

รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัย

ISBN: 974-656-072-7

การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลอง การเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย

อรรถชัย จันทะนา และ เจลินพล ไหลรุ่งเรือง
เขษณาภิบาล

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



วิทยาลัยเชียงใหม่

วิทยาลัยขอนแก่น

วิชาการเกษตร



ICASA

องค์การนานาชาติในการวิจัยเชิงระบบ

สารบัญ

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

ส่วนที่ 1: การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลอง

แนวคิดและหลักการ.....	2
โครงสร้างงานทดลองวันปลูกอ้อยชุดที่หนึ่งและสอง.....	16
การทดลองวันปลูกอ้อยชุดที่หนึ่งและสอง ศูนย์วิจัยพืชไร่อุตรดิตถ์.....	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

สารบัญ (ต่อ)

ส่วนที่ 3: การประมาณผลผลิตย่อยในพื้นที่ขนาดใหญ่โดยใช้โปรแกรม THAISIS 1.0

แนวคิดและหลักการ	162
ระบบฐานข้อมูล THAISIS 1.0	166

ส่วนที่ 4: การขยายหลักการ

หลักการของอักษรสัมพันธ์และหนังสือ	172
หนังสือสารานุกรมย่อย CANEFOPIA	176
โครงสร้างการฝึกอบรม THAISIS 1.0	182

เอกสารอ้างอิง	187
ภาคผนวก	191

คำนำ

องค์กรวิจัยจำเป็นต้องมีโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนให้กิจกรรมการวิจัยได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องในทิศทางที่กำหนดขึ้น โครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญประกอบด้วยโครงสร้างทางกายภาพและคุณภาพทางวิชาการและจริยธรรมของทรัพยากรบุคคลในองค์กร โครงสร้างพื้นฐานนี้เป็นพลังขับเคลื่อนที่สำคัญต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานวิจัยต่อสังคมในช่วงเวลาที่กำหนด

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

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

ความสำคัญของโครงการนี้ ประการแรกได้แก่ การแก้ไขปัญหาการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยด้วยแนวทางระบบศาสตร์โดยปรับใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ของการวิจัยเกษตรไทย ประการที่สองคือ การพัฒนาเครือข่ายวิจัยระหว่างสถาบันการศึกษาและกรมวิชาการเกษตรอย่างเป็นรูปธรรมมาก ยิ่งขึ้น นอกจากนี้โครงการวิจัยนี้ยังได้สนับสนุนงานวิจัยของนักศึกษาระดับปริญญาโทในสาขาวิชาเกษตรศาสตร์เชิงระบบและสาขาวิชาพืชไร่ ซึ่งทั้งหมดเป็นกระบวนการการเรียนรู้ในด้านพัฒนาสาระทางวิชาการ พัฒนาเครือข่ายงานวิจัยและเพิ่มทักษะการวิจัยด้วย

ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตรมีความภูมิใจที่ได้มีส่วนร่วมในกระบวนการสร้างสรรพัฒนางานวิจัยแนวทางใหม่นี้ด้วย

พฤกษ์ ยิบมันตะศิริ

รองผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทนำ

รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้เป็นรายงานเล่มแรกในประเทศไทยที่เสนอแนวคิด หลักการ และผลการวิจัยตามวิธีการของแบบจำลองพืชและการจำลองสถานการณ์ (crop modeling & simulation) เทคนิคข้อมูลระยะไกล (remote sensing) และสื่อดิจิทัล (multimedia) เป็นรายงานที่รวบรวมผลการวิจัยของคณะวิจัยจาก กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะผู้วิจัยเชื่อว่าผลการวิจัยนี้จะเป็นก้าวเล็กๆ ก้าวหนึ่งสำหรับการวิจัยทางเกษตรในประเทศไทย เป็นก้าวของการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการวิจัยทางเกษตร ซึ่งจะทำให้งานวิจัยมีความแม่นยำมากขึ้น สามารถตรวจสอบได้ และประการสำคัญเป็นการวิจัยเพื่อมุ่งแก้ปัญหาในทางปฏิบัติของอุตสาหกรรมอ้อยน้ำตาล เพื่อการประมาณการผลิตอ้อยในระดับต่าง ๆ ของการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยการรวบรวมอิทธิพลของสภาพดินฟ้าอากาศที่มีต่อการผลิตอ้อยให้อยู่ในรูปแบบเชิงปริมาณให้มากที่สุด

รายงานฉบับนี้แบ่งออกเป็นสี่ส่วน ส่วนแรกรายงานผลการทดลองที่ทำการจัดเก็บข้อมูลสำหรับการพัฒนาการทดลองแบบจำลองอ้อย ส่วนที่สองรายงานผลการศึกษาวិธีการทำแผนที่แบบ digital จากข้อมูลดาวเทียม ส่วนที่สามเกี่ยวกับระบบเชื่อมโยงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ เชิงอรรถ และแบบจำลองอ้อยเพื่อสนับสนุนการประมาณการผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ และส่วนที่สี่เกี่ยวกับการขยายแนวความคิด วิธีการวิจัย และผลการวิจัยโดยแนว modeling & simulation, remote sensing, และ multimedia ในประเทศไทย

บรรณาธิการ

อรรถชัย จินตะเวช

ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์

ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง

ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อู่ทอง สุพรรณบุรี

คำนิยม

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

ในระดับนโยบาย คณะผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก ดร. วิจิตร เบญจสลิ อธิบดีกรมวิชาการเกษตร และคุณณรงค์ศักดิ์ เสนาณรงค์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร รศ. ดร. อารันต์ พัฒนอินทร์ คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รศ. ดร. พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ อ.พฤษัช ยิบมันตะศิริ รองผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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

ในวิชาการและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์บางส่วน คณะผู้วิจัย ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก อ.ดร.เมธิ เอกะสิงห์ และเจ้าหน้าที่ของหน่วยวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางเกษตร ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้แก่ คุณพนมศักดิ์ พรหมบุญมย์ 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 เอี่ยมสุภาษิต	นักปรับปรุงพันธุ์พืช ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี
บุญมี ศิริ	นักสรีระวิทยาของพืช ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ปรัชญา นาสวยวงศ์	นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเกษตรศาสตร์เชิงระบบ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปรีชา พรหมณีย์	นักวิชาการปฐพีวิทยา ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี
ผาสุข ถัมรุ่งเรืองรัตน์	นักวิจัยโครงการ ประจำสถานีศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี
ภาวิดา สุดใจ	เลขานุการโครงการ พทอ. (ตั้งแต่ กค 2538)
ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา	นักวิชาการนิเวศวิทยาของพืชและการจำลองระบบ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศิริทิพย์ พรหมฤทธิ์	นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเกษตรศาสตร์เชิงระบบ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สุวิทย์ เลานศิริวงศ์	นักปรับปรุงพันธุ์พืชและการจำลองระบบ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อรรถชัย จินตะเวช	นักวิชาการแบบจำลองพืชและการจำลองระบบ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (หัวหน้าโครงการฯ)
อ้อยทิณ จันทร์เมือง	นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อัปสร เปลี่ยนสินไชย	นักวิชาการโรคพืช ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี (ตั้งแต่ พย 2539)
อิสริ เก่งนอก	นักวิจัยโครงการ ประจำสถานีมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ตั้งแต่ มค 2540)
Gernt Hoogenboom	System Agronomist and Assoc. Prof., University of Georgia at Griffin, USA
Danial 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 การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย
ดร.กม.	ดารากิโเลเมตร
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

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

ปัญหาที่โครงการเน้น

การประเมินผลผลิตย่อยในประเทศในปัจจุบันยังมีความคลาดเคลื่อนจากรายงานผลผลิตจริง จึงเน้นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาดังกล่าว

แนวการวิจัย และ ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1: การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองย่อย

- ติดตามและเก็บข้อมูลงานทดลองย่อยชุดที่หนึ่งและชุดที่สองในสามสถานี
- ติดตามและเก็บข้อมูลงานทดลองเรื่องพัฒนาการของใบย่อย
- ดำเนินการปลูก ติดตามและเก็บข้อมูลงานทดลองเรื่อง fan design
- ศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมและพัฒนาการของย่อย
- ได้แบบจำลองย่อย ThaiCane1.0

ส่วนที่ 2: พัฒนาวิธีการในการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

- พัฒนารูปแบบการแปลข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อผลิตแผนที่พื้นที่การปลูกย่อย
- สำรวจพื้นที่การปลูกย่อยในตำบลโนนท่อน อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น และตำบลกระเจ็ด อำเภอกู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ด้วยระบบ GPS
- ได้วิธีการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในสองพื้นที่ดังกล่าว

ส่วนที่ 3: พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ค้นแบบชื่อ ThaiSIS 1.0 เพื่อเชื่อมโยงฐานข้อมูล

- พัฒนาโปรแกรมเชื่อมโยงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และฐานข้อมูลเชิงพรรณนาแบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0
- พัฒนาและได้คู่มือแบบการใช้งานโปรแกรม ThaiSIS 1.0 เพื่อคาดการณ์ผลผลิตย่อย
- พัฒนาและได้คู่มืออ้างอิงแบบการใช้งานโปรแกรม ThaiSIS 1.0 เพื่อคาดการณ์ผลผลิตย่อย

ส่วนที่ 4: พัฒนารูปแบบและจัดฝึกอบรม

- พัฒนาเอกสารบางส่วนเพื่อใช้ประกอบการบรรยายในโครงสร้างการฝึกอบรม ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการผลิตย่อยในประเทศไทย
- พัฒนาโครงสร้างของสื่อ (multimedia) สำหรับโรคย่อย พันธุ์ย่อย 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 แต่พบว่ามีความเหลื่อมล้ำระหว่างตัวเลขที่ได้จากการประมาณและตัวเลขการผลิตจริง ปัญหาหลักปัญหานึงของวิธีการคำนวณทางสถิติ คือไม่ได้นำปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมการผลิตพืช เช่น พัฒนาการของพืช ปริมาณน้ำฝน การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดิน การระบาดของโรคและแมลง เป็นต้น เข้ามาประกอบการคำนวณ ปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อการให้ผลผลิตและน้ำตาลของอ้อย และเป็นปัจจัยที่มีความแปรปรวนสูง

นอกจากนี้ วิธีการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศขั้นมูลฐานในการจัดเก็บข้อมูลและการประมวลผล คือเทคโนโลยีสารสนเทศประเภท EDP ซึ่งเน้นการจัดเก็บและการใช้ข้อมูลเป็นกิจกรรมหลักของเทคโนโลยี ในทางตรงกันข้าม การคาดการณ์ผลผลิตอ้อยต้องการเทคโนโลยีสารสนเทศที่เน้นความต้องการของผู้ใช้งานเป็นหลัก นั่นคือเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ข้อมูลที่มีอยู่ประกอบการจัดการทรัพยากรและสนับสนุนการตัดสินใจในการผลิตอ้อย โดยถ้ามีความยืดหยุ่นเพื่อสะดวกต่อการปรับปรุงระบบฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอ้อยซึ่งมีข้อมูลในเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ รวมทั้งต้องเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศที่รวมแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยซึ่งได้รับการพัฒนาจากงานวิจัยพื้นฐาน แบบจำลองอ้อยจะเอื้อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถประเมินผลผลิตอ้อยในแต่ละฤดูและแต่ละพื้นที่โดยมีพื้นฐานจากข้อมูลดิน ข้อมูลภูมิอากาศเกษตร ข้อมูลการผลิตอ้อย และข้อมูลเฉพาะของพันธุ์อ้อย ซึ่งจะทำให้การประเมินผลผลิตอ้อยของผู้ผลิตอ้อยในแต่ละระดับมีความแม่นยำมากขึ้น สามารถตรวจสอบความผิดพลาดได้ และสามารถปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นได้อย่างเป็นระบบตามความต้องการของผู้ใช้ในอนาคต

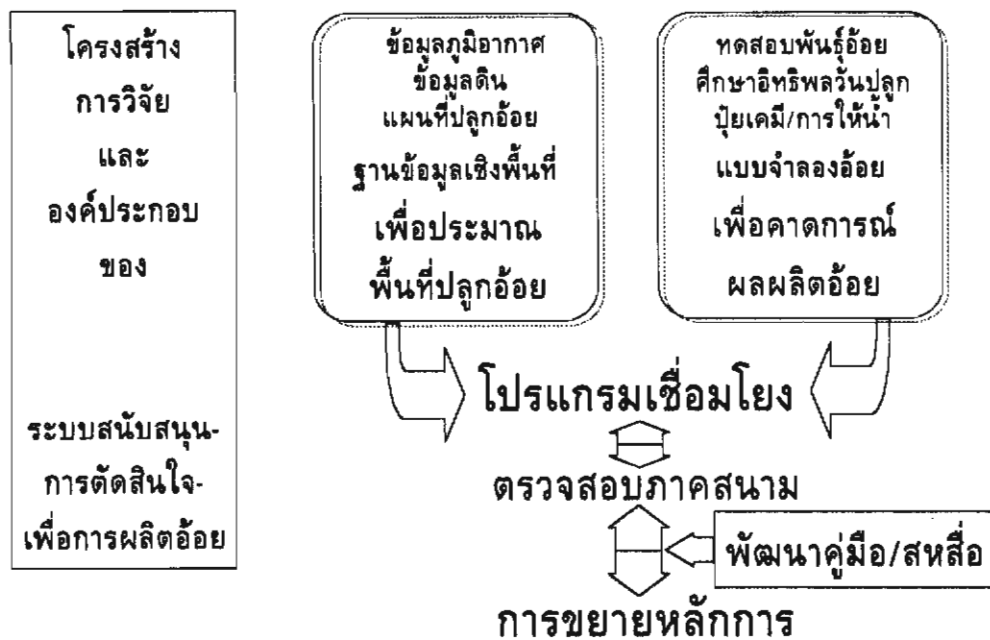
คำถามแรกที่โครงการ พทอ. เน้นคือจะนำปัจจัยการผลิตที่ได้กล่าวมาแล้วประกอบการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยได้อย่างไร ในระยะแรกเน้นความสามารถที่จะคาดการณ์ผลผลิตอ้อยในแต่ละฤดูการผลิตของพันธุ์อ้อยหลักบางพันธุ์ การตอบคำถามส่วนนี้โครงการ พทอ. ได้ให้ความสนใจที่จะพัฒนาและทดสอบแบบจำลองอ้อยที่มีพื้นฐานจากความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์เกษตร รวมทั้งพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลปัจจัยการผลิตเพื่อเอื้อต่อการประเมินผลผลิตอ้อยในพื้นที่การผลิตจริง

คำถามส่วนที่สอง คือ จะประมาณพื้นที่การผลิตอ้อยในแต่ละฤดูและแต่ละพื้นที่ได้อย่างไร โครงการฯ ได้ให้ความสนใจการใช้ข้อมูลดาวเทียม และเน้นพัฒนาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการผลิตแผนที่ปลูกอ้อยจากภาพถ่ายดาวเทียม และเป็นแผนที่ที่ผู้ใช้สามารถนำไปประกอบการประเมินผลผลิตอ้อยในพื้นที่ ขนาดกว้างรวมกับแบบจำลองอ้อย

แนวทางการวิจัย

แนวทางการวิจัยของโครงการ พทอ. ได้ออกแบบเพื่อนำมาซึ่งการแก้ปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นนั้น ประกอบไปด้วยกิจกรรมสี่ส่วน (รูปที่ 1) คือ

รูปที่ 1: แนวการวิจัยของโครงการ พทอ. (Project's research framework)



ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- 1) การพัฒนาและทดสอบแบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของอ้อย
- 2) การพัฒนาวิธีการในการแปลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อผลิตแผนที่การปลูกอ้อยในพื้นที่ที่สนใจ
- 3) การพัฒนาโปรแกรมเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองอ้อยและฐานข้อมูลเชิงพื้นที่
- 4) การเผยแพร่ผลงานการวิจัยและการขยายหลักการวิจัยแบบ modeling แนววิจัยของโครงการฯ เน้นการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อสนับสนุนการวิจัย

ส่วนที่ 1: การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองอ้อย

โครงการฯ เน้นการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อย โดยให้ความสนใจการพัฒนาการของประเด็นต่าง ๆ ในการผลิตอ้อย การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตต่าง ๆ โดยสมการคณิตศาสตร์ และอธิบายในระดับกระบวนการ (process-oriented) ทั้งนี้ให้ความสนใจผลงานเหล่านี้ของหน่วยงานทั้งในและต่างประเทศ งานย่อยส่วนหนึ่งคือการประสานงานกับนักวิชาการอ้อยในและต่างประเทศเพื่อสืบค้นให้ทราบถึงความก้าวหน้าและพัฒนาการของการสร้างแบบจำลองอ้อย โดยมีหน่วยเชื่อมอยู่ที่มหาวิทยาลัยฮาวาย โครงการฯ ได้ตัดสินใจร่วมพัฒนาและทดลองแบบจำลองอ้อย CANEGRO ซึ่งโปรแกรมต้นแบบได้รับการพัฒนาโดย Dr. Inman-Bamber เพื่อใช้ในการจัดการน้ำชลประทานของอ้อยในประเทศอัฟริกาใต้ ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับการผลิตอ้อยในประเทศไทยมาก รวมทั้งเป็นแบบจำลองที่สามารถปรับปรุงให้สามารถใช้งานร่วมกับระบบ DSSAT 3.0 ได้อย่างสะดวก ดังนั้นงานที่เกี่ยวกับพัฒนาการของแบบจำลองจึงกำหนดไป

มาก ปัจจุบันแบบจำลอง CANEGRO มีโครงการสร้างแฟ้มข้อมูลมาตรฐานเช่นเดียวกันกับแบบจำลองพืชอีก 12 พืช กิจกรรมหลักอีกประการในส่วนการทดลองแบบจำลองอ้อย CANEGRO คือการพิสูจน์ว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์การผลิตอ้อยในระดับแปลงปลูกอ้อยได้ คณะวิจัยได้ดำเนินงานติดตั้งงานทดลองอ้อยมาตรฐาน โดยมีหน่วยงานร่วมกิจกรรมทั้งสามหน่วยงาน พร้อมกันนี้ได้พัฒนาระบบงานวิจัยมาตรฐานเพื่อการสร้างฐานข้อมูลการวิจัยอ้อยอย่างเป็นระบบ รวมไปถึงการสร้างเครือข่ายของงานทดลองร่วมที่จะสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลและประสบการณ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานของแต่ละหน่วยงาน 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.วิลลา ดิษฐพงษ์พิชญ์ แห่งภาควิชาโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อเป็นพื้นฐานในการแยกความแตกต่างของพันธุ์อ้อยโดยเฉพาะในด้านพัฒนาการ (development) และการเจริญเติบโต (growth) ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญต่อการใช้แบบจำลองอ้อยเพื่อการคาดการณ์ผลผลิตในพื้นที่ขนาดต่าง ๆ ปัจจุบันได้มีการบรรจุความแตกต่างของพันธุ์อ้อยใน CANEGRO และ ThaiCane โดยเฉพาะความแตกต่างในด้านพัฒนาการของใบอ้อย

ส่วนที่ 2: การพัฒนาวิธีการทำแผนที่การปลูกอ้อย

ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมในการทำแผนที่การปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม ปัจจุบันมีสถานีรับสัญญาณดาวเทียมซึ่งมีกำหนดวงโคจรผ่านพื้นที่ประเทศไทยทุก 16 วัน ข้อมูลแสดงประเภทของการใช้ที่ดินผิวพื้นที่ได้ถูกเก็บไว้อย่างต่อเนื่องโดยหน่วยงานภายใต้การดูแลของสทอิจแห่งชาติ ในทางปฏิบัติแล้วสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาประกอบการใช้งานในหลายรูปแบบ และการใช้เพื่อประเมินพื้นที่การปลูกอ้อยเป็นการใช้งานแบบหนึ่งที่มีความเป็นไปได้สูง และเชื่อว่าจะมีความแม่นยำน่าเชื่อถือ

ส่วนที่ 3: การพัฒนาโปรแกรมเชื่อมโยง

การพัฒนาโปรแกรมเชื่อมโยงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และแบบจำลองอ้อยสำหรับประกอบการประเมินผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่เป็นกิจกรรมหลักของงานในส่วนนี้ โปรแกรมเชื่อมโยงได้รับการออกแบบเพื่อเอื้อให้ผู้ใช้งานเลือกพื้นที่ที่จะทำการประเมินผลผลิตอ้อยโดยใช้ชื่อตำบล หรือหมู่บ้าน หรือขอบเขตแปลงอ้อย จากนั้นผู้ใช้งานสามารถเลือกกระบวนการผลิตอ้อย พันธุ์อ้อย วันปลูก การใส่ปุ๋ยเคมี ฯลฯ โปรแกรมเชื่อมโยงชื่อ ThaiSIS 1.0 ได้รับการพัฒนาต้นแบบเป็นที่เรียบร้อย 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 แนวการวิจัยของโครงการเป็นแนวใหม่ในวงการเกษตรไทยโดยเฉพาะความใหม่ในด้านการปฏิบัติจริง ในระดับโครงการคณะผู้วิจัยได้ร่วมหารือกับผู้ร่วมโครงการจากศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีเพื่อดำเนินการประชุมนักวิชาการอ้อยในประเทศไทยเพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้ในด้านการผลิตอ้อยโดยมีจุดมุ่งหวังเพื่อประมวลสถานะภาพองค์ความรู้ในแต่ละประเด็นของการผลิตอ้อย 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 เลหาหศิริวงศ์
เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา

การประมาณผลผลิตอ้อยเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อการกำหนดราคาอ้อยขึ้นต่ำของประเทศ 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 ได้จัดการฝึกอบรมครั้งแรกที่เมืองวากคิงเกิน (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 มหาวิทยาลัยเกษตรแห่งเมืองวากคิงเกินได้ตั้งวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาโดยเน้นการเรียนการสอนตามหลักการและวิธีการ modeling มีการสร้างทีมงานในด้าน modeling ร่วมร่วมกับ IRRI มีผลงานการวิจัยในภาคพื้นเอเชียหลายฉบับ ในประเทศไทยยังไม่มีเปิดสอนในระดับมหาวิทยาลัยอย่างจริงจัง ส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับปริญญาโท (Jongkaewwatana, 1995) มีเพียงคนกลุ่มน้อยเท่านั้น Ekasingh et al (1992) ได้เสนอโครงสร้างงานวิจัย modeling ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในการประชุมทางวิชาการของกรมวิชาการเกษตร นอกจากนี้นักกลุ่มวิจัยที่ภาควิชาชีพไร่นาเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้ใช้วิธีการดังกล่าวเช่นกัน

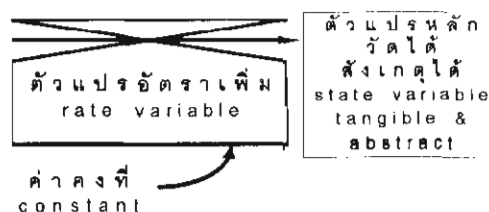
หลักการใหญ่ ของงานวิจัยทางเกษตรที่ให้นักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อการสร้างความรู้ความเข้าใจ (understanding) ในระดับกระบวนการ (process) หรือกลไก (mechanisms) ที่สำคัญของพืช และ/หรือ สัตว์ ที่มีอยู่เพื่อเพิ่มพูนความสามารถในการคาดการณ์ (predict) การตอบสนองของพืช และ/หรือ สัตว์ เมื่อมีการเพิ่มหรือลดปริมาณของปัจจัยการผลิต และสุดท้ายผลประโยชน์ของการวิจัยคือการนำความรู้ที่ได้ในการคาดการณ์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการจัดการ (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 ระบบการผลิตย่อยในพื้นที่ภาคเหนือเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศน์ภาคเหนือ ประกอบไปด้วยที่ดิน ต้นอ้อย แรงงาน เครื่องจักร ระบบการผลิตนี้ไม่ได้มีผลต่อสภาพอากาศ หรือฤดูกาล คือสภาพอากาศไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของการผลิตย่อย ในทางตรงกันข้ามถ้าพิจารณาการทดลองผลิตย่อยในเรือนทดลอง จะเห็นได้ว่าสมมุติฐานเช่นที่กล่าวมาแล้วต้องได้รับการปรับปรุง นั่นคือสภาพอากาศเป็นส่วนหนึ่งของระบบการผลิต เนื่องจากระบบการผลิตย่อยสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศได้ Model หรือ แบบจำลองระบบเป็นตัวแทนระบบธรรมชาติ ทำให้เรามีความเข้าใจอยู่ในขณะนั้น 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 ตัวอย่างของตัวแปรหลักในระบบการผลิตย่อยได้แก่ น้ำหนักใบ น้ำหนักลำต้น ปริมาณน้ำและปริมาณธาตุอาหารในชั้นดินต่าง ๆ เป็นต้น และตัวอย่างของตัวแปรอัตราเพิ่มคือค่าคงที่ที่จะกำหนดการเพิ่มขึ้นของตัวแปรหลักดังกล่าวในระยะเวลาหนึ่ง (DELTA หรือ DURATION) ดังนั้นน้ำหนักลำต้นอ้อยในหนึ่งวันเท่ากับ $DELTA \times rate$ ปัจจัยภายนอกจะเป็นตัวกำหนดค่าตัวแปรอัตราเร่ง เช่น ในสภาพอุณหภูมิอากาศสูงพืชมีอัตราการหายใจและอัตราการคายน้ำสูงกว่าในสภาพอุณหภูมิอากาศต่ำ

