

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืช
เพื่อประเมินช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา
Application of crop modeling for evaluation crop planting
date after rice harvest



ทะเบียนวิจัยเลขที่ | 64-65-01-07-020202-102-01-23

กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
มีนาคม 2566

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืช
เพื่อประเมินช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา

Application of crop modeling for evaluation crop planting
date after rice harvest

จัดทำโดย

นางสาวปรารถนา ปลอดดี
นางสาวกรรณิการ์ หอมยามเย็น
นายชาณุณรงค์ เขตแดน
นางสาวนิรมล เกษณา

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน
สถานีพัฒนาที่ดินกำแพงเพชร
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 64-65-01-07-020202-102-01-23

กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เดือนมีนาคม 2566

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์	-1-
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	-4-
Abstract	-5-
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	2
1. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในนา	2
2. น้ำในดิน	7
3. การใช้น้ำของพืช	11
4. โปรแกรมแบบจำลองพืช (Crop Simulation Models (CSMs)	14
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	18
1. ระยะเวลาดำเนินการ	18
2. สถานที่ดำเนินการ	
อุปกรณ์และวิธีการ	18
1. อุปกรณ์	18
2. วิธีการ	18
ผลการวิจัย	30
1. ผลของสมบัติดินทางกายภาพที่สัมพันธ์กับการให้น้ำพืช	30
2. การประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืช	38
3. ผลการทดสอบการประยุกต์ใช้แบบจำลองการให้น้ำพืชตามประเภทกลุ่มเนื้อดิน	58
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	56
ประโยชน์ที่ได้รับ	57
การเผยแพร่ผลงานวิจัย	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	61

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 สมบัติของดินที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	5
ตารางที่ 2 แสดงประเภทของเนื้อดิน ข้อดี ข้อเสีย ของเนื้อดินแต่ละกลุ่ม	8
ตารางที่ 3 สมบัติดินทางกายภาพของดินกลุ่มดินเหนียว (f)	32
ตารางที่ 4 สมบัติดินทางกายภาพของดินกลุ่มดินร่วนละเอียด (fl)	34
ตารางที่ 5 สมบัติดินทางกายภาพของดินกลุ่มดินร่วนหยาบ (col)	36
ตารางที่ 6 ข้อมูลดินนำเข้าโปรแกรม Cropwat 8.0	38
ตารางที่ 7 ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดนครสวรรค์ นำเข้าโปรแกรม Cropwat 8.0	40
ตารางที่ 8 ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดพิษณุโลก นำเข้าโปรแกรม Cropwat 8.0	40
ตารางที่ 9 ข้อมูลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	41
ตารางที่ 10 วันปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา	42
ตารางที่ 11 ตารางการให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	46
ตารางที่ 12 การประเมินช่วงเวลาในการให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา	47
ตารางที่ 13 ข้อมูลความชื้นลดลงสะสมจากการวัดด้วยเครื่องมือในแปลงเกษตรกรและ แบบจำลองการให้น้ำ	52
ตารางที่ 14 ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา	53
ตารางที่ 15 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	55

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำใช้ประโยชน์ได้กับชนิดของเนื้อดิน	10
ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช	13
ภาพที่ 3 ตัวอย่างหลุมศึกษาหน้าตัดดิน	19
ภาพที่ 4 หน้าจอข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยรายเดือน	20
ภาพที่ 5 หน้าจอข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานีนครสวรรค์	21
ภาพที่ 6 เมนูสำหรับกำหนดทางเลือก	21
ภาพที่ 7 หน้าจอทางเลือกสำหรับข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	21
ภาพที่ 8 หน้าจอข้อมูลฝนรายเดือน	22
ภาพที่ 9 เมนูสำหรับเลือกข้อมูลฝนรายเดือน	23
ภาพที่ 10 ปุ่มสำหรับเลือกข้อมูลฝน	23
ภาพที่ 11 หน้าจอข้อมูลพืช	24
ภาพที่ 12 เมนูสำหรับเลือกข้อมูลพืช	24
ภาพที่ 13 หน้าจอเลือกข้อมูล (MAIZE)	24
ภาพที่ 14 ข้อมูลข้าวโพด (MAIZE)	25
ภาพที่ 15 เมนูสำหรับเลือกข้อมูลดิน	26
ภาพที่ 16 หน้าจอข้อมูลดิน	26
ภาพที่ 17 หน้าจอกำหนดการคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ET _o)	27
ภาพที่ 18 หน้าจอกำหนดการคำนวณปริมาณน้ำฝนที่ใช้ได้จริง (Effective rainfall)	27
ภาพที่ 19 หน้าจอการกำหนดช่วงเวลาในการให้น้ำ (Irrigation timing)	28
ภาพที่ 20 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืชเพื่อประเมิน ช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา	29
ภาพที่ 21 สภาพสมมูลน้ำจังหวัดนครสวรรค์	43
ภาพที่ 22 สภาพสมมูลน้ำจังหวัดพิษณุโลก	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 23 ความขึ้นดินจากแปลงที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กลุ่มดินเหนียว	49
ภาพที่ 24 ความขึ้นดินจากแปลงที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กลุ่มดินร่วนละเอียด	50
ภาพที่ 25 ความขึ้นดินจากแปลงที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กลุ่มดินร่วนหยาบ	50

แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 64-65-01-07-020202-102-01-23

ชื่อ โครงการวิจัย ประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืชเพื่อประเมินช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา

Application of crop modeling for evaluation crop planting date after rice harvest

ผู้รับผิดชอบโครงการ	นางสาวปรารถนา ปลอดดี	หน่วยงาน	สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
ผู้ร่วมดำเนินการ	นางสาวกรรณิการ์ หอมยามเย็น	หน่วยงาน	กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายชาญณรงค์ เขตแดน	หน่วยงาน	สถานีพัฒนาที่ดินกำแพงเพชร
ผู้ร่วมดำเนินการ	นางสาวนิรมล เกษณา	หน่วยงาน	สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8
ผู้ร่วมดำเนินการ	นางสาวกชกร กานตารัมภ์	หน่วยงาน	สถานีพัฒนาที่ดินกำแพงเพชร
ผู้ร่วมดำเนินการ	นางมลลิกานต์ ทศวิล	หน่วยงาน	กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายโกศล เคนทะ	หน่วยงาน	กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน

เริ่มต้นเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563 สิ้นสุดเดือน มีนาคม พ.ศ. 2566 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 30 เดือน

สถานที่ดำเนินการ		พิกัด		ชุดดิน	ประเภทเนื้อดิน
ชื่อ-นามสกุล	จังหวัด	X	Y		
นายสนอง เถาว์ลย์	นครสวรรค์	602546	1764824	Plo-silA	ดินเหนียว (f)
นายบุญส่ง จันทร์ชื่น	พิษณุโลก	617012	1896097	Tph-gm-silA	ดินเหนียว (f)
นางเจิญวง ขจรภิรมย์	พิษณุโลก	616393	1896897	Tph-gm-silA	ดินเหนียว (f)
นางเสน่ห์ สังขะหะ	นครสวรรค์	602480	1764611	Plo-fsi-silA	ดินทรายแป้งละเอียด (fsi)
นายสำเริง สุวรรณพันธุ์	พิษณุโลก	623944	1893525	Tph-gm,fl-lA	ดินร่วนละเอียด (fl)
นายเกาะเพชร ธงไชย	พิษณุโลก	622920	1894811	Tph-gm,fl-lA	ดินร่วนละเอียด (fl)
นายชำนาญ นิमित	พิษณุโลก	623408	1893987	Tph-gm,fl-lA	ดินร่วนละเอียด (fl)
นายเฉลี่ย เสมอใจมิตร	นครสวรรค์	599813	1765856	Khk-silA/d3lt	ดินร่วนละเอียด (fl)
นายวิระ จันทร์ทรง	พิษณุโลก	694577	1888472	Chp-gm-silA	ดินร่วนหยาบ (col)
นายหยวน รอดเทศ	พิษณุโลก	694489	1887681	Chp-gm-silA	ดินร่วนหยาบ (col)
นายสัมพันธ์ รักรัง	นครสวรรค์	575346	1741779	Khk-col-silA	ดินร่วนหยาบ (col)
นายมานพ เกตุแก้วมณี	นครสวรรค์	575677	1741965	Khk-col-silA	ดินร่วนหยาบ (col)

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

ปีงบประมาณ	งบลงทุน-ครุภัณฑ์	งบดำเนินงาน	รวม
2564	48,890	589,040.81	637,930.81
2565	-	452,970	452,970

แหล่งงบประมาณที่ใช้ ทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.)

พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดประกอบตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

ลงชื่อ..... 

(นางสาวปรารธนา พลอดดี)

ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ..... 

(นางนงนุช ศรีพุ่ม)

ประธานคณะกรรมการระดับหน่วยงาน

วันที่ ๒๗ เดือน ๕.๑. พ.ศ. ๕๖

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 64-65-01-07-020202-102-01-23

โครงการวิจัย ประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืชเพื่อประเมินช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา
Application of crop modeling for evaluation crop planting date after rice harvest

ชุดดิน ตะพานหิน (Tph-gm,fl-lA) ตะพานหิน (Tph-gm-silA) ขาณุวรลักษณ (Khk-sLA/d3lt) ขาณุวรลักษณ (Khk-col-sLA) โพทะเล (Plo-silA) โพทะเล (Plo-fsi-silA) ชุมพลบุรี (Chp-gm-sLA)

สถานที่ดำเนินการ		พิกัด		ชุดดิน	ประเภทเนื้อดิน
ชื่อ-นามสกุล	จังหวัด	X	Y		
นายสนอง เถาวัลย์	นครสวรรค์	602546	1764824	Plo-silA	ดินเหนียว (f)
นายบุญส่ง จันทร์ขึ้น	พิษณุโลก	617012	1896097	Tph-gm-silA	ดินเหนียว (f)
นางเจินยวง ขจรภิรมย์	พิษณุโลก	616393	1896897	Tph-gm-silA	ดินเหนียว (f)
นางเสน่ห์ สังขะหะ	นครสวรรค์	602480	1764611	Plo-fsi-silA	ดินทรายแป้งละเอียด (fsi)
นายสำเริง สุวรรณพันธุ์	พิษณุโลก	623944	1893525	Tph-gm,fl-lA	ดินร่วนละเอียด (fl)
นายเกาะเพชร ธงไชย	พิษณุโลก	622920	1894811	Tph-gm,fl-lA	ดินร่วนละเอียด (fl)
นายชำนาญ นิमित	พิษณุโลก	623408	1893987	Tph-gm,fl-lA	ดินร่วนละเอียด (fl)
นายเฉลียว เสมอใจมิตร	นครสวรรค์	599813	1765856	Khk-sLA/d3lt	ดินร่วนละเอียด (fl)
นายวิระ จันทร์ทรง	พิษณุโลก	694577	1888472	Chp-gm-sLA	ดินร่วนหยาบ (col)
นายหยวน รอดเทศ	พิษณุโลก	694489	1887681	Chp-gm-sLA	ดินร่วนหยาบ (col)
นายสัมพันธ์ รักรัง	นครสวรรค์	575346	1741779	Khk-col-sLA	ดินร่วนหยาบ (col)
นายมานพ เกตุแก้วมณี	นครสวรรค์	575677	1741965	Khk-col-sLA	ดินร่วนหยาบ (col)

ผู้รับผิดชอบโครงการ นางสาวปรารถนา ปลอดดี Miss Prattana ploddee

ผู้ร่วมดำเนินการ นางสาวกรรณิการ์ หอมยามเย็น Miss Kunnika homyamyen
นายชาญณรงค์ เขตแดน Mr. Channarong Khetdan
นางสาวนิรมล เกษณา Miss Niramom kessana

บทคัดย่อ

การศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืชเพื่อประเมินช่วงเวลาการปลูกและการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา จากการวิเคราะห์สภาพสมมูลน้ำของข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ย 10 ปี (พ.ศ. 2554-2563) พบว่า ช่วงเวลาการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา ควรปลูกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมและทันเวลาเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อนฤดูทำนาในรอบถัดไป และไม่ควรปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังเดือนธันวาคมเพราะจะทำให้ระยะออกดอกตรงกับช่วงอุณหภูมิสูง อาจทำให้ช่อดอกและไหมแห้ง ผสมไม่ติด ส่งผลให้เมล็ดไม่เต็มฝัก โดยศึกษาการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนาในกลุ่มเนื้อดิน 3 ประเภท ได้แก่ 1) กลุ่มดินเหนียว 2) กลุ่มดินร่วนละเอียด และ 3) กลุ่มดินร่วนหยาบ โดยกำหนดการให้น้ำ 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การให้น้ำตามวิธีของเกษตรกร (ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 50%) 2) ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 35% 3) ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 40% และ 4) ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 45% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ผลการศึกษา พบว่า ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกลุ่มเนื้อดิน 3 ประเภท และการให้น้ำทั้ง 4 รูปแบบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาจำนวนน้อยครั้งที่สุด คือ จำนวน 4 ครั้งต่อฤดูการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาจะทำให้ลดต้นทุนในการให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาได้

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาแนวโน้มของผลผลิตตามกลุ่มเนื้อดิน พบว่า กลุ่มดินเหนียว จำนวนการให้น้ำที่เหมาะสม 4 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต ด้วยวิธีการให้น้ำของเกษตรกร (ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 50%) มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุด (1,386 กิโลกรัมต่อไร่) กลุ่มดินร่วนละเอียด จำนวนการให้น้ำที่เหมาะสม 6 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต (ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 45%) มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุด (1,007 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนกลุ่มดินร่วนหยาบ จำนวนการให้น้ำที่เหมาะสม 8 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต (ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 40%) มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุด (1,502 กิโลกรัมต่อไร่) และเมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ พบว่า กลุ่มดินร่วนหยาบให้น้ำ 8 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีกำไรสุทธิสูงสุด 7,526 บาทต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ กลุ่มดินเหนียวให้น้ำ 4 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีกำไรสุทธิ 6,956 บาทต่อไร่ และกลุ่มดินร่วนละเอียด คือ ให้น้ำ 6 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีกำไรสุทธิ 3,893 บาทต่อไร่

Abstract

A study of the application of a cropping model to assess the appropriate planting and watering schedule for maize on dry seasons (postnasal crops). From the 10-year average monthly climate data (2011-2020) It was found that the period of maize planting after paddy field It should be planted from November to December when it is suitable and in time to harvest maize before the next farming season. And should not plant maize after December because the high temperature will cause the inflorescences and silkworms to dry and not mix, resulting in the seeds not filling the pods. The study was conducted on the 3 types of soil: 1) clay, 2) fine-loamy, and 3) coarse-loamy. There are 4 types of watering schedule, namely: 1) irrigation according to the farmer's methods; 2) water when the critical value of water depletion is 35%, 3) when the critical value of water depletion is 40%, and 4) water when the critical value of water depletion is 45% from the initial useful soil moisture content. The results showed that there was not statistically significant in the yield of maize for 3 types of soil and all 4 types of watering. It can be concluded that the least amount of watering for maize on dry season can help reduce the cost of irrigation.

However, when considering the trend of yield according to soil texture group. It was found that clay soil group, the appropriate amount of watering is 4 times per production season. by way of providing water to farmers (Providing water when the critical value of water depletion is 50%) has the highest yield of maize (1,386 kg/rai). Fine-loamy group, the appropriate amount of watering is 6 times per production season has the highest yield of maize (1,007 kg/rai). The coarse loamy soil group (watering when the critical value of water depletion was 45%), the appropriate amount of watering is 8 times per production season. (Providing water when the critical value of water depletion is 40%) has the highest yield of maize (1,502 kg/rai). And when considering the economic value, it was found that the coarse-loamy soil group gave water 8 times per production season had the highest net profit of 7,526 baht per rai, followed by clay soil group, watering 4 times per production season, net profit of 6,956 baht per rai, and fine-loamy soil group, watering 6 times per production season, net profit of 3,893 baht per rai.

หลักการและเหตุผล

การผลิตข้าวของประเทศไทยปัจจุบันเกินความต้องการใช้ในประเทศ ประกอบกับการส่งออกข้าวของไทย มีการแข่งขันเพิ่มขึ้นจากประเทศเพื่อนบ้านที่มีราคาต่ำกว่า และเนื่องจากประสบปัญหาขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงลดพื้นที่การทำนาปรังโดยเฉพาะพื้นที่ในเขตชลประทาน และเลือกพืชที่เหมาะสมเข้าไปทดแทน การปลูกพืชในสภาพหลังการทำนาจำเป็นต้องมีการให้น้ำชลประทานหรือการอาศัยความชื้นในดินที่หลงเหลืออยู่หลังเก็บเกี่ยวข้าว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560)

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ในปี 2562/63 มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 7.02 ล้านไร่ ด้านการตลาดข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ซึ่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศเกือบทั้งหมด (ร้อยละ 95) ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ที่มีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นตรงกันข้ามกับด้านการผลิต เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกมากกว่าร้อยละ 90 อยู่นอกเขตชลประทานอาศัยน้ำฝนในการเพาะปลูก มีความเสี่ยงกับภาวะฝนแล้งหรือฝนทิ้งช่วงส่งผลให้ผลผลิตต่ำลง

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถทนต่อสภาพอากาศที่ร้อนและแห้งได้ดีราบเท่าที่มีน้ำเพียงพอ ดังนั้นน้ำจึงมีความสำคัญต่อการผลิตพืช หากพืชเกิดสภาวะขาดน้ำจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต การศึกษาหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช (Song., 2010; Ge., 2012; Kresovic et al., 2016) การขาดน้ำในช่วงระยะต้นกล้ามีผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าวโพด ส่งผลให้ดัชนีพื้นที่ใบและชีวมวลลดลงและส่งผลต่อไปยังระยะการเติบโตทางการเจริญพันธุ์ (Song et al., 2019)

ในสภาวะการขาดแคลนน้ำข้อมูลความชื้นในดินเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชหลังนามาก เนื่องจากความชื้นดินจะเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำที่อยู่ในดินถ้าดินมีน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ย่อมจะสร้างความเสียหายส่งผลกระทบต่อผลการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ควรจะได้รับของเกษตรกร การสูญเสียน้ำในดินเกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ และสมบัติของดิน เช่น เนื้อดิน โครงสร้างดิน พืชพรรณธรรมชาติ การใช้ที่ดิน

ดังนั้น ในศึกษาและวิจัยทรัพยากรดินควรมีการศึกษา สร้างความเข้าใจ ตลอดจนพัฒนาต่อยอดงานวิจัยในการประเมินปัจจัยทางคุณภาพดินที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตของดินภายใต้รูปแบบการใช้ที่ดินที่ปลูกข้าวปรับเปลี่ยนมาปลูกพืชหลังนาร่วมกับการศึกษาข้อมูลความชื้นดินในกลุ่มดินตัวแทนหลักของดินนา ให้มีผลละเอียดในเชิงพื้นที่เฉพาะและประเภทของดินมากขึ้น จะสามารถทำให้ทราบข้อมูลสารสนเทศทรัพยากรดินที่นำไปสู่แนวทางการบริหารจัดการดินที่มีประสิทธิภาพ และแปลผลข้อมูลดินเพื่อกำหนดช่วงวันปลูกที่เหมาะสมกับความต้องการ เพื่อใช้สำหรับวางแผนส่งเสริมการปลูกพืชหลังนาให้ได้ผลผลิตสูง ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเสียหายในการปลูกพืชช่วงฤดูแล้ง และยังสามารถถ่ายทอดและขยายผลสู่พื้นที่ที่มีลักษณะทางสภาพแวดล้อมและลักษณะดินใกล้เคียงกัน ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มจากการปลูกพืชใช้น้ำน้อยในช่วงขาดแคลนน้ำได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินช่วงเวลาการปลูกและการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

การตรวจเอกสาร

1. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในนา

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (*Zea mays* L.) จัดเป็นธัญพืชที่รู้จักกันในชื่อ Maize ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารมนุษย์และสัตว์ ปลูกได้ตั้งแต่เขตอากาศอบอุ่น (temperate) เขตอากาศกึ่งร้อนชื้น (sub-tropic) และพื้นที่ราบเขตร้อน (lowland tropic) สามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมที่กว้างขวาง ตั้งแต่เขตละติจูด 55 องศาเหนือ ถึง 40 องศาใต้ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นับเป็นพืชไร่นาชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพที่จะใช้ปลูกในพื้นที่นาหลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี เนื่องจากมีอายุสั้นประมาณ 100-120 วัน และใช้น้ำน้อยกว่าการทำนาประมาณ 2-3 เท่า นอกจากนี้ยังเป็นการลดการระบาดของโรคและแมลง รวมทั้งเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการทั้งในประเทศและการส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ

1.1 ข้อพิจารณาและการปฏิบัติในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

แหล่งน้ำ ควรเลือกพื้นที่ปลูกที่มีแหล่งน้ำเพียงพอตลอดฤดูกาล เช่น เขื่อนชลประทาน อ่างเก็บน้ำ ฝ่ายโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า บ่อน้ำบาดาลหรือบ่อน้ำตื้น และแหล่งน้ำตามธรรมชาติ เช่น บึงขนาดเล็ก

การเลือกพื้นที่ ควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ราบลุ่มต่ำและระบายน้ำยาก หลีกเลี่ยงดินเหนียวถึงเหนียวจัด และดินกรดถึงกรดจัด (pH ต่ำกว่า 5.5) หรือควรปรับความเป็นกรดต่างของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวโพด คือ pH 5.5-7.0 ชุดดินไร่ที่เกษตรกรใช้ทำนาอยู่ในปัจจุบันนั้น ไม่เหมาะสำหรับการทำนาปรัง เนื่องจากการกักเก็บน้ำไม่ดี แต่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดหลังนาและให้ผลผลิตค่อนข้างสูง เนื่องจากลักษณะดินมีการระบายน้ำค่อนข้างดี

การวางแผนการผลิตข้าวและข้าวโพดหลังนา ควรกำหนดวันปลูกข้าวและข้าวโพดไว้ล่วงหน้า เช่น หากต้องการปลูกข้าวโพดในเดือนตุลาคม เกษตรกรจะต้องปลูกข้าวในเดือนมิถุนายน ในกรณีที่เกษตรกรปลูกข้าวที่ไวต่อช่วงแสงโดยเฉพาะข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งจะออกดอกประมาณปลายเดือนตุลาคม เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวให้เสร็จภายในเดือนพฤศจิกายนจึงจะปลูกข้าวโพดได้ หากเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมอาจจะทำให้การปลูกข้าวโพดล่าช้าถึงเดือนมกราคม ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตและผลผลิตข้าวโพดทั้งปริมาณและคุณภาพช่วงที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพดในฤดูแล้ง คือ เดือนพฤศจิกายน-เดือนธันวาคม ดังนั้นควรกำหนดวันเก็บเกี่ยวข้าวให้แล้วเสร็จก่อนที่จะปลูกข้าวโพด หากปลูกข้าวได้เร็วจะทำให้ต้นข้าวโพดมีการเจริญเติบโตดี และระยะออกดอกไม่ตรงกับช่วงอุณหภูมิสูงเกินไป จนเป็นอุปสรรคต่อการออกดอกและผสมเกสร ประกอบกับในช่วงฤดูแล้งท้องฟ้าไม่ค่อยมีเมฆมาก ต้นข้าวโพดได้รับแสงอย่างเต็มที่ ทำให้ได้ผลผลิตสูง นอกจากนี้ยังเป็นการประหยัดการใช้น้ำได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การปลูกข้าวโพดในช่วงนี้มีข้อเสียบางประการคือ ในปีที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำทำให้เมล็ดข้าวโพดงอกช้ากว่าปกติ หรือแสดงอาการใบสีม่วง เนื่องจากการขาดธาตุฟอสฟอรัสในระยะต้นกล้า ส่วนการปลูกข้าวโพดล่าช้ากว่าเดือนมกราคมหรือกุมภาพันธ์ อาจประสบปัญหาการระบาดของแมลงศัตรูต่าง ๆ เช่น เพลี้ยจักจั่นเขียว หรือแมลงศัตรูพืชชนิดใหม่ รวมถึงการเผชิญฝนตกในช่วงเก็บเกี่ยว ทำให้ผลผลิตเสียหายหรือเมล็ดมีคุณภาพต่ำ มีการปนเปื้อนเชื้อราและสารพิษที่เกิดจากเชื้อรา โดยเฉพาะสารอะฟลาทอกซินที่เป็นอันตรายต่อสัตว์และมนุษย์

1.2 การปลูกและดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

การเตรียมดิน ดินนาที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ดินร่วน ดินร่วนเหนียว หรือดินร่วนปนทราย เนื่องจากการระบายน้ำดีและมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง การปลูกข้าวโพดในนาควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ดินเหนียวหรือดินเหนียวจัด เนื่องจากการระบายน้ำไม่ดี โดยดินนาที่เป็นดินเหนียวส่วนใหญ่ ลักษณะของดินหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวจะเหนียวติดเท้าเมื่อดินเปียกน้ำ และแตกกระแหงเมื่อดินแห้ง ดินเหนียวจะมีสมบัติในการกักเก็บน้ำได้ดี และมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินทราย แต่จะลำบากต่อการเตรียมดินเพราะอาจเกิดภาวะน้ำท่วมขังได้ง่าย ส่วนดินที่เป็นทรายจัดจะขาดความอุดมสมบูรณ์และข้าวโพดมักขาดน้ำ เนื่องจากความสามารถในการเก็บกักน้ำต่ำ เนื่องจากสภาพแปลงนาเป็นดินที่อัดตัวกันแน่นและระบายน้ำยาก ซึ่งเป็นผลมาจากการเตรียมดินสำหรับการทำนา ในขณะที่ข้าวโพดชอบดินที่มีลักษณะโปร่งและระบายน้ำดี

โดยทั่วไปวิธีการเตรียมดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดหลังนา คือ การไถดะโดยใช้รถไถพลา 3 หรือรถไถเดินตาม หลังเก็บเกี่ยวข้าวตากแปลงไว้ 5-7 วัน เพื่อทำลายวัชพืช จากนั้นจึงไถพรวนด้วยพลา 7 เพื่อเก็บกักความชื้นและย่อยดินให้ร่วนซุย ซึ่งสามารถปฏิบัติได้ในดินทุกชนิด โดยเฉพาะดินร่วน ดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียว หากความชื้นในดินเหมาะสมหลังจากการไถดินจะแตกร่วน หากดินมีความชื้นเกินไปดินจะจับเป็นแผ่นหรือก้อนขนาดใหญ่ หากมีเศษฟางและตอซังข้าวหนา อาจเป็นอุปสรรคในการใช้เครื่องหยอดเมล็ด เกษตรกรควรหมักฟางข้าวให้เปื่อยในระหว่างการเตรียมดิน โดยใช้โรตารีตีหมักฟางคลุกลงดิน แล้วสูบน้ำใส่ให้ท่วมหมักทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ แล้วไขน้ำออก ตากดินไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ จนดินหมาดแล้วเตรียมดินตามปกติ ควรหลีกเลี่ยงการเผาฟางข้าวในแปลงนา เพื่อเป็นการอนุรักษ์ดินและน้ำในดินในพื้นที่นาที่ไม่สม่ำเสมอ จำเป็นต้องมีการเตรียมดินตั้งแต่ฤดูการทำนา คือ ไถดะและไถแปรพื้นที่นาเพื่อกำจัดวัชพืช และปรับพื้นที่ให้ราบเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีแอ่งน้ำ หรือส่วนที่เป็นเนินและที่ดอน เพื่อสะดวกในการให้น้ำและระบายน้ำออกจากแปลง พื้นที่นาควรมีหน้าดินลึกไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร เพื่อให้รากข้าวโพดสามารถเจริญดูดใช้น้ำและอาหารจากหน้าดินได้ดี รวมทั้งสามารถช่วยอุ้มน้ำ

กรณีที่ดินนาเป็นกรดหรือกรดจัด ($\text{pH} < 5.5$) ควรปรับปรุงดินก่อนทำนา หรือก่อนปลูกข้าวโพดโดยการใส่ปูนขาว หรือปูนมาร์ล ในอัตราตามความต้องการปูน นอกจากนี้เกษตรกรควรทำร่องส่งน้ำและระบายน้ำรอบแปลงนา เพื่อสะดวกในการส่งน้ำเข้าแปลง และระบายน้ำออกจากแปลง สำหรับแปลงนาที่มีขนาดใหญ่หรือมีพื้นที่ตั้งแต่ 3-5 ไร่ ขึ้นไป ควรทำการตัดร่องส่งน้ำและระบายน้ำกลางแปลงทุก ๆ 20-40 แถว หรือประมาณ 15-30 เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และเนื้อดินโดยกำหนดทิศทางของร่องแปลงให้ขนานกับแถวปลูกข้าวโพด ความกว้างของร่องประมาณ 1-2 เมตร ข้อดีของการตัดร่องกลางแปลง คือ เพื่อใช้สำหรับการส่งน้ำเข้าแปลงได้อย่างทั่วถึง และสามารถใช้เป็นร่องระบายน้ำในกรณีที่มีฝนตกหรือให้น้ำมากเกินไป

การปลูก วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดในสภาพพื้นที่นา คือ การปลูกแบบเป็นแถว โดยใช้แรงคน รถไถ หรือรถไถเดินตามขนาดเล็ก ดัดท้ายด้วยเครื่องปลูก พร้อมกับการใส่ปุ๋ยรองพื้น ระยะปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดในสภาพหลังนา คือ ระยะระหว่างแถว 70-75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร จำนวน 1 ต้นต่อหลุม หรือปลูกให้ได้จำนวนต้นข้าวโพด 10,666-11,428 ต้นต่อไร่ อัตราเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม คือ 3-4 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกสามารถทำได้ทั้งแบบปลูกบนพื้นราบ และแบบยกร่องซึ่งการปลูกแบบยกร่องจะสะดวกในการให้น้ำ และทำให้ข้าวโพดได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอ แต่มีต้นทุนการเตรียมดินที่สูงกว่าปลูกแบบไม่ยกร่อง

