ร่วมวิจัย ทุน วช.

ประวัติผู้ร่วมวิจัย 1

ชื่อ – สกุล: **นางสาว ฐิติพร มะชิโกวา (Miss Thitiporn Machikowa)**

ตำแหน่ง หัวหน้าสาขา และ อาจารย์ประจำ
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
เลขที่ 111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทร 044-224579, โทรสาร 044-224281 โทรศัพท์เคลื่อนที่ 086-8795671
e-mail: machiko@sut.ac.th

ประวัติการศึกษา

1. ปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สถาบัน ม.เทคโนโลยีสุรนารี ปีที่สำเร็จ 2541
2. ปริญญาเอก สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สถาบัน ม.เทคโนโลยีสุรนารี ปีที่สำเร็จ 2547

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย และงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ:

1. หัวหน้าโครงการวิจัย : -
   1) โครงการพัฒนาการผลิตทานตะวัน. แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2553-2555
   2) โครงการเทคโนโลยีการผลิตทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์ “สุรนารี 473” ในแปลงเกษตรกร. แหล่งทุน สกอ.
   3) โครงการการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนในสภาพที่มีไนโตรเจนสูง. แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
   4) โครงการเทคโนโลยีเซ็นเซอร์สำหรับการผลิตมันสำปะหลังในระบบน้ำหยด. แหล่งทุน สวทช.

2. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

Machikowa, T. and Saetang, C. 2010. Combining Ability for Yield and Agronomic Characters in Sunflower. In ASA, CSSA and SSSA 2010 International Annual Meetings. Oct. 31 – 4 Nov. 2010, Long Beach, CA, USA.

Funpeng, K. and **Machikowa, T.** 2010. Correlation and path coefficient analysis on agronomic characters in sunflower. *In* The 11 Agricultural Conference 2010. Khon Kaen University, Thailand, Jan. 25-26, 2010.

Tantasawat, P., Trongchuen, J., Prajongjai, T., Thongpae, T., Petkhum, C., Seehalak, W. and **Machikowa, T**. 2010. Variety identification and genetic relationships of mungbean and blackgram in Thailand based on morphological characters and ISSR analysis. Afr. J. Biotechnol. 9(27): 4,452-4,464.

Huang, Z., Laosuwan, P., **Machikowa, T.** and Chen, Z. 2010. Combining ability for seed yield and other characters in rapeseed. Suranaree J. Sci. Technol. 17(1): 39-48.

Huang, Z., Laosuwan, P., **Machikowa, T.** and Chen, Z. 2010. Heterosis for seed yield, oil content and other characters in rapeseed *(Brassica napus* L.). J. Northeast Agricultural University 17(1): 1-9.

Huang, Z., **Machikowa, T.**, Chen, Z., Dai, W., Tang, R. and Li, D. 2010. Analysis of heterosis for characters of male sterile lines in rapeseed *(Brassica napus* L.). Hatyai Journal, 8(1): 1-13.

Saetang, C. and **Machikowa, T.** 2011. Heterosis and inbreeding depression in sunflower. Journal of Agricultural Science. 1(1): 138-145.

Machikowa, T. and Saetang, C. 2011. General and specific combining ability for quantitative characters in sunflower. Journal of Agricultural Science and Technology. 3(1): 91-95.

Machikowa, T. 2011. Genetic variability and heritability of quantitative traits in sunflower. *In* International Symposium on Sunflower Genetic Resources, 16-20 Oct. 2011, Turkey.

Saensee, K., **Machikowa, T.** and Muangsan, N. 2011. Evaluation of drought response of sunflower synthetic varieties/ lines. *In* International Symposium on Sunflower Genetic Resources, 16-20 Oct. 2011, Turkey.

Machikowa, T. and Laosuwan, P. 2011. Path coefficient analysis for yield of early maturing soybean. Songklanakarin J. Sci. Technol. 33 (4): 365-368.

Saensee, K., **Machikowa, T.** and Muangsan, N. 2012. Comparative performance of sunflower synthetic varieties under drought stress. Int.J. Agric. Biol., 14: 929-934.

