

รายงานฉบับปฐมฤกษ์ โครงการวิจัย

ISBN: 974-656-072-7

การพัฒนาผลจากการทดสอบแบบจำลอง การเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย

ดร.อรรถกฤษณ์ อรรถกฤษณ์ ผู้จัดทำ แผนกคีนีมาส์ และ เอลิเมนต์ ไนโตรเจน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
Supported by Thailand Research Fund (TRF)



กระทรวงเกษตรและสหกรณ์



ศูนย์วิจัยข้าวขอนแก่น



กรมวิชาการเกษตร



สมาคมวิทยาศาสตร์ในการวิจัยเชิงระบบ

ICASTA

สารบัญ

คำนำ.....	๓
บทนำ.....	๔
คำนิยม.....	๕
คณะผู้วิจัย.....	๖
คำย่อ.....	๗
สรุปความก้าวหน้าสำหรับผู้บริหาร.....	๘
คำถามในการวิจัย.....	๙

ส่วนที่ 1: การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลอง

แนวคิดและหลักการ.....	2
โครงสร้างงานทดลองวันปลูกอ้อยชุดที่หนึ่งและสอง.....	16
การทดลองวันปลูกอ้อยชุดที่หนึ่งและสอง ศูนย์วิจัยพืชไร่อุทุมพรนิริ.....	20
การทดลองวันปลูกอ้อยชุดที่หนึ่งและสอง มหาวิทยาลัยขอนแก่น.....	32
การทดลองวันปลูกอ้อยชุดที่หนึ่งและสอง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.....	44
พัฒนาการของอ้อย.....	56
ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมและพัฒนาการของอ้อย.....	66
การตอบสนองของอ้อยที่มีต่อความหนาแน่นของพืช.....	76
ชนิดของเชื้อที่ติดมากับท่อนพันธุ์อ้อย.....	88
PCR-RAPD: A GENETIC TOOL FOR SUGARCANE RESEARCH.....	96
การวิเคราะห์หาปริมาณซูโครส (SUCROSE) ในน้ำอ้อย.....	98
แบบจำลองอ้อย THAICANE 1.0.....	102

ส่วนที่ 2: การทำแผนที่ปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม

แนวคิดและหลักการ.....	114
วิธีการวิจัย.....	120
กรณีศึกษาระวางน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น.....	128
กรณีศึกษาระวางอุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี.....	132
ระบบการผลิตอ้อยในตำบลโนนท่อน.....	152

คำนำ

องค์กรวิจัยจำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนให้กิจกรรมการวิจัยได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องในทิศทางที่กำหนดขึ้น โครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญประกอบด้วยโครงสร้างทางกายภาพและคุณภาพทางวิชาการและจริยธรรมของทรัพยากรบุคคลในองค์กร โครงสร้างพื้นฐานนี้เป็นพลังขับเคลื่อนที่สำคัญต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานวิจัยต่อสังคมในช่วงเวลาที่กำหนด

ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ปรับใช้แนวทางระบบศาสตร์ในการวิจัยเกี่ยวกับระบบพืช ระบบฟาร์มและระบบเกษตร ตลอดจนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติเพื่อพัฒนาการเกษตรตามลำดับ กลุ่มนักวิจัยภายในศูนย์วิจัยฯ ได้ร่วมกันปรับใช้และพัฒนาวิธีการใหม่ ๆ ที่จะตอบคำถามซึ่งจะนำไปสู่การปฏิบัติทั้งแนวนโยบายและขั้นตอนการดำเนินงานได้ หนึ่งในวิทยาการนี้คือ การนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการวิจัยและพัฒนาการเกษตร ซึ่งศูนย์วิจัยได้เริ่มพัฒนางานนี้มาตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ 80 และได้เติบโตจนสามารถก้าวนำไปใช้ในการเรียนการสอนระดับปริญญาโท ตลอดจนการวิจัยเพื่อพัฒนา หลังจากปี 1992 เป็นต้นมา เมื่องานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบการสนับสนุนการตัดสินใจได้รวมตัวเป็นหน่วยวิจัยย่อยเกิดขึ้นในศูนย์วิจัยฯ

โครงการวิจัย “การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย” เป็นโครงการแรกภายใต้การดำเนินงานของศูนย์วิจัยฯ ที่ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย เพื่อใช้แก้ปัญหาการคาดการณ์ของผลผลิตอ้อยในระดับต่าง ๆ ตั้งแต่แปลงจนถึงภูมิภาคและประเทศอย่างเป็นระบบ โดยวิธีการแบบจำลองพืช ระบบข้อมูลระยะไกล และสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยมีสามสถาบันภายในประเทศดำเนินการร่วมกันได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สังกัดสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ความสำคัญของโครงการนี้ ประการแรกได้แก่ การแก้ไขปัญหาการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยด้วยแนวทางระบบศาสตร์โดยปรับใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ของการวิจัยเกษตรไทย ประการที่สองคือ การพัฒนาเครือข่ายวิจัยระหว่างสถาบันการศึกษาและกรมวิชาการเกษตรอย่างเป็นรูปธรรมมาก ยิ่งขึ้น นอกจากนี้โครงการวิจัยนี้ยังได้สนับสนุนงานวิจัยของนักศึกษาระดับปริญญาโทในสาขาวิชาเกษตรศาสตร์เชิงระบบและสาขาวิชาพืชไร่ ซึ่งทั้งหมดเป็นกระบวนการการเรียนรู้ในด้านพัฒนาสาระทางวิชาการ พัฒนาเครือข่ายงานวิจัยและเพิ่มทักษะการวิจัยด้วย

ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตรมีความภูมิใจที่ได้มีส่วนร่วมในกระบวนการสร้างสรรค์พัฒนางานวิจัยแนวทางใหม่นี้ด้วย

พฤกษ์ ยิบมันตะศิริ
รองผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่พิจารณาเห็นความสำคัญของการวิจัยโดยวิธีการแบบ system modeling & simulation ทางเกษตร และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม

ในระดับนโยบาย คณะผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก ดร. วิจิตร เบญจศิลป์ อธิบดีกรมวิชาการเกษตร และคุณณรงค์ศักดิ์ เสนาณรงค์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร รศ. ดร. อารันต์ พัฒนอินชัย คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รศ. ดร. พงษ์ศักดิ์ อังกลสิทธิ์ คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ อ.พฤกษ์ ยิบมันตะศิริ รองผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ในระดับแปลงทดลอง คณะผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่ของศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่ของหมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สถานีวิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่สถานีวิจัยเกษตรชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ในวิชาการและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์บางส่วน คณะผู้วิจัย ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก อ.ดร.เมธี เอกะสิงห์ และเจ้าหน้าที่ของหน่วยวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางเกษตร ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้แก่ คุณพนมศักดิ์ พรหมบุรณย์ คุณจุไรพร แก้วทิพย์ และคุณมณฑนา เหมยน้อย

ในระดับส่วนตัว กิจกรรมที่ผ่านมาได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากครอบครัวของคณะผู้วิจัย เจ้าหน้าที่โครงการ คุณภาวิดา สุดใจ และเจ้าหน้าที่ในสำนักงานเลขานุการของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่าน

ในระดับนานาชาติ คณะผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนด้านวิชาการจาก Drs. Goro Uehara และ Gordon Y. Tsuji มหาวิทยาลัยฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา

คณะผู้วิจัยโครงการ พทอ.

กรกฎาคม 2540

คณะผู้วิจัย

เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง	นักบริหาร ผู้อำนวยการ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี
ถาวร อ่อนประไพ	นักวิชาการสำรวจข้อมูลระยะไกล ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ทินกร กลมสอาด	นักวิจัยโครงการ ประจำสถานีมหาวิทยาลัยขอนแก่น (กค 2537 - กย 2539)
นิพนธ์ เอี่ยมสุภาวดี	นักปรับปรุงพันธุ์พืช ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี
บุญมี ศิริ	นักสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ปรัชญา นาสุริวงค์	นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเกษตรศาสตร์เชิงระบบ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปรีชา พรานมณี	นักวิชาการปฐพีวิทยา ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี
ผาสุข ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์	นักวิจัยโครงการ ประจำสถานีศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี
ภาวดี สดใจ	เลขานุการโครงการ พทอ. (ตั้งแต่ กค 2538)
ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา	นักวิชาการนิเวศนิเวศวิทยาของพืชและการจำลองระบบ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศิริทิพย์ พรหมฤทธิ์	นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเกษตรศาสตร์เชิงระบบ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สุวิทย์ เลานศิริวงศ์	นักปรับปรุงพันธุ์พืชและการจำลองระบบ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อรรถชัย จินตะเวช	นักวิชาการแบบจำลองพืชและการจำลองระบบ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (หัวหน้าโครงการ)
อ้อยทิพย์ จันทร์เมือง	นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อัปสร เปลี่ยนสินไชย	นักวิชาการโรคพืช ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี (ตั้งแต่ พย 2539)
อิศรี เก่งนอก	นักวิจัยโครงการ ประจำสถานีมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ตั้งแต่ มค 2540)
Germt Hoogenboom	System Agronomist and Assoc. Prof., University of Georgia at Griffin, USA
Daniel T. Imamura	Programmer/Computer specialist, University of Hawaii, USA
N. Geoff Inman-Bamber	Senior Agronomist, South African Sugar Association Experiment Station, South Africa.
Jim W. Jones	Professor of Agricultural Engineer, University of Florida, USA.
Gregory A. Kiker	Agronomist, Dept. of Agricultural Engineering, University of Natal, Republic of South Africa
Richard M. Ogoshi	System Agronomist, University of Hawaii, USA.
Phillip Thornton	Farm economist, International Fertilizer Development Center., USA.
Gordon Y. Tsuji	Soil Science & IBSNAT Project Manager, University of Hawaii, USA.
Paul K. Wilkens	International Fertilizer Development Center, USA.

คำย่อ

ศ.วร.	ศูนย์วิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร
พทอ.	โครงการวิจัย การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวในประเทศไทย
ตร.กม.	ตารางกิโลเมตร
CCT	Computer Compatible Tape
CD-ROM	Compact disc Read Only Memory
CERES	Crop-Environment Resource Synthesis
CMU	Chiang Mai University
DAE	Days after emergence
DoD	The US. Department of Defense
DSSAT	Decision Support System for Agrotechnology Transfer
EDP	Electronic Data Processing
GCP	Ground Control Points
GDD	Growing Degree Days
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
HRV	High Resolution Visible
IBSNAT	International Benchmark Site Network for Agrotechnology Transfer
ICASA	International Consortium for Agricultural Systems Applications
IT	Information Technology
K	K 84-200 sugarcane cultivar
KKU	Khon Kaen University
MMS	Multiplespectral
NAVSTAR	NAVigation, Satellite, Timing And Ranging (NAVSTAR)
PPS	Precise Positioning Service
RADAR	Radio detector and ranging
RMS Error	Root Mean Square Error
RS	Remote sensing
SARP	Simulation and systems analysis for rice production
SP	Suphan Buri Field Crop Research Center
SPS	Standard Positioning Service
TBASE	Base temperature
ThaiCane 1.0	Thailand sugarcane growth model
ThaiSIS 1.0	Thailand Sugarcane Information System
TM	Thematic mapper
U	U-Thong 2 sugarcane cultivar

รูปความก้าวหน้า (15 ก.ค. 2537 - 14 ก.ค 2540)

ปัญหาที่โครงการเน้น

การประเมินผลผลิตอ้อยในประเทศในปัจจุบันยังมีความคลาดเคลื่อนจากรายงานผลผลิตจริง จึงเน้นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาดังกล่าว

แนวการวิจัย และ ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1: การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองอ้อย

- ติดตามและเก็บข้อมูลงานทดลองอ้อยชุดที่หนึ่งและชุดที่สองในสามสถานี
- ติดตามและเก็บข้อมูลงานทดลองเรื่องพัฒนาการของใบอ้อย
- ดำเนินการปลูก ติดตามและเก็บข้อมูลงานทดลองเรื่อง fan design
- ศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมและพัฒนาการของอ้อย
- ได้แบบจำลองอ้อย ThaiCane1.0

ส่วนที่ 2: พัฒนาวิธีการในการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

- พัฒนาวิธีการแปลข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อผลิตแผนที่พื้นที่การปลูกอ้อย
- สำรวจพื้นที่การปลูกอ้อยในตำบลโนนท่อน อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น และตำบลกระเจ็ด อำเภออุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ด้วยระบบ GPS
- ได้วิธีการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในสองพื้นที่ดังกล่าว

ส่วนที่ 3: พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบชื่อ ThaiSIS 1.0 เพื่อเชื่อมโยงฐานข้อมูล

- พัฒนาโปรแกรมเชื่อมโยงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และฐานข้อมูลเชิงอรรถกับแบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0
- พัฒนาและได้คู่มือแบบการใช้งานโปรแกรม ThaiSIS 1.0 เพื่อคาดการณ์ผลผลิตอ้อย
- พัฒนาและได้คู่มืออ้างอิงแบบการใช้งานโปรแกรม ThaiSIS 1.0 เพื่อคาดการณ์ผลผลิตอ้อย

ส่วนที่ 4: พัฒนารูปแบบและจัดฝึกอบรม

- พัฒนาเอกสารบางส่วนเพื่อใช้ประกอบการบรรยายในโครงสร้างการฝึกอบรม ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการผลิตอ้อยในประเทศไทย
- พัฒนาโครงสร้างของสื่อ (multimedia) สำหรับโรคอ้อย พันธุ์อ้อย และการจัดการ
- จัดทำ homepage ของโครงการเพื่อให้ผู้ใช้งานระบบ internet WWW ทั่วโลกสามารถ access ความก้าวหน้าของงานโครงการได้ที่ URL <http://mcc.aggie.cmu.ac.th/Cane1.html>

คำถามในการวิจัย

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศ ในแต่ละปีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยได้พยายามคาดการณ์ผลผลิตอ้อยของประเทศ ด้วยวิธีการทางสถิติต่าง ๆ แต่พบว่ามี ความเหลื่อมล้ำระหว่างตัวเลขที่ได้จากการประมาณและตัวเลขการผลิตจริง ปัญหาหลักปัญหาหนึ่งของวิธีการคำนวณทางสถิติ คือไม่ได้นำปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมการผลิตพืช เช่น พัฒนาการของพืช ปริมาณน้ำฝน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดิน การระบาดของโรคและแมลง เป็นต้น เข้ามาประกอบการคำนวณ ปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อการให้ผลผลิตและน้ำตาลของอ้อย และเป็นปัจจัยที่มีความแปรปรวนสูง

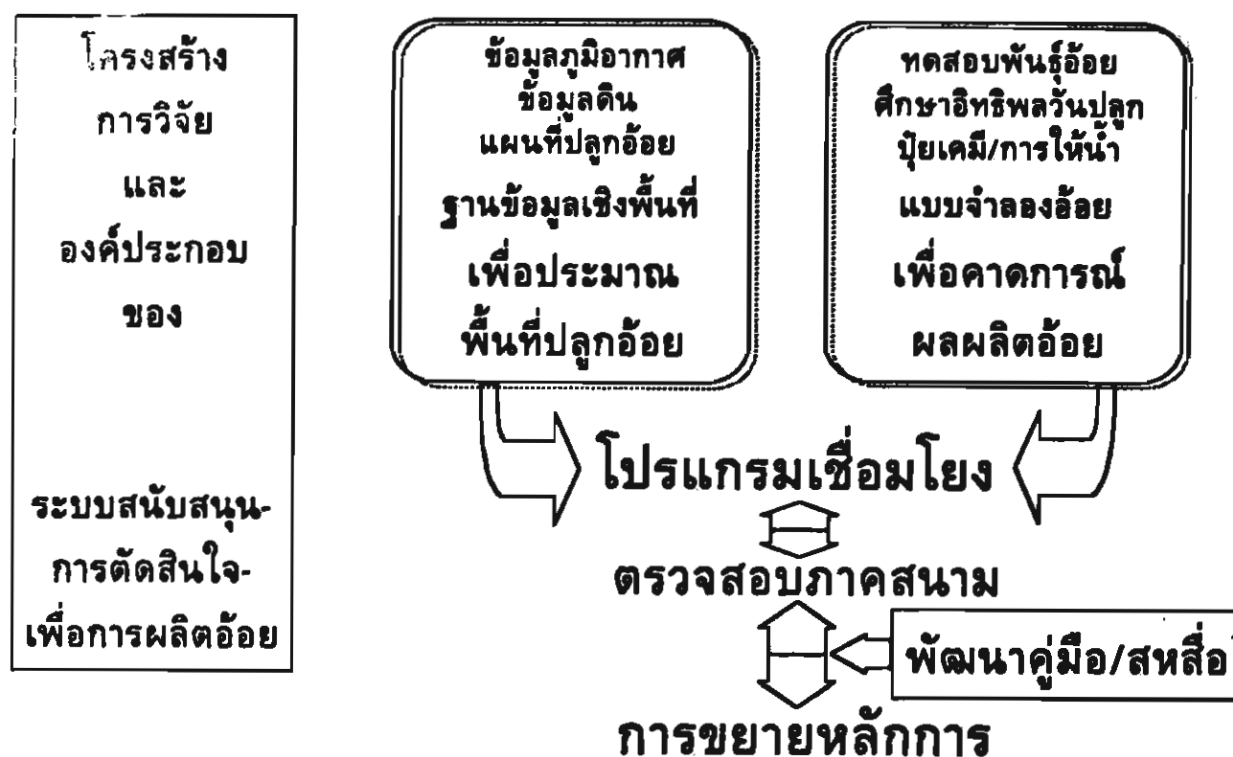
นอกจากนี้ วิธีการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศขั้นมูลฐานในการจัดเก็บข้อมูลและการประมวลผล คือเทคโนโลยีสารสนเทศประเภท EDP ซึ่งเน้นการจัดเก็บและการใช้ข้อมูลเป็นกิจกรรมหลักของเทคโนโลยี ในทางตรงกันข้าม การคาดการณ์ผลผลิตอ้อยต้องการเทคโนโลยีสารสนเทศที่เน้นความต้องการของผู้ใช้งานเป็นหลัก นั่นคือเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ข้อมูลที่มีอยู่ประกอบการจัดการทรัพยากร และสนับสนุนการตัดสินใจในการผลิตอ้อย โดยถ้ามีความยืดหยุ่นเพื่อสะดวกต่อการปรับปรุงระบบฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอ้อยซึ่งมีข้อมูลในเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ รวมทั้งต้องเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศที่รวมแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยซึ่งได้รับการพัฒนาจากงานวิจัยพื้นฐาน แบบจำลองอ้อยจะเพื่อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถประเมินผลผลิตอ้อยในแต่ละฤดูและแต่ละพื้นที่โดยมีพื้นฐานจากข้อมูลดิน ข้อมูลภูมิอากาศเกษตร ข้อมูลการผลิตอ้อย และข้อมูลเฉพาะของพันธุ์อ้อย ซึ่งจะทำให้การประเมินผลผลิตอ้อยของผู้ผลิตอ้อยในแต่ละระดับมีความแม่นยำมากขึ้น สามารถตรวจสอบความผิดพลาดได้ และสามารถปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นได้อย่างเป็นระบบตามความต้องการของผู้ใช้ในอนาคต

คำถามแรกที่โครงการ พทอ. เน้นคือจะนำปัจจัยการผลิตที่ได้กล่าวมาแล้วประกอบการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยได้อย่างไร ในระยะแรกเน้นความสามารถที่จะคาดการณ์ผลผลิตอ้อยในแต่ละฤดูการผลิตของพันธุ์อ้อยหลักบางพันธุ์ การตอบคำถามส่วนนี้โครงการ พทอ. ได้ให้ความสนใจที่จะพัฒนาและทดสอบแบบจำลองอ้อยที่มีพื้นฐานจากความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์เกษตร รวมทั้งพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลปัจจัยการผลิตเพื่อเอื้อต่อการประเมินผลผลิตอ้อยในพื้นที่การผลิตจริง

คำถามส่วนที่สอง คือ จะประมาณพื้นที่การผลิตอ้อยในแต่ละฤดูและแต่ละพื้นที่ได้อย่างไร โครงการฯ ได้ให้ความสนใจการใช้ข้อมูลดาวเทียม และเน้นพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการผลิตแผนที่ปลูกอ้อยจากภาพถ่ายดาวเทียม และเป็นแผนที่ที่ผู้ใช้สามารถนำไปประกอบการประเมินผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดกว้างรวมกับแบบจำลองอ้อย

แนวทางการวิจัย

แนวทางการวิจัยของโครงการ พทอ. ได้ออกแบบเพื่อนำมาซึ่งการแก้ปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นนั้น ประกอบไปด้วยกิจกรรมสี่ส่วน (รูปที่ 1) คือ



ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- 1) การพัฒนาและทดสอบแบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของ้อย
 - 2) การพัฒนาวิธีการในการแปลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อผลิตแผนที่การปลูก้อยในพื้นที่ที่สนใจ
 - 3) การพัฒนาโปรแกรมเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลอง้อยและฐานข้อมูลเชิงพื้นที่
 - 4) การเผยแพร่ผลงานการวิจัยและการขยายหลักการวิจัยแบบ modeling
- แนววิจัยของโครงการฯ เน้นการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อสนับสนุนการวิจัย

ส่วนที่ 1: การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลอง้อย

โครงการฯ เน้นการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองการเจริญเติบโตของ้อย โดยให้ความสนใจการพัฒนาการของประเด็นต่าง ๆ ในการผลิต้อย การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตต่าง ๆ โดยสมการคณิตศาสตร์ และอธิบายในระดับกระบวนการ (process-oriented) ทั้งนี้ให้ความสนใจผลงานเหล่านี้ของหน่วยงานทั้งในและต่างประเทศ งานย่อยส่วนหนึ่งคือการประสานงานกับนักวิชาการ้อยในและต่างประเทศเพื่อสืบค้นให้ทราบถึงความก้าวหน้าและพัฒนาการของการสร้างแบบจำลอง้อย โดยมีหน่วยเชื่อมอยู่ที่มหาวิทยาลัยฮาวาย โครงการฯ ได้ตัดสินใจร่วมพัฒนาและทดลองแบบจำลอง้อย CANEGRO ซึ่งโปรแกรมต้นแบบได้รับการพัฒนาโดย Dr. Inman-Bamber เพื่อใช้ในการจัดการน้ำชลประทานของ้อยในประเทศอัฟริกาใต้ ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับการผลิต้อยในประเทศไทยมาก รวมทั้งเป็นแบบจำลองที่สามารถปรับปรุงให้สามารถใช้งานร่วมกับระบบ DSSAT 3.0 ได้อย่างสะดวก ดังนั้นงานที่เกี่ยวกับพัฒนาการของแบบจำลองจึงก้าวหน้าไป

มาก ปัจจุบันแบบจำลอง CANEGRO มีโครงการสร้างเพิ่มข้อมูลมาตรฐานเช่นเดียวกันกับแบบจำลองพืชอีก 12 พืช กิจกรรมหลักอีกประการในส่วนการทดลองแบบจำลองอ้อย CANEGRO คือการพิสูจน์ว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์การผลิตอ้อยในระดับแปลงปลูกอ้อยได้ คณะวิจัยได้ดำเนินงานติดตั้งงานทดลองอ้อยมาตรฐาน โดยมีหน่วยงานร่วมกิจกรรมทั้งสามหน่วยงาน พร้อมกันนี้ได้พัฒนาระบบงานวิจัยมาตรฐานเพื่อการสร้างฐานข้อมูลการวิจัยอ้อยอย่างเป็นระบบ รวมไปถึงการสร้างเครือข่ายของงานทดลองรวมที่จะสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลและประสบการณ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานของแต่ละหน่วยงาน งานทดลองนี้ใช้อ้อยสองพันธุ์คือ K และ U โดยปลูกเป็นสองงานทดลอง คือ ปลูกต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝน งานทดลองปลูกต้นฤดูฝนมีวันปลูกต้นเดือนมีนาคมและต้นเดือนพฤษภาคม 2538 ส่วนงานทดลองปลูกปลายฤดูฝนดำเนินการเพาะกล้าอ้อยในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2538 และทำการย้ายปลูกประมาณปลายเดือนธันวาคม 2538

งานวิจัยอีกงานหนึ่งที่คณะผู้วิจัยสนใจและได้ดำเนินการ คือ การศึกษาการแยกพันธุ์อ้อยโดยวิธีการ genetic engineering ของอ้อยทั้งสองพันธุ์ คือ K และ U โดย ดร.วิมลลา ดิษฐพงษ์พิณีย์ แห่งภาควิชาโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อเป็นพื้นฐานในการแยกความแตกต่างของพันธุ์อ้อยโดยเฉพาะในด้านพัฒนาการ (development) และการเจริญเติบโต (growth) ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญต่อการใช้แบบจำลองอ้อยเพื่อการคาดการณ์ผลผลิตในพื้นที่ขนาดต่าง ๆ ปัจจุบันได้มีการบรรจุความแตกต่างของพันธุ์อ้อยใน CANEGRO และ ThaiCane โดยเฉพาะความแตกต่างในด้านพัฒนาการของใบอ้อย

ส่วนที่ 2: การพัฒนาวิธีการทำแผนที่การปลูกอ้อย

ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมในการทำแผนที่การปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม ปัจจุบันมีสถานีรับสัญญาณดาวเทียมซึ่งมีกำหนดวงโคจรผ่านพื้นที่ประเทศไทยทุก 16 วัน ข้อมูลแสดงประเภทของการใช้ที่ดินผิวพื้นที่ได้ถูกเก็บไว้อย่างต่อเนื่องโดยหน่วยงานภายใต้การดูแลของสภาวิจัยแห่งชาติ ในทางปฏิบัติแล้วสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาประกอบการใช้งานในหลายรูปแบบ และการใช้เพื่อประเมินพื้นที่การปลูกอ้อยเป็นการใช้งานแบบหนึ่งที่มีความเป็นไปได้สูง และเชื่อว่าจะมีความแม่นยำน่าเชื่อถือ

ส่วนที่ 3: การพัฒนาโปรแกรมเชื่อมโยง

การพัฒนาโปรแกรมเชื่อมโยงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และแบบจำลองอ้อยสำหรับประกอบการประเมินผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่เป็นกิจกรรมหลักของงานในส่วนนี้ โปรแกรมเชื่อมโยงได้รับการออกแบบเพื่อเอื้อให้ผู้ใช้งานเลือกพื้นที่ที่จะทำการประเมินผลผลิตอ้อยโดยใช้ชื่อตำบล หรือหมู่บ้าน หรือขอบเขตแปลงอ้อย จากนั้นผู้ใช้งานสามารถเลือกระบบการผลิตอ้อย พันธุ์อ้อย วันปลูก การใส่ปุ๋ยเคมี ฯลฯ โปรแกรมเชื่อมโยงชื่อ ThaiSIS 1.0 ได้รับการพัฒนาต้นแบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยได้รับการสนับสนุนจาก IFDC ซึ่งมี Dr. P.K. Thornton และ Dr. P.W. Wilkens เป็นผู้ผลักดัน คณะผู้วิจัยได้นำเสนอโปรแกรมเชื่อมโยงนี้ในรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 5 ต้นปี 2540

ส่วนที่ 4: การขยายหลักการวิจัยโดยแนว modeling ในประเทศ

การเข้าร่วมประชุมกับผู้อยู่ในวงการอ้อย การพิมพ์เอกสารเผยแพร่ การพัฒนากลุ่มนักวิจัยสาขาเกษตรที่สามารถใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษาวิจัยและการใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ และการจัดอบรมปฏิบัติการให้แก่เจ้าหน้าที่ของรัฐ ฝ่ายไร่ของชาวไร่อ้อยระดับแนวหน้า คณะผู้วิจัยมั่นใจว่าการฝึกอบรมจะมีส่วนเสริมให้การเผยแพร่ประสบการณ์ของผู้วิจัยเป็นไปอย่างคุ้มค่า งานในส่วนนี้เป็นกิจกรรมต่อเนื่อง ผู้ร่วมวิจัยในโครงการทุกท่านได้ปฏิบัติหน้าที่ในส่วนนี้อย่างสม่ำเสมอ แนวการวิจัยของโครงการเป็นแนวทางใหม่ในวงการเกษตรไทยโดยเฉพาะความใหม่ในด้านการปฏิบัติจริง ในระดับโครงการคณะผู้วิจัยได้ร่วมหารือกับผู้ร่วมโครงการจากศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีเพื่อดำเนินการประชุมนักวิชาการอ้อยในประเทศไทยเพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้ในด้านการผลิตอ้อย โดยมีจุดมุ่งหวังเพื่อประมวลสถานะภาพองค์ความรู้ในแต่ละประเด็นของการผลิตอ้อย รวมทั้งชี้แนะประเด็นที่น่าสนใจเพื่อการวิจัยเพิ่มเติม

ส่วนที่ 1

การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้ แบบจำลองพัฒนาการและ การเจริญเติบโตของอ้อย

- แนวคิดและหลักการ (principles & concepts)
- โครงสร้างงานทดลองวันปลูก
 - ◆ การทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี
 - ◆ การทดลองมหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - ◆ การทดลองมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- พัฒนาการของอ้อย
- ความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมและพัฒนาการอ้อย
- การตอบสนองของอ้อยต่อความหนาแน่น
- ชนิดของเชื้อที่ติดมากับท่อนพันธุ์อ้อย
- PCR-RAPD: A genetic tool for sugarcane research
- การวิเคราะห์ปริมาณ sucrose ในน้ำอ้อย
- แบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0

ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ การเจริญเติบโตของอ้อย

แนวคิดและหลักการ (principles & concepts)

อรรถชัย จินตะเวช สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์

เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา

การประมาณผลผลิตอ้อยเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อการกำหนดราคาอ้อยขั้นต่ำของประเทศ กิจกรรมนี้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องในหลายองค์กรทั้งของภาครัฐและของภาคเอกชน วิธีการที่ใช้ส่วนใหญ่มีพื้นฐานจากการสำรวจภาคสนามและจากข้อมูลการผลิตในปีที่ผ่านมา เป็นวิธีการที่ยังไม่สะดวกต่อการผนวกปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศเกษตร ลักษณะทางพันธุกรรมของอ้อย ความชื้นดิน ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน พัฒนาการและการเจริญเติบโตของอ้อยแต่ละพันธุ์ในระดับการจัดการที่แตกต่างกันตามสภาพสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของอ้อยเป็นอย่างมาก

โครงการ พทอ. วิจัยเพื่อพัฒนาและทดสอบแบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของอ้อยมุ่งหวังที่จะนำปัจจัยดังกล่าวประมวลกันอย่างเป็นระบบ และสามารถนำแบบจำลองอ้อยไปใช้ประมาณการผลผลิตอ้อยได้ โดยใช้หลักการของแนวคิดและวิธีการแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ ร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และเทคโนโลยีข้อมูลระยะไกล

หลักการของแบบจำลองและใช้แบบจำลอง (modeling and simulation)

การเผยแพร่แนวคิด หลักการ และวิธีการวิจัยแบบนี้เริ่มต้นโดยกลุ่มนักวิทยาศาสตร์เกษตรชาว Dutch นำโดย Dr.Penning de Vries และคณะ ได้จัดการฝึกอบรมครั้งแรกที่เมืองวากคิงเก้น (Wageningen) ระหว่างปี 2529 (1986) จากนั้นมีนักวิทยาศาสตร์เกษตรจากประเทศไทยได้เข้าร่วมกิจกรรมมากขึ้น ทั้งจากมหาวิทยาลัยและกรมวิชาการเกษตร โดยเฉพาะในช่วงที่กลุ่ม Dr.Penning de Vries และคณะ ได้จัดตั้งเครือข่ายวิจัยแนวนี้ขึ้นที่สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ การเผยแพร่ในประเทศไทยมีการฝึกอบรมโดยกลุ่มคณาจารย์ที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และขอนแก่น และภายใต้โครงการการจำลองสถานการณ์และวิเคราะห์ระบบการผลิตข้าว (Simulation and Systems Analysis for Rice Production: SARP)

การพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนในระดับมหาวิทยาลัยในยุโรปก้าวหน้าไปมาก มหาวิทยาลัยเกษตรแห่งเมืองวากคิงเก้นได้ตั้งวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาโดยเน้นการเรียนการสอนตามหลักการและวิธีการ modeling มีการสร้างทีมงานในด้าน modeling เข้าร่วมกับ IRRI มีผลงานการวิจัยในภาคพื้นเอเชียหลายฉบับ ในประเทศไทยยังไม่มีเปิดสอนในระดับมหาวิทยาลัยอย่างจริงจัง ส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับปริญญาโท (Jongkaewwatana, 1995) มีเพียงคนกลุ่มน้อยเท่านั้น Ekasingh et al (1992) ได้เสนอโครงสร้างงานวิจัย modeling ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในการประชุมทางวิชาการของกรมวิชาการเกษตร นอกจากนี้นักกลุ่มวิจัยที่ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้ใช้วิธีการดังกล่าวเช่นกัน

หลักการใหญ่ ของงานวิจัยทางเกษตรที่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อการสร้างความเข้าใจ (understanding) ในระดับกระบวนการ (process) หรือกลไก (mechanisms) ที่สำคัญของพืช และ/หรือ สัตว์ ที่มีอยู่เพื่อเพิ่มพูนความสามารถในการคาดการณ์ (predict) การตอบสนองของพืช และ/หรือ สัตว์ เมื่อมีการเพิ่มหรือลดปริมาณของปัจจัยการผลิต และสุดท้ายผลประโยชน์ของการวิจัยคือการนำความเข้าใจที่ได้ในการคาดการณ์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการจัดการ (management) ทรัพยากรการเกษตร และทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการผลิตทางเกษตรที่มีประสิทธิภาพ (Dent and Blackie, 1979)

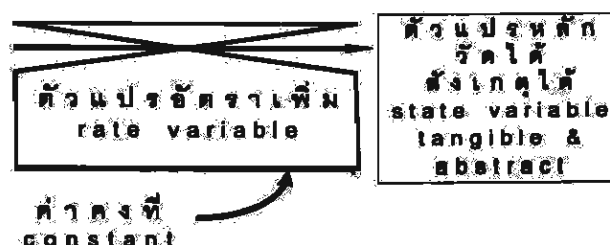
ลักษณะเฉพาะของวิธีการ modeling

ในวงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านอื่น เช่น การพัฒนายานยนต์รุ่นใหม่หรือยานอวกาศแบบใหม่ นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรได้ใช้แบบจำลองในการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้แทนการทดลองกับระบบจริง วิธีการวิจัยนี้มีคำศัพท์เกี่ยวข้องอยู่ 3 คำ (Penning de Vries, 1982) ได้แก่ ระบบ (system) แบบจำลองระบบและการพัฒนาแบบจำลองระบบ (model and modeling) และ การจำลองสถานการณ์ (system simulation) คำจำกัดความในเชิงปฏิบัติงานของคำว่าระบบ (system) หมายถึง ส่วนหนึ่งของสภาพธรรมชาติจริงประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน มีขอบเขตจำกัดที่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพธรรมชาติรอบด้าน แต่การทำงานตามกระบวนการของระบบไม่ได้ส่งผลกระทบถึงสภาพธรรมชาติ เช่น ระบบการผลิตอ้อยในพื้นที่ภาคเหนือเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศน์ภาคเหนือ ประกอบไปด้วยที่ดิน ต้นอ้อย แรงงาน เครื่องจักร ระบบการผลิตนี้ไม่ได้มีผลต่อสภาพอากาศ หรือฤดูกาล คือสภาพอากาศไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของการผลิตอ้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้าพิจารณาการทดลองผลิตอ้อยในเรือนทดลอง จะเห็นได้ว่าสมมุติฐานเช่นที่กล่าวมาแล้วต้องได้รับการปรับปรุง นั่นคือสภาพอากาศเป็นส่วนหนึ่งของระบบการผลิต เนื่องจากระบบการผลิตอ้อยสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศได้ Model หรือ แบบจำลองระบบเป็นตัวแทนระบบธรรมชาติเท่าที่เรามีความเข้าใจอยู่ในขณะนั้น อาจเป็นแบบจำลองกายภาพ (physical model) ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม หรืออาจจะเป็นแผนที่ เช่น แผนที่โลกซึ่งเป็นตัวแทนของระบบโลกทั้งหมด เป็นต้น System simulation หรือ การจำลองสถานการณ์ หมายถึง การใช้แบบจำลองที่มีอยู่หรือที่พัฒนาได้ในการศึกษาการตอบสนองของระบบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

หลักการสำคัญประการหนึ่งของการวิจัยแนวนี้คือการสร้างแบบจำลองระบบและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้ Forrester diagram ตามหลักการของ state variable approach (รูปที่ 2) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลัก (state variables) และตัวแปรอัตราเพิ่ม (rate variables) ของระบบที่สนใจ ตัวอย่างของตัวแปรหลักในระบบการผลิตอ้อยได้แก่ น้ำหนักใบ น้ำหนักลำต้น ปริมาณน้ำและปริมาณธาตุอาหารในชั้นดินต่าง ๆ เป็นต้น และตัวอย่างของตัวแปรอัตราเพิ่มคือค่าคงที่ที่จะกำหนดการเพิ่มขึ้นของตัวแปรหลักดังกล่าวในระยะเวลาหนึ่ง (DELTA หรือ DURATION) ดังนั้นน้ำหนักลำต้นอ้อยในหนึ่งวันเท่ากับ DELTA x rate ปัจจัยภายนอกจะเป็นตัวกำหนดค่าตัวแปรอัตราเพิ่ม เช่น ในสภาพอุณหภูมิอากาศสูงพืชมีอัตราการหายใจและอัตราการคายน้ำสูงกว่าในสภาพอุณหภูมิอากาศต่ำ

รูปที่ 2:

Forrester diagram ของตัวแปรหลักและตัวแปรอัตราเพิ่ม.

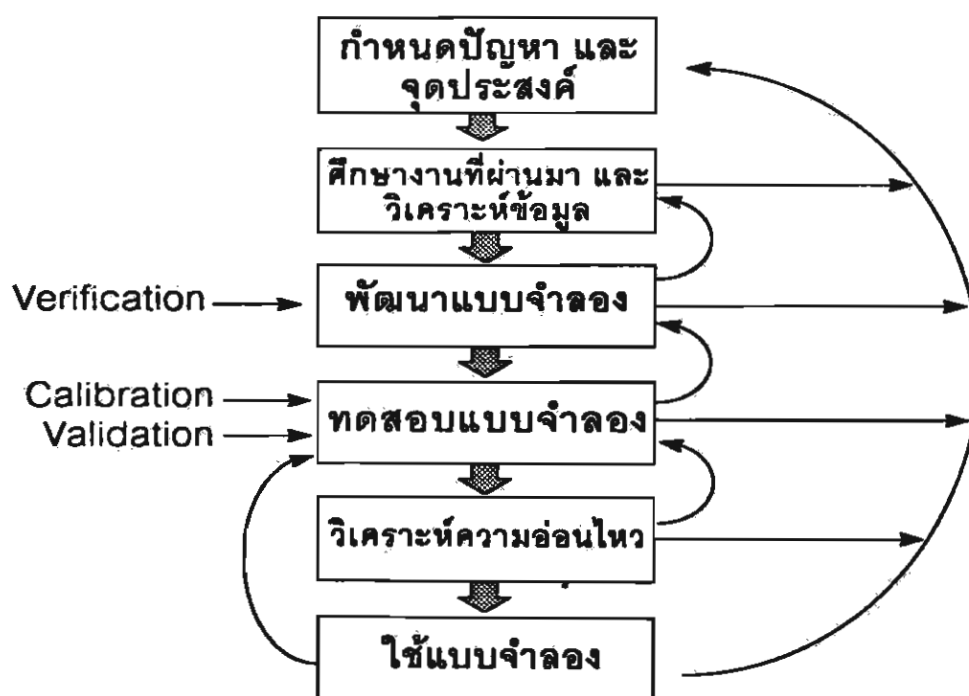


ขั้นตอนการดำเนินงานของการใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนการดำเนินงานของวิธีการวิจัย modeling แสดงไว้ในรูปที่ 3 (Dent and Blackie, 1979) เป็นกระบวนการสองขั้นตอน คือ กระบวนการออกแบบและการพัฒนาแบบจำลองของระบบที่ศึกษา และกระบวนการใช้แบบจำลองระบบในการจัดการทรัพยากรในระบบจริง

ขั้นตอนแรก เป็นการกำหนดจุดประสงค์และปัญหาที่จะทำการศึกษามีโอกาสในการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองหรือไม่? (system definition and objectives of modeling) โดยการกำหนดขอบเขตของเรื่องที่จะทำการศึกษา เช่น ศึกษาการตอบสนองของอ้อยที่มีต่อระดับปุ๋ยในโตรเจนในระดับไร่นา หรือ ในระดับต้นอ้อย เป็นต้น การกำหนดขอบเขตจะช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องเป็นไปได้

รูปที่ 3: กระบวนการวิจัยตามแนว modeling (Dent and Blackie, 1979)



อย่างมีประสิทธิภาพ หลักใหญ่ขั้นตอนนี้คือการแยกให้ชัดว่าจะใช้แนวทางนี้เพื่อ 1) ช่วยประมวลความหมายหรือผลการทดลองโดยใช้แบบจำลอง 2) ใช้แบบจำลองในการกำหนดทิศทางในการวิจัยของหน่วยงาน และ 3) ใช้แบบจำลองในการสนับสนุนการตัดสินใจจัดสรรทรัพยากรการผลิต

ขั้นตอนที่สอง เป็นการศึกษาเพื่อทราบองค์ความรู้และวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ (analysis of data) เป็นขั้นตอนที่สำคัญเนื่องจากจะเป็นการกำหนดความต้องการของข้อมูลและความสามารถของแบบจำลอง ในเบื้องต้นอาจจะสามารถสร้างแบบจำลองประเภท empirical เมื่อมีความเข้าใจดีแล้วจึงจะสามารถสร้างแบบจำลองประเภท process-based ได้ ซึ่งต้องการข้อมูลปริมาณมากและมีขีดความสามารถในการคาดการณ์ได้ดีกว่าแบบแรก แต่ต้องการข้อมูลแนวลึกเป็นปริมาณมากกว่าแบบจำลองแบบ empirical

ขั้นตอนที่สาม เป็นการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์จากข้อมูลที่ได้ (model development) การพัฒนาแบบจำลองต้องคำนึงถึงโครงสร้างของแบบจำลอง ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้พัฒนา ปริมาณข้อมูลที่ต้องการในการใช้งาน ความแม่นยำในการใช้งาน และความสะดวกในการใช้งาน ในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องทดสอบแบบจำลองว่าสามารถคำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ ได้ถูกต้องตามที่คิดไว้หรือไม่ (model verification)

ขั้นตอนที่สี่ เป็นส่วนที่สำคัญและใช้เวลานานมากกว่ากิจกรรมอื่น เป็นช่วงที่ต้องทำการทดสอบว่าแบบจำลองคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นกับระบบจริงเพียงใด (model validation) มีวิธีการทดสอบหลายวิธี (Xingming, 1995) ในทางปฏิบัติ จะทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแปลงทดลอง (observed values) กับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง (simulated values) การทดสอบแบบจำลองพืชในระบบ DSSAT 3.0 ต้องการข้อมูลภูมิอากาศเกษตรรายวัน ข้อมูลดินตามชั้นดิน ข้อมูลดินเมื่อเริ่มต้นงานทดลอง และข้อมูลการเจริญเติบโตของพืชในระหว่างฤดูปลูกและช่วงการเก็บเกี่ยว

ขั้นตอนที่ห้า เป็นการทดสอบความอ่อนไหวของตัวแปรในแบบจำลองต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยการผลิต (sensitivity analysis) จะดำเนินการเมื่อแบบจำลองได้ผ่านขั้นตอนที่สามและสี่มาแล้ว ตัวแปรที่มีความอ่อนไหวมากเป็นจุดที่เราสามารถจัดการได้มากเพื่อประสิทธิภาพในการผลิต หรือช่วยกำหนดทิศทางการวิจัย

ขั้นตอนที่หก เป็นขั้นตอนสำคัญของวิธีการวิจัยแนวนี้นี้ เป็นการใช้งานแบบจำลองเพื่อใช้คาดการณ์ระดับการผลิตเมื่อผู้ผลิต (เกษตรกร) ปรับเปลี่ยนระดับของปัจจัยการผลิต เช่น การเปลี่ยนพันธุ์อ้อย การปรับระดับน้ำชลประทาน และระดับการให้ปุ๋ยเคมี ผลกระทบของ global warming ต่อการผลิตพืช เพื่อประโยชน์สูงสุดในการตัดสินใจจัดสรรทรัพยากรการผลิต (decision support with model) งานวิจัยโดยใช้แนวทางนี้ส่วนใหญ่มีการกลับไปกลับมาอยู่ในระหว่างขั้นตอนที่สามถึงขั้นตอนที่หก

ผลลัพธ์ของการใช้แบบจำลอง

ผลลัพธ์หรือผลผลิตของวิธีการวิจัยแบบ modeling มีสองส่วน ส่วนแรกได้แก่ความเข้าใจกระบวนการของพืช รวมทั้งเทคโนโลยีการผลิตพืชที่ได้จากการรวบรวมองค์ความรู้ และส่วนที่สองได้แก่แบบจำลองคอมพิวเตอร์การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช และ/หรือ กระบวนการที่สนใจศึกษา ทำให้นักวิจัยสามารถประสาน (integrate) ผลงานวิจัยและองค์ความรู้ของแต่ละสาขาวิชาได้ดีขึ้น แบบจำลองก็คือตัวแทนองค์ความรู้ ณ เวลานั้น เป็นตัวแทนที่ดีที่สุด ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ เป็น intermediate product ของกระบวนการวิจัย เราสามารถใช้แบบจำลองที่ได้เพื่อการคาดการณ์ (predict) สภาพของระบบตามกระบวนการที่มีที่แบบจำลองว่าระบบจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร? ให้ผลผลิตเป็นมากน้อยเพียงไรภายใต้การจัดการต่าง ๆ

ข้อเสียเปรียบของการใช้แบบจำลอง

วิธีการนี้มีข้อเสียเปรียบอยู่มากโดยเฉพาะในบ้านเรา เนื่องจากเป็นวิธีการที่ใหม่มาก ยังไม่ได้รับการบรรจุเข้าในหลักสูตรการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรีสาขาเกษตร เป็นวิธีการที่ต้องใช้แนวทางเชิงปริมาณ (quantitative approach) ในการทำงานทดลอง และต้องการความเข้าใจเรื่องคอมพิวเตอร์อีกด้วย

นอกจากนี้ เรามีแนวโน้มว่าจะมีผู้รอใช้แบบจำลองพืชสำเร็จรูปมากกว่าผู้ที่จะพัฒนาแบบจำลองพืช ดังนั้นโปรแกรมแบบจำลองพืชจึงมีอัตราการเกิดค่อนข้างต่ำ ยกตัวอย่างเช่น ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางเกษตร DSSAT 3.0 มีแบบจำลองพืชเพียง 15 พืช (Tsuji et al, 1994) ทำให้ศักยภาพของการใช้แบบจำลองพืชเพื่อคาดการณ์ระบบการผลิตจริงจึงมีอุปสรรคมากมาย เนื่องจากระบบการผลิตจริงแม้จะเป็นเพียงในระดับไร่นาเกษตรกรก็มีองค์ประกอบมากมายหลายชนิด เป็นการยากมากที่จะสร้างแบบจำลองของทุกองค์ประกอบได้ ยกเว้นแต่เราร่วมมือกันพัฒนาอย่างจริงจังโดยมีกรอบ (research framework) เดียวกัน และโปรแกรมแบบจำลองพืชที่มีอยู่ในวงการปัจจุบันนี้ยังเป็นระบบที่ได้รับความสนุกเมื่อใช้งาน คือ เป็นโปรแกรมที่อยากต้องรู้เรื่องมากมายเหลือเกินจึงจะสามารถ master โปรแกรมเหล่านี้ได้

อันตรายที่อาจจะเกิดจากการใช้แนวทางนี้ในการวิจัยก็มีได้มากเช่นกัน นักวิจัยที่ทำงานทดลองอยู่ในแปลงทดลองกลายเป็นผู้เก็บข้อมูลให้แก่ นักพัฒนาแบบจำลอง ในบางสถานการณ์การดำเนินงานวิจัยแบบเป็นทีมอาจจะไม่ได้ผลผลิตอะไรที่เด่นชัดเลย หรือไม่ทราบว่าจะเริ่มต้นที่ใด เงินทุนวิจัยส่วนหนึ่งต้องใช้เพื่อการพัฒนาเครื่องมือเครื่องมือ hi-tech และผลลัพธ์ที่ได้ส่วนใหญ่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์มากกว่าการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ หรือค้นพบองค์ความรู้ใหม่ทางเกษตร สุดท้ายคือศัพท์แสงของทาง modeling เป็นศัพท์ที่ไม่คุ้นหูอาจจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดพลาด

ถ้าจะนำวิธีการนี้มาใช้จริง จะต้องพิจารณาทำให้การจัดสรรงบประมาณและทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดความสมดุลระหว่างงานวิจัยเดิมกับงานวิจัยแนว modeling นอกจากนี้อาจจะมีคำถามว่าจะร่วมมือกันดำเนินงานวิจัยแบบ active อย่างไรระหว่างผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาการ

ลำดับขั้นระบบการผลิตพืชของการใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนการวิจัยโดยใช้วิธีการ modeling มีลักษณะใกล้เคียงกับขั้นตอนงานวิจัยเชิงระบบอื่น เช่น งานวิจัยระบบการปลูกพืช งานวิจัยระบบการทำฟาร์ม (อาร์นัต พัฒโนทัย, 2528) เป็นต้น เริ่มต้นด้วยการกำหนดประเด็นปัญหาที่จะทำการวิจัย ออกแบบการแก้ปัญหา ทดสอบการแก้ปัญหา และสิ้นสุดด้วยการขยายผลรูปแบบการแก้ปัญหาที่ได้ผลไปสู่ผู้ประกอบการรายอื่นต่อไป อย่างไรก็ตาม ข้อแตกต่างอย่างหนึ่งของวิธีการ modeling กับวิธีการวิจัยเชิงระบบอย่างอื่นคือในขั้นตอนการออกแบบเพื่อแก้ปัญหานั้นมีผลลัพธ์เป็นแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของระบบที่ทำการแก้ปัญหาอยู่ นอกจากนี้แบบจำลองที่พัฒนาได้จะเป็นเครื่องมือสำคัญในการทดสอบวิธีการแก้ปัญหาของระบบ การออกแบบเพื่อแก้ปัญหาวงวิธีการวิจัยระบบการทำฟาร์มหรือการวิจัยระบบการปลูกพืชเป็นขั้นตอนที่นักเกษตรคิดค้นระบบการปลูกพืช และ/หรือ ระบบการผลิตสัตว์ กำหนดเป็นชุดงานทดลอง มีตำราทดลอง มีจำนวนซ้ำ ดำเนินการทดลองในสภาพจริงเพื่อทราบผลของการแก้ปัญหา

ในวงการ modeling ขั้นตอนที่สำคัญมากที่สุดได้แก่ขั้นตอนการออกแบบและการพัฒนาแบบจำลองของระบบที่สนใจ เนื่องจากเป็นขั้นตอนในการกำหนดโครงสร้างและกรอบการวิจัย โครงการวิจัยบางโครงการเน้นการพัฒนาแบบจำลอง บางโครงการเน้นการทดสอบแบบจำลอง หรือบางโครงการดำเนินเน้นทั้งสองกิจกรรม ในด้านการพัฒนาแบบจำลองระบบนั้นเป็นที่ยอมรับกันในวงการว่ากรอบการวิจัยแบ่งออกตามลำดับขั้นของระบบการผลิตพืช (Penning de Vries, 1982) โดยแบ่งเป็น 4 ระบบการผลิต ได้แก่

1. ระบบการผลิตพืชขั้นสูงสุด (potential crop production systems)
2. ระบบการผลิตพืชที่มีน้ำเป็นปัจจัยจำกัด (water limited crop production systems)
3. ระบบการผลิตพืชที่มีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด (nitrogen limited crop production systems)
4. ระบบการผลิตพืชที่มีธาตุอาหารอื่น ศัตรูพืช และปัจจัยสังคมเป็นปัจจัยจำกัด (other plant nutrients; pest, and social factors limited crop production systems)

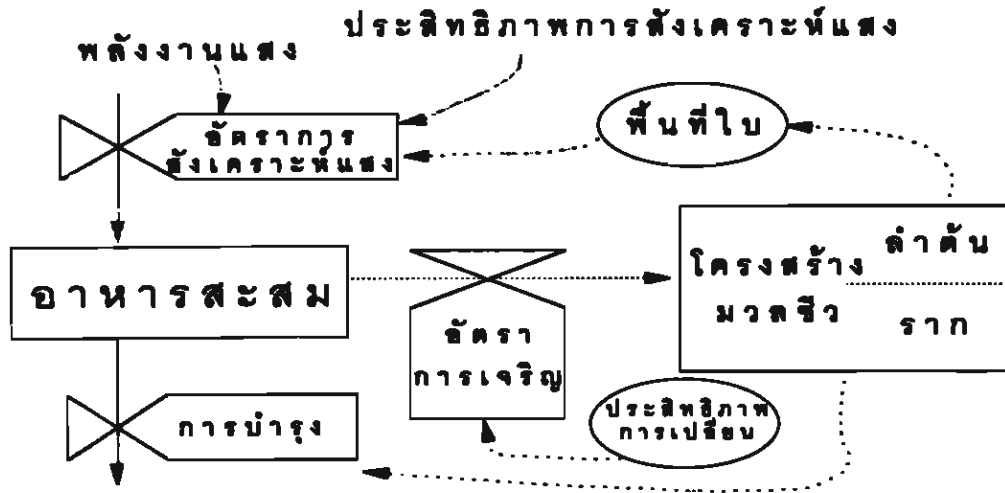
นักวิจัยแยกวิจัยเพื่อทำความเข้าใจกระบวนการพัฒนาการของพืช (crop development) และการเจริญเติบโตของพืช (crop growth) โดยให้ความสนใจวิจัยกระบวนการทั้งสองมากกว่ากระบวนการพัฒนาด้านโครงสร้างของพืช (crop morphology) การศึกษาที่ผ่านมาเน้นการตอบสนองของพืชต่อระดับการจัดการทรัพยากรการผลิต นอกจากนี้การแบ่งระบบการผลิตตามลำดับขั้นการผลิตทำให้การพัฒนาแบบจำลองพืชและสัตว์ดำเนินไปอย่างมีระบบไม่ซ้ำซ้อน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานทราบขอบเขตของปัญหาที่ประสบอยู่และทำให้การแก้ไขปัญหาดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบการผลิตพืชขั้นสูงสุด (potential crop production system)

ในระบบการผลิตพืชระบบนี้ กระบวนการเจริญเติบโตและกระบวนการพัฒนาการของพืชได้รับปัจจัยการผลิตอย่างเต็มที่ หมายถึงมีปริมาณน้ำและระดับธาตุอาหารของพืชเกินความต้องการแต่ไม่เป็นพิษต่อพืช พืชมีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 24-56 กิโลกรัมแห้ง/ไร่/วัน เมื่อมีพื้นที่ใบครอบคลุมพื้นที่ดินอย่างสมบูรณ์ และเป็นอัตราที่ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเกษตรโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ และในบางสถานการณ์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีอากาศหนาว แบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืชในระดับนี้สามารถคำนวณการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรหลักซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชได้แก่ ใบ ลำต้น ราก เมล็ด ตามกระบวนการสังเคราะห์แสง การบำรุงรักษาส่วนต่าง ๆ และการกระจายสารสังเคราะห์ (รูปที่ 4)

ตัวอย่างของระบบการผลิตนี้สามารถสร้างได้ในห้องปฏิบัติการ ในสภาพการผลิตจริงก็มีเช่นกัน เช่น ระบบการผลิตข้าวในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย การผลิตข้าวสาลีและมันฝรั่งในประเทศฮอลแลนด์ เป็นต้น

รูปที่ 4: ระบบการผลิตพืชขั้นสูงสุด (potential crop production system) (ดัดแปลงจาก Penning de Vries, 1982 และ J.T. Ritchie, 1991)



ระบบการผลิตพืชที่มีน้ำเป็นปัจจัยจำกัด (water limited crop production systems)

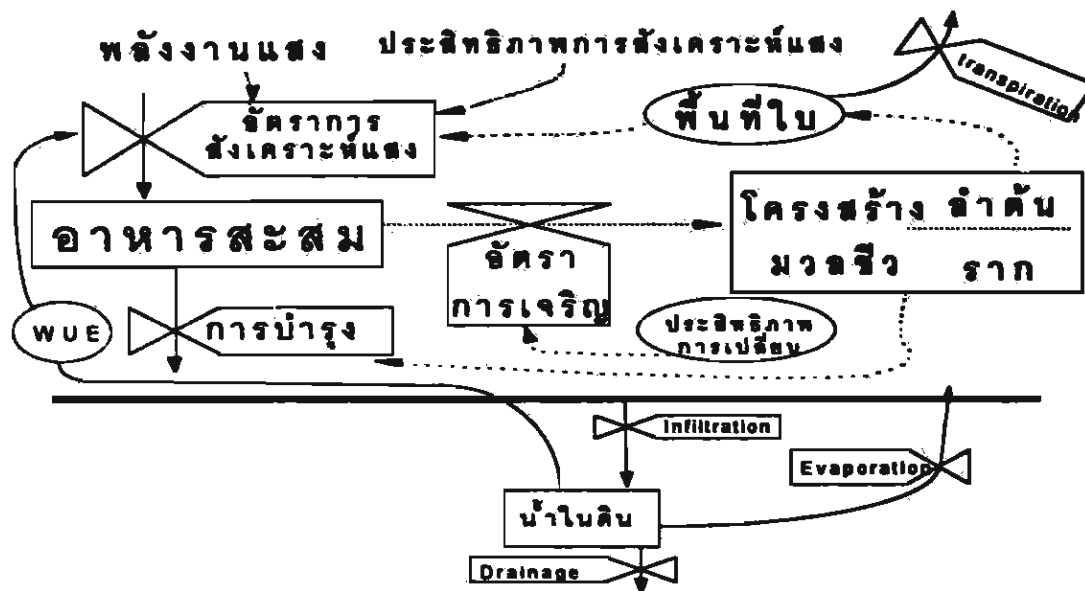
การเจริญเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้มีข้อจำกัดเรื่องน้ำในบางช่วงของการพัฒนาการของพืช แต่อัตราการเจริญเติบโตสามารถดำเนินได้อย่างเต็มที่เหมือนในระบบการผลิตที่หนึ่งเมื่อมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการของพืช (รูปที่ 5) กระบวนการเพิ่มเติมในระบบการผลิตนี้ได้แก่ พลวัตของน้ำในดินและพืช การสูญเสียน้ำในกระบวนการ runoff และ drainage ที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษในระบบการผลิตนี้ได้แก่การถ่ายเทพลังงานความร้อนระหว่างอากาศ พืช และดิน แบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืชในระดับนี้สามารถคำนวณการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรหลักเพิ่มเติมขึ้นจากแบบจำลองระดับแรกคือสามารถคำนวณการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในชั้นดินต่าง ๆ ได้ รวมทั้งคำนวณการดูดตรึงน้ำของพืชในแต่ละช่วงของการพัฒนาการ

ตัวอย่างของระบบการผลิตนี้มีมากมายในพื้นที่เขตร้อนอย่างเช่นในประเทศไทย และการผลิตในเขตกึ่งร้อนกึ่งหนาว

ระบบการผลิตพืชที่มีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด (nitrogen limited crop production systems)

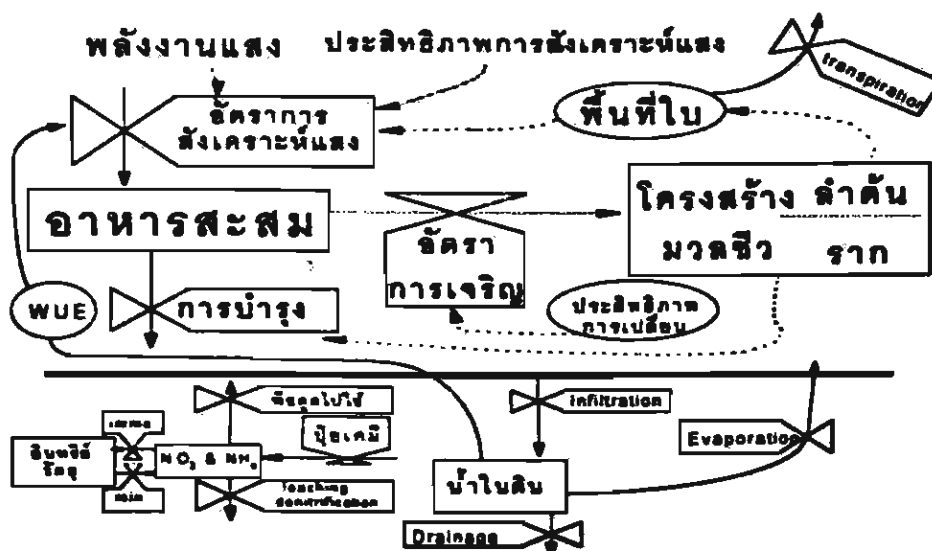
การเจริญเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้มีข้อจำกัดเพิ่มเติมจากเรื่องน้ำในบางช่วงของการพัฒนาการของพืช คือระดับของธาตุไนโตรเจนต่ำกว่าความต้องการของพืชในบางช่วงของการพัฒนาการ โดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูการผลิตพืช (รูปที่ 6) กระบวนการเพิ่มเติมในระบบการผลิตนี้ได้แก่พลวัตของธาตุไนโตรเจนในดินและในพืช การสูญเสียของธาตุไนโตรเจนในกระบวนการ leaching และ denitrification การตอบสนองของพืชต่อธาตุไนโตรเจน และการเคลื่อนย้ายธาตุไนโตรเจนจากส่วนที่มีอายุมากไปยังส่วนของพืชที่เกิดใหม่

รูปที่ 5: ระบบการผลิตพืชที่มีน้ำเป็นปัจจัยจำกัด (water limited crop production systems) (ดัดแปลงจาก Penning de Vries, 1982 และ J.T. Ritchie, 1991)



ตัวอย่างของระบบการผลิตนี้มีมากมายในพื้นที่เขตร้อนอย่างเช่นในประเทศไทย และการผลิตในเขตกึ่งร้อนถึงหนาว หลักการงานวิจัยในระดับกระบวนการเพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับระดับการผลิตทั้งสามที่กล่าวแล้ว มีผู้พัฒนาไว้แล้วมากมาย (ตารางที่ 1) เป็นความเข้าใจที่ได้ทำการรวบรวมในรูปแบบจำลองพืชหลายพืช

รูปที่ 6: ระบบการผลิตพืชที่มีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด (ดัดแปลงจาก Penning de Vries, 1982 และ J.T. Ritchie, 1991)

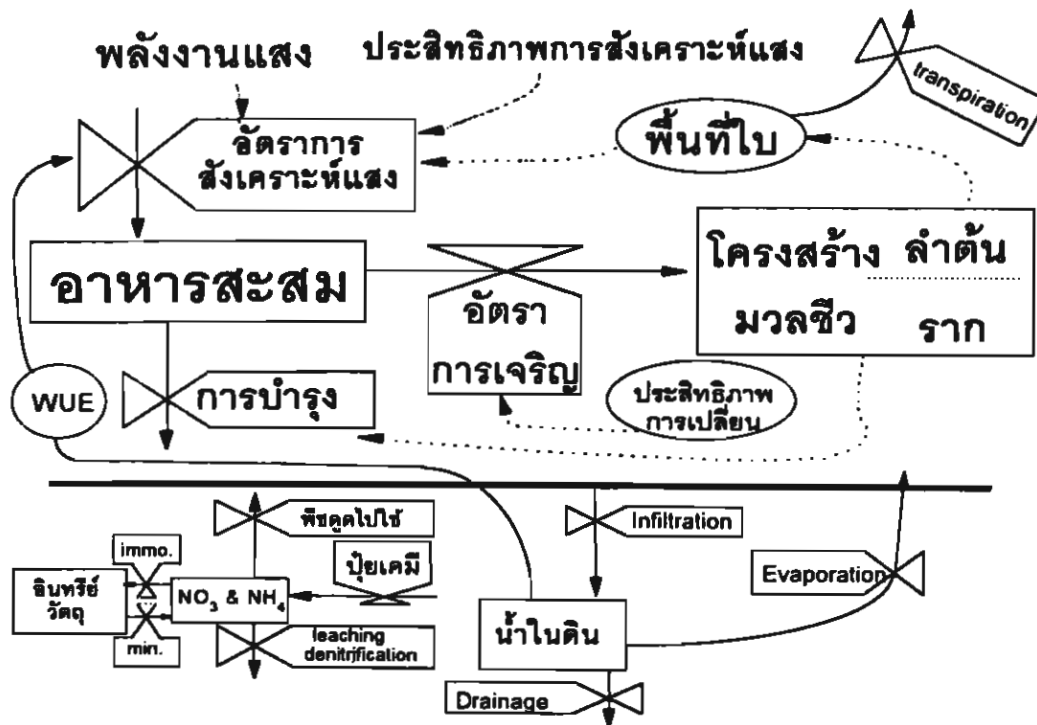


ระบบการผลิตพืชที่มีธาตุอาหารอื่น ศัตรูพืช และปัจจัยสังคมเป็นปัจจัยจำกัด (other plant nutrients, pest, and social factors limited crop production systems)

การเจริญเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้มีข้อจำกัดเพิ่มเติมจากเรื่องน้ำและเรื่องธาตุไนโตรเจนคือการขาดธาตุฟอสฟอรัส (phosphorus) ธาตุโพแทสเซียม (potassium) ในบางช่วงของการพัฒนาการของพืช การขาดธาตุฟอสฟอรัสมีความเกี่ยวข้องกับการ metabolism ของธาตุไนโตรเจน (รูปที่ 7) อัตราการเจริญเติบโตของพืชมีเพียง 1.6-8.0 กิโลกรัมแห้ง/ไร่/วัน ในช่วงการเจริญเติบโตน้อยกว่า 100 วัน

ตัวอย่างของระบบการผลิตนี้มีมากมายในพื้นที่เขตร้อนอย่างเช่นในประเทศไทย และการผลิตในเขตกึ่งร้อนกึ่งหนาว

รูปที่ 7: ระบบการผลิตพืชที่มีฟอสฟอรัสเป็นปัจจัย (ดัดแปลงจาก Penning de Vries, 1982 และ J.T. Ritchie, 1991)



สัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืช (crop genetic coefficients)

แบบจำลองพืชของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์เกษตรในประเทศสหรัฐอเมริกา มีข้อแตกต่างจากแบบจำลองของกลุ่มฮอลแลนด์ตรงที่แบบจำลองของกลุ่มแรกบรรยายความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ของพืชต่าง ๆ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืช (crop genetic coefficients) (Hunt et al, 1989) โดยแบ่งค่าสัมประสิทธิ์ฯ ออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้บรรยายความแตกต่างด้านพัฒนาการของพืช และกลุ่มที่ใช้บรรยายความแตกต่างด้านการเจริญเติบโตของพืช

ค่าสัมประสิทธิ์พัฒนาการของพืช (crop phenology coefficients)

เป็นค่าอุณหภูมิสะสมในแต่ละช่วงพัฒนาการของพืชตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยว บางค่าแสดงความอ่อนไหวของพันธุ์พืชต่อความแล้งซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในการควบคุมการออกดอก ในกรณีของแบบจำลองข้าว CERES-rice มีค่าสัมประสิทธิ์พัฒนาการอยู่สี่ค่า (ตารางที่ 1) ค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้หาได้ทั้งจากแปลงทดลอง (field experiment) และจากห้องทดลองควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ความเข้าใจที่ได้จากค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้มีผลในทางปฏิบัติมากมาย ในอ้อยเป็นตัวอย่างหนึ่ง การทดลองของโครงการ ททอ. ระหว่างปี 2538 พบว่าหลังจากที่อ้อยสองพันธุ์มีพัฒนาการถึงใบที่ 18-25 อ้อยมีการสลับหน่อทิ้งและเริ่มเข้าสู่ระยะที่มีจำนวนลำอ้อยต่อกอค่อนข้างคงที่ ระยะนี้เป็นระยะที่อ้อยมีการยืดปล้องและมีความต้องการธาตุอาหารเป็นปริมาณมากเพื่อการสร้างส่วนต่าง ๆ

ตารางที่ 1. สัมประสิทธิ์กรรมพันธุ์ข้าวในระบบ CERES

รหัส	ความหมาย
สัมประสิทธิ์พัฒนาการ	
P1	GDD จากโมลท์ต้นมีวดิน ถึง สิ้นสุดระยะแตกกอ ที่อุณหภูมิพื้นฐาน 8 °C ค่า P1 อยู่ในระหว่าง 350-900 GDD.
P5	GDD จากระยะออกดอก ถึง สิ้นสุดระยะเมล็ดโตเต็มที่ ที่อุณหภูมิพื้นฐาน 8 °C ค่า P5 อยู่ในระหว่าง 430-550 GDD.
P20	ความยาววันวิกฤตต่อการออกดอก อยู่ระหว่าง 10-13 ชั่วโมง
P2R	สัมประสิทธิ์ความไวต่อแสง 50-250 GDD
สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต	
G1	จำนวนเมล็ดสูงสุดต่อต้น
G2	น้ำหนักเมล็ดเดี่ยวสูงสุด (กรัม)
G3	การแตกกอ (0.6-1.0)
G4	การทนความร้อน

ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของพืช (crop growth coefficients)

เป็นค่าที่แสดงอัตราการเจริญเติบโตของแต่ละส่วนของพืช ในกรณีของแบบจำลองข้าวมีค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตสี่ค่า (ตารางที่ 2) ค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้หาได้ทั้งจากแปลงทดลอง (field experiment) และจากห้องทดลองที่สามารถควบคุมสภาพ (growth chamber) ในกรณีของอ้อยต้องมีการศึกษาในประเด็นนี้อีกมาก การกำหนดความแตกต่างระหว่างพันธุ์พืชที่พร้อมจะกระจายสู่เกษตรกร หรือการทดลองในหลายพื้นที่เป็นประโยชน์ต่องานปรับปรุงพืช (Hunt et al. 1989) นักวิจัยสามารถประเมินระดับการเมล็ดของสายพันธุ์พืชใหม่ได้ถ้ามีสัมประสิทธิ์กรรมพันธุ์

ตารางที่ 2: มังการกระจายสารสังเคราะห์ในแบบจำลองข้าว CERES-Rice

รหัส	ระยะพัฒนาการ	ส่วนของพืช
7	เตรียมดิน ถึง ปลูก	-
8	ปลูก ถึง งอก	เมล็ด ราก
9	งอก ถึง โผล่พ้นผิวดิน	ราก ใบ
1	งอก ถึง หมดระยะหนุ่มสาว	ราก ใบ ลำต้น
2	หมดระยะหนุ่มสาว ถึง แทะช่อดอก	ราก ใบ ลำต้น
3	ทะช่อดอก ถึง ออกดอก	ราก ใบ ลำต้น ช่อดอก
4	ออกดอก ถึง เริ่มสร้างเมล็ด	ราก ใบ ลำต้น ช่อดอก
5	เริ่มสร้างเมล็ด ถึง เมล็ดเต็ม	ราก ช่อดอก เมล็ด
6	เมล็ดเต็ม ถึง สุกแก่ทางสรีระ	ราก ลำต้น เมล็ด

แบบจำลองพืชช่วยเสริมงานวิจัยปัจจุบันได้อย่างไร?

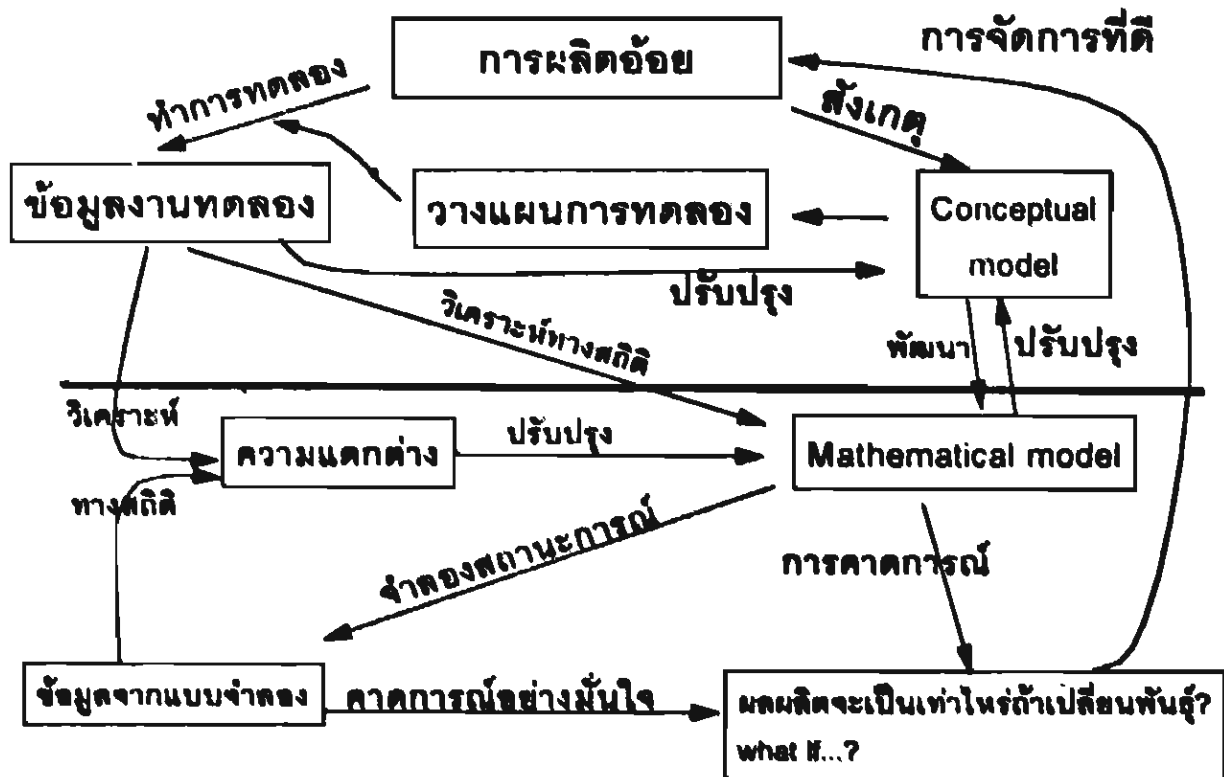
การสร้างหัวข้อวิจัยของงานวิจัยสายชีวกายภาพหรืองานวิจัยสายสังคมเกษตรมีพื้นฐานจากการสังเกตระบบจริงที่สนใจ (ในกรณีของเราคือเป็นระบบที่สนใจ รูปที่ 8) และสร้างแบบจำลองเชิงความคิดขึ้น กำหนดส่วนต่าง ๆ ของระบบ และกำหนดความสัมพันธ์ แบบจำลองเชิงความคิดนำไปสู่การพัฒนาแผนงานวิจัยและสามารถวางแผนงานทดลองเพื่อแก้ไขปัญหาระบบการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่องานทดลองได้รับการออกแบบตามหลักการทางสถิติและได้ลงมือทดลองจริงในสนามทำให้กลุ่มผู้วิจัยสามารถสร้าง รวมทั้งปรับปรุงข้อมูลและแบบจำลองเชิงความคิดให้ดีขึ้น และสามารถใช้อธิบายพฤติกรรมของระบบได้ดีกว่าระยะเริ่มแรก

แนววิจัยด้วยแบบจำลองจะสนับสนุนและเพิ่มประสิทธิภาพงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นได้โดยนำผลการศึกษาและผ่านการวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติมาประกอบการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพืชและ/สัตว์ (mathematical model) นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากงานทดลองที่มีอยู่ทั่วประเทศก็สามารถใช้ประกอบการเปรียบเทียบกับแบบจำลองฯ ได้หากมีการจัดเก็บข้อมูลตามความต้องการของแบบจำลองฯ ทำให้การปรับปรุงแบบจำลองเป็นไปอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว สามารถคาดการณ์ระบบจริงได้มากขึ้นในทุกสภาพการผลิตแบบ-จำลองที่สามารถคาดการณ์ได้ใกล้เคียงกับระบบการผลิตจริงสามารถนำไปประกอบการแก้ไขปัญหาการผลิตทางเกษตรได้หลายแง่มุม (Jintrawet, 1991)

ดังนั้นงานวิจัยย่อยที่จะเกิดใหม่ควรพิจารณาใช้แนวทางวิจัยโดยใช้แบบจำลองเป็นกรอบเพื่อวางแผนการวิจัยโดยเฉพาะในประเด็นของการจัดเก็บข้อมูลการทดลองในสนามเพื่อทดสอบแบบจำลองพืชที่มีอยู่แล้ว ในทำนองเดียวกัน สำหรับงานทดลองที่กำลังจะดำเนินการในฤดูเพาะปลูกที่จะถึง เราสามารถใช้วิธีการ modeling เข้าสนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลได้

รูปที่ 8

ความสัมพันธ์ของการวิจัยโดยใช้แบบจำลองและการวิจัยอื่น



สรุป

บทนี้กล่าวถึงความต้องการผลงานวิจัยทางเกษตรในสถานการณ์การผลิตที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูง และโอกาสในการสร้างผลงานวิจัยโดยนักวิจัยไทยด้วยวิธีการใช้แบบจำลอง โดยการพัฒนางานวิจัยที่มีองค์ประกอบที่เหมาะสมในการสนับสนุนการใช้วิธีการวิจัยแนวนี้

การเกษตรเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบชีวภาพของธรรมชาติมากที่สุดกิจกรรมหนึ่ง ผู้ทำการศึกษาทำความเข้าใจระบบชีวภาพส่วนใหญ่ถูกฝึกให้มองภาพของระบบเป็นโครงสร้างที่มีลำดับขั้นต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับยีน เซลล์ ต้นพืช สัตว์ แปลงพืช ป่าไม้ และระบบนิเวศน์ ในแต่ละส่วนมีพฤติกรรมเป็นผลจากพฤติกรรมร่วมระหว่างองค์ประกอบในระดับชั้นที่เล็กกว่าโดยได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกนอกหลายปัจจัย การศึกษาระบบชีวภาพโดยวิธีการง่ายที่สุดคือการแยกศึกษาส่วนต่าง ๆ โดยอิสระ การใช้แบบจำลองเป็นแนวทางหนึ่งและเครื่องมือชนิดหนึ่งในการวิจัยเกษตรสมควรได้รับการพิจารณาเพื่อใช้ในระบบงานวิจัยการผลิตย่อยในประเทศไทยในอนาคตอันใกล้ ในกรณีที่เป็นผู้ใช้แบบจำลองควรที่จะต้องทำความเข้าใจสมมุติฐานของแบบจำลองที่ตนเองใช้อยู่

หลักการสำคัญของการวิจัยอย่างเป็นระบบคือต้องมีความเข้าใจของระบบทั้งหมดเท่าที่จะทำได้ อาจจะโดยการรวบรวมองค์ความรู้ทั้งในและต่างประเทศในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำความเข้าใจนั้น ๆ ไปประกอบการคาดการณ์การตอบสนองของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยการผลิต ความเข้าใจระบบมีความแตกต่างกันตามลำดับขั้นของระบบ ซึ่งต้องมีความถูกต้องและความละเอียดตามมาตรฐานในแง่เวลา (temporal

dimension) และระยะทาง (spatial dimension) เช่นความละเอียดและมาตรฐานของระบบพลวัตของน้ำในดิน อาจจะมีการละเอียดในด้านเวลาเป็นรายชั่วโมง ในขณะที่ระบบการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักพืชมีความละเอียดเป็นรายวัน เป็นต้น ในบางโอกาสเราสามารถพิจารณาความละเอียดของแปลงปลูกย่อยที่มีขนาดหลายพันไร่ไม่มีความสม่ำเสมอเปรียบเสมือนต้นอ้อยต้นเดียวกัน และในทางตรงกันข้ามต้นอ้อยเพียงกอเดียวก็มีความละเอียดถึงระดับเซลล์และยีน นักพัฒนาแบบจำลองระบบสามารถพัฒนาแบบจำลองให้มีความละเอียดได้ในทุกระดับ ขึ้นอยู่กับฐานข้อมูลงานทดลองที่นำมาประกอบการพัฒนาแบบจำลอง อย่างไรก็ตาม ถ้าพิจารณาจากมุมมองของการใช้งานแบบจำลองเพื่อการคาดการณ์ผลลัพธ์ของระบบจะเห็นได้ว่าเรามีขอบเขตธรรมชาติให้สร้างแบบจำลองที่มีความละเอียดเฉพาะส่วนที่จำเป็นเท่านั้น

การปฏิบัติงานให้เป็นระบบ สามารถประสานผลงานวิจัยของแต่ละส่วนได้นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ผู้ชำนาญการจากหลายสาขาวิชา (inter and multidisciplinary approach) ทุกสาขาวิชามีส่วนร่วมในการพัฒนาองค์ความรู้หรือมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาอย่างเท่าเทียมกัน ในระดับที่เล็กกว่าต้นพืชนักวิชาการสรีระวิทยาพืช และนักวิชาการชีวเทคโนโลยีมีส่วนในการค้นหาคำตอบมากกว่านักเขตกรรม หรือนักปฐพีศาสตร์ ในขณะที่นักเศรษฐศาสตร์มีส่วนมากกว่าสาขาวิชาอื่นถ้าเกี่ยวข้องกับการวางแผน การตลาดของสินค้าการเกษตรแบบจำลองพืชที่กล่าวมาแล้วนั้นไม่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการผลิต การตลาด และการขนส่งสินค้าการเกษตรได้ทั้งหมด แบบจำลองระบบไม่ได้หยุดที่แบบจำลองพืช และ/หรือแบบจำลองสัตว์เท่านั้น

วิธีการนี้เป็นที่ยอมรับอย่างรวดเร็วในวงการเกษตรต่างประเทศ อัตราการเพิ่มขึ้นของโปรแกรมแบบจำลองพืชต่าง ๆ มีสูงมาก คำถามที่น่าสนใจในประเทศไทย คือ เราพร้อมที่จะเริ่มใช้แบบจำลองหรือไม่และเมื่อใดเพื่อให้เป็นเครื่องมือและเป็นโครงสร้างงานวิจัยร่วมกันในช่วงปี 2000

ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ
การเจริญเติบโตของอ้อย

โครงสร้างงานทดลองวันปลูกอ้อยชุดที่หนึ่ง
และสอง

ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

(อ้อยปลูก และอ้อยตอ 1 ของชุดที่หนึ่ง และ
อ้อยปลูก ของชุดที่สอง)

เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง อรรถชัย จินตะเวช และสุวิทย์ เลานศิริวงศ์

งานทดลองอิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อพัฒนาการและการเจริญเติบโตของอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่งและอ้อยตอปีที่สองเป็นงานทดลองที่มีจุดประสงค์หลักเพื่อการสร้างฐานข้อมูลขั้นต่ำสำหรับการพัฒนาการและการทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย ฐานข้อมูลที่จะพัฒนาในเมื่อจบการทดลองประกอบไปด้วย ข้อมูลภูมิอากาศเกษตรรายวัน ข้อมูลการจัดการผลิตอ้อย ข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมอ้อย และข้อมูลดิน ฐานข้อมูลทั้งสี่ฐานนี้มีโครงสร้างเดียวกันกับฐานข้อมูลในระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีทางเกษตร (DSSAT 3.0 และ 3.1) จากการสำรวจและการตรวจเอกสารพบว่ายังไม่มีหน่วยงานทั้งของภาครัฐและภาคเอกชนได้ดำเนินงานทดลองเพื่อจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวสำหรับอ้อยในประเทศไทย