ข้อควรระวังในการปลูก

- 1) ไม่ควรให้น้ำหลังการปลูกทันที เพราะอาจเป็นอุปสรรคต่อการงอก เนื่องจากดินอัดแน่น เมล็ดไม่สามารถงอกได้ ทำให้เมล็ดเน่าเสียหาย
- 2) หากปลูกช่วงที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ เมล็ดอาจงอกช้า
- 3) การปลูกลำช้า หลังเดือนธันวาคม ทำให้ระยะออกดอกตรงกับช่วงอุณหภูมิสูง อาจทำให้ช่อดอกและไหมแห้ง ผสมไม่ติด ทำให้เมล็ดติดไม่เต็มฝัก
- 4) เลือกจานหยอดของเครื่องหยอดเมล็ด ให้มีความเหมาะสมกับขนาดของเมล็ดพันธุ์ ตามคำแนะนำที่ระบุมากับเมล็ดพันธุ์ หากจำเป็นต้องมีการปลูกซ่อมควรดำเนินการในช่วง 7-10 วันหลังปลูก เพื่อให้ต้นข้าวโพดเจริญเติบโตและสุกแก่พร้อมกัน

การใส่ปุ๋ย ปุ๋ยเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารที่สำคัญโดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมในการผลิตพืชรวมถึงข้าวโพด การเข้าใจบทบาทหน้าที่ของธาตุอาหารหรือปุ๋ยแต่ละชนิดที่ข้าวโพดต้องการรวมถึงการใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องโดยใช้ให้ถูกสูตร ถูกเวลา ถูกวิธี และถูกปริมาณ จะนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

การให้น้ำ การปลูกข้าวโพดหลังนาโดยอาศัยความชื้นในดิน ที่หลงเหลืออยู่หลังเก็บเกี่ยวข้าว ควรตรวจสอบความชื้นของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว หากความชื้นของดินไม่เพียงพอสำหรับการงอก และการเจริญเติบโตในระยะแรก (1-2 สัปดาห์) ควรมีการให้น้ำก่อนปลูก การให้น้ำชลประทานมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวโพดในสภาพหลังนาอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชที่ไม่ชอบน้ำท่วมขัง โดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต ในระยะที่ยอดยังไม่โผล่พ้นดิน ดังนั้นจึงควรให้น้ำครั้งแรกหลังจากการพรวนดินพูนโคน เมื่อต้นข้าวโพดอายุได้ประมาณ 3 สัปดาห์ หรืออาจจะสังเกตอาการเหี่ยวของใบข้าวโพดที่เกิดขึ้นในช่วงบ่าย ใช้เป็นตัวชี้วัดการให้น้ำครั้งแรกและครั้งต่อไปได้ หลังจากนั้นการให้น้ำก็จะเป็นไปตามปกติอีกประมาณ 3-6 ครั้ง ขึ้นอยู่กับชนิดของดินและสภาพภูมิอากาศ

โดยทั่วไปข้าวโพดมีความต้องการน้ำตลอดฤดูปลูกประมาณ 450-500 มิลลิเมตร หรือ 720-800 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หากเกษตรกรเคยปลูกข้าวนาปรังมาแล้ว สามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดหลังนาได้ โดยอัตราปริมาณน้ำที่ใช้ 1 : 3 เช่น หากเคยใช้น้ำปลูกข้าวนาปรัง 1 ไร่ สามารถใช้ปลูกข้าวโพดได้พื้นที่ประมาณ 3 ไร่ หรืออาจจะได้พื้นที่มากกว่านี้

ความต้องการน้ำตลอดฤดูปลูกของข้าวโพดประมาณการได้ว่าทุกๆ มิลลิเมตรของน้ำที่ข้าวโพดได้รับเพิ่มขึ้นจะช่วยให้มีผลผลิตเมล็ดข้าวโพด 3.2 กิโลกรัมต่อไร่ การขาดน้ำจะมีผลทำให้ข้าวโพดมีผลผลิตลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าในสภาพดังกล่าวมีอุณหภูมิสูง การขาดน้ำในระยะ vegetative จะทำให้ต้นข้าวโพดมีความสูงลดลง แต่จะไม่เป็นการสูญเสียผลผลิตเท่ากับการขาดน้ำในระยะออกดอกหรือระยะสร้างเมล็ด เมื่อสังเกตในช่วงเช้าจะพบว่าใบข้าวโพดม้วนและเหี่ยว แสดงว่าข้าวโพดมีการขาดน้ำอย่างรุนแรงจะต้องให้น้ำทันที เมื่อดินมีความชื้นมากเกินไปหรือเกิดน้ำท่วมขัง ผลผลิตข้าวโพดจะลดลงหรือข้าวโพดอาจตายได้ ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีการระบายอากาศในดินทำให้มีผลกระทบต่อการหายใจของรากและลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ความต้องการน้ำของข้าวโพดจะสัมพันธ์กับอายุการเจริญเติบโต กล่าวคือ เมื่อข้าวโพดอยู่ในระยะ vegetative ข้าวโพดจะมีความต้องการน้ำน้อยกว่าในระยะออกดอกและระยะการสร้างเมล็ด ทั้งนี้ เนื่องจากในระยะเริ่มการเจริญเติบโตข้าวโพดมีพื้นที่ใบน้อยกว่า จากการศึกษาพบว่าเมื่อข้าวโพดมีใบ 12 ใบ รากของข้าวโพดจะมีความลึก

ประมาณ 60 เซนติเมตร ในขณะที่ระยะออกดอกและระยะการสร้างเมล็ด รากของข้าวโพดจะมีความลึกประมาณ 90 เซนติเมตร และ 120 เซนติเมตร ตามลำดับ (สมศรีและอำนาจ, 2551)

ตารางที่ 1 สมบัติของดินที่เหมาะสมในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คุณสมบัติของพื้นที่	เหมาะสมสูง	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมเล็กน้อย	ไม่เหมาะสม
ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูปลูก (°C)	24-30	31-32 20-23	33-35 16-19	>35 <16
ความต้องการน้ำในฤดูปลูก (mm)	500-800	400-500	300-400	<300
สภาพการระบายน้ำของดิน	- ระบายน้ำมากเกินไป - ระบายน้ำดี	ระบายน้ำดี ปานกลาง	ระบายน้ำ ค่อนข้าง เร็ว	- ระบายน้ำเลว มาก - ระบายน้ำเลว
ความจุในการดูดยึดธาตุอาหาร				
C.E.C ดินล่าง (meq/100g)	>15	3-15	<3	-
B.S. ดินล่าง (%)	>35	<35	-	-
ความลึกของดิน (cm)	>100	50-100	25-50	<25
ปริมาณกรวดหรือเศษหินที่พบ (%)	<15	15-40	40-80	>80
ค่าการนำไฟฟ้าขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ หรือความเค็มของดิน (mmho/cm)	<2	2-4	4-8	>8
ระดับความลึกของชั้นจาโรไซด์ (cm)	> 150	100 -150	50-100	<50
ปฏิกิริยาในสภาวะน้ำแข็ง (pH)	5.1-7.3	7.4-7.8 4.5-5.0	7.9-8.4 4.0-4.4	>8.4 <4.0

ที่มา : บัณฑิต และคำรณ (2542)

การควบคุมวัชพืช การปลูกข้าวโพดในสภาพนาในกรณีที่ไม่ใช้วัสดุคลุมดินหรือวิธีการไถพรวนดิน สารเคมีมีความจำเป็นอย่างมากโดยเฉพาะการปลูกโดยไม่ไถเตรียมดิน ซึ่งต้องกำจัดวัชพืชประเภทก่อนปลูก เช่น ไกลโฟเสท พาราควอต นอกจากนี้การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอก เช่น เมโทลาลอร์ อะลาคลอร์ หรืออะทราซีน มีความสำคัญเช่นกันเนื่องจากเมล็ดวัชพืชที่อยู่ในดินจะงอกขึ้นมาภายหลังได้เมื่อมีการให้น้ำชลประทานในช่วงปลูก แต่การใช้อะทราซีนต้องระวังผลตกค้างในดิน ซึ่งจะมีผลกระทบต่อพืชที่ปลูกตาม โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วต่าง ๆ แต่ทางที่ดีควรหลีกเลี่ยงการใช้อะทราซีนสำหรับการปลูกในสภาพนา ในกรณีที่มีวัชพืชค่อนข้างมากควรฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทก่อนปลูกหรือก่อนงอกได้ จากนั้นก็จะดายหญ้าหรือทำร่นอีกครั้งหนึ่งพร้อมกับการใส่ปุ๋ยแต่งหน้า สำหรับในแปลงที่มีวัชพืชไม่รุนแรง การดายหญ้าเพียงครั้งเดียวพร้อมกับการใส่ปุ๋ยแต่งหน้าก็เพียงพอแล้ว แต่อย่างไรก็ตามวัชพืชมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการให้น้ำชลประทานเช่นกัน โดยการให้น้ำบ่อยครั้งมีแนวโน้มทำให้ปริมาณวัชพืชเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ศัตรูของข้าวโพด ศัตรูของข้าวโพดที่สำคัญสำหรับการปลูกข้าวโพดในฤดูแล้ง คือ หนู ซึ่งจะเข้ากัดกินต้นอ่อนถึงระยะติดฝัก โดยเฉพาะในระยะเป็นน้ำนมถึงฝักแก่ ในกรณีที่มีการระบาดของหนูอย่างรุนแรง ผลผลิตอาจถูกทำลายเกือบทั้งแปลง สำหรับแนวทางแก้ไขมีอยู่หลายวิธีทั้งวิธีกล เช่น กักตักต่าง ๆ และการใช้สารเคมี เช่นเหยื่อพิษ เป็นต้น สำหรับแมลงศัตรูที่สำคัญ คือ หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด ซึ่งควรใช้คาร์โบฟูราน 3 % ชนิดเม็ดฉีดประมาณ 1 ซ่อนชา/ต้นหยอดที่ยอด นอกจากนี้ยังมีหนอนกระทู้ข้าวโพดและหนอนเจาะฝักข้าวโพด ควรใช้สารกำจัดแมลงตามคำแนะนำ

การเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปข้าวโพดจะมีการสุกแก่ทางสรีรวิทยาประมาณ 45 วันหลังออกไหม ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดข้าวโพดหยุดการเจริญเติบโต และมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด สังเกตได้จากส่วนโคนเมล็ดจะมีเนื้อเยื่อสีดำ (black layer) ทำให้การส่งผ่านธาตุอาหารจากส่วนต่างๆ ของต้นข้าวโพดสู่เมล็ดสิ้นสุดลง หลังจากนั้นความชื้นภายในเมล็ดจะเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ควรเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่อายุ 110-120 วัน โดยสามารถสังเกตได้จากใบและต้นที่เปลี่ยนเป็นสีฟางข้าวทั้งแปลง ซึ่งจะมี ความชื้นเมล็ดประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ควรหลีกเลี่ยงการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหลังฝนตก เพราะเมล็ดจะมีความชื้นค่อนข้างสูง ควรปล่อยให้ฝักและต้นข้าวโพดแห้งก่อน ปัจจุบันเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดหลังนาจะจ้างเครื่องเกี่ยวนวดในการเก็บเกี่ยว และส่งเมล็ดข้าวโพดจำหน่ายในแหล่งรับซื้อในท้องถิ่น โดยไม่มีการจัดการหลังเก็บเกี่ยวทั้งในด้านการลดความชื้นและอื่น ๆ

ข้อควรระวัง

1. ไม่ควรให้น้ำอีกเมื่อข้าวโพดถึงระยะการสุกแก่ทางสรีรวิทยา เพราะไม่ช่วยเพิ่มผลผลิต และยังมีผลให้ความชื้นในฝักลดลง
2. มักจะมีพายุฤดูร้อนในช่วงใกล้เก็บเกี่ยว ทำให้เกิดปัญหาดันหักล้มได้

1.3 ข้อจำกัดของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา)

หลีกเลี่ยงดินเหนียวถึงเหนียวจัด ข้าวโพดชอบดินที่โปร่งและระบายน้ำดี สภาพแปลงนา ก่อนปลูกข้าวโพด ดินอัดตัวแน่นและระบายน้ำยาก เป็นผลมาจากการเตรียมดินสำหรับการทำนา

หลีกเลี่ยงพื้นที่ต่ำและที่น้ำท่วมขัง หลีกเลี่ยงดินเหนียวจัดซึ่งมีการระบายน้ำไม่ดี หากจำเป็นต้องปลูก ต้องมีการควบคุมการให้น้ำอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันปัญหาดันข้าวโพดเน่า

หลีกเลี่ยงน้ำท่วมขังในระยะแรก ข้าวโพดเป็นพืชที่ไม่ชอบน้ำท่วมขัง โดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต ซึ่งตายอดยังมาโผล่พ้นดิน อาจทำให้ต้นกล้าเน่าตายได้ ไม่ควรให้น้ำหลังการปลูกทันที อาจเป็นปัญหาต่อการงอก ดินอัดแน่น เมล็ดไม่สามารถงอกได้ ทำให้เมล็ดเน่าเสียหาย

หลีกเลี่ยงการปลูกหลังเดือนธันวาคม การปลูกล่าช้า หลังเดือนธันวาคมทำให้ระยะออกดอกตรงกับช่วงอุณหภูมิสูง อาจทำให้ช่อดอกและไหมแห้ง ผสมไม่ติด ทำให้เมล็ดติดไม่เต็มฝัก

หลีกเลี่ยงดินกรด (pH ต่ำกว่า 5.5) ความเป็นกรดต่างของดินที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อยู่ในช่วง ค่า pH 5.5-7.0

หลีกเลี่ยงการขาดน้ำในระยะออกดอก พันธุ์ข้าวโพดโดยทั่วไปที่ปลูกในฤดูแล้งหลังนา มีอายุวันออกดอก 50% ประมาณ 60-65 วัน หลังจากปลูก ซึ่งระยะที่ข้าวโพดเริ่มออกดอกและออกไหม เป็นระยะที่

ต้องการน้ำที่เพียงพอ ดังนั้นควรให้น้ำอีกครั้งในช่วงข้าวโพดออกดอกอายุประมาณ 60-65 วัน ระวังอย่าให้ข้าวโพดขาดน้ำช่วงออกดอก ซึ่งจะกระทบต่อการให้ผลผลิต

2. น้ำในดิน

2.1 น้ำในดินที่พืชใช้ประโยชน์ได้/ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน

รากพืชจะเจริญไปในดินบริเวณที่มีความชื้น และดูดน้ำจนกระทั่งศักยภาพของน้ำในดินนั้นลดลงถึงระดับวิกฤติ จากนั้นรากไม่สามารถดูดน้ำได้อีกต่อไป ส่วนของน้ำในดินที่รากพืชสามารถดูดไปใช้ได้นี้เรียกว่า น้ำที่เป็นประโยชน์ (available water) ซึ่งจะมีอยู่ระหว่างระดับความชื้นในดินที่ความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) และจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP)

การดูดยืดยึดน้ำของอนุภาคดินโดยทั่วไป จะใช้แรงดึงที่ 1/3 บรรยากาศ (33 kPa) และ 15 บรรยากาศ (1,500 kPa) ค่าการดูดยืดยึดน้ำที่แรงดึง 1/3 บรรยากาศ แทนค่าระดับความชื้นในดินที่มีความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) หรือ เป็นขีดจำกัดบน (upper limit) ส่วนค่าการดูดยืดยึดน้ำที่ใช้แรงดึง 15 บรรยากาศ แทนค่าระดับความชื้นที่พืชเหี่ยวอย่างถาวร (permanent wilting point, PWP) หรือเป็นขีดจำกัดล่าง (lower limit) โดยปกติค่าเหล่านี้แสดงเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ผลต่างของระดับความชื้นที่ความจุสนาม กับระดับความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร จะเป็นปริมาณความชื้นสูงสุดที่เป็นประโยชน์ต่อพืช การวิเคราะห์ความชื้นในดินจะทำให้ทราบว่าปริมาณน้ำในดินขณะทำการเก็บตัวอย่างดินนั้นมีเพียงพอที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ โดยปกติถือว่าปริมาณน้ำในดินควรอยู่ในช่วง 50-100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินนั้นๆ ตลอดฤดูการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นค่าความชื้นของดินจึงมีความสำคัญต่อการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะต้องทดแทนให้แก่ดิน หรือระบายออกจากดิน (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547)

2.2 ความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน

ปริมาณความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (available water capacity, AWC) หมายถึง ปริมาณสูงสุดของความชื้นที่ดินชนิดหนึ่งๆ สามารถดูดซับไว้ให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ มีค่าความชื้นอยู่ระหว่างค่าความจุความชื้นสนาม (field capacity: FC) กับค่าจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point: PWP) โดยจะใช้ความชื้นที่ถูกดูดยืดยึดอยู่ในดินด้วยแรงที่ไม่มากเกินไป จนพืชดูดน้ำไปใช้ได้ช้ากว่าอัตราการคายน้ำของพืชจนเกิดอาการเหี่ยวถาวร ขณะเดียวกันก็ถูกดูดซับอยู่ในดินด้วยแรงมากพอที่จะไม่สูญเสียน้ำผ่านเขตรากพืชในเวลาอันรวดเร็วโดยแรงโน้มถ่วงของโลก

2.3 คุณสมบัติของดินที่สัมพันธ์กับการใช้น้ำของพืช

เนื้อดิน คุณสมบัติของดินที่บ่งบอกถึงความหยาบหรือความละเอียดของดิน ดินที่มีอนุภาคทรายเป็นส่วนประกอบมากเรียกว่า ดินเนื้อหยาบ ส่วนดินที่มีอนุภาคดินเหนียวมากเรียกว่าดินเนื้อละเอียด หลักในการแบ่งประเภทเนื้อดินใช้สัดส่วนของปริมาณอนุภาคของเม็ดดินทราย (Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) ในดินเป็นตัวจำแนกประเภท ส่วนขนาดของอนุภาคต่างๆ ในดิน แบ่งตามระบบของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา และระบบสากล ดังแสดงในตารางที่ 2 เนื้อดินมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นอย่างมาก ดินที่มีเนื้อละเอียดจะอุ้มน้ำไว้ได้มากกว่าดินเนื้อหยาบหรือดินทราย แต่เนื้อดินหยาบจะมีการระบายน้ำออกจากดินได้ดีกว่าดินเหนียว

ตารางที่ 2 แสดงประเภทของเนื้อดิน ข้อดี ข้อเสีย ของเนื้อดินแต่ละกลุ่ม

ประเภทเนื้อดิน	ประเภทของเนื้อดิน		คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำพืช	
	เนื้อดิน	สัญลักษณ์	ข้อดี	ข้อเสีย
1. ดินเนื้อหยาบ	Sand	S	1. ไถพรวนง่าย	1. อุ้มน้ำและธาตุอาหารได้น้อย
	Loamy Sand	LS		2. ระบายน้ำเร็วเกินไป
2. ดินร่วน	Sandy Loam	SL	1. ไถพรวนง่าย	1. ธาตุอาหารถูกชะล้างได้ง่าย
	Loam	L	2. อุ้มน้ำและธาตุอาหารได้มาก	2. ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ
	Silt Loam	SiL	พอสสมควร	
	Silt	SiL	3. ระบายน้ำและอากาศดี	
	Sandy Clay Loam	SCL	พอสสมควร	
	Clay Loam	CL	4. เหมาะแก่การปลูกพืช	
3. เนื้อดินละเอียด	Silty Clay Loam	SiCL	1. อุ้มน้ำและธาตุอาหารได้มาก	1. ระบายน้ำและอากาศไม่ดี
	Sandy Clay	SC	2. ความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง	
	Silty Clay	SiC		
	Clay	C		

ที่มา: ดิเรก และคณะ, 2545

โครงสร้างของดิน หมายถึงลักษณะของการจัดเรียงตัว และการเชื่อมยึดกันของอนุภาคเดี่ยวหรืออนุภาคปฐมภูมิของดินเกิดเป็นเม็ดดิน (Soil aggregate) และเม็ดดินเหล่านี้เกาะยึดกันเป็นรูปร่างต่างๆ โครงสร้างของดินโดยกำหนดรูปร่างต่างๆ โครงสร้างของดินกำหนดตามรูปร่าง ขนาดและความคงทนต่อการแยกของเม็ดดิน โครงสร้างของดินมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในดินและอากาศในดิน อัตราการซึมน้ำลงในดินตลอดจนการแพร่กระจายของรากพืช ดังนั้นจึงควรปรับปรุงโครงสร้างของดินในเขตรากพืชอย่างสม่ำเสมอ โครงสร้างของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชมักเกิดขึ้นในดินชั้นบนที่มีการไถพรวนมาบ้างแล้วเป็นดินโปร่ง ร่วนซุย เหมาะแก่การเพาะปลูก โครงสร้างชนิดต่างๆ ของดินเกิดจากการเชื่อมยึดกันของอินทรีย์วัตถุและรากพืช เช่น พืชจำพวกหญ้า และพืชตระกูลถั่ว แต่การดำเนินการเขตกรรมเพื่อการปลูกพืช เช่น การไถ การคราดและการพรวนดินหลายๆ ล้วนแต่มีผลในเชิงทำลายโครงสร้างของดินแทบทั้งสิ้นจึงควรกระทำมิให้มากเกินไปจนความจำเป็น

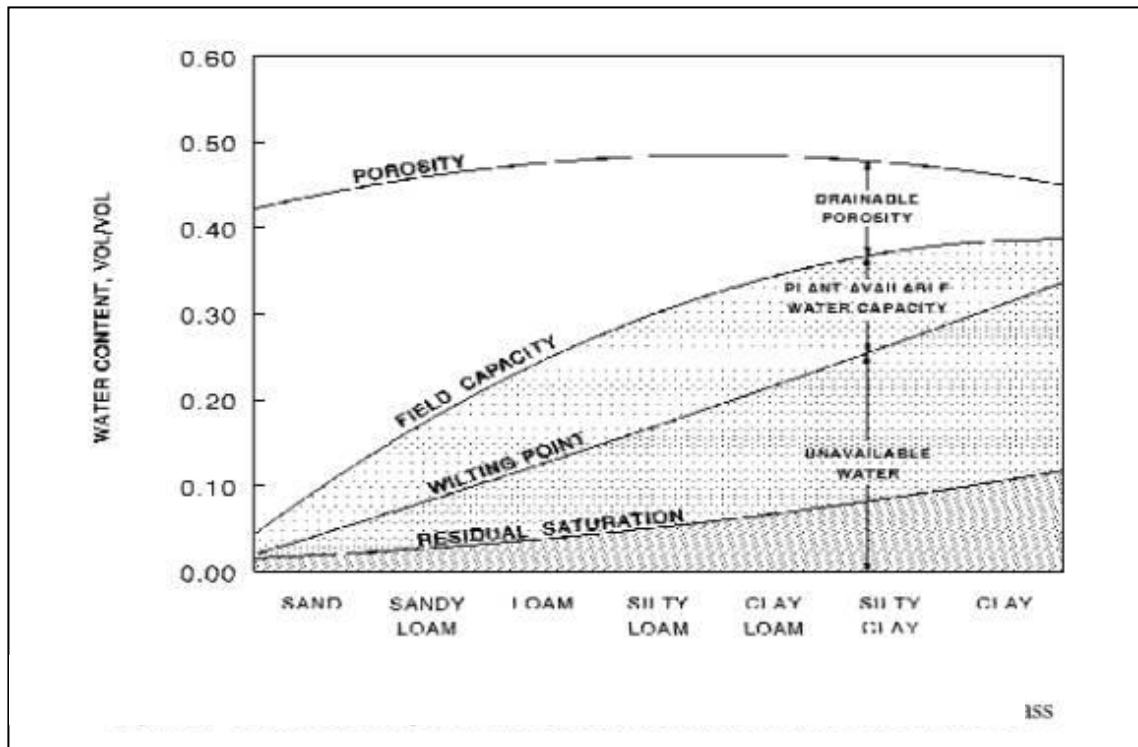
ความโปร่งและความแน่นทึบของดิน หมายถึงปริมาตรทั้งหมดของช่องว่างที่มีอยู่ในดินคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมดของดินมักจะเรียกว่า ความพรุนรวม (Total porosity) สำหรับดินที่มีช่องว่างมากจะเป็นดินโปร่ง แต่ถ้ามีช่องว่างน้อยถือว่าเป็นดินแน่นทึบ แม้ว่าดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชควรมีช่องว่างในดินร้อยละ 50 โดยปริมาตร แต่เนื่องจากช่องว่างแต่ละขนาดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังนั้นสัดส่วนของช่องว่างขนาดต่างๆที่เหมาะสมควรเป็นช่องว่างขนาดใหญ่ : ช่องว่างขนาดกลาง : ช่องว่างขนาดเล็ก คือ 5:4:1 ปริมาตรและขนาดของช่องว่างในดินขึ้นอยู่กับอนุภาคขนาดใหญ่ ได้แก่ ดินทราย จะมีช่องว่างขนาดใหญ่จำนวนมากแต่ปริมาตรของช่องว่างรวมในดินทรายมีน้อย ในขณะที่ดินที่มีอนุภาคขนาดเล็ก เช่น ดินเหนียวมีขนาดของช่องว่างขนาดเล็กจำนวนมากแต่ช่องว่างขนาดใหญ่มีน้อยทำให้ปริมาตรของช่องว่างรวมในดินเหนียวมีมาก

การเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงในดินจะทำให้ดินร่วนซุยขึ้นหรือทำให้ดินโปร่งขึ้นสาเหตุเพราะอินทรีย์วัตถุในดินเป็นสิ่งที่ช่วยทำให้ดินจับตัวเป็นเม็ดดินขนาดใหญ่ทำให้เกิดช่องว่างในดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นการส่งเสริมให้ใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆจะเป็นแนวทางการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินให้ดีขึ้นเป็นการประหยัดปุ๋ยเคมีที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

ความลึกของดิน หมายถึงความลึกของชั้นดินที่รากพืชสามารถเจริญเติบโตได้ ถ้าดินมีชั้นความลึกมากแสดงว่าดินนั้นสามารถอุ้มน้ำไว้ได้มากกว่าดินที่มีชั้นความลึกน้อยกว่าโดยดินต้องมีคุณสมบัติอื่นๆเหมือนกัน และดินที่มีความลึกมากจะทำให้รากพืชกระจายได้กว้างและลึกมาก ซึ่งมีผลต่อความถี่ในการให้น้ำแก่พืช ชั้นความลึกของดินแบ่งเป็น 4 ชั้นความลึกคือ ดินตื้นมาก ดินตื้น ดินลึกปานกลางและดินลึก

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินกับปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน มีหลายประการ เช่น เนื้อดิน ปริมาณชั้นส่วนหยาบ ความลึกของดิน ชั้นที่ขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ การอัดแน่นของดิน และความเค็มของดิน น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชขึ้นอยู่กับเนื้อดินเป็นหลัก โดยจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว เนื่องจากดินเนื้อละเอียดมีพื้นที่ผิวอนุภาคต่อหน่วย และมีช่องว่างขนาดเล็กที่ทำหน้าที่ดูดยึดน้ำได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ ดินเนื้อละเอียดดูดยึดน้ำไว้ได้มากกว่าทั้งในระดับความจุความชื้นสนาม และจุดเหี่ยวถาวร อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างดินเนื้อละเอียดและดินเนื้อปานกลางความแตกต่างระหว่างความจุความชื้นสนามกับจุดเหี่ยวถาวรของดินเนื้อละเอียดน้อยกว่าดินเนื้อปานกลาง นั่นคือดินเนื้อละเอียดแม้จะดูดยึดน้ำได้มากกว่าดินเนื้อปานกลาง แต่น้ำที่ถูกดูดยึดไว้มีสัดส่วนที่เป็นน้ำที่มีประโยชน์ต่อพืชน้อยกว่าดินเนื้อปานกลาง ความสัมพันธ์ของความชื้นดินที่ระดับความจุความชื้นสนาม จุดเหี่ยวถาวร และความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ และเนื้อดินแสดง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำใช้ประโยชน์ได้กับชนิดของเนื้อดิน

การจำแนกระดับของความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน จะใช้ความแตกต่างของเนื้อดิน (ขนาดอนุภาคและความพรุน) ปริมาณชิ้นส่วนหยาบ ความลึกของดิน และความแตกต่างของเนื้อดินที่พบชั้นดินเหนียวในตอนล่างของหน้าตัดดินเป็นเกณฑ์ โดยอ้างอิงจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (AWC) ในระดับต่างๆ กับเนื้อดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุ

K.E.Saxton et al., (1985) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของศักย์ของน้ำในดิน และสัมประสิทธิ์การนำน้ำกับน้ำในดินว่าเป็นเรื่องจำเป็นที่ผู้ที่ทำงานด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ การชลประทาน การระบายน้ำ และการผลิตพืชที่จะต้องทราบ เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำกักเก็บและปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืช แต่จากการที่พลังงานศักย์ของน้ำในดินกับสัมประสิทธิ์การนำน้ำมีความผันแปรมาก และมีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรงกับปริมาณน้ำในดินที่มีเนื้อดินแตกต่างกันไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาความสัมพันธ์นี้เป็นกิจกรรมที่ค่อนข้างยากและมีค่าใช้จ่ายสูง มักไม่มีความถูกต้องในการปฏิบัติ และไม่สามารถทำให้เสร็จได้ในระยะเวลาอันสั้น แต่จากประสบการณ์ของนักวิทยาศาสตร์ทางดินจำนวนมากได้ พบว่า เนื้อดินที่มีความสัมพันธ์อย่างเด่นชัดกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินที่ใช้ในการเกษตร ประกอบกับเนื้อดินเป็นข้อมูลที่ทำให้ง่าย และตรวจสอบได้ด้วยวิธีที่ไม่สลับซับซ้อนจึงใช้เป็นข้อมูลหลัก เพื่อนำเข้าในสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อการประเมินทางคุณสมบัติเรื่องน้ำในดิน โดยเฉพาะปริมาณความชื้นที่พืชใช้เป็นประโยชน์ได้ (Available water Capacity) ได้ทันที

3. การใช้น้ำของพืช

3.1 การระเหยคายน้ำหรือการใช้น้ำของพืช (evapotranspiration)

ในส่วนที่เกี่ยวกับการใช้น้ำของพืช มีคำศัพท์เกี่ยวข้องอีกสองคำ คือ การคายน้ำ (transpiration) และ การระเหยคายน้ำหรือการใช้น้ำของพืช (evapotranspiration)

การคายน้ำ (transpiration) หมายถึง การที่พืชสูญเสียน้ำออกไปในรูปไอน้ำ น้ำที่ระเหยออกจากพืช ส่วนนี้ส่วนใหญ่จะระเหยสู่บรรยากาศทางปากใบ (stoma) (สมบุญ, 2544) จากนิยามข้างต้น จะเห็นได้ว่าการคายน้ำนั้นเป็นส่วนหนึ่งของน้ำที่ระเหยสู่อากาศนั่นเอง