Saensee, K., **Machikowa, T.** and Muangsan, N. 2012. Antioxidant enzyme response to drought stress in sunflower *(Helianthus annuus L.).* In The 10th International Congress on Plant Molecular Biology. 21-26 October 2012. Jeju, Korea.

Chieochansilp, T., **Machikowa, T.** and Laosuwan, P. 2012. Performance of hybrid and synthetic varieties of sunflower grown under different levels of input. Suranaree J. Sci. Technol. 19(2):105-111.

Machikowa, T., Wonprasaid, S. and Kulrattanarak, T. 2013. Effects of ultrasonic treatment on germination of synthetic sunflower seeds. *In* World Academy of Science, Engineering and Technology, January 14-15, 2013 Zurich, Switzerland.

Krudnak, A., Muangsan, N. and **Machikowa, T.** 2013. High frequency callus induction through anther culture in high oil sunflower (*Helianthus annuus* L.). KKU Res. J. 2013; 18(1): 62-72.

Krudnak, A., Wonprasaid, S. and **Machikowa, T.** 2013. Boron affected pollen viability and seed set in sunflower. Afr. J. Agric. Res. 8(2): 162-166.

Chanthai, S., **Machikowa, T.**, Boonkerd, N. and Wonprasaid, S. 2013. Effects of fertigation, water application frequency and soil amendment on tomato production. VII International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops.

Machikowa, T., Wonprasaid, S. and Kulrattanarak, T. 2013. Effects of ultrasonic treatment on germination of synthetic sunflower seeds. *In* World Academy of Science, Engineering and Technology, January 14-15, 2013 Zurich, Switzerland.

Sukkasem, C., Laosuwan, P., Wonprasaid and **Machikowa, T.** 2013. Environmental conditions on oleic acid of sunflower seeds In 2 ndInternational Conference on Agriculture and Environment Systems (ICAES' 13), April 23-24, 2013, Pattaya, Thailand.

Singchai, A., Muangsan, N., and **Machikowa, T.** 2013. Evaluation of SSR markers associated with high oleic acid in sunflower. International Journal of Agricultural, Biosystems Science and Engineering, 7: 326–329.

Sukkasem, C., Tantanuch, W., Wonprasaid, S., and **Machikowa, T.** 2015. Rapid Chemometric Method for the Determination of Oleic and Linoleic Acid in Sunflower Seeds by ATR-FTIR Spectroscopy. Chiang Mai J. Sci. 42(4): 930–938.

Pratumjon, S., **Machikowa, T.** and Wonprasaid, S. 2016. Strawberry flowering induction by artificially low temperature and day light. International Conference on Agricultural, Food, Biological and Health Sciences (AFBHS-16) August 22–24, 2016 Kuala Lumpur (Malaysia): 111–114.

Machikowa, T. and Sukmee, S. 2017. Development of culture media for pollen germination and tube growth of sunflower. International Conference Plant Cells In Vitro: Fundamentals& Applications II. p.32.

Phantong, P., **Machikowa, T.,** Saensouk, P. and Muangsan, N. 2018. Comparing growth and physiological responses of *Globba schomburgkii* Hook. f. and *Globba marantina* L. under hydroponic and soil conditions. Emir. J. Food Agric. 30(2): 157–164.

Saensee, K. **Machikowa, T.,** Kaya, Y. and Muangsan, N. 2018. Relationship between floret size and anther culture response in an ornamental sunflower. Asia Pacific Journal of Science and Technology, 23(2): 1–9.

Samongdee, T., Wonprasaid S., Horkaew, P. and **Machikowa, T.** 2018. Moisture distribution patterns in loamy sand and sandy clay soils under drip irrigation system. In Proceedings of **ISER 124th International Conference**, April 29–30, 2018. Tokyo, Japan.