จุดประสงค์จำเพาะของงานทดลองนี้มีสามประการคือ 1) เพื่อศึกษาการตอบสนองของอ้อยสองพันธุ์คือ พันธุ์ K และพันธุ์ U ที่มีต่อวันปลูกสู่วันปลูก 2) เพื่อรวบรวมข้อมูลจากสนามที่มีความสมบูรณ์เพียงพอต่อการพัฒนาและทดลองแบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0 และ 3) เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ความสัมพันธ์โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ระหว่างตัวแปรสภาพแวดล้อมและตัวแปรองค์ประกอบผลผลิตอ้อย รวมทั้งพยายามชี้แนวทางที่ควรดำเนินการวิจัย

สถานที่ทดลอง

ดำเนินการทดลองในสามจุดตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

หน่วยงาน	จุดที่ทำแปลงทดลอง	ชื่อชุดดิน
● ศูนย์วิจัยพืชไร่นุสรณ์บุรี กรมวิชาการเกษตร	14°18'N 99°52'E 593213 1581374 UTM	กำแพงแสน
● แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	16°28'N 102°48'E 265940 1821986 UTM	ยโสธร
● สถานีวิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	18°45'N 98°55'E 492508 2074117 UTM	สตึก

การตรวจวัดสภาพอากาศเกษตร

ได้ทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดสภาพอากาศเกษตรทั้งสามจุดที่ดำเนินการทดลอง โดยเครื่องของบริษัท UNIDATA ทำการตรวจวัดเป็นราย 10 นาที และคำนวณเป็นรายวันตามโครงสร้างแฟ้มข้อมูลของ DSSAT 3.0 ทำการตรวจวัดระดับพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสงของพืช ระดับอุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน

วิธีการทดลองและวิธีการวัดค่าตัวแปร

การแผนงานทดลองเป็นสองงานทดลอง ๆ ละ สองวันปลูก งานทดลองทั้งสองชุดวางแผนงานทดลองแบบ split plot มีสามซ้ำ วันปลูกเป็น main plot และพันธุ์ข้าวเป็น sub plot งานทดลองชุดที่หนึ่งมีวันปลูกที่ทำการเปรียบเทียบสองวันปลูก คือ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ หรือ 2 มีนาคม 2538 (D1) และ วันที่ 28 เมษายน 2538 (D2) งานทดลองชุดที่สองมีสองวันปลูก คือ วันที่ 1 หรือ 19 พฤศจิกายน 2538 (D3) และ วันที่ 10 หรือ 18 มกราคม 2539 (D4)

ใช้ข้าวสองพันธุ์คือ K และ U แปลงย่อยมีขนาด 18.9×15.0 เมตร โดยมีระยะระหว่างแถวเป็น 130 ซม. ระยะระหว่างต้นข้าวในแต่ละแถว 50 ซม. แปลงย่อยหนึ่งมี 14 แถว ๆ ละ 31 ต้น แปลงแถวย่อยทั้ง 14 แถว เป็นสามส่วน ๆ ละ สี่แถว เพื่อทำการติดตามพัฒนาการและการเจริญเติบโตของข้าวตลอดเวลาสามปี ปีแรกเก็บเกี่ยวแถวที่สามและแถวที่สี่ ปีสองเก็บเกี่ยวแถวที่เจ็ดและแปด ปีสามเก็บเกี่ยวแถวที่ 11 และ 12

ในแถวคู่ที่สามของไว้เพื่อการเก็บเกี่ยวในแต่ละปีนั้นทำการกำหนดต้นข้าวไว้ 14 ต้น เพื่อเป็นตัวแทนในการติดตามพัฒนาการของข้าวทั้งสองพันธุ์ ให้น้ำสัปดาห์ละสองครั้งในช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2538 และ 2539 ครั้งละประมาณ 20 มม. ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อข้าวมีอายุได้สองและสามเดือนตามลำดับ มีการกำจัดวัชพืชด้วยแบบวิธีกลและใช้สารเคมี รวมทั้งมีการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูข้าวตามความจำเป็น

ทำการบันทึกข้อมูลรายต้น ได้แก่ วันที่ใบแต่ละใบแผ่เต็มที่ โดยตรวจวัดจาก 14 ต้น ของแต่ละแปลงย่อย จดวันที่ร้อยละ 50 ของต้นในแปลงย่อยมีใบแผ่เต็มที่ เก็บเกี่ยวกอข้าวตัวอย่างทั้งกอจำนวนสองกอ ในระหว่างการเจริญเติบโต ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละปีระหว่างปี 2538 2539 2540 และ 2541 เพื่อหาพื้นที่ใบ นับจำนวนลำข้าว แล้วทำการแยกส่วนต่าง ๆ ออกเป็น ส่วนของต้นข้าว ส่วนของใบข้าว ส่วนของกาบใบข้าว และ ส่วนของรวงข้าว ทำการตากแห้งและชั่งน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วน

การวิเคราะห์องค์ประกอบความหวานได้จัดส่งลำต้นของข้าวไปที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีเพื่อตรวจวัดค่าองค์ประกอบความหวานได้แก่ %polarity, %brix, และ %fiber คำนวณค่า CCS และ ปริมาณ monosaccharides โดยวิธีการวิเคราะห์เดียวกันเพื่อลดความคลาดเคลื่อนซึ่งอาจเกิดจากวิธีวิเคราะห์ ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตจาก 14 กอ ของแต่ละปีในแปลงย่อย และบันทึก จำนวนลำข้าวทั้งหมด น้ำหนักสดของต้นข้าว สุ่มตัวอย่างลำข้าวหนึ่งลำต่อกกอเพื่อส่งที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบความหวานและปริมาณ monosaccharides.

การเก็บข้อมูลดิน

ก่อนการปลูกข้าวทำการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงย่อยตามระดับความลึกของชั้นดิน และส่งห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าเริ่มต้นของปริมาณธาตุไนโตรเจนในรูปของไนเตรทและแอมโมเนียม ค่าระดับความเป็นกรด-เป็นด่างของดิน (pH) และค่าความชื้นดิน

การรายงานผลการทดลอง

เนื่องจากงานทดลองทั้งสองชุดยังอยู่ในระหว่างการดำเนินการทดลอง รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ พทอ. ระยะแรกประกอบด้วยรายงานผลการทดลองอิทธิพลของวันปลูก (D1 และ D2) ที่มีต่ออ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่งของงานทดลองชุดที่หนึ่ง และ ผลการทดลองอิทธิพลของวันปลูก (D3 และ D4) ที่มีต่ออ้อยปลูกของงานทดลองชุดที่สอง (อรรถชัย และคณะ, สุวิทย์ และคณะ, และเฉลิมพล และคณะ ในรายงานฉบับนี้)

ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ
การเจริญเติบโตของอ้อย

การทดลองวันปลูกอ้อยชุดที่หนึ่งและสอง
ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี

(อ้อยปลูก และอ้อยตอ 1 ของชุดที่หนึ่ง และ
อ้อยปลูก ของชุดที่สอง)

เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง นิพนธ์ เขียมสุภาภิต ปรีชา พราหมณีย์ และ
ผาสุข ลีมรุ่งเรืองรัตน์

เขต ภูมิภาคกลางและเขตภาคตะวันตกของประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยรวมกัน 2,637,898 ไร่ (ฤดูการผลิต 2536/2537 หรือประมาณร้อยละ 53 ของพื้นที่ปลูกอ้อยรวมทั่วประเทศ แหล่งปลูกอ้อยดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการผลิตอ้อย และน้ำตาลของประเทศ ในการพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย จำเป็นต้องนำปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมการผลิตพืช เข้ามาประกอบในการคำนวณ ดังนั้น การศึกษาการเจริญเติบโตของอ้อยภายใต้สภาพแวดล้อมในเขตภาคกลางและเขตภาคตะวันตก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีตั้งอยู่ในเขตปลูกอ้อยแหล่งใหญ่ของประเทศ ซึ่งถือเป็นตัวแทนของการปลูกอ้อยเขตตะวันตกทั้งหมด จึงได้เข้าร่วมศึกษาการเจริญเติบโตของอ้อยภายใต้โครงการการพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองของอ้อยในสภาพแวดล้อมดังกล่าว การศึกษาการเจริญเติบโตของอ้อยดำเนินการกับอ้อยสองพันธุ์ในเขตตะวันตก ที่มีวันปลูกในเดือนต่าง ๆ กัน คือเดือนมีนาคมและพฤษภาคม 2538 (อ้อยชุดที่หนึ่ง) และเดือนพฤศจิกายน 2538 และเดือนมกราคม 2539 (อ้อยชุดที่สอง) เพื่อทำความเข้าใจอิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์อ้อยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

อุปกรณ์ทดลองและวิธีการวัดค่าตัวแปร

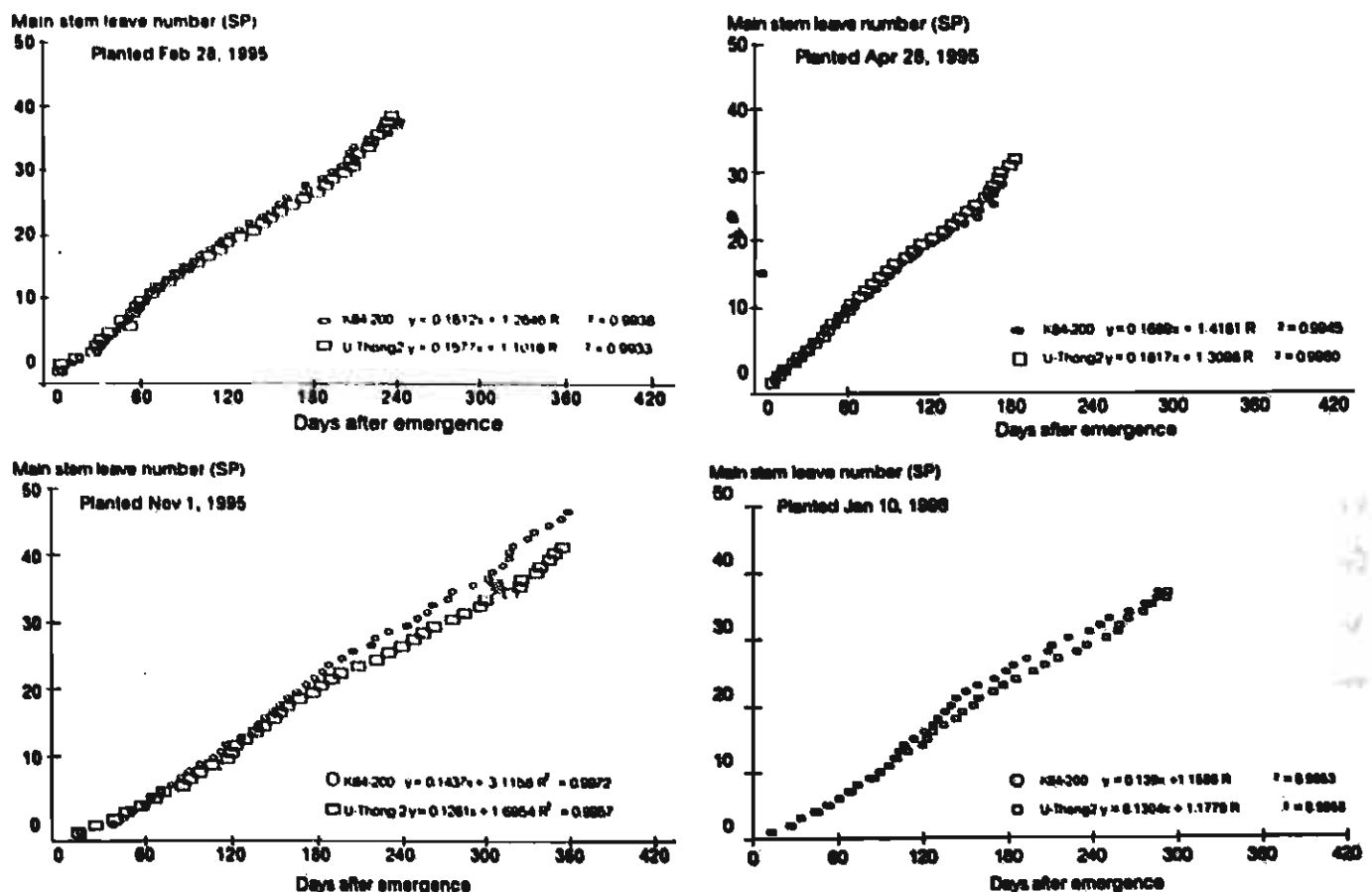
ดำเนินการทดลองในดินชุดกำแพงแสน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม Typic Haplustalfs; fine-silty mixed ตามระบบอนุกรมวิทยาดิน Soil Taxonomy (1975) งานทดลองชุดที่หนึ่งมีสองวันปลูกคือวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2538 วันที่ 28 เมษายน 2538 งานทดลองชุดที่สองมีสองวันปลูกคือวันที่ 1 พฤศจิกายน 2538 และวันที่ 10 มกราคม 2539 แปลงทดลองอ้อยมีการไถกลบตอซังข้าวฟ่าง ไถดินดาน ไถพรวนแล้วยกร่องให้มีระยะระหว่างร่อง 1.30 เมตร เตรียมพืชนพันธุ์อ้อยเพื่อปลูกในแต่ละชุดโดยตัดพันธุ์ท่อนละหนึ่งตา แช่น้ำร้อนที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลาสองชั่วโมง จากนั้นแช่ท่อนพันธุ์ในสารเคมี bayleton อัตรา 16 มิลลิกรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร เป็นเวลา 20 นาที ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 รองพื้นร่องก่อนปลูกในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้สารเคมี carbofuran ในอัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อป้องกันการทำลายของหนอนเจาะยอดอ้อย จากนั้นกลบบาง ๆ ด้วยดินก่อนวางพืชนพันธุ์อ้อย วางพืชนพันธุ์อ้อยกลางร่องให้มีระยะห่างระหว่างกิ่งกลางพืชนพันธุ์ประมาณ 50 เซนติเมตร ให้น้ำตามร่อง (furrow irrigation) ก่อนอ้อยงอกฉีดพ่นสารเคมี atrazine (เกสาพริม 80) อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่เพื่อควบคุมวัชพืช เมื่ออ้อยอายุ 2 เดือน ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเปิดร่องข้างแถวอ้อย โรยปุ๋ยแล้วพรวนดินกลบ ในระยะแรกเก็บตัวอย่างดินทุก 2 สัปดาห์ ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อหาความชื้นโดยวิธี gravimetric เมื่ออ้อยอายุสี่เดือนพ่นสารเคมี endosulfan (อีโอดาน) ในอัตรา 35 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันหนอนกอทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอ สำหรับการปฏิบัติในอ้อยตอ ซึ่งหลังจากตัดอ้อยปลูกแล้วทำการแต่งตอ โดยใช้จอบและมีดแต่งตออ้อยให้ชิดดิน รวมทั้งหน่อที่งอกจากตออ้อยเหนือดิน เพื่อให้หน่ออ้อยที่งอกใหม่เป็นหน่อที่งอกจากใต้ดิน หลังจากแต่งตอแล้วทำการให้น้ำและใส่ปุ๋ยเกรด 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

ผลการทดลอง

พัฒนาการของใบอ้อย (cane phenology)

ผลจากงานทดลองอ้อยชุดที่หนึ่งพบว่าอ้อยทั้งสองพันธุ์ (K และ U) มีอัตราการพัฒนาใบที่ใกล้เคียงกัน คือมีอัตราเพิ่มขึ้นของใบเท่ากับ 0.16 และ 0.17 ใบต่อวันสำหรับอ้อยพันธุ์ K และ 0.16 และ 0.18 ใบต่อวันสำหรับอ้อยพันธุ์ U เมื่อปลูกวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2538 และ วันที่ 28 เมษายน 2538 ตามลำดับ ส่วนงานทดลองอ้อยชุดที่สองพบว่าอ้อยทั้งสองพันธุ์ (K และ U) มีอัตราการพัฒนาใบที่ใกล้เคียงกัน คือมีอัตราเพิ่มขึ้นของใบเท่ากับ 0.14 และ 0.14 ใบต่อวันสำหรับอ้อยพันธุ์ K และ 0.13 และ 0.13 ใบต่อวันสำหรับอ้อยพันธุ์ U เมื่อปลูกในวันที่ 1 พฤศจิกายน 2538 และ 10 มกราคม 2539 ตามลำดับ (รูปที่ 12) เป็นที่น่าสังเกตว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของใบอ้อยในงานทดลองชุดที่สองมีอัตราเพิ่มน้อยกว่าอัตราการเพิ่มในงานทดลองชุดที่หนึ่ง นั่นคือจะสร้างใบได้น้อยกว่าต่อวัน เชื่อว่าน่าจะมีผลมาจากช่วงฤดูปลูก นอกจากนี้พบว่ากาเกิดของใบอ้อยใบที่หนึ่งลดลงจาก 48 วันในเดือนพฤศจิกายนเหลือเพียง 18 วัน

รูปที่ 12: พัฒนาการของใบอ้อยปลูก สถานีศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี (2538)



เมื่อปลูกในเดือนเมษายน ชี้นำให้เห็นได้ชัดเจนขึ้นว่าช่วงปลูกมีผลต่อพัฒนาการของใบอ้อยเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างในส่วนนี้อาจเป็นผลมาจากระยะเวลากลางวันที่แตกต่างกัน ซึ่งน่าจะมีผลมาจากอุณหภูมิที่ต่างกัน จำนวนวันที่อ้อยทั้งสองพันธุ์ใช้ในการพัฒนาใบหนึ่งใบนั้นมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะเห็นได้ชัดในวันปลูก เดือนเมษายน โดยอ้อยพันธุ์ U ใช้เวลาสั้นกว่าในการพัฒนาใบหนึ่งใบ อย่างไรก็ตามในช่วงเก็บเกี่ยวจำนวนใบที่พัฒนาได้ในพันธุ์ U มี 38 ใบ และ 34 ใบ และในพันธุ์ K มี 36 ใบ และ 30 ใบ ในช่วงปลูกที่ 28 กุมภาพันธ์ และ 28 เมษายน ตามลำดับ ส่วนในวันปลูก เดือนพฤศจิกายน และ เดือนมกราคม จำนวนใบทั้งหมดตั้งแต่ยอดถึงระยะเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์ K และ U มีจำนวนใบทั้งหมด 46 และ 43 ใบ ตามลำดับ และในงานทดลองชุดที่สองมีใบรวมทั้งหมด 39 ใบเท่ากันทั้งสองพันธุ์ ความแตกต่างของจำนวนใบจะขึ้นกับช่วงอายุในส่วน of vegetative phase และอายุในการเก็บเกี่ยว

นอกจากนี้ยังพบการออกดอกของอ้อยทั้งสองพันธุ์ในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน 2538 ถึงปลายธันวาคม 2538 พันธุ์ U ส่วนใหญ่จะอยู่ในระยะออกดอกทั้ง 2 ช่วงฤดูปลูก และพันธุ์ K ส่วนใหญ่จะอยู่ในระยะตั้งท้อง (28 กุมภาพันธ์ และ 28 เมษายน) ชี้นำให้เห็นว่า พันธุ์ U น่าจะเป็นพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง (photoperiod sensitive) มากกว่าพันธุ์ K ซึ่งอาจจะพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง (photoperiod non-sensitive) นั่นคือ เมื่อปลูกถึงอายุที่เหมาะสมถึงจะออกดอก โดยที่ช่วงแสงไม่มีส่วนในการกระตุ้นกระบวนการออกดอก ซึ่งยืนยันให้เห็นได้จากการปลูกในช่วง 1 พฤศจิกายน และ 10 มกราคม ที่พบว่าพันธุ์ U จะออกดอกในช่วงเดือนพฤศจิกายนเช่นกัน ขณะที่พันธุ์ K ไม่พบการออกดอก

น้ำหนักลำสัดของอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่ง

อ้อยพันธุ์ U ให้ผลผลิตสูงกว่าอ้อยพันธุ์ K (ตารางที่ 3) ทั้งการปลูกอ้อยต้นฝ่นหรือปลายฝ่น เนื่องจากอ้อยพันธุ์ U มีการเจริญเติบโตในระยะแรกดีกว่าและมีการแตกกอมากกว่า อย่างไรก็ตาม ผลผลิตอ้อยตอทั้งสองพันธุ์อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

อ้อยปลายฤดูฝ่น (วันปลูกเดือนพฤศจิกายนและเดือนมกราคม) ให้ผลผลิตสูงกว่าอ้อยต้นฤดูฝ่นเนื่องจากมีช่วงระยะการเจริญเติบโตถึงเก็บเกี่ยว (growth duration) ยาวกว่าโดยเฉพาะอ้อยพันธุ์ U ทำให้มีระยะการสะสมมวลชีวภาพเหนือดิน (above ground biomass) ได้มากกว่า

การเจริญเติบโตของอ้อย (cane growth)

น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดิน อ้อยที่ปลูกเดือนกุมภาพันธ์มีการสะสมน้ำหนักแห้งได้รวดเร็วกว่าอ้อยที่ปลูกในเดือนเมษายน (ตารางที่ 6) อย่างไรก็ตาม อ้อยในวันปลูก เดือนกุมภาพันธ์มีการสะสมน้ำหนักแห้งของอ้อยในอัตราสูงโดยเฉพาะช่วงแรกของการเจริญเติบโต และลดลงในระยะหลังซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในรูปของ polynomial ขณะที่การสะสมน้ำหนักแห้งของอ้อย เดือนเมษายน จะเพิ่มขึ้นในลักษณะของเส้นตรง (linear) จนเท่ากับอ้อย เดือนกุมภาพันธ์ เมื่อระยะประมาณเก้าเดือนหลังปลูก อาจเนื่องจากอ้อยทั้งสองวันปลูกออกดอกพร้อมกัน อ้อย เดือนเมษายน มีช่วงการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (vegetative growth) สั้นกว่า

Table 5: จำนวนลำอ้อย (ลำ/ไร่) และน้ำหนักอ้อยสด (ตัน/ไร่) ของอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่ง พันธุ์ K และ U เมื่อเก็บเกี่ยว แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี

Dates/Cultivars	Stalk density rai ⁻¹		Stalk wt. tonnes rai ⁻¹	
	K	U	K	U
----- Plant crop (1995-96) -----				
D1	7,509	10,306	17.7	19.5
D2	7,443	10,608	12.6	20.8
D3	12,568	13,805	19.8	26.0
D4	9,641	12,132	15.3	20.4
----- Ratoon 1 (1996) -----				
D1	13,761	15,132	24.4	21.6
D2	11,875	14,125	26.4	28.9

ซึ่งถ้าปล่อยให้มียาระยะ vegetative growth เท่ากัน ความสัมพันธ์กับระยะเวลาอาจจะอยู่ในรูปของ polynomial เช่นเดียวกัน

สำหรับอ้อยตอปีที่หนึ่งมีความแตกต่างระหว่างพันธุ์อ้อย อ้อยพันธุ์ U ที่ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์และเดือนเมษายน เมื่อตัดในเวลาเดียวกันทำให้อ้อยตอทั้งกอออกมามีการเจริญเติบโตเท่ากัน อ้อยปลูกพันธุ์ K ที่ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์เมื่อตัดแล้วมีการเจริญเติบโตของหน่ออ้อยสูงกว่าอ้อยที่ปลูกในเดือนเมษายน แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของหน่ออ้อยตอปีที่หนึ่งของพันธุ์ K ขึ้นอยู่กับอายุของอ้อยปลูก ถ้าอ้อยปลูกอายุมากหน่ออ้อยจะเจริญเติบโตได้ดีกว่า อาจเนื่องจากการสะสมธาตุอาหารได้สูงกว่า

กล่าวโดยสรุป การสะสมน้ำหนักแห้งรวมของอ้อยพันธุ์ K และ U เมื่อปลูกใน เดือนกุมภาพันธ์ เป็นไปอย่างช้า ๆ ในระยะ 6-8 เดือนแรกของการเจริญเติบโต หลังจากนั้น จะเริ่มสะสมในอัตราที่มากขึ้น ซึ่งเป็นช่วงที่อ้อยกำลังยืดปล้องอย่างเต็มที่ ดูเหมือนว่าพันธุ์ U มีการสะสมน้ำหนักแห้งได้สูงกว่าพันธุ์ K ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกัน ทั้งในการปลูกใน เดือนกุมภาพันธ์ รวมทั้งในอ้อยตอทั้งสองช่วงฤดูปลูก ซึ่งเชื่อว่เป็นผลมาจาก พันธุ์กรรมที่ต่างกัน ที่นำสังเกต ในอ้อยปลูกพันธุ์ U จากอายุที่เท่ากันในแต่ละช่วงปลูก จะพบว่า ช่วงปลูกใน เดือนพฤษภาคม สะสมน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด ขณะที่ช่วงปลูก เดือนเมษายน มีการสะสมน้ำหนักแห้งมากที่สุด ซึ่งให้เห็นว่า ช่วงฤดูปลูกมีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของอ้อยพันธุ์ U ลักษณะเช่นนี้พบได้ในพันธุ์ K เช่นกัน

น้ำหนักสดของลำต้น ตารางที่ 6 และ 7 แสดงการสะสมน้ำหนักสดของลำต้นอ้อยทั้งสี่วันปลูก ในอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่งตามลำดับ พบว่าอ้อยที่ปลูกปลายฤดูฝน (วันปลูก D3 และ D4) จะมีการสะสมน้ำหนักสดช้ากว่าอ้อยที่ปลูกต้นฤดูฝนระหว่างเดือนมีนาคมและพฤษภาคม อย่างไรก็ตาม อ้อยปลูกปลายฤดูฝน มีช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวยาวนานกว่า ทำให้ช่วงสุดท้ายจะมีน้ำหนักต้นสดสูงกว่า อิทธิพลของช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต ต่อการสะสมน้ำหนักสดของอ้อยแสดงให้เห็นชัดเจนในอ้อยตอปีที่หนึ่ง ทั้ง 2 วันปลูก ซึ่งพบว่าอ้อยตอปีที่หนึ่ง มีน้ำหนักสดสูงกว่าอ้อยปลูก นอกจากนี้ยังพบว่า มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์โดยอ้อยพันธุ์ U จะสร้างน้ำหนักสดได้มากกว่าพันธุ์ K ไม่ว่าจะปลูกเมื่อใด รวมทั้งน้ำหนักสดของอ้อยตอด้วย

ตารางที่ 6: น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตม⁻¹) ศูนย์วิจัยพืชไร่-สุพรรณบุรี 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
						117	0.03	0.03	20	0.01	0.01
98	1.39	2.48	33			160	0.31	0.31	63	0.08	0.11
138	2.45	2.82	73			208	1.23	1.03	111	0.38	1.65
172	1.71	3.00	107	1.47	2.26	237	1.85	2.75	140	1.50	1.37
200	1.96	1.96	135			266	2.22	2.01	169	1.27	1.97
235	2.79	2.55	170	1.69	4.45	299	3.33	2.89	202	1.68	2.35
250	4.99	5.24	185	3.26	4.65	334	2.00	2.25	237	1.89	2.68
						363	4.43	4.37	266	2.84	4.82
						391	3.15	5.03	294	3.40	4.80

ตารางที่ 7: น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻¹) ศูนย์วิจัยพืชไร่-สุพรรณบุรี 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
97	0.22	0.21	97	0.22	0.39
137	1.95	1.76	137	1.12	1.93
165	3.40	3.24	165	1.54	2.63
204	3.40	3.55	204	2.58	4.37
231	3.53	2.66	231	1.85	2.45
265	3.70	2.22	265	3.01	4.90
307	3.01	3.07	307	1.41	2.91