การระเหยคายน้ำ (evapotranspiration) เป็นคำศัพท์ที่บัญญัติในพจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2549) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ระเหยจากพื้นดินและการคายน้ำของพืชไปสู่บรรยากาศ หรือในบางครั้งอาจเรียกเป็น “การคายระเหยน้ำ” ในตำราทางด้านวิศวกรรมชลประทานแปลศัพท์ evapotranspiration เป็น “การใช้น้ำของพืช” ซึ่งใช้ในความหมายเดียวกับศัพท์คำว่า consumptive use of water (วิบูลย์, 2526) หมายถึง ปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่สู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ปริมาณดังกล่าวนี้ประกอบขึ้นด้วยสองส่วนหลัก คือ 1) ปริมาณที่พืชดูดไปจากดิน นำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อและคายออกทางใบสู่บรรยากาศ ซึ่งเรียกว่า “การคายน้ำ” (transpiration) 2) ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบ ๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในขณะให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่ และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำ ซึ่งเรียกว่า “การระเหย” (evaporation) (อภิชาติ และคณะ, 2524; วิบูลย์, 2526)

3.2 ปัจจัยที่ควบคุมปริมาณใช้น้ำของพืช

1) ปัจจัยทางดิน (Soil factors) มีผลต่อปริมาณใช้น้ำของพืชหลายประการ คือ

- ระดับความชื้นปรากฏของดิน ปริมาณสำรองของน้ำที่ใช้ได้ (available water content, AWCO) จะขึ้นอยู่กับระดับความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (PWP) และความชื้นที่ความจุสนาม (FC)
- ความลึกของดินเขตราก หน้าตัดดินที่ลึกมากโดยไม่มีชั้นหินพื้น ชั้นดินแน่นทึบ หรือชั้นน้ำใต้ดิน ขวางการกระจายของรากพืช ย่อมทำให้พืชมีระบบรากลึก แสงสว่างน้ำและธาตุอาหารได้
- สภาพนำน้ำของหน้าตัดดิน ที่ค่าลาดศักย์น้ำเท่ากันดินที่มีสภาพนำน้ำสูงกว่าจะปลดปล่อยน้ำให้พืชเร็วกว่า

2) ปัจจัยด้านพืช (plant factors) การใช้น้ำจากดินของพืชขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของพืช เป็นตัวกำหนดความต้องการใช้น้ำและสภาพทนแล้งโดยธรรมชาติ
- อายุและขั้นตอนการพัฒนาของพืช ความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตจากต้นกล้า การเจริญเติบโตทางกิ่งใบ การออกดอก และสร้างผลผลิต
- ประวัติการขาดน้ำของพืช โดยทั่วไปพืชที่เคยขาดน้ำมาก่อนจะสามารถทนต่อสภาวะขาดน้ำได้สูงกว่าพืชที่ไม่เคยได้ขาดน้ำ

3) ปัจจัยด้านภูมิอากาศ (Climatic factors) ประกอบด้วย

- ปริมาณรังสีอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม จะเป็นตัวควบคุมการคายน้ำของพืชและการระเหยน้ำจากผิวดิน

4) สภาพสิ่งแวดล้อมและการจัดการ

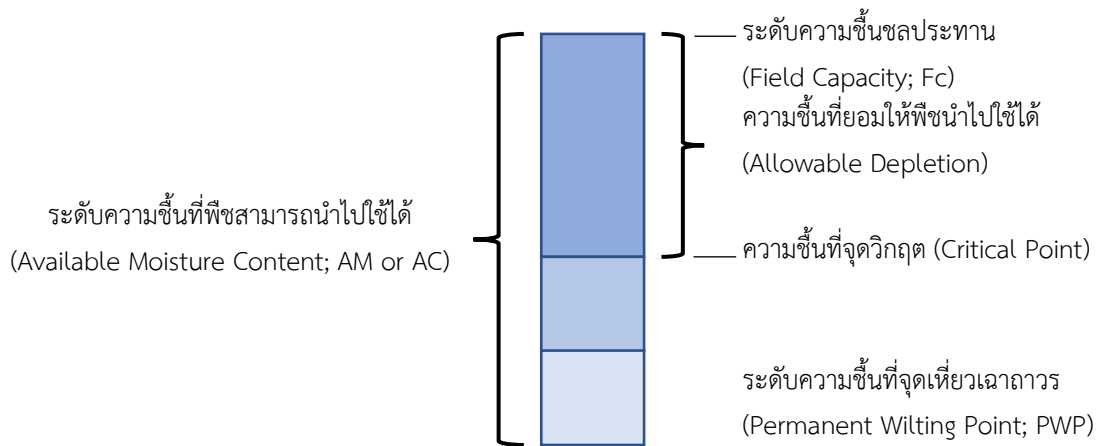
นอกจากสภาพภูมิอากาศและลักษณะของพืชแล้ว ความเค็มของดิน การขาดธาตุอาหาร ขั้นดานในดิน รวมถึง โรคและแมลง สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่เป็นข้อจำกัดสำหรับการเจริญเติบโตของพืชและจำกัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ปัจจัยอื่น ๆ ที่ต้องพิจารณาในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ได้แก่ สภาพการปกคลุมผิวดิน ความหนาแน่นของพืช และปริมาณความชื้นในดิน โดยความรุนแรงของการขาดน้ำและชนิดของดินเป็นเงื่อนไขหลักที่บ่งชี้ว่าปริมาณความชื้นในดินมีผลต่อปริมาณการใช้น้ำของพืชมากน้อยเพียงใด ในอีกแง่หนึ่งปริมาณน้ำที่มากเกินไปจากสภาพน้ำท่วมขังก็อาจมีผลกระทบต่อรากพืชทำให้ดินน้ำไปใช้ได้น้อยลงเช่นเดียวกัน

3.3 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช (ธีระพล, 2549)

การกำหนดการให้น้ำแก่พืชเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในการชลประทานระดับไร่นา ซึ่งจะเกี่ยวพัน และมีผลกระทบโดยตรงต่อการปลูกพืชให้เจริญเติบโตได้ดี และให้ผลผลิตสูง ตลอดจนเพื่อให้ได้ประโยชน์จากน้ำชลประทานอย่างเต็มที่ การที่จะกำหนดการให้น้ำให้ถูกต้องเหมาะสมจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างดิน-น้ำ-พืช เป็นอย่างดี เรื่องดินจำเป็นที่จะต้องรู้คุณสมบัติของดินในแปลงเพาะปลูกเกี่ยวกับขีดความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ของดิน ความชื้นในดินที่จะยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ได้ ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน และความสามารถในการระบายน้ำของดิน เรื่องน้ำจำเป็นต้องรู้ถึงปริมาณและคุณภาพน้ำชลประทานตลอดจนรอบแวนในการส่งน้ำชลประทาน และเรื่องพืชจำเป็นที่จะต้องรู้คุณสมบัติบางประการของพืช เช่น การใช้น้ำของพืช ความสามารถในการทนแล้ง และระยะวิกฤตของพืช ความสำเร็จหรือล้มเหลวของการให้น้ำแก่พืชหรือการชลประทานระดับไร่นาขึ้นอยู่กับผู้ที่ทำหน้าที่ในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช จะมีความรู้ความเข้าใจตลอดจนมีข้อมูลเกี่ยวกับ ดิน น้ำ และพืช มากน้อยแค่ไหน

การกำหนดการให้น้ำที่ไม่เหมาะสมนอกจากก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์แล้วยังก่อให้เกิดผลเสียหายแก่พืชและผลผลิตตลอดจนอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการระบายน้ำตามมาอีกด้วย เมื่อไรจึงควรทำการให้น้ำและต้องให้เป็นปริมาณเท่าใดถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการกำหนดการให้น้ำแก่พืชหรือการชลประทานในระดับไร่นา

การให้น้ำแก่พืชคือการให้น้ำเพื่อควบคุมความชื้นในดินในเขตรากพืชให้อยู่ ในช่วงระหว่างจุดเหี่ยวเฉาถาวร (permanent wilting point: PWP) กับความชื้นชลประทาน (field capacity: FC) หรือพูดง่าย ๆ ว่าอยู่ในช่วงความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ การให้น้ำแก่พืชจะเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงใกล้จุดเหี่ยวเฉาถาวร ส่วนจะให้ลดลงใกล้มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความสามารถในการทนแล้งของพืช และสภาพภูมิอากาศ เช่น ความแห้งแล้ง หรือความชุ่มชื้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่อิทธิพลต่อการใช้น้ำของพืช โดยทั่ว ๆ ไปจะยอมให้ความชื้นในดินลดลง 50 - 75 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ ซึ่งความชื้นในดินที่ยอมให้ลดลงก่อนทำการให้น้ำครั้งต่อไป เรียกว่า ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ (allowable soil moisture deficiency) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า allowable depletion ส่วนความชื้นที่เหลือในดินหลังจากที่พืชดูดเอา ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ไปหมดแล้วคือ ความชื้นที่จุดวิกฤต (critical moisture level หรือ critical point)



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช

จากภาพที่ 2 สรุปได้ว่า การให้น้ำแก่พืชจะต้องเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤต และ ปริมาณน้ำที่ให้อาจต้องมากพอที่จะเพิ่มความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทาน ซึ่งถ้าหากทำการให้น้ำไม่ทันจนทำให้ความชื้นในดินลดต่ำกว่าความชื้นที่จุดวิกฤต จะมีผลกระทบต่อผลผลิตของพืชทำให้เกิดการเหี่ยวเฉา ผลผลิตและคุณภาพลดลง แต่การที่จะรู้ความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤตหรือยัง จะต้องมีการตรวจวัดความชื้นในดินในเขตรากพืช ซึ่งมีทางทำได้ 3 วิธีคือ การวัดความชื้นของดินโดยการชั่งน้ำหนัก การวัดความชื้นโดยดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัส และวิธีสุดท้าย คือ การวัดความชื้นในดินโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 วิธีดังกล่าว จะช่วยให้ทราบได้ว่าควร ให้น้ำแก่พืชได้หรือยัง และถ้าต้องให้จะต้องให้ด้วยปริมาณเท่าใด ความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้มีค่าอยู่ระหว่าง ความชื้นชลประทานถึงความชื้นที่จุดวิกฤต จะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดดินและลักษณะของดิน ความชื้นดิน (soil moisture) คือ น้ำซึ่งถูกดูดซับบนผิวอนุภาคดินหรือยังอยู่ชั่วคราวหรืออยู่ในสภาวะไอน้ำในช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน น้ำเหล่านี้สามารถทำให้หมดได้ เมื่ออบที่อุณหภูมิ 105 - 110 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปลูกพืชวิทยา, 2541) ปริมาณความชื้นในดิน มีผลมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน อันเนื่องมาจากองค์ประกอบทางลักษณะโครงสร้าง (structure) บนพื้นดินนั้น ๆ ที่แตกต่างกัน ซึ่งได้แก่ ชั้นของไม้ยืนต้น (tree layer) ชั้นของพุ่มไม้ (shrub layer) ชั้นของพืชล้มลุก (herb layer) และชั้นของหญ้า (grass layer) โดยมีความผันแปรไปตามพื้นที่ (space) และเวลา (time) (ศุภชาติ, 2545) ช่วงควบคุมความชื้นดิน (Soil moisture control section) คือ ช่วงความหนาของดินในหน้าตัดที่มี ปริมาณความชื้นหรือน้ำในดินที่ถูกยึดไว้ด้วยแรงน้อยกว่า 1,500 กิโลพาสคัล (kPa) ในระดับความลึกต่าง ๆ จากผิว ดินตามชั้นขนาดอนุภาคดิน (particle size class) ที่กำหนดเป็นมาตรฐานของการจำแนกในระบบอนุกรมวิธานดิน มี 3 ชนิด (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปลูกพืชวิทยา, 2541) 1) ดินที่มีชั้นขนาดอนุภาคร่วนละเอียด (fine-loamy) หยาบ (coarse-silty) หยาบ ละเอียด (fine-silty) และดินเหนียว (clayey) ช่วงควบคุมความชื้นดินอยู่ระหว่าง 10 - 30 เซนติเมตร 2) ดินที่มีชั้นขนาดอนุภาคร่วนหยาบ (coarse-loamy) ช่วงควบคุมความชื้นดินอยู่ระหว่าง 20 - 60 เซนติเมตร 3) ดินที่มีชั้นขนาดอนุภาคทราย (sandy) ช่วงควบคุมความชื้นดินอยู่ระหว่าง 30 - 90 เซนติเมตร ความถี่ของการให้น้ำ (จำนวนวันต่อครั้ง) ควรพิจารณาจากชนิดของดินซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการซึมซับน้ำของดิน โดยปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละครั้งควรซึมลงไปในดินทั้งหมด ถ้าให้มากเกินไปจนไหลออกนอกแปลงจะเป็นการสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์และในช่วงวันท้าย ๆ ก่อนการให้น้ำอีกครั้งพืชอาจเกิดการขาดน้ำได้ ซึ่ง ระบบ

ชลประทานในปัจจุบันเกษตรกรมีความสะดวกมากขึ้นทำให้สามารถให้น้ำในปริมาณที่น้อยแต่บ่อยครั้งมากขึ้น ซึ่งลดปัญหาการให้น้ำมากเกินไปเกินความต้องการของพืชและความสามารถซึมน้ำของดินและสามารถประกันได้ว่าตลอดช่วงที่พืชต้องการน้ำจะไม่มีการขาดน้ำเกิดขึ้น (สุภัทร์, 2555) 3. ความต้องการน้ำของข้าวโพด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553) ข้าวโพดมีความต้องการใช้น้ำตลอดฤดูปลูก ประมาณ 500 - 600 มิลลิลิตร หรือประมาณ 800 - 900 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ แต่ไม่ชอบน้ำท่วมขัง การปลูกข้าวโพดในสภาพไรโดยทั่วไปจะปลูกในช่วงฤดูฝน แต่บางครั้งให้น้ำได้ถ้าฝนทิ้งช่วง หรือกรณีปลูกข้าวโพดในช่วงหน้าแล้ง ซึ่งจำเป็นต้องให้น้ำ มีวิธีปฏิบัติดังนี้ 1) การให้น้ำครั้งแรกเมื่อปลูก ในการปลูกข้าวโพด หลังจากไถพรวนเตรียมแปลงเสร็จแล้ว ควรให้น้ำก่อน ปลูกข้าวโพด โดยให้น้ำ 50 - 65 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ แล้วจึงหยอดข้าวโพดขณะดินมีความชื้นพอเหมาะ ถ้าจำเป็นต้องหยอดข้าวโพดก่อนให้น้ำควรให้น้ำประมาณ 35 - 50 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ถ้าให้น้ำมากกว่านี้ จะต้องรีบระบายน้ำออกแปลงทันที 2) การให้น้ำในช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพด หลังจากข้าวโพดงอกแล้วควรให้น้ำ 65 - 80 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อสัปดาห์ โดยให้อีก 11 - 12 ครั้ง (สัปดาห์) การให้น้ำแต่ละครั้งไม่ควรให้น้ำท่วมขัง หรือดินชื้น และเป็นเวลานาน ถ้าให้น้ำมากเกินไป ควรระบายน้ำออกแปลงทันที

4. โปรแกรมแบบจำลองพืช (Crop Simulation Models (CSMs))

โปรแกรมแบบจำลองพืช (Crop Simulation Models (CSMs)) เป็นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลองการเจริญเติบโตของพืช เกิดขึ้นจากหลักการสร้างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยในการสร้างความเข้าใจ และรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบรอบตัวเรา เพื่อประโยชน์ในการคาดการณ์ (prediction) พฤติกรรมของสิ่งนั้น ส่งผลให้ควบคุมและจัดการระบบให้เหมาะสมต่อสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีและเหมาะสมต่อระดับของทรัพยากร โดยแบบจำลองการปลูกพืชนี้ จะแปลงความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการปลูกพืชให้เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยให้การแก้สมการที่ซับซ้อนเป็นไปอย่างแม่นยำและรวดเร็ว หรืออีกนัยหนึ่ง คือ การสร้างแบบจำลองระบบที่เราสนใจแบบจำลองการปลูกพืชได้รับการพัฒนา และมีการสร้างเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะการทำงานด้านต่างๆ มีการประยุกต์ใช้กับงานระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองการปลูกพืชเป็นเครื่องมือในการประเมินกำลังผลิตรอบถึงข้อจำกัดในการให้ผลผลิตสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการผลิตพืชในสภาพพื้นที่จริงได้ต่อไป

4.1 หลักการทำงานของโปรแกรม CROPWAT

CROPWAT 8.0 for Windows เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชและความต้องการน้ำชลประทานโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศและพืช ซึ่งอาจเป็นข้อมูลที่มาพร้อมกับโปรแกรมโดยปริยายหรือเป็นข้อมูลที่ป้อนเข้าไปใหม่ นอกจากนี้ โปรแกรมยังสามารถจัดทำกำหนดการให้น้ำชลประทานสำหรับพืชที่มีแบบแผนการเพาะปลูกต่าง ๆ กัน

CROPWAT 8.0 for Windows เป็นเวอร์ชันที่พัฒนาจาก CROPWAT 5.7 (1992) และ CROPWAT 7.0 (1999) โดยได้ทำการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (user interface) ขึ้นใหม่ รวมทั้ง ได้ปรับปรุงและเพิ่มเติมลักษณะการทำงานอีกหลายส่วน ประกอบด้วยการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากข้อมูลทั้งรายเดือน รายสัปดาห์ และรายวันมีความเข้ากันได้กับเวอร์ชันก่อนหน้า ซึ่งทำให้สามารถใช้ฐานข้อมูล CLIMWAT ได้สามารถประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศที่ขาดหายไป

การคำนวณค่าปริมาณความต้องการน้ำของพืชรายวันและรายสัปดาห์ มีกระบวนการคำนวณปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

- สามารถคำนวณความต้องการน้ำของพืชและกำหนดการให้น้ำสำหรับพืชไร่ และสำหรับข้าวนาสวนและข้าวไร่

- สามารถทำงานแบบโต้ตอบกับผู้ใช้ในการปรับแก้กำหนดการให้น้ำ

- ให้ตารางผลลัพธ์ของสมดุลของน้ำในดินเป็นรายวัน

- จัดเก็บและเรียกใช้ในแต่ละช่วงการทำงานหรือกำหนดการให้น้ำที่ผู้ใช้กำหนดขึ้นได้อย่างง่ายดาย

- นำเสนอข้อมูลเป็นกราฟ ทั้งข้อมูลนำเข้า ผลการคำนวณความต้องการน้ำของพืชและกำหนดการให้น้ำ

- การนำเข้าข้อมูลหรือส่งออกทำได้ง่ายผ่าน clipboard หรือ ASCII text files

- เพิ่มความสามารถส่วนของการพิมพ์ผลลัพธ์ ซึ่งทำงานกับเครื่องพิมพ์ในระบบวินโดวส์ได้เป็นอย่างดี

4.2 ฐานข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำและรอบการให้น้ำของพืช โดยโปรแกรม CROPWAT

ระบบให้ข้อมูลช่วยการทำงานฐานข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำและรอบการให้น้ำของพืช โดยโปรแกรม CROPWAT มีดังนี้

1) ข้อมูลด้านภูมิอากาศ (climatic data) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช คือ

- อุณหภูมิ (temperature) ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ในแต่ละเดือน

- ความชื้น (humidity) เป็นความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำในอากาศ (vapour pressure) ในขณะนั้นเปรียบเทียบกับน้ำในอากาศที่อิ่มตัว

- ความเร็วลม (wind speed) ได้แก่ ความเร็วรายวันของลม

- ปริมาณน้ำฝน (rain) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน

- แสง (radiation) ได้แก่ ความเข้มของแสง ณ บริเวณที่ปลูกพืชวัดได้โดย Solarimeter หรือ ความยาวของช่วงแสงใน 1 วัน (daily sunshine duration)

2) ข้อมูลด้านพืช (plant data) ได้แก่

- ช่วงอายุของการเจริญเติบโต (crop development stage) ในรอบ 1 ปี

- สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (crop coefficient : Kc)

- ความยาวของรากพืช (rooting depth)

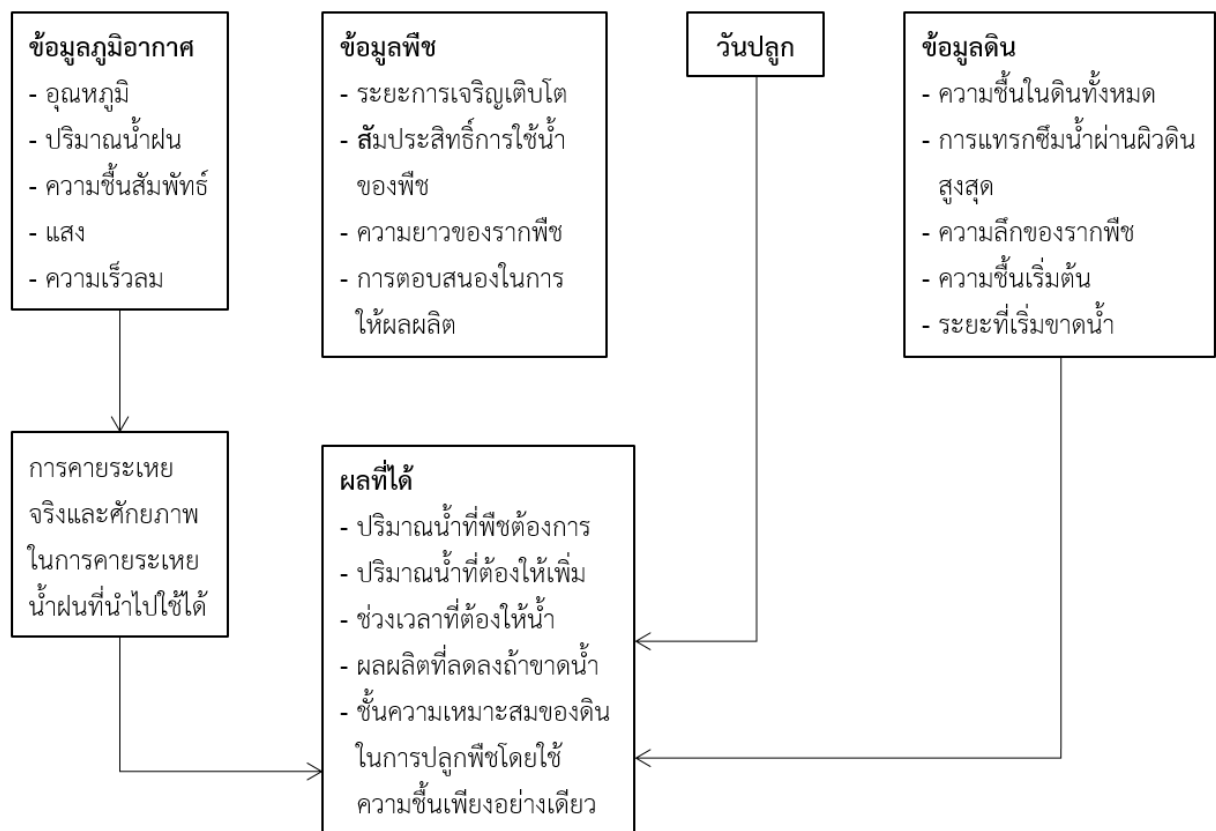
- ระดับการขาดน้ำ (depletion level)

- การตอบสนองต่อการขาดน้ำของพืช (yield response factors)

3) ข้อมูลด้านดิน (soil data) ได้แก่

- ปริมาณน้ำในดินแต่ละชนิดที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (total available soil moisture : TAM)
- อัตราการแทรกซึมน้ำผ่านผิวดินสูงสุด (maximum rain infiltration rate)
- ชั้นของดินที่จำกัดต่อการหยั่งลึกของรากพืช (root restricting oil layer)
- ปริมาณความชื้นดินที่เริ่มขาด (Initial soil moisture depletion)
- ปริมาณความชื้นดินที่พืชใช้ได้ทั้งหมด (Initial soil moisture)

แผนผังการทำงานของโปรแกรม CROPWAT



ที่มา : ผริดาและคณะ (2538)

4.3 กฎเกณฑ์กำหนดในการคำนวณ (scheduling criteria) มีดังนี้ (สุรจิต, 2549)

1. กำหนดให้มีการให้น้ำเมื่อปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available soil moisture) ลดลงถึงเปอร์เซ็นต์หรือกำหนดรอบของการให้น้ำเป็นจำนวนวัน
2. กำหนดให้มีการให้น้ำเป็นปริมาณกี่เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ได้ทันที (readily available soil moisture โดยค่าปกติกำหนดไว้ที่ 100 เปอร์เซ็นต์
3. กำหนดวันเริ่มให้น้ำเป็นวันใดก็ได้ตลอดฤดูปลูก โดยค่าปกติกำหนดไว้ที่ วันแรกของวันปลูกของแต่ละชนิดพืช

4.4 ผลการคำนวณของโปรแกรม CROPWAT

ผลการคำนวณของโปรแกรม CROPWAT จะแสดงถึงความต้องการน้ำของพืชเป็นช่วงระยะตามที่ต้องการหรือตลอดฤดูการปลูกพืชและสามารถกำหนดรอบการให้น้ำที่ไม่กระทบต่อผลผลิต และกำหนดตารางการให้น้ำเป็นอัตรา มิลลิเมตรหรือลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ในแต่ละรอบการให้น้ำ ซึ่งเกษตรกรจะนำไปกำหนดการทำงานของเครื่องสูบน้ำหรืออุปกรณ์อื่นที่ใช้ในการให้น้ำได้ทันที

เฉลียว (2533) กล่าวถึงการใช้ประโยชน์ข้อมูลดินในการวางแผนการผลิตของประเทศ โดยเฉพาะการผลิตทางการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับพืชเศรษฐกิจ สามารถใช้ข้อมูลทางการสำรวจและจำแนกดินเป็นฐานในการพิจารณาปริมาณการผลิตพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิดได้จากการวินิจฉัยความเหมาะสม และศักยภาพในการผลิตของดินจากแผนที่ดินว่าส่วนใดของประเทศจะเหมาะสมในการปลูกพืชเศรษฐกิจนั้นๆ และมีปริมาณเนื้อที่มากน้อยเท่าใด เมื่อทราบความเหมาะสมของดินและปริมาณเนื้อที่แล้วก็สามารถประมาณผลผลิตได้ตามความต้องการของตลาดภายในและนอกประเทศ นอกจากนี้การศึกษาวิจัยที่มีการใช้ข้อมูลดินเป็นฐานในการวางแผนการศึกษาจะช่วยทำให้การถ่ายทอดความรู้หรือผลงานวิจัยไปสู่พื้นที่อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการทำการศึกษาวิจัยในปัญหาเดียวกันโดยไม่ทำการวิจัยซ้ำซ้อนกันอีก

สุเพชร (2548) กล่าวถึงระบบภูมิสารสนเทศ (geo-informatics หรือ geomatics) ว่าเป็นเทคโนโลยีที่รู้จักกันมากขึ้นสำหรับหน่วยงานและองค์กรที่ต้องเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวโลก (geospatial data) โดยใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องคือ ระบบสำรวจข้อมูลระยะไกล (remote sensing) สามารถนำมาใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติหรือสิ่งปกคลุมพื้นผิวโลกได้อย่างทันสมัยและทันเหตุการณ์ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ที่ห่างไกลที่มนุษย์ต้องการเข้าไปสำรวจก็ตาม ระบบกำหนดตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียม (Global Position System : GPS) เป็นเทคโนโลยีที่สำคัญที่ทำให้มนุษย์ทราบถึงพิกัดภูมิศาสตร์หรือตำแหน่งวัตถุหรือทรัพยากรนั้นอยู่บนตำแหน่งใดที่สามารถจัดให้อยู่ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์เดียวกัน ใช้ติดตามทรัพยากรบนโลกที่เกิดขึ้นใหม่หรือต้องการนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแก้ไขปัญหาต่างๆ และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems : GIS) ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล อันประกอบไปด้วย การรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ (Geospatial information) ที่นำไปใช้ประกอบการวางแผนและการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

1. ระยะเวลาดำเนินการ

เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 - มีนาคม พ.ศ. 2566

2. สถานที่ดำเนินการ

พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดพิษณุโลก

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

1.1 ข้อมูลเอกสารและผลงานวิจัยและเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง

- 1) พจนานุกรมศัพท์ปฐพีศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562)
- 2) การจัดการความรู้ เทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในเขตพื้นที่ภาคกลาง (กรมวิชาการเกษตร, 2562)
- 3) การให้น้ำของพืช ทฤษฎีและการประยุกต์ (เอกสิทธิ์, 2552)
- 4) คู่มือของ FAO-56 "Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements" (Allen et al., 1998)

1.2 ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนจากกรมอุตุนิยมวิทยาย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ. 2554-2563) ของ 2 สถานีอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วยสถานีอากาศนครสวรรค์ และพิษณุโลก (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563)

1.3 ข้อมูลเชิงเลข ได้แก่

- 1) แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1: 25,000 (กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2563)
- 2) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ และพิษณุโลก (กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน, 2563)
- 3) แผนที่ขอบเขตการปกครอง (กรมการปกครอง, 2556)

1.4 เครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (global position system : GPS) และอุปกรณ์การสำรวจดิน

1.5 คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ต่อพ่วงและซอฟต์แวร์ต่างๆ เช่น โปรแกรมแบบจำลอง CROPWAT และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system : GIS)

1.6 อุปกรณ์วัดความชื้นดินในสนาม

1.7 อุปกรณ์สำนักงานเพื่อใช้ในการผลิตแผนที่และรายงาน

2. วิธีการ

2.1 การรวบรวมข้อมูลและนำเข้าข้อมูล

1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลดิน สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลภูมิอากาศ ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ และพิษณุโลก จากแผนที่ชุดดิน และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลพันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2) สร้างฐานข้อมูลภูมิอากาศจากข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วงระยะเวลา 10 ปี พ.ศ. 2554-2563) เพื่อนำเข้าข้อมูลในโปรแกรมแบบจำลอง CROPWAT

3) สร้างฐานข้อมูลดินที่พบในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา เพื่อนำเข้าข้อมูลในโปรแกรมแบบจำลอง CROPWAT

4) สร้างฐานข้อมูลพันธุกรรมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อนำเข้าข้อมูลในโปรแกรมแบบจำลอง CROPWAT

2.2 การคัดเลือกพื้นที่ตัวแทน (site selection)

วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นผ่านทางโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เช่น ArcGIS เพื่อทำการคัดเลือกพื้นที่ตัวแทน ได้แก่

1) วิเคราะห์ข้อมูลลักษณะดินนาเบื้องต้นที่อยู่ในพื้นที่ส่งเสริมโครงการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา ได้แก่ เนื้อดิน การระบายน้ำ โครงสร้างดิน ความลึกของหน้าดิน เป็นต้น เพื่อทำการจัดกลุ่มประเภทดินนาที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

2) ทำการซ้อนทับข้อมูลดินได้ถูกจัดกลุ่มจาก ข้อ 1) และพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาเพื่อกำหนดหน่วยแผนที่เบื้องต้น

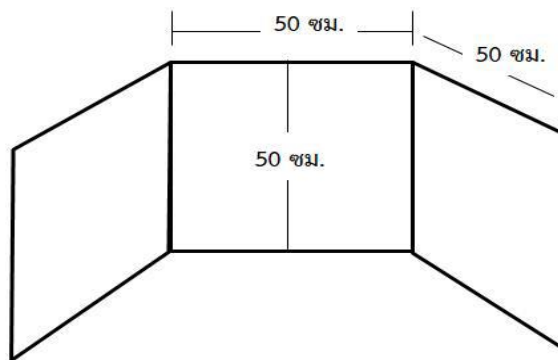
3) คัดเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนในการศึกษาจากหน่วยแผนที่เบื้องต้นใน ข้อ 2) ที่มีพื้นที่ส่วนใหญ่และเป็นพื้นที่ที่สามารถถ่ายทอดข้อมูลไปยังพื้นที่ใกล้เคียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 การปฏิบัติงานภาคสนาม

ดำเนินการคัดเลือกพื้นที่และจุดที่ศึกษาในเชิงลึกโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มประเภทเนื้อดิน ได้แก่ (1) ดินเหนียว (f) (2) ดินร่วนละเอียด (fl) หรือดินทรายแป้งละเอียด (fsi) และ (3) ดินร่วนหยาบ (col) ทำการศึกษาสภาพทั่วไป และการศึกษาลักษณะของดินในหน้าตัดดิน (soil profile)

1) ศึกษาสภาพแวดล้อมและชุดหลุมดิน (augering) ที่กำหนดไว้เบื้องต้น เพื่อคัดเลือกตัวแทน และทำการศึกษิตตาม ข้อ 2) ต่อไป

2) ศึกษาลักษณะและสมบัติของดินจากหลุมหน้าตัดดินขนาดเล็ก (mini-pit) โดยทำการศึกษาสภาพแวดล้อม และชุดหลุมหน้าตัดดินที่จะทำการศึกษาที่กำหนดไว้ในเบื้องต้นให้มีขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร และลึก 50 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) และ ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ ชั้นไผ่พรวนหรือที่ระดับความลึกประมาณ 0-25 เซนติเมตร และดินล่างถึงระดับความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน สำหรับวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการในห้องปฏิบัติการ ศึกษาลักษณะและสมบัติดินพร้อมทำคำอธิบายหน้าตัดดิน และบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมบริเวณที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3 ตัวอย่างหลุมศึกษาหน้าตัดดิน ขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร และลึก 50 เซนติเมตร

2.4 เก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการวิเคราะห์ แบ่งออกเป็น 2 วิธี

1) ตัวอย่างดินที่ถูกกรบกวน (disturbed soil samples) โดยใช้ชุดสว่านเจาะ เก็บตัวอย่างดินให้ครอบคลุมอย่างน้อยร้อยละ 60 ของเนื้อที่ผิวหน้าแนวดิ่งของแต่ละชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ประมาณ 2-3 กิโลกรัม

2) ตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil samples) เก็บดินโดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (metal cylinder core) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ที่ความลึก 5 เซนติเมตร 20 เซนติเมตร 50 เซนติเมตร และ 90 เซนติเมตร เพื่อหาความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (Ksat) และความจุความชื้นสนาม (field capacity) ที่พลังงาน -0.33 กิโลพาสคาล (kPa) ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) ที่พลังงาน -1500 กิโลพาสคาล เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่พืชใช้เป็นประโยชน์ได้ (AWC = FC - PWP) ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างชุดดินละ 2 ซ้ำ

2.5 เก็บข้อมูลผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

ทำการสุ่มเก็บผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา จากพื้นที่ศึกษาโดยกำหนดให้พื้นที่เก็บตัวอย่างมีขนาด 12 ตารางเมตร เก็บตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ โดยวัดเป็นผลผลิตน้ำหนักแห้งที่ระดับความชื้น 15 % เก็บข้อมูลผลผลิต 2 ปี ได้แก่ รอบฤดูปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา ปี 2564 และปี 2565 เพื่อเปรียบเทียบผลผลิต

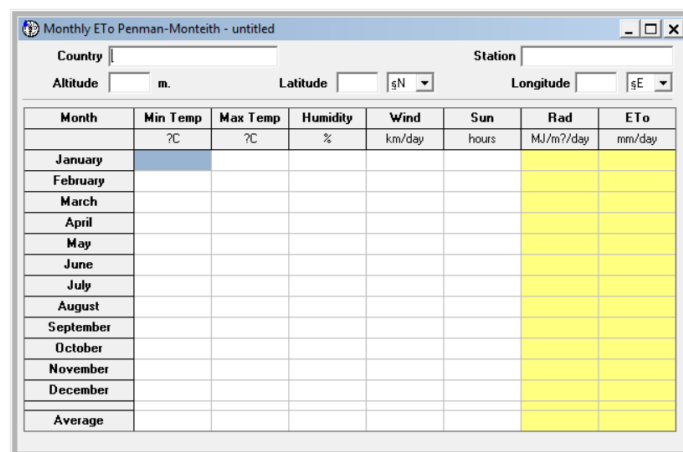
2.6 การใช้โปรแกรมแบบจำลอง CROPWAT เพื่อกำหนดวันปลูกและตารางให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

สร้างแฟ้มข้อมูลนำเข้า และกำหนดการให้น้ำสำหรับพืชด้วยโปรแกรมแบบจำลอง CROPWAT ซึ่งโปรแกรมจำเป็นต้องใช้แฟ้มข้อมูลภูมิอากาศ พันธุกรรมพืช และสมบัติดินบางประการ ดังนี้

2.6.1 ข้อมูลภูมิอากาศ (Climate Data)

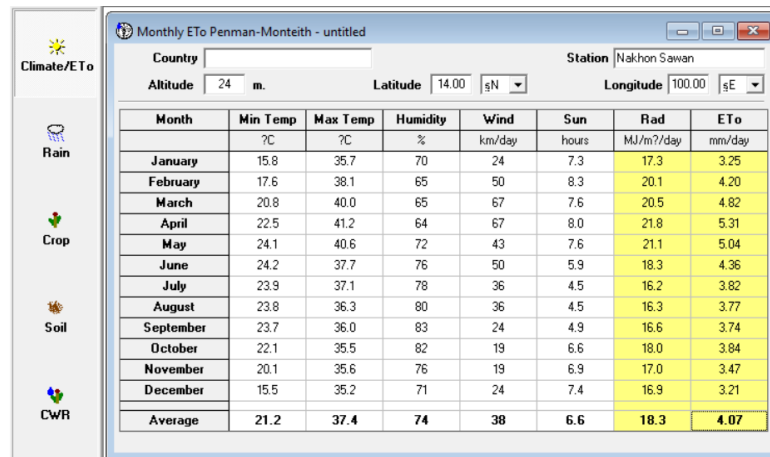
1) การใส่ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

การทำงานกับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเริ่มต้นโดยเลือก  ทางด้านซ้ายของจอภาพ โปรแกรมจะแสดงหน้าจอข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเป็นรายเดือน ข้อมูลนำเข้า ได้แก่ พิกัดสถานีตรวจวัดอากาศ ความสูงที่ตั้งของสถานีตรวจวัดอากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด (min temp), อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (max temp), ความชื้นสัมพัทธ์ (humidity), ความเร็วลม (wind speed), ความยาวนานของแสง (sunshine) แล้วโปรแกรมจะคำนวณค่า ความเข้มแสง (radiation) และค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิง (ETo)



Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January							
February							
March							
April							
May							
June							
July							
August							
September							
October							
November							
December							
Average							

ภาพที่ 4 หน้าจอข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเฉลี่ยรายเดือน



Monthly ETo Penman-Monteith - untitled

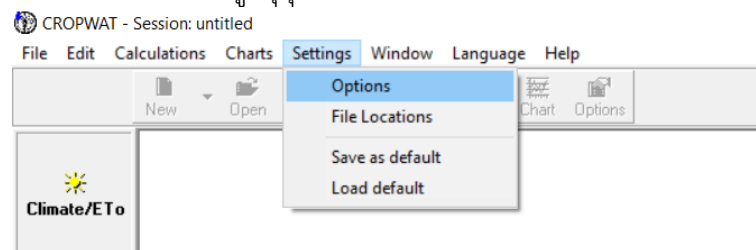
Country: [] Station: Nakhon Sawan

Altitude: 24 m. Latitude: 14.00 °N Longitude: 100.00 °E

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	15.8	35.7	70	24	7.3	17.3	3.25
February	17.6	38.1	65	50	8.3	20.1	4.20
March	20.8	40.0	65	67	7.6	20.5	4.82
April	22.5	41.2	64	67	8.0	21.8	5.31
May	24.1	40.6	72	43	7.6	21.1	5.04
June	24.2	37.7	76	50	5.9	18.3	4.36
July	23.9	37.1	78	36	4.5	16.2	3.82
August	23.8	36.3	80	36	4.5	16.3	3.77
September	23.7	36.0	83	24	4.9	16.6	3.74
October	22.1	35.5	82	19	6.6	18.0	3.84
November	20.1	35.6	76	19	6.9	17.0	3.47
December	15.5	35.2	71	24	7.4	16.9	3.21
Average	21.2	37.4	74	38	6.6	18.3	4.07

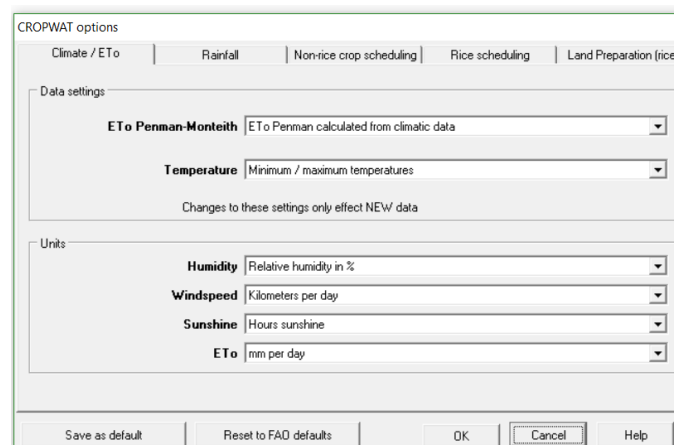
ภาพที่ 5 หน้าจอข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานีนครสวรรค์

- การกำหนดทางเลือกข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



ภาพที่ 6 เมนูสำหรับกำหนดทางเลือก

การกำหนดทางเลือกสำหรับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเลือกปุ่ม  หรือจาก MENU Setting ► Options โปรแกรมจะแสดงทางเลือกสำหรับข้อมูลในกรณีที่ป้อนข้อมูลใหม่ แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงทางเลือกหลังจากใส่ข้อมูลแล้วจะไม่มีผลต่อข้อมูลเดิม หน้าจอทางเลือกของข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (แท็บ Climate/ETo) มีส่วนสำหรับกำหนดทางเลือกสองส่วน คือ DATA SETTINGS OPTIONS และ UNITS OPTIONS



ภาพที่ 7 หน้าจอทางเลือกสำหรับข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

DATA SETTINGS OPTIONS มีส่วนกำหนดทางเลือก ดังนี้

ETo Penman-Monteith:

- ETo Penman calculated from climatic data : เป็นการคำนวณปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง ตามวิธี Penman-Monteith โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ครบถ้วน ซึ่งเป็นทางเลือกโดย default ของโปรแกรม

- ETo Penman calculated from temperature data (other data estimated) กรณีนี้ ใช้เฉพาะข้อมูลอุณหภูมิคำนวณปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง ตามวิธี Penman-Monteith ส่วนข้อมูลอื่น ๆ ใช้การประมาณค่าจากอุณหภูมิ ทางเลือกกรณีนี้เลือกใช้เฉพาะกรณีที่ไม่มีข้อมูลอื่น ๆ หากมีบางส่วน ให้เลือกกรณีแรก และใช้การประมาณค่าข้อมูลที่หายไปแทน

Temperature: CROPWAT 8.0 สามารถทำงานได้กับข้อมูล minimum และ maximum temperatures (ซึ่งเป็นค่าโดย default) อีกทางเลือกหนึ่งเป็นข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย

UNITS OPTIONS มีส่วนกำหนดทางเลือก ดังนี้

- Humidity: ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ใช้หน่วยเป็นร้อยละ (%) หรือ ความดันไอน้ำในอากาศ (actual vapour pressure) หน่วยเป็นกิโลปาสกาล (kPa)

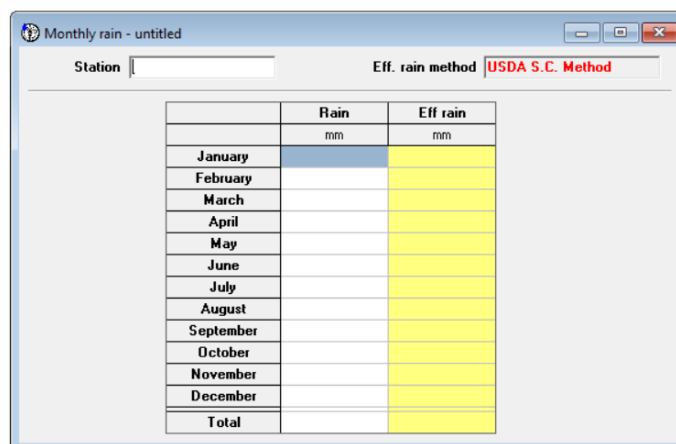
- Wind speed: ความเร็วลม ใช้หน่วยเป็น กิโลเมตรต่อวัน (km/day) หรือ เมตรต่อวินาที (m/s)

- Sunshine: ความยาวนานของแสง ใช้หน่วยเป็นจำนวนชั่วโมงแสงอาทิตย์ในรอบวัน (hours), ร้อยละของแสงอาทิตย์ในรอบวัน (%) หรือสัดส่วนของแสงอาทิตย์ในรอบวัน (fraction)

- Reference evapotranspiration (ETo): ค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิงหรือค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน (mm/day) หรือ ต่อช่วงเวลา (mm per period) เช่น ต่อเดือน หรือ ต่อสัปดาห์

2.6.2 ข้อมูลฝน (data Rain)

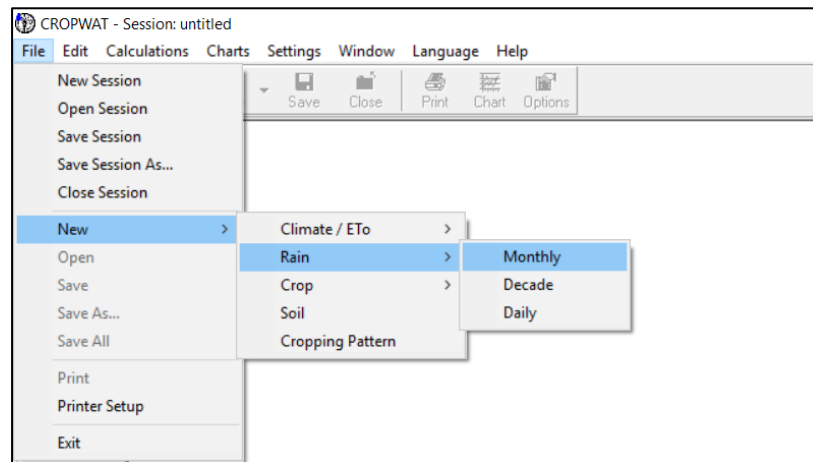
นำเข้าข้อมูลฝน เริ่มต้นโดยเลือก  ทางด้านซ้ายของจอภาพโปรแกรมจะแสดงหน้าจอข้อมูลฝนเป็นรายเดือน เพื่อคำนวณค่าฝนใช้การ หรือ effective rainfall



	Rain mm	Eff rain mm
January		
February		
March		
April		
May		
June		
July		
August		
September		
October		
November		
December		
Total		

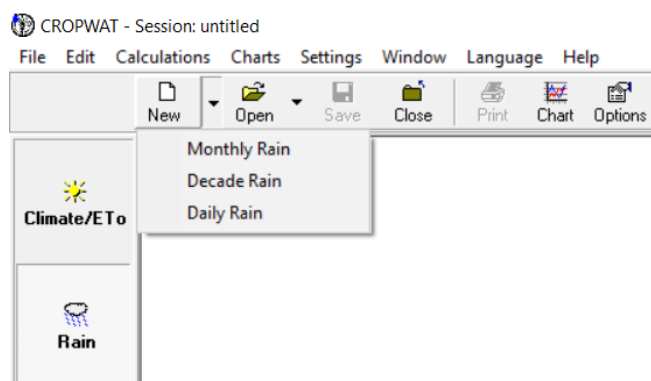
ภาพที่ 8 หน้าจอข้อมูลฝนรายเดือน

ในกรณีที่เรามีข้อมูลอยู่แล้วให้กดปุ่ม  เพื่อเปิดข้อมูลมาใช้งาน กรณีนี้ให้ เปิดข้อมูลไฟล์ NAKHONSAWAN.cli ที่คัดแยกจาก CLIMWAT



ภาพที่ 9 เมนูสำหรับเลือกข้อมูลฝนรายเดือน

- การทำงานกับข้อมูลฝนเป็นรายเดือนเลือก MENU New ► Rain ► Monthly หน้าจอจะเปลี่ยนเป็นข้อมูลฝนรายเดือน
- การทำงานกับข้อมูลฝนเป็นรายสิบวันเลือก MENU New ► Rain ► Decade หน้าจอจะเปลี่ยนเป็นข้อมูลฝนรายสิบวัน
- การทำงานกับข้อมูลฝนเป็นรายวันเลือก MENU New ► Rain ► Daily หน้าจอจะเปลี่ยนเป็นข้อมูลฝนรายวัน



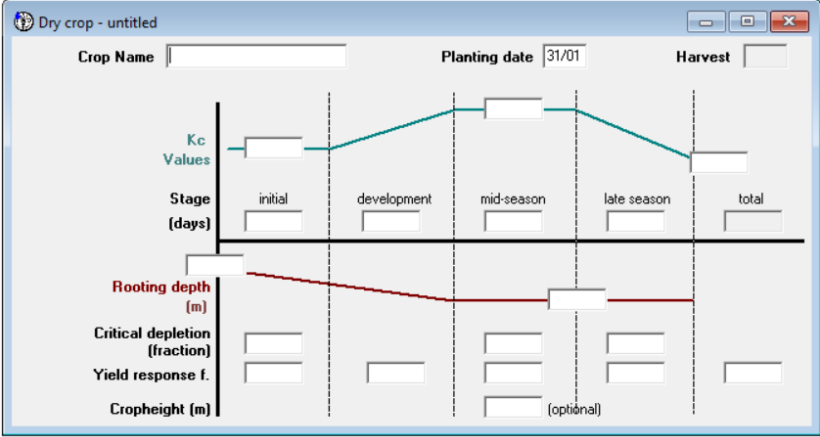
ภาพที่ 10 ปุ่มสำหรับเลือกข้อมูลฝน

- การกำหนดฝนใช้การ

ฝนใช้การ หรือ effective rainfall ในงานทางด้านชลประทานหมายถึง ส่วนของฝนที่ตกลงพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ หรือส่วนของน้ำฝนที่ทดแทนปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องส่งให้แก่พืช (กรมชลประทาน, 2534)

2.6.3 ข้อมูลพืช (crop data)

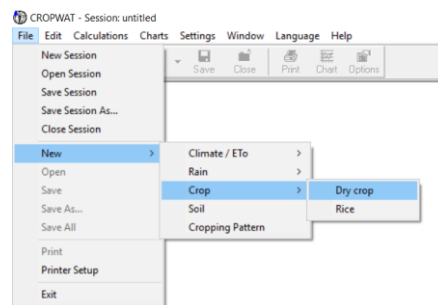
นำเข้าข้อมูลพืช เริ่มต้นโดยเลือก  ทางด้านซ้ายของจอภาพ โปรแกรมจะแสดงหน้าจอข้อมูลพืช



The screenshot shows a window titled "Dry crop - untitled" with the following fields and sections:

- Crop Name:** [Text input field]
- Planting date:** 31/01
- Harvest:** [Text input field]
- Kc Values:** A line graph showing values across stages: initial, development, mid-season, late season, and total.
- Stage (days):** A line graph showing values across the same stages.
- Rooting depth (m):** A line graph showing values across the same stages.
- Critical depletion (fraction):** [Text input field]
- Yield response f:** [Text input field]
- Cropheight (m):** [Text input field] (optional)

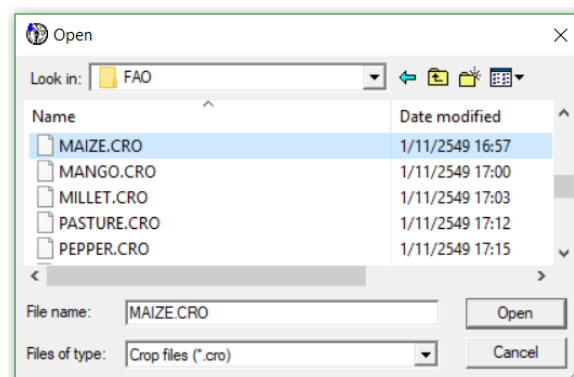
ภาพที่ 11 หน้าจอข้อมูลพืช



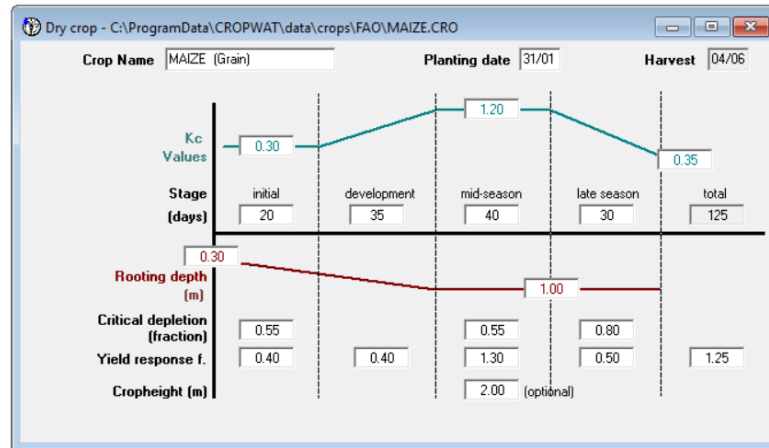
ภาพที่ 12 เมนูสำหรับเลือกข้อมูลพืช

- การทำงานกับข้อมูลพืชไร้เลือก MENU New ► Crop ► Dry crop
- การทำงานกับข้อมูลข้าวเลือก MENU New ► Crop ► Rice

ในกรณีที่มิข้อมูลอยู่แล้วให้กดปุ่ม  เพื่อเปิดข้อมูลมาใช้งาน กรณีนี้ให้เปิดข้อมูลไฟล์ MAIZE



ภาพที่ 13 หน้าจอเลือกข้อมูล (MAIZE)



ภาพที่ 14 ข้อมูลข้าวโพด (MAIZE)

ข้อมูลพืช มีดังนี้

- Planting date: วันและเดือนที่ปลูกพืช ส่วนวันที่เก็บเกี่ยว หรือ Harvest date โปรแกรมจะทำการคำนวณโดยอัตโนมัติเมื่อใส่ข้อมูลครบถ้วน

- Crop coefficient (Kc): ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชใช้สำหรับสร้างโค้งของสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช มี 3 ค่า ประกอบด้วย สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในช่วงต้น (K_{cini}) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในช่วงกลางของการเพาะปลูก (K_{cmid}) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ระยะสิ้นสุดการเพาะปลูก (K_{cend})

- Stages: ช่วงของการเจริญเติบโตของพืช มี 4 ช่วง ประกอบด้วย ช่วงต้น (initial stage) ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น (crop development stage) ช่วงกลางของการเพาะปลูก (mid-season stage) ช่วงปลายของการเพาะปลูก (late season stage)

- Rooting depth: การหยั่งลึกของราก มีหน่วยเป็นเมตร

- Critical depletion fraction (p): ค่าวิกฤตของสัดส่วนของน้ำที่พร่องไป คิดเป็นร้อยละของความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ทั้งหมด (TAW)

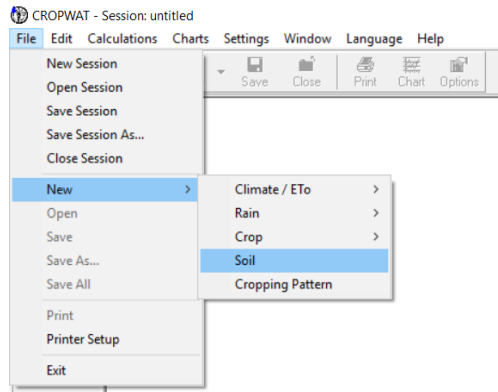
- Yield response factor (Ky): ค่าแฟกเตอร์การตอบสนองของพืชต่อการขาดน้ำ

- Maximum crop height: ความสูงต้นพืช มีหน่วยเป็นเมตร

ข้อมูลของพืชต่าง ๆ อาจดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในคู่มือ FAO-56 “Crop evapotranspiration” (Allen et al., 1998) และคู่มือ FAO-33 “Yield response to water” (Doorenbos and Kassam, 1979)

2.6.4 ข้อมูลดิน

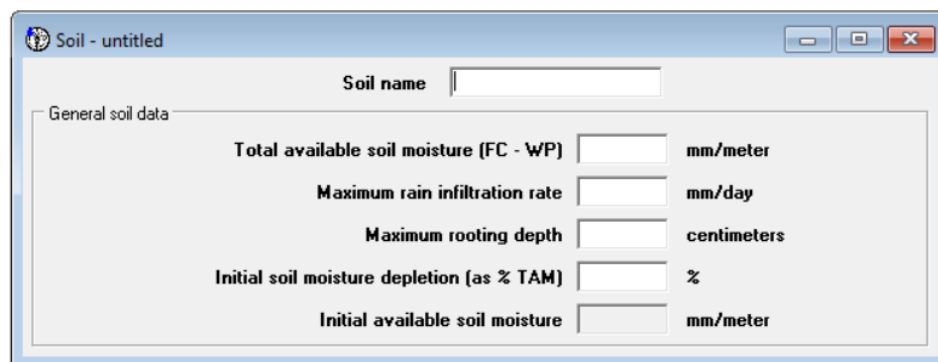
การทำงานกับข้อมูลดิน เริ่มต้นโดยเลือก  ทางด้านซ้ายของจอภาพโปรแกรมจะแสดงหน้าจอข้อมูลดิน ซึ่งผู้ใช้สามารถกรอกข้อมูลได้ หรือเลือก MENU New ► Soil



ภาพที่ 15 เมนูสำหรับเลือกข้อมูลดิน

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับดิน มีดังนี้

- Total Available Water (TAW): ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ทั้งหมด เป็นผลต่างระหว่างความชื้นที่ความจุสนาม (Field Capacity, FC) กับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉา (Wilting Point, WP)
- Maximum infiltration rate: อัตราการซึมผ่านดินสูงสุด อาจกำหนดให้เท่ากับ สภาพการนำน้ำของดินอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity) หน่วย เป็นมิลลิเมตรต่อวัน
- Maximum rooting depth: ความลึกของรากพืช
- Initial soil moisture depletion: ความชื้นในดินที่พร่องไปขณะเริ่มต้น คิดเป็นร้อยละของความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ทั้งหมด (TAM)



Soil - untitled

Soil name

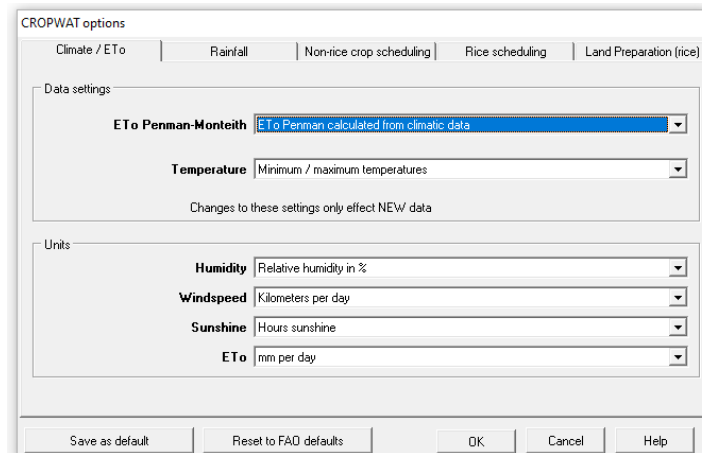
General soil data

Total available soil moisture (FC - WP)		mm/meter
Maximum rain infiltration rate		mm/day
Maximum rooting depth		centimeters
Initial soil moisture depletion (as % TAM)		%
Initial available soil moisture		mm/meter

ภาพที่ 16 หน้าจอข้อมูลดิน

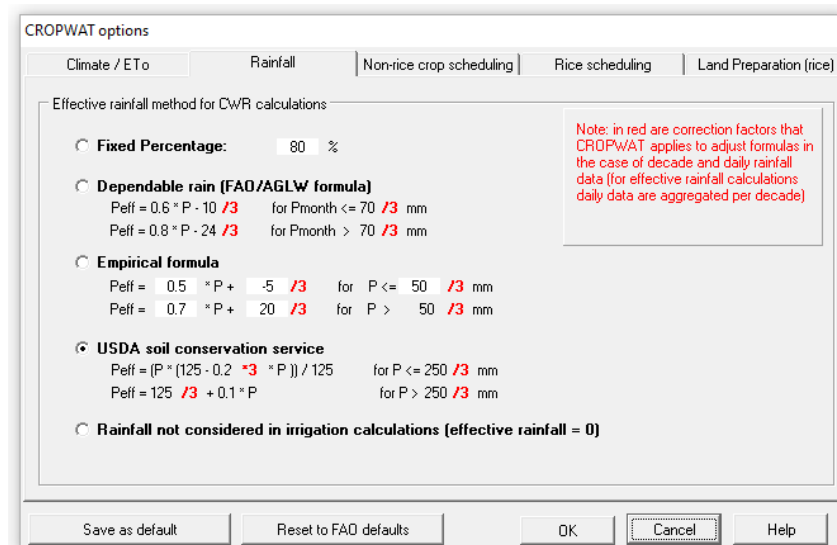
2.6.5 การจำลองเพื่อคำนวณปริมาณและรอบการให้น้ำชลประทาน โดยการกำหนดหลักเกณฑ์ต่างๆ ในโปรแกรม CROPWAT

1) กำหนดการคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) โดยใช้วิธี FAO Penman Monteth – equation โดยเลือก Setting > Options > Climate / ETo > เลือกวิธีของ ETo Penman calculated from climatic data



ภาพที่ 17 หน้าจอกำหนดการคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

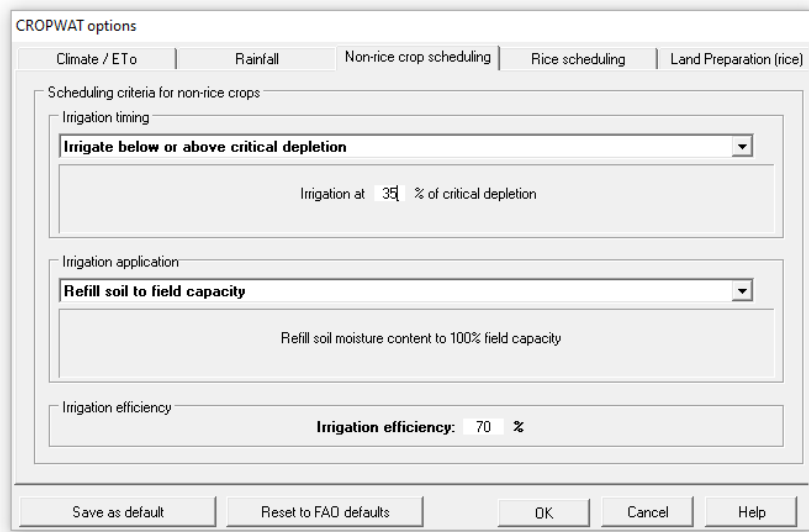
2) กำหนดการคำนวณปริมาณน้ำฝนที่ใช้ได้จริง (Effective rainfall) โดยวิธี USDA Soil Conservation Service Method โดยเลือก Setting > Options > Rainfall > เลือกวิธีของ USDA Soil Conservation Service



ภาพที่ 18 หน้าจอกำหนดการคำนวณปริมาณน้ำฝนที่ใช้ได้จริง (Effective rainfall)

3) กำหนดเงื่อนไขการให้น้ำ (Scheduling Criteria) มี 2 ส่วนหลักคือ เงื่อนไขเกี่ยวกับช่วงเวลาที่จะให้น้ำ และเงื่อนไขเกี่ยวกับปริมาณน้ำ รายละเอียดดังนี้

- การกำหนดช่วงเวลาในการให้น้ำ (Irrigation timing) กำหนดเงื่อนไขการให้น้ำเมื่อปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้ (RAM) ลดลงไป 35%, 40% และ 45% โดยเลือก Setting > Options > Non-rice crops scheduling > ที่ Irrigation timing > เลือก Irrigate below or above critical depletion > ใส่ค่า Irrigation at 35% of critical depletion



ภาพที่ 19 หน้าจอการกำหนดช่วงเวลาในการให้น้ำ (Irrigation timing)

- การกำหนดปริมาณน้ำที่ให้ (Irrigation application) ให้น้ำจนปริมาณน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ได้มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ (default) หรือที่ระดับ field capacity Setting > Options > Non-rice crops scheduling > ที่ Irrigation application > เลือก Refill soil to field capacity

(4) วิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินวันปลูกและรอบการให้น้ำชลประทานสำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนชุดดินที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน จัดทำตารางวันปลูกและวันให้น้ำข้าวโพดตามเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อทำแปลงทดสอบ

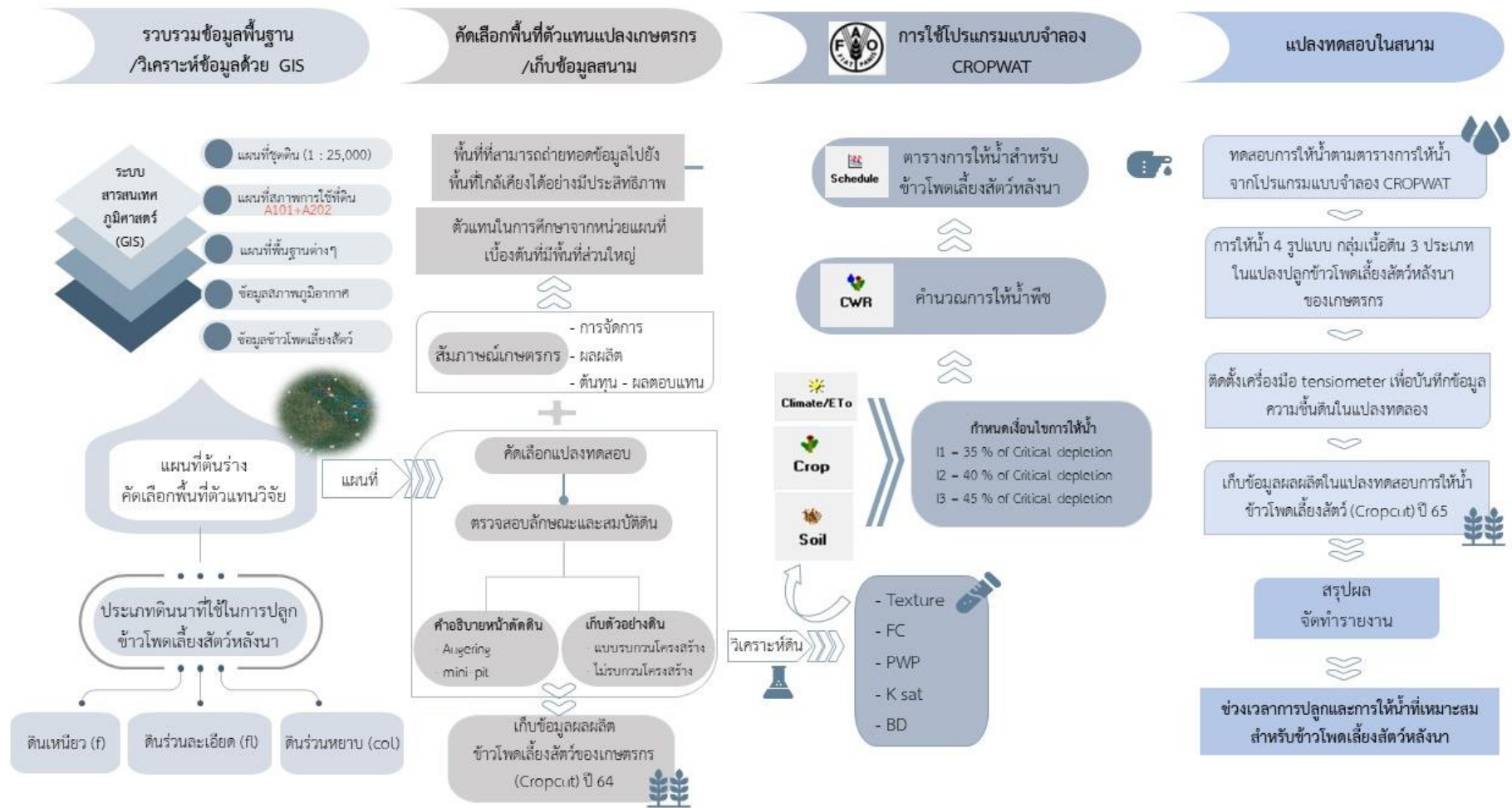
2.7 แปลงทดสอบ

ทำแปลงทดสอบช่วงเวลาการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในแปลงเกษตรกร เพื่อทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมด้วยสมการ Agreement Index พร้อมประเมินผลผลิตที่ได้จากแปลงทดสอบ

2.8 จัดทำรายงาน

แปลผลข้อมูลเพื่อสรุปวันปลูกและวันให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา พร้อมจัดทำรายงาน

โดยสรุปขั้นตอนการดำเนินงานประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืชเพื่อประเมินช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา ได้ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืชเพื่อประเมินช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา

ผลการวิจัย

1. ผลของสมบัติดินทางกายภาพที่สัมพันธ์กับการให้น้ำพืช

จากการศึกษาข้อมูลดินและเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษา เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพบางประการของดินที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำของพืช ได้แก่ การกระจายตัวอนุภาคขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) โดยวิธีปิเปต (Gee and Bauder, 1986) เสถียรภาพเม็ดดิน (soil aggregate stability) ความหนาแน่นรวม (bulk density, BD) โดยวิธีกระบอกเก็บดิน (core method) สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k_{sat})) และความชื้นดินที่ระดับความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) โดยใช้หม้อความดัน (มัตติกา, 2548) ผลต่างระหว่างความจุความชื้นสนามและจุดเหี่ยวถาวร คือ ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available water capacity, AWC) และค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (K_{sat}) ผลของสมบัติดินในแปลงทดสอบ พบว่า กลุ่มดินในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย กลุ่มเนื้อดิน 3 ประเภท คือ 1) ดินเหนียว (f) 2) ดินร่วนละเอียด (fl) และ 3) ดินร่วนหยาบ (col) (ตารางที่ 3 4 และตารางที่ 5) มีรายละเอียดของสมบัติดินที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำของพืช ดังนี้

1) การแจกกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดิน

จากการศึกษาและวิเคราะห์การกระจายตัวขนาดอนุภาคขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) พบว่า ดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) มีอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวอยู่ในช่วง 38-610, 442-745 และ 139-371 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) มีอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวอยู่ในช่วง 329-741, 184-457 และ 75-285 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีเนื้อดินเป็นดินร่วน ดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (col) มีอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวอยู่ในช่วง 391-873, 92-476 และ 30-252 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ มีเนื้อดินเป็นดินร่วนถึงดินร่วนปนทราย ซึ่งในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (col) มีปริมาณและสัดส่วนขนาดอนุภาคทรายสูงสุด (873 กรัมต่อกิโลกรัม) แต่มีดินเหนียวต่ำสุด (30 กรัมต่อกิโลกรัม) ทำให้สัดส่วนของปริมาณอนุภาคทรายต่อดินเหนียวสูงสุด คือ 29 ต่อ 1 รองลงมาเป็นกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) คือ 10 ต่อ 1 และ กลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) คือ 4 ต่อ 1 ตามลำดับ

2) เสถียรภาพเม็ดดิน (soil aggregate stability)

จากการศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพเม็ดดิน พิจารณาเฉพาะชั้นดินบน พบว่า ดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (col) มีเสถียรภาพเม็ดดินต่ำสุด รองลงมา ได้แก่ ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) และ ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) มีค่า 17.12 27.76 และ 49.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3) ความหนาแน่นรวม (bulk density, BD)

จากการศึกษาและวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินในชั้นดินบน พบว่า ดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (col) มีความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.32-1.42 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) มีความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.18-1.39 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ ดินกลุ่มประเภท

เนื้อดินเหนียว (f) มีความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.04-1.47 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนความหนาแน่นรวมของดินล่าง พบว่า ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (co) มีความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.47-1.77 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) มีความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.38-1.87 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) มีความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.40-1.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อพิจารณาความหนาแน่นรวมของดิน พบว่า ในดินบนความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับต่ำถึงระดับปานกลาง ส่วนในดินล่าง พบว่า ความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูง

4) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available water capacity, AWC)

จากการศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับ FC, PWP และ AWC พบว่า ดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (co) มีความชื้นดินอยู่ในช่วง 5.89-26.85 1.58-11.04 และ 3.71-15.82 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) มีความชื้นดินอยู่ในช่วง 13.46-27.80 4.29-14.00 และ 8.98-16.87 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) มีความชื้นดินอยู่ในช่วง 25.40-36.96 9.80-22.90 และ 11.71-20.06 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยพบว่าความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินต่ำสุด ในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (co) รองลงมา คือ ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) และ ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) มีค่า 3.71 8.98 และ 11.71 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

5) สัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Ksat)

จากการศึกษาและวิเคราะห์สภาพการนำน้ำของดินในชั้นดินบน พบว่า ดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (co) มีสภาพการนำน้ำของดินอยู่ในช่วง 3.31-14.62 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) มีสภาพการนำน้ำของดินอยู่ในช่วง 3.87-6.78 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และดินกลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) มีสภาพการนำน้ำของดินอยู่ในช่วง 0.18-2.03 เซนติเมตรต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาระดับชั้นของสภาพการนำน้ำ พบว่า ดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (co) มีระดับระดับชั้นของสภาพการนำน้ำสูงที่สุด รองลงมามีดินกลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) และดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) ตามลำดับ โดยดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (co) และดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) มีสภาพการนำน้ำอยู่ในระดับปานกลางถึงเร็วปานกลาง ส่วนดินกลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) สภาพการนำน้ำอยู่ในระดับช้าถึงปานกลาง

ส่วนในดินล่าง พบว่า ดินในกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (co) มีสภาพการนำน้ำของดินอยู่ในช่วง 0.07-5.97 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) มีสภาพการนำน้ำของดินอยู่ในช่วง 0.05-2.15 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และดินกลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) มีสภาพการนำน้ำของดินอยู่ในช่วง 0.04-8.36 เซนติเมตรต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาระดับชั้นของสภาพการนำน้ำ พบว่า ดินกลุ่มประเภทเนื้อดินเหนียว (f) มีระดับระดับชั้นของสภาพการนำน้ำสูงที่สุด รองลงมามีดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนหยาบ (co) และดินกลุ่มประเภทเนื้อดินร่วนละเอียด (fl) ตามลำดับ

ตารางที่ 3 สมบัติดินทางกายภาพของดินกลุ่มดินเหนียว (f)

1. นายสนอง เภาวัลย์ (T110)

Soil Horizon	Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability (%)	Bulk density (g m ⁻³)	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		sand	silt	clay				(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0-20	17.4	48.9	33.7	SiCL	76.37	1.04	75.67	VR	36.96	18.86	18.10
Bt1	20-30/32	15.9	48.3	35.8	SiCL	66.5	1.51	8.36	MR	31.16	18.90	12.26
Bt2	30/32-60	3.8	74.5	21.7	SiL	63.92	1.41	1.06	MS	34.61	22.90	11.71
Bt3	70-90	19.8	46.8	33.4	SiCL	–	–	–	–	29.91	16.89	13.02

2. นายบุญส่ง จันทร์ชื่น (T111)

Soil Horizon	Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability (%)	Bulk density (g m ⁻³)	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		sand	silt	clay				(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0 - 15	8.6	63.6	27.8	SiCL	33.35	1.30	2.03	M	33.81	13.79	20.02
Bt1	15 - 35	4.8	68.7	26.5	SiL	30.28	1.49	3.76	M	31.79	13.34	18.45
Bt2	35 - 60	10.0	65.2	24.8	SiL	9.73	1.42	0.14	S	30.07	12.92	17.15
Bt3	60 - 85	25.2	53.0	21.8	SiL	–	–	–	–	27.13	10.73	16.40
Bt4	85 - 100	25.3	53.9	20.8	SiL	–	–	–	–	24.82	10.38	14.44

ตารางที่ 3 (ต่อ)

3. นางเงินยวง ขจรภิรมย์ (T1I2)

Soil Horizon	Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability (%)	Bulk density (g m ⁻³)	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		sand	silt	clay				(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0 - 20	7.5	62.1	30.4	SiCL	34.05	1.47	0.18	S	35.28	15.22	20.06
Bt1	20 - 40	10.9	58.7	30.4	SiCL	17.14	1.61	0.04	VS	31.28	14.95	16.33
Bt2	40 - 65	14.9	58.8	26.3	SiL	18.25	1.52	0.05	VS	29.65	13.99	15.66
Bt3	65 - 100	7.6	59.6	32.8	SiCL	–	–	–	–	32.82	15.72	17.10

4. นางเสน่ห์ สังขะ (T1I3)

Soil Horizon	Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability (%)	Bulk density (g m ⁻³)	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		sand	silt	clay				(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0-10	8.2	58.4	33.4	SiCL	57.41	1.16	2.71	M	34.22	19.98	14.24
Bt1	10-25	11.0	58.0	31.0	SiCL	77.24	1.54	0.19	S	35.50	19.00	16.50
Bt2	25-50	5.5	57.5	37.0	SiCL	76.42	1.41	45.47	VR	34.86	20.04	14.82
Bt3	50-70	6.4	56.5	37.1	SiCL	–	–	–	–	32.22	18.86	13.36
Bt4	70-100	6.6	57.2	36.2	SiCL	–	–	–	–	32.10	19.02	13.08

ตารางที่ 4 สมบัติดินทางกายภาพของดินกลุ่มดินร่วนละเอียด (fl)

5. นายสำเริง สุวรรณพันธุ์ (T2I0)

Soil Horizon	Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability (%)	Bulk density (g m ⁻³)	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		sand	silt	clay				(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0 - 15	38.5	43.4	18.1	L	36.95	1.39	50.46	VR	26.03	9.16	16.87
Bt1	15 - 35	36.3	44.7	19.0	L	41.09	1.75	1.06	MS	26.28	9.14	17.14
Bt2	35 - 55	41.1	41.2	17.7	L	9.71	1.63	2.15	M	23.80	9.94	13.86
Bt3	55 - 85	45.7	38.8	15.5	L	–	–	–	–	22.08	9.20	12.88
Btg	85 - 110	58.3	31.2	10.5	SL	–	–	–	–	17.90	6.52	11.38

6. นายเกาะเพชร ธงไชย (T2I1)

Soil Horizon	Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability (%)	Bulk density (g m ⁻³)	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		sand	silt	clay				(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0 - 15	45.2	39.5	15.3	L	22.10	1.38	3.87	M	23.49	7.19	16.30
Bt1	15 - 35	48.5	33.9	17.6	L	4.58	1.64	0.18	S	21.32	8.71	12.61
Bt2	35 - 55	52.6	31.1	16.3	SL	11.38	1.63	0.17	S	18.98	8.64	10.34
Bt3	55 - 80	63.8	26.7	9.5	SL	–	–	–	–	15.22	6.24	8.98
Btg	80 - 110	74.1	18.4	7.5	SL	–	–	–	–	13.80	4.53	9.27

ตารางที่ 4 (ต่อ)

7. นายชำนาญ นิमित (T2I2)

Soil Horizon	Depth	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability	Bulk density	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		(cm)	sand	silt				clay	(%)	(g m ⁻³)	(cm hr ⁻¹)	Class*
	Ap	0 - 15	48.0	34.8	17.2	L	22.33	1.38	42.60	VR	20.13	8.13
Bt1	15 - 35	43.4	38.6	18.0	L	10.06	1.87	0.36	S	22.91	9.76	13.15
Bt2	35 - 70	64.1	24.9	11.0	SL	10.06	1.68	0.05	VS	16.29	6.30	9.99
Bt3	70 - 100	72.8	18.7	8.5	SL	–	–	–	–	13.46	4.29	9.17

8. นายเจษฎ์ เสมอใจมิตร (T2I3)

Soil Horizon	Depth	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability	Bulk density	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k_{sat})		Soil water content (%w/w)				
		(cm)	sand	silt				clay	(g m ⁻³)	(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0-20	33.7	39.5	26.9	L	29.66	1.18	6.78	MR	27.80	11.78	16.02		
Bt1	20-30	32.9	40.8	26.3	L	49.43	1.38	1.44	MS	27.46	14.00	13.46		
Bt2	20-50	55.2	31.5	13.3	SL	53.63	1.53	0.05	VS	18.59	5.89	12.71		
Bt3	50-70	47.0	28.5	24.5	L	–	–	–	–	24.73	11.89	12.84		
Bt4	70-100	69.8	17.5	12.7	SL	–	–	–	–	16.37	6.52	9.85		

ตารางที่ 5 สมบัติดินทางกายภาพของดินกลุ่มดินร่วนหยาบ (col)

9. นายวิระ จันท์ทรง (T3I0)

Soil Horizon	Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability (%)	Bulk density (g m ⁻³)	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		sand	silt	clay				(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0 - 15	55.7	31.1	13.2	SL	7.92	1.42	14.62	R	16.90	7.15	9.75
Bt1	15 - 30	71.2	20.6	8.2	SL	33.92	1.62	2.07	M	10.84	4.40	6.44
Bt2	30 - 60	82.8	14.2	3.0	LS	14.86	1.47	5.97	M	5.89	2.18	3.71
Bt3	60 - 100	87.3	9.2	3.5	S	–	–	–	–	6.14	1.58	4.56

10. นายหยวน รอดเทศ (T3I1)

Soil Horizon	Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability (%)	Bulk density (g m ⁻³)	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		sand	silt	clay				(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0 - 15	41.8	47.6	10.6	L	21.82	1.40	3.31	M	19.68	6.32	13.36
Bt1	15 - 35	44.4	46.5	9.1	L	16.71	1.70	0.08	VS	18.20	5.88	12.32
Bt2	35 - 55	49.6	41.9	8.5	L	16.02	1.56	0.07	VS	16.23	5.03	11.20
Bt3	55 - 70	39.5	47.9	12.6	L	–	–	–	–	18.77	6.70	12.07
Bt4	70 - 100	39.1	46.3	14.6	L	–	–	–	–	18.53	7.37	11.16

ตารางที่ 5 (ต่อ)

11. นายสัมพันธ์ รักรัง (T3I2)

Soil Horizon	Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability (%)	Bulk density (g m ⁻³)	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		sand	silt	clay				(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0-20	55.5	29.8	14.7	SL	12.76	1.38	1.63	MS	18.99	7.11	11.88
Bt1	20-35	60.6	24.8	14.6	SL	15.78	1.71	1.31	MS	18.00	7.19	10.81
Bt2	35-50	62.1	23.7	14.2	SL	5.47	1.52	0.14	S	17.74	6.57	11.17
Bt3	50-100	64.0	25.4	10.6	SL	—	—	—	—	16.47	6.14	10.33

12. นายมานพ เกตุแก้วมณี (T3I3)

Soil Horizon	Depth (cm)	Particle Size Distribution (%)			Texture	Soil Aggregate Stability (%)	Bulk density (g m ⁻³)	Saturated hydraulic conductivity of saturated soil (k _{sat})		Soil water content (%w/w)		
		sand	silt	clay				(cm hr ⁻¹)	Class*	FC	PWP	AWC
Ap	0-20	55.5	31.3	13.3	SL	57.41	1.16	1.50	MS	19.72	5.87	13.85
Bt1	20-30	58.9	26.5	14.6	SL	77.24	1.54	0.03	VS	15.63	6.20	9.43
Bt2	20-50	42.1	32.8	25.2	L	76.42	1.41	0.05	VS	26.85	11.04	15.82
Bt3	50-100	61.0	25.4	13.6	SL	—	—	—	—	16.9	6.81	10.09

หมายเหตุ * ภาคผนวกที่ 1

2. การประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืช

2.1 ข้อมูลการประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืช

จากการเก็บตัวอย่างดินและนำมาวิเคราะห์ค่าสมบัติทางกายภาพดิน รวบรวมข้อมูลข้อมูลภูมิอากาศ จังหวัดนครสวรรค์และพิษณุโลก ข้อมูลการใช้น้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นำมาสร้างข้อมูลดิน ข้อมูลภูมิอากาศ และข้อมูลพืช เพื่อนำเข้าโปรแกรม Cropwat 8.0 ข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมมีรายละเอียด ดังนี้

1) ข้อมูลดิน

จากการเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดสอบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา และนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของดินที่ระดับความจุสนาม (FC) กับความชื้นของดินที่ระดับจุดเหี่ยวถาวร (PWP) สามารถประเมินค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWCA) ในหน่วยความสูงน้ำต่อความลึกดิน 1 เมตร (มิลลิเมตรต่อเมตร) มีรายละเอียด ดังนี้ กลุ่มดินเหนียว (f) หรือดินทรายแป้งละเอียด (fsi) มีปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ระหว่าง 199-267 มิลลิเมตร/เมตร มีค่าเฉลี่ยประมาณ 219 มิลลิเมตร/เมตร กลุ่มดินร่วนละเอียด (fl) มีปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ระหว่าง 175-250 มิลลิเมตรต่อเมตร มีค่าเฉลี่ยประมาณ 199 มิลลิเมตรต่อเมตร กลุ่มดินร่วนหยาบ (col) มีปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ระหว่าง 79-185 มิลลิเมตร/เมตร มีค่าเฉลี่ยประมาณ 156 มิลลิเมตร/เมตร กล่าวโดยสรุปได้ว่าปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของกลุ่มดินเหนียวหรือดินทรายแป้งละเอียดมากกว่ากลุ่มดินร่วนละเอียด และกลุ่มดินร่วนหยาบ ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์ค่าการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (Hydraulic conductivity : K_{sat}) พบว่า ค่าเฉลี่ยการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ ช่วงความลึก 0-50 เซนติเมตร ในกลุ่มดินร่วนละเอียด มีค่าการนำน้ำของดินช้าปานกลางถึงเร็ว (1.58 – 18.04 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) กลุ่มดินเหนียวมีค่าการนำน้ำของดินช้าถึงเร็วมาก (0.17 – 30.07 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) กลุ่มดินร่วนหยาบมีค่าการนำน้ำของดินช้าถึงเร็วปานกลาง (0.77 – 11.25 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) ซึ่งการที่ค่าการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวมีค่าช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นรวมของดินด้วย ทั้งนี้ในกลุ่มดินร่วนหยาบมีค่าความหนาแน่นรวมของดินในชั้นดินล่างสูงจึงทำให้มีค่าการนำน้ำของดินต่ำ และนำผลวิเคราะห์ดินมาสร้างข้อมูลดินจำนวน 12 แปลง โดยกำหนดค่าความลึกของรากเท่ากับ 100 ซม. และค่าอัตราการซึมผ่านดิน (Infiltration rate) รายละเอียดดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ข้อมูลดินนำเข้าโปรแกรม Cropwat 8.0

แปลงที่	กลุ่มเนื้อดิน ¹	ค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWCA) (มม./ม.)	ค่าการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว ¹ (K_{sat}) (ซม./ชั่วโมง)	ค่าอัตราการซึมผ่านดินสูงสุด ² (มม./วัน)
1	ดินเหนียว (f)	243.5	2.17	10
2	ดินเหนียว (f)	267.1	0.17	10
3	ดินเหนียว (f)	142.3	30.27	10
4	ดินทรายแป้งละเอียด (fsi)	199.2	23.28	10
5	ดินร่วนละเอียด (fl)	250.1	18.04	48
6	ดินร่วนละเอียด (fl)	190.4	1.58	48
7	ดินร่วนละเอียด (fl)	178.6	12.67	48
8	ดินร่วนละเอียด (fl)	175.5	6.19	48

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แปลงที่	กลุ่มเนื้อดิน ¹	ค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWCA) (มม./ม.)	ค่าการนำน้ำของดิน ขณะอิ่มตัว ¹ (K_{sat}) (ซม./ชั่วโมง)	ค่าอัตราการซึม ผ่านดินสูงสุด ² (มม./วัน)
9	ดินร่วนหยาบ (col)	164.0	1.67	172
10	ดินร่วนหยาบ (col)	182.7	0.77	172
11	ดินร่วนหยาบ (col)	185.1	1.13	172
12	ดินร่วนหยาบ (col)	79.5	11.25	172

หมายเหตุ : ¹ กลุ่มเนื้อดินและค่าการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว คำนวณที่ระดับความลึก 0-50 ซม.

² ค่าอัตราการซึมผ่านดินสูงสุด (Maximum infiltration rate) เป็นค่าตัวแทนกลุ่มเนื้อดินสำหรับสร้างไฟล์ดินในโปรแกรม Cropwat 8.0

2) ข้อมูลภูมิอากาศ

จากการรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ย 10 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2563 จำนวน 2 จังหวัด ได้แก่ จ.นครสวรรค์ จ.พิษณุโลก นำมาสร้างข้อมูลภูมิอากาศ (ตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8) สามารถสรุปข้อมูลค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิง (Evapotranspiration : ETo) และปริมาณฝนใช้การ (Effective rainfall) ได้ดังนี้

ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดนครสวรรค์ จากการคำนวณของโปรแกรม Cropwat 8.0 มีค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิง (ETo) หรือค่าการใช้น้ำของพืช อยู่ระหว่าง 3.1 – 5.3 มิลลิเมตรต่อวัน เดือนที่มีค่าการใช้น้ำของพืชสูงสุดคือ เดือนเมษายน และเดือนที่มีค่าต่ำสุดคือเดือนธันวาคม และมกราคม ส่วนค่าปริมาณฝนใช้การในจังหวัดนครสวรรค์ อยู่ระหว่าง 11.8 – 142.7 มิลลิเมตร เดือนที่มีปริมาณฝนใช้การสูงสุดคือเดือนกันยายน ซึ่งมีน้ำเพียงพอต่อการปลูกพืช ส่วนเดือนที่มีปริมาณฝนใช้การต่ำสุดคือเดือนธันวาคม และสามารถสรุปได้ว่าช่วงที่มือน้ำน้อยอาจไม่เพียงพอต่อการปลูกพืช คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน

ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดพิษณุโลก จากการคำนวณของโปรแกรม Cropwat 8.0 มีค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิง (ETo) หรือค่าการใช้น้ำของพืช อยู่ระหว่าง 3.4 – 5.7 มิลลิเมตรต่อวัน เดือนที่มีค่าการใช้น้ำของพืชสูงสุดคือ เดือนเมษายน และเดือนที่มีค่าต่ำสุดคือเดือนธันวาคม และมกราคม ส่วนค่าปริมาณฝนใช้การในจังหวัดพิษณุโลก อยู่ระหว่าง 10.0 – 151.8 มิลลิเมตร เดือนที่มีปริมาณฝนใช้การสูงสุดคือเดือนกันยายน ซึ่งมีน้ำเพียงพอต่อการปลูกพืช ส่วนเดือนที่มีปริมาณฝนใช้การต่ำสุดคือเดือนธันวาคม และสามารถสรุปได้ว่าช่วงที่มือน้ำน้อยอาจไม่เพียงพอต่อการปลูกพืช คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน

ตารางที่ 7 ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดนครสวรรค์

เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)		ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม	ความยาวนานของแสง	การระเหยน้ำของพืชอ้างอิง	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณฝนใช้การ
	ต่ำสุด	สูงสุด	(%)	(กม./วัน)	(ชม./วัน)	(มม./วัน)	(มม.)	(มม.)
มกราคม	15.8	35.7	70	24	7.3	3.1	12.5	12.3
กุมภาพันธ์	17.6	38.1	65	50	8.3	4.1	16.8	16.3
มีนาคม	20.8	40.0	65	67	7.6	4.7	33.9	32.1
เมษายน	22.5	41.2	64	67	8.0	5.3	63.7	57.2
พฤษภาคม	24.1	40.6	72	43	7.6	5.1	170.0	123.8
มิถุนายน	24.2	37.7	76	50	5.9	4.4	121.4	97.8
กรกฎาคม	23.9	37.1	78	36	4.5	3.8	135.4	106.1
สิงหาคม	23.8	36.3	80	36	4.5	3.7	203.4	137.2
กันยายน	23.7	36.0	83	24	4.9	3.7	220.6	142.7
ตุลาคม	22.1	35.5	82	19	6.6	3.8	142.8	110.2
พฤศจิกายน	20.1	35.6	76	19	6.9	3.4	27.1	25.9
ธันวาคม	15.5	35.2	71	24	7.4	3.1	12.0	11.8

หมายเหตุ : สถานีตรวจวัดอากาศนครสวรรค์ พิกัด X 100.13 Y 15.67 ที่ระดับความสูง 34 เมตร

ตารางที่ 8 ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดพิษณุโลก นำเข้าโปรแกรม Cropwat 8.0

เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)		ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม	ความยาวนานของแสง	การระเหยน้ำของพืชอ้างอิง	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณฝนใช้การ
	ต่ำสุด	สูงสุด	(%)	(กม./วัน)	(ชม./วัน)	(มม./วัน)	(มม.)	(มม.)
มกราคม	15.2	34.1	72	62	7.9	3.4	14.9	14.5
กุมภาพันธ์	17.1	36.2	68	70	9.0	4.2	24.8	23.8
มีนาคม	20.1	38.3	66	86	8.3	4.9	35.8	33.7
เมษายน	22.2	39.8	63	94	9.0	5.7	59.9	54.2
พฤษภาคม	23.3	39.3	70	86	8.0	5.3	152.4	115.2
มิถุนายน	23.7	37.0	77	86	6.0	4.6	170.7	124.1
กรกฎาคม	23.2	36.1	80	74	4.4	3.9	189.2	131.9
สิงหาคม	23.2	35.2	82	74	4.8	3.9	229.3	145.2
กันยายน	23.5	34.9	83	70	5.3	3.8	268.2	151.8
ตุลาคม	21.7	35.1	80	62	6.8	3.9	113.4	92.8
พฤศจิกายน	20.2	35.1	75	55	7.4	3.6	34.3	32.4
ธันวาคม	15.2	34.4	71	62	8.0	3.4	10.2	10.0

หมายเหตุ : สถานีตรวจวัดอากาศพิษณุโลก พิกัด X 100.28 Y 16.78 ที่ระดับความสูง 44 เมตร

3) ข้อมูลพืช

จากข้อมูลความต้องการใช้น้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงระยะเติบโตต่างๆ นำมาสร้างข้อมูลพืช (ตารางที่ 9) โดยกำหนดวันปลูกในโปรแกรม Cropwat ตามวันที่เกษตรกรปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 ข้อมูลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้อมูลพืช	ระยะเติบโตของพืช				รวม
	ช่วงตั้งตัว	ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น	ช่วงกลางของการเพาะปลูก	ช่วงปลายของการเพาะปลูก	
ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)	0.30	-	1.20	0.35	
ช่วงของการเจริญเติบโตของพืช (วัน)	20	35	40	30	125
การหยั่งลึกของราก (เมตร)	0.30	-	1.00		
ค่าวิกฤตของสัดส่วนของน้ำที่พร้อมไป (p) (ร้อยละ)	0.55	-	0.55	0.80	
ค่าแฟกเตอร์การตอบสนองของพืชต่อการขาดน้ำ (Ky)	0.40	0.40	1.30	0.50	
ความสูงต้นพืช (เมตร)	-	-	2.00	-	

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงตั้งตัวมีค่า Kc เท่ากับ 3 ช่วงเจริญเติบโตช่วงออกดอกและสร้างฝักเมล็ดมีค่า Kc เท่ากับ 1.2 และช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตมีค่า Kc เท่ากับ 0.35 ตามลำดับบ่งชี้ได้ว่าช่วงที่พืชต้องการน้ำสูงจะเป็นช่วงเจริญเติบโตและสร้างฝักเมล็ด ช่วงนี้จำเป็นต้องให้น้ำบ่อยถ้าขาดน้ำจะทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ผลผลิตไม่ดี

ค่าแฟกเตอร์การตอบสนองของพืชต่อการขาดน้ำ (Ky) หรือค่าการตอบสนองของผลผลิตต่อการขาดน้ำ (Yield Response to Water Shortage, Ky) เป็นการกำหนดช่วงการยอมรับที่พืชจะขาดน้ำได้ แม้จะเกิดความเครียดของพืชด้านน้ำ เป็นดัชนีบ่งชี้ว่าควรจะให้ น้ำพืช แปรผลได้ว่าผลผลิตพืชจะลดลงเป็นสัดส่วนกับการขาดน้ำของพืชเพื่อใช้ในการคายระเหย ตามสมการ ดังนี้

$$(1 - Y_a/Y_m) = K_y (1 - E_{Ta}/E_{Tm}) \dots\dots\dots \text{สมการ 1}$$

โดยที่ Ya (Actual yield) คือ ผลผลิตที่แท้จริง
 Ym (Maximum yield) คือ ผลผลิตสูงสุดเมื่อการผลิพืชไม่มี ปัจจัยจำกัดด้านน้ำ
 ETa คือ การคายระเหยน้ำที่แท้จริง (Actual crop evapotranspiration)
 ETm คือ ศักยภาพการคายระเหยน้ำสูงสุด (potential crop evapotranspiration)

บุญลือและคณะ, 2565 กล่าวว่า ค่า Ky ที่สูงกว่า 1 บ่งชี้ว่าผลผลิตพืชมีความอ่อนไหวต่อความเครียดจากความชื้น ในขณะที่ค่าที่ต่ำกว่า 1 บ่งชี้ว่าพืชสามารถทนต่อความเครียดจากความชื้นในระดับหนึ่งในสภาพแวดล้อมที่กำลังเติบโต ซึ่งการตอบสนองของผลผลิตต่อการขาดน้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วง

ตั้งตัวมีค่า K_y เท่ากับ 0.4 ช่วงเจริญเติบโตมีค่า K_y เท่ากับ 0.4 ช่วงออกดอกและสร้างฝักเมล็ดมีค่า K_y เท่ากับ 1.3 และช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตมีค่า K_y เท่ากับ 0.5 ตามลำดับ บ่งชี้ว่าช่วงออกดอกและสร้างฝักเมล็ดเป็นระยะที่มีความสำคัญที่ควรจะต้องให้น้ำเสริมแก่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อลดความเครียดด้านน้ำของพืช เพื่อป้องกันการลดลงของผลผลิต

ตารางที่ 10 วันปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

แปลงที่	จังหวัด	กลุ่มเนื้อดิน	วันปลูก	วันเก็บเกี่ยว (โปรแกรม)
1	นครสวรรค์	ดินเหนียว (f)	16-พ.ย.-64	20 มี.ค. 65
2	พิษณุโลก	ดินเหนียว (f)	1-ธ.ค.-64	4 เม.ย. 65
3	พิษณุโลก	ดินเหนียว (f)	8-ธ.ค.-64	11 เม.ย. 65
4	นครสวรรค์	ดินทรายปนละเอียด (fsi)	8-ธ.ค.-64	11 เม.ย. 65
5	พิษณุโลก	ดินร่วนละเอียด (fl)	24 พ.ย. 64	28 มี.ค. 65
6	พิษณุโลก	ดินร่วนละเอียด (fl)	7-ธ.ค.-64	10 เม.ย. 65
7	พิษณุโลก	ดินร่วนละเอียด (fl)	6-ธ.ค.-64	9 เม.ย. 65
8	นครสวรรค์	ดินร่วนละเอียด (fl)	17-พ.ย.-64	21 มี.ค. 65
9	พิษณุโลก	ดินร่วนหยาบ (col)	26-ธ.ค.-64	29 เม.ย. 65
10	พิษณุโลก	ดินร่วนหยาบ (col)	20-ธ.ค.-64	23 เม.ย. 65
11	นครสวรรค์	ดินร่วนหยาบ (col)	5-ธ.ค.-64	8 เม.ย. 65
12	นครสวรรค์	ดินร่วนหยาบ (col)	19-พ.ย.-64	23 มี.ค. 65

ซึ่งการคำนวณช่วงเวลาและปริมาณการให้น้ำของโปรแกรม Cropwat จะเริ่มคำนวณจากวันปลูก โดยแต่ละช่วงอายุพืชจะมีความต้องการใช้น้ำต่าง ๆ กันไปตามค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ซึ่งค่าความต้องการน้ำของพืช (Crop water requirement : CWR) จะคำนวณจากสมการที่ 2 และได้ผลการคำนวณความต้องการน้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา ดังภาคผนวกที่ 2

$$CWR = K_c \times ETo \dots \dots \dots \text{สมการที่ 2}$$

โดยที่ K_c = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

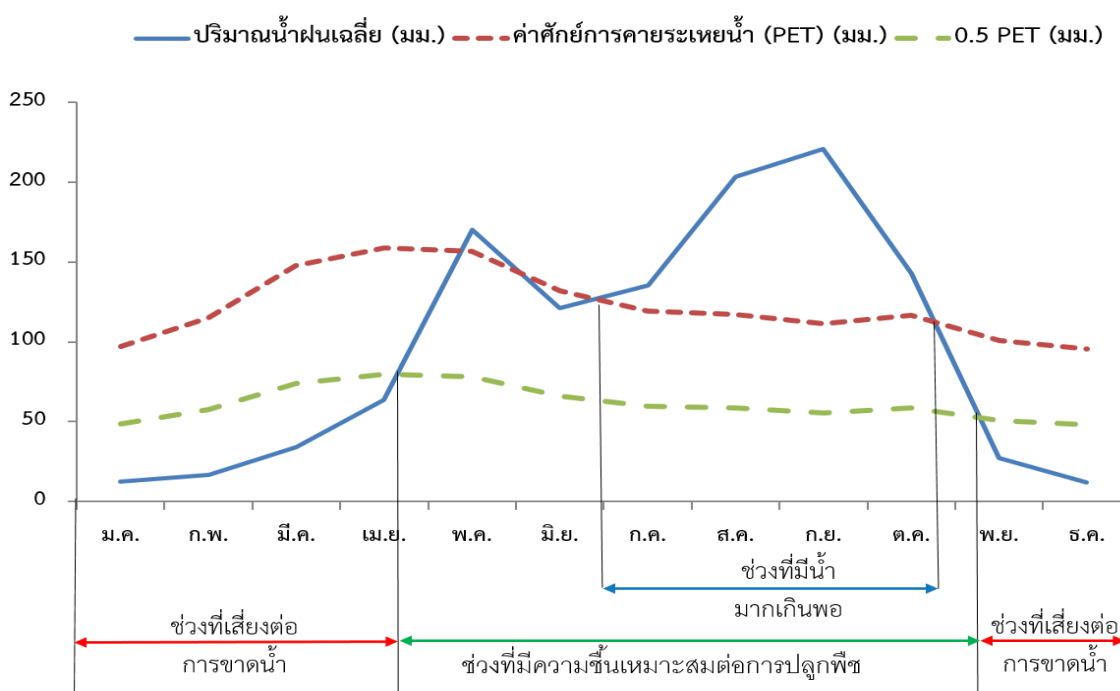
ETo = การคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตร/วัน)

2.2 วันปลูกที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

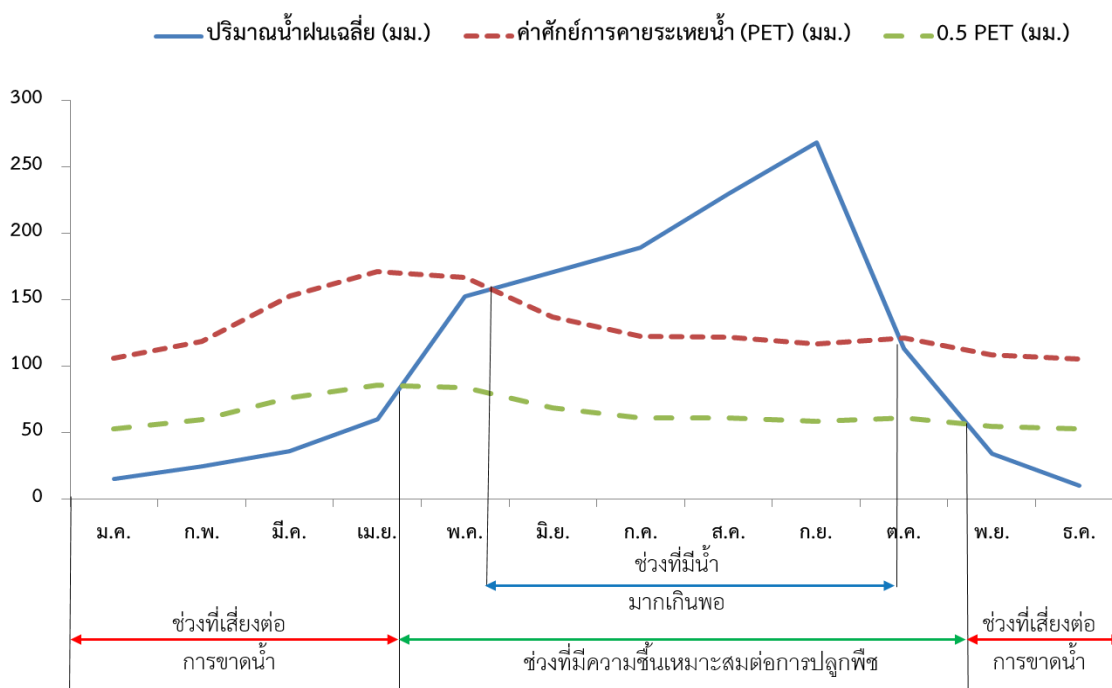
จากการประเมินกราฟสมมูลน้ำจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ย 10 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2563 จำนวน 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดพิษณุโลก โดยพิจารณาจากช่วงที่มีปริมาณฝนใช้การ (effective rainfall) สูงกว่าครึ่งหนึ่งของค่าการคายระเหยน้ำอ้างอิง ($1/2 ETo$) ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาที่ดินมีความชื้นสะสมเพียงพอต่อการเริ่มปลูกพืชในฤดูแล้ง สามารถสรุปช่วงวันปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในฤดูแล้ง ดังนี้

จากกราฟสมมูลน้ำจังหวัดนครสวรรค์ (ภาพที่ 21) การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในจังหวัดนครสวรรค์ควรจะเริ่มปลูกช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีความชื้นในดินเพียงพอต่อการปลูกพืช แต่จากข้อมูลสัมภาระณ์แปลงปลูกเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ส่วนใหญ่จะเริ่มปลูกกลางเดือนพฤศจิกายนจนถึงต้นเดือนธันวาคม เมื่อพิจารณาจากกราฟสมมูลน้ำจะเป็นช่วงที่ปริมาณน้ำในดินเริ่มลดลงก็พอจะมีความชื้นในดินที่สามารถจะปลูกพืชหลังนาได้

จากกราฟสมมูลน้ำจังหวัดพิษณุโลก (ภาพที่ 22) การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในจังหวัดพิษณุโลกควรจะเริ่มปลูกช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีความชื้นในดินเพียงพอต่อการปลูกพืช แต่จากข้อมูลสัมภาระณ์แปลงปลูกเกษตรกรในจังหวัดพิษณุโลกส่วนใหญ่จะเริ่มปลูกช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน จนถึงปลายเดือนธันวาคม เมื่อพิจารณาจากกราฟสมมูลน้ำปลายเดือนพฤศจิกายน จะเป็นช่วงที่ปริมาณน้ำในดินเริ่มลดลงก็พอจะมีความชื้นในดินที่สามารถจะปลูกพืชหลังนาได้ แต่ช่วงปลายเดือนธันวาคมความชื้นในดินไม่เพียงพอต่อการปลูกพืช จึงควรมีการให้น้ำเสริมเพื่อให้มีความชื้นสำหรับการเริ่มงอกได้ การปลูกหลังช่วงเดือนธันวาคมจะทำให้ช่วงออกดอกตรงกับช่วงที่มีอุณหภูมิสูงทำให้ช่อดอกและไหมแห้งผสมไม่ดีติด ส่งผลให้เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่เต็มฝัก และเก็บเกี่ยวจะตรงกับช่วงที่ฝนตกอาจทำให้ราคาผลผลิตต่ำได้



ภาพที่ 21 สภาพสมมูลน้ำจังหวัดนครสวรรค์



ภาพที่ 22 สภาพสมดุลน้ำจังหวัดพิษณุโลก

2.3 การประเมินช่วงเวลาการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา

จากการนำเข้าข้อมูลดิน 12 แปลง ดังตารางที่ 6 ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ย 10 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2563 จำนวน 2 จังหวัด ได้แก่ จ.นครสวรรค์ จ.พิษณุโลก (ตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8) และข้อมูลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 9) มาประเมินตารางการให้น้ำพืชในแต่ละเนื้อดิน ด้วยโปรแกรม Cropwat 8.0 สามารถกำหนดวันปลูกและประเมินช่วงเวลาการให้น้ำจำนวน 12 แปลง ที่มีการให้น้ำ 4 แบบ คือ 1. เกษตรกร 2. การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป (Critical depletion) 35% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น 3. การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 40% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น และ 4. การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 45% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น โดยปลูกในดินที่มีกลุ่มเนื้อดิน 3 ประเภท ได้แก่ กลุ่มดินเหนียวหรือดินทรายแป้งละเอียด กลุ่มดินร่วนละเอียด และกลุ่มดินร่วนหยาบ ผลการประเมินตารางการให้น้ำ ดังตารางที่ 11 (ตารางภาคผนวกที่ 3) และผลการประเมินช่วงเวลาการให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา ดังตารางที่ 12 สามารถสรุปรายละเอียดดังนี้

1) กลุ่มดินเหนียวหรือดินทรายแป้งละเอียด

ผลการประเมินการให้น้ำด้วยโปรแกรม Cropwat สำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในดินที่มีกลุ่มดินเหนียวหรือดินทรายแป้งละเอียด ที่กำหนดการให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 35%, 40% และ 45% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น จะต้องให้น้ำจำนวน 6, 5 และ 6 ครั้ง ตามลำดับ และมีช่วงเวลาการให้น้ำที่เหมาะสมตามอายุพืชดังนี้

การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 35% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ต้องให้น้ำจำนวน 6 ครั้ง ในช่วงที่เหมาะสมได้แก่ พืชอายุ 35, 50, 60, 75, 85, และ 95 วัน

การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 40% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ต้องให้น้ำจำนวน 5 ครั้ง ในช่วงที่เหมาะสมได้แก่ พืชอายุ 40, 55, 70, 85 และ 100 วัน

การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 45% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ต้องให้น้ำจำนวน 6 ครั้ง ในช่วงที่เหมาะสมได้แก่ พืชอายุ 40, 55, 65, 80, 90 และ 105 วัน

2) กลุ่มดินร่วนละเอียด

ผลการประเมินการให้น้ำด้วยโปรแกรม Cropwat สำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในดินที่มีกลุ่มเนื้อดินร่วนละเอียด ที่กำหนดการให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 35%, 40% และ 45% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น จะต้องให้น้ำจำนวน 9, 8 และ 6 ครั้ง ตามลำดับ และมีช่วงเวลาการให้น้ำที่เหมาะสมตามอายุพืชดังนี้

การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 35% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ต้องให้น้ำจำนวน 9 ครั้ง ในช่วงที่เหมาะสมได้แก่ พืชอายุ 25, 40, 55, 65, 70, 80, 90, 95 และ 115 วัน

การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 40% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ต้องให้น้ำจำนวน 8 ครั้ง ในช่วงที่เหมาะสมได้แก่ พืชอายุ 25, 45, 55, 65, 75, 85, 95 และ 107 วัน

การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 45% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ต้องให้น้ำจำนวน 6 ครั้ง ในช่วงที่เหมาะสมได้แก่ พืชอายุ 35, 55, 65, 80, 90 และ 105 วัน

3) กลุ่มดินร่วนหยาบ

ผลการประเมินการให้น้ำด้วยโปรแกรม Cropwat สำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในดินที่มีกลุ่มดินร่วนละเอียด ที่กำหนดการให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 35%, 40% และ 45% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น จะต้องให้น้ำจำนวน 9, 8 และ 6 ครั้ง ตามลำดับ และมีช่วงเวลาการให้น้ำที่เหมาะสมตามอายุพืชดังนี้

การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 35% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ต้องให้น้ำจำนวน 9 ครั้ง ในช่วงที่เหมาะสมได้แก่ พืชอายุ 30, 45, 55, 60, 70, 80, 90, 100 และ 115 วัน

การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 40% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ต้องให้น้ำจำนวน 8 ครั้ง ในช่วงที่เหมาะสมได้แก่ พืชอายุ 30, 45, 55, 65, 75, 85, 95 และ 105 วัน

การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 45% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ต้องให้น้ำจำนวน 6 ครั้ง ในช่วงที่เหมาะสมได้แก่ พืชอายุ 35, 55, 65, 80, 90 และ 100 วัน

ตารางที่ 11 ตารางการให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

กลุ่มเนื้อดิน	วันปลูก	รูปแบบการให้น้ำ	วันที่ให้น้ำ					จำนวนการให้น้ำ (ครั้ง)
			ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	
ดินเหนียว (f)	16-พ.ย.-64	เกษตรกร	-	-	-	-	-	-
ดินเหนียว (f)	1-ธ.ค.-64	35%	-	4,21	2,14,25	9	-	7
ดินเหนียว (f)	8-ธ.ค.-64	40%	-	16	3,18	4,19	11	6
ดินทรายแป้งละเอียด (fsi)	8-ธ.ค.-64	45%	-	16	1,14,25	9,25	-	6
ดินร่วนละเอียด (fl)	24 พ.ย 64	เกษตรกร	-	-	-	-	-	-
	7-ธ.ค.-64	35%	-	1,18,30	9,18,26	6,15,31	-	9
	6-ธ.ค.-64	40%	-	2,19,31	10,20	2,10,22	-	8
	17-พ.ย.-64	45%	24	10,24	5,16	1	-	6
	26-ธ.ค.-64	เกษตรกร	-	-	-	-	-	-
ดินร่วนหยาบ (col)	20-ธ.ค.-64	35%	-	19	2,12,21	2,10,19,29	12,23	10
	5-ธ.ค.-64	40%	-	5,21	1,10,19,28	9,20	-	8
	19-พ.ย.-64	45%	26	12,25	6,16, 28	-	-	6

ตารางที่ 12 การประเมินช่วงเวลาในการให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

กลุ่มเนื้อดิน	วันปลูก	รูปแบบการให้น้ำ	การให้น้ำ (ครั้ง)	ช่วงเวลาการให้น้ำตามการเจริญเติบโต (Stage) (อายุพืช : วัน)			
				ตั้งตัว (Initial)	เจริญเติบโต (Development)	กลาง (Mid-season)	ปลาย (Late-season)
ดินเหนียว (f)	16-พ.ย.-64	เกษตรกร	4	-	-	-	-
ดินเหนียว (f)	1-ธ.ค.-64	35%	6		35,50	60,75,85	95
ดินเหนียว (f)	8-ธ.ค.-64	40%	5		40	55,70,85	100
ดินทรายแป้งละเอียด (fsi)	8-ธ.ค.-64	45%	6		40	55,65,80,90	105
ดินร่วนละเอียด (fl)	24 พ.ย 64	เกษตรกร	5	-	-	-	-
ดินร่วนละเอียด (fl)	7-ธ.ค.-64	35%	9		25,40,55	65,70,80,90	95,115
ดินร่วนละเอียด (fl)	6-ธ.ค.-64	40%	8		25,45	55,65,75,85,95	107
ดินร่วนละเอียด (fl)	17-พ.ย.-64	45%	6		35,55	65,80,90	105
ดินร่วนหยาบ (col)	26-ธ.ค.-64	เกษตรกร	5	-	-	-	-
ดินร่วนหยาบ (col)	20-ธ.ค.-64	35%	9		30,45,55	60,70,80,90	100,115
ดินร่วนหยาบ (col)	5-ธ.ค.-64	40%	8		30,45	55,65,75,85,95	105
ดินร่วนหยาบ (col)	19-พ.ย.-64	45%	6		35,55	65,80,90	100

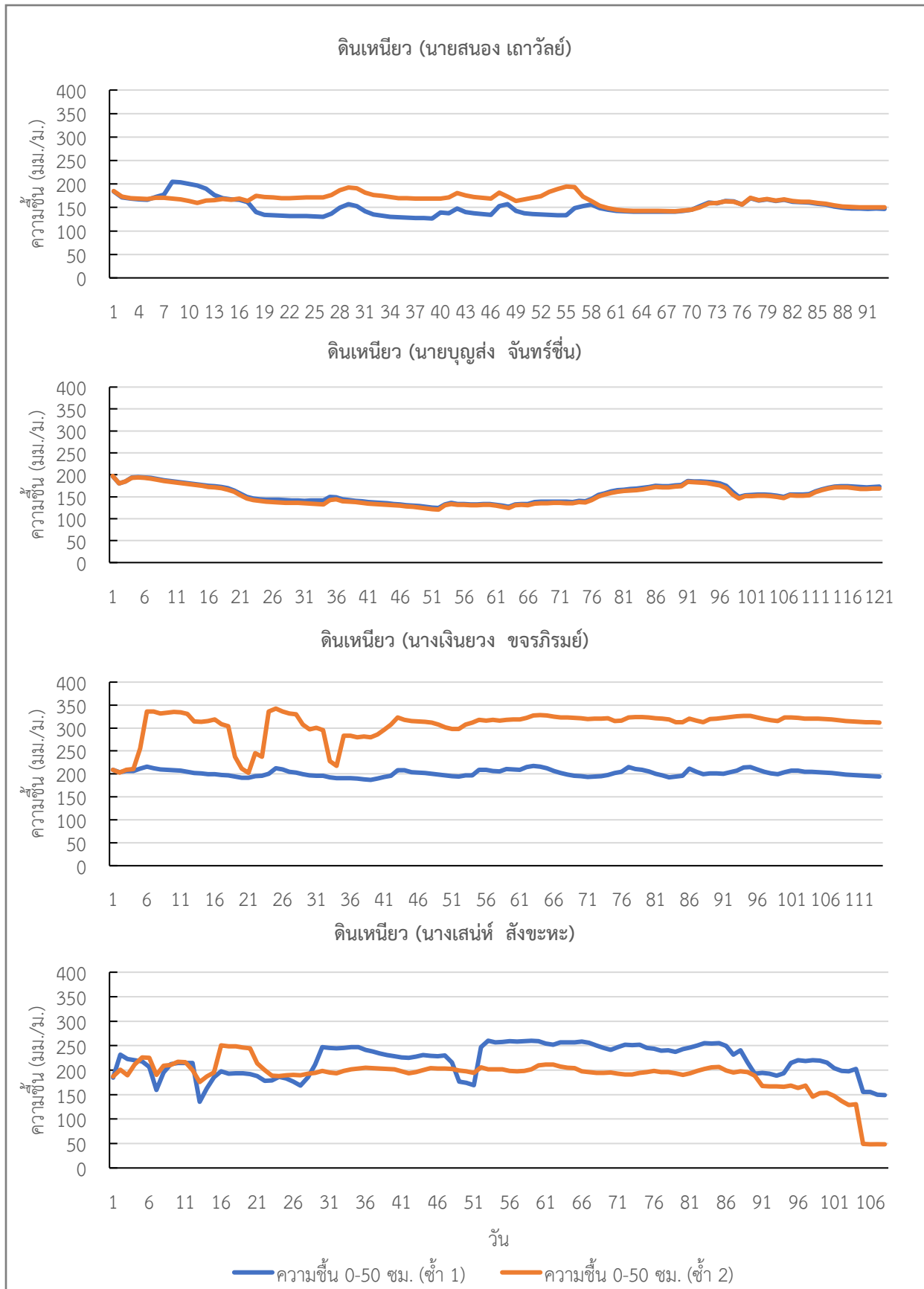
2.4 ทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง Cropwat เปรียบเทียบกับความขึ้นดินจากเครื่องมือในแปลงทดสอบ

จากการวัดค่าความขึ้นดินด้วยเครื่องมือแบบอัตโนมัติของ 3 กลุ่มเนื้อดิน ในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 12 แปลงทดสอบ นำมาแสดงเป็นกราฟลักษณะความขึ้นดินลดลงจากค่าความขึ้นดินเริ่มต้นหรือที่ระดับความจุสนาม (field capacity) พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความขึ้นดินจะลดลงไปต่อเนื่องจากระดับความขึ้นดินเริ่มต้นเนื่องจากพืชมีการใช้น้ำในดินเพื่อการเจริญเติบโต (crop water requirement) และความขึ้นดินลดลงจากการคายระเหยน้ำพืช (ETo) จนถึงเวลาที่กำหนดให้น้ำพืชหรือถ้าวันใดมีฝนตก ระดับความขึ้นดินจะสูงขึ้นมาอยู่ที่ระดับความจุสนามอีกครั้ง โดยกลุ่มดินเหนียว (ภาพที่ 23) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงความขึ้นดินเล็กน้อย เนื่องจากเป็นดินที่มีการซาบซึมน้ำต่ำ รองลงมาคือดินร่วนละเอียด (ภาพที่ 24) การเปลี่ยนแปลงความขึ้นดินลดลงปานกลาง ส่วนกลุ่มดินร่วนหยาบ (ภาพที่ 25) มีการเปลี่ยนแปลงความขึ้นดินลดลงมากเนื่องจากเป็นดินที่มีการซาบซึมน้ำเร็ว