รูปที่ 2: Forrester diagram ของตัวแปรหลักและตัวแปรอัตราเพิ่ม

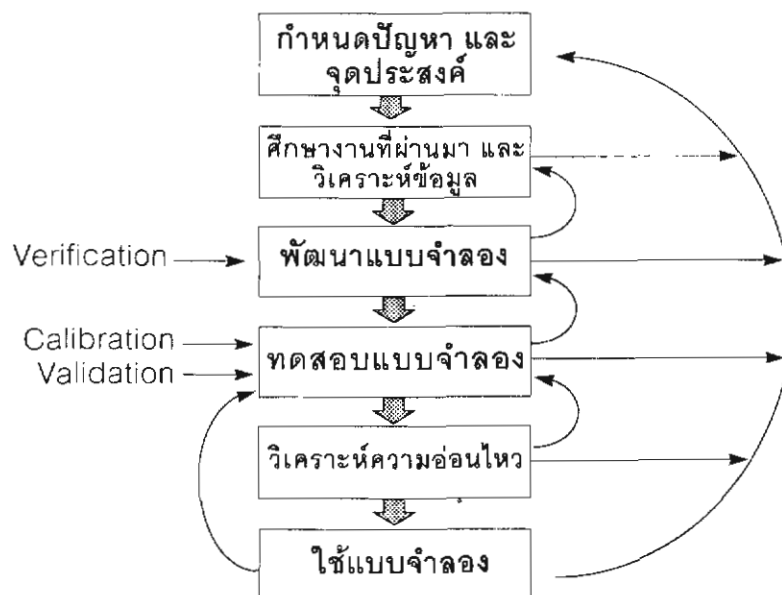


ขั้นตอนการดำเนินงานของการใช้แบบจำลอง

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

ขั้นตอนแรก เป็นการกำหนดจุดประสงค์และปัญหาที่จะทำการศึกษามีโอกาสในการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองหรือไม่? (system definition and objectives of modeling) โดยการกำหนดขอบเขตของเรื่องที่ทำการศึกษา เช่น ศึกษาการตอบสนองของอ้อยที่มีต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนในระดับไร่นา หรือ ในระดับต้นอ้อย เป็นต้น การกำหนดขอบเขตจะช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องเป็นไป

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 แต่ต้องการข้อมูลหลักเป็นปริมาณมากกว่าแบบจำลองแบบ 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 หรือช่วยกำหนดทิศทางในการวิจัย

ขั้นตอนที่หก เป็นขั้นตอนสำคัญของวิธีการวิจัยแนวนี้ 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 เรามีแนวโน้มว่าจะมีผู้ที่ใช้แบบจำลองพืชสำเร็จรูปมากกว่าผู้ที่พัฒนาแบบจำลองพืช ดังนั้นโปรแกรมแบบจำลองพืชจึงมีอัตราการเกิดข้อบกพร่องสูง ยกตัวอย่างเช่น ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางเกษตร DSSAT 3.0 มีแบบจำลองพืชเพียง 15 พืช (Tsui et al, 1994) ทำให้ศักยภาพของการใช้แบบจำลองพืชเพื่อคาดการณ์ระบบการผลิตจริงจึงมีอุปสรรคมากมาย เนื่องจากระบบการผลิตจริงแม้จะเป็นเพียงในระดับไร่นาเกษตรก็มีองค์ประกอบมากมายหลายชนิด เป็นการยากมากที่จะสร้างแบบจำลองของทุกองค์ประกอบได้ ยกเว้นแต่ที่เราร่วมมือกันพัฒนาอย่างจริงจังโดยมีกรอบ (research framework) เดียวกัน และโปรแกรมแบบจำลองพืชที่มีอยู่ในวงการปัจจุบันนี้ยังเป็นระบบที่ไร้ความสนุกเมื่อใช้งาน คือ เป็นโปรแกรมที่ยากต้องรู้เรื่องมากมายเหลือเกินจึงจะสามารถ master โปรแกรมเหล่านี้ได้

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

ถ้าจะนำวิธีการนี้มาใช้จริง จะต้องพิจารณาทำให้การจัดสรรงบประมาณและทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดความสมดุลระหว่างงานวิจัยเดิมกับงานวิจัยแนว modeling นอกจากนี้อาจจะมีคำถามว่าจะร่วมมือกันดำเนินงานวิจัยแบบ active อย่างไรระหว่างผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาการ

ลำดับขั้นระบบการผลิตพืชของการใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนการวิจัยโดยใช้วิธีการ modeling มีลักษณะใกล้เคียงกับขั้นตอนงานวิจัยเชิงระบบอื่น เช่น งานวิจัยระบบการปลูกพืช งานวิจัยระบบการทำฟาร์ม (อาร์นัต พัฒนินัย, 2528) เป็นต้น เริ่มต้นด้วยการกำหนดประเด็นปัญหาที่จะทำการวิจัย ออกแบบการแก้ปัญหา ทดสอบการแก้ปัญหา และสิ้นสุดด้วยการขยายผลรูปแบบการแก้ปัญหาที่ได้ผลไปสู่ผู้ประกอบการรายอื่นต่อไป อย่างไรก็ตาม ข้อแตกต่างอย่างหนึ่งของวิธีการ modeling กับวิธีการวิจัยเชิงระบบอย่างอื่นคือในขั้นตอนการออกแบบเพื่อแก้ปัญหานั้นมีผลลัพธ์เป็นแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของระบบที่ทำการแก้ปัญหาอยู่ นอกจากนี้แบบจำลองที่พัฒนาได้จะเป็นเครื่องมือสำคัญในการทดสอบวิธีการแก้ปัญหาของระบบ การออกแบบเพื่อแก้ปัญหาของวิธีการวิจัยระบบการทำฟาร์มหรือการวิจัยระบบการปลูกพืชเป็นขั้นตอนที่นักเกษตรคิดค้นระบบการปลูกพืช และ/หรือ ระบบการผลิตสัตว์ กำหนดเป็นชุดงานทดลอง มีดำรับทดลอง 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)

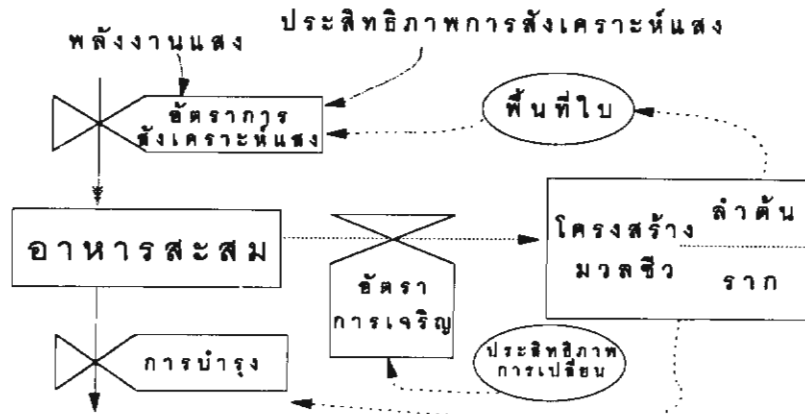
นักวิจัยแยกวิจัยเพื่อทำความเข้าใจกระบวนการพัฒนาการของพืช (crop development) และการเจริญเติบโตของพืช (crop growth) โดยให้ความสนใจวิจัยกระบวนการทั้งสองมากกว่ากระบวนการพัฒนาด้านโครงสร้างของพืช (crop morphology) การศึกษาที่ผ่านมาเน้นการตอบสนองของพืชต่อระดับการจัดการทรัพยากรการผลิต นอกจากนี้การแบ่งระบบการผลิตตามลำดับขั้นการผลิตทำให้การพัฒนาแบบจำลองพืชและสัตว์ดำเนินไป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

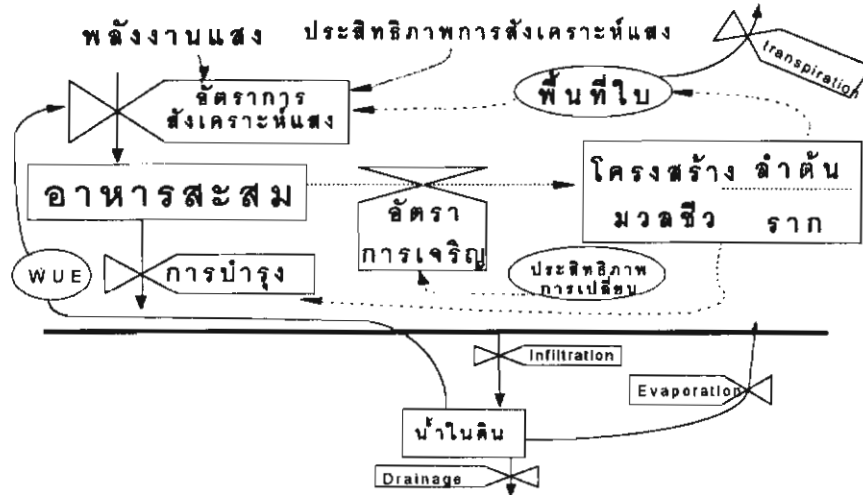
การเจริญเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้มีข้อจำกัดเรื่องน้ำในบางช่วงของการพัฒนาการของพืช แต่อัตราการเจริญเติบโตสามารถดำเนินได้อย่างเต็มที่เหมือนในระบบการผลิตที่หนึ่งเมื่อมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการของพืช (รูปที่ 5) กระบวนการเพิ่มเติมในระบบการผลิตนี้ได้แก่ พลวัตรของน้ำในดินและพืช การสูญเสียน้ำในกระบวนการ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

ตัวอย่างของระบบการผลิตนี้มีมากมายในพื้นที่เขตร้อนอย่างเช่นในประเทศไทย และการผลิตในเขตกึ่งร้อนกึ่งหนาว

ระบบการผลิตพืชที่มีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด (nitrogen limited crop production systems)

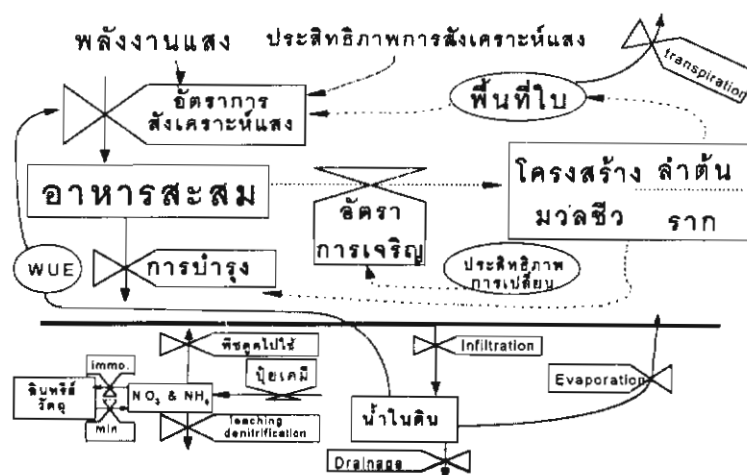
การเจริญเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้มีข้อจำกัดเพิ่มเติมจากเรื่องน้ำในบางช่วงของการพัฒนาการของพืช คือระดับของธาตุไนโตรเจนต่ำกว่าความต้องการของพืชในบางช่วงของการพัฒนาการ โดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูการผลิตพืช (รูปที่ 6) กระบวนการเพิ่มเติมในระบบการผลิตนี้ได้แก่พลวัตรของธาตุไนโตรเจนในดินและในพืช การสูญเสียของธาตุไนโตรเจนในกระบวนการ leaching และ denitrification การตอบสนองของพืชต่อธาตุไนโตรเจนและการเคลื่อนย้ายธาตุไนโตรเจนจากส่วนที่มีอายุมากไปยังส่วนของพืชที่เกิดใหม่

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)

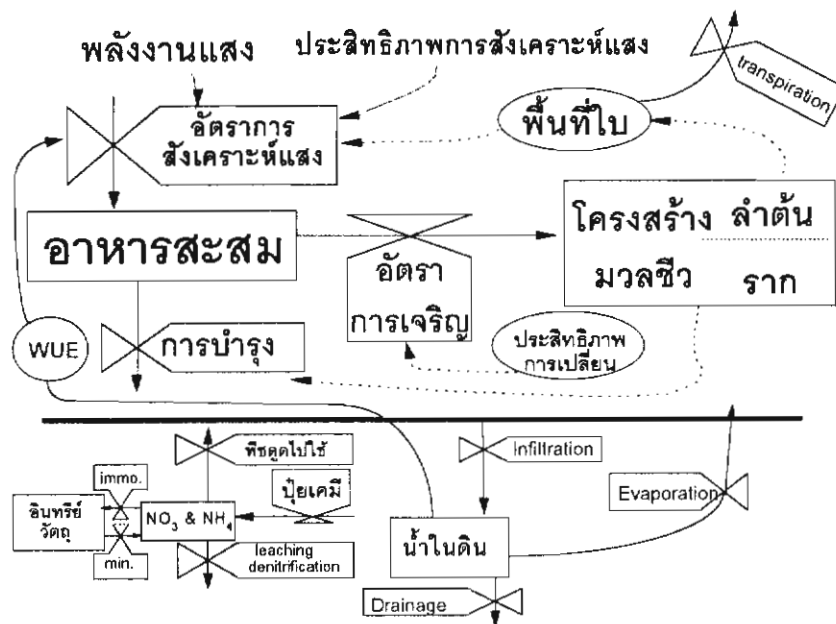


ระบบการผลิตพืชที่มีธาตุอาหารอื่น ศัตรูพืช และปัจจัยสังคมเป็นปัจจัยจำกัด (other plant nutrients, pest, and social factors limited crop production systems)

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 มีข้อแตกต่างจากแบบจำลองของกลุ่มสโตนแลนดตรงที่แบบจำลองของกลุ่มแรกบรรยายความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ของพืชต่าง ๆ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืช (crop genetic coefficients) (Hunt et al, 1989) โดยแบ่งค่าสัมประสิทธิ์ ออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้บรรยายความแตกต่างด้านพัฒนาการของพืช และกลุ่มที่ใช้บรรยายความแตกต่างด้านการเจริญเติบโตของพืช

ค่าสัมประสิทธิ์พัฒนาการของพืช (crop phenology coefficients)

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

ตารางที่ 1: สัมประสิทธิ์กรรมพันธุ์ข้าวในระบบ CERES

รหัส	ความหมาย
สัมประสิทธิ์พัฒนาการ	
P1	GDD จากโผล่พ้นผิวดิน 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.
P2O	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)

เป็นค่าคงที่แสดงอัตราการเจริญเติบโตของแต่ละส่วนของพืช ในกรณีของแบบจำลองข้าวมีค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตสี่ค่า (ตารางที่ 2) ค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้หาได้ทั้งจากแปลงทดลอง (field experiment) และจากห้องทดลองที่สามารถควบคุมสภาพ (growth chamber) ในกรณีของอ้อยต้องมีการศึกษาในประเด็นนี้อีกมาก การกำหนดความแตกต่างระหว่างพันธุ์พืชที่พร้อมจะกระจายสู่เกษตรกร หรือการทดลองในหลายพื้นที่เป็นประโยชน์ต่องานปรับปรุงพืช (Hunt et al, 1989) นักวิจัยสามารถประเมินระดับการผลิตของสายพันธุ์พืชใหม่ได้ถ้ามีสัมประสิทธิ์กรรมพันธุ์

ตารางที่ 2: *ผังการกระจายสารสังเคราะห์ในแบบจำลองข้าว CERES-Rice*

รหัส	ระยะพัฒนาการ	ส่วนของพืช
7	เตรียมดิน ถึง ปลุก	-
8	ปลุก ถึง งอก	เมล็ด ราก
9	งอก ถึง โผล่พ้นผิวดิน	ราก ใบ
1	งอก ถึง หมดระยะหนุ่มสาว	ราก ใบ ลำต้น
2	หมดระยะหนุ่มสาว ถึง แหว่งช่อดอก	ราก ใบ ลำต้น
3	แหว่งช่อดอก 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

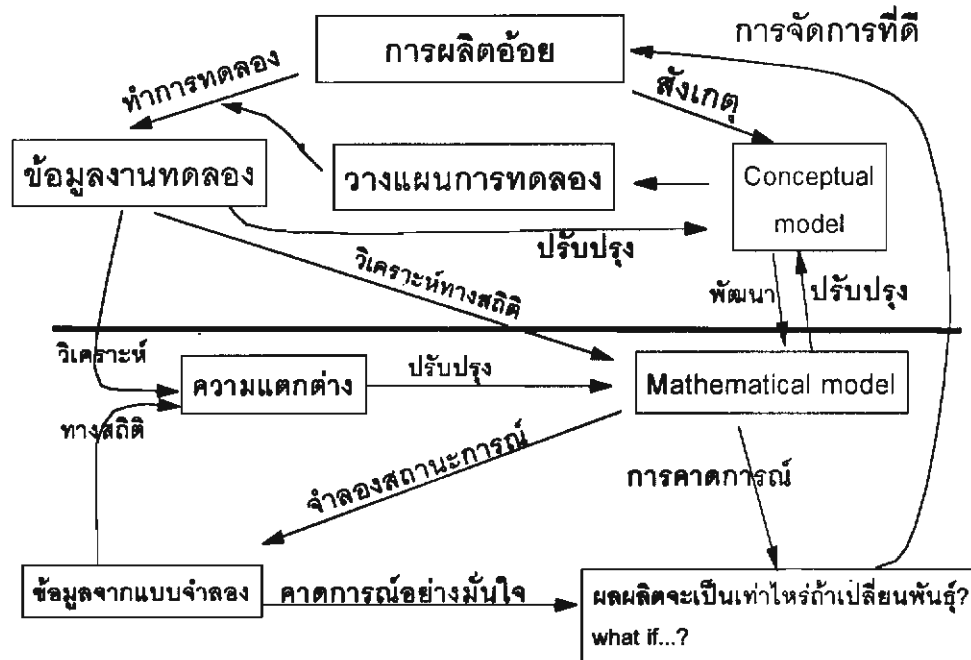
แบบจำลองพืชช่วยเสริมงานวิจัยปัจจุบันได้อย่างไร?

การสร้างหัวข้อวิจัยของงานวิจัยสายชีวภาพหรืองานวิจัยสายสังคมเกษตรมีพื้นฐานจากการสังเกตระบบจริงที่สนใจ (ในกรณีของเราคือเป็นระบบที่สนใจ รูปที่ 8) และสร้างแบบจำลองเชิงความคิดขึ้น กำหนดส่วนต่าง ๆ ของระบบ และกำหนดความสัมพันธ์ แบบจำลองเชิงความคิดนำไปสู่การพัฒนาแผนงานวิจัยและสามารถวางแผนงานทดลองเพื่อแก้ไขปัญหาของระบบการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่องานทดลองได้รับการออกแบบตามหลักการทางสถิติและได้ลงมือทดลองจริงในสนามทำให้กลุ่มผู้วิจัยสามารถสร้าง รวมทั้งปรับปรุงข้อมูลและแบบจำลองเชิงความคิดให้ดีขึ้น และสามารถใช้อธิบายการอธิบายพฤติกรรมของระบบได้ดีกว่าระยะเริ่มแรก

แนววิจัยด้วยแบบจำลองจะสนับสนุนและเพิ่มประสิทธิภาพงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นได้โดยนำผลการศึกษาและผ่านการวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติมาประกอบการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพืชและสัตว์ (mathematical model) นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากงานทดลองที่มีอยู่ทั่วประเทศก็สามารถใช้ประกอบการเปรียบเทียบกับแบบจำลองฯ ได้หากมีการจัดเก็บข้อมูลตามความต้องการของแบบจำลองฯ ทำให้การปรับปรุงแบบจำลองเป็นไปอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว สามารถคาดการณ์ระบบจริงได้มากขึ้นในทุกสภาพการผลิตแบบ-จำลองที่สามารถคาดการณ์ได้ใกล้เคียงกับระบบการผลิตจริงสามารถนำไปประกอบการแก้ไขปัญหาการผลิตทางเกษตรได้หลายแง่มุม (Jintrawet, 1991)

ดังนั้นงานวิจัยย่อยที่จะเกิดใหม่ควรพิจารณาใช้แนวทางวิจัยโดยใช้แบบจำลองเป็นกรอบเพื่อวางแผนการวิจัยโดยเฉพาะในประเด็นของการจัดเก็บข้อมูลการทดลองในสนามเพื่อทดสอบแบบจำลองพืชที่มีอยู่แล้ว ในทำนองเดียวกัน สำหรับงานทดลองที่กำลังจะดำเนินการในฤดูเพาะปลูกที่จะถึง เราสามารถใช้วิธีการ modeling เข้าสนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลได้

รูปที่ 8: ความสัมพันธ์ของการวิจัยที่ใช้แบบจำลองและการวิจัยอื่น



สรุป

บทนี้กล่าวถึงความต้องการผลงานวิจัยทางเกษตรในสถานการณ์การผลิตที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูง และโอกาสในการสร้างผลงานวิจัยโดยนักวิจัยไทยด้วยวิธีการใช้แบบจำลอง โดยการพัฒนางานวิจัยที่มุ่งเป้าประกอบที่เหมาะสมในการสนับสนุนการใช้วิธีการวิจัยแนวนี้

การเกษตรเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบชีวภาพของธรรมชาติมากที่สุดกิจกรรมหนึ่ง ผู้ทำการศึกษาทำความเข้าใจระบบชีวภาพส่วนใหญ่ถูกฝึกให้มองภาพของระบบเป็นโครงสร้างที่มีลำดับขั้นต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับยีน เซลล์ ต้นพืช สัตว์ แปลงพืช ป่าไม้ และระบบนิเวศน์ ในแต่ละส่วนมีพฤติกรรมเป็นผลจากพฤติกรรมร่วมระหว่างองค์ประกอบในระดับขั้นที่เล็กกว่าโดยได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกหลายปัจจัย การศึกษาระบบชีวภาพโดยวิธีที่ง่ายที่สุดคือการแยกศึกษาส่วนต่าง ๆ โดยอิสระ การใช้แบบจำลองเป็นแนวทางหนึ่งและเครื่องมือชนิดหนึ่งในการวิจัยเกษตรสมควรได้รับการพิจารณาเลือกใช้ในระบบงานวิจัยการผลิตอ้อยในประเทศไทยในอนาคตอันใกล้ ในกรณีที่เป็นผู้ใช้แบบจำลองควรที่จะต้องทำความเข้าใจสมมุติฐานของแบบจำลองที่ตนเองใช้อยู่

หลักการสำคัญของการวิจัยอย่างเป็นระบบคือต้องมีความเข้าใจของระบบทั้งหมดเท่าที่จะทำได้ อาจจะโดยการรวบรวมองค์ความรู้ทั้งในและต่างประเทศในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำความเข้าใจนั้น ๆ ไปประกอบการคาดการณ์การตอบสนองของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยการผลิต ความเข้าใจระบบมีความแตกต่างกันตามลำดับขั้นของระบบ ซึ่งต้องมีความถูกต้องและความละเอียดตามมาตรฐานในแง่เวลา (temporal

dimension) และระยะทาง (spatial dimension) เช่นความละเอียดและมาตรฐานของระบบพลวัตของน้ำในดิน อาจมีความละเอียดในด้านเวลาเป็นรายชั่วโมง ในขณะที่ระบบการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักพืชมีความละเอียดเป็นรายวัน เป็นต้น ในบางโอกาสเราสามารถพิจารณาความละเอียดของแปลงปลูกย่อยที่มีขนาดหลายพันไร่มีความสม่ำเสมอเปรียบเสมือนต้นอ้อยต้นเดียวกัน และในทางตรงกันข้ามต้นอ้อยเพียงกอเดียวก็มีความละเอียดถึงระดับเซลล์และยีน นักพัฒนาแบบจำลองระบบสามารถพัฒนาแบบจำลองให้มีความละเอียดได้ในทุกระดับขึ้นอยู่กับฐานข้อมูลงานทดลองที่นำมาประกอบการพัฒนาแบบจำลอง อย่างไรก็ตาม ถ้าพิจารณาจากมุมของการใช้งานแบบจำลองเพื่อการคาดการณ์ผลลัพธ์ของระบบจะเห็นได้ว่าเรามีขอบเขตธรรมชาติให้สร้างแบบจำลองที่มีความละเอียดเฉพาะส่วนที่จำเป็นเท่านั้น

การปฏิบัติงานให้เป็นระบบ สามารถประสานผลงานวิจัยของแต่ละส่วนได้นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ผู้ชำนาญการจากหลายสาขาวิชา (inter and multidisciplinary approach) ทุกสาขาวิชามีส่วนร่วมในการพัฒนาองค์ความรู้หรือมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาอย่างเท่าเทียมกัน ในระดับที่ต่ำกว่าต้นพืชนักวิชาการสรีระวิทยาพืช และนักวิชาการชีวเทคโนโลยีมีส่วนในการค้นหาคำตอบมากกว่านักเกษตรกรรม 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 เลหาศิริวงศ์

งานทดลองอิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อพัฒนาการและการเจริญเติบโตของอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่งและอ้อยตอปีที่สองเป็นงานทดลองที่มีจุดประสงค์หลักเพื่อการสร้างฐานข้อมูลขั้นต่ำสำหรับการพัฒนาการและการทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย ฐานข้อมูลที่จะพัฒนาในเมื่อจบการทดลองประกอบไปด้วย ข้อมูลภูมิอากาศเกษตรรายวัน ข้อมูลการจัดการผลิ้อ้อย ข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมอ้อย และข้อมูลดิน ฐานข้อมูลทั้งสี่ฐานนี้มีโครงสร้างเดียวกันกับฐานข้อมูลในระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีทางเกษตร (DSSAT 3.0 และ 3.1) จากการสำรวจและการตรวจสอบพบว่ายังไม่มีหน่วยงานทั้งของภาครัฐและภาคเอกชนได้ดำเนินงานทดลองเพื่อจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวสำหรับอ้อยในประเทศไทย

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

สถานที่ทดลอง

ดำเนินการทดลองในสามจุดตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

หน่วยงาน	จุดที่ทำแปลงทดลอง	ชื่อชุดดิน
• ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 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	สดีก

การตรวจวัดสภาพอากาศเกษตร

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

วิธีการทดลองและวิธีการวัดค่าตัวแปร

วางแผนงานทดลองเป็นสองงานทดลอง ๆ ละ สองวันปลูก งานทดลองทั้งสองชุดวางแผนงานทดลองแบบ split plot มีสามซ้ำ วันปลูกเป็น main plot และพันธุ์อ้อยเป็น 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 16 มกราคม 2539 (D4)

ใช้อ้อยสองพันธุ์คือ K และ U แปลงย่อยมีขนาด 16.9×15.0 เมตร โดยมีระยะระหว่างแถวเป็น 130 ซม. ระยะระหว่างต้นอ้อยในแต่ละแถว 50 ซม. แปลงย่อยหนึ่งมี 14 แถว ๆ ละ 31 ต้น แบ่งแถวอ้อยทั้ง 14 แถว เป็นสามส่วน ๆ ละ สี่แถว เพื่อทำการติดตามพัฒนาการและการเจริญเติบโตของอ้อยตลอดเวลาสามปี ปีแรกเก็บเกี่ยวแถวที่สามและแถวที่สี่ ปีสองเก็บเกี่ยวแถวที่เจ็ดและแปด ปีสามเก็บเกี่ยวแถวที่ 11 และ 12

ในแถวคู่ที่สำรองไว้เพื่อการเก็บเกี่ยวในแต่ละปีนั้นทำการกำหนดต้นอ้อยไว้ 14 ต้น เพื่อเป็นตัวแทนในการติดตามพัฒนาการของอ้อยทั้งสองพันธุ์ ให้นำสับดาห้ละสองครั้งในช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2538 และ 2539 ครั้งละประมาณ 20 มม. ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ เมื่ออ้อยมีอายุได้สองและสามเดือนตามลำดับ มีการกำจัดวัชพืชทั้งแบบวิธีกลและใช้สารเคมี รวมทั้งมีการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูอ้อยตามความจำเป็น

ทำการบันทึกข้อมูลรายต้น ได้แก่ วันที่ใบแต่ละใบแผ่เต็มที่ โดยตรวจวัดจาก 14 ต้น ของแต่ละแปลงย่อย จดวันที่ร้อยละ 50 ของต้นในแปลงย่อยมีใบแผ่เต็มที่ เก็บเกี่ยวกออ้อยตัวอย่างทั้งกอจำนวนสองกอ ในระหว่างการเจริญเติบโต ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละปีระหว่างปี 2538 2539 2540 และ 2541 เพื่อหาพื้นที่ใบ นับจำนวนลำอ้อย แล้วทำการแยกส่วนต่าง ๆ ออกเป็น ส่วนของต้นอ้อย ส่วนของใบอ้อย ส่วนของกาบใบอ้อย และ ส่วนของรวงอ้อย ทำการตากแห้งและชั่งน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วน

การวิเคราะห์องค์ประกอบความหวานได้จัดส่งลำต้นของอ้อยไปที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีเพื่อตรวจวัดค่าองค์ประกอบความหวาน ได้แก่ %polarity, %brix, และ %fiber คำนวณค่า CCS และ ปริมาณ monosaccharides โดยวิธีการวิเคราะห์เดียวกันเพื่อลดความคลาดเคลื่อนซึ่งอาจเกิดจากวิธีวิเคราะห์ ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตจาก 14 กอ ของแต่ละปีในแปลงย่อย และบันทึก จำนวนลำอ้อยทั้งหมด น้ำหนักสดของต้นอ้อย สุ่มตัวอย่างลำอ้อยหนึ่งลำต่อกอเพื่อส่งที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ทำการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบความหวาน และปริมาณ monosaccharides.

การเก็บข้อมูลดิน

ก่อนการปลูกอ้อยทำการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงย่อยตามระดับความลึกของชั้นดิน และส่งห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าเริ่มต้นของปริมาณธาตุไนโตรเจนในรูปของไนเตรทและแอมโมเนียม ค่าระดับความเป็นกรด-เป็นด่างของดิน (pH) และค่าความชื้นดิน

การรายงานผลการทดลอง

เนื่องจากงานทดลองทั้งสองชุดยังอยู่ในระหว่างการดำเนินการทดลอง รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ พทอ. ระยะแรกประกอบด้วยรายงานผลการทดลองอิทธิพลของวันปลูก (D1 และ D2) ที่มีต่ออ้อยปลูกและอ้อยตอปีหนึ่งของงานทดลองชุดที่หนึ่ง 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 เอี่ยมสุภาชาติ ปรีชา พราหมณีย์ และ
ผาสุข ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

ใบ ต.ภาคกลางและเขตภาคตะวันตกของประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยรวมกัน 2,637,898 ไร่ (ฤดูการผลิต 2536/2537 หรือประมาณร้อยละ 53 ของพื้นที่ปลูกอ้อยรวมทั้งประเทศ 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

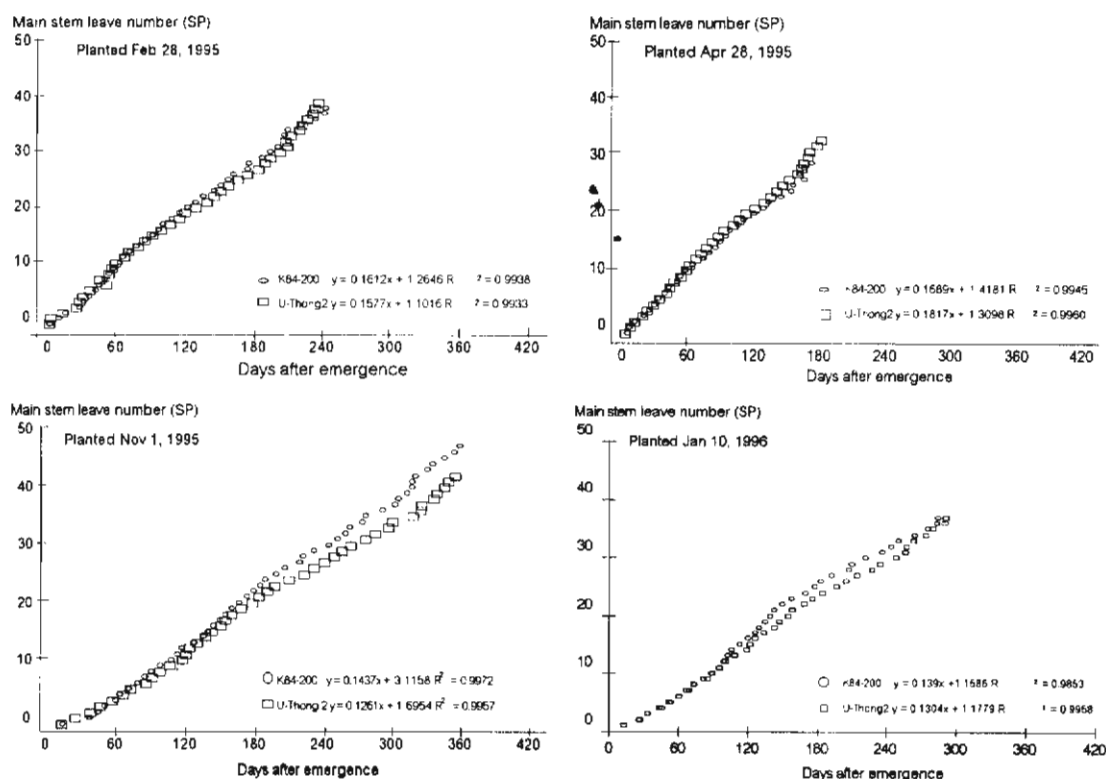
ดำเนินการทดลองในดินชุดกำแพงแสน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม Typic Haplustalfs; fine-silty mixed ตามระบบอนุกรมวิธานดิน Soil Taxonomy (1975) งานทดลองชุดที่หนึ่งมีสองวันปลูกคือวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2538 วันที่ 28 เมษายน 2538 งานทดลองชุดที่สองมีสองวันปลูกคือวันที่ 1 พฤศจิกายน 2538 และวันที่ 10 มกราคม 2539 แปลงทดลองอ้อยมีการไถกลบตอซึ่งข้าวฟ่าง ไถดินดาน ไถพรวนแล้วยกร่องให้มีระยะระหว่างร่อง 1.30 เมตร เตรียมท่อนพันธุ์อ้อยเพื่อปลูกในแต่ละชุดโดยตัดพันธุ์ท่อนละหนึ่งตา 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 ด้วยดินก่อนวางท่อนพันธุ์อ้อยวางท่อนพันธุ์อ้อยกลางร่องให้มีระยะห่างระหว่างกิ่งกลางท่อนพันธุ์ประมาณ 50 เซนติเมตร ให้น้ำตามร่อง (furrow irrigation) ก่อนอ้อยงอกฉีดพ่นสารเคมี atrazine (เกสาพริม 80) อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่เพื่อควบคุมวัชพืชเมื่ออ้อยอายุ 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 โดยใช้จอบและมิดแต่งตออ้อยให้ชิดดิน 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 ซึ่งให้เห็นได้ชัดเจนขึ้นว่าช่วงปลูกมีผลต่อพัฒนาการของใบอ้อยเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างในส่วนนี้อาจเป็นผลมาจากระยะเวลาการปลูกที่แตกต่างกัน 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 จำนวนใบทั้งหมดตั้งแต่แรกถึงระยะเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์ 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) ซึ่งให้เห็นว่า พันธุ์ U น่าจะเป็นพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง (photoperiod sensitive) มากกว่าพันธุ์ K ซึ่งอาจจะเป็นพันธุ์ที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง (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) ทั้งการปลูกอ้อยต้นฝนหรือปลายฝน เนื่องจากอ้อยพันธุ์ U มีการเจริญเติบโตในระยะแรกดีกว่าและมีการแตกกอมากกว่า อย่างไรก็ตาม ผลผลิตอ้อยตอทั้งสองพันธุ์อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

อ้อยปลายฤดูฝน (วันปลูกเดือนพฤศจิกายนและเดือนมกราคม) ให้ผลผลิตสูงกว่าอ้อยต้นฤดูฝนเนื่องจากมีช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตถึงเก็บเกี่ยว (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

ซึ่งถ้าปล่อยให้มิวัชระ vegetative growth เท่ากัน ความสัมพันธ์กับระยะเวลาอาจจะอยู่ในรูปของ polynomial เช่นเดียวกัน

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

กล่าวโดยสรุป การสะสมน้ำหนักแห้งรวมของอ้อยพันธุ์ K และ U เมื่อปลูกในเดือนกุมภาพันธ์ เป็นไปอย่างช้า ๆ ในระยะ 6-8 เดือนแรกของการเจริญเติบโต หลังจากนั้น จะเริ่มสะสมในอัตราที่มากขึ้น ซึ่งเป็นช่วงที่อ้อยกำลังยืดปล้องอย่างเต็มที่ ดูเหมือนว่าพันธุ์ U มีการสะสมน้ำหนักแห้งได้สูงกว่าพันธุ์ K ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกัน ทั้งในการปลูกในเดือนกุมภาพันธ์ รวมทั้งในอ้อยตอทั้งสองช่วงฤดูปลูก ซึ่งเชื่อว่าเป็นผลมาจาก พันธุกรรมที่ต่างกัน ที่น่าสังเกต ในอ้อยปลูกพันธุ์ U จากอายุที่เท่ากันในแต่ละช่วงปลูก จะพบว่า ช่วงปลูกในเดือนพฤศจิกายน สะสมน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด ขณะที่ช่วงปลูก เดือนเมษายน มีการสะสมน้ำหนักแห้งมากที่สุด ชี้ให้เห็นว่า ช่วงฤดูปลูกมีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของอ้อยพันธุ์ U ลักษณะเช่นนี้พบได้ในพันธุ์ K เช่นกัน

น้ำหนักสดของลำต้น ตารางที่ 6 และ 7 แสดงการสะสมน้ำหนักสดของลำต้นอ้อยทั้งสี่วันปลูก ในอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่งตามลำดับ พบว่าอ้อยที่ปลูกปลายฤดูฝน (วันปลูก D3 และ D4) จะมีการสะสมน้ำหนักสดสูงกว่าอ้อยที่ปลูกต้นฤดูฝนระหว่างเดือนมีนาคมและพฤษภาคม อย่างไรก็ตาม อ้อยปลูกปลายฤดูฝน มีช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวยาวนานกว่า ทำให้ช่วงสุดท้ายจะมีน้ำหนักต้นสดสูงกว่า อิทธิพลของช่วงระยะการเจริญเติบโต 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: น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (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 ซึ่งอาจจะเพราะอ้อยได้รับน้ำฝนเต็มที่ 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 แต่อ้อยที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายนจะมีการสะสมน้ำหนักต้นแห้งสูงกว่าอ้อยที่ปลูกในเดือนมกราคม อาจเป็นเพราะอุณหภูมิต่ำ ในช่วงเดือนมกราคม

ตารางที่ 8: น้ำหนักสดของลำต้นอ้อยปลูก (กิโลกรัม ต่อม²) ศูนย์วิจัยพืชไร่นาสุพรรณบุรี 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: น้ำหนักสดของลำต้นอ้อยต่อปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ต่อม²) ศูนย์วิจัยพืชไร่นาสุพรรณบุรี 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 การสะสมน้ำหนักแห้งของใบในอ้อยต่อปีที่หนึ่ง ทั้งสองวันปลูก ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ โดยอ้อยปลูกพันธุ์ U จะมีน้ำหนักแห้งสูงกว่า U อ้อยพันธุ์ K ซึ่งปลูกในเดือนพฤษภาคม จะมีการสะสมน้ำหนักแห้งของใบต่ำที่สุด เมื่อวัดที่อ้อยต่อปีที่หนึ่ง มีอายุ 250 วัน ขณะที่จำนวนใบของอ้อยต่อปีที่หนึ่ง ไม่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่าง ไม่ว่าจะเป็นระหว่างพันธุ์ หรือระหว่างวันปลูก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าอ้อยปลูกไม่ว่าจะมีอายุเท่าไรถูกตัดเวลาเดียวกัน อ้อยต่อปีที่หนึ่ง ทั้งสองวันปลูกจะมีพัฒนาการของใบใกล้เคียงกัน เนื่องจาก เริ่มต้นเป็นอ้อยต่อพร้อมกัน

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: น้ำหนักแห้งลำต้นแห้งย่อยปลูก (กิโลกรัม ตมม⁻¹) ศูนย์วิจัยพืชไร่นาพรหมบุรี 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 ตมม⁻¹) ศูนย์วิจัยพืชไร่นาพรหมบุรี 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 อย่างเห็นได้ชัดจน แสดงให้เห็นว่าการแตกหน่อของอ้อยเป็นอิทธิพลของ พันธุ์กรรม แต่การพัฒนาจากหน่อที่แตกออกมาเป็นลำที่ให้ผลผลิต จะต้องมียุทธวิธีของสภาพแวดล้อมมาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งจะต้องศึกษาในรายละเอียดต่อไป

การแตกกอของอ้อยที่ปลูกปลายฝน จะไม่ค่อยมีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอ้อยที่ปลูกในเดือนมกราคม อาจเนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิที่ต่ำมากร่วมด้วย

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

ตารางที่ 12: น้ำหนักแห้งของใบและก้านใบของอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตม⁻¹) 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	0.96	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	0.75	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: น้ำหนักแห้งของใบและก้านใบของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻¹) 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 ของอ้อยปลูก (จำนวน ตม⁻¹) 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 ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (จำนวน ตม⁻¹) 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

DAE	Date 1		Date 2			Date 3			Date 4		
	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 และอ้อยที่ปลูกเดือนมกราคมมีการพัฒนาพื้นที่ใบได้เร็วกว่าอ้อยที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน

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

อ้อยปลูกในวันปลูกมีนาคมมีปริมาณน้ำตาลมากกว่าอ้อยที่ปลูกในพฤษภาคมเนื่องจากมีระยะเวลาเจริญเติบโตในแปลงมากกว่าอ้อย K ส่วนปริมาณเยื่อใย (fiber) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทั้งสองพันธุ์ของงานทดลองชุดที่หนึ่ง และพบแนวโน้มเช่นเดียวกันในอ้อยต่อปีที่หนึ่ง

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

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณเยื่อใยไม่พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์อ้อย และวันปลูกทั้งสี่ วันและไม่มีความแตกต่างระหว่างอ้อยปลูกและอ้อยต่อ

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 ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง 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 ของอ้อยตอปีที่หนึ่ง 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	3.78	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 เลหาศิริวงศ์ ทินกร กลมสะอาด บุญมี ศิริ อิศรี เก่งนอก
และ อรรถชัย จินตะเวช

งานทดลองนี้เป็นงานทดลองหนึ่งที่มีโครงสร้างและวิธีการทดลองเหมือนกับที่ได้เสนอใน เอลิมพล ไทลุงเรื่อง และคณะ ในรายงานนี้ (หน้า 16) เพื่อสนับสนุนการรวบรวมข้อมูลจำเป็นต่อการพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0 ซึ่งออกแบบให้ครอบคลุมสภาพการผลิตย่อยในพื้นที่ต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ระบบการผลิตในประเทศไทยสามารถจัดได้เป็น สองระบบ คือ ระบบการผลิตย่อยในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่อาศัยน้ำฝน ในระบบการผลิตทั้งสองแบบเกษตรกรปลูกย่อยต้นฤดูฝน (ประมาณเดือนพฤษภาคม) และปลายฤดูฝน (ประมาณเดือนพฤศจิกายน) ระบบการผลิตย่อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่ปลูกย่อยอาศัยน้ำฝนและเป็นย่อยที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนและเริ่มฤดูการเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนตุลาคมถึงธันวาคมของทุกปี ส่วนใหญ่เป็นระบบการผลิตย่อยที่มีการปลูกใหม่ทุกปี ระบบการผลิตย่อยในพื้นที่อื่นของประเทศส่วนใหญ่เป็นการผลิตโดยอาศัยน้ำฝนและเริ่มมีการชลประทานในบางพื้นที่ เริ่มการปลูกในระหว่างต้นฤดูฝนและเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาเดียวกันกับเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ข้อแตกต่างที่สำคัญคือเกษตรกรในพื้นที่อื่นของประเทศมีการไถ่อยอด 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 หลังจากนั้นนำท่อนพันธุ์ไปแช่สารเคมีโพธิโกนาซอล (ฟิลล์ 250 cc. หรือ baletol อัตรา 16 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร นานหนึ่งชั่วโมง) เพื่อป้องกันโรค smut การปลูกจะวางท่อนพันธุ์ลึกประมาณห้าเซนติเมตรจากร่องปลูก 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

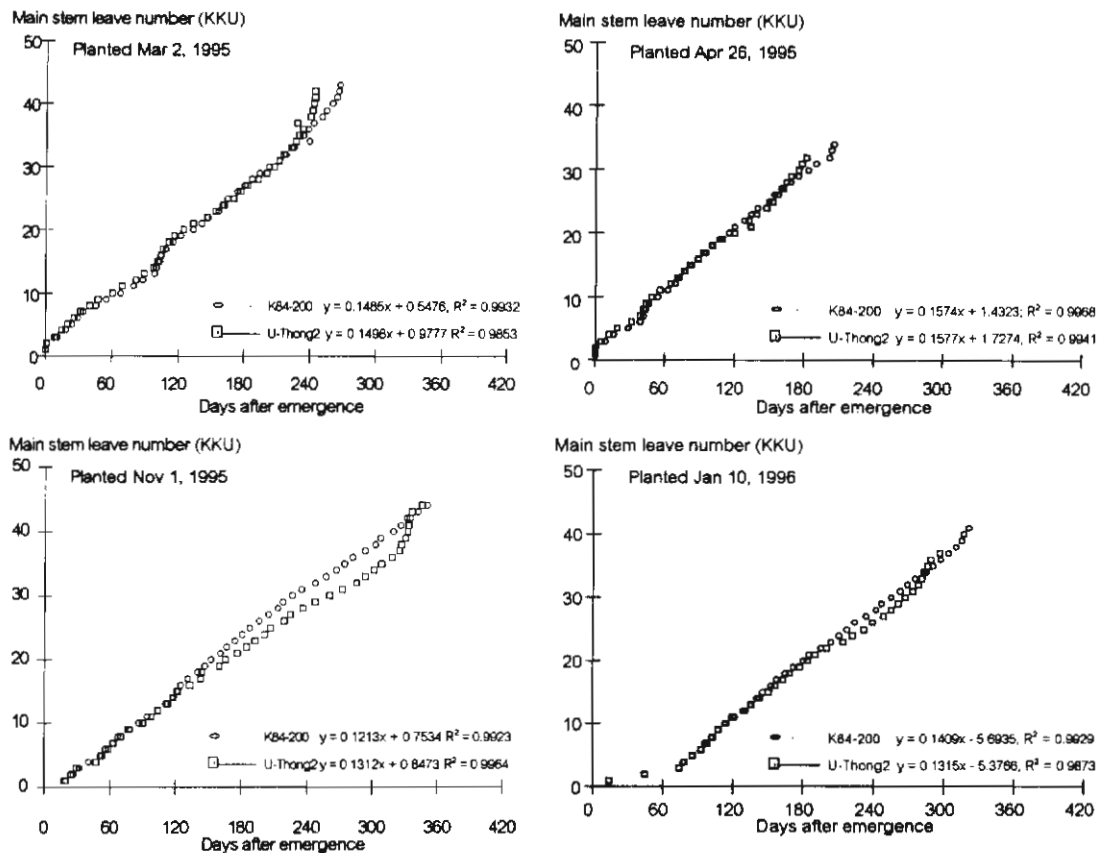
ผลการทดลอง

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°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 สามารถให้อุณหภูมิอากาศในการคาดการณ์ผลลัพธ์ของกระบวนการพัฒนาการในอ้อยทั้งสองพันธุ์ได้อย่างมีความมั่นใจ

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

การเจริญเติบโต (cane growth)

อิทธิพลของวันปลูกที่มีต่อผลผลิตอ้อย น้ำหนักลำต้นสดของอ้อยปลูกในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตสุดท้ายของทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มในการตอบสนองต่อวันปลูกที่สี่ไปในทางเดียวกัน (ตารางที่ 24) คือวันปลูก D3 ให้ผลผลิตลำอ้อยสดมากกว่าวันปลูกอื่นทั้งหมด ตามด้วยผลผลิตของวันปลูก D1 และวันปลูก D2 และ D4 ให้ผลผลิตต่ำที่สุด และอยู่ในระดับเดียวกันทั้งสองพันธุ์ ผลผลิตลำสดของพันธุ์ K และ U ในวันปลูก D3 สูงกว่าวันปลูก D1 และ D2 และ D4 คิดเป็นร้อยละ 25, 99 และ 28, 129 ตามลำดับ วันปลูก D3 เป็นวันปลูกที่ใกล้เคียงกับวันปลูกอ้อยข้ามแล้งของชาวไร่ในหลายพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในงานทดลองนี้วันปลูก D3 เป็นวันปลูกที่มีอายุอยู่ในแปลงทดลองมากที่สุดเมื่อเทียบกับวันปลูกอื่น ๆ

ตารางที่ 24: จำนวนลำอ้อย (ลำ/ไร่) และ น้ำหนักอ้อยสด (ตัน/ไร่) ของอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่ง 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