น้ำหนักแห้งของลำต้น ในอ้อยปลูกพันธุ์ U มีการเพิ่มขนาดของลำได้รวดเร็วกว่าอ้อยพันธุ์ K อย่างมาก (ตารางที่ 10) โดยเฉพาะระยะแรกของการเจริญเติบโต อ้อยพันธุ์ U ถ้าปลูกใน เดือนเมษายน มีการพัฒนาขนาดของลำได้มากกว่าการปลูกใน เดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะอ้อยได้รับน้ำฝนเต็มที่ อย่างไรก็ตามลักษณะ การเจริญเติบโตดังกล่าวจะตรงกันข้ามในอ้อยพันธุ์ K พบว่า อ้อยพันธุ์ K จะเพิ่มขนาดลำได้ในอัตราที่สูงกว่า ถ้าปลูกในเดือนมีนาคม ซึ่งคงจะเป็นธรรมชาติของอ้อยพันธุ์ K เอง ที่มีการเจริญเติบโตช้ามากในระยะแรกของการเจริญเติบโต อ้อยที่ปลูกเดือนมีนาคมจะค่อย ๆ เจริญเติบโตจนถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตสูงพอดีกับได้รับน้ำฝนเต็มที่จึงเพิ่มขนาดลำได้เร็วขึ้น ขณะที่อ้อยปลูกเดือนพฤษภาคมกำลังจะเริ่มเจริญเติบโตด้วยอัตราที่ช้ากว่าหลังจากตัดอ้อยปลูกไปแล้วพบว่า ขนาดของลำอ้อยตอปีที่หนึ่งเมื่ออายุหกเดือนไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งสองพันธุ์และสองวันปลูก (ตารางที่ 10) แต่อ้อยพันธุ์ K ที่ปลูกในเดือนพฤษภาคมมีขนาดลำของอ้อยตอปีที่หนึ่งที่อายุหกเดือนต่ำที่สุด

ลักษณะเช่นนี้จะนำไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่า น้ำหนักแห้งของอ้อยตอ วันปลูกที่หนึ่งจะสูงกว่าวันปลูกที่สองอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 11) แสดงว่า อ้อยที่มีระยะเวลาการเจริญเติบโตในอ้อยปลูกยาวนานกว่า ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของอ้อยตอสูงกว่า ขณะเดียวกันอ้อยตอพันธุ์ U ทั้งสองวันปลูกมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าพันธุ์ K

สำหรับอ้อยปลายฝน (ปลูกเดือนพฤศจิกายนและเดือนมกราคม) จะมีการสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้น (ตารางที่ 10) ลักษณะเช่นเดียวกับอ้อยที่ปลูกในเดือนมีนาคม และพฤษภาคม โดยอ้อยพันธุ์ U จะมีการสะสม

น้ำหนักต้นแห้งสูงกว่าพันธุ์ K แต่อ้อยที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายนจะมีการสะสมน้ำหนักต้นสูงกว่าอ้อยที่ปลูกในเดือนมกราคม อาจเป็นเพราะอุณหภูมิต่ำ ในช่วงเดือนมกราคม

ตารางที่ 8: น้ำหนักสดของลำต้นอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตม.) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
41	0.02	0.05				117	0.00	0.00	20	0.00	0.00
98	3.56	6.71	33			160	0.27	0.42	63	0.04	0.04
138	8.23	10.67	73			208	5.08	3.54	111	0.96	5.16
172	10.21	13.67	107	2.92	10.28	237	5.23	9.03	140	2.21	5.13
200	7.77	11.87	135			266	6.03	7.18	169	3.51	6.85
235	10.08	9.79	170	4.36	41.36	299	8.97	9.62	202	5.38	8.38
243	11.07	12.21	185	7.90	13.01	334	6.82	6.26	237	6.18	11.44
						363	12.74	14.05	266	8.90	16.08
						391	9.26	15.31	294	9.79	13.28

ตารางที่ 9: น้ำหนักสดของลำต้นอ้อยตอปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตม.) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2539

Date 1			Date 2		
DAE	K	U	DAE	K	U
97	0.13	0.19	97	0.05	0.23
137	5.95	5.23	137	2.15	5.92
165	9.15	8.21	165	3.72	9.18
204	5.23	9.03	204	2.21	5.13
231	13.36	11.64	231	3.64	9.51
265	12.72	7.90	265	7.49	18.00
307	23.18	11.33	307	3.13	8.62
329	15.64	26.26	329	6.97	19.90

น้ำหนักแห้งของใบและกาบใบ การสะสมน้ำหนักแห้งของใบและกาบใบอ้อยมีลักษณะเช่นเดียวกับการสะสมน้ำหนักของลำอ้อย ซึ่งแสดงให้เห็นความแตกต่างของพันธุ์ โดยเฉพาะในอ้อยปลูก อ้อยพันธุ์ U จะมีการสะสมน้ำหนักแห้งของใบได้เร็วกว่าพันธุ์ K ไม่ว่าจะปลูกเดือนมีนาคม หรือพฤษภาคม (ตารางที่ 12 และ 13) อย่างไรก็ตาม หลังจากตัดอ้อยปลูกไปแล้ว การสะสมน้ำหนักแห้งของใบในอ้อยตอปีที่หนึ่ง ทั้งสองวันปลูก ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ โดยอ้อยปลูกพันธุ์ U จะมีน้ำหนักแห้งสูงกว่า U อ้อยพันธุ์ K ซึ่งปลูกในเดือนพฤษภาคม จะมีการสะสมน้ำหนักแห้งของใบต่ำที่สุด เมื่อวัดที่อ้อยตอปีที่หนึ่ง มีอายุ 250 วัน ขณะที่จำนวนใบของอ้อยตอปีที่หนึ่ง ไม่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่าง ไม่ว่าจะเป็นระหว่างพันธุ์ หรือระหว่างวันปลูก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าอ้อยปลูกไม่ว่าจะมีอายุเท่าไรถูกตัดเวลาเดียวกัน อ้อยตอปีที่หนึ่ง ที่งอกขึ้นมาจะมีพัฒนาการของใบใกล้เคียงกัน เนื่องจาก เริ่มต้นเป็นอ้อยตอพร้อมกัน

สำหรับอ้อยที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายนและมกราคม ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน คือมีความแตกต่างระหว่างพันธุ์มากกว่าวันปลูก

การแตกกอ อ้อยปลูกพันธุ์ U และพันธุ์ K มีการแตกกอในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันอย่างมาก (ตารางที่ 14 และ 15) โดยอ้อยพันธุ์ U มีการแตกกอมากกว่าอ้อยพันธุ์ K แต่เมื่อถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวแล้ว อ้อยทั้งสองพันธุ์มีจำนวนหน่อเท่ากัน การแตกกอของอ้อยเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระยะหกลเดือน หลังจากนั้นจะลด-

ตารางที่ 10: น้ำหนักแห้งลำต้นแห้งอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตม^๑) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
41			24			117	0.00	0.00	20	0.00	0.00
98	0.98	1.85	33			160	0.03	0.03	63	0.00	0.00
138	1.45	1.29	73			208	0.45	0.39	111	0.08	0.66
172	0.88	1.50	107	1.00	1.03	237	0.68	1.22	140	1.00	0.70
200	1.09	1.02	135			266	1.11	1.01	169	0.48	1.11
235	1.78	1.63	170	1.01	2.86	299	2.01	1.68	202	0.83	1.22
243	3.91	4.00	185	2.51	3.60	334	1.17	1.30	237	1.01	1.32
						363	2.58	2.66	266	1.63	2.79
						391	1.94	3.43	294	2.19	3.04

ตารางที่ 11: น้ำหนักแห้งลำต้นของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตม^๑) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
97	0.02	0.02	97	0.00	0.02
137	0.81	0.62	137	0.27	0.83
165	1.65	1.58	165	0.75	1.34
204	1.55	1.58	204	1.17	2.29
231	1.58	1.19	231	0.68	1.10
265	2.24	1.14	265	1.48	2.81
307	1.96	2.01	307	0.63	1.68
329	2.91	5.02	329	1.43	3.32

ลงจนถึงเก็บเกี่ยว ทั้งนี้ เพราะหน่ออ้อยที่แตกออกมามากในระยะแรกไม่ได้พัฒนาเป็นลำ เมื่อพิจารณาจำนวนหน่อและลำอ้อยที่ปลูกเดือนมีนาคมและพฤษภาคม พบว่ามีลักษณะการพัฒนาของหน่อและลำอ้อยคล้ายคลึงกัน ยกเว้นในช่วงเก็บเกี่ยว ซึ่งอ้อยที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม พันธุ์ U ยังคงมีจำนวนหน่อสูงกว่าอ้อยพันธุ์ K ทั้งนี้ช่วงเวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวจะสั้นกว่า อ้อยจะยังมีการพัฒนาการแตกกออ้อยอยู่ เมื่อตัดอ้อยไปแล้ว พบว่า อ้อยตอปีที่หนึ่ง จะแตกกอขึ้นมากและแสดงความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างพันธุ์ แต่ไม่ค่อยมีความแตกต่างกันระหว่างอ้อยที่ปลูกในเดือนมีนาคม และพฤษภาคม โดยที่อ้อยพันธุ์ U มีจำนวนหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่มากกว่าอ้อยพันธุ์ K อย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าการแตกหน่อของอ้อยเป็นอิทธิพลของ พันธุกรรม แต่การพัฒนาจากหน่อที่แตกออกมาเป็นลำที่ให้ผลผลิต จะต้องมียธิพลของสภาพแวดล้อมมาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งจะต้องศึกษาในรายละเอียดต่อไป

การแตกกอของอ้อยที่ปลูกปลายฝน จะไม่ค่อยมีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอ้อยที่ปลูกในเดือนมกราคม อาจเนื่องมาจากมียธิพลของอุณหภูมิต่ำมาร่วมด้วย

ดัชนีพื้นที่ใบอ้อยปลูก การพัฒนาของอ้อยที่ปลูกในเดือนมีนาคมจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับอ้อยที่ปลูกในเดือนพฤษภาคม (ตารางที่ 16) แต่การพัฒนาพื้นที่ใบมีความแตกต่างกันมากระหว่างพันธุ์ โดยที่พันธุ์ U มีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต จนเมื่ออายุได้ประมาณหกเดือน ค่าพื้นที่ใบจึงเริ่มลดลงจนถึงระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างจากพันธุ์ K ซึ่งพื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในระยะแรกแต่เป็นการเพิ่มขึ้นในอัตราที่

ตารางที่ 12: น้ำหนักแห้งของใบและก้านใบของธัญพืชปลูก (กิโลกรัม ตม.) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2538-2539

Date 1			Date 2			Date 3			Date 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
41	4.46	4.33				117	0.03	0.03	20	0.01	0.01
98	0.40	0.63	33	0.02	0.06	160	0.29	0.27	63	0.08	0.11
138	1.00	1.53	73	0.00	0.67	208	0.78	0.64	111	0.30	0.99
172	0.83	1.50	107	0.47	1.23	237	1.17	1.54	140	0.50	0.67
200	0.87	0.95	135	0.00	0.00	266	1.11	1.00	169	0.79	0.86
235	1.00	0.92	170	0.67	1.59	299	1.31	1.21	202	0.85	1.13
243	1.08	1.23	185	0.76	1.05	334	0.83	0.95	237	0.88	1.36
						363	1.85	1.71	266	1.21	2.03
						391	1.21	1.59	294	1.20	1.76

ตารางที่ 13: น้ำหนักแห้งของใบและก้านใบของธัญพืชปลูกปีหนึ่ง (กิโลกรัม ตม.) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
97	0.20	0.19	97	0.22	0.37
137	1.13	1.13	137	0.85	1.10
165	1.75	1.67	165	0.79	1.29
204	1.85	1.98	204	1.42	2.08
231	1.95	1.47	231	1.18	1.36
265	1.46	1.08	265	1.54	2.09
307	1.04	1.06	307	0.78	1.23
329	1.55	2.78	329	1.33	2.74

ตารางที่ 14: จำนวนหน่อ/ลำ ของธัญพืชปลูก (จำนวน ตม.) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2538-2539

Date 1			Date 2			Date 3			Date 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
41	6.21	5.49				117	6.41	6.15	20	2.56	1.79
98	9.85	11.79	33	5.64	4.62	160	10.51	11.54	63	8.46	8.72
138	8.36	8.92	73			208	6.15	6.41	111	9.23	8.97
172	7.13	8.87	107	10.00	10.26	237	5.64	7.18	140	8.72	7.44
200	6.92	8.67	135			266	6.15	7.18	169	7.18	6.92
235	7.44	8.56	170	6.15	8.21	299	8.72	7.69	202	7.18	7.18
243	4.92	6.31	185	4.87	6.36	334	7.44	6.41	237	6.92	7.18
						363	7.44	8.46	266	7.44	6.92
						391	7.69	9.23	294	6.92	6.92

ตารางที่ 15: จำนวนหน่อ/ลำ ของธัญพืชปลูกปีหนึ่ง (จำนวน ตม.) ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
97	9.74	12.05	97	11.03	21.03
137	13.33	22.05	137	10.26	20.26
165	9.74	13.85	165	10.26	12.05
204	8.97	10.51	204	8.46	10.26
231	8.72	9.49	231	8.21	10.00
265	7.95	12.31	265	6.41	9.74
307	7.44	11.28	307	5.90	9.74
329	8.21	11.28	329	8.97	8.97

ตารางที่ 16: ดัชนีพื้นที่ใบของอ้อยปลูก ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2538-2539

Date 1			Date 2			Date 3			Date 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
41	0.28	0.32	-24			117	0.19	0.20	20	0.03	0.12
98	1.77	2.30	33	0.08	0.20	160	0.76	0.85	63	0.36	0.52
138	1.97	3.18	73		5.10	208	3.02	2.44	111	1.27	3.73
172	1.97	3.92	107	2.30	3.70	237	3.61	5.45	140	2.39	3.77
200	2.47	2.45	135			266	3.38	3.36	169	2.72	3.61
235	2.35	2.07	170	1.97	3.95	299	4.18	4.27	202	3.56	4.27
243			185			334	1.71	2.48	237	2.35	3.88
						363	4.04	4.15	266	3.26	5.04
						391	2.71	3.93	294	3.08	4.14

คงที่ตลอดแม้อายุของอ้อยจะมากกว่าหกเดือนไปแล้ว ค่าพื้นที่ใบก็ไม่ได้ลดลง ยังคงเพิ่มขึ้นจนถึงการเก็บเกี่ยว อ้อยที่ปลูกเดือน พฤษภาคมมีการพัฒนาพื้นที่ใบได้เร็วกว่าอ้อยที่ปลูกเดือนมีนาคม ทั้งสองพันธุ์ เนื่องจากปริมาณฝนหลังจากเดือนมิถุนายนจะสูง ดินมีความชื้นเพียงพอสำหรับอ้อยตลอดเวลา สำหรับอ้อยที่ปลูกปลายฝนก็มีการพัฒนาพื้นที่ใบลักษณะเดียวกันคือ อ้อยพันธุ์ U มีการพัฒนาพื้นที่ใบได้มากกว่า และอ้อยที่ปลูกเดือนมกราคมมีการพัฒนาพื้นที่ใบได้ดีกว่าอ้อยที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน

คุณภาพน้ำอ้อย คุณภาพของน้ำตาลอ้อยมีความแตกต่างกันอย่างมากระหว่างพันธุ์อ้อย ซึ่งพบว่าพันธุ์ K มีการสะสมน้ำตาลเร็วกว่าพันธุ์ U ทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอ (ตารางที่ 17-24) ทำให้เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์ K มีปริมาณน้ำตาลซูโครส (polarity) สูงกว่าพันธุ์ U ทำให้ค่า CCS ของพันธุ์ K สูงกว่าพันธุ์ U (ตารางที่ 17 และ 18)

อ้อยปลูกในวันปลูกมีนาคมมีปริมาณน้ำตาลมากกว่าอ้อยที่ปลูกในพฤษภาคมเนื่องจากมีระยะเวลาเจริญเติบโตในแปลงมากกว่าอ้อย K ส่วนปริมาณเยื่อใย (fiber) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทั้งสองพันธุ์ของงานทดลองชุดที่หนึ่ง และพบแนวโน้มเช่นเดียวกันในอ้อยตอปีที่หนึ่ง

ในการทดลองวันปลูกที่ 3 และ 4 พบว่าการสะสมน้ำตาลของอ้อยพันธุ์ U จะสูงกว่าพันธุ์ K ในทั้งสองวันปลูก ซึ่งให้เห็นว่าการสะสมน้ำตาลอาจจะเป็นปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม อ้อยพันธุ์ U มีการสะสมน้ำตาลได้ดีกว่าในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้การสะสมน้ำตาลของอ้อยที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน และเดือนมกราคมมีลักษณะการสะสมน้ำตาลตรงข้ามกับอ้อยที่ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์และพฤษภาคม

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณเยื่อใยไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์อ้อย และวันปลูกทั้งสิ้น วันและไม่มี ความแตกต่างระหว่างอ้อยปลูกและอ้อยตอ

ตารางที่ 17: ค่า CCS อ้อยปลูก ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
41			24			117	0.00	0.00	20	0.00	0.00
98	-1.36	-2.17	33			160	0.00	0.00	63	0.00	0.00
138	-0.08	-0.49	73	1.51		208	0.01	1.76	111	-0.10	0.91
172	2.45	0.87	107	-1.71		237	2.44	3.06	140	-0.01	0.43
200	4.24	3.17	135			266	6.67	6.15	169	4.51	4.67
235	8.59	6.23	170	3.35	3.71	299	10.66	8.19	202	4.60	6.44
243	9.83	8.82	185	5.72	7.12	334	9.44	9.75	237	7.45	10.19
						363	11.11	10.14	266	7.82	10.07
						391	10.88	12.45	294	8.89	12.57

ตารางที่ 18: ค่า CCS ของอ้อยตอปีหนึ่ง ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
97	0.00	0.00	97	0.00	0.00
137	-1.32	-1.68	137	-0.94	-1.30
165	1.23	0.91	165	2.20	0.97
204	4.93	2.03	204	4.51	1.84
231	8.22	5.23	231	6.06	5.05
265	9.28	7.21	265	12.76	8.17
307	11.36	9.96	307	6.48	8.80
329	12.92	8.56	329	11.82	10.73

ตารางที่ 19: ค่า polarity ของอ้อยปลูก ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2538-2539

Date 1			Date 2			Date 3			Date 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
41			24			117	0.00	0.00	20	0.00	0.00
98			33			160	0.00	0.00	63	0.00	0.00
138	3.97	3.43	73		5.26	208	2.32	4.23	111	0.57	3.23
172	5.90	4.29	107	1.78	3.95	237	4.84	5.52	140	0.70	2.77
200	7.43	5.97	135			266	9.70	8.98	169	7.29	7.37
235	11.73	9.02	170	7.10	6.15	299	14.02	11.15	202	7.28	9.36
243	13.60	12.36	185	11.12	9.00	334	12.88	12.62	237	10.14	13.30
						363	14.80	13.61	266	11.08	13.72
						391	14.34	16.21	294	12.17	16.24

ตารางที่ 20: ค่า polarity ของอ้อยตอปีหนึ่ง ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2539

Date 1			Date 2		
DAE	K	U	DAE	K	U
97	0.00	0.00	97	0.00	0.00
137	1.21	0.56	137	1.51	0.97
165	3.76	3.34	165	3.38	3.31
204	8.01	4.63	204	7.61	4.45
231	11.39	8.04	231	8.19	7.76
265	12.59	10.15	265	14.61	11.24
307	15.19	13.06	307	9.54	11.76
329	16.05	9.38	329	14.89	13.71

ตารางที่ 21: ค่า brix ของอ้อยปลูก ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
41			24			117	0.00	0.00	20	0.00	0.00
98	6.55	6.88	33			160	0.00	0.00	63	0.00	0.00
138	9.83	10.03	73		11.87	208	6.79	8.40	111	1.88	7.43
172	11.55	10.55	107	8.03	9.29	237	8.70	9.27	140	2.08	7.15
200	11.92	10.10	135			266	13.27	12.43	169	11.13	11.14
235	14.74	12.33	170	13.00	10.51	299	16.77	14.20	202	10.90	12.82
243	17.49	16.26	185	14.75	13.39	334	15.33	14.93	237	12.68	15.61
						363	17.48	16.22	266	14.29	16.69
						391	16.73	18.16	294	14.95	18.33

ตารางที่ 22: ค่า brix ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
97	0.00	0.00	97	0.00	0.00
137	6.49	5.39	137	6.57	5.73
165	8.25	7.76	165	6.36	7.56
204	12.30	9.00	204	12.06	8.90
231	14.89	11.86	231	10.30	11.56
265	15.73	13.43	265	17.54	14.41
307	17.74	17.45	307	15.92	15.89
329	17.78	16.43	329	16.75	15.91

ตารางที่ 23: ค่า fiber ของอ้อยปลูก ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
41			24			117	0.00	0.00	20	0.00	0.00
98	10.80	10.80	33			160	0.00	0.00	63	0.00	0.00
138	11.50	11.50	73		11.50	208	6.83	8.45	111	2.22	7.47
172	11.50	11.50	107	11.50	11.50	237	7.58	8.22	140	2.73	7.15
200	11.00	11.00	135			266	8.58	8.57	169	8.77	7.68
235	8.98	8.50	170	8.58	7.78	299	9.17	8.22	202	8.83	8.78
243	8.94	8.91	185	8.87	8.82	334	9.12	8.57	237	9.32	9.72
						363	11.12	11.20	266	10.80	11.37
						391	10.95	12.22	294	11.37	11.28

ตารางที่ 24: ค่า fiber ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
97	0.00	0.00	97	0.00	0.00
137	6.40	6.60	137	6.00	6.00
165	7.52	7.28	165	5.47	6.72
204	8.53	7.95	204	8.85	7.93
231	7.95	7.33	231	5.72	6.62
265	9.07	8.55	265	11.67	8.70
307	9.57	8.67	307	9.25	8.50
329	8.67	8.98	329	8.92	8.38

ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ
การเจริญเติบโตของอ้อย

การทดลองวันปลูกอ้อยชุดที่หนึ่งและสอง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(อ้อยปลูก และอ้อยตอ 1 ของชุดที่หนึ่ง และ
อ้อยปลูก ของชุดที่สอง)

สุวิทย์ เลานศิริวงศ์ ทินกร กลมสอาด บุญมี ศิริ อิศริ เก่งนอก
และ อรรถชัย จินตะเวช

งานทดลองนี้เป็นงานทดลองหนึ่งที่มีโครงสร้างและวิธีการทดลองเหมือนกับที่ได้เสนอใน เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง และคณะ ในรายงานนี้ (หน้า 16) เพื่อสนับสนุนการรวบรวมข้อมูลจำเป็นต่อการพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0 ซึ่งออกแบบให้ครอบคลุมสภาพการผลิตย่อยในพื้นที่ต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ระบบการผลิตในประเทศไทยสามารถจัดได้เป็น สองระบบ คือ ระบบการผลิตย่อยในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่อาศัยน้ำฝน ในระบบการผลิตทั้งสองแบบเกษตรกรปลูกย่อยต้นฤดูฝน (ประมาณเดือนพฤษภาคม) และปลายฤดูฝน (ประมาณเดือนพฤศจิกายน) ระบบการผลิตย่อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่ปลูกย่อยอาศัยน้ำฝนและเป็นย่อยที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนและเริ่มฤดูการเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนตุลาคมถึงธันวาคมของทุกปี ส่วนใหญ่เป็นระบบการผลิตย่อยที่มีการปลูกใหม่ทุกปี ระบบการผลิตย่อยในพื้นที่อื่นของประเทศส่วนใหญ่เป็นการผลิตโดยอาศัยน้ำฝนและเริ่มมีการชลประทานในบางพื้นที่ เริ่มการปลูกในระหว่างต้นฤดูฝนและเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาเดียวกันกับเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ข้อแตกต่างที่สำคัญคือเกษตรกรในพื้นที่อื่นของประเทศมีการไถ่อยตอ ส่วนใหญ่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตย่อยต่อ 2-3 ครั้งต่อการปลูกหนึ่งครั้ง

อุปกรณ์ทดลองและวิธีการวัดค่าตัวแปร

ดำเนินการทดลองในดินชุดยโสธร ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม Oxic Paleustults ตามระบบอนุกรมวิธานดิน Soil Taxonomy (1975) มีวันปลูกที่ทำการเปรียบเทียบสองวันปลูก คือ วันที่ 2 มีนาคม 2538 และ วันที่ 26 เมษายน 2538

เตรียมแปลงปลูกโดยทำการไถพรวน และใส่ CaCO_3 อัตรา 100 กก. ต่อไร่ เพื่อช่วยปรับสภาพ pH ของดินหลังจากพรวนแล้วทำการยกร่องปลูกย่อย เตรียมท่อนพันธุ์ปลูกท่อนละ 1 ตา แล้วนำท่อนพันธุ์ที่เตรียมไว้ไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลาสองชั่วโมง เพื่อป้องกันโรคใบขาว หลังจากนั้นนำท่อนพันธุ์ไปแช่สารเคมีโพรพิโกนาซอล (ฟิลล์ 250 cc. หรือ baleton อัตรา 16 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร นานหนึ่งชั่วโมง) เพื่อป้องกันโรค smut การปลูกจะวางท่อนพันธุ์ลึกประมาณห้าเซ็นติเมตรจากร่องปลูก โดยให้ตาอ้อยหงายขึ้น ในระหว่างการปลูกทำการโรย carbofuran 3%G ในหลุมปลูกอ้อยอัตรา 10 กก./ไร่ หลังปลูกอ้อยแล้วจะทำการให้น้ำแบบ sprinkle และพ่นยาป้องกันกำจัดวัชพืช หลังปลูกอ้อยแล้วหนึ่งเดือน จะทำการปลูกขอมในหลุมที่ไม่งอก ซึ่งพบว่าจำนวนต้นอ้อยที่งอกนั้นมีเปอร์เซ็นต์ที่ต่ำมาก ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการแช่ท่อนพันธุ์โดยใช้น้ำร้อนและการให้น้ำที่มากเกินไป

ให้น้ำแบบ sprinkle สัปดาห์ละหนึ่งครั้ง นาน 1.30 ชั่วโมง ในช่วงที่ฝนไม่ตกหรือทิ้งช่วงนาน ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 150 กก. ต่อไร่ โดยแบ่งใส่สามครั้ง เมื่ออ้อยอายุ 1, 2 และ 3 เดือน ทำการกำจัดวัชพืชโดยใช้คนดายหญ้าเมื่ออ้อยอายุได้สองและสี่เดือน หลังจากดายหญ้าครั้งสุดท้ายทำการกลบโคนอ้อย ทำการพ่นเอ็นโดซัลแฟน (endosulfan) อัตรา 50-60 cc. ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นเมื่ออ้อยอายุ 2-5 เดือน เพื่อป้องกันกำจัดหนอนเจาะลำต้น โดยทำการพ่นทุกสองสัปดาห์ ทำการเก็บเกี่ยวอ้อยในวันปลูกที่ 2 มีนาคม 2538 และ 26 เมษายน 2538 ในวันที่ 15 พฤศจิกายน 2538 และ 7 ธันวาคม 2538 ตามลำดับ และทำการตัดอ้อยทั้งหมดในวันที่ 29 ธันวาคม 2538 หลังจากนั้นจะทำการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 150 กก. ต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง เมื่ออ้อยอายุ 1, 2 และ 3 เดือนหลังตัดแต่ง และใส่ปุ๋ยเพิ่มอีกทุกเดือนหลังจากนั้น ในอัตรา 100 กก. ต่อไร่ จนถึงเก็บเกี่ยว เฉพาะแถวที่ 10-13 ทำการกำจัดวัชพืชและกลบโคนอ้อย เมื่ออ้อยอายุสี่เดือนหลังตัดแต่ง