ประวัติผู้ร่วมวิจัย 2

ชื่อ-สกุล: **นายธีรยุทธ เกิดไทย (Mr. TEERAYOOT GIRDTHAI)**

ตำแหน่ง: อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-224155 หรือ 081-8913822 โทรสาร 044-224281
e-mail: teerayoot@sut.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ปริญญา	วิชาเอก	สถาบันการศึกษา
2545	ตรี	วท.บ. (เกษตรศาสตร์)	พืชไร่	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2552	เอก	ปร.ด. (พืชไร่ 2 (1) ปรับปรุงพันธุ์พืช)	พืชไร่	มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- ปรับปรุงพันธุ์พืช
- สรีระวิทยาพืช
- สถิติเพื่อการวิจัยทางการเกษตร

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Kesmala, T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2010. Relationship between root characteristics of peanut (Arachis hypogaea L.) in hydroponics and pot studies. Crop Science 50; 159-167.
2. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2010. Associations between physiological traits for drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut genotypes under terminal drought. Plant Breeding, doi:10.1111/j.1439-0523.2009.01738.x.
3. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2010. Heritability of, and genotypic correlations between, aflatoxin traits and physiological traits for drought tolerance under end of season drought in peanut (Arachis hypogaea L.). Field Crops Research 118; 169-176.
4. **Girdthai**, T., Jogloy, S., T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Patanothai, A., and Holbrook, C.C., 2009. Heritability estimates of the physiological traits for terminal drought tolerance and genotypic and phenotypic correlation with agronomic traits of peanut (Arachis hypogaea L.). In The 3rd International Conference on Integrated Approaches to Improve Crop Production under Drought-Prone Environments. VIVAsha Resort Hotel, Shanghai, China. October 11-16, 2009
5. **Girdthai**, T., Jogloy, S., T., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Patanothai, A., and Holbrook, C.C., 2009. Physiological traits for drought tolerance as indirect selection tools for lower aflatoxin contamination in peanut (Arachis hypogaea L.) under terminal drought. In The 3rd International Conference on Integrated Approaches to Improve Crop

Production under Drought-Prone Environments. VIVAsha Resort Hotel, Shanghai, China. October 11-16, 2009

6. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2008. Associations between physiological traits for drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut genotypes under terminal drought. In American Peanut Research and Education Society 2008 Annual Meeting. Renaissance Hotel, Oklahoma City, Oklahoma, USA. July 15-18, 2008.
7. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2008. Association between surrogate traits of drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut cultivars under terminal drought. In The International Seminar on Sustainable Agriculture Development in Responses to Global Climate Change. June 6 -7, 2008.
8. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2009. Heritability of, and genotypic correlations between, aflatoxin traits and physiological traits for drought tolerance under end of season drought in peanut (Arachis hypogaea L.). In The 2009 technical meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Bhumipol Dam, Samngao district, Tak, Thailand. Nov 18 - 19, 2009.
9. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2009. Relationship between root characteristics of peanut (Arachis hypogaea L.) in hydroponics and pot studies. In The 2009 technical meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Bhumipol Dam, Samngao district, Tak, Thailand. Nov 18 -19, 2009.
10. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2008. Association between surrogate traits of drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut under terminal drought stress. In The RGJ-Ph.D. Congress IX. Jomtien Palm Beach Hotel & Resort Pattaya. Chonburi, Thailand. Apr 4 -6, 2008

11. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2008. Heritability estimates of the physiological traits for terminal drought tolerance and genotypic and phenotypic correlation with agronomic traits of peanut (Arachis hypogaea L.). In RGJ Seminar Series: Drought Tolerance in Crop Plants. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand. Aug 24, 2009
12. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2008. Relationship between root characteristics of peanut (Arachis hypogaea L.) in hydroponics and pot studies. In RGJ Seminar Series: Drought Tolerance in Crop Plants. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand. Aug 24, 2009
13. **Girdthai**, T., Jogloy, S., Vorasoot, N., Akkasaeng, C., Wongkaew, S., Holbrook, C.C., and Patanothai, A., 2007. Association between surrogate traits of drought tolerance and aflatoxin contamination in peanut under terminal drought stress. In The 2007 technical meeting of the senior research scholars' projects in field crops. Ubolrat Dam, Ubolrat, Khon Kaen, Thailand. Nov 14 -15, 2007.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี