

## ผลการทดลองและวิจารณ์

## ข้อมูลด้านดิน

จากการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน ในชุดดินสันทราย ที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง SOYGR0 ซึ่งเป็นแบบจำลองการเจริญเติบโตสำหรับถั่วเหลือง ที่สถานีทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นั้น พบว่ามีคุณสมบัติดังตารางที่ 3 และจากการคำนวณหา ผลรวมของความชื้นในดินที่ซึดน้ำ (LL) ตลอดทั้งช่วงความลึก 0-90 เซนติเมตร เท่ากับ 96.6 มิลลิเมตร ความชื้นในดินที่ซึดน้ำ (DUL) มีค่าเท่ากับ 197.5 มิลลิเมตร และความชื้นในดินที่จุ่มน้ำด้วยน้ำเท่ากับ 274.1 มิลลิเมตร ดังนั้นความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน (EXTR) ซึ่งได้จากผลต่างระหว่างความชื้นในดินที่ซึดน้ำและความชื้นในดินที่ซึดน้ำตลอดช่วงความลึกของดินนั้น มีค่าเท่ากับ 100.9 มิลลิเมตร ส่วนข้อมูลที่น่าเข้าสู่แบบจำลอง SOYGR0 เพื่อทำนายศักยภาพคุณสมบัติของดิน เปอร์เซนต์ดินทราย เปอร์เซนต์ดินเหนียว เปอร์เซนต์ดินร่วน ความหนาแน่นของดิน เปอร์เซนต์อินทรีย์คาร์บอน ความเป็นกรด-ด่างของดิน และการจำแนกชั้นดิน (soil horizon) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้แสดงดังตารางที่ 3 สำหรับข้อมูลที่เหลือ ได้จากการค้นคว้าเอกสารของกองสำรวจที่ดิน (2519) ได้แก่ ชนิดของดิน (soil classification) คือ coarse-loamy, mixed, Tropic Tropoqualfs เปอร์เซนต์ความลาดเทของพื้นที่ (% slope) มีค่าเท่ากับ 0 สีของดิน (soil color) คือ สีเทา การซึดน้ำของดิน (permeability) มีการซึดน้ำปานกลาง และการไหลซึมลึกของน้ำในดิน (drainage) ต่ำ

จากการคำนวณของแบบจำลองดังตารางที่ 4 พบว่า ผลรวมของความชื้นในดินที่ซึดน้ำ (LL) เท่ากับ 84.9 มิลลิเมตร ความชื้นที่ซึดน้ำ (DUL) เท่ากับ 190.9 มิลลิเมตร ความชื้นที่จุ่มน้ำด้วยน้ำของดิน (SAT) เท่ากับ 298.3 มิลลิเมตร ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินทั้งหมด (EXTR) เท่ากับ 106.0 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ของดิน (SOIL ALBEDO) เพื่อใช้ในการคำนวณการระเหยของน้ำเท่ากับ 0.13 ค่าสัมประสิทธิ์ของการระเหยน้ำ (U) เท่ากับ 24.4 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลซึมลึกของน้ำในดินเท่ากับ .05 และค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินเท่ากับ 88.0

ตารางที่ 3 ข้อมูลดินที่ได้จากการวิเคราะห์

	ชั้นดิน (ซม.)				
	0-10	10-30	30-50	50-70	70-90
ขีดจำกัดล่างของความชื้นที่เป็นประโยชน์	.110	.107	.106	.095	.097
ขีดจำกัดบนของความชื้นที่เป็นประโยชน์	.265	.208	.220	.212	.215
จุดที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	.361	.298	.303	.294	.295
% ดินทราย	61.5	64.8	58.2	59.3	61.8
% ดินตะกอน	20.4	7.2	13.8	6.7	4.2
% ดินเหนียว	18.0	28.0	28.0	32.0	34.0
ความหนาแน่น (ก.ต่อซม <sup>3</sup> )	1.56	1.72	1.77	1.77	1.84
% อินทรีย์คาร์บอน	.618	.618	.5	.3	.2
% กรวดที่โตกว่า 2 มม.	1.2	1.62	6.6	2.7	1.4
ความเป็นกรด-ด่าง	5.03	5.03	5.5	6.0	6.0
การกระจายของรากพืช	มาก	น้อย	น้อยมาก	น้อยมาก	-
% อลูมิเนียมที่อิ่มตัว	(ไม่ได้หาค่า กำหนด = -9 สำหรับทุกชั้นดิน)				
การจำแนกชั้นดิน	Ap <sub>g</sub>	A <sub>g</sub>	B <sub>g</sub>	B <sub>g</sub>	Bt <sub>g</sub>
ลำดับชั้นของดิน	coarse-loamy, mixed, Tropic Tropequalfs				
% ความลาดเทของพื้นที่	0				
สีของดิน	สีเทา				
การซาบซึมน้ำของดิน	ปานกลาง				
การไหลซึมลึกของน้ำในดิน	ต่ำ				

จากตารางที่ 5 เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการวัดในสนาม และข้อมูลที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง SOYGRO พบว่า ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินที่ซึดน้ำที่ต่ำกว่า (LL) ในระดับความลึกที่มากกว่า 30 เซนติเมตรลงไปการวัดในสนามจะให้ค่ามากกว่าเล็กน้อย จากผลรวมที่ได้ตลอดช่วงความลึกการวัดในสนามให้ค่าสูงกว่า 11 มิลลิเมตร ส่วนความชื้นที่ซึดน้ำที่ด้านบน (DUL) นั้น ในชั้นดินบนคือระยะ 0-10 เซนติเมตร ผลของการวัดในสนามให้ค่ามากกว่า แต่ในระดับลึกลงไปจะมีค่าน้อยกว่า จากการประเมินของแบบจำลองโดยผลรวมทั้งหมดการวัดในสนามให้ค่าสูงกว่า 6.6 มิลลิเมตร สำหรับความชื้นของดินที่จุ่มตัวด้วยน้ำ (SAT) มีลักษณะเช่นเดียวกันกับ DUL คือ ในระดับชั้นดินบนการวัดในสนามจะสูงกว่า แต่จะมีค่าต่ำกว่าจากการทำนายของแบบจำลองในระดับลึกลงไป ผลรวมที่ได้ตลอดช่วงความลึกการทำนายให้ค่าสูงกว่า 24.2 มิลลิเมตร จากการเปรียบเทียบความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน (EXTR) นั้น การวัดในสนามได้ 100.9 มิลลิเมตร ในขณะที่การคาดคะเนของแบบจำลองได้ 106 มิลลิเมตร

จากการตรวจสอบพบว่าตั้งแต่ความลึกมากกว่า 50 เซนติเมตรลงไป ไม่มีรากของถั่วเหลือง ที่สามารถชอนไชลงไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของสุรีย์ (2527) เพราะในดินนามิชั้นดินดานเกิดจากการเตรียมดินในการปลูกข้าว ทำให้ดินช่วงความลึก 25 - 35 เซนติเมตร เกิดการอัดแน่นขึ้นเมื่อปลูกถั่วเหลืองตามหลังข้าว โดยไม่มีการเตรียมดิน ชั้นดินที่อัดแน่นอยู่ไม่ได้รับการไถพรวน ทำให้รากของถั่วเหลืองไม่สามารถชอนไชลงไปได้ ความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์สำหรับถั่วเหลืองจึงมีจำกัด

ตารางที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับดินที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง

SOIL PROFILE DATA COARSE-LOAMY, MIXED, TROPIC TROPAQUALFS

SOIL ALBEDO: .13 U: 22.2 SWCON: .05 CURVE NO.: 88.0 PHFAC3: 1.00

DEPTH-m	LL	DUL	SAT	EXTR	INIT	ROOT
	←----- มม <sup>3</sup> /มม <sup>3</sup> ----->					
.00- .05	.113	.231	.347	.118	.265	1.000
.05- .10	.113	.231	.347	.118	.265	1.000
.10- .30	.101	.219	.338	.118	.208	.150
.30- .50	.093	.209	.327	.116	.220	.100
.50- .70	.089	.207	.326	.118	.212	.100
.70- .90	.085	.204	.327	.119	.215	.000
Total (มม.)	84.9	190.9	298.3	106.0	274.1	

U = สัมประสิทธิ์ของการระเหยน้ำระยะที่ 1

SWCON = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลซึมของน้ำในดิน

CURVE NO. = การประมาณค่าของกราฟแสดงการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน

PHFAC3 = ตัวแปรที่ลดการสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (สำหรับแบบจำลองของพืชตระกูลถั่ว กำหนดค่า = 1)

LL = ขีดจำกัดล่างของความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน

DUL = ขีดจำกัดบนของความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน

SAT = ขีดจำกัดของความชื้นที่อิ่มตัวด้วยน้ำของดิน

EXTR = ความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินสำหรับพืช

INIT = ความชื้นที่อยู่ในดินเมื่อเริ่มต้นปลูกพืช

ROOT = ตัวถ่วงน้ำหนักของการกระจายความหนาแน่นของรากพืช

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความชื้นในดิน (ชม<sup>3</sup>/ชม<sup>3</sup>) ที่ได้จากการวัดในสนาม และ  
ได้จากการทำนายของแบบจำลอง SOYGRO

ชั้นดิน (ชม.)	LL		DUL		SAT	
	วัดได้จริง	ทำนาย	วัดได้จริง	ทำนาย	วัดได้จริง	ทำนาย
0-10	.110	.113	.265	.231	.361	.347
10-30	.107	.101	.208	.219	.298	.338
30-50	.106	.093	.220	.209	.303	.327
50-70	.095	.089	.212	.207	.294	.326
70-90	.097	.085	.215	.204	.295	.327
total(mm)	96.6	84.9	197.5	190.9	274.1	298.3

EXTR วัดได้จริง = 100.9 มม.

ทำนาย = 106.0 มม.

### การจำลองพัฒนาการของพืช

เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ (Genetic parameter) ของถั่วเหลืองที่ทำการทดสอบคือ พันธุ์สจ.5 และ OCB เช่น ช่วงความยาวกลางคืนที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพันธุ์ ค่าสหสัมพันธ์ของการเพิ่มวันทางสรีรวิทยาเมื่อช่วงความยาวของกลางคืนมากกว่าช่วงที่เหมาะสม เป็นต้น ยังไม่สมบูรณ์ตามความต้องการของแบบจำลอง ดังนั้น ในการทดสอบแบบจำลองจึงได้นำลักษณะประจำพันธุ์บางอย่างของถั่วเหลืองที่ปลูกในโซนที่ 8 (Cobb), 9 (Jupiter) และ 10 (Vicoja) ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งถือว่าเป็นพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีกับประเทศเขตร้อนมาใช้ในการจำลอง และได้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดจากการทดลองในสนามโดยใช้น้ำพันธุ์ สจ.5 และ OCB ดังตารางที่ 6 และ 7

จากตารางที่ 6 และ 7 พบว่า ในช่วงเริ่มปลูกจนถึงระยะสร้างใบจริงใบแรกขึ้นมา ในแต่ละโซนเมื่อเปรียบเทียบกับ สจ. 5 และ OCB แล้ว ช่วงเวลาในแต่ละโซนใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาในช่วงการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) วันออกดอก การสร้างฝัก และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา ของในโซนที่ 10 มีค่าใกล้เคียงกว่าในโซนที่ 8 และ 9 ทั้งในช่วงวันปลูกที่  $P_1$  และวันปลูกที่  $P_2$  โดยที่พันธุ์ Vicoja มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปในวันปลูกที่ 2 แล้วให้ผลการจำลองทางสรีรวิทยาใกล้เคียงกับพันธุ์ สจ.5 และ OCB ดังนั้นจึงใช้ลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วเหลืองพันธุ์ Vicoja เป็นบรรทัดฐานในการปรับค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ สจ.5 และ OCB เพื่อใช้ในการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิต ในสถานการณ์ปลูกและให้น้ำแบบต่างๆ สำหรับถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 และ OCB ต่อไป

ตารางที่ 6 จำนวนวันของการพัฒนาการในช่วงต่างๆ ของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 และ OCB ในวันปลูกที่ 1 (P<sub>1</sub>) เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพท์ที่ได้จากการจำลอง โดยใช้ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ Cobb, Jupiter และ Vicoja (ปลูกในโซนที่ 8,9 และ 10 ของสหรัฐอเมริกา ตามลำดับ)

	พันธุ์				
	Cobb	Jupiter	Vicoja	SJ.5	OCB
เริ่มปลูก	0	0	0	0	0
งอกโผล่พ้นดิน (V0)	8	8	8	6	6
สร้างใบ unifoliate (V1)	15	15	15	11	11
สิ้นสุดวัยเจริญพันธุ์ (V2)	15	24	15	18	18
สร้างตาดอก (V4)	19	30	21	31	31
ออกดอก (R1)	39	49	41	43	38
ฝักแรก (R3)	44	58	47	55	44
ฝักเต็มที่ (R4)	45	59	51	58	46
สิ้นสุดการสร้างใบใหม่ (R5)	49	59	51	61	51
สิ้นสุดการสร้างฝัก (R6)	75	85	77	69	60
สูกแก่ทางสรีรวิทยา (R7)	89	97	86	95	76
สูกแก่เมื่อเก็บเกี่ยว (R8)	101	109	98	108	83

ตารางที่ 7 จำนวนวันของการพัฒนาการในช่วงต่างๆ ของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 และ OCB ในวันปลูกที่ 1 ( $P_2$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพท์ที่ได้จากการจำลอง โดยใช้ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ Cobb, Jupiter และ Vicoja (ปลูกในโซนที่ 8,9 และ 10 ของสหรัฐอเมริกา ตามลำดับ)

	พันธุ์				
	Cobb	Jupiter	Vicoja	SJ.5	OCB
เริ่มปลูก	0	0	0	0	0
งอกโผล่พื้นดิน (V0)	8	8	8	7	7
สร้างใบ unifoliol (V1)	14	14	14	11	11
สิ้นสุดวัยเจริญพันธุ์ (V2)	14	22	14	19	19
สร้างตาดอก (V4)	18	28	20	27	26
ออกดอก (R1)	36	46	38	42	32
ฝักแรก (R3)	41	55	44	52	39
ฝักเต็มที่ (R4)	42	56	48	54	42
สิ้นสุดการสร้างใบ (R5)	46	56	48	58	46
สิ้นสุดการสร้างฝัก (R6)	73	96	74	66	53
สุกแก่ทางสรีรวิทยา (R7)	101	120	90	91	75
สุกแก่เมื่อเก็บเกี่ยว (R8)	113	132	102	104	89



### ลักษณะประจำพันธุ์

ลักษณะประจำพันธุ์ใบแบบจำลอง SOYGR0 เป็นตัวกำหนดพัฒนาการของถั่วเหลือง โดยขึ้นอยู่กับการสะสมอุณหภูมิประจำวัน (degree day) ซึ่งทำการคำนวณในชุดคำสั่ง WCALC ขณะนี้ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ สจ.5 และ OCB นั้น ยังไม่มีการศึกษาที่เด่นชัด แต่มีการทดลองเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ในบางส่วนการศึกษาของเทวา (2531) เฉพาะการสะสมน้ำหนักรากของเมล็ด (การเจริญเติบโตของเมล็ดต่อวัน) และจำนวนเมล็ดต่อฝัก เท่านั้น ดังนั้นจึงควรมีการปรับค่า (ตารางที่ 8) โดยใช้ข้อมูลจากกลุ่มการปลูกถั่วเหลือง ที่ 8, 9 และ 10 ดังที่กล่าวมาแล้วมาปรับค่า ซึ่งค่าที่ได้ควรจะทำนายพัฒนาการของพืชให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงก่อน จึงจะสามารถทำนายการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้รับได้

จากข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ในตารางที่ 8 ตัวแปร VARN1, VARN0, VARTH และ VARDH นั้น ต้องทำการทดสอบโดยการปลูกถั่วเหลืองที่อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 25 องศาเซลเซียส และกำหนดช่วงเวลาความยาวกลางวันที่แตกต่างกันไป (Hesketh et al., 1983) สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศในเขตร้อนนั้น ช่วงเวลาความยาวกลางวันอยู่ในช่วง 8-14 ชั่วโมงต่อวัน จึงไม่น่ามีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดสอบ ส่วนตัวแปร VARTH(1)-VARTH(11) ซึ่งเป็นช่วงเวลาทางสรีรวิทยา หรือช่วงเวลาการสะสมช่วงแสงสำหรับช่วงการพัฒนาการต่าง ๆ นั้น เป็นการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากพันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูกในกลุ่มที่ 10 (Viccoja) ให้เหมาะสมกับพันธุ์ สจ.5 และ OCB ดังกล่าว สำหรับการเจริญเติบโตของเปลือกฝักต่อวัน การเจริญเติบโตของเมล็ดต่อวัน จำนวนเมล็ดต่อฝัก อัตราการเพิ่มจำนวนฝักต่อวัน อัตราการเพิ่มจำนวนดอกต่อวัน จำนวนใบต่อวันทางสรีรวิทยา ขนาดของใบข้อที่ 8-10 และพื้นที่ใบจำเพาะ บางส่วนได้มาจากการตรวจเอกสาร และบางส่วนเป็นการปรับค่า จึงควรมีการศึกษาหาค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ที่แน่นอน เพื่อใช้ในการทำนายแบบจำลอง ซึ่งผลจากการประเมินของแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงจะเป็นประโยชน์ต่อการปลูกถั่วเหลืองต่อไป Hunt (1985) ได้ให้ความคิดเห็นว่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ ควรเป็นค่าที่ได้มาจากการปลูกที่เหมาะสมมากที่สุดสำหรับแต่ละพืช

ตารางที่ 8 ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ สจ.5 และ นครสวรรค์ 1 (OCB)

ชื่อตัวแปร	คำอธิบาย	พันธุ์	
		สจ.5	OCB
IVAR	ลำดับพันธุ์	32	33
VRNAME	ชื่อพันธุ์	SJ.5	OCB
IVRGRP	เขตการปลูก	10	10
VARN1 <sup>1'</sup>	ชนิดนิกต์กลางของความยาวกลางคืน (ชม.)	5.00	5.00
VARNO <sup>1'</sup>	ชนิดนิกต์บนของความยาวกลางคืน (ชม.)	11.81	11.81
VARTH <sup>1''</sup>	วันทางสรีรวิทยาเมื่อช่วงเวลากลางคืนต่ำกว่า VARN1	31.00	31.00
VARDH <sup>1''</sup>	วันทางสรีรวิทยาเมื่อช่วงเวลากลางคืนสูงกว่า VARNO	1.00	1.00
VARTHR(1)	ช่วงเวลาทางสรีรวิทยาจากปลูกถึงงอก (วัน)	3.50	3.50
VARTHR(2)	ช่วงเวลาทางสรีรวิทยาจากปลูกถึง V1 (วัน)	6.50	6.50
VARTHR(3)	ช่วงเวลาทางสรีรวิทยาจาก V1 ถึง V2 (วัน)	3.00	3.00
VARTHR(4)	ช่วงเวลาการสะสมช่วงแสงจาก V2 ถึง V4 (วัน)	11.50	11.50
VARTHR(5)	ช่วงเวลาทางสรีรวิทยาจาก V4 ถึง R1 (วัน)	8.50	5.00
VARTHR(6)	ช่วงเวลาการสะสมช่วงแสงจาก R1 ถึง R3 (วัน)	11.00	5.13
VARTHR(7)	ช่วงเวลาการสะสมช่วงแสงจาก R1 ถึง R4 (วัน)	13.00	7.00
VARTHR(8)	ช่วงเวลาการสะสมช่วงแสงจาก R1 ถึง R5 (วัน)	14.84	10.00
VARTHR(9)	ช่วงเวลาการสะสมช่วงแสงจาก R1 ถึง R6 (วัน)	24.00	20.00
VARTHR(10)	ช่วงเวลาการสะสมช่วงแสงจาก R1 ถึง R7 (วัน)	42.00	38.00
VARTHR(11)	ช่วงเวลาทางสรีรวิทยาจาก R7 ถึง R8 (วัน)	12.00	10.00

ตารางที่ 8(ต่อ) ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ สจ.5 และ นครสวรรค์ 1 (OCB)

ชื่อตัวแปร	คำอธิบาย	พันธุ์	
		สจ.5	OCB
SHVAR <sup>1/</sup>	อัตราการเจริญเติบโตของเปลือกฝักต่อวัน(มก./ฝัก/วัน)	11.60	11.60
SDVAR	อัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดต่อวัน(มก./เมล็ด/วัน)	6.76	5.51
SDPDVR	จำนวนเมล็ดต่อฝัก	2.50	2.70
PODVAR <sup>1/</sup>	อัตราการเพิ่มจำนวนฝักต่อวัน	200.00	200.00
FLWVAR <sup>1/</sup>	อัตราการเพิ่มจำนวนดอกต่อวัน	400.00	400.00
TRIFOL <sup>1/</sup>	จำนวนใบต่อวันทางสรีรวิทยา (หลัง V1)	0.38	0.38
SIZELF	ขนาดของใบข้อที่ 8-10 (ซม. <sup>2</sup> /ใบ)	176.80	165.00
SLAVAR	พื้นที่ใบจำเพาะหลังจาก V5 (ซม. <sup>2</sup> /ฐ)	309.10	290.30

1/ ใช้ลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ Vicoja

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

เมื่อทำการวัดหาค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ได้จากการวัดพื้นที่ใบ โดยเครื่องมือวัดพื้นที่ใบแบบอัตโนมัติแล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ โดยให้ดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ พื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าของแบบจำลอง SOYGRO ซึ่งคำนวณจาก ดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับน้ำหนักใบต่อน้ำหนักใบจำเพาะ ( $W_L/SLW$ ) ซึ่งแสดงได้ดังนี้

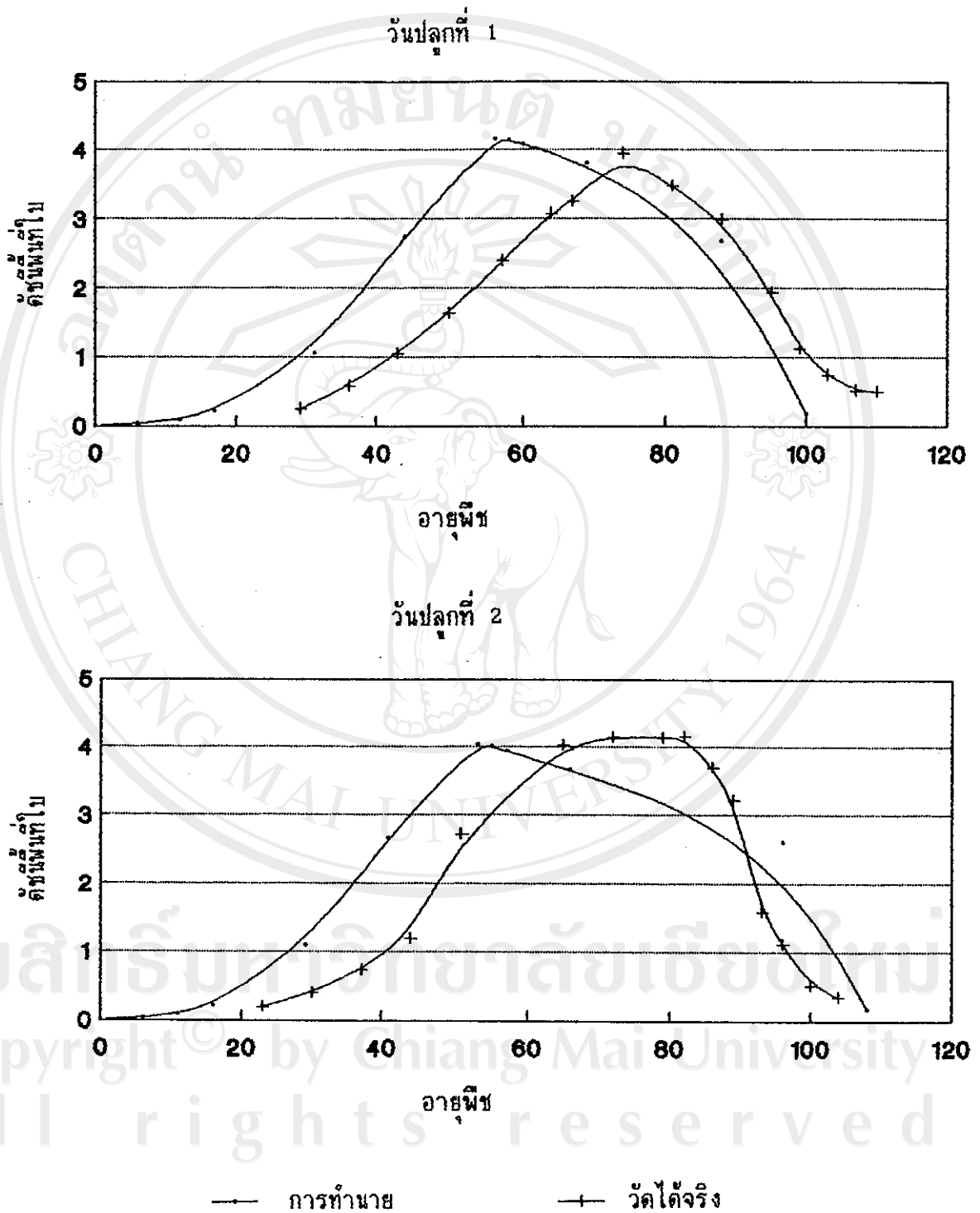
พันธุ์ สจ. 5

ในสถานการณ์ปลูกที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก สำหรับวันปลูกที่ 1 พบว่า ดัชนีพื้นที่ใบในช่วงพัฒนาการระยะแรกที่ได้จากการทำนายมีค่ามากกว่าวัดได้จริงในสนาม แม้ว่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดจะมีค่ามากกว่าค่าที่วัดได้จริง และมีระยะเวลาที่ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดถึงระยะเก็บเกี่ยวยาวนานกว่าการวัดในสนาม ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อผลผลิตที่ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากมีระยะเวลาในการสังเคราะห์แสงยาวนานกว่าความเป็นจริง ในวันปลูกที่ 2 พบว่าการทำนายดัชนีพื้นที่ใบของแบบจำลอง ในช่วงแรกของการพัฒนามีค่ามากกว่าวัดได้จริง แต่พื้นที่ใบสูงสุดวัดได้จริงมากกว่า และแบบจำลองทำนายระยะเวลาที่ค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดถึงระยะเก็บเกี่ยวยาวนานเช่นเดียวกับวันปลูกที่ 1 ทำให้ระยะเวลาในการสังเคราะห์แสงยาวนาน อาจจะทำให้ผลผลิตที่ได้จากการทำนายมีค่ามากกว่าความเป็นจริงได้

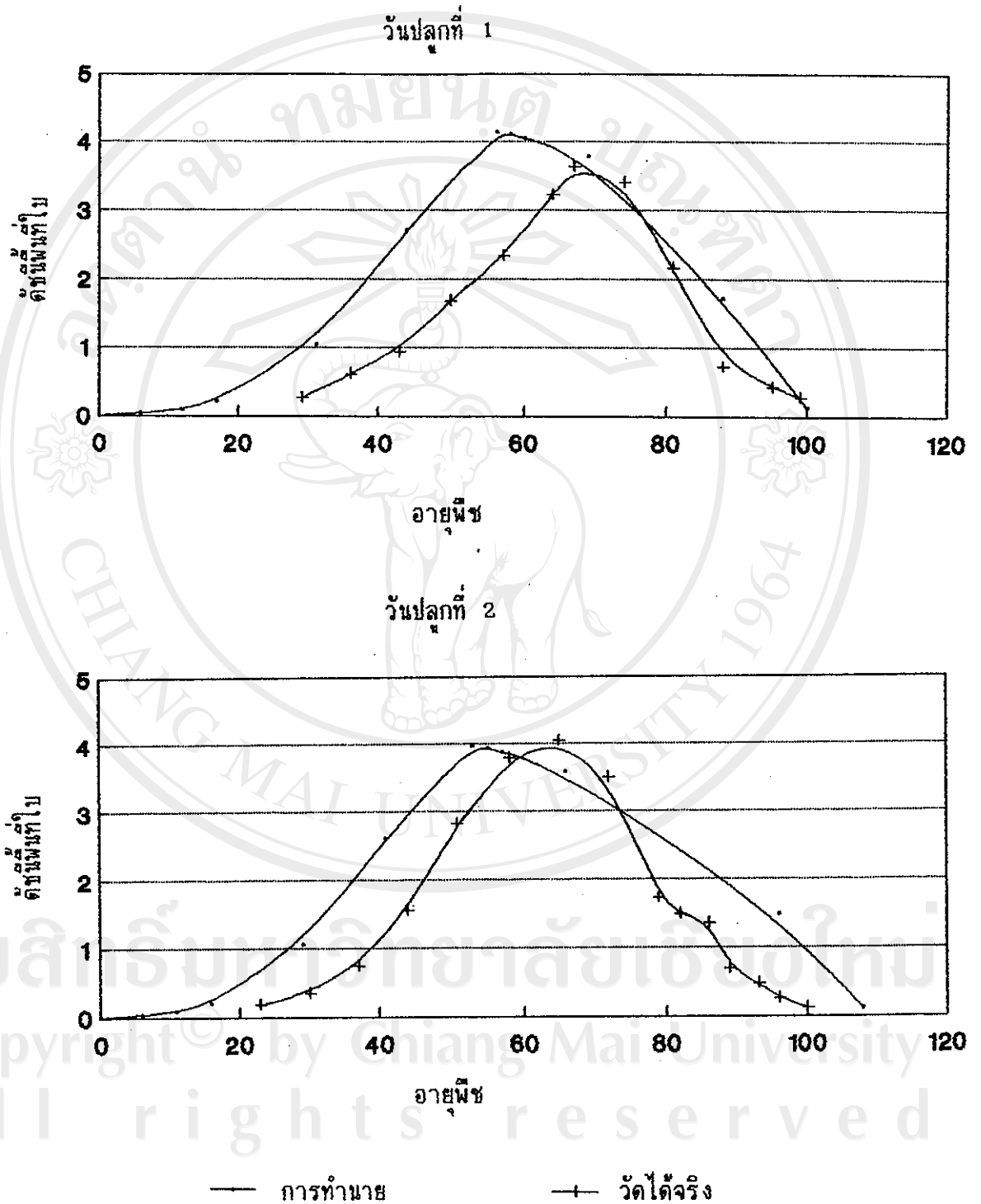
ในสถานการณ์ปลูกที่มีการขาดน้ำช่วงการสร้างเมล็ด การเพิ่มของดัชนีพื้นที่ใบที่ได้มาจากการทำนายยังเป็นไปในลักษณะเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับที่วัดได้จริงในสนาม ทั้ง 2 วันปลูกคือ ในวันปลูกที่ 1 แบบจำลองทำนายดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดที่อายุพืชประมาณ 55 วัน และการวัดได้จริง ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดจะอยู่ในช่วงพืชอายุประมาณ 65-75 วัน ในขณะที่อายุการเก็บเกี่ยวทั้งการประมาณค่าของแบบจำลองและจากการวัดได้ประมาณ 100 วัน เช่นกัน ดังนั้นการสังเคราะห์แสงที่ได้จากการทำนายจากดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดถึงระยะเก็บเกี่ยวช้อมยาวนานกว่า ในวันปลูกที่ 2 การเพิ่มของดัชนีพื้นที่ใบของการทำนายจะมากกว่าวัดได้จริงในช่วงแรกของการพัฒนาการ แต่ดัชนีพื้นที่ใบถึงจุดสูงสุดในปริมาณใกล้เคียงกัน และดัชนีพื้นที่ใบในช่วงหลังของการพัฒนาการที่วัดได้จริง มีค่าน้อยกว่าการทำนาย การสังเคราะห์แสงในช่วงหลังนี้ช้อมน้อยกว่าการทำนาย

พันธุ์ OCB

ในสถานการณ์ปลูกที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก การเพิ่มขึ้นของดัชนีพื้นที่ใบ มีลักษณะคล้ายกับพันธุ์ สจ. 5 คือ การทำนายดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดของแบบจำลองใช้เวลาเร็วกว่าวัดได้จริงทั้ง 2 วันปลูก แม้ว่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดจากการวัดในสนามมีค่ามากกว่าการทำนาย



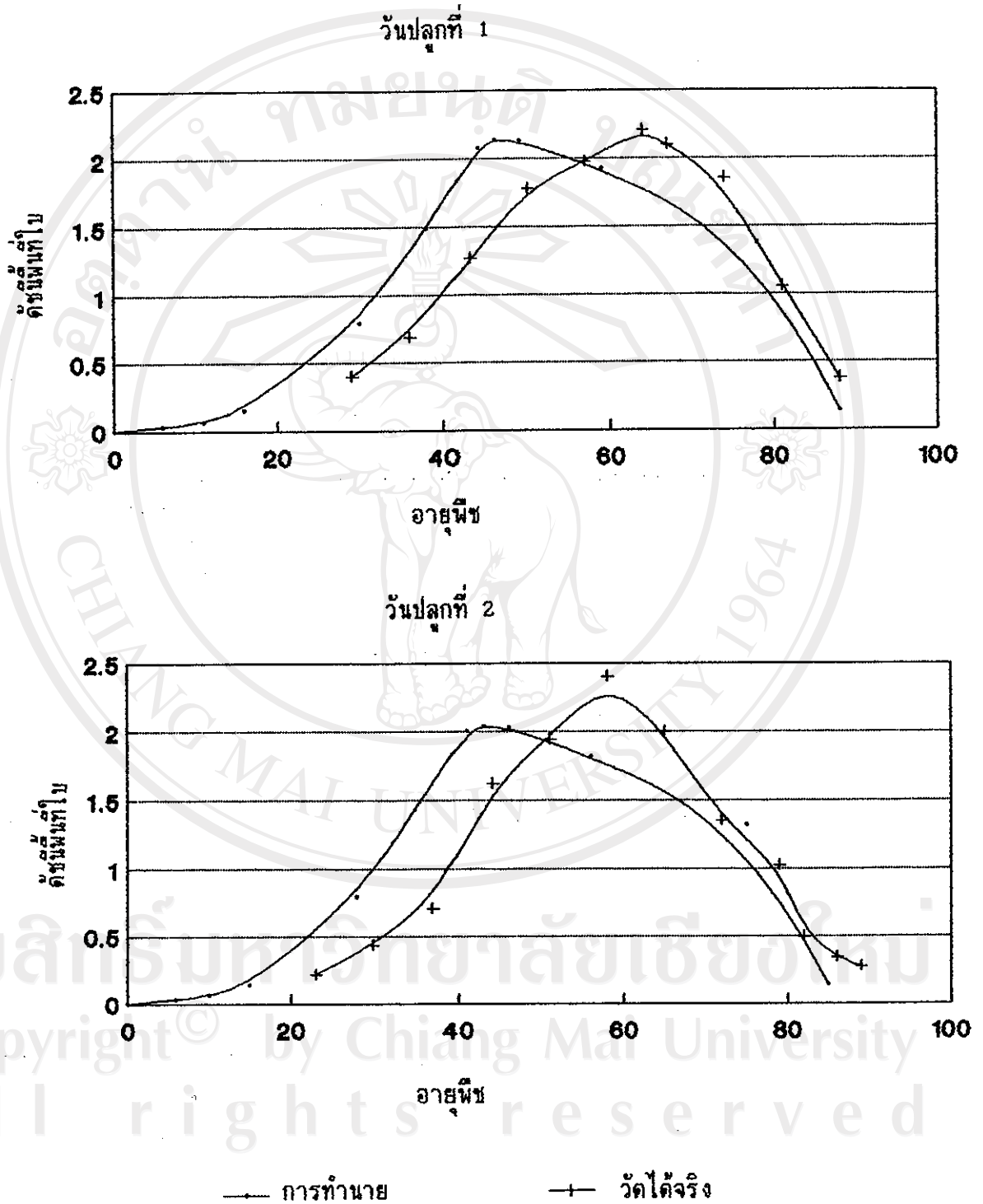
ภาพที่ 5 เปรียบเทียบดัชนีพื้นที่ใบที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้ในสนาม ในสภาพที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูกของพันธุ์ สจ.5



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบค่านีพื้นที่ใบที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้ในสนาม ในสภาพขาดน้ำระยะสร้างเมล็ดของพันธุ์ สจ.5

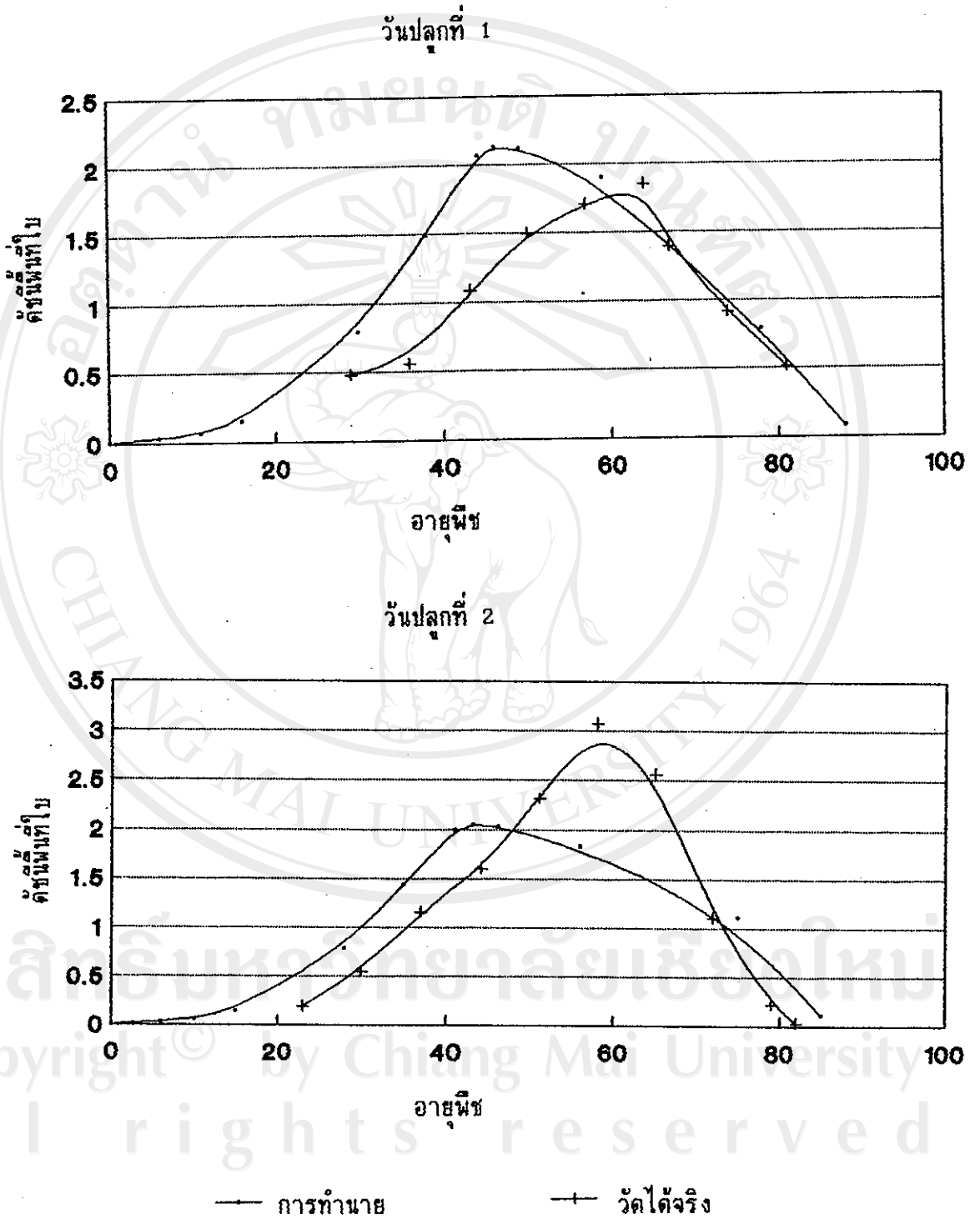
ของแบบจำลองในวันปลูกที่ 2 แต่ระยะเวลาจากดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดถึงระยะเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วันปลูกจากการประมาณค่าของแบบจำลองยาวนานกว่าความเป็นจริง ทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชจากการประมาณค่าของแบบจำลองมากกว่าความเป็นจริง

ในสถานการณ์ปลูกที่มีการขาดน้ำในระหว่างการสร้างเมล็ดทั้ง 2 วันปลูก แบบจำลองทำนายการเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบในช่วงแรกของการพัฒนาการของพืช มากกว่าที่วัดได้จริงในสนาม และมีระยะเวลาที่มีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด ถึงระยะเก็บเกี่ยวยาวนานกว่าค่าที่วัดได้จริง แต่ค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองนั้น แตกต่างจากค่าที่วัดได้จริงในสนามคือ ในวันปลูกที่ 1 การทำนายของแบบจำลองทำนายค่าสูงสุดมากกว่าความเป็นจริง ในขณะที่วันปลูกที่ 2 นั้น ค่าที่วัดได้จริงในสนามมีค่ามากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะประจำพันธุ์ เกี่ยวกับการเพิ่มจำนวนใบต่อวันทางสรีรวิทยาที่ใช้เป็นลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ Vicoja ซึ่งพันธุ์นี้อาจจะมีการตอบสนองต่อความยาวกลางวัน และอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปในสถานการณ์ปลูกถั่วเหลืองหลังข้าวในที่ราบลุ่มเชียงใหม่แตกต่างไปจากพันธุ์ สจ.5 และ OCB



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบดัชนีพื้นที่ใบที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้ในสนาม ในสภาพที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูกของพันธุ์ OCB





ภาพที่ 8 เปรียบเทียบดัชนีพื้นที่ใบที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้ในสนาม ในสภาพขาดน้ำระยะสร้างเมล็ดของพันธุ์ OCB

## อัตราการเจริญเติบโตหรือการสะสมน้ำหนักแห้ง

### พันธุ์ สจ.5

ในสถานการณ์ปลูกที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก พบว่า ในวันปลูกที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองในแต่ละวันมีค่าเท่ากับ 93.11 กก.ต่อเฮกตาร์ สำหรับค่าที่วัดได้จริง (ตารางที่ 9) แต่แบบจำลองทำนายอัตราการเจริญเติบโตไว้มากกว่าความเป็นจริง โดยทำนายไว้ 109.6 กก.ต่อเฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปลูกในวันปลูกที่ 2 พบว่า อัตราการเจริญเติบโต ที่ได้จากการคาดคะเนของแบบจำลองในแต่ละวันมีค่าเท่ากับ 99.69 กก.ต่อเฮกตาร์ แต่การวัดในสนามมีค่ามากกว่าคือ 135.85 กก.ต่อเฮกตาร์

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทำนายและวัดได้จริงในช่วงการปลูก 20 ตัวอย่าง ในสถานการณ์ปลูกที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก ในวันปลูกที่ 1 โดยวิธีวิเคราะห์แบบ regression เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นอัตราส่วน 1:1 ของค่าการทำนายของแบบจำลองกับค่าสังเกต พบว่า สัดส่วนของการประเมินค่าของแบบจำลองกับที่วัดได้จริงเท่ากับ 0.88 (ความชัน = 0.88) และการทำนายค่าของการเพิ่มน้ำหนักแห้งมากกว่าความเป็นจริง 1145.26 กก.ต่อเฮกตาร์ (Y-intercept = 1145.26) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.91 สำหรับวันปลูกที่ 2 นั้น จากการเก็บตัวอย่างของข้อมูล 30 ตัวอย่าง พบว่า สัดส่วนการทำนายค่าของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จริงเท่ากับ 0.80 และประมาณค่าของการเพิ่มน้ำหนักแห้งมากกว่าความเป็นจริง 927.76 กก.ต่อเฮกตาร์ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.96 (ภาพที่ 9)

ในสถานการณ์ปลูกที่มีการขาดน้ำในช่วงสร้างเมล็ด พบว่า ในวันปลูกที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตที่วัดได้ในสนามมีค่ามากกว่าการปลูกในสถานการณ์ที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 110.73 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน และการทำนายของแบบจำลองมีค่ามากกว่าวัดได้จริง โดยคาดคะเนไว้ 119.14 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน (ตารางที่ 9) ในวันปลูกที่ 2 การวัดค่าที่วัดได้จริงในสนาม มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าสถานการณ์ปลูกที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก โดยมีค่าเท่ากับ 102.33 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน

ตารางที่ 9 อัตราการเจริญเติบโต (Crop Growth Rate, CGR) ของ ถั่วเหลืองพันธุ์  
 สจ.5 และพันธุ์นครสวรรค์ 1 (OCB) ในสถานการณ์ปลูก 2 วันปลูก และมี  
 การให้น้ำ 2 ลักษณะ (ทำการวัดก่อนการสร้างเมล็ด, R5)

หน่วย : กก.ต่อเอเคตาร์ต่อวัน

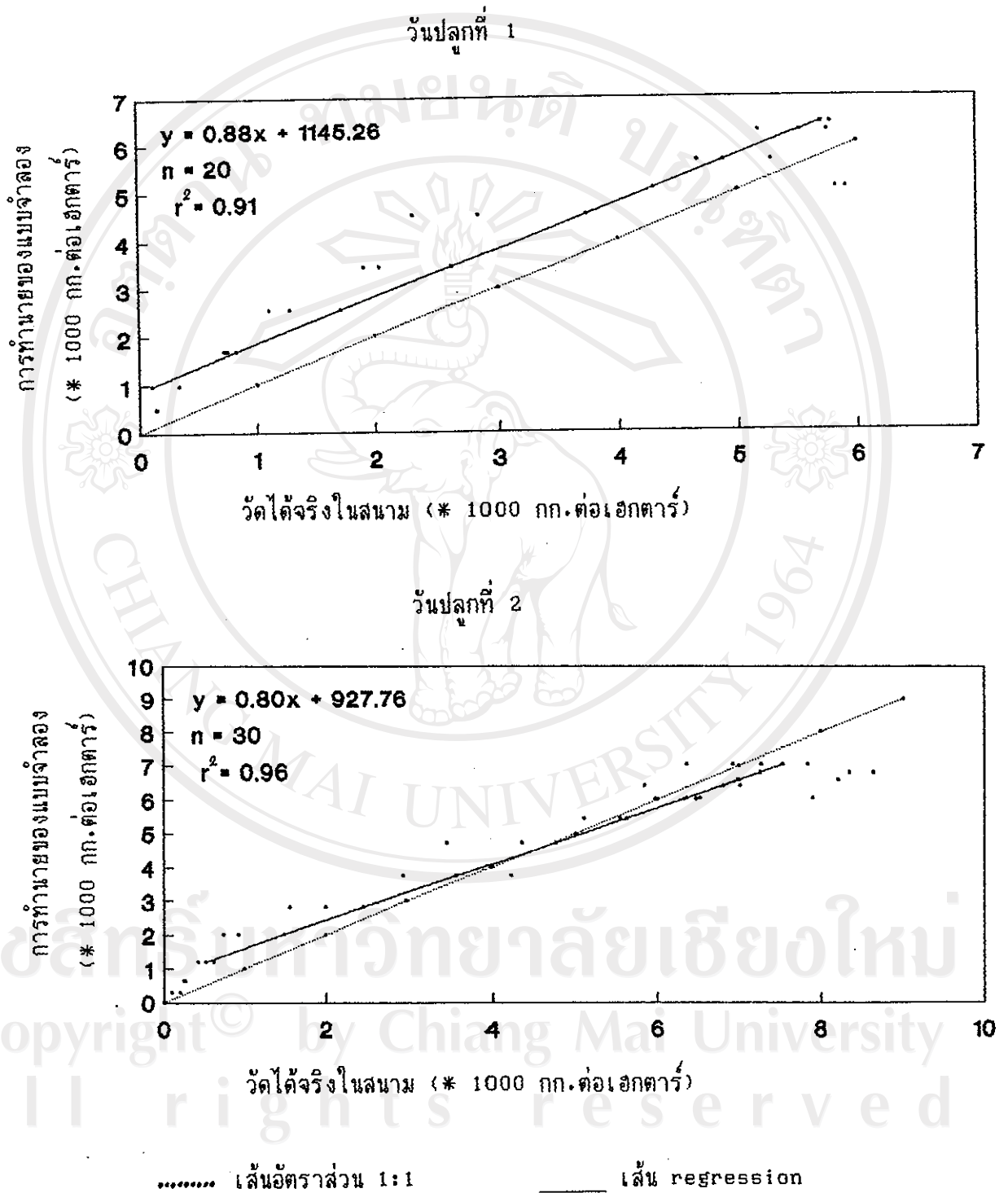
การให้น้ำ	วันปลูก		พันธุ์	
			สจ.5	OCB
W1	P1	การทำนาย	109.60	84.38
		วัดได้จริง	93.11	91.93
	P2	การทำนาย	99.69	78.87
		วัดได้จริง	135.85	105.19
W2	P1	การทำนาย	119.14	86.79
		วัดได้จริง	110.73	103.26
	P2	การทำนาย	112.92	90.83
		วัดได้จริง	102.33	114.37

W1 = มีการให้น้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก

W2 = ให้น้ำเหมือน W1 แต่หยุดการให้น้ำในระยะสร้างเมล็ด

P1 = ปลูกวันที่ 2 มกราคม 2531

P2 = ปลูกวันที่ 22 มกราคม 2531



ภาพที่ 9 น้ำหนักแห้งที่ได้รับระหว่างวัดได้จริงในสนามกับการให้น้ำของแบบจำลอง  
 ในสถานการณ์ปลูกที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูกของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5

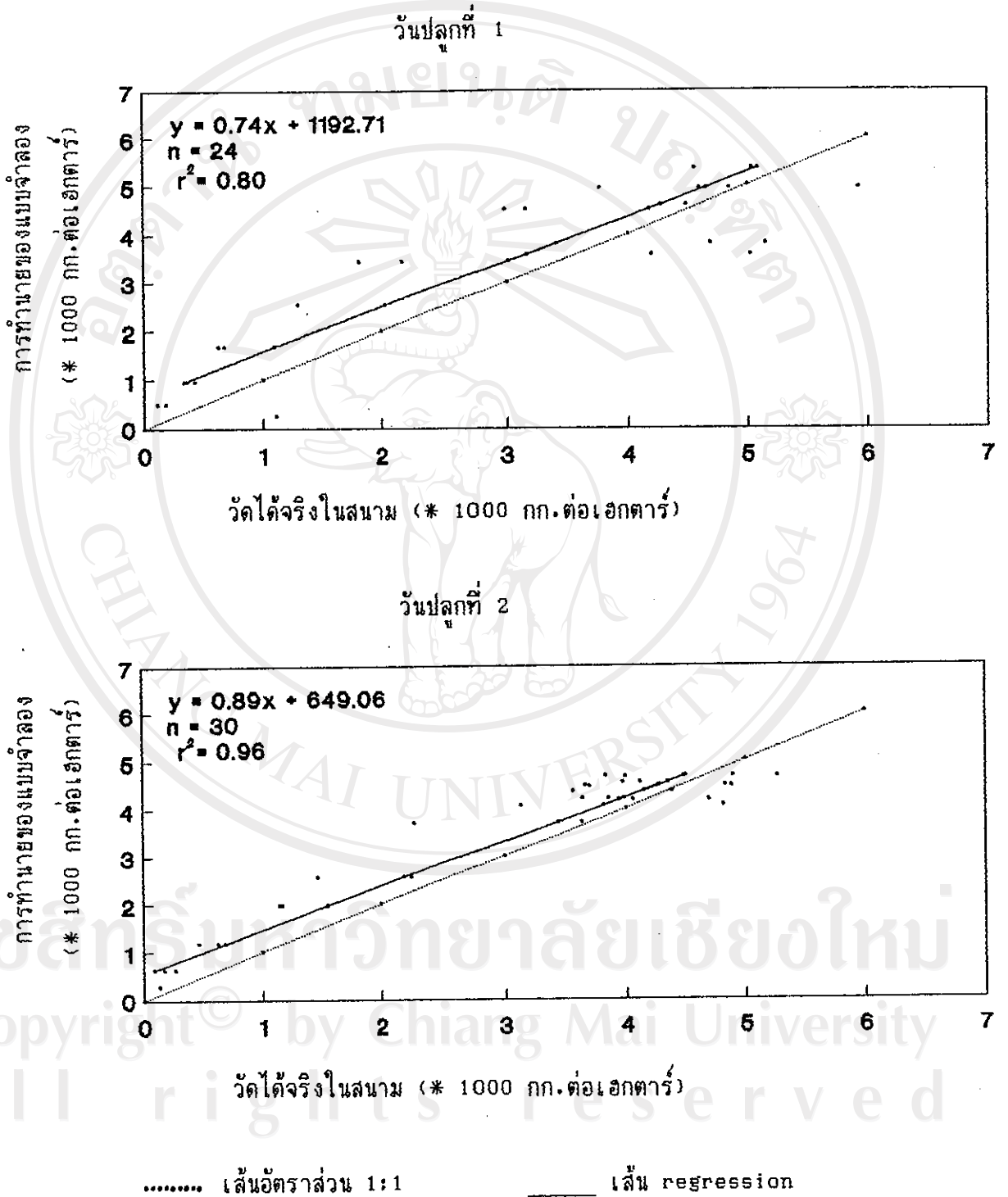
แต่การคาดคะเนของแบบจำลอง พบว่า อัตราการเจริญเติบโตมีมากกว่าการทำนายอัตรา  
การเจริญเติบโตในสถานการณ์ปลูกที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก โดยประมาณค่าไว้เท่ากับ  
112.92 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้ในสนามจำนวน  
24 ตัวอย่างตลอดฤดูปลูก พบว่า สัดส่วนของค่าที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองกับค่าที่  
วัดได้จริงเท่ากับ 0.74 และแบบจำลองทำนายน้ำหนักแห้งมากกว่าความเป็นจริง  
1192.71 กก.ต่อเฮกตาร์ และมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.80 ในวันปลูกที่ 2 จากการเก็บข้อ  
มูล 30 ตัวอย่าง พบว่า สัดส่วนของการประเมินค่าของแบบจำลองกับวัดได้จริงในสนามเท่า  
กับ 0.88 และการประมาณค่าการเพิ่มน้ำหนักแห้งของแบบจำลองมากกว่าความเป็นจริง  
649.06 กก.ต่อเฮกตาร์ และมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.96 (ภาพที่ 10)

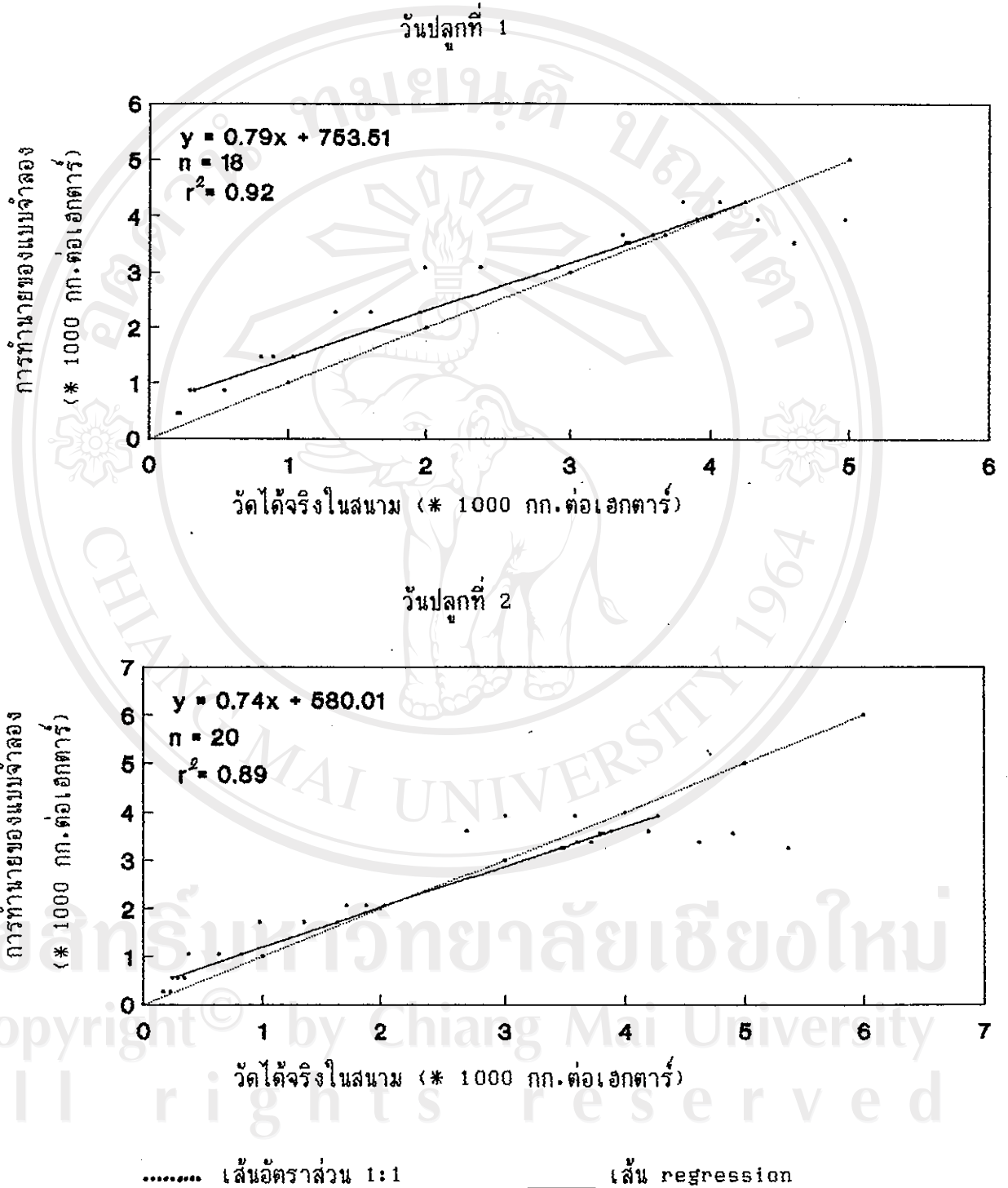
#### พันธุ์ OCB

ในสถานการณ์ปลูกที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก ในวันปลูกที่ 1 พบว่า อัตราการเจริญ  
เติบโตที่วัดได้จริง และการประมาณค่าของแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 91.93 และ 84.34  
กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปลูกในวันปลูกที่ 2 พบว่า  
อัตราการเจริญเติบโตที่วัดได้ในสนามเพิ่มขึ้นจาก 91.93 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวันเป็น  
105.19 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน แต่การคาดคะเนของแบบจำลองกลับลดลงประมาณ 5.5  
กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน โดยมีค่าเท่ากับ 78.87 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน (ตารางที่ 9)

เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี linear regression เพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่าที่  
ได้จากการทำนายของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จริงในสนาม พบว่า ในวันปลูกที่ 1 สัดส่วน  
ของการประเมินค่ากับค่าที่วัดได้ในสนามเท่ากับ 0.79 และแบบจำลองทำนายการเพิ่มน้ำ  
หนักแห้งมากกว่าความเป็นจริง 753.51กก.ต่อเฮกตาร์ และมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.92  
ในขณะที่ วันปลูกที่ 2 นั้น สัดส่วนของค่าที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้  
จริงเท่ากับ 0.74 และมีการเพิ่มน้ำหนักแห้งมากกว่าค่าที่วัดได้จริงในสนาม 580.01 กก.  
ต่อเฮกตาร์ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.89 (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 10    น้ำหนักแห้งที่ได้ระหว่างวัดได้จริงในสนามกับการให้น้ำของแบบจำลอง  
 ในสถานการณ์ปลูกที่มีการขาดน้ำในระยะสร้างเมล็ดของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5



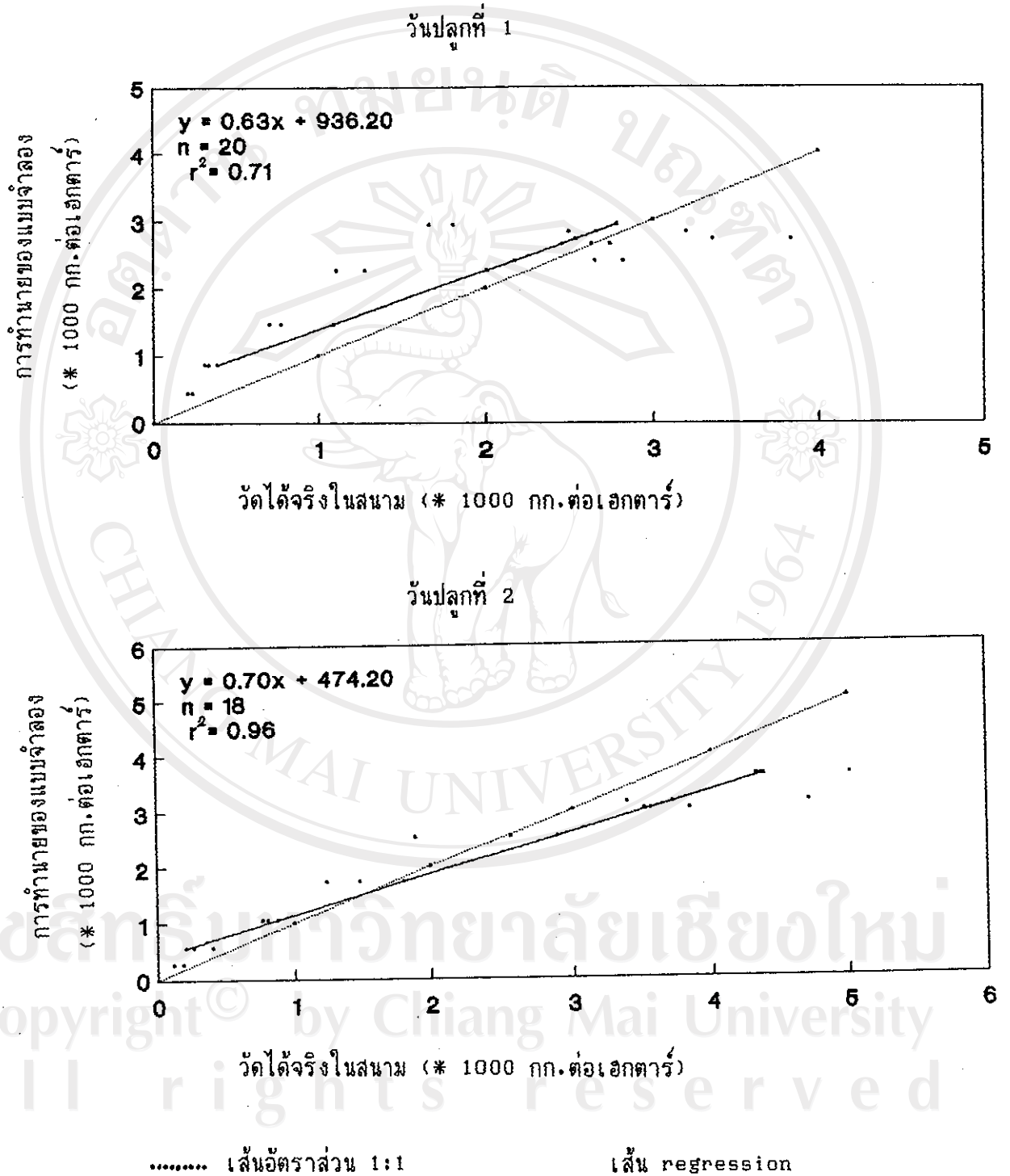
ภาพที่ 11    น้ำหนักแห้งที่ได้ระหว่างวัดได้จริงในสนามกับการทำนายของแบบจำลอง  
 ในสถานการณ์ปลูกที่มีน้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูกของถั่วเหลืองพันธุ์ OCB

ในสถานการณ์ปลูกที่มีการขาดน้ำในช่วงการสร้างเมล็ด ในวันปลูกที่ 1 พบว่า ค่าที่วัดได้จริงในสนามมีค่ามากกว่าการทำนายของแบบจำลอง โดยอัตราการเจริญเติบโตที่วัดได้จริงมีค่าเท่ากับ 109.26 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน และ 86.8 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน สำหรับการคาดคะเนของแบบจำลอง สำหรับวันปลูกที่ 2 นั้น การวัดได้จริงกับการคาดคะเนของแบบจำลองพบว่า อัตราการเจริญเติบโตมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าวันปลูกที่ 1 โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 114.37 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน และ 90.83 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อวัน สำหรับการวัดในสนามและการประมาณค่าของแบบจำลอง ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

จากการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จริงในสนาม และวิเคราะห์ด้วยวิธีการ linear regression สำหรับวันปลูกที่ 1 พบว่า สัดส่วนของการประมาณค่าของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จริงเท่ากับ 0.63 โดยที่แบบจำลองคาดคะเนการเพิ่มน้ำหนักแห้งมากกว่าความเป็นจริง 936.20 กก.ต่อเฮกตาร์ โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.71 และวันปลูกที่ 2 นั้น พบว่า สัดส่วนของค่าที่ได้จากการทำนายของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้ในสนามเท่ากับ 0.70 ในขณะที่แบบจำลองประมาณค่าของการเพิ่มน้ำหนักแห้งมากกว่าความเป็นจริง 474.20 กก.ต่อเฮกตาร์ และมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.96 (ภาพที่ 12)

จากการเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตที่ได้จากการวัดจริงในสนาม และการทำนายค่าของแบบจำลองพบว่า ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต การสะสมน้ำหนักแห้งที่ได้จากการทำนายของแบบจำลอง จะมีค่ามากกว่าค่าที่วัดได้จริงในสนาม ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการใช้ลักษณะประจำพันธุ์ในกลุ่มการปลูกที่ 10 (vicoja) โดยใช้อัตราการเพิ่มใบประกอบ (trifoliolate) ต่อวันเท่ากับ 0.38 ใบต่อวัน ขนาดของใบข้อที่ 8-10 เท่ากับ 176.75 และ 165.04 ตร.ซม.ต่อใบ สำหรับพันธุ์สจ.5 และ OCB ตามลำดับ และพื้นที่ใบจำเพาะหลังจาก V-5 เท่ากับ 309.14 ตร.ซม.ต่อกรัมในพันธุ์สจ.5 และ 290.25 ตร.ซม.ในพันธุ์ OCB ซึ่งค่าเหล่านี้เป็นลักษณะประจำพันธุ์ที่ยังไม่ได้ศึกษา เช่น จำนวนใบ trifoliolate ต่อวัน และขนาดของใบข้อที่ 8-10 และค่าทางอย่างอาจทำการศึกษาแล้ว แต่ยังไม่สามารถแสดงออกมาได้อย่างเด่นชัด เช่น พื้นที่ใบจำเพาะ เป็นต้น ดังนั้นควรทำการศึกษาถึงลักษณะประจำพันธุ์ก่อน ให้เด่นชัดแน่นอน จึงจะสามารถทำนายอัตราการเจริญเติบโตได้อย่างแม่นยำต่อไป





ภาพที่ 12    น้ำหนักแห้งที่ได้ระหว่างวัดได้จริงในสนามกับการทำนายของแบบจำลอง  
 ในสถานการณ์ปลูกที่มีการขาดน้ำในระยะสร้างเมล็ดของถั่วเหลืองพันธุ์ OCB

### การเจริญเติบโตและผลผลิตในสภาพน้ำสมบูรณ์

จากตารางที่ 10 พบว่า ในการทำนายนในช่วงวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 2 ผลผลิตของพันธุ์ สจ.5 และพันธุ์ OCB ยังแตกต่างจากการทำนายนมาก ในการทดสอบวันปลูกที่ 1 แบบจำลองทำนายนพัฒนาการในระยะแรกได้ดี แต่ทำนายนวันปลูกแก่ทางลรีวิทยาเร็วไป 13 วัน ทั้งนี้ข้อมูลค่าพัฒนาการของพืชตัดแปลงมาจากลักษณะประจำพันธุ์ของพันธุ์ Vicoja สำหรับการทำนายนผลผลิตของแบบจำลองในพันธุ์ สจ.5 นั้น สูงกว่าความเป็นจริงประมาณ 8.4 เปอร์เซ็นต์ และทำนายนจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรมากกว่าความเป็นจริงประมาณ 28.0 เปอร์เซ็นต์ แต่คาดคะเนน้ำหนักของชีวมวลต่ำกว่าที่วัดในสนามประมาณ 22.5 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองทำนายนดัชนีพื้นที่ใบในระยะแรกของการเจริญเติบโตมากกว่าค่าที่วัดได้จริงในสนาม ทำให้มีการสังเคราะห์แสงมากกว่าความเป็นจริง ซึ่งส่งผลกระทบต่อให้การทำนายนการสะสมน้ำหนักแห้งสูงกว่าความเป็นจริง จึงมีการเคลื่อนย้ายอาหารไปยังเมล็ดได้มากกว่าความเป็นจริง อย่างไรก็ตามแบบจำลองประมาณค่าน้ำหนักต่อเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝัก และดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ส่วนในวันปลูกที่ 2 ของพันธุ์ สจ.5 นั้น การประมาณค่าการพัฒนาการตลอดฤดูปลูกใกล้เคียงกับความเป็นจริง และแบบจำลองทำนายนวันปลูกแก่ทางลรีวิทยาได้ตรงกันกับค่าที่วัดได้จริงในสนาม ในขณะที่แบบจำลองทำนายนผลผลิต และจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรมากกว่าความเป็นจริงประมาณ 41.1 และ 32.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เพราะมีการสะสมน้ำหนักแห้งในช่วงแรกมากกว่าความเป็นจริง แต่คาดคะเนน้ำหนักชีวมวลได้น้อยกว่าค่าที่วัดได้จริงโดยมีความแตกต่างกันประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ สำหรับน้ำหนักเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝัก และดัชนีพื้นที่ใบ แบบจำลองประมาณค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริง

สำหรับพันธุ์ OCB นั้น(ตารางที่ 11) ในการทดสอบวันปลูกที่ 1 พบว่า แบบจำลองทำนายนพัฒนาการของพืชได้ใกล้เคียงกับการวัดในสนาม แต่แบบจำลองทำนายนผลผลิตสูงกว่าความเป็นจริงประมาณ 28.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การทำนายนน้ำหนักชีวมวลของแบบจำลองน้อยกว่าความเป็นจริงประมาณ 11.6 เปอร์เซ็นต์ และการคาดคะเนจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรมากกว่าความเป็นจริงประมาณ 43.4 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากแบบจำลองทำนายนดัชนีพื้นที่ใบในช่วงแรกมากกว่า ทำให้มีการสังเคราะห์แสงมากกว่าความเป็นจริง

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลอง SOYPRO กับผลที่วัดได้จริง ในสภาพที่มีการให้น้ำสมบูรณ์ตลอด ฤดูปลูกของพันธุ์ สจ.5

	วันปลูกที่ 1		วันปลูกที่ 2	
	ทำนาย	วัดได้จริง	ทำนาย	วัดได้จริง
ออกดอก <sup>1/</sup>	44	48	41	41
ฝักแรก <sup>1/</sup>	56	54	53	51
ฝักเต็มที่ <sup>1/</sup>	58	58	55	53
ลูกแก่ทางสรีรวิทยา <sup>1/</sup>	88	101	96	96
น้ำหนักเมล็ด (กก.ต่อเฮกตาร์)	2770	2537	3490	2056
น้ำหนักเมล็ด (ก.)	.100	.127	.139	.122
จำนวนเมล็ด (เมล็ดต่อตร.ม.)	2767	1992	2507	1692
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	2.50	2.00	2.50	2.00
ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด	4.16	4.35	4.04	4.90
ชีวมวลที่ R8 (กก.ต่อเฮกตาร์)	5010	6465	5790	6228
ดัชนีเก็บเกี่ยว	.553	.392	.603	.380

1/ จำนวนวันหลังปลูก

จึงมีการสะสมน้ำหนักแห้งมากกว่าหรือมีแหล่งอาหาร (source) อย่างพอเพียงต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต (sink) ได้มากกว่าความเป็นจริง สำหรับน้ำหนักต่อเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝักและดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด แบบจำลองประมาณค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลอง SOYGR0 กับผลที่วัดได้จริง ในสภาพที่มีการให้น้ำสมบูรณ์ตลอด ฤดูแล้งของพันธุ์ OCB

	วันปลูกที่ 1		วันปลูกที่ 2	
	ทำนาย	วัดได้จริง	ทำนาย	วัดได้จริง
ออกดอก <sup>1/</sup>	38	38	35	38
ฝักแรก <sup>1/</sup>	44	44	41	40
ฝักเต็ม <sup>1/</sup>	46	46	43	43
สัปดาห์ทางสรีรวิทยา <sup>1/</sup>	78	81	75	82
น้ำหนักเมล็ด (กก.ต่อเฮกตาร์)	2160	1545	2010	1659
น้ำหนักเมล็ด (ก.)	.096	.121	.095	.142
จำนวนเมล็ด (เมล็ดต่อตร.ม.)	2261	1280	2121	1167
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	2.70	2.00	2.70	2.00
ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด	2.14	2.49	2.04	3.66
ชีวมวลที่ R8 (กก.ต่อเฮกตาร์)	3530	3995	3250	4970
ดัชนีเก็บเกี่ยว	.612	.387	.618	.334

1/ จำนวนวันหลังปลูก

ในการทดสอบวันปลูกที่ 2 ของพันธุ์ OCB นั้น แบบจำลองทำนายการพัฒนาการน้อยกว่าความเป็นจริงมาก โดยประมาณวันสัปดาห์ทางสรีรวิทยาชยาวนานกว่า 7 วัน แบบจำลองทำนายผลผลิตและจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรมากกว่าการวัดในสนามประมาณ 17.5 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองทำนายดัชนีพื้นที่ใบและการสะสมน้ำหนักแห้งในช่วงแรกมากกว่าวัดได้จริงในสนาม ทำให้มีการสร้างจำนวนเมล็ดต่อ

ตารางเมตรและผลผลิตได้มากกว่าค่าที่วัดได้จริง แต่การประมาณค่าน้ำหนักชีวมวลของแบบจำลองนั้นน้อยกว่าความเป็นจริงประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการคาดคะเนน้ำหนักต่อเมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อฝัก พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการวัดในสนาม

### การเจริญเติบโตและผลผลิตในสภาพการขาดน้ำ

จากตารางที่ 12 พบว่า ในการทำนายช่วงวันปลูกที่ 1 ของพันธุ์ สจ.5 นั้น ในช่วงแรกของการพัฒนาการ แบบจำลองทำนายดัชนีพื้นที่ใบ และการสะสมน้ำหนักแห้งมากกว่าความเป็นจริง ทำให้แบบจำลองประมาณค่าของผลผลิตและจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรสูงกว่าความเป็นจริงประมาณ 8.2 และ 40.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทำนายพัฒนาการของพืชของแบบจำลองพบว่าวันสุกแก่ทางสรีรวิทยามีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยมีความแตกต่างกัน 4 วัน สำหรับการคาดคะเนน้ำหนักของชีวมวลต่ำกว่าการวัดในสนามประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามการประมาณค่าของแบบจำลองเกี่ยวกับน้ำหนักต่อเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝัก และดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ในสนามมีค่าใกล้เคียงกัน