สำหรับอ้อยตอปีที่หนึ่งเมื่อเก็บเกี่ยวสุดท้ายพบว่า ผลผลิตลำต้นสดของอ้อยทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกใน D3 และ D4 อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน คือผลผลิตลำสดเฉลี่ย 32.8 และ 31.2 ตัน ไร่⁻¹ สำหรับพันธุ์ K และ U ตามลำดับ อ้อยตอปีที่หนึ่งทั้งสองพันธุ์ของทั้งสองวันปลูกมีช่วงการเจริญเติบโตในแปลงทดลองเท่ากันทำให้มีผลผลิตลำสดอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ผลการทดลองนี้มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับผลการทดลองในศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาและน้ำหนักมวลชีวภาพ ตารางที่ 25 และ 26 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยทั้งสองพันธุ์ในอ้อยปลูกและอ้อยตอปีที่หนึ่งตามลำดับ ในปี 2538 และ 2539

น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยทั้งสองพันธุ์ ในวันปลูก D3 สูงกว่าวันปลูกอื่น ๆ และเป็นอ้อยที่มีโอกาสอยู่ในแปลงทดลองมากที่สุดเมื่อเทียบกับวันปลูกอื่น ๆ

ตารางที่ 25: น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินของอ้อยปลูก (กิโลกรัม ตม⁻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	52	0.02	0.03	97	0.11	0.18	30	0.00	0.00
113	1.02	0.97	77	0.00	0.52	123	0.37	0.46	56	0.00	0.00
138	0.57	0.67	112	1.23	0.46	154	0.64	0.80	87	0.05	0.54
173	1.06	1.74	139	0.83	0.91	185	1.58	1.47	118	1.60	0.56
200	1.06	1.68	174	1.26	1.32	212	1.63	1.73	145	0.53	0.45
235	2.08	3.07				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: น้ำหนักแห้งมวลชีวเหนือผิวดินของอ้อยตอปีหนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻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	1.88
244	2.25	2.47	218	2.73	2.48
279	2.81	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 เมื่อติดตามการสะสมน้ำหนักต่อไปในระยะเจ็ดเดือนหลังการออกพบว่าอ้อยพันธุ์ K ยังมีการสะสมน้ำหนักอีกต่อไปในขณะที่อ้อยพันธุ์ U มีอัตราการสะสมน้ำหนักลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของกาบใบและน้ำหนักสดของลำต้นอ้อยในพันธุ์ U มีอัตราสูงกว่าอ้อยพันธุ์ K

การสะสมน้ำหนักสดของลำอ้อยทั้งสองในอ้อยตอปีหนึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 28

ตารางที่ 27: น้ำหนักสดของลำต้นอ้อยปลูก (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	0.98	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			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	206	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: น้ำหนักลำต้นสดของอ้อยต่อปีหนึ่ง (กิโลกรัม ตม⁻¹) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2539

D1			D2		
DAE	K	U	DAE	K	U
244	9.26	10.49	218	11.22	9.96
279	11.05	8.82	253	6.41	11.13
307	11.95	6.85	281	7.95	13.23
337	9.97	10.90	311	5.38	8.26
369	19.86	19.62	343	21.12	19.40

น้ำหนักแห้งของลำต้น การสะสมน้ำหนักแห้งของต้นและใบอ้อยพันธุ์ U มีอัตราที่สูงกว่าการสะสมน้ำหนักใบและต้นของอ้อยพันธุ์ K (ตารางที่ 29) โดยเฉพาะในระยะแรกของฤดูการเพาะปลูก เมื่อติดตามการสะสมน้ำหนักต่อไปในระยะเจ็ดเดือนหลังการงอกพบว่าอ้อยพันธุ์ K ยังมีการสะสมน้ำหนักอีกต่อไปในขณะที่อ้อยพันธุ์ U มีอัตราการสะสมน้ำหนักลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของกาบใบและน้ำหนักสดของลำต้นอ้อยในพันธุ์ U มีอัตราสูงกว่าอ้อยพันธุ์ K

การสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้น ในอ้อยต่อปีหนึ่งแสดงในตารางที่ 30

ตารางที่ 29: น้ำหนักลำต้นแห้งของอ้อยปลูก (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	0.06	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	2.26	286	1.48	1.36	219	0.59	0.51
						313	2.36	2.41	246	1.23	1.38
						341	2.31	2.82	274	1.69	1.74

ตารางที่ 30: น้ำหนักลำต้นแห้งของอ้อยตอปีหนึ่ง (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	1.60	181	1.00	1.21
244	1.43	1.70	218	1.94	1.60
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) โดยเฉพาะในระยะแรกของการงอกและการเพาะปลูก เมื่อติดตามการสะสมน้ำหนักต่อไปในระยะเจ็ดเดือนหลังการงอกพบว่าอ้อยพันธุ์ K ยังมีการสะสมน้ำหนักอีกต่อไปในขณะที่อ้อยพันธุ์ U มีอัตราการสะสมน้ำหนักลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของกาบใบและน้ำหนักสดของลำต้นอ้อยในพันธุ์ U มีอัตราสูงกว่าอ้อยพันธุ์ K

การสะสมน้ำหนักแห้งของใบและกาบใบของอ้อยตอปีหนึ่งแสดงในตารางที่ 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	0.58	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	248	0.41	0.50
						341	0.33	0.39	274	0.41	0.41

ตารางที่ 32: น้ำหนักใบและกาบใบแห้งของอ้อยตอปีหนึ่ง (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	58	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	7.69	7.69	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	58	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	0.68	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 ในระหว่างการเก็บเกี่ยวมีค่า 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	56	0.00	0.00
138	0.74	-0.64	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			56		
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	13.26

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 ของฮ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับฮ้อยปลูก และสูงมากกว่าฮ้อยปลูกทั้งสองวันปลูก 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	56	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	17.67	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	14.56
						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) ยกเว้นในวันปลูก D1 ซึ่งปริมาณเยื่อใยในฮ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มลดลง เมื่อเก็บเกี่ยวปริมาณเยื่อใยของฮ้อยทั้งสองพันธุ์อยู่ในร้อยละ 11.20-12.12 ของน้ำหนักแห้ง และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

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
						286	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 ปรัชญา นาสुरิวงศ์

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

อุปกรณ์ วิธีการทดลอง และวิธีการวัดค่าตัวแปร

ดำเนินการทดลองในดินชุดสติก ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มดิน Oxic Paleustults ตามระบบอนุกรมวิทยาดิน Soil Taxonomy (ทวิศักดิ์ และ ชนิษฐศรี, 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

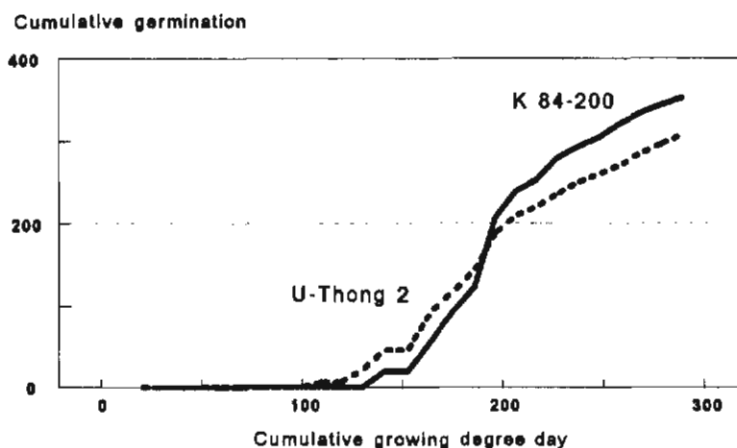
เก็บเกี่ยวกอย่อยตัวอย่างทั้งกอจำนวนสองกอ เมื่อวันที่ 5 กรกฎาคม 3 สิงหาคม 3 กันยายน 5 ตุลาคม และ 6 พฤศจิกายน 2538 เพื่อหาพื้นที่ใบ นับจำนวนลำย่อย แล้วทำการแยกส่วนต่าง ๆ ออกเป็น ส่วนของต้นย่อย ส่วนของใบย่อย ส่วนของกาบใบย่อย และ ส่วนของรวงย่อย ทำการตากแห้งและชั่งน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วน อนึ่ง คณะผู้วิจัยได้ทำการจัดส่งลำต้นย่อยไปที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีเพื่อตรวจ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

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 นอกจากนี้ อ้อยทั้งแปลงถูกไฟไหม้เมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2540 คณะผู้วิจัยได้ทำการซ่อมต่ออ้อย ให้น้ำ และปุ๋ยเคมีเพื่อเร่งการเจริญเติบโต และสามารถกู้แปลงทดลองกลับได้กว่าร้อยละ 80 ของกออ้อยที่ต้องการเก็บเกี่ยวในปีที่สาม (อ้อยต่อปีที่สอง) 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 (millingable stalk) ลำเหล่านี้จะเข้าสู่ระยะการยืดปล้องและการสะสมน้ำหน่กลำต้น

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 แต่ยังไม่มียางงานผลการวิจัยยืนยัน ดังนั้นจึงสมควรที่จะทำการวิจัยเพื่อทำความเข้าใจกระบวนการของการสะสมน้ำตาลในพันธุ์อ้อยของไทยอย่างเป็นระบบ

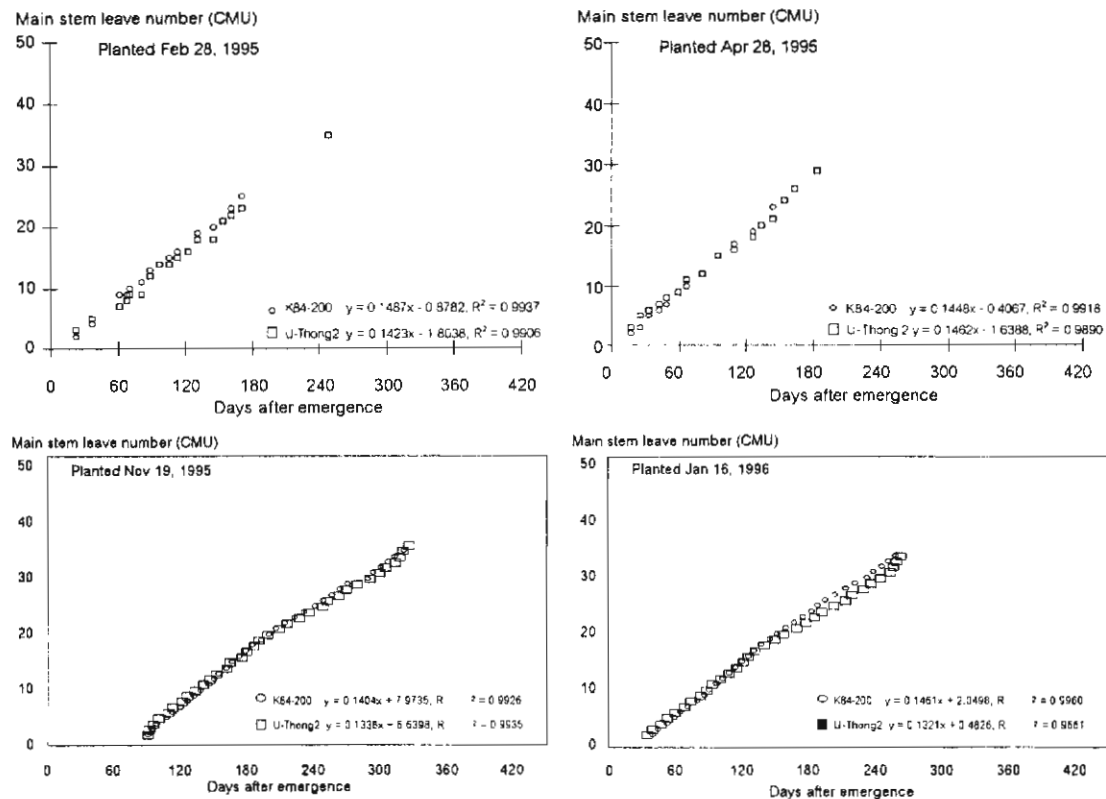
พัฒนาการของใบอ้อยปลูก การติดตามพัฒนาการของใบอ้อยในวันปลูก D1 และ D2 ในช่วงฤดูฝนมีอุปสรรคเนื่องจากฝนตกชุก รวมทั้งทรงกอของอ้อยทั้งสองพันธุ์ขึ้นปกคลุมเกือบเต็มพื้นที่ระหว่างแถวปลูกทำให้การบันทึกข้อมูลมีอุปสรรคมาก ผู้วิจัยได้ตัดสินใจงดการบันทึกข้อมูลในช่วงดังกล่าว อย่างไรก็ตาม การติดตามพัฒนาการของใบอ้อยปลูก D1, D2, และ D3 ในปี 2538 และอ้อยปลูก D4 ในปี 2539 ทั้งสองพันธุ์พบว่ามีการพัฒนาการใกล้เคียงกัน (รูปที่ 12) อ้อยพันธุ์ K และพันธุ์ U มีอัตราการเพิ่มขึ้นของใบเฉลี่ย 0.15 ใบ/วัน¹ และ 0.14 ใบ/วัน¹ ตามลำดับ เป็นผลการวิจัยที่มีความหมายมากต่อการพัฒนาและการทดลองแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย เป็นข้อมูลที่สามารถใช้ยืนยันได้ว่าสามารถใช้อุณหภูมิอากาศ (GDD) ในการคาดการณ์พัฒนาการของใบได้อย่างมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ

เป็นที่น่าสังเกตว่าอัตราการเพิ่มของใบอ้อยพันธุ์ U ในช่วงสุดท้ายของฤดูการมีอัตราลดลง เนื่องจากอ้อยพันธุ์ U เข้าสู่ระยะการสร้างช่อดอกและเมล็ดซึ่งเป็นระยะสุดท้ายของอ้อยพืช 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 เก็บเกี่ยวเมื่ออ้อยมีอายุหลังการรวม 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 (ทินกร กลมสอาด และคณะ, 2538) ในระยะ 2-3 เดือนแรกอ้อยที่ปลูกใน D3 มี พัฒนาการในอัตราต่ำเนื่องจากอุณหภูมิอากาศต่ำสุดมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิพื้นฐานสำหรับกระบวนการพัฒนาการและกระบวนการเจริญเติบโตของอ้อย โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อเข้าสู่ช่วงต้นฤดูฝนในเดือนพฤษภาคมทำให้อ้อยที่ปลูกใน D3 มีพัฒนาการและการเจริญเติบโตที่ดีกว่าอ้อยที่ปลูกในวันปลูกอื่น

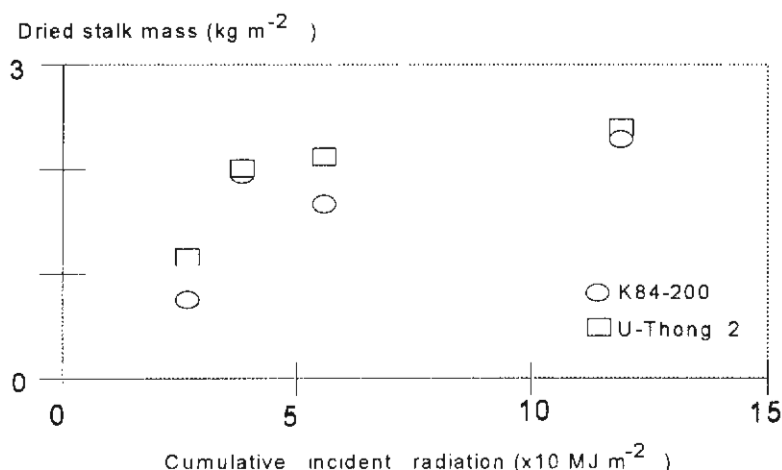
ตารางที่ 44: จำนวนลำอ้อย (ลำ/ไร่) และน้ำหนักสด (ตัน/ไร่) ของอ้อยปลูกและอ้อยตอหนึ่ง พันธุ์ K และ U เมื่อเก็บเกี่ยว แปลงทดลองมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2538-39

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: ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และน้ำหนักแห้งของลำต้นของอ้อยปลูกมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2538 และ 2539)



ตอปีที่หนึ่งแสดงในตารางที่ 45 และ 46 ตามลำดับ น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินเพิ่มขึ้นตั้งแต่การเก็บตัวอย่างย่อยครั้งแรกถึงการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย และเป็นไปตามที่คาดหมายไว้ น้ำหนักมวลชีวภาพของพันธุ์ U สูงกว่าพันธุ์ K แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินในระยะแรกของการเจริญเติบโตส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำหนักใบและกาบใบ

น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพเหนือผิวดินในระดับนี้จัดว่าอยู่ในระดับปานกลาง ในประเทศออสเตรเลียมีงานวิจัยและรายงานผลการผลิตจากไรบลิติยีนยืนยันว่าในพื้นที่ที่มีพลังงานแสงอาทิตย์ระดับนี้ย่อย (พืช C4) สามารถให้ผลผลิตมวลชีวภาพแห้งเหนือผิวดินในช่วง 5,600-5,800 g m⁻² แสดงให้เห็นว่าการผลิตย่อยในประเทศไทยสามารถเพิ่มผลผลิตได้อีกแน่นอน

ตารางที่ 45: น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพเหนือผิวดินของย่อยปลูก (กิโลกรัม ตมม⁻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	1.26	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	3.84
						370	5.38	4.69	307	4.82	5.39

ตารางที่ 46: น้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพเหนือผิวดินของย่อยตอปีที่หนึ่ง (กิโลกรัม ตมม⁻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 การสะสมน้ำหนักสดของลำต้นย่อยพันธุ์ U มีอัตราที่สูงกว่าการสะสมน้ำหนักใบและต้นของย่อยพันธุ์ K (ตารางที่ 47 และ 48) โดยเฉพาะในระยะแรกของการเพาะปลูก เมื่อติดตามการสะสมน้ำหนักต่อไปในระยะเจ็ดเดือนหลังการงอกพบว่าย่อยพันธุ์ K ยังมีการสะสมน้ำหนักอีกต่อไปในขณะที่ย่อยพันธุ์ U มีอัตราการสะสมน้ำหนักลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของกาบใบและน้ำหนักสดของลำต้นย่อยในพันธุ์ U มีอัตราสูงกว่าย่อยพันธุ์ K

ตารางที่ 47: น้ำหนักลำต้นสดของช้อยปลูก (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			183	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: น้ำหนักลำต้นสดของช้อยตอปีที่หนึ่ง (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: น้ำหนักแห้งของลำต้นช้อยปลูก (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	2.08	113	0.00	0.69	226	1.15	0.93	183	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	2.48	2.15	245	1.38	2.05
						335	2.56	2.77	272	3.08	2.56
						370	3.90	3.28	307	3.28	3.69

ตารางที่ 50: น้ำหนักแห้งของลำต้นอ้อยต่อปีหนึ่ง (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 น้ำหนักแห้งของใบและกาบใบของอ้อยทั้งสองพันธุ์ในส่วนปลูกของอ้อยปลูกและอ้อยต่อปีหนึ่ง 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: น้ำหนักใบและกาบใบแห้งของอ้อยต่อปีหนึ่ง (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 จำนวนหน่ออ้อยต่อกอมีจำนวนลดลงตั้งแต่ปลูกถึงระยะเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 53 และ 54) ทั้งนี้ เป็นกลไกในการสร้างผลผลิตของพืชตระกูลหญ้าทั่วไป (Yoshida, 1981) พันธุ์ U มีจำนวนหน่อต่อกอสูงกว่าพันธุ์ K เฉลี่ย 7 และ 4 ลำต่อกอ 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 ตม¹) 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/ลำของอ้อยตอปีที่หนึ่ง (จำนวน ตม¹) 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

ในอ้อยตอปีที่หนึ่งพบว่าเริ่มมีค่า 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		1.65	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	3.78	3.74	248	4.59	4.29
281	8.65	7.70	281	8.45	8.15
309	8.38	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 และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ

ในช่วงการเก็บเกี่ยวของอ้อยตอปีที่หนึ่งของ D1 และ D2 (ตารางที่ 58) พบว่า ค่า *polarity* ของอ้อยทั้งสองพันธุ์มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกันกับอ้อยปลูก และสูงมากกว่าอ้อยปลูกทั้งสี่วันปลูก 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 และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ

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

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

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	12.63	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 เสี่ยงใส อิศรี เก่งนอก
ผาสุข ล้อมรุ่งเรืองรัตน์ นิพนธ์ เอี่ยมสุภาภิต
ปรีชา พราหมณีย์ อรรถชัย จินตะเวช
ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์
และ เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง

การวิจัยทางเกษตรในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับพืชส่วนใหญ่ให้ความสนใจศึกษากระบวนการเจริญเติบโต (growth) เช่น การเพิ่มน้ำหนักแห้ง มากกว่ากระบวนการพัฒนาการของพืช (phenology) เนื่องจากลักษณะดังกล่าวสังเกตได้ชัดเจนและเปลี่ยนแปลงตามอายุของพืช แต่การเปลี่ยนแปลงกระบวนการพัฒนาการของพืชนั้นเป็นสิ่งที่ยากและมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาที่แสดงออก (morphological appearance) ของพืช และมีผลต่อการกระจายการเจริญเติบโตไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช การสร้างใบที่มากกว่าเดิม การสะสมแป้ง น้ำตาล การออกดอก การติดเมล็ด เป็นต้น ดังนั้นการจัดการทรัพยากรที่จำเป็นต่อการผลิตพืชจึงจำเป็นต้องแยกและสร้างความเข้าใจพื้นฐานของทั้งสองกระบวนการออกจากกัน เพื่อให้ทราบว่าการพัฒนาการของพืชเปลี่ยนแปลงภายใต้สภาพแวดล้อมในบริเวณที่ปลูกพืชนั้น 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) พบว่าการพัฒนาการของข้าวสาลีสามารถแบ่งเป็นสามช่วงคือ ช่วงของการงอก ช่วงของการออกดอก และช่วงของการสุกแก่ ซึ่งแต่ละช่วงของการพัฒนาการดังกล่าว ข้าวสาลีมีกระบวนการทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันและตอบสนองต่อการสะสมของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เป็นต้น

การกำหนดพัฒนาการของพืชที่มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของทุกฝ่ายเป็นเรื่องที่จำเป็นมาก เนื่องจากผลผลิตของอ้อยทั้งในด้านน้ำหนัก และน้ำตาลได้รับอิทธิพลจากการจัดการในช่วงเวลาต่างกันย่อมมีความแตกต่างกัน เช่นคำแนะนำในการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอ้อยเมื่ออายุได้สองและสี่เดือน 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

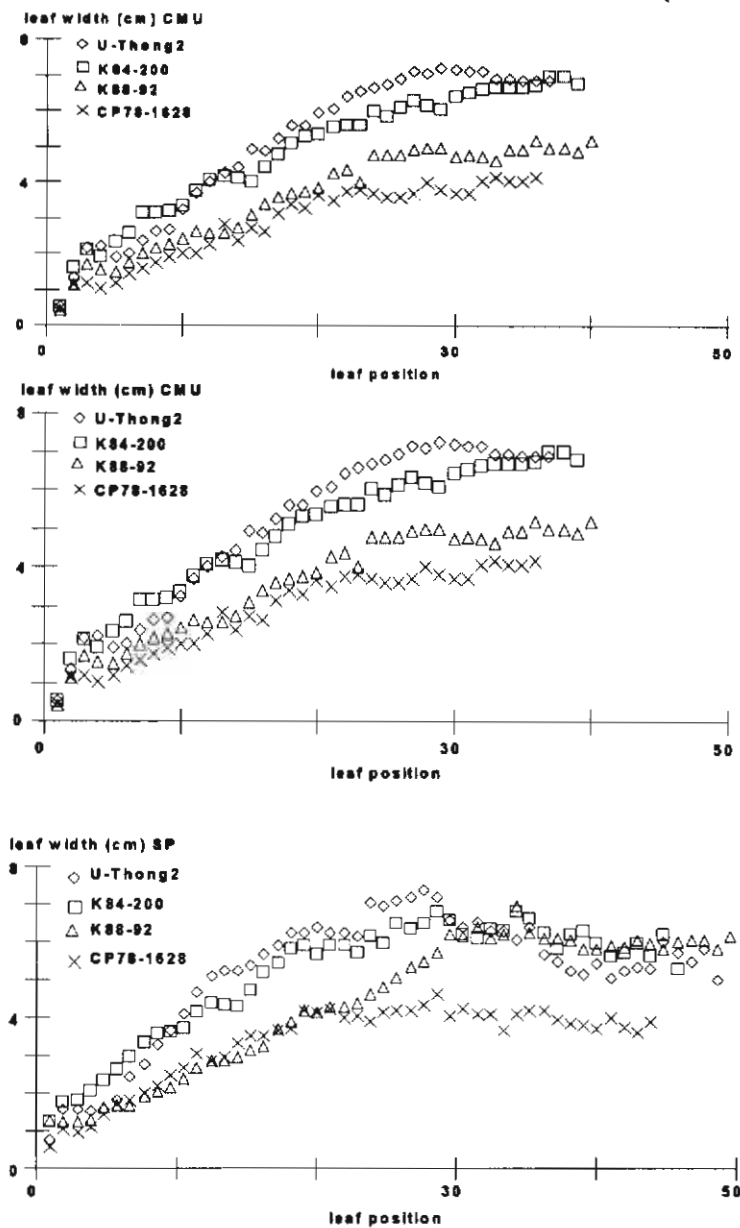
ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของใบกับความกว้างของใบอ้อย

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) เป็นเส้นดินเมตร ของข้อย 4 พันธุ์จากสามสถาน



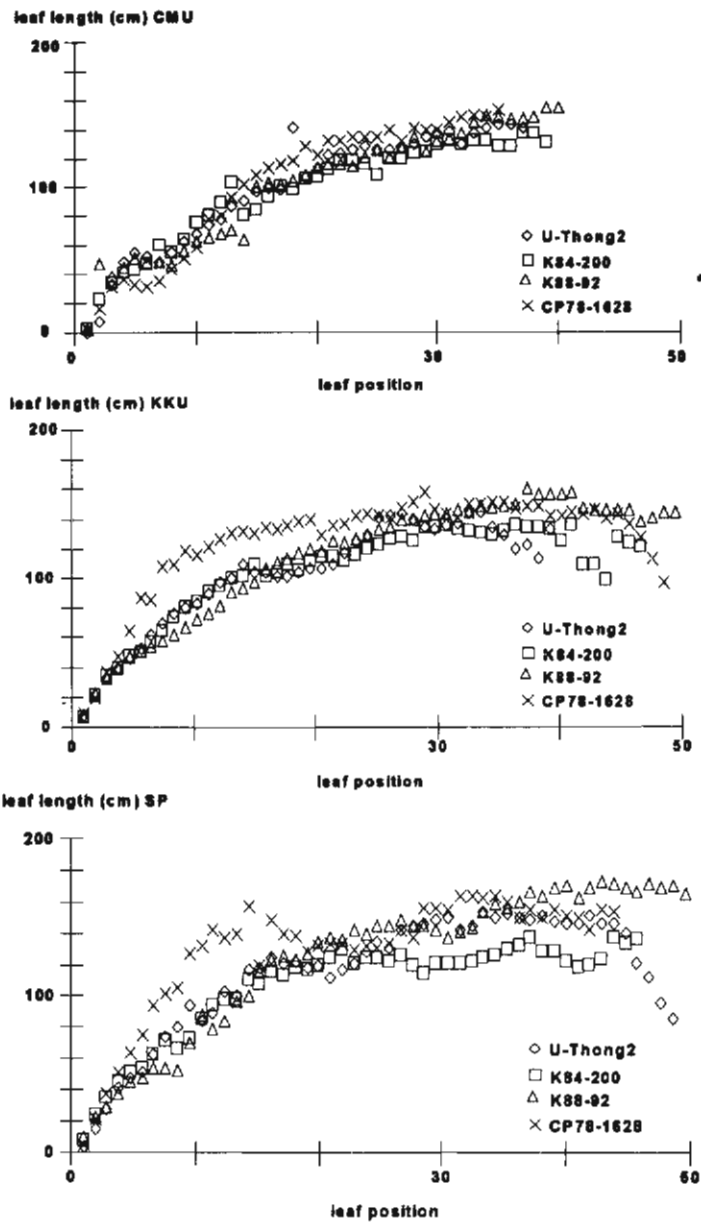
ตารางที่ 63: ความกว้างของใบข้อยสี่พันธุ์เมื่อมีพัฒนาการถึงใบที่ 30 แผ่ขยายเต็มที่

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	4.05
SP	7.20	6.80	5.70	4.60
Mean	7.17a	6.56b	5.23c	4.11d

ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความยาวเฉลี่ยของใบที่ 30 เรียงตามลำดับได้ดังนี้ พันธุ์ CP 78-1628, U-Thong 2, K 88-92, K 84-200 มีความยาวใบเฉลี่ยเป็น 148.7; 140.5; 138.5; และ 123.2 ซม. ตามลำดับ (ตารางที่ 64)

รูปที่ 15: ความยาวของใบ (leaf width) เป็นเซนติเมตร ของอ้อยสี่พันธุ์จากสามสถานี



ตารางที่ 64: ความยาวของใบย่อยสี่พันธุ์เมื่อมีพัฒนาการถึงใบที่ 30 แผ่ขยายเต็มที่

สถานที่ทดลอง	ความยาวใบที่ 30 (เซ็นติเมตร)			
	U-Thong 2	K 84-200	K 88-92	CP 78-1628
CMU	138.9	129.4	131.6	139.4
KKU	138.1	126.3	139.4	161.2
SP	148.6	116.0	144.7	166.6
Mean	140.5b	123.2d	138.5c	148.7a

ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของใบกับพื้นที่ใบย่อย

พื้นที่ใบย่อยเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มของพื้นที่ใบมีมากหลังจากระยะที่อ้อยมีใบที่ 3 (รูปที่ 16) เช่นเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของความกว้าง และความยาวของใบ พื้นที่ใบย่อยทุกพันธุ์มีขนาดสูงสุดเมื่ออ้อยมีพัฒนาการถึงระยะใบที่ 30 แผ่ขยายเต็มที่ อ้อยแต่ละพันธุ์มีขนาดของพื้นที่ใบขนาดลดหลั่นดังต่อไปนี้ พันธุ์ U-Thong 2; K84-200; CP 78-1628; และ K 88-92 มีพื้นที่ใบเป็น 744; 597; 506; และ 502 ตารางเซ็นติเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าขนาดของพื้นที่ใบของอ้อยขึ้นอยู่กับความกว้างของใบมากกว่าความยาวของใบอ้อย (ตารางที่ 65)

ตารางที่ 65: พื้นที่ใบของอ้อยสี่พันธุ์ (ตารางเซ็นติเมตร) เมื่อมีพัฒนาการถึงใบที่ 30 แผ่ขยายเต็มที่ จากสามสถานที่ทดลอง

สถานที่ทดลอง	พื้นที่ใบอ้อยที่ 30			
	U-Thong 2	K84-200	K88-92	CP78-1628
CMU	676.6	687.6	459.7	382.7
KKU	644.4	684.3	632.9	694.3
SP	911.0	609	612.0	640.0
Mean	744.0a	696.9b	601.5c	606.7c

ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

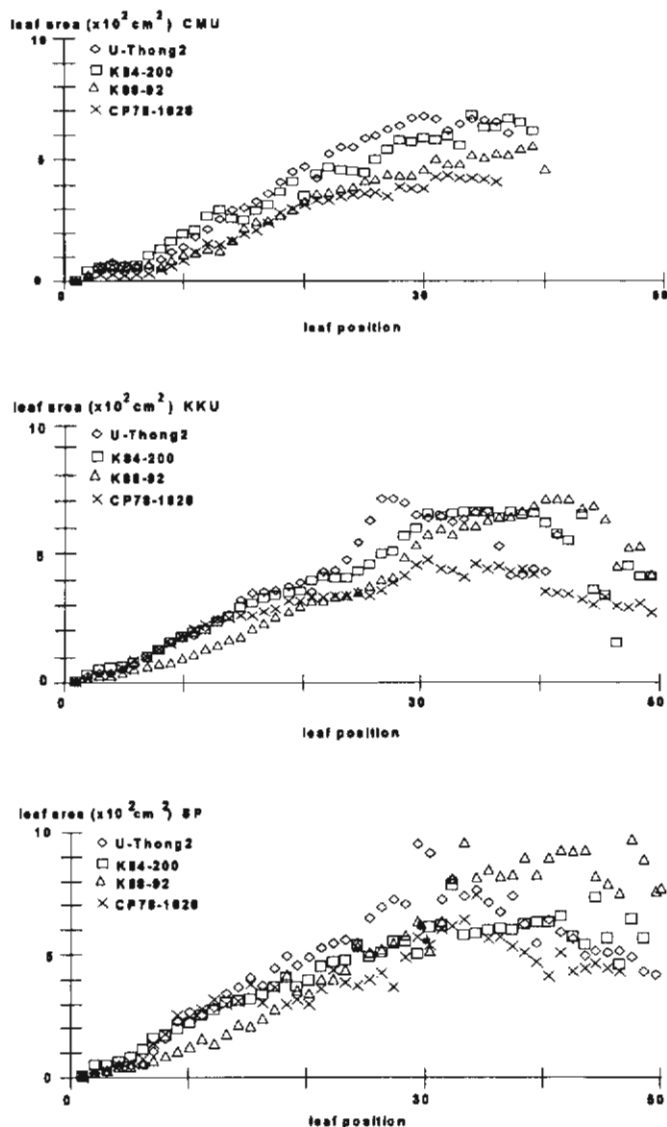
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสะสมกับพัฒนาการของใบ

จากข้อมูลภูมิอากาศโดยใช้อุณหภูมิสูงต่ำรายวันนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีพัฒนาการของใบโดยใช้ ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) พบว่าตลอดช่วงพัฒนาการของใบอ้อยทั้งสี่พันธุ์ มีรูปแบบเป็นเส้นโค้ง และมีค่าสหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.99 (รูปที่ 17)

การปรากฏใบของอ้อยค่อนข้างช้าในช่วงใบที่ 1-3 ซึ่งจะต้องใช้ค่าอุณหภูมิสะสมมาก การปรากฏของใบเร็วขึ้นหลังจากใบที่ 3 จนถึงใบที่ประมาณ 10-12 ความเร็วการปรากฏขึ้นของใบเริ่มลดลง ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าจุดที่เส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนใบและอุณหภูมิสะสมของพัฒนาการใบในอ้อยทุกพันธุ์ และทุกสถานที่ทดลองมีการเปลี่ยนแปลงการปรากฏใบอย่างเด่นชัดที่อุณหภูมิสะสมเฉลี่ย 1,700-1,873 °Cd ขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อย (ตารางที่ 66) ซึ่งใกล้เคียงกับการสะสมอุณหภูมิที่ทำให้อ้อยมีใบที่ 14

รูปที่ 16

พื้นที่ใบ (leaf area) เป็นตารางเซนติเมตร ของอ้อยสี่พันธุ์จากสามสถานี

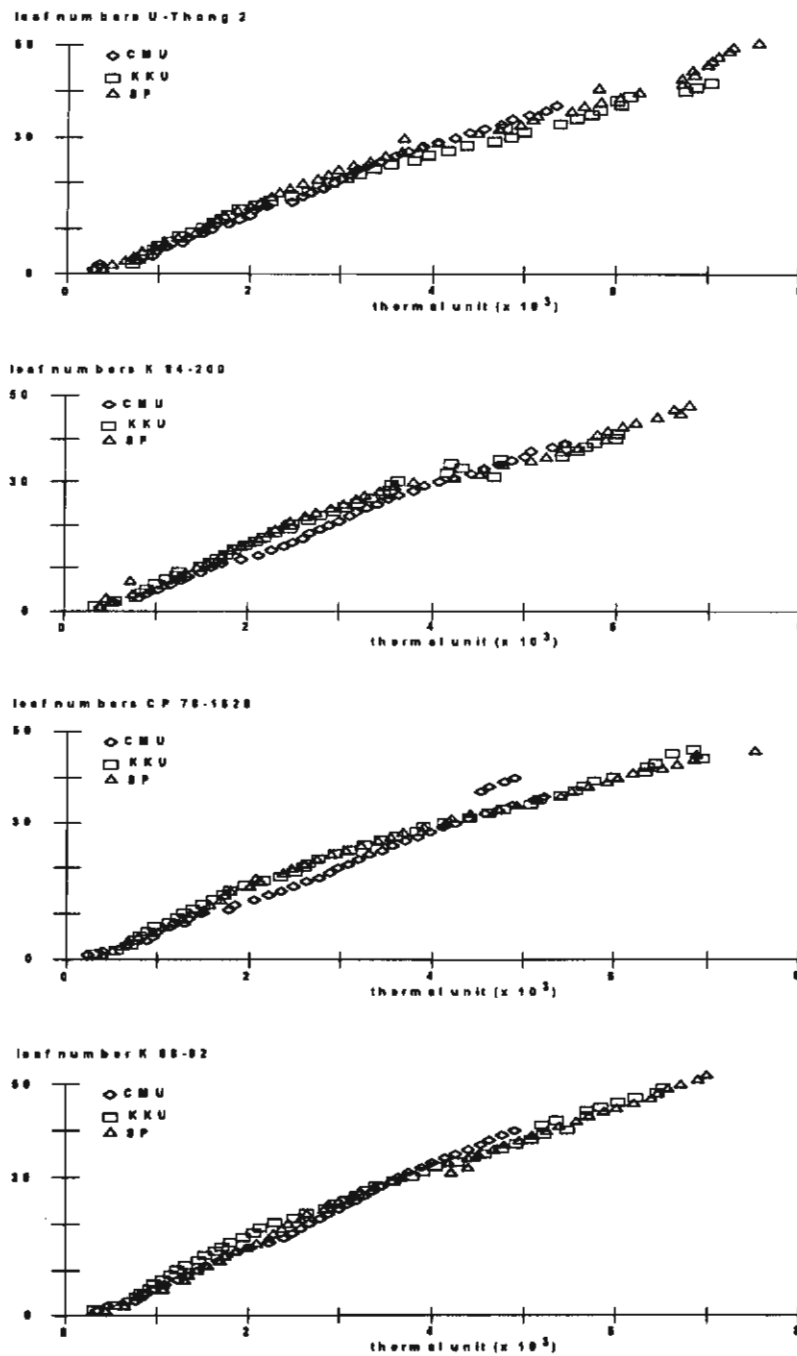


แผ่ขยายเต็มที่ (เฉลี่ย 90 วันหลังปลูก) จุดดังกล่าวนี้เรียกว่า turning point ซึ่งตรงกับระยะที่อ้อยมีใบเฉลี่ย 13-15 ใบ

เมื่อพิจารณาถึงความลาดชัน (ค่า b) ของสมการตลอดอายุของอ้อยทุกพันธุ์ที่ปลูกทั้งสามสถานี ทดลองพบว่าพัฒนาการของใบมีความแตกต่างกันเมื่อคำนวณการสะสมอุณหภูมิรายวันโดยอ้อยพันธุ์ K88-92 ใช้อุณหภูมิสะสมเพื่อพัฒนาการของใบหนึ่งใบน้อยที่สุดเท่ากับ 93.5°C รองลงมาคือพันธุ์ K 84-200 ใช้ อุณหภูมิ 96°C ต่อใบ ส่วนพันธุ์ U-Thong 2 ใช้อุณหภูมิสะสมมากที่สุด (102.9°C) ในการพัฒนาใบหนึ่งใบ รองลงมาคือพันธุ์ CP78-1628 ใช้อุณหภูมิสะสม 100.0°C ต่อการพัฒนาใบหนึ่งใบ (ตารางที่ 67)

รูปที่ 17

ใบ (leaf interval) เป็นอุณหภูมิพืชของช้อยส์พันธุ์จากสามสถานี



ตารางที่ 66: อุณหภูมิสะสม (GDD) ของอ้อยทั้งสี่พันธุ์ จนอ้อยมีพัฒนาการของใบที่ 14

สถานที่ทดลอง	พันธุ์อ้อย			
	U-Thong 2	K200	K8892	CP78-1628
CMU	2036.0	2244.0	1871.0	2206.0
KKU	1886.0	1861.0	1651.0	1726.0
SP	1666.0	1626.0	1580.0	1626.0
SP	1829.0b	1873.3a	1700.7c	1819.0b

ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 67: ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสะสม ($^{\circ}\text{C}$) ต่อพัฒนาการของใบอ้อยหนึ่งใบทั้งสี่พันธุ์ จากสามสถานที่ทดลอง

สถานที่ทดลอง	พันธุ์			
	U-Thong 2	K84-200	K88-92	CP78-1628
CMU	118.9	122.4	121.4	162.2
KKU	100.6	84.8	74.6	76.8
SP	89.1	80.7	84.5	72.1
Mean	102.9a	96.0b	93.6c	100.0a

ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของใบกับจำนวนหน่อของอ้อย

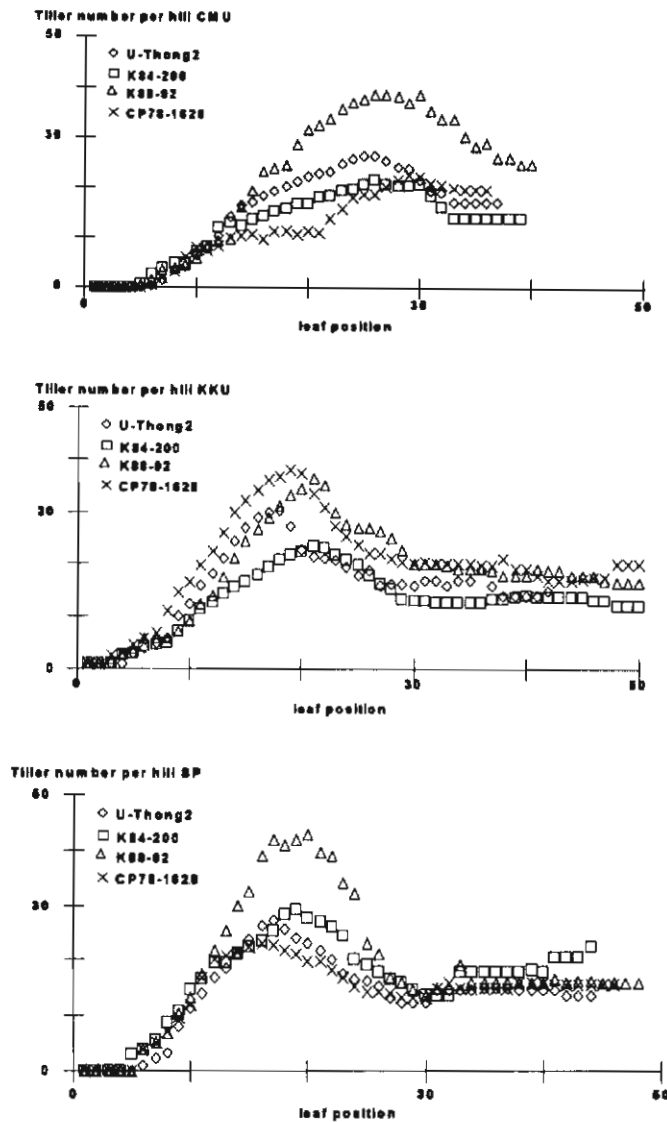
อ้อยทุกพันธุ์เริ่มมีการแตกหน่อเมื่อมีพัฒนาการทางใบบนลำหลักได้ 4-5 ใบ จุดที่อ้อยมีจำนวนหน่อสูงสุดแตกต่างกันระหว่างสถานที่ พบว่าจำนวนหน่อสูงสุดที่สถานีสุพรรณบุรี ม.ขอนแก่น และ ม.เชียงใหม่ เมื่ออ้อยมีพัฒนาการทางใบบนลำหลักถึงใบที่ 18, 20 และ 25 ตามลำดับ (รูปที่ 18) หลังจากนั้นอ้อยทุกพันธุ์เข้าสู่ระยะการสลดหน่อทิ้ง และเข้าสู่ระยะหน่อคงที่เมื่อมีพัฒนาการทางใบบนลำหลักเกินใบที่ 30 จำนวนหน่อที่พัฒนาเป็นลำอ้อยถึงระยะเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 20.3; 20.0; 17.6; และ 15.3 หน่อต่อกอ สำหรับพันธุ์ K84-200, K88-92, CP78-1628, และ U-Thong 2 ตามลำดับ (ตารางที่ 68)

สรุป

ความกว้างของใบมีความสัมพันธ์และเป็นตัวกำหนดพื้นที่ใบของอ้อยมากกว่าความยาวของใบ นอกจากพันธุ์ CP78-1628 ซึ่งมีความยาวของใบมากกว่าพันธุ์อื่นจึงมีพื้นที่ใบที่ 30 ใกล้เคียงกับพันธุ์ K88-92 พบว่าอ้อยเริ่มมีหน่อเมื่อมีพัฒนาการทางใบบนลำหลักถึงใบที่ 4-5 จำนวนหน่อต่อกอถึงจุดสูงสุดเมื่ออ้อยมีพัฒนาการทางใบถึงใบที่ 18-25 และมีจำนวนหน่อคงที่เมื่อมีพัฒนาการทางใบเกินใบที่ 30 เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยทั้งสี่พันธุ์มีจำนวนอ้อยต่อกอเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15-20 ลำอ้อยต่อกอ

การศึกษาพัฒนาของอ้อยปลูกทั้งสามสถานที่ชี้ให้เห็นว่ามีโอกาสในการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์พัฒนาการ (genotype coefficient) ของอ้อยได้ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาพัฒนาการของอ้อยต่อเพิ่มเติมเพื่อเป็นการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งอาจมีค่าใกล้เคียงกันกับค่าสัมประสิทธิ์ของอ้อยปลูก

รูปที่ 18: จำนวนหน่อตอกอ้อย



ตารางที่ 68: ค่าเฉลี่ยจำนวนลำตอกอ้อยเมื่อทำการเก็บเกี่ยวอ้อยสี่พันธุ์ จากสามสถานียทดลอง

สถานที่ทดลอง	พันธุ์อ้อย			
	U-Thong 2	K84-200	K88-92	CP78-1628
CMU	17.0	14.0	29.0	20.0
KKU	14.0	11.0	16.0	17.0
SP	16.0	18.0	16.0	16.0
Mean	15.3c	20.3a	20.0a	17.6b

ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ
การเจริญเติบโตของอ้อย

ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมและ
กระบวนการพัฒนาการของอ้อย

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อ้อยทิน จันทรเมือง

งานวิจัยทางเกษตรเน้นการศึกษาเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชโดยศึกษาให้มีความเข้าใจกระบวนการเจริญเติบโตของพืช (growth process) มากกว่าศึกษาให้มีความเข้าใจกระบวนการพัฒนาการของพืช (development หรือ phenology process) โดยเฉพาะพืชเกษตรที่ใช้เวลาในแปลงปลูกยาวนาน เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ไม้ผล เป็นต้น อย่างไรก็ตาม มีการศึกษากระบวนการพัฒนาการของพืชและได้กำหนดผังพัฒนาการของพืชเกษตรอายุสั้นมาหลายพืช เช่น ถั่วเหลือง (Fehr et al, 1971) ถั่วลิสง (Boote, 1985) ข้าวโพด (Hanway, 1963) ข้าวฟ่าง (Vanderlip and Reeves, 1972) ในอ้อย มีการศึกษากระบวนการพัฒนาการของอ้อยและมีการกำหนดผังพัฒนาการของอ้อยในประเทศไทยแล้วโดย ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี (2537) และได้แบ่งพัฒนาการของอ้อยออกเป็นสี่ระยะด้วยกัน แต่เป็นการแบ่งเพื่อประโยชน์ในการสื่อสารระหว่างกลุ่มนักวิชาการเกษตรและผู้สนใจ ยังไม่มีการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจกระบวนการและนำความเข้าใจที่ได้ประกอบการคาดการณ์ระยะพัฒนาการของอ้อยที่มีการปลูกอยู่ในประเทศไทย

เหตุผลหลักของการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจกระบวนการพัฒนาการของอ้อย เนื่องจากในทางทฤษฎีนั้น ผลผลิตพืชเป็นผลลัพธ์ของผลคูณของอัตราการเจริญเติบโตและระยะเวลาที่พืชมีโอกาสนอยู่ในแปลงปลูก (Ritchie and NeSmith, 1991) อัตราการเจริญเติบโตมีหน่วยวัดเป็น กิโลกรัมมวลชีวภาพ ตม⁻¹ วัน⁻¹ เป็นน้ำหนักที่พืชสามารถสะสมได้ซึ่งเป็นผลต่างที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสงและใช้บางส่วนในกระบวนการหายใจ ในทางปฏิบัติถ้าทราบพลังงานแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศเราสามารถคาดการณ์อัตราการเจริญเติบโตของพืชได้ไม่ยุ่งยากนัก ระยะเวลาที่พืชมีโอกาสนอยู่ในแปลงปลูกมีหน่วยวัดเป็น วัน เมื่อวิเคราะห์หน่วยที่ได้จากอัตราการเจริญเติบโตและระยะเวลาจะได้หน่วยเป็น กิโลกรัมมวลชีวภาพ ตม⁻¹ หรือต่อไร่ ดังนั้นการคาดการณ์ระยะเวลาที่พืชมีโอกาสนอยู่ในแปลงปลูกเป็นเรื่องที่ต้องการการศึกษามากขึ้น เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของสูตรการคาดการณ์ผลผลิตพืชส่วนหนึ่งที่หายไปจากสมการข้างต้น ซึ่งระยะเวลาที่พืชมีโอกาสนอยู่ในแปลงขึ้นอยู่กับสองปัจจัยหลักคือ อุณหภูมิและความยาววันที่แตกต่างกันในแต่ละวันปลูกและแหล่งปลูกพืช

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมทางเกษตรและพัฒนาการของอ้อยสี่พันธุ์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสรีระตามระบบการแบ่งของกรมวิชาการเกษตร และเพื่อพัฒนาผังพัฒนาการของอ้อยในภาคเหนือของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ทำการทดลองที่สถานีวิจัยเกษตรชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ split plot ให้พันธุ์อ้อยสี่พันธุ์เป็น main plot พันธุ์อ้อย คือ CP 78-1628; K 84-200; K 88-92; และ U-Thong 2 ให้วันปลูกสองวันเป็น sub-plot คือ วันปลูกที่หนึ่ง วันที่ 19 ตุลาคม 2538 และวันปลูกที่สอง วันที่ 1 พฤษภาคม 2539 ทำการทดลองทั้งหมดสี่ซ้ำ พันธุ์อ้อยทั้งสี่พันธุ์มีความแตกต่างที่ขนาดความกว้างของใบ (ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2537) พันธุ์ CP 78-1628 มีความกว้างของใบน้อยกว่า 4 ซม. พันธุ์ K 88-92

มีความกว้างของใบอยู่ระหว่าง 4-6 ซม. และพันธุ์ K 84-200 และ พันธุ์ U-Thong 2 มีความกว้างของใบมากกว่า 6 ซม.