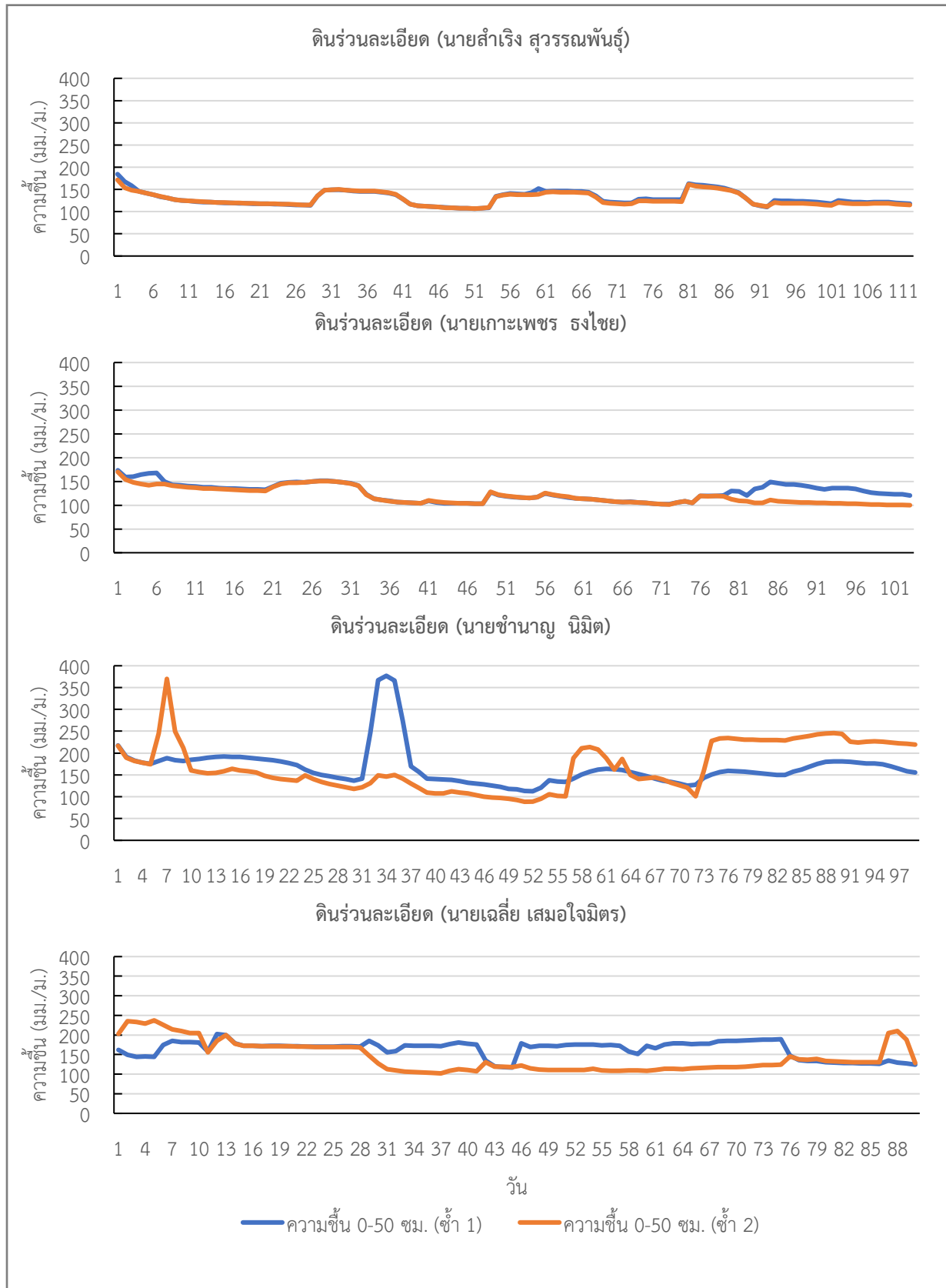
จากการทดสอบค่าความขึ้นที่ลดลงสะสม (deficit) เพื่อประเมินช่วงเวลาการให้น้ำที่ได้จากแบบจำลอง Cropwat กำหนดการให้น้ำพืชเมื่อความขึ้นลดลง 3 รูปแบบ คือ 1. การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 35% 2. การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 40% และ 3. การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 45% จากค่าความขึ้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น เปรียบเทียบกับค่าความขึ้นดินจากเครื่องมือแบบอัตโนมัติในแปลงทดสอบ แสดงค่าการยอมรับเป็นค่า Agreement Index : AI ถ้ามีค่าตั้งแต่ 0.75-1.00 หมายความว่า ผลการเปรียบเทียบเป็นที่ยอมรับได้ มีความสอดคล้องกันระหว่างการประเมินด้วยแบบจำลองกับแปลงทดสอบจริง (Albers and Wards, 1991)

$$\text{Agreement Index} = 1 - \frac{[\sum(\text{predicted value} - \text{observed value})^2]}{[\sum((\text{predicted value} - \bar{x} \text{ observed value}) + (\text{observed value} - \bar{x} \text{ observed value}))^2]}$$

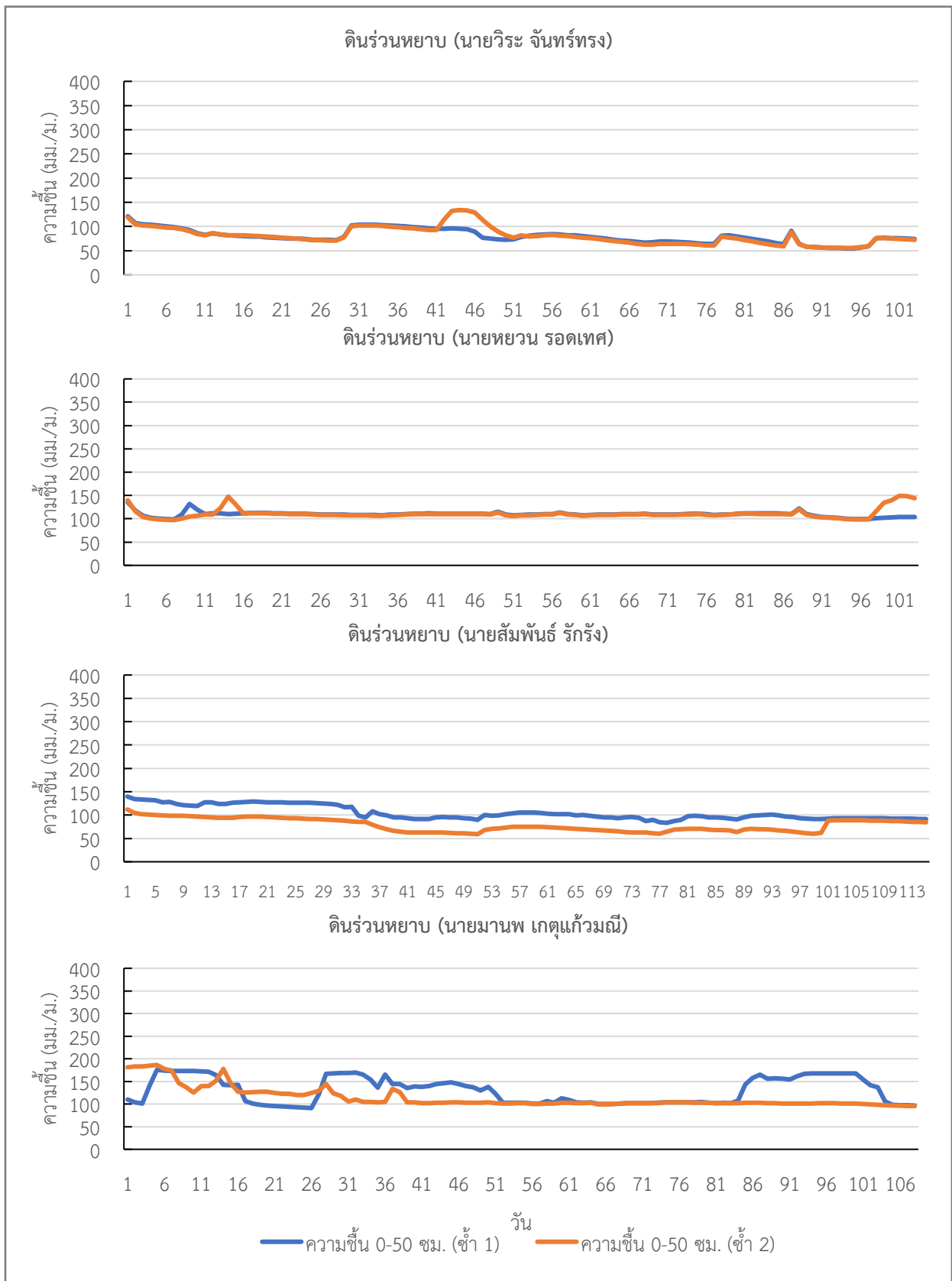
การประเมินความขึ้นที่ลดลงจากค่าความขึ้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้นผลการทดสอบความแม่นยำของการประเมินช่วงการให้น้ำพืชด้วยแบบจำลอง Cropwat เปรียบเทียบกับความขึ้นดินที่วัดจากเครื่องมือในแปลงทดสอบ มีค่า Agreement Index เท่ากับ 0.8 (ตารางที่ 13) ซึ่งแสดงถึงผลการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลความขึ้นแปลงทดสอบกับความขึ้นจากแบบจำลองมีค่า Agreement Index เป็นที่ยอมรับได้ และแสดงว่าแบบจำลองการให้น้ำพืช (Cropwat) มีความสามารถในการจำลองปริมาณน้ำและช่วงเวลาการให้น้ำได้ถูกต้องแม่นยำ



ภาพที่ 23 ความชื้นดินจากแปลงที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กลุ่มดินเหนียว



ภาพที่ 24 ความชื้นดินจากแปลงที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กลุ่มดินร่วนละเอียด



ภาพที่ 25 ความชื้นดินจากแปลงที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กลุ่มดินร่วนหยาบ

ตารางที่ 13 ข้อมูลความขึ้นลดลงสะสมจากการวัดด้วยเครื่องมือในแปลงเกษตรกรและแบบจำลองการให้น้ำ

รูปแบบให้น้ำ (critical depletion)	ความขึ้นจากเครื่องมือ	ความขึ้นจากโปรแกรม (Cropwat)
35%	27.98	21.90
	35.32	28.40
	37.19	36.10
	21.00	33.00
	24.43	41.40
	36.77	24.10
	20.03	30.80
40%	35.23	38.10
	40.00	35.70
	16.18	27.40
	36.79	39.10
	39.07	37.30
	18.91	24.30
	29.28	30.30
45%	10.00	11.70
	33.89	34.10
	45.00	41.65
	42.53	42.20
	45.00	41.90
	45.00	42.30
	53.23	48.50
	51.77	39.10
	43.41	55.90
	24.76	42.90
	37.50	41.00

3. ผลการทดสอบการประยุกต์ใช้แบบจำลองการให้น้ำพืชตามประเภทกลุ่มเนื้อดิน

การศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืชเพื่อประเมินการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา โดยทำการศึกษาในกลุ่มเนื้อดิน 3 ประเภท ได้แก่ 1) กลุ่มดินเหนียวหรือดินทรายแบ่งละเอียด 2) กลุ่มดินร่วนละเอียด และ 3) กลุ่มดินร่วนหยาบ ซึ่งพบเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาของพื้นที่ศึกษาทดลองในงานวิจัยนี้ และมีการกำหนดการให้น้ำ 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การให้น้ำตามวิธีของเกษตรกร 2) การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 35% 3) การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 40% และ 4) การให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 45% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น มีการเก็บข้อมูลผลผลิตแต่ละแปลงจำนวน 3 ซ้ำ (ตารางที่ 14) จากการทดสอบการให้น้ำทั้ง 4 รูปแบบในแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาของเกษตรกรและทดสอบสถิติด้วย ANOVA (ภาคผนวกที่ 4) พบว่า กลุ่มเนื้อดินและรูปแบบการให้น้ำให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ตารางที่ 14 ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

กลุ่มเนื้อดิน	รูปแบบการให้น้ำ	ให้น้ำ				
		(ครั้ง)	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
ดินเหนียว (f)	เกษตรกร	4	1,265	1,384	1,510	1,386 ^{ns}
	35%	6	1,099	1,005	1,034	1,046 ^{ns}
	40%	5	659	689	700	682 ^{ns}
	45%	6	778	653	452	628 ^{ns}
ดินร่วนละเอียด (fl)	เกษตรกร	5	664	767	789	740 ^{ns}
	35%	9	826	549	778	718 ^{ns}
	40%	8	1,168	826	830	941 ^{ns}
	45%	6	1,000	896	1,126	1,007 ^{ns}
ดินร่วนหยาบ (col)	เกษตรกร	5	941	854	804	866 ^{ns}
	35%	9	886	821	744	817 ^{ns}
	40%	8	1,643	1,404	1,460	1,502 ^{ns}
	45%	6	1,305	1,445	1,290	1,347 ^{ns}

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* ผลผลิตที่ความชื้น 15%

เมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (ตารางที่ 15) โดยพิจารณาจากผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาของแปลงทดสอบในกลุ่มเนื้อดิน 3 ประเภท การให้น้ำ 4 รูปแบบ คำนวณจากราคาขายเฉลี่ยของเกษตรกรในแปลงทดสอบ ณ ปี พ.ศ. 2565 ได้เป็นรายรับมีหน่วยเป็น บาทต่อไร่ นำไปหักลบกับต้นทุนการผลิตเฉลี่ยของเกษตรกร เช่น ค่าไถพรวน ค่าปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช ค่าแรงงาน เป็นต้น ซึ่งไม่รวมกับต้นทุนการให้น้ำ และนำมาหักลบกับต้นทุนการให้น้ำตามจำนวนครั้งของรูปแบบการให้น้ำในแปลงทดสอบ พบว่า กลุ่มดินร่วนหยาบให้น้ำ 8 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีกำไรสุทธิสูงสุด 7,526 บาทต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ กลุ่มดินเหนียวให้น้ำ 4 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีกำไรสุทธิ 6,956 บาทต่อไร่ และกลุ่มดินร่วนละเอียด คือ ให้น้ำ 6 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีกำไรสุทธิ 3,893 บาทต่อไร่

อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการให้น้ำในพื้นที่ศึกษาวิจัย โดยใช้ข้อมูลสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ซึ่งมีข้อมูลด้านเศรษฐกิจของการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา มีรายละเอียด ตามภาคผนวกที่ 5 มีต้นทุนการให้น้ำเฉลี่ย 361.69 บาทต่อรอบการผลิต หรือ 79.49 บาทต่อครั้ง จึงทำให้ต้นทุนในการให้น้ำในแต่ละรอบไม่สูงมากนัก การเพิ่มจำนวนครั้งของการให้น้ำต่อรอบการผลิตจึงไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาเพิ่มมากขึ้น แต่จากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ศึกษา ต้นทุนในการให้น้ำของเกษตรกรแต่ละรายมีความแตกต่างกันพอสมควร อยู่ในช่วง 41.67-1,111 บาทต่อไร่ต่อฤดูกาล ดังนั้น การเพิ่มการให้น้ำจึงควรคำนึงถึงต้นทุนของเกษตรกรแต่ละรายเป็นสำคัญอีกด้วย เพราะเกษตรกรบางรายมีพื้นที่แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาอยู่ไกลแหล่งน้ำทำให้ต้นทุนในการสูบน้ำอาจจะเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 15 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

กลุ่มเนื้อดิน	รูปแบบการให้น้ำ	ให้น้ำ	ผลผลิต	ราคาขาย*	รายรับ	ต้นทุนอื่นๆ*	ต้นทุนการให้น้ำ*	ต้นทุนรวม	กำไรสุทธิ
		(ครั้ง)	(กก./ไร่)	(บาท/กก.)	(บาท/ไร่)	(บาท/ไร่)	(บาท/ไร่)	(บาท/ไร่)	(บาท/ไร่)
ดินเหนียว (f)	เกษตรกร	4	1,386	7.66	10,616.76	3,343.29	317.97	3,661.26	6,956
	35%	6	1,046	7.66	8,012.36	3,343.29	476.95	3,820.24	4,192
	40%	5	682	7.66	5,224.12	3,343.29	397.46	3,740.75	1,483
	45%	6	628	7.66	4,810.48	3,343.29	476.95	3,820.24	990
ดินร่วนละเอียด (fl)	เกษตรกร	5	740	7.66	5,668.40	3,343.29	397.46	3,740.75	1,928
	35%	9	718	7.66	5,499.88	3,343.29	715.43	4,058.72	1,441
	40%	8	941	7.66	7,208.06	3,343.29	635.94	3,979.23	3,229
	45%	6	1,007	7.66	7,713.62	3,343.29	476.95	3,820.24	3,893
ดินร่วนหยาบ (col)	เกษตรกร	5	866	7.66	6,633.56	3,343.29	397.46	3,740.75	2,893
	35%	10	817	7.66	6,258.22	3,343.29	794.92	4,138.21	2,120
	40%	8	1,502	7.66	11,505.32	3,343.29	635.94	3,979.23	7,526
	45%	6	1,347	7.66	10,318.02	3,343.29	476.95	3,820.24	6,498

หมายเหตุ * ข้อมูลค่าเฉลี่ยจากเกษตรกรในพื้นที่แปลงทดลอง

- การให้น้ำต่อการอบการผลิต 361.69 บาท
- ต้นทุนการให้น้ำต่อครั้ง 79.49 บาท
- ต้นทุนการผลิตอื่นๆ ไม่รวมการให้น้ำ 3,343.29 บาท

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเพื่อประเมินการช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา การวิเคราะห์สภาพสมมูลน้ำจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศย้อนหลังเฉลี่ย 10 ปี (พ.ศ. 2554-2563) ในพื้นที่ศึกษาทดลอง พบว่า ช่วงเวลาการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา ควรปลูกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมและทันเวลาเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อนฤดูทำนาในรอบถัดไป และไม่ควรปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังเดือนธันวาคมเพราะจะทำให้ระยะออกดอกตรงกับช่วงอุณหภูมิสูง อาจทำให้ข้อดอกและไหมแห้ง ผสมไม่ติด ส่งผลให้เมล็ดไม่เต็มฝัก

การศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองการปลูกพืชเพื่อประเมินการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับพืชหลังนา ทำการศึกษาในกลุ่มเนื้อดิน 3 ประเภท ได้แก่ 1) กลุ่มดินเหนียว 2) กลุ่มดินร่วนละเอียด และ 3) กลุ่มดินร่วนหยาบ โดยกำหนดการให้น้ำ 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การให้น้ำตามวิธีของเกษตรกร (ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 50%) 2) ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 35% 3) ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 40% และ 4) ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 45% จากค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น ผลการศึกษา พบว่า ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกลุ่มเนื้อดิน 3 ประเภท และการให้น้ำทั้ง 4 รูปแบบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ดังนั้น การให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาจำนวนน้อยครั้งที่สุด คือ จำนวน 4 ครั้งต่อฤดูกาลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาจะทำให้ลดต้นทุนในการให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาได้ และเมื่อพิจารณาแนวโน้มของผลผลิตตามกลุ่มเนื้อดิน พบว่า กลุ่มดินเหนียว โดยวิธีการให้น้ำของเกษตรกร คือ ให้น้ำ 4 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต (ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 50%) มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุด (1,386 กิโลกรัมต่อไร่) กลุ่มดินร่วนละเอียด ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 45% คือ ให้น้ำ 6 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุด (1,007 กิโลกรัมต่อไร่) และกลุ่มดินร่วนหยาบ ให้น้ำเมื่อค่าวิกฤตของน้ำที่พร่องไป 40% คือ ให้น้ำ 8 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุด (1,502 กิโลกรัมต่อไร่) เมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ พบว่า กลุ่มดินร่วนหยาบให้น้ำ 8 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีกำไรสุทธิสูงสุด 7,526 บาทต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ กลุ่มดินเหนียวให้น้ำ 4 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีกำไรสุทธิ 6,956 บาทต่อไร่ และกลุ่มดินร่วนละเอียด คือ ให้น้ำ 6 ครั้งต่อฤดูกาลผลิต มีกำไรสุทธิ 3,893 บาทต่อไร่

อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการให้น้ำในพื้นที่ศึกษาวิจัยมีต้นทุนการให้น้ำเฉลี่ย 361.69 บาทต่อรอบการผลิต หรือ 79.49 บาทต่อครั้ง จึงทำให้ต้นทุนในการให้น้ำในแต่ละรอบไม่สูงมากนัก การเพิ่มจำนวนครั้งของการให้น้ำต่อรอบการผลิตจึงไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาเพิ่มมากขึ้น แต่จากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ศึกษาด้านต้นทุนในการให้น้ำของเกษตรกรแต่ละรายมีความแตกต่างกันพอสมควร อยู่ในช่วง 41.67-1,111 บาทต่อไร่ต่อฤดูกาล ดังนั้น การเพิ่มการให้น้ำจึงควรคำนึงถึงต้นทุนของเกษตรกรแต่ละรายเป็นสำคัญอีกด้วย เพราะเกษตรกรบางรายมีพื้นที่แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาอยู่ไกลแหล่งน้ำทำให้ต้นทุนในการสูบน้ำอาจจะเพิ่มสูงขึ้น

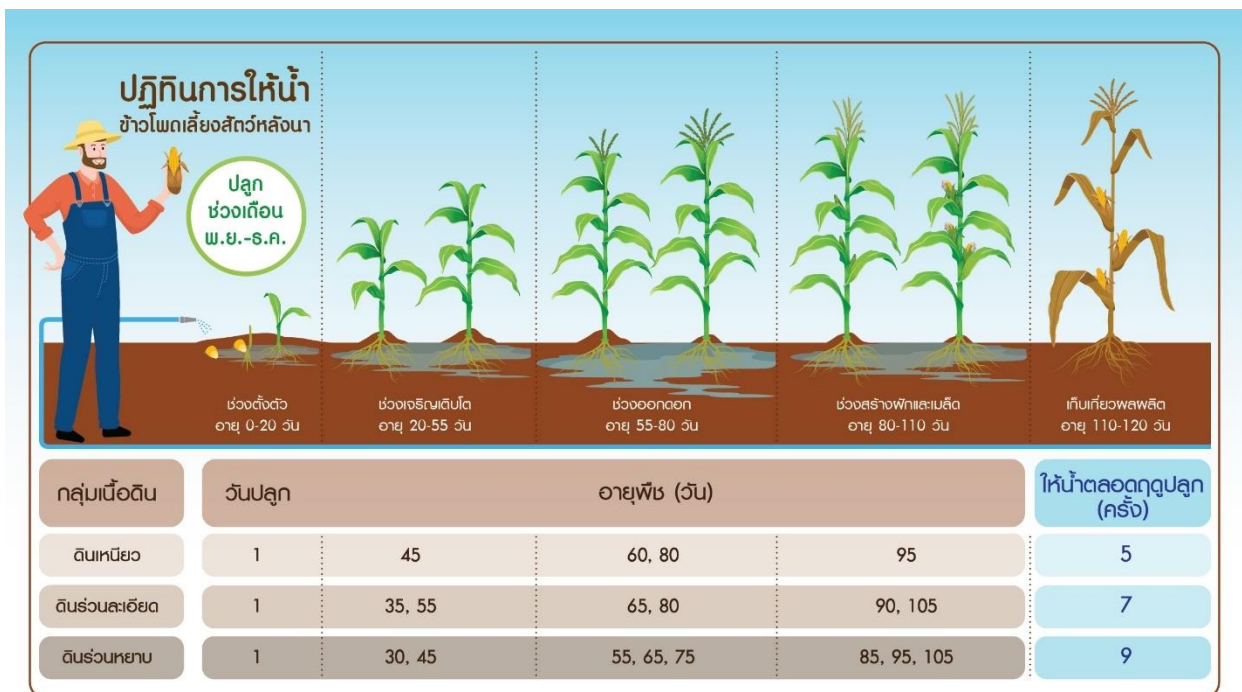
เนื่องจากสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก ในการประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลองมาใช้ควรปรับข้อมูลสภาพอากาศโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศที่อยู่ใกล้กับสถานที่ปลูกพืชหรือติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศในแปลงปลูกพืช และปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ ซึ่งถ้าใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศย้อนหลังมาคำนวณอาจทำให้ผลที่ได้ไม่ตรงตามสภาพพื้นที่ในปัจจุบัน

ประโยชน์ที่ได้รับ

การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังฤดูทำนามีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ทั้งในด้านปริมาณผลผลิตและเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการผลิตพืชช่วงฤดูแล้งแบบช่วยประหยัดน้ำ และเพิ่มรายได้

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

เผยแพร่ช่วงวันปลูกและการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในดินแต่ละเนื้อดินให้แก่เกษตรกร เพื่อวางแผนการปลูกพืชหลังฤดูทำนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการนำเสนอปฏิทินการให้น้ำสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาแก่เกษตรกรในพื้นที่



เอกสารอ้างอิง

- กรมการปกครอง. 2556. **ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ขอบเขตการปกครองตำบล อำเภอ จังหวัดในประเทศไทย**. กระทรวงมหาดไทย.
- กรมวิชาการเกษตร. 2562. **การจัดการความรู้ เทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาในเขตพื้นที่ภาคกลาง**. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 68 หน้า.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2553. **ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**. กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งที่มา <http://agrimedia.agritech.doae.go.th/book/bookrice/RB%20037.pdf>, สืบค้นเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2564.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. **การปลูกพืชหลังนา**. เอกสารคำแนะนำที่ 4/2560. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 36 หน้า
- กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563 **สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 10 ปี** (ค.ศ. 1997-2006).
- กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. 2563. **แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดนครสวรรค์**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.
- กลุ่มวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน. 2563. **แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดพิษณุโลก**. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.
- กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน, 2563. **แผนที่ชุดดิน มาตราส่วน 1:25,000 (เชิงเลข)**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- เฉลียว แจ่มไพร. 2533. **การพัฒนาการสำรวจจำแนกดินและการใช้ข้อมูลดินในประเทศไทย**. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 133. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 21 หน้า.
- ดิเรก ทองอร่าม วิทยา ตั้งก่อสกุล นาวี จิระชีวี และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. **การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก๊พพืช ฉบับปรับปรุงใหม่**. จัดพิมพ์โดยวารสารเคหการเกษตร กรุงเทพมหานคร. 470 หน้า.
- ธีระพล ตั้งสมบูรณ์. 2549. **การใช้น้ำของพืช**. แหล่งที่มา : <http://kmcenter.rid.go.th/kmc10/data/article/2554/005.pdf>, 15 กันยายน 2563.
- บัณฑิต ต้นศิริ และคำธณ ไทรฟัก. 2542. **คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดิน (QUALITATIVE LAND EVALUATION) สำหรับพืชเศรษฐกิจ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- บุญลือ คะเชนทร์ชาติ และคณะ. 2565. รายงานการวิจัยและนวัตกรรมฉบับสมบูรณ์เรื่อง “การศึกษาค่าการคายระเหยน้ำและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย ภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้วยวิธี Bowen ratio และ Lysimeter”. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

- ผริดา คุณิพงษ์ เสรี จิณจินันต์ และผุสดี เหี่ยวงษ์. 2538. การศึกษาปริมาณความชื้นในดินเพื่อปลูกพืชไร่ และไม้ผลบางชนิด โดยใช้ซอฟต์แวร์ CROPWAT ที่อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี. กลุ่มวิจัยและประเมินกำลังผลิตของดิน กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 24 หน้า.
- มัตติกา พนมธนิกุล. 2548. การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน. สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ ศาสตร์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 442 หน้า.
- วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. หลักการชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม. 274 น.
- ศุภชาติ วรรณวงษ์. 2545. ความผันแปรของความชื้นในดินจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบต่าง ๆ ที่ลุ่มน้ำภูเวียง จังหวัดขอนแก่น ใน รายงานประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2545. ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. หน้า 280-287.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. สนพ.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 น.
- สมศรี บุญเรือง และ อำนาง จันทรศรท. (2551). ข้าวโพด (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน): คู่มือ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. หน้า 2-11.
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 2562. พจนานุกรมศัพท์ปฐพีศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา. กรุงเทพฯ : สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 452 หน้า.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 184 หน้า.
- สุเพชร จิระขรกุล. 2548. คู่มือประกอบการฝึกอบรมเรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม ArcGIS:ArcVice 9.0. ศูนย์วิจัยระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. 253 หน้า.
- สุภัทร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2555. การประมาณความต้องการน้ำของไม้ยืนต้นเศรษฐกิจเพื่อการให้น้ำที่เหมาะสม ในแก่นเกษตร 40. หน้า 279 – 290.
- อภิชาติ อนุกุลอำไพ, วิบูลย์ บุญยธโรกุล, วราวุธ วุฒิวิชัย, โกวิท ท้วมเสี่ยม และ มนตรี คำชู. 2524. คู่มือการชลประทานระดับไร่นา. สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, กรุงเทพฯ. 354 น.
- เอกสิทธิ์ ใสสีสกุลชัย. 2552. การใช้น้ำของพืชฤดูแล้งและประยุกต์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 286 หน้า
- Albers, D.W. and J.N. Wards. 1991. Simulation growth and yield of five cotton varieties using GOSSYM-CCMAX. Agronomy Abstracts. P13.