การทดสอบในวันปลูกที่ 2 ของพันธุ์ สจ.5 นั้น มีลักษณะคล้ายกันกับวันปลูกที่ 1 คือ การทำนายพัฒนาการใกล้เคียงกับการวัดในสนาม การประมาณค่าของผลผลิตและจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรมากกว่าความเป็นจริง 31.5 และ 45.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่คาดคะเนน้ำหนักของชีวมวลลดลงประมาณ 9.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทำนายน้ำหนักต่อเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝักของแบบจำลอง พบว่าใกล้เคียงกับการวัดในสนาม

สำหรับพันธุ์ OCB (ตารางที่ 13) ในการทดสอบวันปลูกที่ 1 แบบจำลองทำนายพัฒนาการในระยะแรกได้มีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงโดยทำนายวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาเข้าไป 4 วัน สำหรับการประมาณค่าน้ำหนักต่อเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝักนั้น การประมาณค่ายังมีค่าแตกต่างกับความเป็นจริงอยู่ แต่การคาดคะเนผลผลิตนั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ในสนาม โดยมีความแตกต่างกันเพียง 5.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การทำนายจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร มีความแตกต่างในการประมาณค่าถึง 62.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการ

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลอง SOYPRO กับผลที่วัดได้จริง ในสภาพ  
ที่หยุดให้น้ำเมื่อถึงระยะสร้างเมล็ดของพันธุ์ สจ.5

	วันปลูกที่ 1		วันปลูกที่ 2	
	ทำนาย	วัดได้จริง	ทำนาย	วัดได้จริง
ออกดอก <sup>1/</sup>	44	43	41	41
ฝักแรก <sup>1/</sup>	56	55	53	51
ฝักเต็มที <sup>1/</sup>	58	58	55	53
สีกแก่ทางสิริวิทยา <sup>1/</sup>	88	92	96	92
น้ำหนักเมล็ด (กก.ต่อเฮกตาร์)	1410	1295	1630	1116
น้ำหนักเมล็ด (ก.)	.051	.079	.065	.082
จำนวนเมล็ด (เมล็ดต่อตร.ม.)	2766	1647	2504	1358
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	2.50	2.00	2.50	2.00
ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด	4.13	4.15	3.97	4.39
ชีวมวลที่ R8 (กก.ต่อเฮกตาร์)	3520	4608	3610	3975
ดัชนีเก็บเกี่ยว	.333	.281	.452	.281

1/ จำนวนวันหลังปลูก

สังเกต พบว่า มีการชดเชยกันของผลผลิต ในการประมาณค่าของน้ำหนักเมล็ด โดยแบบจำลองทำนายน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 0.041 กรัม ในขณะที่ค่าที่วัดได้จริงในสนามมีค่าเท่ากับ 0.102 กรัมต่อเมล็ด สำหรับน้ำหนักของชีวมวลนั้นการทำนายของแบบจำลองน้อยกว่า 22.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลอง SOYGRO กับผลที่วัดได้จริง ในสภาพที่  
หยุดให้น้ำเมื่อถึงระยะสร้างเมล็ดของพันธุ์ OCB

	วันปลูกที่ 1		วันปลูกที่ 2	
	ทำนาย	วัดได้จริง	ทำนาย	วัดได้จริง
ออกดอก <sup>1/</sup>	38	38	35	33
ฝักแรก <sup>1/</sup>	44	44	41	40
ฝักเต็ม <sup>1/</sup>	46	46	43	43
สูกแก่ทางสรีรวิทยา <sup>1/</sup>	78	74	75	75
น้ำหนักเมล็ด (กก.ต่อเฮกตาร์)	920	867	1590	1073
น้ำหนักเมล็ด (ก.)	.041	.102	.075	.067
จำนวนเมล็ด (เมล็ดต่อตร.ม.)	2255	850	2126	1602
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	2.70	2.00	2.70	3.00
ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด	2.13	2.03	2.05	3.71
ชีวมวลที่ RB (กก.ต่อเฮกตาร์)	2120	2736	2750	3678
ดัชนีเก็บเกี่ยว	.434	.317	.578	.292

1/ จำนวนวันหลังปลูก

ในการทดสอบวันปลูกที่ 2 ของพันธุ์ OCB พบว่าแบบจำลองทำนายการพัฒนาการ  
ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงอย่างชัดเจน ทั้งการประมาณค่าการพัฒนาการช่วงแรก และ  
การทำนายวันสูกแก่ทางสรีรวิทยา แต่แบบจำลองทำนายค่าของผลผลิตและจำนวนเมล็ดต่อ  
ตารางเมตรสูงกว่าความเป็นจริงประมาณ 32.5 และ 24.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่น  
เดียวกันกับการคาดคะเนดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดพบว่า การทำนายของแบบจำลองมีค่าน้อยกว่า  
ความเป็นจริงในขณะที่การประมาณค่าน้ำหนักเมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อฝัก มีค่าใกล้เคียง  
กับค่าที่วัดได้ในสนาม

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของผลผลิตของถั่วเหลือง ที่ได้จากการทำนายนโดยแบบจำลองและการวัดในสนาม (ตารางที่ 14) พบว่าในช่วงวันปลูกที่ 1 การทำนายนผลผลิตของพันธุ์ สจ.5 ของแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จริงในสนามมีค่าใกล้เคียงกันมาก คือผลผลิตลดลงประมาณ 49.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์ OCB นั้น เปอร์เซ็นต์การลดลงของผลผลิตจากการทำนายนโดยแบบจำลองลดลง 57.4 เปอร์เซ็นต์ การวัดในสนามลดลง 43.9 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงวันปลูกที่ 2 การคาดคะเนผลผลิตที่ลดลงของแบบจำลองกับที่วัดได้จริงของพันธุ์ สจ.5 มีค่าเท่ากับ 53.3 และ 45.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ OCB การลดลงของผลผลิตในการทำนายนของแบบจำลอง มีค่าน้อยกว่าค่าที่วัดได้จากความเป็นจริง โดยค่าที่ได้จากการทำนายลดลง 28.9 เปอร์เซ็นต์ และค่าที่วัดได้จริงลดลง 35.3 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบผลต่างของผลผลิตระหว่างการทำนายนและวัดได้จริงในสนามของพันธุ์ สจ.5 ในวันปลูกที่ 1 พบว่า ทั้ง 2 วิธีการให้น้ำคือ ให้น้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก (W1) กับการหยุดให้น้ำเมื่อถึงระยะสร้างเมล็ด (W2) มีเปอร์เซ็นต์ผลต่างในค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 8.4 และ 8.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับวันปลูกที่ 2 นั้น พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างของผลผลิตระหว่าง W1 และ W2 มีค่าแตกต่างกันประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างเท่ากับ 41.1 เปอร์เซ็นต์ในวิธีการให้น้ำ W1 และ 31.5 เปอร์เซ็นต์ในวิธีการให้น้ำ W2

การเปรียบเทียบของพันธุ์ OCB ในวันปลูกที่ 1 และ 2 พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลต่างของผลผลิตในแต่ละวิธีการให้น้ำมีความแตกต่างกันมาก โดยในวันปลูกที่ 1 วิธีการให้น้ำ W1 มีค่าเท่ากับ 28.5 เปอร์เซ็นต์ ในวิธีการให้น้ำ W2 มีค่าเท่ากับ 5.8 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวันปลูกที่ 2 วิธีการให้น้ำ W1 มีค่าเท่ากับ 17.5 เปอร์เซ็นต์ และวิธีการให้น้ำ W2 มีค่าเท่ากับ 32.5 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งการลดลงของผลผลิตและเปอร์เซ็นต์ผลต่างของผลผลิตนี้ แสดงให้เห็นถึง การตอบสนองของแบบจำลอง SOYGR0 ต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป เช่นในการทดสอบนี้ ผลผลิตจะลดลงในสภาพที่หยุดให้น้ำในระยะสร้างเมล็ด แม้ว่าค่าการลดลงของผลผลิตที่ได้



ตารางที่ 14 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การลดลงของผลผลิตของถั่วเหลือง เมื่อขาดน้ำในช่วงติดฝักถึงเก็บเกี่ยวที่วันปลูกต่างๆ

	วันปลูกที่ 1			วันปลูกที่ 2			
	ผลผลิต		การเปลี่ยนแปลง	ผลผลิต		การเปลี่ยนแปลง	
	W1	W2		W1	W2		
	<กก.ต่อเฮกตาร์>		%	<กก.ต่อเฮกตาร์>		%	
พันธุ์ <u>SG.5</u>	ทำนายน	2770	1410	-49.1	3490	1630	-53.3
	วัดได้จริง	2537	1295	-49.0	2056	1116	-45.7
	ผลต่าง(%)	-8.41	-8.16		-41.09	-31.53	
พันธุ์ <u>OCB</u>	ทำนายน	2160	920	-57.4	2010	1590	-28.9
	วัดได้จริง	1545	867	-43.9	1659	1073	-35.3
	ผลต่าง(%)	-28.47	-5.76		-17.46	-32.52	

ยังมีความแตกต่างกันอยู่ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก ดัชนีพื้นที่ใบและอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในช่วงแรกของการพัฒนาการ ที่ได้จากการทำนายนของแบบจำลองมีค่ามากกว่าวัดได้จริงในสนาม ทำให้มีแหล่งอาหาร (source) มากกว่า ย่อมมีการเคลื่อนย้ายสารอาหารไปยังเมล็ดได้มากกว่าที่วัดได้จริงในสนาม ประกอบกับความยาวกลางคืนในช่วงการทดสอบแบบจำลองมีความยาวกลางคืนมากกว่าความยาวกลางคืนที่เหมาะสม (เหมาะสม = 11.81 ชม.) จึงทำให้การทำนายนคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง อย่างไรก็ตามแบบจำลอง SOYGRO ได้แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของแบบจำลองต่อสภาพการปลูกถั่วเหลืองหลังข้าวในที่ราบลุ่มเชียงใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไป

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติเกี่ยวกับผลผลิตที่วัดได้จากการทดลองในสนาม พบว่า ความแตกต่างของผลผลิตเนื่องจากพันธุ์ และวันปลูก ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่การหยดให้น้ำแก่ถั่วเหลืองในระยะเริ่มสร้างเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยว มีผลทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองลดลงจากสภาพที่ให้น้ำเต็มที่ยังมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15) ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบของ Wilkerson et al. (1983) ที่แสดงให้เห็นถึง การขาดน้ำของถั่วเหลือง มีผลทำให้พื้นที่ใบลดลง และส่งผลกระทบต่อผลผลิตของถั่วเหลืองที่ได้ลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 15 ผลผลิตเฉลี่ยของถั่วเหลืองภายใต้สภาพการให้น้ำต่างๆ

สภาพการให้น้ำ	ผลผลิต (กก./เอเคอร์)
ให้น้ำสมบูรณ์ตลอดฤดูปลูก	1949.25
หยดให้น้ำในระยะสร้างเมล็ดถึงเก็บเกี่ยว	1087.75
LSB <sub>๐.๐๕</sub>	664.53