ตารางที่ 23: ค่าคุณสมบัติของดินก่อนปลูกแปลงทดลองมหาวิทยาลัยขอนแก่น

แปลงย่อย	ความลึก	pH	Total N	P	K
1	30	6.08	0.02	51.47	143.10
	60	4.37	0.02	8.42	114.80
	100	4.38	0.02	7.63	183.60
2	30	5.50	0.02	51.33	153.40
	60	4.22	0.02	7.82	93.60
	100	4.15	0.02	5.30	105.60
3	30	5.83	0.02	40.95	105.50
	60	4.49	0.02	8.21	109.30
	100	4.50	0.02	5.94	155.60
4	30	6.20	0.02	30.71	110.40
	60	4.39	0.02	8.65	77.30
	100	4.57	0.02	4.79	86.10
5	30	6.24	0.04	32.25	117.60
	60	4.84	0.02	5.29	99.50
	100	4.76	0.01	4.99	91.50
6	30	5.86	0.02	33.07	130.50
	60	5.08	0.03	7.94	101.30
	100	4.57	0.02	4.83	66.90
7	30	6.30	0.03	40.14	13.75
	60	4.90	0.03	6.80	9.25
	100	4.76	0.03	6.59	7.20
8	30	6.45	0.04	52.45	14.00
	60	4.70	0.03	9.26	9.65
	100	4.50	0.02	5.01	8.00
9	30	6.31	0.03	54.31	12.50
	60	4.73	0.03	7.29	11.40
	100	4.48	0.03	4.62	7.50
10	30	6.27	0.03	50.74	11.50
	60	5.08	0.03	10.42	8.65
	100	4.52	0.03	6.06	6.10
11	30	6.36	0.03	48.82	14.05
	60	5.01	0.02	9.36	9.45
	100	4.77	0.02	5.60	7.85
12	30	6.35	0.03	34.75	11.00
	60	4.98	0.02	5.56	9.85
	100	4.74	0.01	4.27	10.15

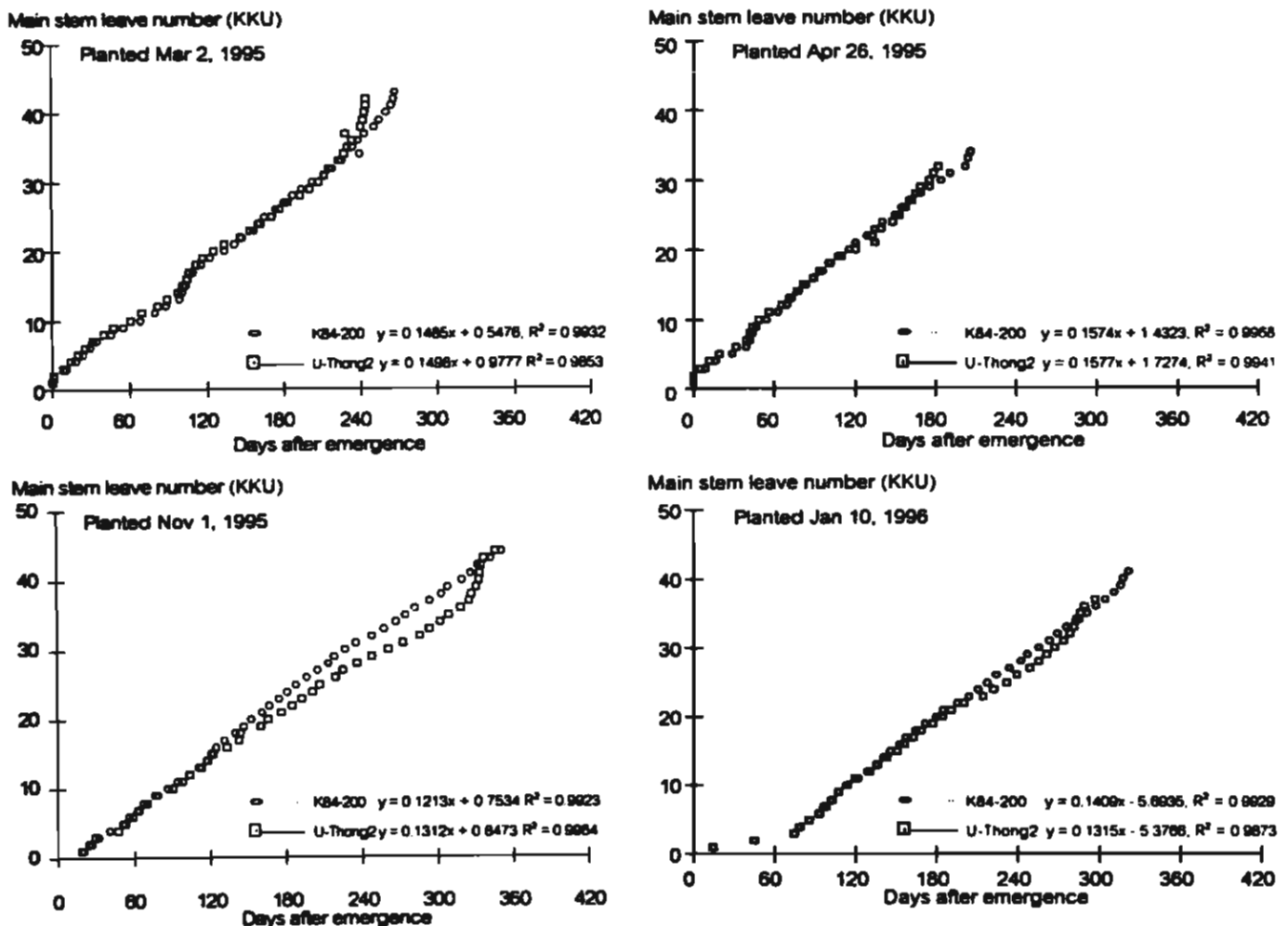
ผลการทดลอง

พัฒนาการของอ้อย (cane phenology)

พัฒนาการของใบอ้อย อ้อยทั้งสองพันธุ์มีพัฒนาการของใบอ้อยคล้ายคลึงกันทั้งสี่วันปลูก (รูปที่ 10) โดยในวันปลูก D1 พันธุ์ U และ K มีอัตราการเพิ่มขึ้นเป็น 0.008 ใบต่ออุณหภูมิสะสม 1°C ($r^2=0.98$ และ 0.99 ตามลำดับ) และในวันปลูก D2 พันธุ์ U และ K มีอัตราการเพิ่มขึ้นเป็น 0.0087 ใบ ($r^2 = 0.99$) และ 0.0086 ต่อ 1°C ($r^2 = 0.99$) ตามลำดับ

ในงานทดลองชุดที่สอง อ้อยทั้งสองพันธุ์มีพัฒนาการของใบอ้อยคล้ายคลึงกันทั้งสองวันปลูก (รูปที่ 13) โดยในวันปลูก D3 อ้อยพันธุ์ U และ K มีอัตราการเพิ่มขึ้นของใบอ้อยบนลำหลักเป็น 0.0074 ใบต่อ 1°C ($r^2=0.99$)

รูปที่ 10: พัฒนาการของใบอ้อยสถานีมหาวิทยาลัยขอนแก่น



และ 0.0084 ($r^2=0.99$) ตามลำดับ และในวันปลูก D4 (วันที่ 5 มค 2539) อ้อยพันธุ์ U และ K มีอัตราการเพิ่มขึ้นเป็น 0.0081 ใบ ต่อ 1°d ($r^2=0.96$) และ 0.0084 ($r^2=0.96$) ตามลำดับ เฉลี่ยทั้งสองวันปลูก พันธุ์ U และพันธุ์ K ต้องการอุณหภูมิสะสมอยู่ในช่วง $123-135^\circ\text{d}$ และ 119°d ต่อใบหนึ่งใบ ช่วงที่กว้างของอ้อยพันธุ์ U แสดงให้เห็นว่าพันธุ์นี้มีความแปรปรวนสูงมากในการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม พัฒนาการในด้านอื่นยังต้องได้รับการศึกษาเพิ่มเติม เช่น การแตกกอ การรักษาจำนวนลำอ้อย และอื่น ๆ เนื่องจากพัฒนาการในระยะต่าง ๆ เหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสะสมน้ำหนักรากในส่วนของอ้อยและผลผลิตลำสดและปริมาณน้ำตาล

พัฒนาการของใบทั้งสองพันธุ์ใน D1 และ D2 ระหว่างใบที่ 10-14 และ 5-8 ตามลำดับมีอัตราลดลงกว่าพัฒนาการของใบอื่นและใบในตำแหน่งเดียวกันใน D3 และ D4 เนื่องจากเข้าสู่ช่วงฤดูแล้งและมีระดับความร้อนสูงมาก อ้อยพันธุ์ U มีอัตราการสร้างใบใหม่สูงมากขึ้นในช่วงสุดท้ายของฤดูการเพาะปลูกเนื่องจากเริ่มเข้าสู่ช่วงการออกดอก และเป็นอัตราที่สูงกว่าอ้อยพันธุ์ K

พัฒนาการของใบอ้อยทั้งสองพันธุ์มีลักษณะใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเป็นไปตามความคาดหมายและมีผลไปในทางเดียวกันกับงานทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้อุณหภูมิอากาศในการคาดการณ์ผลลัพธ์ของกระบวนการพัฒนาการในอ้อยทั้งสองพันธุ์ได้อย่างมีความมั่นใจ

การศึกษากระบวนการพัฒนาการโดยใช้วิธีการและหลักการแบบจำลองของพืชอื่น เช่น ข้าว (Jintrawet, 1991) ข้าวโพด (Kiniry and Jones, 1986) ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ (Gallagher, 1979) ถั่วลิสง (Boote, 1982) และ ถั่วเหลือง (Fehr et al, 1971) พบว่าพัฒนาการของใบพืชเหล่านี้มีลักษณะเช่นเดียวกันกับการศึกษารั้วนี้

การเจริญเติบโต (cane growth)

อิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อผลผลิตข้าว น้ำหนักลำต้นสดของข้าวปลูกในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตสุดท้ายของทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มในการตอบสนองต่อวันปลูกที่สืไปในทางเดียวกัน (ตารางที่ 24) คือวันปลูก D3 ให้ผลผลิตลำต้นสดมากกว่าวันปลูกอื่นทั้งหมด ตามด้วยผลผลิตของวันปลูก D1 และวันปลูก D2 และ D4 ให้ผลผลิตต่ำที่สุด และอยู่ในระดับเดียวกันทั้งสองพันธุ์ ผลผลิตลำต้นสดของพันธุ์ K และ U ในวันปลูก D3 สูงกว่าวันปลูก D1 และ D2 และ D4 คิดเป็นร้อยละ 25, 99 และ 28, 129 ตามลำดับ วันปลูก D3 เป็นวันปลูกที่ใกล้เคียงกับวันปลูกข้าวขามแล้งของชาวไร่ในหลายพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในงานทดลองนี้วันปลูก D3 เป็นวันปลูกที่มีอายุอยู่ในแปลงทดลองมากที่สุดเมื่อเทียบกับวันปลูกอื่น ๆ

ตารางที่ 24: จำนวนลำต้น (ลำ/ไร่) และ น้ำหนักลำต้นสด (ตัน/ไร่) ของข้าวปลูกและข้าวตอปีที่หนึ่ง พันธุ์ K และ U ของวันปลูกที่หนึ่งถึงสี่ เมื่อเก็บเกี่ยว แปลงทดลองมหาวิทยาลัยขอนแก่น

Ds/Cultivars	Stalk number rai^{-1}		Stalk fresh wt. ($\text{Mg } \text{rai}^{-1}$)	
	K	U	K	U
----- Plant crop (1995-1996) -----				
D 1	7,520	9,440	14.2	15.4
D 2	8,480	11,573	9.9	8.6
D 3	10,732	16,541	28.4	28.7
D 4	11,348	14,498	19.9	20.5
----- Ratoon 1 (1996) -----				
D 1	10,720	14,773	31.8	31.4
D 2	12,160	16,373	33.8	31.0

สำหรับข้าวตอปีที่หนึ่งเมื่อเก็บเกี่ยวสุดท้ายพบว่า ผลผลิตลำต้นสดของข้าวทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกใน D3 และ D4 อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน คือผลผลิตลำต้นสดเฉลี่ย 32.8 และ 31.2 ตัน ไร่^{-1} สำหรับพันธุ์ K และ U ตามลำดับ ข้าวตอปีที่หนึ่งทั้งสองพันธุ์ของทั้งสองวันปลูกมีช่วงการเจริญเติบโตในแปลงทดลองเท่ากันทำให้มีผลผลิตลำต้นอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ผลการทดลองนี้มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับผลการทดลองในศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและน้ำหนักมวลชีวภาพ ตารางที่ 25 และ 26 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินของข้าวทั้งสองพันธุ์ในข้าวปลูกและข้าวตอปีที่หนึ่งตามลำดับ ในปี 2538 และ 2539

น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยทั้งสองพันธุ์ ในวันปลูก D3 สูงกว่าวันปลูกอื่น ๆ และเป็นอ้อยที่มีโอกาสอยู่ในแปลงทดลองมากที่สุดเมื่อเทียบกับวันปลูกอื่น ๆ

ตารางที่ 25: น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตรม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
49	0.01	0.04				97	0.11	0.18	30	0.00	0.00
113	1.02	0.97	52	0.02	0.03	123	0.37	0.46	56	0.00	0.00
138	0.57	0.67	77	0.00	0.52	154	0.64	0.80	87	0.05	0.54
173	1.06	1.74	112	1.23	0.46	185	1.58	1.47	118	1.60	0.56
200	1.06	1.68	139	0.83	0.91	212	1.63	1.73	145	0.53	0.45
235	2.08	3.07	174	1.26	1.32	250	1.89	1.83	183	1.20	0.95
						286	1.94	1.87	219	0.94	0.86
						313	2.88	2.86	246	1.64	1.89
						341	2.64	3.22	274	2.11	2.15

ตารางที่ 26: น้ำหนักแห้งมวลชีวเหนือผิวดินของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตรม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
118	0.22	0.26	92	0.29	0.26
149	0.63	0.77	123	0.75	0.79
180	1.97	1.80	154	1.80	1.94
207	2.24	2.42	181	1.67	1.86
244	2.25	2.47	218	2.73	2.48
279	2.61	1.92	253	2.04	2.73
307	3.01	1.89	281	3.40	3.17
337	3.33	3.04	311	3.82	3.15

น้ำหนักสดลำต้นอ้อย ในอ้อยปลูก การสะสมน้ำหนักสดของลำต้นของอ้อยทั้งสองพันธุ์ มีอัตราที่สูงกว่าการสะสมน้ำหนักใบและต้นของอ้อยพันธุ์ K (ตารางที่ 27) โดยเฉพาะในระยะแรกของฤดูการเพาะปลูก เมื่อติดตามการสะสมน้ำหนักต่อไปในระยะเจ็ดเดือนหลังการงอกพบว่าอ้อยพันธุ์ K ยังมีการสะสมน้ำหนักอีกต่อไปในขณะที่อ้อยพันธุ์ U มีอัตราการสะสมน้ำหนักลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของกาบใบและน้ำหนักสดของลำต้นอ้อยในพันธุ์ U มีอัตราสูงกว่าอ้อยพันธุ์ K

การสะสมน้ำหนักสดของลำอ้อยทั้งสองในอ้อยตอปีที่หนึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 28

ตารางที่ 27: น้ำหนักสดของลำต้นอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตรม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
113	0.98	1.77	52	0.01	0.01	123			56		
138	2.21	2.64	77	0.00	1.97	154			87	3.79	
173	4.46	7.15	112	5.82	5.79	185			118	6.62	
200	1		139	2.65	3.45	212			145	6.41	
235	6.84	11.52	174	3.76	5.31	250	8.13	7.64	183	6.05	3.64
267	8.90	9.60	208	6.17	5.37	286	7.72	7.67	219	5.64	3.41
						313	11.44	10.74	246	4.87	6.74
						341	9.97	7.31	274	7.44	8.26

ตารางที่ 28: น้ำหนักลำต้นสดของช้อยตอปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
244	9.28	10.48	218	11.22	9.98
279	11.05	8.82	253	8.41	11.13
307	11.95	6.85	281	7.95	13.23
337	9.97	10.90	311	5.38	8.28
369	19.85	19.62	343	21.12	19.40

น้ำหนักแห้งของลำต้น การสะสมน้ำหนักแห้งของต้นและใบช้อยพันธุ์ U มีอัตราที่สูงกว่าการสะสมน้ำหนักใบและต้นของช้อยพันธุ์ K (ตารางที่ 29) โดยเฉพาะในระยะแรกของฤดูการเพาะปลูก เมื่อติดตามการสะสมน้ำหนักต่อไปในระยะเจ็ดเดือนหลังการออกพบว่าช้อยพันธุ์ K ยังมีการสะสมน้ำหนักอีกต่อไปในขณะที่ช้อยพันธุ์ U มีอัตราการสะสมน้ำหนักลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของกาบใบและน้ำหนักสดของลำต้นช้อยในพันธุ์ U มีอัตราสูงกว่าช้อยพันธุ์ K

การสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้น ในช้อยตอปีที่หนึ่งแสดงในตารางที่ 30

ตารางที่ 29: น้ำหนักลำต้นแห้งของช้อยปลูก (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
113	0.64	0.49	52	0.00	0.00	123	0.08	0.08	56	0.00	0.00
138	0.26	0.33	77	0.00	0.33	154	0.24	0.25	87	0.01	0.28
173	0.67	1.13	112	1.00	0.23	185	1.02	0.85	118	1.00	0.08
200	0.82	1.46	139	0.49	0.54	212	1.08	1.07	145	0.26	0.18
235	1.67	2.51	174	0.92	0.97	250	1.29	1.21	183	0.67	0.50
267	2.53	3.20	206	1.68	2.28	286	1.46	1.36	219	0.59	0.51
						313	2.36	2.41	246	1.23	1.38
						341	2.31	2.52	274	1.89	1.74

ตารางที่ 30: น้ำหนักลำต้นแห้งของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2539

D 1			D 2		
DAE	K	U	DAE	K	U
118	0.02	0.03	92	0.03	0.03
149	0.21	0.28	123	0.27	0.28
180	1.10	0.96	154	1.13	1.22
207	1.49	1.80	181	1.00	1.21
244	1.43	1.70	218	1.94	1.80
279	1.90	1.33	253	1.33	2.03
307	2.33	1.54	281	2.69	2.69
337	2.85	2.67	311	3.28	2.67

น้ำหนักแห้งของใบและกาบใบ การสะสมน้ำหนักแห้งของใบและกาบใบของอ้อยพันธุ์ U มีอัตราที่สูงกว่าอ้อยพันธุ์ K (ตารางที่ 31) โดยเฉพาะในระยะแรกของฤดูการเพาะปลูก เมื่อติดตามการสะสมน้ำหนักต่อไปในระยะเจ็ดเดือนหลังการออกพบว่าอ้อยพันธุ์ K ยังมีการสะสมน้ำหนักอีกต่อไปในขณะที่อ้อยพันธุ์ U มีอัตราการสะสมน้ำหนักลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของกาบใบและน้ำหนักสดของลำต้นอ้อยในพันธุ์ U มีอัตราสูงกว่าอ้อยพันธุ์ K

การสะสมน้ำหนักแห้งของใบและกาบใบของอ้อยตอปีที่หนึ่งแสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 31: น้ำหนักใบและกาบใบแห้งของอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
49	0.01	0.04				97	0.11	0.18	30		
113	0.38	0.48	52	0.02	0.03	123	0.31	0.38	56		
138	0.32	0.34	77	0.00	0.18	154	0.40	0.55	87	0.04	0.26
173	0.39	0.61	112	0.23	0.23	185	0.56	0.62	118	0.60	0.48
200	0.24	0.22	139	0.34	0.37	212	0.55	0.66	145	0.27	0.27
235	0.42	0.55	174	0.33	0.35	250	0.60	0.63	183	0.53	0.45
267	0.17	0.13	206	0.12	0.12	286	0.48	0.51	219	0.35	0.35
						313	0.52	0.45	246	0.41	0.50
						341	0.33	0.39	274	0.41	0.41

ตารางที่ 32: น้ำหนักใบและกาบใบแห้งของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2539

D 1			D 2		
DAE	U	K	DAE	U	K
118	0.20	0.23	92	0.26	0.22
149	0.42	0.50	123	0.47	0.51
180	0.87	0.84	154	0.66	0.72
207	0.75	0.82	181	0.67	0.65
244	0.82	0.77	218	0.78	0.88
279	0.71	0.59	253	0.71	0.71
307	0.68	0.35	281	0.70	0.47
337	0.49	0.38	311	0.54	0.48

จำนวนหน่ออ้อย จำนวนหน่ออ้อยต่อกอมีจำนวนลดลงตั้งแต่ปลูกถึงระยะเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 33) ทั้งนี้เป็นกลไกในการสร้างผลผลิตของพืชตระกูลหญ้าทั่วไป (Yoshida, 1981) พันธุ์ U มีจำนวนหน่อต่อกอสูงกว่าพันธุ์ K เฉลี่ย 7 และ 4 ลำต่อกอ ตามลำดับ หน่อเหล่านี้จะพัฒนาไปเป็นลำอ้อยที่พืชใช้ในการสะสมน้ำตาล

จำนวนหน่ออ้อยต่อกอของอ้อยตอปีที่หนึ่งแสดงในตารางที่ 34

ตารางที่ 33: จำนวนหน่อ/ลำของอ้อยปลูก (จำนวน ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
49	4.15	5.93				97	12.56	12.87	30	0.00	0.00
113	3.48	6.24	52	5.59	8.00	123	14.31	15.18	56	0.00	0.00
138	4.89	5.95	77			154	12.92	13.03	87	3.79	5.85
173	5.13	7.44	112	7.89	7.89	185	8.41	8.15	118	6.62	4.97
200	8.46	6.92	139	6.67	7.69	212	6.21	8.36	145	6.41	4.87
235	4.36	6.92	174	5.64	6.15	250	6.15	6.72	183	6.05	4.67
267	4.70	5.90	206	5.30	7.23	286	6.67	6.67	219	5.64	5.13
						313	5.90	6.15	246	4.87	5.13
						341	4.36	6.92	274	5.38	5.13

ตารางที่ 34: จำนวนหน่อ/ลำของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (จำนวน ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
118	17.95	25.90	92	14.62	21.54
149	8.97	14.87	123	14.87	14.87
180	14.10	11.54	154	10.51	13.28
207	8.05	9.74	181	7.59	9.59
244	10.82	12.67	218	11.22	11.24
279	7.95	7.69	253	6.41	8.72
307	6.41	5.38	281	7.95	9.74
337	4.36	6.92	311	5.38	5.13

ดัชนีพื้นที่ใบอ้อยปลูก การสะสมน้ำหนักแห้งของต้นและใบอ้อยพันธุ์ U มีอัตราสูงกว่าการสะสมน้ำหนักใบและต้นของอ้อยพันธุ์ K (ตารางที่ 35) โดยเฉพาะในระยะแรกของฤดูการเพาะปลูก เมื่อติดตามการสะสมน้ำหนักต่อไปในระยะเจ็ดเดือนหลังการงอกพบว่าอ้อยพันธุ์ K ยังมีการสะสมน้ำหนักอีกต่อไปในขณะที่อ้อยพันธุ์ U มีอัตราการสะสมน้ำหนักลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของกาบใบและน้ำหนักสดของลำต้นอ้อยในพันธุ์ U มีอัตราสูงกว่าอ้อยพันธุ์ K

ตารางที่ 35: ดัชนีพื้นที่ใบของอ้อยปลูก มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
49	0.02	0.07	-12	0.00	0.00	97	0.20	0.27	30	0.00	0.00
113	1.38	2.12	52	0.10	0.15	123	0.60	0.59	56	0.00	0.00
138	1.07	1.06	77	0.00	0.58	154	1.13	1.15	87	0.10	0.61
173	1.25	1.97	112	0.67	0.67	185	1.60	1.34	118	0.66	0.43
200	0.69	0.64	139	0.93	1.04	212	1.69	2.02	145	0.66	0.76
235	1.69	2.30	174	0.99	1.21	250	1.57	1.60	183	1.34	0.97
267	0.00	0.00	206	0.00	0.00	286	1.80	1.48	219	1.22	1.48
						313	1.71	1.34	246	1.17	1.25
						341	1.04	1.55	274	1.60	1.57

คุณภาพความหวานของน้ำอ้อย ในอ้อยปลูกพบว่าเริ่มมีค่า CCS เมื่ออ้อยมีอายุได้ห้าเดือน (ตารางที่ 36) และมีค่าสูงขึ้นตามลำดับจนกระทั่งเก็บเกี่ยว อ้อยพันธุ์ K มีค่า CCS สูงกว่าพันธุ์ U ยกเว้นในวันปลูกที่ D4 ในช่วงการเก็บเกี่ยวมีค่า CCS เฉลี่ยเป็น 11.21 และ 10.01 ตามลำดับ

ในอ้อยตอปีที่หนึ่งพบว่าเริ่มมีค่า CCS เมื่ออ้อยมีอายุได้ 5 เดือน (ตารางที่ 37) และมีค่าสูงขึ้นตามลำดับจนกระทั่งเก็บเกี่ยว พันธุ์ K มีค่า CCS สูงกว่าพันธุ์ U โดยเฉพาะในช่วงการเก็บเกี่ยวมีค่า 9.3 และ 6.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 36: ค่า CCS ของอ้อยปลูก มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
113	0.30	-0.71	52	0.00	0.00	123	0.00	0.00	58	0.00	0.00
138	0.74	-0.84	77	0.00	0.37	154	0.00	0.00	87	0.00	0.00
173	1.25	1.14	112	-1.04	-0.97	185	0.00	0.00	118	0.00	0.00
200	3.85	3.12	139	1.06	0.73	212	0.00	0.00	145	0.00	0.00
235	8.62	8.53	174	5.58	6.03	250	7.03	2.81	183	2.17	2.53
267	12.14	10.73	206	10.37	8.86	286	9.32	9.48	219	4.20	6.60
						313	8.72	9.09	246	5.06	6.20
						341	12.37	11.32	274	8.10	9.13

ตารางที่ 37: ค่า CCS ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2539

D 1			D 2		
DAE	K	U	DAE	K	U
244	6.22	4.07	218	7.80	4.01
279	9.11	8.07	253	11.15	6.37
307	10.27	9.14	281	11.39	6.36
337	11.97	11.47	311	13.07	9.61

ระดับ polarity ในอ้อยปลูกระดับ polartiy (%sucrose) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้น (ตารางที่ 38) ในช่วงเก็บเกี่ยวอ้อยพบว่าค่า polarity ของอ้อยปลูกพันธุ์ K และ U อยู่ในช่วง 12 และ 9.2 ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ

ในช่วงการเก็บเกี่ยวของอ้อยตอปีที่หนึ่งของ D1 และ D2 (ตารางที่ 39) พบว่า ค่า polarity ของอ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับอ้อยปลูก ค่า polarity ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง อยู่ในช่วง 12.5 และ 9.2

ตารางที่ 38: ค่า polarity ของอ้อยปลูก มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
113	2.99	2.11	52	0.00	0.00	123			58		
138	3.82	2.79	77	0.00	1.49	154			87		
173	5.02	4.74	112	1.99	2.35	185			118		
200	7.59	6.93	139	4.35	3.84	212			145		
235	12.96	12.99	174	9.55	9.89	250	10.71	6.46	183	5.68	6.11
267	16.94	15.10	206	15.19	12.87	286	13.30	13.44	219	7.81	10.23
						313	12.46	13.01	246	8.43	9.91
						341	16.59	15.45	274	12.27	12.90

ตารางที่ 39: ค่า polarity ของฮ้อยตอปีที่หนึ่ง มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2539

D 1			D 2		
DAE	K	U	DAE	K	U
244	9.91	7.63	218	11.49	7.41
279	12.82	11.80	253	15.05	9.72
307	13.72	12.61	281	15.23	9.72
337	15.98	15.73	311	17.22	13.28