- Allen, R. G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. **Crop Evapotranspiration** : Guidelines for Computing Crop Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.300 pp.
- Doorenbos, J. and Kassam, A.H. (1979) **Yield response to water**. FAO Irrigation and Drainage, Paper 33, Rome, 193 p.
- Gee, G.W. and Bauder, J.W. (1986) **Particle-Size Analysis**. In: Klute, A., Ed., Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods, Agronomy Monograph No. 9, 2nd Edition, American Society of Agronomy/Soil Science Society of America, Madison, WI, 383-411.
- K.E. Saxton, W.J. Rawls, J.S. Romberger, and R.I. Papendick. 1986. **Estimating Generalized Soil water Characteristics from Texture**. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50 (4) : pp. 1031-1036.
- Song, L., Jin, J., & He, J. (2019). **Effects of severe water stress on maize growth processes in the field**. *Sustainability*, 11(18), 5086.
- Song, Y., Birch, C., Qu, S., Doherty, A., & Hanan, J. (2010). **Analysis and modelling of the effects of water stress on maize growth and yield in dryland conditions**. *Plant Production Science*, 13(2), 199-208.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ตารางแปลผลค่าวิเคราะห์ดิน

ระดับชั้นของสภาพการนำน้ำ (conductivity class)	สภาพการนำน้ำ (hydraulic conductivity, Ksat) (cm/hr)	class*
ช้ามาก (very slow)	< 0.125	VS
ช้า (slow)	0.125-0.5	S
ช้าปานกลาง (moderately slow)	0.5 -2.0	MS
ปานกลาง (moderate)	2.0-6.25	M
เร็วปานกลาง (moderately rapid)	6.25 -12.5	MR
เร็ว (rapid)	12.5 -25.0	R
เร็วมาก (very rapid)	> 25.0	VR

ที่มา : O'Neal (1952)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ตารางความต้องการน้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

กลุ่มดินเหนียว (f)

35% of Critical depletion

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dec	1	Init	0.3	1.04	10.4	5	5.4
Dec	2	Init	0.3	1.02	10.2	2.1	8.1
Dec	3	Deve	0.45	1.55	17	3	14
Jan	1	Deve	0.72	2.47	24.7	4.2	20.5
Jan	2	Deve	0.98	3.35	33.5	4.6	28.8
Jan	3	Mid	1.19	4.37	48.1	5.7	42.4
Feb	1	Mid	1.2	4.76	47.6	6.9	40.7
Feb	2	Mid	1.2	5.09	50.9	7.9	43
Feb	3	Mid	1.2	5.37	42.9	9	33.9
Mar	1	Late	1.16	5.44	54.4	9.8	44.6
Mar	2	Late	0.9	4.45	44.5	10.8	33.7
Mar	3	Late	0.61	3.14	34.5	13.2	21.3
Apr	1	Late	0.39	2.16	8.6	5.8	1.4
Total					427.5	88.3	337.7

40% of Critical depletion

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dec	1	Init	0.3	1.04	3.1	1.5	3.1
Dec	2	Init	0.3	1.02	10.2	2.1	8.1
Dec	3	Deve	0.32	1.1	12.1	3	9.1
Jan	1	Deve	0.54	1.86	18.6	4.2	14.3
Jan	2	Deve	0.8	2.73	27.3	4.6	22.7
Jan	3	Deve	1.07	3.95	43.5	5.7	37.7
Feb	1	Mid	1.2	4.76	47.6	6.9	40.7
Feb	2	Mid	1.2	5.09	50.9	7.9	43
Feb	3	Mid	1.2	5.37	42.9	9	33.9
Mar	1	Mid	1.2	5.64	56.4	9.8	46.6
Mar	2	Late	1.1	5.41	54.1	10.8	43.3
Mar	3	Late	0.8	4.17	45.8	13.2	32.6
Apr	1	Late	0.51	2.79	27.9	14.5	13.4
Apr	2	Late	0.35	2.03	2	1.6	2
Total					442.6	95.1	350.6

45% of Critical depletion

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dec	1	Init	0.3	0.96	2.9	1.5	2.9
Dec	2	Init	0.3	0.93	9.3	3.3	6
Dec	3	Deve	0.32	1	11.1	3.5	7.5
Jan	1	Deve	0.54	1.66	16.6	3.9	12.7
Jan	2	Deve	0.8	2.44	24.4	3.9	20.4
Jan	3	Deve	1.07	3.64	40.1	4.4	35.6
Feb	1	Mid	1.2	4.55	45.5	4.7	40.8
Feb	2	Mid	1.2	4.94	49.4	4.9	44.4
Feb	3	Mid	1.2	5.2	41.6	6.9	34.8
Mar	1	Mid	1.2	5.47	54.7	8.7	46
Mar	2	Late	1.1	5.24	52.4	10.3	42.1

45% of Critical depletion (ต่อ)

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	3	Late	0.8	3.98	43.7	13.2	30.5
Apr	1	Late	0.51	2.59	25.9	15	11
Apr	2	Late	0.35	1.86	1.9	1.7	1.9
Total					419.4	86	336.6

กลุ่มดินร่วนละเอียด (fl)

35% of Critical depletion

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dec	1	Init	0.3	1.04	4.2	2	1.7
Dec	2	Init	0.3	1.02	10.2	2.1	8.1
Dec	3	Deve	0.34	1.14	12.6	3	9.5
Jan	1	Deve	0.57	1.94	19.4	4.2	15.2
Jan	2	Deve	0.83	2.82	28.2	4.6	23.6
Jan	3	Mid	1.1	4.04	44.4	5.7	38.7
Feb	1	Mid	1.2	4.76	47.6	6.9	40.7
Feb	2	Mid	1.2	5.09	50.9	7.9	43
Feb	3	Mid	1.2	5.37	42.9	9	33.9
Mar	1	Mid	1.2	5.64	56.4	9.8	46.6
Mar	2	Late	1.07	5.29	52.9	10.8	42.1
Mar	3	Late	0.78	4.02	44.2	13.2	31
Apr	1	Late	0.48	2.63	26.3	14.5	11.8
Total					440.3	94	345.8

40% of Critical depletion

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dec	1	Init	0.3	1.04	5.2	2.5	2.7
Dec	2	Init	0.3	1.02	10.2	2.1	8.1
Dec	3	Deve	0.35	1.19	13.1	3	10.1
Jan	1	Deve	0.6	2.03	20.3	4.2	16.1
Jan	2	Deve	0.85	2.91	29.1	4.6	24.4
Jan	3	Mid	1.12	4.12	45.3	5.7	39.5
Feb	1	Mid	1.2	4.76	47.6	6.9	40.7
Feb	2	Mid	1.2	5.09	50.9	7.9	43
Feb	3	Mid	1.2	5.37	42.9	9	33.9
Mar	1	Mid	1.2	5.64	56.4	9.8	46.6
Mar	2	Late	1.05	5.15	51.5	10.8	40.7
Mar	3	Late	0.75	3.87	42.6	13.2	29.4
Apr	1	Late	0.46	2.55	23	13.1	8.5
Total					438.1	93	343.6

45% of Critical depletion

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	2	Init	0.3	1.01	4	2.1	1.4
Nov	3	Init	0.3	0.98	9.8	4.9	5
Dec	1	Deve	0.33	1.04	10.4	5.1	5.3
Dec	2	Deve	0.54	1.68	16.8	3.3	13.5
Dec	3	Deve	0.81	2.52	27.7	3.5	24.2
Jan	1	Deve	1.08	3.3	33	3.9	29.1
Jan	2	Mid	1.2	3.64	36.4	3.9	32.4
Jan	3	Mid	1.2	4.06	44.7	4.4	40.2
Feb	1	Mid	1.2	4.53	45.3	4.7	40.6
Feb	2	Late	1.19	4.91	49.1	4.9	44.1
Feb	3	Late	1.04	4.51	36.1	6.9	29.2
Mar	1	Late	0.79	3.58	35.8	8.7	27.1
Mar	2	Late	0.51	2.41	24.1	10.3	13.8
Mar	3	Late	0.35	1.73	1.7	1.2	1.7
Total					374.9	67.8	307.7

ดินร่วนหยาบ (col)

35% of Critical depletion

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dec	2	Init	0.3	1.02	1	0.2	1
Dec	3	Init	0.3	1.02	11.2	3	8.2
Jan	1	Deve	0.31	1.05	10.5	4.2	6.3
Jan	2	Deve	0.49	1.68	16.8	4.6	12.2
Jan	3	Deve	0.76	2.81	30.9	5.7	25.2
Feb	1	Deve	1.03	4.09	40.9	6.9	34
Feb	2	Mid	1.2	5.08	50.8	7.9	42.8
Feb	3	Mid	1.2	5.36	42.9	9	33.9
Mar	1	Mid	1.2	5.64	56.4	9.8	46.5
Mar	2	Mid	1.2	5.91	59.1	10.8	48.3
Mar	3	Late	1.13	5.85	64.3	13.2	51.1
Apr	1	Late	0.85	4.66	46.6	14.5	32.1
Apr	2	Late	0.56	3.26	32.6	16.2	16.5
Apr	3	Late	0.38	2.14	6.4	7.1	0
Total					470.6	113.3	358.2

40% of Critical depletion

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Dec	1	Init	0.3	0.96	5.7	3	3.2
Dec	2	Init	0.3	0.93	9.3	3.3	6
Dec	3	Deve	0.37	1.14	12.5	3.5	8.9
Jan	1	Deve	0.62	1.9	19	3.9	15.1
Jan	2	Deve	0.88	2.67	26.7	3.9	22.8
Jan	3	Mid	1.13	3.86	42.4	4.4	38
Feb	1	Mid	1.2	4.55	45.5	4.7	40.8
Feb	2	Mid	1.2	4.94	49.4	4.9	44.4
Feb	3	Mid	1.2	5.2	41.6	6.9	34.7

40% of Critical depletion (ต่อ)

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Late	1.2	5.45	54.5	8.7	45.8
Mar	2	Late	1.02	4.85	48.5	10.3	38.2
Mar	3	Late	0.72	3.55	39.1	13.2	25.9
Apr	1	Late	0.45	2.3	18.4	12	3.4
Total					412.5	82.8	327.2

45% of Critical depletion

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	2	Init	0.3	1.01	2	1.1	2
Nov	3	Init	0.3	0.98	9.8	4.9	5
Dec	1	Deve	0.31	0.98	9.8	5.1	4.7
Dec	2	Deve	0.49	1.52	15.2	3.3	11.9
Dec	3	Deve	0.76	2.36	26	3.5	22.5
Jan	1	Deve	1.03	3.15	31.5	3.9	27.5
Jan	2	Mid	1.19	3.63	36.3	3.9	32.4
Jan	3	Mid	1.2	4.06	44.7	4.4	40.3
Feb	1	Mid	1.2	4.53	45.3	4.7	40.7
Feb	2	Mid	1.2	4.92	49.2	4.9	44.2
Feb	3	Late	1.1	4.75	38	6.9	31.2
Mar	1	Late	0.84	3.84	38.4	8.7	29.7
Mar	2	Late	0.56	2.68	26.8	10.3	16.5
Mar	3	Late	0.38	1.87	5.6	3.6	0
Total					378.7	69.2	308.6

ตารางภาคผนวกที่ 3 ตารางประเมินการให้น้ำข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาตามกลุ่มเนื้อดิน จำนวน 3 รูปแบบการให้น้ำ

กลุ่มดินเหนียว (f)

Date	Day	Stage	Rain mm	Ks fract.	Eta %	Depl %	Net Irr mm	Deficit mm	Loss mm	Gr. Irr mm	Flow l/s/ha
1) 35% of Critical depletion											
4-Jan	35	Dev	0	1	100	20	35.6	0	0	50.9	0.17
21-Jan	52	Dev	0	1	100	20	45.7	0	0	65.4	0.44
2-Feb	64	Mid	0	1	100	19	47.3	0	0	67.6	0.65
14-Feb	76	Mid	0	1	100	21	50.7	0	0	72.5	0.7
25-Feb	87	Mid	0	1	100	20	48.5	0	0	69.3	0.73
9-Mar	99	End	0	1	100	21	50	0	0	71.4	0.69
4-Apr	End	End	0	1	0	24					
2) 40% of Critical depletion											
16-Jan	40	Dev	0	1	100	23	48.6	0	0	69.5	0.2
3-Feb	58	Mid	3.6	1	100	22	59.2	0	0	84.5	0.54
18-Feb	73	Mid	0	1	100	23	62.2	0	0	88.9	0.69
4-Mar	87	Mid	0	1	100	23	61	0	0	87.2	0.72
19-Mar	102	End	0	1	100	25	66.1	0	0	94.4	0.73
11-Apr	End	End	0	1	0	19					
3) 45% of Critical depletion											
16-Jan	40	Dev	0	1	100	26	41.5	0	0	59.4	0.17
1-Feb	56	Mid	0	1	100	25	49.8	0	0	71.2	0.51
14-Feb	69	Mid	0	1	100	27	53.4	0	0	76.3	0.68
25-Feb	80	Mid	0	1	100	25	49.6	0	0	70.8	0.74
9-Mar	92	Mid	0	1	100	26	52.2	0	0	74.6	0.72
25-Mar	108	End	0	1	100	30	59.9	0	0	85.6	0.62
11-Apr	End	End	0	1	0	15					

กลุ่มดินร่วนละเอียด (fl)

Date	Day	Stage	Rain mm	Ks fract.	Eta %	Depl %	Net Irr mm	Deficit mm	Loss mm	Gr. Irr mm	Flow l/s/ha
1) 35% of Critical depletion											
1-Jan	26	Dev	0	1	100	20	23.8	0	0	34	0.15
18-Jan	43	Dev	0	1	100	19	31.2	0	0	44.6	0.3
30-Jan	55	Dev	0	1	100	21	40.1	0	0	57.3	0.55
9-Feb	65	Mid	0	1	100	21	39.7	0	0	56.7	0.66
18-Feb	74	Mid	0	1	100	20	37.2	0	0	53.2	0.68
26-Feb	82	Mid	0	1	100	20	37.6	0	0	53.8	0.78
6-Mar	90	Mid	0	1	100	21	39.4	0	0	56.3	0.81
15-Mar	99	End	0	1	100	23	43.3	0	0	61.9	0.8
31-Mar	115	End	0	1	100	27	51.2	0	0	73.1	0.53
10-Apr	End	End	0	1	0	6					
2) 40% of Critical depletion											
2-Jan	28	Dev	0	1	100	22	26.5	0	0	37.8	0.16
19-Jan	45	Dev	0	1	100	23	35.5	0	0	50.7	0.35
31-Jan	57	Mid	0	1	100	23	42.3	0	0	60.4	0.58
10-Feb	67	Mid	0	1	100	22	40.4	0	0	57.8	0.67
20-Feb	77	Mid	0	1	100	24	42.7	0	0	60.9	0.71
2-Mar	87	Mid	0	1	100	25	44.7	0	0	63.9	0.74
10-Mar	95	Mid	0	1	100	22	40	0	0	57.1	0.83
22-Mar	107	End	0	1	100	27	47.9	0	0	68.4	0.66
9-Apr	End	End	0	1	0	18					

กลุ่มดินร่วนละเอียด (fI) (ต่อ)

Date	Day	Stage	Rain mm	Ks fract.	Eta %	Depl %	Net Irr mm	Deficit mm	Loss mm	Gr. Irr mm	Flow l/s/ha
3) 45% of Critical depletion											
24-Dec	38	Dev	0	1	100	26	36.6	0	0	52.3	0.16
10-Jan	55	Dev	0	1	100	25	44.9	0	0	64.1	0.44
24-Jan	69	Mid	0	1	100	26	46.3	0	0	66.2	0.55
5-Feb	81	Mid	0	1	100	26	46.4	0	0	66.3	0.64
16-Feb	92	Mid	0	1	100	26	47.2	0	0	67.4	0.71
1-Mar	105	End	0	1	100	29	52.1	0	0	74.5	0.66
21-Mar	End	End	0	1	0	21					

ดินร่วนหยาบ (coI)

Date	Day	Stage	Rain mm	Ks fract.	Eta %	Depl %	Net Irr mm	Deficit mm	Loss mm	Gr. Irr mm	Flow l/s/ha
1) 35% of Critical depletion											
19-Jan	31	Dev	0	1	100	20	25.8	0	0	36.8	0.14
2-Feb	45	Dev	0	1	100	21	34.9	0	0	49.8	0.41
12-Feb	55	Dev	0	1	100	21	39.3	0	0	56.2	0.65
21-Feb	64	Mid	0	1	100	22	41.9	0	0	59.8	0.77
2-Mar	73	Mid	0	1	100	21	39.3	0	0	56.2	0.72
10-Mar	81	Mid	0	1	100	21	39.9	0	0	57.1	0.83
19-Mar	90	Mid	0	1	100	22	41.9	0	0	59.8	0.77
29-Mar	100	End	0	1	100	23	44.3	0	0	63.3	0.73
12-Apr	114	End	0	1	100	26	49.7	0	0	71	0.59
23-Apr	End	End	0	1	0	4					

ดินร่วนหยาบ (col) (ต่อ)

Date	Day	Stage	Rain mm	Ks fract.	Eta %	Depl %	Net Irr mm	Deficit mm	Loss mm	Gr. Irr mm	Flow l/s/ha
2) 40% of Critical depletion											
5-Jan	32	Dev	0	1	100	23	26.2	0	0	37.4	0.14
21-Jan	48	Dev	0	1	100	23	34.2	0	0	48.8	0.35
1-Feb	59	Mid	0	1	100	24	38.6	0	0	55.1	0.58
10-Feb	68	Mid	0	1	100	23	36.2	0	0	51.7	0.66
19-Feb	77	Mid	0	1	100	25	39.4	0	0	56.2	0.72
28-Feb	86	Mid	0	1	100	25	39.4	0	0	56.3	0.72
9-Mar	95	Mid	0	1	100	25	40	0	0	57.2	0.74
20-Mar	106	End	0	1	100	27	43.2	0	0	61.7	0.65
8-Apr	End	End	0	1	0	16					
3) 45% of Critical depletion											
Date	Day	Stage	Rain mm	Ks fract.	Eta %	Depl %	Net Irr mm	Deficit mm	Loss mm	Gr. Irr mm	Flow l/s/ha
26-Dec	38	Dev	0	1	100	26	36.5	0	0	52.2	0.16
12-Jan	55	Dev	0	1	100	26	46.5	0	0	66.5	0.45
25-Jan	68	Mid	0	1	100	25	45.1	0	0	64.4	0.57
6-Feb	80	Mid	0	1	100	26	46.9	0	0	67	0.65
16-Feb	90	Mid	0	1	100	25	45.1	0	0	64.5	0.75
28-Feb	102	End	0	1	100	28	50.6	0	0	72.3	0.7
23-Mar	End	End	0	1	0	23					

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของรูปแบบการให้น้ำกับเนื้อดินต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
หลังนา

แหล่งของความแปรปรวน	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Sig.
กลุ่มเนื้อดิน	2	501142.39	250571.19	2.99	0.065 ^{ns}
รูปแบบการให้น้ำ	3	166803.33	55601.11	0.66	0.581 ^{ns}
รวม	5	667945.72			

ความน่าเชื่อถือ = ร้อยละ 7.80

หมายเหตุ ns กลุ่มเนื้อดินและรูปแบบการให้น้ำให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ความเชื่อมั่นร้อยละ 95) ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 13

ตารางภาคผนวกที่ 5 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจของการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

รายการ	เฉลี่ย	ร้อยละ
เขตพื้นที่ชลประทาน		100.00
นอกเขต		100.00
เพศ		100.00
หญิง		26.32
ชาย		73.68
อายุ		55.21
ระดับการศึกษา		100.00
1=ประถมต้น		21.05
2=ประถมปลาย		57.89
3=มัธยมต้น		10.53
4=มัธยมปลาย/ปวช.		10.53
อาชีพหลัก		100.00
1=เกษตรกร		100.00
ประสบการณ์ทำการเกษตร (ปี)		26.16
ประสบการณ์การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา(ปี)		7.95
ประสบการณ์การปลูกข้าวนาปรัง (ปี)		21.36
จำนวนสมาชิกในครัวเรือน (คน)		3.89
จำนวนแรงงานในครัวเรือน (คน)		2.78
จำนวนแรงงานในภาคเกษตร (คน)		2.37
ที่ดินในการถือครอง		
ในภาคเกษตร		
ของตนเอง	34.82	49.17
เช่า	20.12	43.90
ทำฟรี	47.00	6.03
การใช้ประโยชน์ 1		
1=ที่นา		100.00
การใช้ประโยชน์ 2		
2=พืชไร่		94.74
การใช้ประโยชน์ 3		
7=ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์		5.26

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป (ต่อ)

รายการ	เฉลี่ย	ร้อยละ
การใช้ประโยชน์ อื่นๆ		
ของตนเอง	2.33	0.90
การใช้ประโยชน์ 1		
10=ที่อยู่อาศัย		15.79
แหล่งน้ำที่ใช้ 1		
1=น้ำฝน		100.00
แหล่งน้ำที่ใช้ 2		
2=ชลประทาน		26.32
3=แหล่งน้ำธรรมชาติ		57.89
4=บ่อ/สระ/บาดาล		15.79
การเป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกร		
ไม่ได้เป็น		21.05
เป็นสมาชิก		78.95
ธ.ก.ส.		93.33
วิสาหกิจชุมชน		6.67
กลุ่มเกษตรกร		6.67
การขอกู้เงิน/ขอรับการสนับสนุนสินเชื่อ		
ไม่กู้		31.58
กู้		68.42
ธ.ก.ส.		92.31
กองทุนหมู่บ้าน		15.38
วงเงินขอกู้ทั้งหมด	455,076.92	
การชำระคืน		
ชำระแล้ว		76.92
บางส่วน		76.92
ขอขยาย		23.08
ยังไม่ได้ชำระ		23.08
กู้สินเชื่อเพื่อใช้		
จัดหาปัจจัยการผลิต		92.31
อุปโภค/บริโภค		84.62
ค่าเล่าเรียนบุตร		31.58
อื่นๆ		15.79
ในฤดูแล้งท่านทำกิจกรรมการเกษตรใด		
ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์		100.00
ปลูกข้าวนาปรัง		10.53

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการผลิต รายได้ ต้นทุนการผลิต และรายได้สุทธิในปีที่ผ่านมา (ช่วงฤดูแล้ง)

ส่วนที่ 3 การจัดการแปลง (กำจัดตอซัง หรือฟางข้าว) ก่อนปลูกพืชชนิดใหม่

รายการ	เฉลี่ย	ร้อยละ
การใช้ประโยชน์พื้นที่หลังฤดูทำนาปี		
ปลูกข้าวนาปรัง		10.53
จำนวนไร่	16.50	
ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	881.00	
รายได้ต่อไร่ (บาท)	7,107.50	
ต้นทุนการผลิตต่อไร่ (บาท)	2,500.00	
รายได้สุทธิ (บาท)	460.75	
ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์		94.74
จำนวนไร่	15.00	
ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	1,399.66	
รายได้ต่อไร่ (บาท)	8,223.16	
ต้นทุนการผลิตต่อไร่ (บาท)	3,704.98	
รายได้สุทธิ (บาท)	4,066.36	
ว่างเปล่า (ไม่ทำนาปรัง)		5.26
จำนวนไร่	20.00	
การจัดการแปลงก่อนปลูกพืช		
ใช้รถเก็บเกี่ยวเนื่องจาก		100.00
ราคาถูก/เหมาะสม		47.37
สะดวก/หาง่ายในพื้นที่		100.00
การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว		100.00
พักดินหลังเก็บเกี่ยว		94.74
จำนวน(วัน)		19.00
ไถกลบเพื่อตากดิน		94.74
จำนวน(วัน)		11.39
อื่นๆ		10.53

ส่วนที่ 4 พื้นที่ปลูก/เก็บเกี่ยว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

รายการ	เฉลี่ย	ร้อยละ
การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์		
จำนวนครั้งต่อปี		
1 ครั้ง		100.00
ช่วงเวลาการปลูกในรอบปี		
พ.ย. - ก.พ.		100.00
พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์		
ชื่อพันธุ์ 789		36.84
จุดเด่น		
ชื่อพันธุ์ 999		15.79
จุดเด่น		
ชื่อพันธุ์ NK 6253		31.58
จุดเด่น		
ชื่อพันธุ์ CP 303		15.79
จุดเด่น		
วิธีเตรียมพื้นที่ก่อนปลูก		
เผาเศษวัสดุและวัชพืชในแปลง		89.47
วันก่อนปลูก		11.71
ไถกลบเศษวัสดุและวัชพืชในแปลง		94.74
วันก่อนปลูก		8.83
ฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช		10.53
วันก่อนปลูก		8.50
วิธีเตรียมพื้นที่ปลูก		
ไถพรวน		100.00
วิธีปลูก		
ใช้เครื่องหยอดขนาดเล็ก		89.47
ใช้เครื่องหยอดขนาดใหญ่		10.53
วิธีป้องกันกำจัดวัชพืชร่อนอก		
พ่นสารกำจัดวัชพืชร่อนอกอย่างเดียว		15.79
พ่นสารกำจัดวัชพืชร่อนอกและสารกำจัดวัชพืชแบบดูดซึม		36.84
พ่นสารกำจัดวัชพืชร่อนอกและสารกำจัดวัชพืชแบบสัมผัสตาย		21.05
ไม่ใช้สารเคมี		36.84
วิธีกำจัดวัชพืชของเกษตรกร		
ใช้สารกำจัดวัชพืชแบบดูดซึม		15.79
ใช้สารกำจัดวัชพืชแบบสัมผัสตาย		47.37
ใช้แรงงานคน		10.53
ใช้เครื่องจักร (ทำร่น+ไถปุ๋ย)		36.84

ส่วนที่ 4 พื้นที่ปลูก/เก็บเกี่ยว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา (ต่อ)

รายการ	เฉลี่ย	ร้อยละ
วิธีการป้องกันกำจัดแมลง		
ฉีดพ่นสารเคมีเมื่อพบการระบาด		100.00
การให้น้ำ		
จำนวนครั้งต่อรอบการปลูก	4.55	
ครั้งละกี่วัน	3.40	
ครั้งละกี่คืน	1.00	
ครั้งที่ 1 จำนวนวันหลังปลูก	22.70	
ครั้งที่ 2 จำนวนวันหลังปลูก	40.00	
ครั้งที่ 3 จำนวนวันหลังปลูก	56.67	
ครั้งที่ 4 จำนวนวันหลังปลูก	61.33	
ครั้งที่ 5 จำนวนวันหลังปลูก	74.00	
ครั้งที่ 6 จำนวนวันหลังปลูก	75.00	
ช่วงอายุข้าวโพดที่เก็บเกี่ยว		
น้อยกว่า 120 วัน		10.53
ระบุจำนวนวัน	115.00	
ตามอายุ 120-150 วัน		89.47
ระบุจำนวนวัน	123.82	
ลักษณะการเก็บเกี่ยว		
ใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยวพร้อมสีเมล็ด		100.00
การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว		
จำหน่ายหลังเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องจักร		100.00

ส่วนที่ 5 ข้อมูลการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

รายการ	เฉลี่ย	ร้อยละ
จำนวนพื้นที่ปลูก (ไร่)	13.85	
ปลูกแถวเดี่ยว		89.47
ระยะห่างระหว่างแถว(ซม.)	65.29	
ระยะห่างระหว่างต้น(ซม.)	16.88	
ปลูกแถวคู่		10.53
ระยะร่อง(ซม.)	60.00	
ระยะข้างร่อง(ซม.)	25.00	
ระยะห่างระหว่างต้น(ซม.)	20.00	
ปริมาณผลผลิต (กก.)	20,000.15	
ราคา	6.24	
รวมเงินได้	79,745.55	
ผลผลิตต่อไร่	1,466.71	
เงินได้ต่อไร่	9,121.21	
ต้นทุนการผลิต (บาท/ไร่)		
ค่าพันธุ์	784.42	
ค่าเตรียมดิน/ไถ	454.74	
จำนวนครั้ง	2.47	
ค่ายกร่อง/ซักร่อง	93.33	
ค่าปลูก	181.16	
ค่าปุ๋ยเคมี	575.97	
ครั้งที่ 1 ปุ๋ยรองพื้น		
สูตร 46-0-0	457.18	31.58
สูตร 16-20-0	308.17	63.16
สูตร 15-15-15	343.37	21.05
ครั้งที่ 2 ปุ๋ยแต่งหน้า		
จำนวนวันหลังปลูก	28.67	
สูตร 46-0-0	514.83	78.95
สูตร 16-20-0	229.17	10.53
สูตร 15-15-15	150.00	5.26
สูตร 21-0-0	206.67	15.79
ค่าใส่ปุ๋ย	141.32	
จำนวนครั้ง	2.00	
ค่าสารกำจัดวัชพืช	134.56	
ค่าฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช	65.40	
จำนวนครั้ง	1.22	

ส่วนที่ 5 ข้อมูลการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ต่อ)

รายการ	เฉลี่ย	ร้อยละ
ค่าจ้างกำจัดวัชพืช (คน/เครื่องจักร)	60.00	
จำนวนครั้ง	1.50	
ค่าฮอร์โมน	227.12	
ค่าสารปราบศัตรูพืช (โรคพืช, แมลง)	218.42	
ค่าฉีดพ่นฮอร์โมนและสารกำจัดศัตรูพืช	166.67	
จำนวนครั้ง	3.82	
ค่าจ้างเก็บเกี่ยว	624.02	
ค่าจ้างขนส่ง	152.15	
ค่าสูบน้ำ (ค่าน้ำมัน X ลิตร) หรือค่าไฟฟ้า	361.69	
ค่าเช่าที่ดิน	6509.87	
ต้นทุนการผลิต	4,738.17	
รายได้สุทธิ	4,643.65	

ส่วนที่ 5 การเก็บเกี่ยว ปริมาณผลผลิต และการจำหน่าย

รายการ	เฉลี่ย	ร้อยละ
การเก็บเกี่ยว		
จำนวนไร่	13.85	
เดือนที่เก็บเกี่ยว		
4		84.21
3		15.79
แหล่งจำหน่าย		
พ่อค้าคนกลาง/ลานท่า/โรงสี		100.00
จำนวน (กก.)	24,026.46	
การจำหน่ายและนำผลผลิตผลพลอยได้ไปใช้		
เก็บฝักรันไรหลังเผาต่อซัง/เก็บเกี่ยว		
ขาย		31.58
ปริมาณ (กก.)	111.67	
แหล่งจำหน่าย		
ลานท่า		26.32
ท่าข้าว		5.26
ราคาขาย	6.82	
ใช้เอง		31.58
ปริมาณ (กก.)	406.67	
เป็นอาหารสัตว์		31.58
ไม่ขาย/ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์		36.84

หมายเหตุ : ข้อมูลสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 19 ราย เดือน มีนาคม 2564

ภาคผนวกภาพ
กิจกรรมการดำเนินโครงการ



ภาคผนวกภาพที่ 1 ศึกษาลักษณะและสมบัติดินและเก็บตัวอย่างดินภาคสนาม



การสำรวจภาคสนามเบื้องต้นและคัดเลือกพื้นที่ศึกษาระดับแปลง



ทดสอบในแปลงทดลองพร้อมติดตั้งเครื่องมือเก็บข้อมูลความชื้นในดิน

ภาคผนวกภาพที่ 2 การคัดเลือกพื้นที่ และติดตั้งเครื่องมือเก็บข้อมูลความชื้นในดิน



ภาคผนวกภาพที่ 3 การเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหลังนา



ภาคผนวกภาพที่ 4 การเก็บข้อมูลผลผลิตข้าวโพดหลังนาและแปลผลข้อมูลผลผลิต

ปฏิทินการให้น้ำ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนา

การให้น้ำตามช่วงการเจริญเติบโต
อายุพืช (วัน)

กลุ่มเนื้อดิน

ดินเหนียว

ดินร่วนละเอียด

ดินร่วนหยาบ

เก็บเกี่ยวผลผลิตอายุ 100-120 วัน

ช่วงสร้างฟักและสร้างเมล็ด
อายุ 80-110 วัน

95

90, 105

85, 95, 105

ช่วงออกดอก
อายุ 55-80 วัน

60, 80

65, 80

55, 65, 75

ปลูก
ช่วงเดือน
พ.ย.-ธ.ค.

ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น
อายุ 20-55 วัน

45

35, 55

30, 45

ช่วงตั้งตัว
อายุ 0-20 วัน

วันปลูก

1

1

1

ให้น้ำตลอดฤดูปลูก
(ครั้ง)

5

7

9