ทำการเพาะท่อนอ้อยที่มีตาลงในถุงพลาสติกหนึ่งท่อนต่อถุง เพื่อประกันความงอก และย้ายปลูกเมื่ออ้อยมีพัฒนาการถึงประมาณใบที่ 2-3 ลงในท่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 ซม และความสูง 40 ซม โดยท่อถูกฝังลงดินในแปลงทดลองมีขอบโผล่พื้นผิวดิน 10 ซม. ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 อัตรา 100 กก. ไร่⁻¹ จำนวน 3 ครั้ง คือ ใส่พร้อมปลูก ใส่เมื่ออ้อยอายุได้สองและสามเดือนหลังจากงอก ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูอ้อยตามความเหมาะสม บันทึกสภาพอากาศเกษตรรายวันโดยเครื่องบันทึกสภาพอากาศเกษตรกึ่งอัตโนมัติของ UNIDATA Starlog system ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลสภาพอากาศเกษตรได้อย่างได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน และพลังงานแสงอาทิตย์ ทำการบันทึกข้อมูลพืชเป็นรายต้นโดยบันทึก วันเพาะ วันงอก และวันย้ายปลูกของอ้อย วันที่แต่ละใบจริงแผ่เต็มที่โดยสังเกตจากการที่สามารถมองเห็น ligule ของใบอ้อยได้อย่างชัดเจน บันทึกความยาว ความกว้าง และพื้นที่ใบของอ้อยเมื่อวันที่ใบนั้น ๆ แผ่เต็มที่ ตั้งแต่ใบแรกจนถึงวันเก็บเกี่ยว และบันทึกจำนวนหน่อของอ้อยแต่ละต้นในวันที่ใบใหม่แผ่เต็มที่ ตั้งแต่ใบแรกจนถึงวันเก็บเกี่ยว

ผลการวิจัย

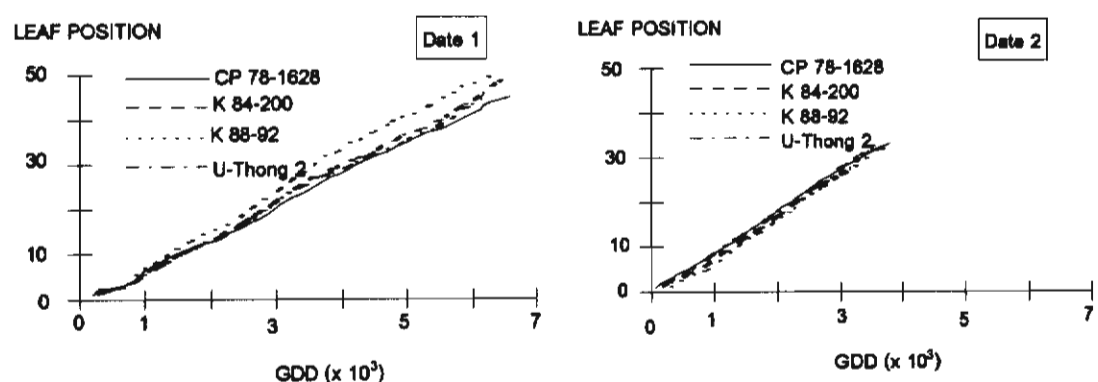
ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของใบอ้อยและอุณหภูมิสะสม

ในวันปลูกที่หนึ่งอ้อยพันธุ์ CP 78-1628, K 88-92, K 84-200 และ U-Thong 2 มีจำนวนใบรวมทั้งหมด 45, 50, 49 และ 45 ใบ คิดเป็นอุณหภูมิสะสม 6,514; 6,571; 6,523 และ 6,161 ตามลำดับ เฉลี่ยจากทั้งสี่พันธุ์การสร้างใบอ้อยหนึ่งใบคิดเป็นอุณหภูมิสะสมเท่ากับ 136 องศา และพบว่า อ้อยพันธุ์ CP 78-1628 มีความแตกต่างจากพันธุ์ K 88-92, K 84-200 และ U-Thong 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) พันธุ์ที่มีพัฒนาการทางใบเร็วที่สุดคือพันธุ์ K 88-92, K 84-200, U-Thong 2 และ CP 78-1628 ตามลำดับ เฉลี่ยแล้วอ้อยในวันปลูกที่หนึ่งมีอายุเท่ากับ 422 วัน ในวันปลูกที่สองอ้อยทั้งสี่พันธุ์มีใบรวมทั้งหมด 33, 30, 32 และ 34 ใบ คิดเป็นอุณหภูมิสะสม 3,784; 3,506; 3,820; และ 3,646 ตามลำดับ (รูปที่ 19) การสร้างใบอ้อยแต่ละใบคิดเป็นอุณหภูมิสะสม 115 °C พันธุ์ที่มีพัฒนาการทางใบเร็วที่สุด คือพันธุ์ U-Thong 2 เพราะเป็นพันธุ์ที่ตอบสนองต่อช่วงแสงและอุณหภูมิมากที่สุดจึงทำให้มีการสร้างใบอย่างรวดเร็วในระยะปลายฤดู โดยอุณหภูมิสะสมที่ใช้การสร้างใบหนึ่งใบ เท่ากับ 106 °C และเฉลี่ยแล้วอ้อยในวันปลูกที่สองมีอายุเท่ากับ 224 วัน เมื่อพิจารณาการสร้างใบหนึ่งใบของอ้อยทั้งสี่พันธุ์เฉลี่ยทั้งสองวันปลูกคิดเป็นอุณหภูมิสะสม 126 °C หรือ มีอัตราการเกิดใบใหม่ 0.008 ใบต่อ °C หรือเฉลี่ยเป็น 0.013 ใบต่อวัน ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับค่าที่ใช้ในการคาดการณ์การเกิดใบ (leaf interval) ในแบบจำลองอ้อย CANEGRO 3.0 (Inman-Bamber, 1991) และ ThaiCane 1.0 (อรรถชัย จินตะเวช และ ศักดิ์ดา ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา, 2540)

เมื่อเปรียบเทียบพัฒนาการของใบอ้อย ทั้งสี่พันธุ์ของสองวันปลูกพบว่าอ้อยทั้งสี่พันธุ์มีพัฒนาการของใบแตกต่างกัน โดยเฉพาะเมื่ออ้อยมีพัฒนาการทางใบมากกว่าใบที่ 10 ในพัฒนาการของใบตั้งแต่ใบที่ 1-10 อ้อย

พันธุ์ CP 78-1628, K 88-92, K 84-200 และ U-Thong 2 มีค่าอุณหภูมิสะสม ($^{\circ}\text{C}$) ที่ใช้การสร้างใบหนึ่งใบในวันปลูกที่หนึ่งและวันปลูกที่สองไม่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ โดยเฉลี่ยทั้งสองวันปลูกเป็น 132, 142, 145, 141 $^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ แต่เมื่ออ้อยมีพัฒนาการทางใบมากกว่าใบที่ 11 พบว่าค่าอุณหภูมิสะสมในการสร้างใบหนึ่งใบในวันปลูกที่หนึ่งและวันปลูกที่สองของอ้อยแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยในวันปลูกที่หนึ่งจะมีค่าอุณหภูมิสะสมมากกว่าวันปลูกที่สอง ซึ่งแสดงว่าพัฒนาการทางใบของอ้อยในวันปลูกที่สองเร็วกว่าวันปลูกที่หนึ่ง ซึ่งอาจเป็นผลจากมีความแปรปรวนของพันธุ์ในพันธุ์อ้อยทั้งสี่ และเนื่องมาจากการตอบสนองต่ออุณหภูมิและช่วงแสงที่แตกต่างกันในสองวันปลูก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเกิดใบข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ของ Cao and Moss (1898) ซึ่งค่าอุณหภูมิสะสมต่อหนึ่งใบ (phylochron) นั้นจะมีค่าคงที่ในวันปลูกเดียวกันแต่จะแตกต่างกันในแต่ละวันปลูก และในการจำลองแบบจำลองของข้าวสาลีในแต่ละครั้งนั้นค่า phylochron ที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ วันปลูกและแหล่งที่ปลูก เช่นเดียวกับในข้าวโพดนั้นอัตราการเกิดใบจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดหนึ่งก็จะลดลงเป็น quadratic function (Tollenaar et al., 1979; Warrington and Kanemasu, 1993)

รูปที่ 19: ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งใบและอุณหภูมิสะสมของอ้อยสี่พันธุ์ จากวันปลูกที่หนึ่ง คือ D1 = วันที่ 19 ตุลาคม 2538 และวันปลูกที่สอง คือ D2 = วันที่ 1 พฤษภาคม 2539 ณ แปลงทดลองศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของใบและความกว้าง/ความยาวใบ

ใบอ้อยทั้งสี่พันธุ์มีความกว้างและความยาวของใบเพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยมีพัฒนาการของใบเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง (รูปที่ 20) จากนั้นความกว้างและความยาวใบจะลดลง เนื่องจากอ้อยถึงระยะการแทงช่อดอกและเข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีระทำให้อ้อยนำสารสังเคราะห์ที่ได้ไปใช้กระบวนการทางด้านสืบพันธุ์มากกว่ากระบวนการทางด้านลำต้น และจะมีความกว้างและความยาวใบน้อยที่สุดเมื่อถึงใบธง ในวันปลูกที่หนึ่งและที่สองพบว่าอ้อยมีความกว้างใบสูงสุด

เมื่อมีพัฒนาการของใบถึงใบที่ 38 และ 26 ตามลำดับ และมีแนวโน้มเช่นเดียวกันในขนาดความยาวใบ ซึ่งพัฒนาการทางความกว้างและความยาวใบของอ้อยทั้งสี่พันธุ์ในทั้งสองวันปลูกมีลักษณะเหมือนกัน

ความกว้างเฉลี่ยใบของอ้อยทั้งสี่พันธุ์มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.01$) ในทั้งสองวันปลูก และสามารถแบ่งกลุ่มพันธุ์อ้อยตามขนาดความกว้างใบได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกมีความกว้างใบเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือความกว้างใบสูงสุดเฉลี่ย 6.8 ซม. ได้แก่พันธุ์ U-Thong 2 และ K 84-200 โดยที่ค่าเฉลี่ยความกว้างของ U-Thong 2 มากกว่า K 84-200 กลุ่มที่สองมีความกว้างของใบสูงสุดเฉลี่ย 4.7 ซม. ได้แก่พันธุ์ K 88-92 และ CP 78-1628 โดยพันธุ์ K 88-92 มีค่าเฉลี่ยความกว้างสูงกว่า CP 78-1628 ซึ่งเป็นไปตามการจำแนกพันธุ์ของศูนย์วิจัยพืชไร่นานวนบุรี (2539) และพบว่าความกว้างของแต่ละใบในอ้อยพันธุ์หนึ่ง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันในวันปลูกที่หนึ่ง และวันปลูกที่สอง

ความยาวใบในทุกพันธุ์มีค่าเฉลี่ยความยาวสูงสุดใกล้เคียงกัน คือ 115, 94, 94, 86 ซม. ในพันธุ์ CP 78-1628, K 88-92 และ U-Thong 2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของความยาวใบแต่ละใบของอ้อยทั้งสี่พันธุ์ในวันปลูกที่หนึ่งหรือวันปลูกที่สอง

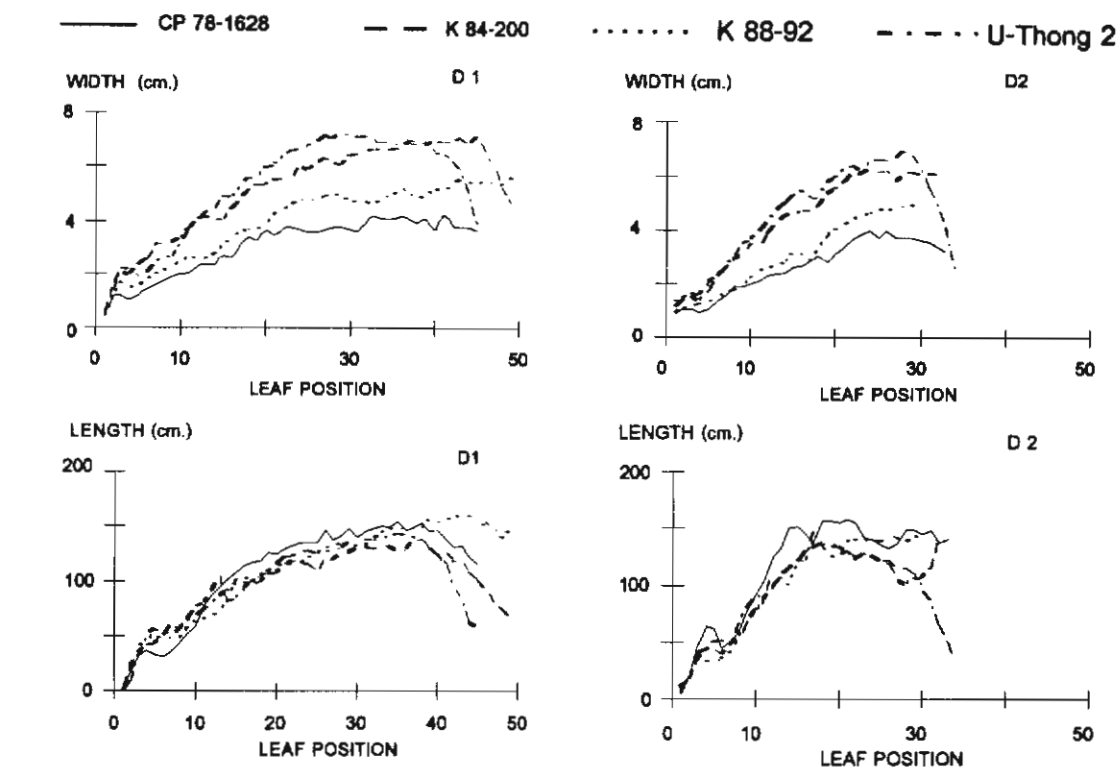
ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของใบและพื้นที่ใบ

อ้อยทั้งสี่พันธุ์มีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นเมื่อมีพัฒนาการของใบถึงระยะหนึ่ง จากนั้นพื้นที่ใบจะมีขนาดลดลง เช่นเดียวกับความกว้างและความยาวใบในทั้งสองวันปลูก ในวันปลูกที่หนึ่งพื้นที่ใบสูงสุดของพันธุ์ CP 78-1628, K 88-92, K 84-200 และ U-Thong 2 เป็น 434, 623, 666 และ 677 ตร.ซม. เมื่ออ้อยมีพัฒนาการถึงใบที่ 32, 42, 37 และ 30 ตามลำดับ ซึ่งเป็นใบที่ใกล้เคียงกับเมื่ออ้อยมีพัฒนาการทางความกว้างและความยาวใบสูงสุด และพันธุ์ CP 78-1628 มีความแตกต่างทางสถิติกับสามพันธุ์ที่เหลือ ในวันปลูกที่สองพื้นที่ใบสูงสุดของพันธุ์ CP 78-1628, K 88-92, K 84-200 และ U-Thong 2 เป็น 404, 466, 536 และ 558 ตร.ซม. เมื่ออ้อยมีพัฒนาการถึงใบที่ 22, 29, 22 และ 21 ตามลำดับ และอ้อยจะมีพื้นที่ลดลงต่ำสุดเมื่อถึงใบชง และไม่มีความแตกต่างกันในวันปลูกที่หนึ่งและวันปลูกที่สอง พันธุ์ CP 78-1628 มีค่าพื้นที่ใบเฉลี่ยแตกต่างจากพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ใบในแต่ละพันธุ์พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละใบของอ้อยในวันปลูกที่หนึ่งและวันปลูกที่สอง

ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้าง/ความยาวใบและพื้นที่ใบ

จากข้อมูลของความกว้าง/ความยาวใบ และพื้นที่ใบที่ได้จากการวัด สามารถนำมาประเมินพื้นที่ใบจริงได้จากสูตรประเมินพื้นที่ใบของพืชตระกูลหญ้าและธัญพืช คือ พื้นที่ใบ เท่ากับผลคูณของ ค่า ณ จุดตัด (intercept) ของเส้นสมการถดถอย (regression line) บวกค่าของพื้นที่ใบที่ประเมินได้จากความกว้างและความ-

รูปที่ 20: เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งใบและความกว้างและความยาวใบของอ้อยสี่พันธุ์ วันปลูกที่หนึ่ง คือ D1 = วันที่ 19 ตุลาคม 2538 และวันปลูกที่สอง คือ D2 = วันที่ 1 พฤษภาคม 2539 ณ แปลงทดลองศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

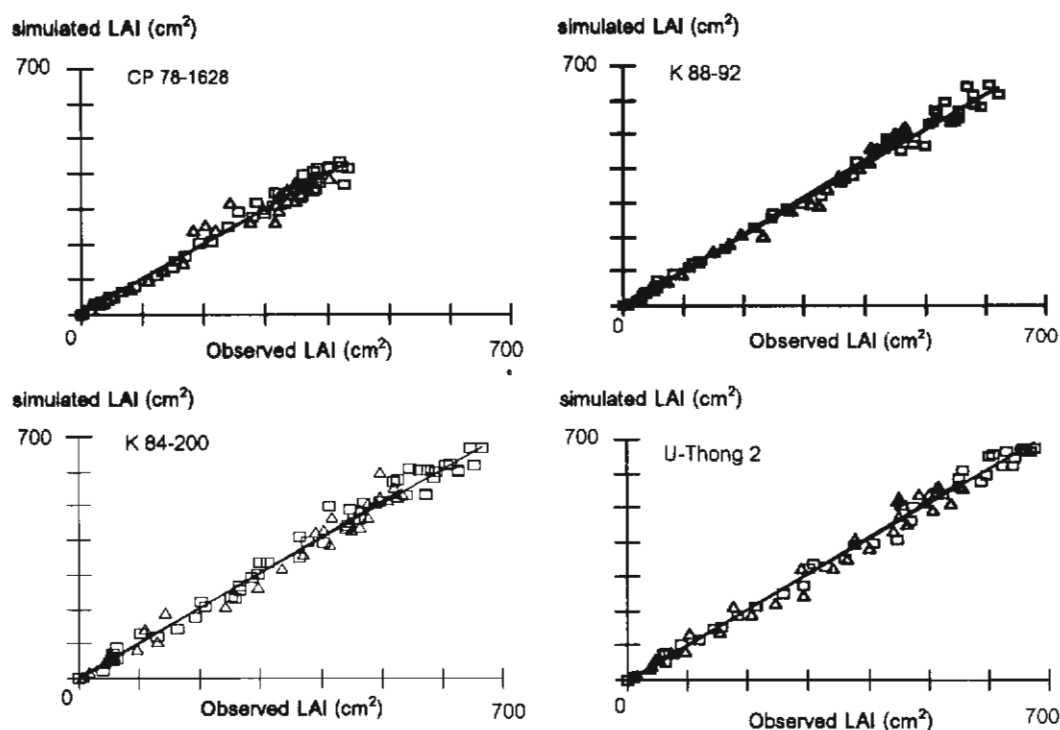


ยาวใบ (calculated LA) (Kemp, 1960) ซึ่งค่า intercept หาได้จากเส้น regression ของพื้นที่ใบที่วัดได้ (observed LA) และ calculated LA ของใบทุกใบตลอดระยะพัฒนาการ และค่า calculated LA หาได้จาก ค่าสัมประสิทธิ์ (K) คูณด้วยผลคูณระหว่างความกว้างและความยาวใบ โดยค่า K ได้จากค่า observed LAหารด้วยผลคูณระหว่างความกว้างและความยาวใบ

$$\begin{aligned} \text{LA (cm}^2\text{)} &= \text{intercept} + \text{calculated LAI} \\ \text{calculated LA} &= K (\text{width} \times \text{length}) \\ K &= \text{observed LA} / (\text{width} \times \text{length}) \end{aligned}$$

จากเส้น regression (รูปที่ 21 และ ตารางที่ 69) ความชันของวันปลูกที่หนึ่งและวันปลูกที่สองในอ้อยแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน และค่า intercept ที่ได้ในแต่ละพันธุ์ในทั้งสองวันปลูกทั้งค่าลบและค่าบวก พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากศูนย์ ($P < 0.01$) ในทุก ๆ ค่า

รูปที่ 21: Regression ของอ้อยสี่พันธุ์ในวันปลูกที่หนึ่ง (๑) และวันปลูกที่สอง (๒)



ตารางที่ 69: สมการ regression ของ observed LAI และ simulate LAI ในวันปลูกที่หนึ่งและวันปลูกที่สองของอ้อยสี่พันธุ์

สมการ regression	วันปลูกที่หนึ่ง	วันปลูกที่สอง
CP 78-1628	$y = 0.993x + 2.577$ $r^2 = 0.98$ $n = 45$	$y = 0.987x + 5.146$ $r^2 = 0.96$ $n = 33$
K 88-92	$y = 1.020x + 0.104$ $r^2 = 0.99$ $n = 50$	$y = 1.088x - 10.395$ $r^2 = 0.99$ $n = 30$
K84-200	$y = 1.006x + 3.854$ $r^2 = 0.98$ $n = 49$	$y = 1.022x - 0.472$ $r^2 = 0.98$ $n = 32$
U-Thong 2	$y = 1.019x - 0.724$ $r^2 = 0.99$ $n = 45$	$y = 1.046x - 3.977$ $r^2 = 0.98$ $n = 34$

จากผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า สามารถใช้ค่า calculated LA ในการประเมินพื้นที่ได้ใบในอ้อยทุกพันธุ์ได้ โดยเท่ากับ ค่าสัมประสิทธิ์พื้นที่ใบ (K) คูณด้วยผลคูณระหว่างความกว้างและความยาวใบ ซึ่งค่า K ที่คำนวณได้ โดยเฉลี่ยในสองวันปลูก คือ 0.68, 0.73, 0.70 และ 0.68 ในพันธุ์ CP 78-1628, K 88-92, K 84-200 และ U-Thong 2 (ตารางที่ 70)

ตารางที่ 70: ค่าสัมประสิทธิ์พื้นที่ใบ (K) ในวันปลูกที่หนึ่งและวันปลูกที่สองของอ้อยสี่พันธุ์

Planting dates	CP 78-1628	K 88-92	K 84-200	U-Thong 2
Date 1	0.69	0.73	0.70	0.68
Date 2	0.67	0.73	0.70	0.68

ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของใบและจำนวนหน่อ

ในวันปลูกที่หนึ่ง พบว่าการแตกหน่อของอ้อยสี่พันธุ์ในช่วงพัฒนาการใบที่ 1-7 มีอัตราการแตกหน่อเฉลี่ย 0.39 หน่อต่อใบ อัตราการแตกหน่อเพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยมีพัฒนาการระหว่างใบที่ 8-27 ซึ่งมีอัตราการแตกหน่อเฉลี่ย 1.28 หน่อต่อใบ อ้อยพันธุ์ K 88-92 มีอัตราการแตกหน่อในช่วงนี้สูงสุด และเฉลี่ยอ้อยทุกพันธุ์จะมีจำนวนหน่อสูงสุดเมื่อถึงใบที่ 27 คือ 23, 39, 22, และ 27 ในพันธุ์ CP 78-1628, K 88-92, K 84-200 และ U-Thong 2 ตามลำดับ จากนั้นจำนวนหน่อจะลดลงโดยมีอัตราการลดลงหน่อเป็น 0.99 หน่อต่อใบ จนกระทั่งประมาณใบที่ 32 จำนวนหน่อจะเริ่มคงที่ และพบว่า K 88-92 มีจำนวนลำสูงสุดเมื่อสิ้นสุดพัฒนาการ คือ 26 ลำต่อกอ

ในวันปลูกที่สองมีรูปแบบพัฒนาการของหน่อที่คล้ายคลึงกับวันปลูกที่หนึ่ง แต่ระยะพัฒนาการสั้นกว่าวันปลูกที่หนึ่ง ระหว่างพัฒนาการใบที่ 1-6 มีอัตราการแตกหน่อเป็น 0.30 หน่อต่อใบ และมีอัตราการแตกหน่อเพิ่มขึ้นเป็น 0.67 หน่อต่อใบ ในระหว่างพัฒนาการของใบลำดับที่ 7-22 เฉลี่ยแล้วอ้อยทุกพันธุ์มีจำนวนหน่อสูงสุดเมื่อมีพัฒนาการประมาณใบที่ 22 คือ 15, 12, 13 และ 11 หน่อ ในพันธุ์ CP 78-1628, K 88-92, K 84-200 และ U-Thong 2 ตามลำดับ จากนั้นจำนวนหน่อจะลดลงในอัตรา 0.5 หน่อต่อใบ จนกระทั่งอ้อยมีพัฒนาการถึงใบที่ 28 จำนวนหน่อเริ่มคงที่ เมื่อเปรียบเทียบอัตราการแตกหน่อของอ้อยในวันปลูกที่หนึ่งและวันปลูกที่สองในแต่ละช่วงพัฒนาการของใบนั้น พบว่าอ้อยทุกพันธุ์ในวันปลูกที่สองมีอัตราการแตกหน่อช้ากว่าในวันปลูกที่หนึ่ง และเมื่อสิ้นสุดพัฒนาการมีจำนวนลำน้อยกว่าในวันปลูกที่หนึ่ง เนื่องจากอ้อยในวันปลูกที่หนึ่งมีอายุในการอยู่ในแปลงยาวนานกว่าวันปลูกที่สองทำให้มีระยะพัฒนาการที่สั้นกว่า