ระดับ brix ในฮ้อยปลูกระดับ brix พลวัตเช่นเดียวกันกับค่า polarity และค่า CCS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อฮ้อยมีอายุมากขึ้น (ตารางที่ 40) ในช่วงเก็บเกี่ยวฮ้อยพบว่าค่า brix ของฮ้อยปลูกอยู่ในช่วง 16.24-18.77 และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ

ในช่วงการเก็บเกี่ยวของฮ้อยตอปีที่หนึ่งของ D1 และ D2 (ตารางที่ 41) พบว่า ค่า polarity ของฮ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกับฮ้อยปลูก และสูงมากกว่าฮ้อยปลูกทั้งสี่วันปลูก ค่า brix ของฮ้อยตอปีที่หนึ่ง อยู่ในช่วง 18.15-18.99

ตารางที่ 40: ค่า brix ของฮ้อยปลูก มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
113	8.05	6.82	52	0.00	0.00	123	0.00	0.00	58	0.00	0.00
138	9.46	9.69	77	0.00	3.50	154	0.00	0.00	87	0.00	0.00
173	11.79	11.21	112	8.25	9.29	185	0.00	0.00	118	0.00	0.00
200	13.25	12.98	139	10.27	9.83	212	0.00	0.00	145	0.00	0.00
235	17.87	18.13	174	14.94	14.96	250	15.12	12.52	183	11.62	12.05
267	0.00	0.00	206	0.00	0.00	286	17.13	17.22	219	13.03	14.58
						313	16.10	16.95	246	12.80	14.59
						341	19.53	18.67	274	17.04	16.73

ตารางที่ 41: ค่า brix ของฮ้อยตอปีที่หนึ่ง มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2539

D 1			D 2		
DAE	K	U	DAE	K	U
244	14.72	13.02	218	15.49	12.58
279	16.35	15.90	253	17.81	13.66
307	16.67	15.98	281	18.16	13.82
337	18.32	18.61	311	19.19	16.12

ปริมาณเยื่อใย ในฮ้อยปลูกปริมาณเยื่อใยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อฮ้อยมีอายุมากขึ้น (ตารางที่ 42) ยกเว้นในฮ้อยปลูก D1 ซึ่งปริมาณเยื่อใยในฮ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มลดลง เมื่อเก็บเกี่ยวปริมาณเยื่อใยของฮ้อยทั้งสองพันธุ์อยู่ในร้อยละ 11.20-12.12 ของน้ำหนักแห้ง และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ

ในช่วงการเก็บเกี่ยวของฮ้อยตอปีที่หนึ่ง (ตารางที่ 43) พบว่า ปริมาณเยื่อใยของฮ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นแต่มีความแปรปรวนมากกว่าปริมาณเยื่อใยของฮ้อยปลูก ปริมาณเยื่อใยของฮ้อยตอปีที่หนึ่งเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 10.52-12.07 ของน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 42: ค่า fiber ของข้อยปลูก มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
113	11.33	10.33	52		0.00	123			56		
138	11.50	11.50	77		3.72	154			87		
173	11.07	10.93	112	9.10	8.90	185			118		
200	11.50	11.50	139	11.50	11.50	212			145		
235	12.12	11.25	174	11.48	11.08	250	10.28	9.35	183	10.42	10.13
						288	11.68	11.40	219	11.65	11.47
						313	11.50	11.25	246	11.48	11.17
						341	11.90	11.85	274	11.32	11.20

ตารางที่ 43: ค่า fiber ของข้อยตอปีหนึ่ง มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2539

D 1			D 2		
DAE	K	U	DAE	K	U
244	10.02	9.88	218	11.18	9.07
279	11.12	10.65	253	12.17	10.90
307	9.63	9.82	281	10.98	9.98
337	11.65	12.10	311	12.07	10.52

ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ
การเจริญเติบโตของอ้อย

ผลการทดลองวันปลูกอ้อยชุดที่หนึ่งและสอง
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

(อ้อยปลูก และอ้อยตอ 1 ของชุดที่หนึ่ง และ
อ้อยปลูก ของชุดที่สอง)

อรรถชัย จินตะเวช ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา ถาวร อ่อนประไพ
อ้อยทิน จันทรเมือง และ รัชญา นาสुरิวงศ์

งานทดลองนี้เป็นงานทดลองหนึ่งที่มีโครงสร้างและวิธีการทดลองดังที่ได้เสนอใน เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง และคณะในรายงานฉบับนี้ (หน้า 16) เพื่อสนับสนุนการรวบรวมข้อมูลจำเป็นต่อการพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0 ได้ทำการออกแบบให้ครอบคลุมสภาพการผลิตย่อยในพื้นที่ต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ระบบการผลิตในประเทศไทยสามารถจัดได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบการผลิตย่อยในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่อาศัยน้ำฝน ในระบบการผลิตทั้งสองแบบเกษตรกรปลูกย่อยต้นฤดูฝน (ประมาณเดือนพฤษภาคม) และปลายฤดูฝน (ประมาณเดือนพฤศจิกายน) ระบบการผลิตย่อยในภาคเหนือส่วนใหญ่ปลูกย่อยอาศัยน้ำฝนและเป็นย่อยที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนและเริ่มฤดูการเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคมของทุกปี ส่วนใหญ่เป็นระบบการผลิตย่อยที่มีการไถต่อย่อย 1-2 ต่อการปลูกหนึ่งครั้ง

อุปกรณ์ วิธีการทดลอง และวิธีการวัดค่าตัวแปร

ดำเนินการทดลองในดินชุดสติก ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มดิน Oxic Paleustults ตามระบบอนุกรมวิธานดิน Soil Taxonomy (ทวิศักดิ์ และ ขนิษฐศรี, 2534) งานทดลองชุดที่หนึ่งมีวันปลูกที่ทำการเปรียบเทียบสองวันปลูก คือ วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2538 (D1) และ วันที่ 28 เมษายน 2538 (D2) เก็บเกี่ยวย่อยปลูกระหว่างวันที่ 18-22 พฤศจิกายน 2538 และเก็บเกี่ยวย่อยต่อปีที่หนึ่งระหว่างวันที่ 17-20 ธันวาคม 2539 งานทดลองชุดที่สองมีสองวันปลูก คือ วันที่ 19 พฤศจิกายน 2538 (D3) และ วันที่ 16 มกราคม 2539 (D4) เก็บเกี่ยวย่อยปลูกระหว่างวันที่ 17-20 ธันวาคม 2539

ปี 2538 และ 2539 เก็บเกี่ยวย่อยปลูกแถวที่สามและแถวที่สี่ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม และปีที่สอง (2539) เก็บเกี่ยวย่อยต่อแถวที่เจ็ดและแปดในระหว่างเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม

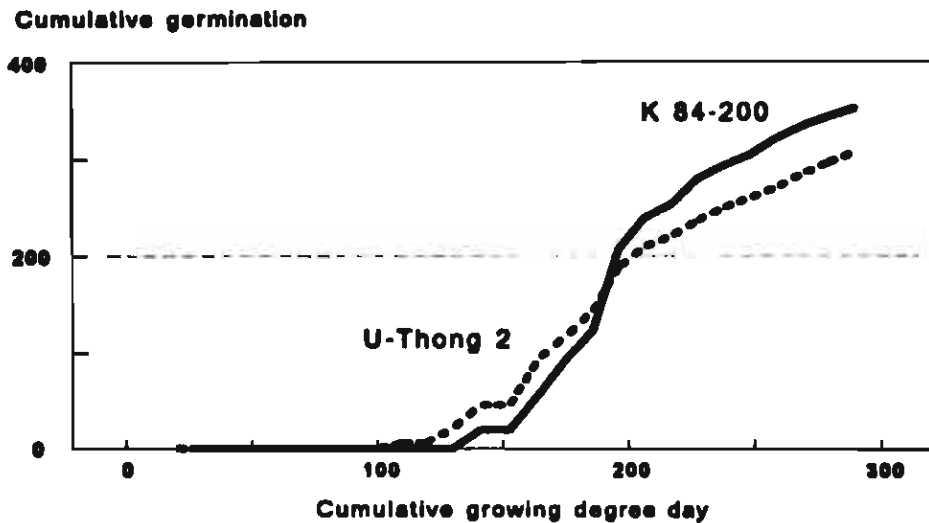
เก็บเกี่ยวกอย่อยตัวอย่างทั้งกอจำนวนสองกอ เมื่อวันที่ 5 กรกฎาคม 3 สิงหาคม 3 กันยายน 5 ตุลาคม และ 6 พฤศจิกายน 2538 เพื่อหาพื้นที่ใบ นับจำนวนลำย่อย แล้วทำการแยกส่วนต่าง ๆ ออกเป็น ส่วนของต้นย่อย ส่วนของใบย่อย ส่วนของกาบใบย่อย และ ส่วนของรวงย่อย ทำการตากแห้งและชั่งน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วน อนึ่ง คณะผู้วิจัยได้ทำการจัดส่งลำต้นย่อยไปที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นาพรหมบุรีเพื่อตรวจวัดค่าองค์ประกอบความหวาน

ผลการทดลอง

พัฒนาการของอ้อย (cane phenology)

อัตราการงอกของตาอ้อย รูปที่ 11 แสดงอัตราการงอกของอ้อยทั้งสองพันธุ์ของวันปลูก D4 ของพันธุ์ K และพันธุ์ U ซึ่งมีอัตราการงอกของตาอ้อยร้อยละ 50 ในวันที่ 4 และ 6 กุมภาพันธ์ 2539 ตามลำดับ คิดเป็นประมาณ 200 GDD อัตราการงอกของพืชในตระกูลธัญพืชได้รับอิทธิพลจากระดับความลึกของการวางท่อนพันธุ์หรือเมล็ดพืช ซึ่งสามารถคาดการณ์ได้อย่างแม่นยำโดยใช้อุณหภูมิอากาศเป็นตัวบ่งชี้ได้

รูปที่ 11: ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมและความงอกสะสมของอ้อยทั้งสองพันธุ์ จากวันปลูก D4 วันที่ 16 มกราคม 2539 ม.เชียงใหม่



โดยทั่วไป อ้อยปลูกทั้งสองพันธุ์ของทั้งสี่วันปลูกมีพัฒนาการและการเจริญเติบโตที่ดีตลอดฤดูปลูกในปี 2538 และ ปี 2539 อย่างไรก็ตาม ในระหว่างเดือนสิงหาคมถึงกลางเดือนตุลาคม 2538 และ 2539 มีฝนตกหนักติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้อ้อยโคนล้มสองช่วงคือระหว่างเดือนสิงหาคมและต้นเดือนพฤศจิกายน 2538 และ 2539 การล้มของอ้อยในช่วงที่สองของปี 2538 ทำให้ผู้ดำเนินการวิจัยต้องตัดสินใจเก็บเกี่ยวก่อนระยะเวลาที่สมควรโดยเฉพาะพันธุ์ K อาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตต้นสดของอ้อยทดลองค่อนข้างต่ำกว่าที่ได้คาดการณ์ไว้ นอกจากนี้อ้อยทั้งแปลงถูกไฟไหม้เมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2540 คณะผู้วิจัยได้ทำการซ่อมตออ้อย ให้น้ำ และปุ๋ยเคมีเพื่อเร่งการเจริญเติบโต และสามารถกู้แปลงทดลองกลับได้กว่าร้อยละ 80 ของกออ้อยที่ต้องการเก็บเกี่ยวในปีที่สาม (อ้อยตอปีที่สอง) ผู้วิจัยคาดว่าพัฒนาการของอ้อยจะช้ากว่าแปลงทดลองที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีประมาณสองเดือน คาดว่าจะมีผลต่อผลผลิตอ้อยในงานทดลองทั้งสองเช่นกัน

ในงานทดลองชุดที่สอง (D3 และ D4) อ้อยทั้งสองพันธุ์มีพัฒนาการของใบอ้อยคล้ายคลึงกัน ทั้งสองวันปลูก (รูปที่ 12) โดยในวันปลูกที่ 3 อ้อยทั้งสองพันธุ์มีอัตราการเพิ่มขึ้นของใบเป็น 0.0075 ใบต่อ 1°C ($r^2=0.99$) และ 0.0084 ใบต่อ 1°C ($r^2=0.99$) ตามลำดับ และในวันปลูกที่ 4 อ้อยทั้งสองพันธุ์มีอัตราการเพิ่มขึ้นของใบเป็น 0.0072 ใบต่อ 1°C ($r^2=0.96$) และ 0.0074 ใบต่อ 1°C ($r^2=0.96$) ตามลำดับ

ระยะพัฒนาการต่าง ๆ เมื่ออ้อย D1 และ D2 มีอายุได้ 2-4 เดือนหลังการงอก และอ้อย D3 และ D4 มีอายุได้ 5-7 เดือนหลังการงอก มีการสร้างพื้นที่ใบอย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีการแตกหน่อเป็นจำนวนมาก การแตกหน่อถึงระดับสูงสุดประมาณ 4-6 เดือน และ 7-9 เดือน หลังการงอก จากนั้นอ้อยทั้งสองพันธุ์เริ่มเข้าสู่ระยะการสลับหน่อทั้ง และมีการรักษาจำนวนลำเพื่อเป็นที่เก็บสะสมน้ำตาล (millable stalk) ลำเหล่านี้จะเข้าสู่ระยะการยืดปล้องและการสะสมน้ำหนักลำต้น

งานทดลองชุดที่หนึ่ง (D1 และ D2) พบว่าอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่งพันธุ์ U เริ่มระยะสร้างช่อดอก (panicle initiation) ประมาณต้นเดือนตุลาคม ปี 2538 และ 2539 อ้อยพันธุ์ U เข้าสู่ระยะมีช่อดอกโผล่เหนือคอใบ (panicle emergence) ประมาณวันที่ 10-13 พฤศจิกายน 2538 และ 2539 ส่วนอ้อยพันธุ์ K ทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่งเข้าสู่ระยะทั้งสองช้ากว่าอ้อยพันธุ์ U ประมาณหนึ่งเดือน กล่าวคือเริ่มระยะสร้างช่อดอก (panicle initiation) ประมาณวันที่ 6-10 พฤศจิกายน 2538 และ 2539 เริ่มระยะช่อดอกโผล่เหนือคอใบ (panicle emergence) ประมาณวันที่ 8-12 ธันวาคม 2538 และ 2539

ในงานทดลองชุดที่สอง (D3 และ D4) พบว่าอ้อยพันธุ์ U เริ่มระยะผลิตช่อดอก (panicle initiation) ประมาณต้นเดือนตุลาคม ปี 2539 เริ่มแทงช่อดอก (panicle emergence) ประมาณวันที่ 10-13 พฤศจิกายน 2539 ส่วนอ้อยพันธุ์ K เริ่มระยะทั้งสองช้ากว่าอ้อยพันธุ์ U ประมาณหนึ่งเดือน กล่าวคือเริ่มระยะผลิตช่อดอก (panicle initiation) ประมาณวันที่ 6-10 พฤศจิกายน 2539 เริ่มแทงช่อดอก (panicle emergence) ประมาณวันที่ 8-12 ธันวาคม 2539 ผู้วิจัยได้รับคำบอกกล่าวว่าการออกดอกของอ้อยมีผลโดยตรงต่อการสะสมน้ำตาลในลำต้นของอ้อย แต่ยังไม่มียางานผลการวิจัยยืนยัน ดังนั้นจึงสมควรที่จะทำการวิจัยเพื่อทำความเข้าใจกระบวนการของการสะสมน้ำตาลในพันธุ์อ้อยของไทยอย่างเป็นระบบ

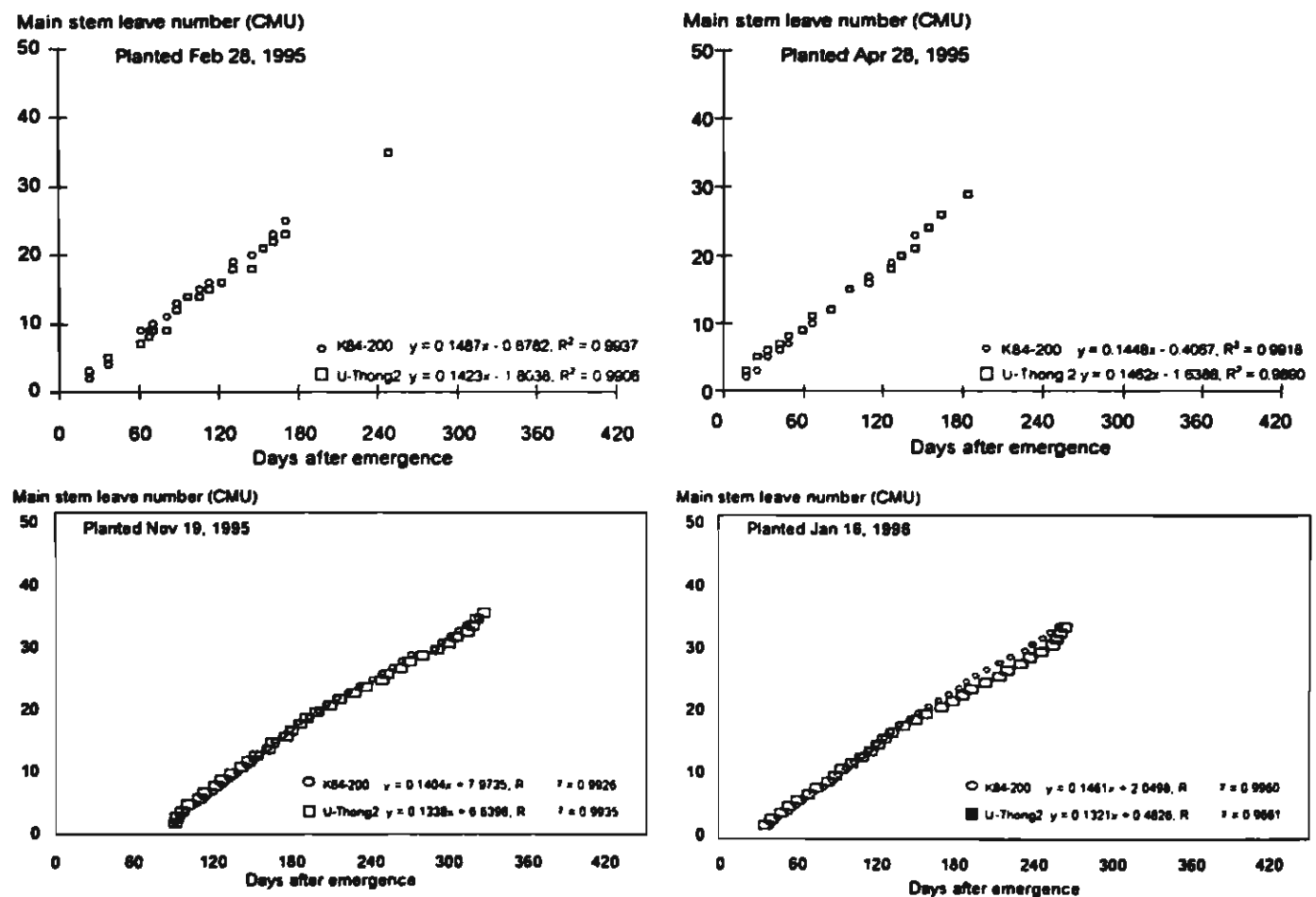
พัฒนาการของใบอ้อยปลูก การติดตามพัฒนาการของใบอ้อยในวันปลูก D1 และ D2 ในช่วงฤดูฝนมีอุปสรรคเนื่องจากฝนตกชุก รวมทั้งทรงกอของอ้อยทั้งสองพันธุ์ขึ้นปกคลุมเกือบเต็มพื้นที่ระหว่างแถวปลูกทำให้การบันทึกข้อมูลมีอุปสรรคมาก ผู้วิจัยได้ตัดสินใจงดการบันทึกข้อมูลในช่วงดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การติดตามพัฒนาการของใบอ้อยปลูก D1, D2, และ D3 ในปี 2538 และอ้อยปลูก D4 ในปี 2539 ทั้งสองพันธุ์พบว่ามีอัตราพัฒนาการใกล้เคียงกัน (รูปที่ 12) อ้อยพันธุ์ K และพันธุ์ U มีอัตราการเพิ่มขึ้นของใบเฉลี่ย 0.15 ใบ วัน⁻¹ และ 0.14 ใบ วัน⁻¹ ตามลำดับ เป็นผลการวิจัยที่มีความหมายมากต่อการพัฒนาและการทดลองแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย เป็นข้อมูลที่สามารถใช้ยืนยันได้ว่าสามารถใช้อุณหภูมิอากาศ (GDD) ในการคาดการณ์พัฒนาการของใบได้อย่างมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ

เป็นที่น่าสังเกตว่าอัตราการเพิ่มของใบอ้อยพันธุ์ U ในช่วงสุดท้ายของฤดูการมีอัตราลดลง เนื่องจากอ้อยพันธุ์ U เข้าสู่ระยะการสร้างช่อดอกและเมล็ดซึ่งเป็นระยะสุดท้ายของวัฏพืช ในอ้อยพันธุ์ K มีการสร้างช่อดอกช้ากว่าพันธุ์ U และมีอัตราการสร้างใบใหม่ของอ้อยพันธุ์ K ในอัตราใกล้เคียงกัน

การเจริญเติบโตของอ้อยในระหว่างฤดูปลูก (cane growth)

ผลการทดลองที่จะรายงานในเอกสารฉบับนี้เป็นผลการทดลองอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่ง โดยแบ่งออกเป็นห้าส่วน คือ อิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อน้ำหนักอ้อยสด ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและน้ำหนักมวลชีวภาพแห้ง ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและน้ำหนักลำต้นสด ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและน้ำหนักใบและกาบใบแห้ง ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและจำนวนหน่ออ้อย อิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อน้ำหนักสดของอ้อย และอิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อองค์ประกอบความหวานของอ้อย

รูปที่ 12: พัฒนาการของใบอ้อยปลูก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2538 และ 2539)



อิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อน้ำหนักอ้อยสด น้ำหนักลำอ้อยสดของอ้อยปลูกต่อไร่ของทั้งสี่วันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน (ตารางที่ 44) ในวันปลูก D3 อ้อยทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตลำสดต่อไร่สูงสุด เฉลี่ยเป็น 25.8 และ 25.3 ตันต่อไร่ สำหรับพันธุ์ K และ พันธุ์ U ตามลำดับ วันปลูกที่ให้ผลผลิตอ้อยสูงสุดเป็นวันปลูกที่อ้อยมีอายุยาวที่สุด เก็บเกี่ยวเมื่ออ้อยมีอายุหลังออกรวม 335 วัน อายุยาวกว่าอ้อยที่ปลูกใน D1, D2 และ D4 คิดเป็นร้อยละ 36, 83 และ 9 ตามลำดับ และมีจำนวนลำเฉลี่ยต่อไร่มากที่สุดอีกด้วย สูงกว่าอ้อยที่ปลูกใน D1, D2 และ D4 คิดเป็นร้อยละ 8, 79 และ 15 ตามลำดับสำหรับพันธุ์ U และสูงกว่าอ้อยที่ปลูกใน D1, D2 และ D4 คิดเป็นร้อยละ 25, 48 และ 25 ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ K

วันปลูกอ้อย D3 ของแปลงทดลองในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีระยะเวลาใกล้เคียงกับวันปลูกอ้อยในฤดูแล้งอาศัยน้ำฝนของเกษตรกรหลายพื้นที่ของประเทศโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (หินกร กลมสอาด และคณะ, 2538) ในระยะ 2-3 เดือนแรกอ้อยที่ปลูกใน D3 มี พัฒนาการในอัตราต่ำเนื่องจากอุณหภูมิอากาศต่ำสุดมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิพื้นฐานสำหรับกระบวนการพัฒนาการและกระบวนการเจริญเติบโตของอ้อย โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อเข้าสู่ช่วงต้นฤดูฝนในเดือนพฤษภาคมทำให้อ้อยที่ปลูกใน D3 มีพัฒนาการและการเจริญเติบโตที่ดีกว่าอ้อยที่ปลูกในวันปลูกอื่น

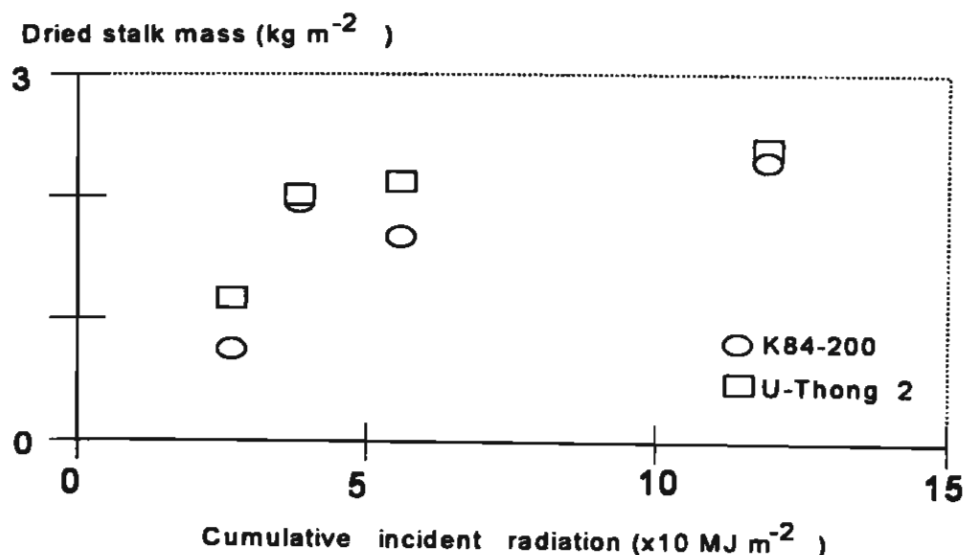
ตารางที่ 44: จำนวนลำอ้อย (ลำ/ไร่) และน้ำหนักสด (ตัน/ไร่) ของอ้อยปลูกและอ้อยตอหนึ่ง พันธุ์ K และ U เมื่อเก็บเกี่ยว แปลงทดลองมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-39

Ds/Cultivars	Stalk number rai ⁻¹		Stalk fresh wt. Mg rai ⁻¹	
	K	U	K	U
----- Plant crop (1995-1996) -----				
D 1	9,440	13,760	18.6	21.6
D 2	8,000	8,320	9.9	13.5
D 3	11,840	14,880	25.8	25.3
D 4	9,440	12,960	21.8	23.0
----- Ratoon 1 (1996) -----				
D 1	11,680	17,280	19.8	24.3
D 2	13,760	16,800	16.8	21.2

อ้อยทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกใน D3 ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุดเมื่อเทียบกับวันปลูกอื่น (รูปที่ 13) มากกว่า 11,000 MJ m⁻² คิดเป็นร้อยละ 200, 300, และ 114 ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับในวันปลูกที่ D1, D2, และ D4 ตามลำดับ สัดส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใบอ้อยได้รับและเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงน่าจะอยู่ในช่วงร้อยละ 12-30 ทำให้ประสิทธิภาพการใช้แสง (RUE) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.68-1.77 g m⁻² ซึ่งเป็นค่าที่จัดอยู่ในช่วงปานกลาง (Robertson et al, 1996; Inman-Bamber, 1991)

น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดิน ในปี 2538 สามารถเก็บตัวอย่างอ้อยได้เฉพาะของ D1 เนื่องจากขาดแรงงานและฝนตกชุก น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยทั้งสองพันธุ์ในส่วนปลูกของอ้อยปลูกและอ้อย

รูปที่ 13: ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และน้ำหนักแห้งของลำต้นของอ้อยปลูก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2538 และ 2539)



ต่อปีที่หนึ่งแสดงในตารางที่ 45 และ 46 ตามลำดับ น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินเพิ่มขึ้นตั้งแต่การเก็บตัวอย่างอ้อยครั้งแรกถึงการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย และเป็นไปตามที่คาดหมายไว้ น้ำหนักมวลชีวภาพของพันธุ์ U สูงกว่าพันธุ์ K แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือดินในระยะแรกของการเจริญเติบโตส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำหนักใบและกาบใบ

น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินในระดับนี้จัดว่าอยู่ในระดับปานกลาง ในประเทศออสเตรเลียมีงานวิจัยและรายงานผลการผลิตจากไร่ผลิตยืนยันว่าในพื้นที่ที่มีพลังงานแสงอาทิตย์ระดับนี้ร้อยละ (พืช C4) สามารถให้ผลผลิตมวลชีวภาพแห้งเหนือดินในช่วง 5,600-5,800 g m⁻² แสดงให้เห็นว่าการผลิตอ้อยในประเทศไทยสามารถเพิ่มผลผลิตได้อีกแน่นอน

ตารางที่ 45: น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
112	1.30	2.98	49			148	0.34	0.33	85	0.05	0.05
142	1.28	1.91	79			196	1.23	1.29	133	0.80	0.76
176	2.04	3.44	113		1.09	226	1.94	1.67	163	1.26	1.74
203	2.92	3.18	140			245	2.62	3.32	182	1.70	2.35
238	3.78	5.96	175			281	2.84	3.58	218	2.50	2.83
246	1.76	2.36	183	1.23	1.67	308	3.93	3.47	245	2.39	3.05
						335	3.72	4.34	272	4.62	3.64
						370	5.38	4.69	307	4.82	5.39

ตารางที่ 46: น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยต่อปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539

D 1			D 2		
DAE	K	U	DAE	K	U
148	0.83	0.92	148	0.77	0.80
196	0.77	1.40	196	1.48	1.32
227	2.04	2.97	227	2.46	2.39
246	1.95	2.00	246	1.97	2.61
281	2.92	3.28	281	3.12	3.70
309	3.54	3.20	309	4.34	5.32

น้ำหนักสดของลำต้น การสะสมน้ำหนักสดของลำต้นอ้อยพันธุ์ U มีอัตราที่สูงกว่าการสะสมน้ำหนักใบและต้นของอ้อยพันธุ์ K (ตารางที่ 47 และ 48) โดยเฉพาะในระยะแรกของฤดูการเพาะปลูก เมื่อติดตามการสะสมน้ำหนักต่อไปในระยะเจ็ดเดือนหลังการงอกพบว่าอ้อยพันธุ์ K ยังมีการสะสมน้ำหนักอีกต่อไปในขณะที่อ้อยพันธุ์ U มีอัตราการสะสมน้ำหนักลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของกาบใบและน้ำหนักสดของลำต้นอ้อยในพันธุ์ U มีอัตราสูงกว่าอ้อยพันธุ์ K

ตารางที่ 47: น้ำหนักลำต้นสดของอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
112			49			148			85	8.97	
142			79			196			133	13.59	
176	8.44	13.90	113	0.00	5.24	226			163	9.74	4.34
203	12.06	13.76	140			245	9.94	11.68	182	8.21	7.21
238	14.38	17.54	175			281	12.69	14.28	218	8.21	9.82
246	12.88	13.27	183	5.00	7.86	308	15.79	15.05	245	6.15	10.41
						335	13.85	18.82	272	8.21	13.38
						370	18.67	15.00	307	7.69	16.98
						378	15.99	16.01	315	11.08	14.01

ตารางที่ 48: น้ำหนักลำต้นสดของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539

D 1			D 2		
DAE	K	U	DAE	K	U
148	0.15	0.27	148	0.19	0.22
196	0.27	0.49	196	0.59	0.42
227	1.16	1.75	227	1.41	1.33
246	0.95	1.10	246	1.00	1.28
281	2.00	2.21	281	2.03	2.49
309	2.18	1.77	309	2.46	3.21
336	3.69	4.00	336	4.00	4.21

ตารางที่ 49: น้ำหนักแห้งของลำต้นอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
112	0.83	2.31	49	0.00	0.00	148	0.09	0.08	85	0.00	0.00
142	0.67	1.26	79	0.00	0.00	196	0.56	0.57	133	0.26	0.20
176	1.23	2.06	113	0.00	0.69	226	1.15	0.93	163	0.66	0.83
203	1.87	1.92	140	1.00	0.00	245	1.77	2.15	182	1.00	1.64
238	2.41	4.15	175	0.00	0.00	281	1.67	2.26	218	1.62	1.77
246	0.56	0.60	183	0.30	0.44	308	2.46	2.15	245	1.36	2.05
						335	2.56	2.77	272	3.08	2.56
						370	3.90	3.28	307	3.28	3.69

ตารางที่ 50: น้ำหนักแห้งของลำต้นอ้อยตอปีทีหนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539

D 1			D 2		
DAE	K	U	DAE	K	U
148	0.15	0.27	148	0.19	0.22
196	0.27	0.49	196	0.59	0.42
227	1.16	1.75	227	1.41	1.33
246	0.95	1.10	246	1.00	1.28
281	2.00	2.21	281	2.03	2.49
309	2.18	1.77	309	2.46	3.21
336	3.69	4.00	336	4.00	4.21

น้ำหนักแห้งของใบและกาบใบ ในปี 2538 สามารถเก็บตัวอย่างอ้อยได้เฉพาะของ D1 เนื่องจากขาดแรงงาน และฝนตกชุก น้ำหนักแห้งของใบและกาบใบของอ้อยทั้งสองพันธุ์ในสัปดาห์ปลูกของอ้อยปลูกดะอ์ อตอปีทีหนึ่ง แสดงในตารางที่ 49 และ 50 ตามลำดับ น้ำหนักแห้งใบและกาบใบเพิ่มขึ้นตั้งแต่การเก็บตัวอย่างอ้อยครั้งแรกถึงการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย และเป็นไปตามที่คาดหมายไว้ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักแห้งของใบและกาบใบเป็นมวลชีวส่วนใหญ่ในระยะแรกของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 51: น้ำหนักใบและกาบใบแห้งของอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
112	0.47	0.66	49			148	0.25	0.24	85	0.05	0.05
142	0.59	0.65	79			196	0.67	0.72	133	0.55	0.56
176	0.81	1.36	113	0.00	0.39	226	0.79	0.74	163	0.60	0.91
203	1.05	1.25	140			245	0.85	1.16	182	0.70	0.71
238	1.37	1.81	175			281	1.17	1.32	218	0.89	1.07
246	1.20	1.76	183	0.93	1.23	308	1.47	1.32	245	1.03	1.00
						335	1.15	1.58	272	1.54	1.27
						370	1.48	1.40	307	1.54	1.70

ตารางที่ 52: น้ำหนักใบและกาบใบแห้งของอ้อยตอปีทีหนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
148	0.68	0.65	148	0.58	0.57
196	0.50	0.90	196	0.89	0.90
227	0.88	1.23	227	1.06	1.06
246	1.01	0.89	246	0.97	1.32
281	0.92	1.07	281	1.09	1.21
309	1.36	1.43	309	1.88	2.12
336	1.66	1.63	336	1.85	1.84
371	1.69	1.47	371	1.97	2.33

จำนวนหน่ออ้อย จำนวนหน่ออ้อยตอกอมีจำนวนลดลงตั้งแต่ปลูกถึงระยะเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 53 และ 54) ทั้งนี้ เป็นกลไกในการสร้างผลผลิตของพืชตระกูลหญ้าทั่วไป (Yoshida, 1981) พันธุ์ U มีจำนวนหน่อตอสูงกว่พันธุ์ K เฉลี่ย 7 และ 4 ลำตอกอ ตามลำดับ หน่อเหล่านี้จะพัฒนาไปเป็นลำอ้อยที่พืชใช้ในการสะสมน้ำตาล

ในช่วงการเก็บเกี่ยวพบว่า จำนวนลำต่อไร่ของอ้อยพันธุ์ U มีมากกว่าอ้อยพันธุ์ K แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำหนักสดของอ้อยสดพันธุ์ U เฉลี่ย 15.2 ตันต่อไร่ และพันธุ์ K เฉลี่ย 13.3 ตันต่อไร่ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยทางสถิติ (ตารางที่ 44)

ตารางที่ 53 จำนวนหน่อ/ลำของอ้อยปลูก (จำนวน ตม.) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
112	12.56	19.74	49			148	18.46	15.64	85	8.97	10.77
142	10.77	12.31	79			196	13.59	12.05	133	13.59	10.77
176	7.18	9.74	113	0.00	2.82	226	9.23	8.46	163	9.74	10.51
203	6.92	8.21	140			245	8.46	9.23	182	8.21	8.72
238	7.95	10.00	175			281	8.21	8.97	218	8.21	8.72
246	7.22	8.58	183	5.00	5.22	308	7.95	7.44	245	6.15	6.41
						335	6.15	10.26	272	8.21	7.69
						370	8.21	8.72	307	7.69	7.18

ตารางที่ 54: จำนวนหน่อ/ลำของอ้อยตอปีหนึ่ง (จำนวน ตม.) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
148	24.36	31.28	148	18.97	23.33
196	7.18	15.38	196	10.00	11.54
227	8.97	12.31	227	7.95	10.51
246	10.51	8.72	246	7.18	11.79
281	6.92	11.03	281	9.23	11.79
309	6.92	10.51	309	8.72	11.79
336	8.72	11.28	336	9.74	12.31
371	6.67	10.26	371	7.69	14.36

คุณภาพความหวานของน้ำอ้อย ในอ้อยปลูกพบว่าเริ่มมีค่า CCS เมื่ออ้อยมีอายุได้ 5 เดือน (ตารางที่ 55) และมีค่าสูงขึ้นตามลำดับจนกระทั่งเก็บเกี่ยว อ้อยทั้งสองพันธุ์มีค่า CCS ใกล้เคียงกัน

ในอ้อยตอปีหนึ่งพบว่าเริ่มมีค่า CCS เมื่ออ้อยมีอายุมากกว่า 5 เดือน (ตารางที่ 56) และมีค่าสูงขึ้นตามลำดับจนกระทั่งเก็บเกี่ยว พันธุ์ K มีค่า CCS สูงกว่าพันธุ์ U เล็กน้อยโดยเฉพาะในช่วงการเก็บเกี่ยวมีค่าเป็น 11.5 และ 11.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 55: ค่า CCS ของอ้อยปลูก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-2539

D1			D2			D3			D4		
DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U	DAE	K	U
176	2.58	3.73	113		1.85	226			163	1.55	1.55
203	5.67	5.20	140			245	4.24	4.22	182	3.05	3.64
238	8.88	10.81	175			281	7.37	6.48	218	6.06	6.96
246	9.84	11.29	183	8.50	8.39	308	8.71	8.02	245	7.65	7.60
						335	10.70	10.73	272	11.05	11.24

ตารางที่ 56: ค่า CCS ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539

D1			D2		
DAE	U	K	DAE	U	K
227	0.00	0.00	227	1.42	0.00
248	3.76	3.74	248	4.59	4.29
281	6.65	7.70	281	6.45	8.15
309	6.36	7.67	309	9.50	11.28
336	10.90	11.27	336	11.61	11.76

ระดับ polarity ในอ้อยปลูกระดับ polarity มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้น (ตารางที่ 57) ในช่วงเก็บเกี่ยวอ้อยพบว่าค่า polarity ของอ้อยปลูกอยู่ในช่วง 12.37-15.06 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ในช่วงการเก็บเกี่ยวของอ้อยตอปีที่หนึ่งของ D1 และ D2 (ตารางที่ 58) พบว่า ค่า polarity ของอ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับอ้อยปลูก และสูงมากกว่าอ้อยปลูกทั้งสิ้นปลูก ค่า polarity ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง อยู่ในช่วง 15.34-15.92 ของน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 57: ค่า polarity ของอ้อยปลูก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	U	K	DAE	U	K	DAE	U	K	DAE	U	K
112	9.46	9.54	49			148			85		
142	2.03	3.40	79			196			133		
176	7.20	8.05	113	2.81	0.00	226			163	2.52	0.00
203	8.71	9.29	140			245	7.25	7.36	182	6.74	6.71
238	14.69	12.79	175			281	9.59	10.57	218	10.38	9.52
246	15.01	13.83	183	12.37	12.34	308	11.07	11.79	245	11.09	10.94
						335	14.43	14.24	272	15.03	15.06

ตารางที่ 58: ค่า polarity ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539

D 1			D 2		
DAE	U	K	DAE	U	K
246	7.13	7.24	246	7.79	7.35
281	9.94	11.25	281	9.80	11.34
309	9.72	11.11	309	13.09	14.75
336	15.34	15.56	336	15.55	15.92

ระดับ brix ในอ้อยปลูกระดับ brix มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้น (ตารางที่ 59) ในช่วงเก็บเกี่ยวอ้อยพบว่าค่า brix ของอ้อยปลูกอยู่ในช่วง 16.24-18.77 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ในช่วงการเก็บเกี่ยวของอ้อยตอปีที่หนึ่งของ D1 และ D2 (ตารางที่ 60) พบว่า ค่า brix ของอ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับอ้อยปลูก และสูงมากกว่าอ้อยปลูกทั้งสิ้นปลูก ค่า brix ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง อยู่ในช่วง 18.15-18.99

ปริมาณเยื่อใย ในอ้อยปลูกปริมาณเยื่อใยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้น (ตารางที่ 61) ยกเว้นในวันปลูก D1 ซึ่งปริมาณเยื่อใยในอ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มลดลง เมื่อเก็บเกี่ยวปริมาณเยื่อใยของอ้อยทั้งสองพันธุ์อยู่ในร้อยละ 9-12 ของน้ำหนักแห้ง และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 59: ค่า brix ของอ้อยปลูก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	U	K	DAE	U	K	DAE	U	K	DAE	U	K
112	1.84	2.07	49			148			85		
142	10.20	10.00	79			196			133		
176	12.25	11.80	113	4.37		226			163	3.84	
203	13.37	13.99	140			245	11.60	11.93	182	11.52	11.67
238	18.16	16.78	175			281	12.83	13.59	218	13.69	13.38
246	18.77	18.06	183	16.60	16.24	308	13.85	14.64	245	14.93	14.29
						335	17.31	17.13	272	18.01	18.01

ตารางที่ 60: ค่า brix ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539

D 1			D 2		
DAE	U	K	DAE	U	K
246	12.39	12.75	246	12.49	11.91
281	13.29	14.75	281	13.44	14.54
309	13.63	14.74	309	16.12	17.03
336	18.99	18.67	336	18.15	18.51

ในช่วงการเก็บเกี่ยวของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (ตารางที่ 62) พบว่า ปริมาณเยื่อใยของอ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นและสูงมากกว่าอ้อยปลูกทั้งสี่วันปลูก ปริมาณเยื่อใยเฉลี่ย อยู่ในช่วงร้อยละ 11.20-12.47 ของน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 61: ค่า fiber ของอ้อยปลูก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-2539

D 1			D 2			D 3			D 4		
DAE	U	K	DAE	U	K	DAE	U	K	DAE	U	K
112	10.87	10.63	49			148			85		
142	11.50	11.50	79			196			133		
176	11.55	11.78	113	3.83		226			163	3.10	
203	11.50	11.50	140			245	9.57	9.00	182	8.43	7.17
238	9.88	11.22	175			281	9.47	8.93	218	10.20	9.73
246	9.06	10.18	183	11.10	11.32	308	8.37	7.43	245	8.13	8.70
						335	9.87	8.90	272	9.63	11.37
						370	11.53	10.60	307	10.93	11.87

ตารางที่ 62: ค่า fiber ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539

D 1			D 2		
DAE	U	K	DAE	U	K
246	8.40	8.80	246	8.13	7.83
281	9.47	9.40	281	8.83	9.93
309	8.87	8.40	309	9.93	9.23
336	11.77	12.13	336	11.20	12.47

ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของอ้อย

พัฒนาการของอ้อย

บุญมี ศิริ ทินกร กลมสอาด อ้อยทิน จันทรเมือง
สรรเสริญ เสียงใส อิศรี เก่งนอก
ผาสุข ล้อมรุ่งเรืองรัตน์ นิพนธ์ เอี่ยมสุภาภิต
ปรีชา พราหมณีย์ อรรถชัย จินตะเวช
ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์
และ เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง

การวิจัยทางเกษตรในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับพืชสวนใหญ่ให้ความสนใจศึกษากระบวนการเจริญเติบโต (growth) เช่น การเพิ่มน้ำหนักแห้ง มากกว่ากระบวนการพัฒนาการของพืช (phenology) เนื่องจากลักษณะดังกล่าวสังเกตได้ชัดเจนและเปลี่ยนแปลงตามอายุของพืช แต่การเปลี่ยนแปลงกระบวนการพัฒนาการของพืชนั้นเป็นสิ่งที่ยากและมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาที่แสดงออก (morphological appearance) ของพืช และมีผลต่อการกระจายการเจริญเติบโตไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช การสร้างใบที่มากกว่าเดิม การสะสมแป้ง น้ำตาล การออกดอก การติดเมล็ด เป็นต้น ดังนั้นการจัดการทรัพยากรที่จำเป็นต่อการผลิตพืชจึงจำเป็นต้องแยกและสร้างความเข้าใจพื้นฐานของทั้งสองกระบวนการออกจากกัน เพื่อให้ทราบว่าพัฒนาการของพืชนั้นเปลี่ยนแปลงภายใต้สภาพแวดล้อมในบริเวณที่ปลูกพืชนั้น ๆ อาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ ช่วงความยาวของวัน และความชื้นของดินและอากาศ และปริมาณธาตุอาหารเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาพัฒนาการของอ้อยและอิทธิพลของการจัดการที่มีต่อผลผลิตอ้อยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศแต่สำหรับพืชอื่นมีการศึกษาพัฒนาการกันแล้วหลายพืช เช่น ถั่วเหลือง (Fehr et al., 1971) ถั่วลิสง (Boote, 1982) และข้าว (Singh, 1985; Jintrawet, 1991) และในข้าวสาลี O'Toole และ Stockle (1991) พบว่าพัฒนาการของข้าวสาลีสามารถแบ่งเป็นสามช่วงคือ ช่วงของการงอก ช่วงของการออกดอก และช่วงของการสุกแก่ ซึ่งแต่ละช่วงของพัฒนาการดังกล่าว ข้าวสาลีมีกระบวนการทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันและตอบสนองต่อการสะสมของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เป็นต้น

การกำหนดพัฒนาการของพืชที่มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่ายเป็นเรื่องที่จำเป็นมาก เนื่องจากผลผลิตของอ้อยทั้งในด้านน้ำหนัก และน้ำตาลได้รับอิทธิพลจากการจัดการในช่วงเวลาต่างกันอย่างมีความแตกต่างกัน เช่นคำแนะนำในการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอ้อยเมื่ออายุได้สองและสี่เดือน เป็นคำแนะนำที่มีประสิทธิภาพระดับหนึ่ง แต่ประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ย และได้น้ำหนักแห้งจะสูงขึ้น หากคำแนะนำสามารถกำหนดเฉพาะเจาะจงได้ว่า ให้ใส่ปุ๋ยเมื่อลำหลักของอ้อยพันธุ์นี้มีพัฒนาการถึงใบที่ 14 หรือมีหน่อสามหน่อ เป็นต้น

การศึกษานี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อศึกษาพัฒนาการของอ้อยสี่พันธุ์ ซึ่งองค์ความรู้ของพัฒนาการของอ้อยในตำแหน่งใบที่ต่างกัน การเพิ่มพื้นที่ใบกับการสะสมน้ำหนักแห้ง หรือผลผลิตของน้ำตาล และนำความเข้าใจนี้ไปกำหนดพัฒนาการของอ้อยเพื่อใช้ในแบบจำลองพืช

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้อ้อยสี่พันธุ์ได้แก่ CP 78-1628, K 88-92, K84-200, และ U-Thong 2 ซึ่งมีความแตกต่างกันด้านขนาดของใบ พันธุ์ CP 78-1628 มีความกว้างของใบน้อยกว่า 4 ซม. พันธุ์ K 88-92 มีความกว้างของใบอยู่ระหว่าง 4-6 ซม. พันธุ์ K 84-200 และ พันธุ์ U-Thong 2 มีความกว้างของใบมากกว่า 6 ซม. ดำเนินการทดลองสามสถานีคือ แปลงทดลองสถานีวิจัยและฝึกอบรมเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU) แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) และแปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี (SP) ทุกสถานีเพาะกล้าอ้อยทั้งสี่พันธุ์แล้วย้ายปลูกในถังซีเมนต์ขนาดเส้น-

ผ่านศูนย์กลางหนึ่งเมตรเพื่อความสะดวกในการจัดการน้ำ ปุ๋ย และการป้องกันกำจัดศัตรูอ้อย กำหนดการปลูกและการย้ายกล้าปลูกมีแสดงในตารางข้างล่างนี้

สถานีทดลอง	วันเพาะกล้า	วันย้ายปลูก
ม.ขอนแก่น	6 ต.ค. 2538	20 ต.ค. 2538
ม.เชียงใหม่	19 ต.ค. 2538	21 ต.ค. 2538
ศวร.สุพรรณบุรี	19 ต.ค. 2538	8 พ.ย. 2538

ทำการบันทึกข้อมูลอากาศราย 10 นาที และรวมเป็นรายวัน โดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูลกึ่งอัตโนมัติ UNIDATA ที่ได้มีการติดตั้งในพื้นที่ทำการทดลองแล้ว ทำการบันทึกข้อมูลรายต้นดังต่อไปนี้

- 1) วันที่ใบแต่ละใบแผ่เต็มที่
- 2) ความกว้างของใบและความยาวของใบเมื่อวันที่ใบนั้น ๆ แผ่เต็มที่
- 3) จำนวนหน่ออ้อยในแต่ละวันที่ใบใหม่แผ่เต็มที่
- 4) คำนวณพื้นที่ใบของแต่ละใบ และทำการวัดพื้นที่ใบโดยใช้ leaf area meter

ผลการศึกษา

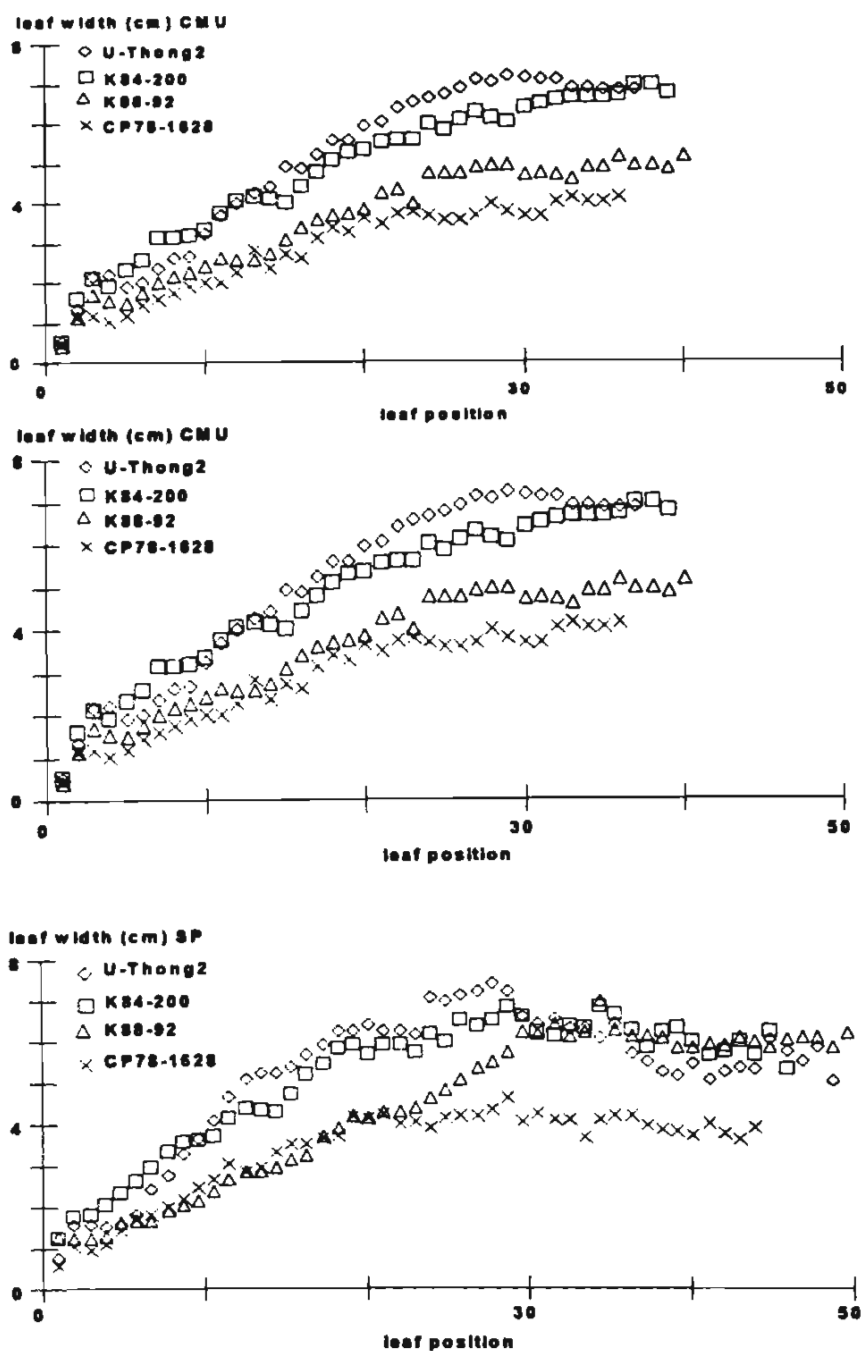
ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของใบกับความกว้างของใบอ้อย

อ้อยมีขนาดของใบกว้างขึ้นตามตำแหน่งของใบบนลำหลัก (รูปที่ 14) และมีแนวโน้มเช่นเดียวกันทั้งสามสถานี ใบอ้อยที่ 1-2 มีความกว้างของใบอยู่ระหว่าง 1.0-1.5 เซนติเมตร ความกว้างของใบเพิ่มมากขึ้นเป็น 2.0 เซนติเมตรในใบที่ 3 และหลังจากระยะใบที่ 3 แผ่ขยายเต็มที่แล้ว ความกว้างของใบเพิ่มขึ้นค่อนข้างชัดเจน และสามารถแยกออกตามพันธุ์อ้อยได้ ความกว้างของใบยังคงเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ตามตำแหน่งของใบอ้อย จนกระทั่งถึงตำแหน่งใบที่ 30-32 บนลำต้นหลัก ความกว้างของใบเฉลี่ยจากสามสถานีเรียงตามลำดับได้ดังนี้ พันธุ์ U-Thong 2, K 84-200, K 8892, และ CP 78-1628 มีความกว้างของใบเฉลี่ยเป็น 7.17; 6.56; 5.23; และ 4.11 ซม. ตามลำดับ (ตารางที่ 63) โดยความกว้างมากที่สุดของใบมีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของใบกับความยาวของใบอ้อย

ความยาวของใบอ้อยทั้งสี่พันธุ์ที่ใช้ทดสอบเพิ่มมากขึ้นตามตำแหน่งของใบเช่นเดียวกับความกว้างของใบอ้อย และมีแนวโน้มเช่นเดียวกันทั้งสามสถานี การเพิ่มความยาวของใบเพิ่มขึ้นมากตั้งแต่ใบที่ 1-3 ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่ามีความชันของเส้นกราฟมากกว่าช่วงอื่น ๆ (รูปที่ 14) หลังจากใบที่ 3 แผ่ขยายเต็มที่แล้วอัตราการเพิ่มความยาวของใบเริ่มลดลง ความยาวของใบอ้อยทั้ง 4 พันธุ์มีมากขึ้นจนกระทั่งอ้อยมีใบที่ 30 แผ่ขยายเต็มที่

รูปที่ 14: ความกว้างของใบ (leaf width) เป็นเส้นติเมตร ของข้อ 4 พันธุ์จากสามสถาน



ตารางที่ 63: ความกว้างของใบข้อสี่พันธุ์เมื่อมีพัฒนาการถึงใบที่ 30 แผ่ขยายเต็มที่

สถานที่ทดลอง	ความกว้างของใบที่ 30			
	U-Thong 2	K 84-200	K 88-92	CP 78-1628
CMU	7.20	6.40	4.72	3.67
KKU	7.10	6.47	5.28	4.06
SP	7.20	6.80	5.70	4.60
Mean	7.17a	6.56b	5.23c	4.11d

ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%