ผังพัฒนาการของอ้อย

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะแวดล้อมและพัฒนาการของอ้อยทั้งสี่พันธุ์ได้นำไปสู่การสร้างผังพัฒนาการของอ้อย (รูปที่ 22) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการคาดการณ์ผลและความสัมพันธ์ของกระบวนการพัฒนาและกระบวนการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย ในวันปลูกที่หนึ่งพัฒนาการของอ้อยอย่างกว้าง ๆ จะเริ่มตั้งแต่ระยะงอก ระยะแตกกอ หลังจากนั้นจำนวนหน่อจะคงที่เป็นระยะเวลาหนึ่ง และสุดท้ายคือระยะการสุกแก่ซึ่งจะเริ่มมีการสร้างช่อดอก พบว่าอ้อยทั้ง 4 พันธุ์มีลักษณะพัฒนาการที่คล้ายคลึงกัน แต่มีระยะพัฒนาการที่แตกต่างกันเนื่องจากอ้อยแต่ละพันธุ์นั้นมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิและช่วงแสงที่แตกต่างกัน ในวันปลูกที่หนึ่งพันธุ์ที่มีระยะพัฒนาการเร็วที่สุดหรือถึงระยะการสุกแก่เร็ว คือ U-Thong 2 และ K84-200 มีการสร้างช่อดอก (panicle

initiation) ในช่วงเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน ตามลำดับ พันธุ์ CP78-1628 และ K88-92 มีความแปรปรวนในระยะนี้สูง คือ มีการสร้างช่อดอกในบางต้น และในต้นที่ไม่มีพัฒนาการด้านการสร้างช่อยังมีพัฒนาการสร้างใบช้ำหรือแทบจะไม่มีพัฒนาการเลย

ในวันปลูกที่สองพบว่ามีเพียงพันธุ์ U-Thong 2 เท่านั้นที่การสร้างช่อดอกแต่จะมีการสร้างช่อดอกช้ากว่าพันธุ์ U-Thong 2 ที่ปลูกในวันปลูกที่หนึ่งเป็นเวลา 1 เดือน ซึ่งอาจเป็นผลจากความแปรปรวนของพันธุ์ส่วนพันธุ์ CP 78-1628, K 88-92 และ K84-200 พบว่าไม่มีการสร้างช่อดอกเลย และมีพัฒนาการทางใบช้ำหรือแทบจะไม่มีการสร้างใบเลยเช่นเดียวกับในวันปลูกที่หนึ่ง

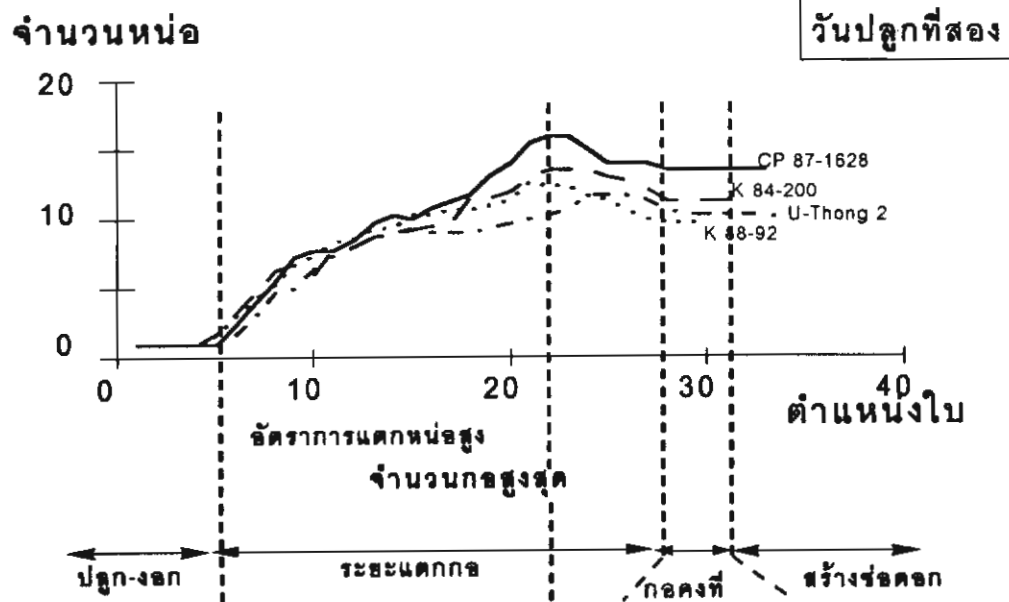
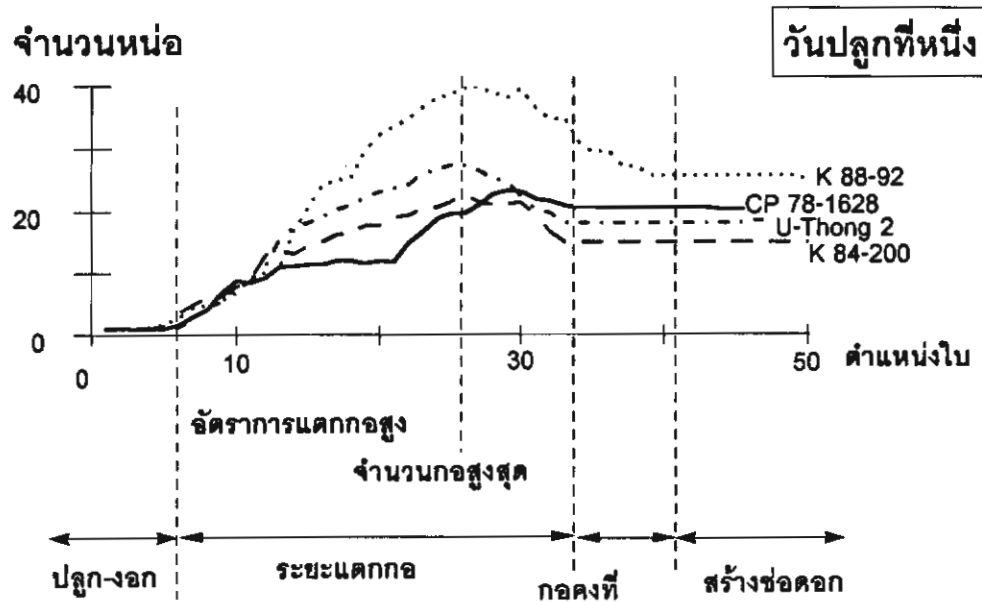
สรุป

อ้อยทั้งสี่พันธุ์มีพัฒนาการทางใบค่อนข้างจะคงที่คิดเป็นอุณหภูมิสะสมเฉลี่ยได้ 126 องศา ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่ใช้ในแบบจำลองอ้อย CANEGRO 3.0 และ ThaiCane 1.0 แม้ว่าการศึกษาค้างนี้จะเป็นการศึกษาในสนามการควบคุมสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อพัฒนาการของอ้อยกระทำได้ยาก แต่มีผลการศึกษาที่ชี้ชัดว่ากระบวนการพัฒนาการของอ้อยทั้งสี่พันธุ์สามารถใช้อุณหภูมิสะสมในการคาด-การณ์พัฒนาการของใบอ้อยได้

พัฒนาการของอ้อยเริ่มตั้งแต่ ระยะงอก ระยะการแตกกอ และเมื่อระยะที่มีจำนวนหน่อคงที่ผ่านไปแล้วก็เริ่มเข้าสู่ระยะสุกแก่ซึ่งจะมีการกำเนิดและการสร้างช่อดอก พบว่าอ้อยทุกพันธุ์และจากทั้งสองวันปลูกมีลักษณะพัฒนาการที่คล้ายคลึงกัน แต่มีระยะพัฒนาการที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ที่มีระยะพัฒนาการเร็วที่สุดคือ U-Thong 2, K 84- 200, CP 78-1628 และ K 88-92 ตามลำดับ

ผลการศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการของอ้อยสี่พันธุ์ ตั้งแต่ปลูกถึงระยะออกดอก ให้ความเข้าใจเบื้องต้นและข้อมูลการตอบสนองของอ้อยในด้านสัณฐานวิทยาในระดับหนึ่ง แม้ว่าอาจจะยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาแบบจำลองได้ แต่เป็นพื้นฐานสำคัญต่อการวิจัยเพิ่มเติม เช่น การศึกษาพัฒนาของใบในยอดใบ (leaf primordia) การศึกษาผลของอุณหภูมิอากาศที่มีต่อการยึดของใบแต่ละใบ และการเกิดปล้องของอ้อย รวมทั้งความสัมพันธ์กับการสะสมน้ำหนักรในส่วนต่าง ๆ ของอ้อย และการสะสมน้ำตาล

รูปที่ 22: มังพัฒนาการของอ้อยพัฒนาจากงานทดลองอ้อยสี่พันธุ์ ปลุก ณ แปลงทดลองศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2539



ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ
การเจริญเติบโตของอ้อย

การตอบสนองของอ้อยที่มีต่อความหนาแน่น
โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบพัต

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาเกษตรศาสตร์เชิงระบบ
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปรัชญา นาสุริวงศ์

การผลิตอ้อย (*Saccharum officinarum* L.) ยังมีคำถามเกี่ยวกับระยะปลูกอ้อยที่เหมาะสมอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่ชาวไร่อ้อยใช้ในการผลิต เช่น พันธุ์อ้อย อายุเก็บเกี่ยว การใช้เครื่องจักรกล ในการเตรียมดิน การปลูกและการเก็บเกี่ยวอ้อย เป็นต้น วิธีวิจัยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมในระบบการผลิตอ้อยของภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศคือการวางแผนการทดสอบระยะปลูกอ้อยตามศูนย์วิจัยอ้อยของกระทรวงอุตสาหกรรม และ สถานีทดลองพืชไร่ของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการที่ให้คำตอบได้ในอัตราที่ทันต่อการใช้งานเมื่อระบบการผลิตอ้อยยังไม่ซับซ้อนเช่นในระบบการผลิตอ้อยปัจจุบัน นอกจากนี้ ผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าสามารถใช้อธิบายอิทธิพลของความหนาแน่นต่อพืชได้เพียงบางส่วน จำเป็นต้องมีการนำวิธีการใหม่ที่จะทำให้การศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพมากขึ้น หลักการและวิธีการทดลองรูปแบบพัด (fan design) หรือ ระยะปลูกเท่า (equidistant spacing หรือ systematic design) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาการตอบสนองของพืชที่มีต่อความหนาแน่นได้ วิธีการนี้ถูกเสนอเป็นครั้งแรกโดย Nelder (1962) และ Bleasdale (1967) หลังจากนั้นได้มีการนำหลักการนี้ไปใช้ในการศึกษาการตอบสนองของพืชต่าง ๆ ที่มีต่อความหนาแน่น Wilcox (1974) ใช้หลักการนี้ในการศึกษาการตอบสนองของถั่วเหลืองสามพันธุ์ที่มีต่อความหนาแน่นตั้งแต่ 25 ถึง 582 ต้น ตม¹ Wahua และ Miller (1978) ใช้หลักการเดียวกันศึกษาการตอบสนองของถั่วเหลืองปลูกแซมกับข้าวฟ่างที่ความหนาแน่น 1.38 ถึง 33 ต้น ตม¹ Tetio-Kagho and Garduer (1988) ใช้หลักการนี้ในการศึกษาการตอบสนองของข้าวโพด 3 พันธุ์ที่มีต่อความหนาแน่นตั้งแต่ 0.8 ถึง 15.4 ต้น ตม¹ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการประยุกต์ใช้หลักการและวิธีการนี้เพื่อศึกษาการตอบสนองของอ้อยที่มีต่อความหนาแน่น

การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับการเจริญเติบโตของอ้อย และเพื่อหาความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของอ้อยโดยใช้หลักการของการทดลองรูปแบบพัด

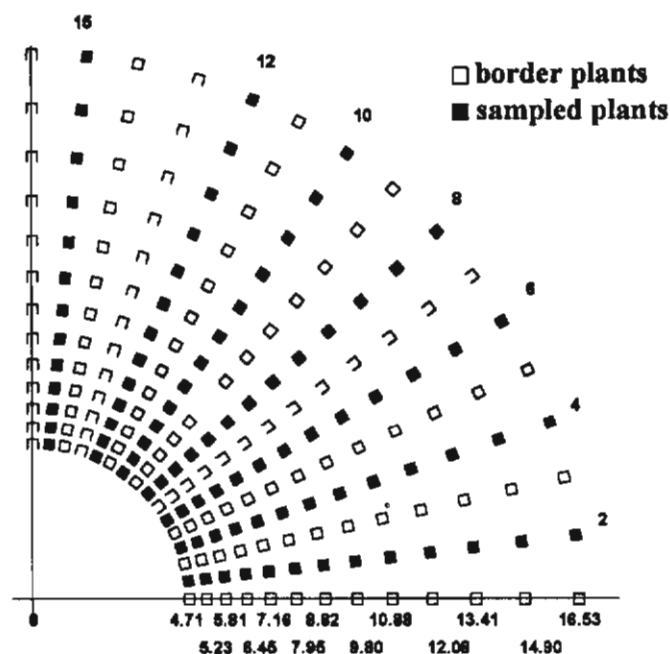
อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่ละติจูด 18° 45' ลองจิจูด 98° 58' มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 330 เมตร ดินในพื้นที่แปลงทดลองถูกจัดตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Taxonomy, 1975) เป็นดินชุดสติก (Satuk soil series) จัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Typic Paleustults

วางแผนการทดลองแบบ split plot มีสามซ้ำ มีการสุ่มเพื่อป้องกันการลำเอียงใน main plot ซึ่งเป็นอ้อยสองพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ K และ พันธุ์ U ปัจจุบันใน sub plot คือ ความหนาแน่นของอ้อยต่อพื้นที่ 12 ความหนาแน่นระหว่าง 0.32 ถึง 3.23 ต้นอ้อย/ตรม¹ ซึ่งมีการคำนวณตามวิธีการรูปแบบพัด (ภาคผนวก 1) มีค่าสี่เหลี่ยมของแต่ละความหนาแน่นเป็น 1.00 และมีมุมระหว่างแถวปลูก (รัศมี) เป็น 5 องศา (รูปที่ 23)

ทำการเพาะกล้าอ้อยในถุงพลาสติกวันที่ 25 มกราคม 2538 ย้ายปลูกตามตำแหน่งในแถวปลูกเมื่อ วันที่ 2 เมษายน 2538 เริ่มทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยหลังการย้ายปลูกหนึ่งสัปดาห์ ทำการบันทึกข้อมูล ความสูง จำนวนหน่อ จำนวนใบ ทำการเก็บตัวอย่างอ้อยหลังย้ายปลูกได้ 120 วัน รวม 8 ครั้ง หลังการเก็บ

รูปที่ 23: ขนาด และทิศทางการจัดเรียงตัวของต้นอ้อยในแต่ละแปลงย่อย



ตัวอย่างทุกครั้งนำตัวอย่างอ้อยเข้าห้องปฏิบัติการแยกส่วนต่าง ๆ ของอ้อยออกเป็น ใบ กาบใบ ลำต้น และช่อดอก ซึ่งน้ำหนักสด และนำเข้าตูบนาน 3 วัน และนำออกซึ่งหาน้ำหนักแห้ง ส่วนที่เป็นลำต้นอ้อยส่งศูนย์วิจัยพืชไร่นาสุพรรณบุรี เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของ CCS

ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกหนึ่งสัปดาห์ ส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าธาตุไนโตรเจน ค่าธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ทำการบันทึกข้อมูลฤดูนิยามวิทยารายวัน ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด พลังงานแสงอาทิตย์ และปริมาณน้ำฝน โดยเครื่องบันทึกสภาพอากาศเกษตรของ UNIDATA Starlog Logger System

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในระยะเริ่มต้นของการทดลองซึ่งอ้อยมีอายุน้อยกว่า 120 วัน พบว่าอ้อยทั้งพันธุ์มีการตอบสนองต่อความหนาแน่นพืชเพียงเล็กน้อย โดยการพิจารณาจากน้ำหนักเหนือผิวดินสามส่วนได้แก่น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้ง และน้ำหนักกาบใบแห้ง เมื่ออ้อยมีอายุได้ 150 วัน พบว่าความหนาแน่นพืชมีผลต่อน้ำหนักเหนือผิวดินทั้งสามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะกออ้อยที่ปลูกอยู่ในช่วงความหนาแน่นต่ำ ระหว่าง 0.32 ถึง 1.12 ต้น ตรม⁻¹ การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักลำต้นมีมากกว่าการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักใบและน้ำหนักกาบใบอย่างชัดเจน โดยเฉพาะเมื่ออ้อยมีพัฒนาการถึงระยะที่จำนวนหน่อหรือจำนวนลำต่อกอมีจำนวนคงที่หรือ

เมื่ออ้อยมีอายุได้มากกว่า 229 วัน น้ำหนักของส่วนต่าง ๆ เหล่านี้เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนหน่อหรือจำนวนลำตอกอ้อย

น้ำหนักสดของลำต้นเมื่อคำนวณต่อตารางเมตรแล้ว พบว่า อ้อยทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อความหนาแน่น ดังแสดงในตารางที่ 71 น้ำหนักต้นสดต่อตารางเมตรในอ้อยทั้งสองพันธุ์ มีการเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ในแต่ละความหนาแน่นน้ำหนักต้นสดต่อตารางเมตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

น้ำหนักสดของลำต้นทั้งสองพันธุ์ในช่วงระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 319 วัน) หลังออก) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างน้ำหนักสดของลำต้นระหว่างอ้อยที่ปลูกโดยใช้ความหนาแน่นสูงกับอ้อยที่ปลูกโดยใช้ความหนาแน่นต่ำพบว่ามีความแตกต่างประมาณ 4-6 เท่า และพบว่าอ้อยที่ปลูกโดยใช้ความหนาแน่นสูงมีแนวโน้มที่จะสามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยในรูปน้ำหนักสดได้อีก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Freeman (1968) และ Bull (1975) ที่สรุปว่าอ้อยที่ปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวแคบสามารถให้ผลผลิตมากกว่าอ้อยที่ปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวกว้าง

ตารางที่ 71: น้ำหนักสดของลำต้นอ้อยพันธุ์ K และอ้อยพันธุ์ U ที่สถานีแม่เหียะ 2539

ความหนาแน่น (ต้นต่อตรม.)	น้ำหนักสดของต้น (กก.ต่อตรม.)									
	พันธุ์ K					พันธุ์ U				
	194	229	257	284	319	194	229	257	284	319
อายุอ้อย→										
0.32	0.62	1.25	2.23	3.69	3.75	0.76	2.58	3.42	3.25	3.29
0.39	1.08	2.33	3.55	4.17	6.27	0.94	3.95	4.13	6.26	3.73
0.48	1.42	2.87	4.73	6.01	7.71	1.32	3.67	5.98	8.37	5.55
0.59	1.54	4.20	4.85	7.12	6.92	1.11	3.25	8.09	7.59	6.33
0.73	2.55	5.01	6.79	6.59	8.69	1.63	4.21	8.08	11.22	9.44
0.90	3.63	5.45	6.30	7.06	8.32	3.42	7.18	9.40	10.27	6.05
1.12	2.10	4.83	5.82	9.29	9.25	4.79	8.37	10.17	12.43	11.46
1.39	3.24	4.44	5.09	11.02	10.93	6.59	11.67	10.35	13.84	10.00
1.67	4.08	5.25	6.77	8.17	12.17	6.89	10.50	11.28	12.67	10.28
2.13	5.12	9.11	8.99	8.79	12.27	8.62	11.77	16.23	13.83	16.53
2.56	5.44	6.88	6.58	7.01	20.34	5.77	14.53	11.20	12.99	12.48
3.23	5.14	9.35	17.00	10.32	16.56	9.05	20.32	17.10	19.14	15.38

น้ำหนักแห้งของต้น, ใบ, และกาบใบ พบว่ามีการตอบสนองต่อความหนาแน่นเช่นเดียวกับน้ำหนักสดของต้น คือมีการเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่น และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มได้อีกเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่น ดังแสดงในตารางที่ 72, 73, 74

จากตารางดังกล่าว ในระยะแรกของการเจริญเติบโต ความหนาแน่นพืชไม่มีผลกระทบต่อการสะสมของน้ำหนักสดและวัตถุแห้ง แต่การเจริญทางใบ กาบใบ และลำต้นของอ้อย ในแต่ละความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นหลังจากอ้อยมีอายุประมาณ 150 วัน และการเจริญทางลำต้นมีค่ามากกว่าการเจริญทางใบและกาบใบ อย่างชัดเจนหลังจากที่อ้อยมีจำนวนหน่อคงที่ (อายุ 229 วัน)

ตารางที่ 72: น้ำหนักแห้งของลำต้นอ้อยพันธุ์ K และอ้อยพันธุ์ U ที่สถานีแม่เหียะ 2539

ความหนาแน่น (ต้นต่อตรม.) อายุอ้อย→	น้ำหนักแห้งของลำต้น (กก.ต่อตรม.)							
	พันธุ์ K							
	120	150	180	194	229	257	284	319
0.32	0.001	0.004	0.029	0.079	0.246	0.459	0.911	1.221
0.39	0.000	0.010	0.059	0.145	0.428	0.775	0.954	1.850
0.48	0.000	0.009	0.045	0.188	0.530	0.992	1.338	2.207
0.59	0.000	0.032	0.092	0.197	0.773	0.933	1.529	1.252
0.73	0.000	0.017	0.150	0.304	0.864	1.240	1.248	2.066
0.90	0.001	0.008	0.209	0.454	0.917	1.187	1.376	2.487
1.12	0.000	0.014	0.244	0.280	0.848	1.251	1.711	3.120
1.39	0.001	0.026	0.170	0.361	0.813	0.878	2.216	3.129
1.67	0.001	0.054	0.403	0.523	0.994	1.373	1.681	3.069
2.13	0.001	0.036	0.378	0.696	1.183	1.799	1.626	3.305
2.56	0.001	0.074	0.398	0.693	1.249	1.365	1.373	6.437
3.23	0.003	0.123	0.863	0.827	1.580	3.490	2.511	5.973
อายุอ้อย→	พันธุ์ U							
	120	150	180	194	229	257	284	319
	120	150	180	194	229	257	284	319
0.32	0.000	0.005	0.042	0.099	0.383	0.661	1.290	0.948
0.39	0.000	0.008	0.032	0.116	0.536	0.771	1.806	2.038
0.48	0.000	0.020	0.069	0.156	0.587	1.089	2.102	1.810
0.59	0.001	0.023	0.104	0.142	0.498	1.450	1.820	1.706
0.73	0.001	0.051	0.140	0.197	0.768	1.543	2.854	2.298
0.90	0.003	0.076	0.234	0.424	1.187	1.755	2.146	1.885
1.12	0.002	0.086	0.331	0.624	1.287	1.737	2.507	3.476
1.39	0.002	0.146	0.230	0.685	1.618	1.762	2.674	3.008
1.67	0.003	0.190	0.409	0.919	1.422	1.934	2.255	3.552
2.13	0.006	0.217	0.822	1.021	1.928	2.939	2.908	4.912
2.56	0.004	0.169	0.537	0.617	1.895	1.740	2.915	2.769
3.23	0.012	0.245	1.058	1.061	3.340	2.740	3.668	4.682

ความหนาแน่นพืชมีผลกระทบอย่างชัดเจนต่อจำนวนหน่อต่อตารางเมตร จำนวนหน่อต่อตารางเมตรเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นพืชเพิ่มขึ้น จำนวนหน่อต่อตารางเมตรของอ้อยพันธุ์ U มีการตอบสนองต่อความหนาแน่นมากกว่าอ้อยพันธุ์ K (ตารางที่ 75) จำนวนหน่อเฉลี่ยต่อตารางเมตร ที่ต่ำจะพบในช่วงความหนาแน่นระหว่าง 0.32 ถึง 0.59 ต้น ตรม⁻¹

ความหนาแน่นพืชมีผลกระทบอย่างชัดเจนต่อความสูงของอ้อยโดยเฉพาะเมื่ออ้อยทั้งสองพันธุ์มีอายุมากกว่า 120 วัน (ตารางที่ 76) อ้อยที่ปลูกในความหนาแน่นระหว่าง 1.67 ถึง 3.23 ต้น ตรม⁻¹ ซึ่งเมื่ออ้อยอยู่ในช่วงที่มีจำนวนหน่อคงที่ (อายุ 229 วัน) อ้อยพันธุ์ K มีความสูงเฉลี่ยเป็น 2.01 เมตร อ้อยพันธุ์ U มีความสูงเฉลี่ยเป็น 2.13 เมตร ความสูงของอ้อยสูงสุดพบที่ความหนาแน่นพืชระหว่าง 1.12 ถึง 1.67 ต้น ตรม⁻¹ และเป็นการตอบสนองที่ค่อนข้างจะคงที่ตลอดการทดลอง ทั้งนี้ อาจจะเป็นเพราะการแข่งขันเพื่อรับแสงอาทิตย์ของอ้อยที่ปลูกในช่วงที่มีความหนาแน่นดังกล่าว ในระยะเก็บเกี่ยวอ้อยพบว่าอ้อยที่ปลูกในช่วงความหนาแน่นที่ต่ำ มีแนวโน้มที่

ตารางที่ 73: น้ำหนักแห้งของใบอ้อยพันธุ์ K และอ้อยพันธุ์ U ที่สถานีแม่เหียะ 2539

ความหนาแน่น (ตันต่อตรม.)	น้ำหนักแห้งใบ (กก.ต่อตรม.)								
	พันธุ์ K								
	อายุอ้อย→	120	150	180	194	229	257	284	319
0.32	0.002	0.011	0.041	0.079	0.108	0.138	0.187	0.173	
0.39	0.004	0.024	0.082	0.102	0.167	0.199	0.209	0.205	
0.48	0.005	0.029	0.070	0.128	0.176	0.265	0.307	0.280	
0.59	0.009	0.068	0.109	0.181	0.274	0.284	0.337	0.267	
0.73	0.010	0.055	0.199	0.236	0.289	0.380	0.302	0.353	
0.90	0.013	0.054	0.210	0.284	0.345	0.375	0.322	0.334	
1.12	0.011	0.059	0.257	0.239	0.377	0.310	0.474	0.384	
1.39	0.010	0.089	0.257	0.289	0.333	0.307	0.501	0.477	
1.67	0.017	0.158	0.316	0.387	0.347	0.426	0.284	0.445	
2.13	0.036	0.148	0.422	0.453	0.481	0.502	0.385	0.484	
2.56	0.033	0.247	0.443	0.510	0.606	0.443	0.370	0.865	
3.23	0.048	0.255	0.603	0.507	0.700	0.964	0.566	0.669	
	พันธุ์ U								
	อายุอ้อย→	120	150	180	194	229	257	284	319
	0.32	0.003	0.011	0.051	0.073	0.160	0.171	0.233	0.113
0.39	0.008	0.014	0.048	0.093	0.240	0.235	0.279	0.137	
0.48	0.007	0.042	0.098	0.146	0.235	0.298	0.359	0.163	
0.59	0.009	0.046	0.149	0.133	0.242	0.390	0.388	0.213	
0.73	0.013	0.077	0.185	0.196	0.294	0.411	0.489	0.301	
0.90	0.022	0.099	0.238	0.334	0.427	0.487	0.451	0.265	
1.12	0.022	0.138	0.377	0.403	0.491	0.495	0.539	0.425	
1.39	0.036	0.206	0.262	0.521	0.689	0.482	0.640	0.347	
1.67	0.042	0.265	0.409	0.562	0.580	0.566	0.576	0.389	
2.13	0.066	0.290	0.697	0.672	0.728	0.888	0.708	0.598	
2.56	0.042	0.280	0.556	0.577	0.847	0.664	0.689	0.440	
3.23	0.094	0.353	1.018	0.798	1.292	0.945	0.977	0.602	

จะมีความสูงกว่าอ้อยที่ปลูกในช่วงความหนาแน่นที่สูง ซึ่งอยู่ในช่วงความหนาแน่นระหว่าง 0.32 ถึง 0.73 ตันต่อตารางเมตร

ความหนาแน่นพืชมีผลกระทบอย่างชัดเจนต่อดัชนีพื้นที่ใบ โดยเฉพาะเมื่ออ้อยทั้งสองพันธุ์มีอายุมากกว่า 120 วัน ในทุกระยะพัฒนาการอ้อยพันธุ์ U มีดัชนีพื้นที่ใบมากกว่าอ้อยพันธุ์ K ดัชนีพื้นที่ใบลดลงเมื่อความหนาแน่นพืชลดลงของอ้อยทั้งสอง (ตารางที่ 77) รูปแบบการสะสมของดัชนีพื้นที่ใบของอ้อยทั้งสองพันธุ์มีความคล้ายคลึงกันในทุกความหนาแน่นคือมีการสะสมถึงจุดสูงสุดแล้วมีการลดลงตามลำดับ ดัชนีพื้นที่ใบในแต่ละความหนาแน่นมีการใช้เวลาในการสะสมถึงจุดสูงสุดที่แตกต่างกัน อ้อยที่ปลูกในความหนาแน่นที่ต่ำ คือระหว่าง 0.32 ถึง 1.12 ตัน ตรม¹ ใช้เวลาในการสะสมดัชนีพื้นที่ใบถึงจุดสูงสุดที่มากกว่าอ้อยที่ปลูกในความหนาแน่นที่สูงระหว่าง 1.39 ถึง 3.23 ตัน ตรม¹

ตารางที่ 74: น้ำหนักแห้งของกาบใบอ้อยพันธุ์ K และอ้อยพันธุ์ U ที่สถานีแม่เหียะ 2539

ความหนาแน่น (ต้นต่อตรม.)	น้ำหนักแห้งของกาบใบแห้ง (กก.ต่อตรม.)							
	พันธุ์ K							
	อายุอ้อย→	120	150	180	194	229	257	284
0.32	0.001	0.008	0.031	0.056	0.078	0.100	0.169	0.219
0.39	0.003	0.019	0.053	0.085	0.115	0.131	0.180	0.345
0.48	0.003	0.020	0.051	0.085	0.122	0.195	0.235	0.470
0.59	0.006	0.049	0.077	0.114	0.186	0.209	0.284	0.425
0.73	0.006	0.039	0.165	0.155	0.205	0.275	0.263	0.431
0.90	0.009	0.034	0.178	0.181	0.223	0.256	0.287	0.459
1.12	0.008	0.039	0.156	0.146	0.200	0.259	0.390	0.462
1.39	0.007	0.056	0.146	0.189	0.222	0.230	0.414	0.569
1.67	0.011	0.106	0.208	0.232	0.229	0.314	0.355	0.526
2.13	0.023	0.104	0.238	0.266	0.318	0.390	0.376	0.658
2.56	0.021	0.170	0.293	0.284	0.319	0.298	0.298	1.042
3.23	0.034	0.198	0.378	0.271	0.472	0.708	0.442	0.857
	พันธุ์ U							
อายุอ้อย→	120	150	180	194	229	257	284	319
0.32	0.002	0.010	0.044	0.048	0.114	0.141	0.235	0.215
0.39	0.008	0.012	0.033	0.062	0.187	0.167	0.291	0.233
0.48	0.007	0.035	0.096	0.088	0.172	0.234	0.348	0.286
0.59	0.009	0.038	0.093	0.089	0.167	0.312	0.336	0.367
0.73	0.013	0.067	0.143	0.125	0.198	0.314	0.483	0.382
0.90	0.021	0.078	0.154	0.230	0.278	0.368	0.434	0.381
1.12	0.019	0.123	0.241	0.265	0.298	0.379	0.508	0.678
1.39	0.033	0.162	0.169	0.310	0.448	0.405	0.547	0.506
1.67	0.038	0.199	0.253	0.345	0.409	0.432	0.490	0.520
2.13	0.061	0.235	0.463	0.396	0.495	0.695	0.550	0.864
2.56	0.040	0.275	0.376	0.329	0.559	0.445	0.531	0.571
3.23	0.085	0.262	0.736	0.476	0.838	0.768	0.719	0.862

ตารางที่ 75: จำนวนลำต่อตารางเมตร ในอ้อยพันธุ์ K และอ้อยพันธุ์ U ที่สถานีแม่เหียะ 2539

ความหนาแน่น (ต้นต่อตรม)	จำนวนหน่อต่อตารางเมตร							
	พันธุ์ K							
อายุอ้อย→	120	150	180	194	229	257	284	319
0.32	1.07	1.07	2.36	3.10	2.46	2.03	2.66	2.88
0.39	2.34	2.73	3.52	2.73	2.99	2.60	2.86	2.99
0.48	2.72	2.88	4.81	5.13	2.72	3.85	3.69	3.85
0.59	3.75	4.93	4.34	6.31	4.54	3.75	4.73	3.55
0.73	4.87	5.11	7.30	7.54	4.87	5.11	4.38	4.87
0.90	4.50	6.61	7.81	6.61	4.50	4.50	4.50	4.50
1.12	6.74	5.99	7.87	8.24	4.87	6.37	7.12	5.62
1.39	4.17	6.94	6.94	7.41	5.56	5.56	7.41	7.87
1.67	8.33	10.00	8.89	10.00	6.11	7.22	7.22	7.78
2.13	12.06	10.64	12.06	10.64	9.93	7.80	7.80	9.22
2.56	12.82	15.38	11.97	12.82	9.40	7.89	6.84	12.82
3.23	18.28	18.13	20.43	17.20	12.90	11.83	9.68	9.68
อายุอ้อย→	พันธุ์ U							
	120	150	180	194	229	257	284	319
0.32	1.60	1.28	3.63	2.67	3.85	2.88	3.74	3.10
0.39	3.39	3.13	4.43	3.91	5.60	4.58	4.82	4.04
0.48	3.37	5.29	5.77	5.61	6.25	4.65	5.77	3.69
0.59	3.94	6.71	9.66	7.10	7.30	6.71	5.72	4.93
0.73	3.89	9.25	10.46	10.71	6.81	7.06	8.27	5.84
0.90	5.71	8.11	9.31	11.71	8.11	8.71	9.31	6.01
1.12	6.37	15.73	11.61	12.36	9.36	9.36	9.36	7.49
1.39	11.57	13.43	8.33	10.19	12.04	8.80	12.04	8.80
1.67	11.67	18.89	14.44	14.44	11.11	10.00	10.00	8.89
2.13	15.60	18.44	16.31	16.31	14.18	15.60	12.06	12.77
2.56	10.26	21.37	17.09	19.66	17.09	10.26	13.68	11.97
3.23	21.51	23.66	27.96	24.73	23.66	17.20	15.05	15.05

ตารางที่ 76: ความสูงของอ้อยพันธุ์ K และอ้อยพันธุ์ U ที่สถานีแม่เหียะ 2539

PD (ต้นต่อตรม)	ความสูง (ซม.)										
	พันธุ์ K						พันธุ์ U				
อายุอ้อย→	180	194	229	257	284	319	180	194	229	257	319
0.32	68.0	106.3	154.7	234.0	243.3	347.7	94.0	115.3	174.3	228.0	337.7
0.39	81.3	123.3	180.7	229.0	249.7	366.7	77.3	104.0	178.7	228.0	329.0
0.48	73.3	118.3	183.3	242.3	276.7	421.0	80.0	115.0	178.0	240.3	355.3
0.59	84.7	112.3	194.3	233.0	264.7	347.7	85.0	116.3	160.0	253.0	354.7
0.73	88.7	121.7	198.7	252.3	267.0	362.3	87.7	116.7	177.3	240.0	365.3
0.90	99.7	132.0	204.0	233.7	285.5	326.7	124.7	133.0	200.0	248.7	349.7
1.12	103.0	121.7	190.3	225.3	282.5	359.3	102.7	141.3	212.0	256.0	365.7
1.39	104.0	125.0	195.7	204.3	294.5	335.3	107.3	158.0	209.7	267.3	365.7
1.67	111.3	141.0	203.0	233.0	273.5	321.0	120.0	158.0	216.3	278.3	353.3
2.13	115.3	144.7	201.7	252.7	279.5	300.7	127.0	171.0	216.3	280.0	304.7
2.56	108.0	153.0	198.3	205.3	278.0	316.7	124.7	149.0	212.3	269.0	309.0
3.23	122.0	132.3	201.0	248.7	272.0	331.7	118.7	151.7	209.0	246.0	315.3

ตารางที่ 77: **ดัชนีพื้นที่ใบของอ้อย พันธุ์ K และอ้อยพันธุ์ U-Thong 2 ที่สถานีแม่เหียะ 2539**

ความหนาแน่น (ต้นต่อตรม) อายุอ้อย→	ดัชนีพื้นที่ใบ							
	พันธุ์ K							
	120	150	180	194	229	257	284	319
0.32	0.02	0.11	0.39	0.69	0.96	1.34	1.57	1.48
0.39	0.04	0.23	0.77	0.90	1.49	1.94	1.76	1.77
0.48	0.04	0.28	0.87	1.13	1.59	2.61	2.61	2.43
0.59	0.07	0.64	1.03	1.59	2.47	2.79	2.85	2.31
0.73	0.09	0.52	1.89	2.08	2.60	3.72	2.56	3.06
0.90	0.10	0.51	1.99	2.50	3.11	3.68	2.73	2.89
1.12	0.10	0.56	2.44	2.11	3.39	3.04	4.02	3.32
1.39	0.09	0.84	2.43	2.55	3.00	3.01	4.25	4.13
1.67	0.15	1.49	3.00	3.41	3.12	4.18	2.41	3.85
2.13	0.31	1.40	4.00	4.00	4.33	4.92	3.09	4.18
2.56	0.28	2.34	4.19	4.49	5.45	4.34	3.14	7.49
3.23	0.43	2.41	5.71	4.47	6.30	9.46	4.80	5.79
อายุอ้อย→	พันธุ์ U							
	120	150	180	194	229	257	284	319
0.32	0.01	0.10	0.46	0.62	1.48	1.60	2.20	1.32
0.39	0.06	0.13	0.43	0.80	2.23	2.21	2.64	1.32
0.48	0.04	0.38	0.89	1.26	2.20	2.83	3.44	1.58
0.59	0.07	0.41	1.34	1.14	2.26	3.68	3.70	2.06
0.73	0.09	0.69	1.66	1.68	2.74	3.88	4.66	2.91
0.90	0.15	0.89	2.14	2.87	3.99	4.60	4.29	2.56
1.12	0.15	1.24	3.39	3.46	4.58	4.67	5.13	4.11
1.39	0.26	1.86	2.36	4.47	6.43	4.55	6.10	3.35
1.67	0.30	2.39	3.68	4.82	5.42	5.34	5.49	3.76
2.13	0.47	2.61	6.27	5.77	6.79	8.38	6.74	5.78
2.56	0.35	2.52	5.00	4.96	7.91	6.27	6.56	4.25
3.23	0.68	3.17	9.16	6.85	12.1	8.92	9.31	5.82

ในอ้อยทั้งสองพันธุ์พบว่าองค์ประกอบความหวานวัดจาก CCS ค่า %brix ค่า %polarity และค่า %fiber มีความแปรปรวนสูงเมื่ออ้อยมีอายุน้อยกว่า 180 วันหลังปลูก (ตารางที่ 78-81) อย่างไรก็ตาม หลังจากนั้นพบว่าค่าดังกล่าวเริ่มมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่น และมีค่าสูงขึ้นหลังจากอ้อยทั้งสองพันธุ์มีพัฒนาการถึงระยะจำนวนหน่อคงที่ คือมีอายุได้ 229 วันหลังปลูก พบว่าอ้อยทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกในความหนาแน่นพืชระหว่าง 0.32 ถึง 0.48 ต้น ตรม⁻¹ มีค่าองค์ประกอบ CCS สูงกว่าในความหนาแน่นมากกว่า 0.48 ต้น ตรม⁻¹ และเมื่ออ้อยใกล้ถึงระยะเก็บเกี่ยว พบว่าค่าดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

ค่า CCS มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นพืช อ้อยที่ปลูกในความหนาแน่นระหว่าง 0.32 ถึง 0.73 ต้นต่อตรม มีค่า CCS สูงกว่าอ้อยที่ปลูกในความหนาแน่นระหว่าง 0.90 ถึง 2.56 ต้น ตรม⁻¹ และในช่วงหลังจากระยะที่อ้อยมีจำนวนหน่อคงที่ (229 วัน) พบว่าอ้อยพันธุ์ K มีค่า CCS ที่สูงกว่าพันธุ์ U แต่ในช่วงที่เก็บเกี่ยวพบว่าอ้อยพันธุ์ U มีค่า CCS สูงกว่าอ้อยพันธุ์ K

ตารางที่ 78: ค่า CCS ของอ้อย พันธุ์ K และพันธุ์ U ที่สถานีแม่เหียะ 2539

ความหนาแน่น (ตันต่อตรม)	ค่า CCS ในแต่ละความหนาแน่น									
	พันธุ์ K					พันธุ์ U				
	194	229	257	284	319	194	229	257	284	319
อายุอ้อย→										
0.32	3.02	3.26	9.21	8.29	14.23	0.03	6.58	8.70	12.55	17.47
0.39	1.04	4.62	9.46	8.67	14.64	-1.27	5.60	7.64	11.72	17.00
0.48	0.95	3.25	8.70	9.79	15.11	0.09	2.73	6.01	11.57	16.12
0.59	-0.48	4.03	8.40	9.85	14.13	-0.75	1.85	5.38	10.20	16.57
0.73	-0.21	4.98	7.02	10.38	14.01	0.61	2.04	4.22	8.85	16.38
0.90	1.12	3.95	7.59	10.70	13.92	-0.56	5.94	4.15	7.85	15.63
1.12	0.20	3.72	4.89	10.21	13.89	-0.34	4.38	4.10	9.06	16.37
1.39	0.81	4.03	6.08	9.93	13.83	0.74	4.14	3.79	9.11	16.00
1.67	2.30	4.38	7.07	10.77	12.11	0.34	3.31	3.35	9.08	14.65
2.13	0.79	4.99	7.69	8.44	14.03	0.46	4.73	5.52		15.63
2.56	1.78	5.89	6.50	9.02	14.09	0.70	2.82	6.22	10.55	13.09
3.23	0.82	6.23	8.12	8.45	14.84	1.93	4.53	5.54	10.13	14.97

พบว่าในระยะแรกของการเจริญเติบโต ค่า CCS ในอ้อยทั้งสองพันธุ์ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่น เมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้น ค่า CCS มีการเพิ่มขึ้นและสัมพันธ์กับความหนาแน่น ในความหนาแน่นที่ต่ำ ค่า CCS มีค่าสูงกว่าอ้อยที่ปลูกในความหนาแน่นที่มากกว่า และในช่วงหลังจากระยะที่อ้อยมีจำนวนหน่อคงที่ (229 วัน) พบว่าอ้อยพันธุ์ K มีค่า CCS สูงกว่าพันธุ์ U แต่ในช่วงเก็บเกี่ยวพบว่าอ้อยพันธุ์ U มีแนวโน้มที่ค่า CCS สูงกว่าอ้อยพันธุ์ K

พบว่า ค่า %Polarity, %Brix, และ %Fiber มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่น พบว่าในความหนาแน่นที่ต่ำมากๆ (0.32-0.48 ตันต่อตารางเมตร) ค่าดังกล่าวมีค่าสูงกว่าในความหนาแน่นที่สูงกว่า และเมื่ออ้อยใกล้ถึงระยะเก็บเกี่ยว หรือระยะสุกแก่ พบว่าค่าดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 79: ค่า brix ของอ้อย พันธุ์ K และพันธุ์ U ที่สถานีแม่เหียะ 2539

ความหนาแน่น (ตันต่อตรม)	% บริกซ์									
	พันธุ์ K					พันธุ์ U				
	194	229	257	284	319	194	229	257	284	319
อายุอ้อย→										
0.32	11.62	12.26	15.68	16.84	20.76	8.58	14.22	14.70	18.78	23.24
0.39	9.56	12.80	15.74	15.74	21.36	7.14	12.98	13.84	18.06	22.94
0.48	9.46	11.74	15.44	17.10	21.44	7.72	11.26	12.72	18.04	21.70
0.59	8.42	12.30	15.52	17.26	20.56	7.46	10.80	12.46	17.48	22.10
0.73	8.72	13.10	14.40	18.02	20.90	8.42	10.64	11.42	16.52	22.28
0.90	9.61	12.24	14.64	18.22	20.50	8.18	13.30	11.66	14.62	21.48
1.12	8.78	11.74	12.00	17.66	21.20	7.78	12.20	10.90	15.92	22.44
1.39	9.44	12.56	13.08	17.44	21.46	8.98	11.88	10.76	16.24	22.32
1.67	10.46	13.04	13.86	18.10	20.78	8.66	11.00	10.56	16.52	20.9
2.13	9.76	13.72	14.14	15.86	21.56	8.64	12.16	12.06	na	21.48
2.56	10.58	14.24	13.58	16.34	21.92	8.26	11.04	12.50	17.58	19.48
3.23	9.90	14.64	14.94	16.04	21.72	9.58	12.00	12.28	17.40	21.42

ตารางที่ 80: ค่า polarity ของอ้อยพันธุ์ K และพันธุ์ U-Thong 2 สถานีแม่เหิยะ 2539

ความหนาแน่น (ต้นต่อตรม) อายุอ้อย→	% โพลาไรตี้									
	พันธุ์ K					พันธุ์ U				
	194	229	257	284	319	194	229	257	284	319
0.32	6.39	6.73	12.51	13.23	18.38	2.95	10.09	11.72	16.23	21.88
0.39	4.06	7.97	12.62	12.24	19.10	1.46	8.74	10.72	15.55	21.48
0.48	3.96	6.55	12.11	13.65	19.29	2.70	5.97	8.93	15.39	20.45
0.59	2.50	7.37	11.78	13.79	18.34	1.96	5.12	8.33	14.20	20.85
0.73	2.81	8.44	10.25	14.52	18.38	3.34	5.24	7.12	12.51	20.83
0.90	4.16	7.25	10.78	14.83	18.28	2.36	9.21	7.14	10.98	19.88
1.12	3.15	6.89	7.82	14.03	18.45	2.39	7.55	6.85	12.48	20.82
1.39	3.69	7.41	9.10	13.94	18.33	3.62	7.27	6.56	12.85	20.41
1.67	5.32	7.88	10.12	14.83	16.89	3.21	6.34	6.16	12.89	18.75
2.13	3.94	8.54	10.67	12.16	18.45	3.30	7.83	8.33	na	19.35
2.56	4.97	9.47	9.60	12.75	18.68	3.35	5.96	9.01	14.47	17.26
3.23	4.01	9.87	11.33	12.19	18.87	4.75	7.61	8.42	14.23	19.29

ตารางที่ 81: ค่า fiber ของอ้อยพันธุ์ K และพันธุ์ U-Thong 2 สถานีแม่เหิยะ 2539

ความหนาแน่น (ต้นต่อตรม) อายุอ้อย→	%ไฟเบอร์									
	พันธุ์ K					พันธุ์ U				
	194	229	257	284	319	194	229	257	284	319
0.32	9.40	9.70	9.10	12.30	11.00	10.00	11.20	8.20	9.70	11.50
0.39	7.90	9.50	7.80	10.80	12.40	8.10	8.30	10.00	11.80	12.00
0.48	8.50	9.90	10.10	11.50	10.80	7.70	9.50	7.50	11.50	12.70
0.59	8.60	10.20	8.50	11.90	11.80	8.80	8.80	7.30	12.50	12.00
0.73	7.40	11.40	7.10	12.40	12.00	7.60	10.50	7.60	11.10	12.50
0.90	9.20	9.30	7.30	12.20	12.70	7.60	10.20	7.40	10.60	12.00
1.12	8.70	9.00	7.30	9.90	12.50	8.00	8.70	7.50	9.20	12.10
1.39	8.00	8.80	7.50	12.20	11.20	6.40	9.20	7.50	11.90	11.60
1.67	7.30	9.90	7.40	12.10	12.70	6.90	9.70	7.60	11.50	10.90
2.13	8.90	8.70	7.00	11.60	10.60	7.30	9.20	7.50	na	8.10
2.56	7.70	9.70	7.60	11.20	11.10	8.00	9.20	7.30	12.00	12.40
3.23	8.70	9.70	8.00	11.10	8.50	8.10	8.90	7.40	12.20	11.70

สรุป

อ้อยทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อความหนาแน่นที่ต่างกันแต่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ ในระยะแรกของการพัฒนาการ (1-120 วัน) ความหนาแน่นไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของอ้อยทั้งสองพันธุ์ หลังจากนั้นอ้อยทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อความหนาแน่นในด้านการสะสมน้ำหนัก ต้นสดและต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้ง กาบใบแห้ง จำนวนหน่อต่อตารางเมตร ความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ และองค์ประกอบของค่า CCS อย่างชัดเจน

ผลผลิตของอ้อยในด้านน้ำหนักอ้อยสด และคุณภาพความหวาน สามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการใช้ความหนาแน่นที่เหมาะสม ที่ไม่สูงจนเกินไปนัก และยังพบอีกว่าอ้อยพันธุ์ U มีการพัฒนาการและตอบสนองต่อความหนาแน่นที่ดี และเร็วกว่าอ้อยพันธุ์ K