ผลการทดลองและวิจารณ์

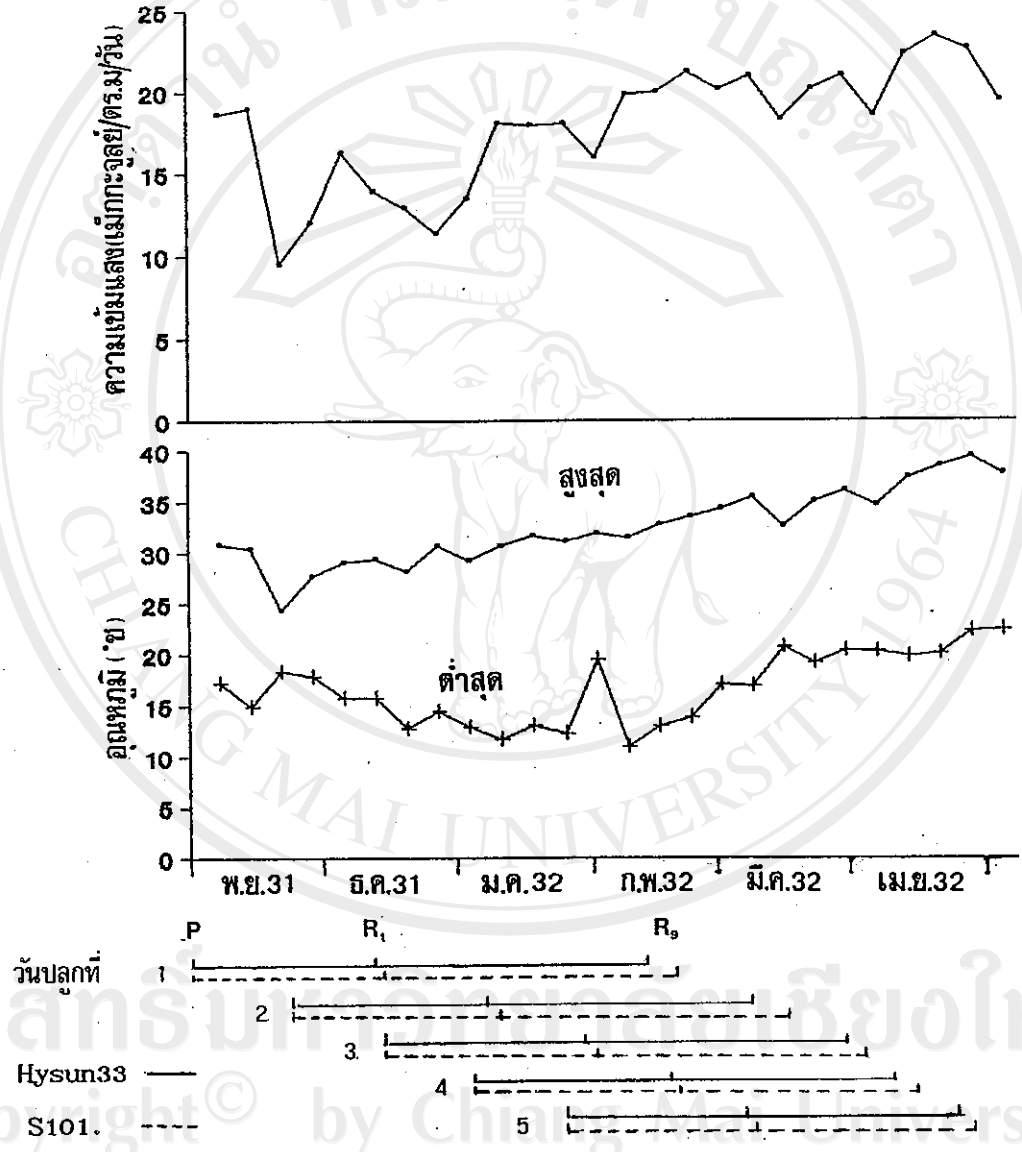
ระยะการเจริญเติบโต การตอบสนองต่ออุณหภูมิและช่วงแสงของทานตะวัน

ทานตะวันพันธุ์ Hysun33 และ S101 ใช้เวลางอกประมาณ 5-7 วัน ยกเว้น วันปลูกที่ 3 และวันปลูกที่ 4 ที่งอกช้ากว่าวันปลูกอื่น 1-3 วัน ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในช่วงนั้นต่ำประมาณ 19-20 องศาเซลเซียส ขณะที่วันปลูกอื่นมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22.5-25.5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1)

สำหรับช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ($P-R_1$) ของทานตะวัน ทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อปลูกวันปลูกเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวันปลูก จะมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 4 วัน (Hysun33 = 41-45 วันหลังปลูก, S101 = 43-47 วันหลังปลูก) ส่วนระยะเวลาในการเจริญเติบโตทางดอกและผล (R_1-R_9) มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ไม่เกิน 7 วันแต่มีความแตกต่างอย่างเด่นชัด ในระหว่างกลุ่มวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 กับกลุ่มวันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 โดยพันธุ์ Hysun33 ใช้เวลา 59-60 วัน กับ 49-51 วัน ส่วนพันธุ์ S101 ใช้เวลา 63-67 วัน กับ 49-55 วันตามลำดับ (ตารางที่ 1)

เมื่อนับจำนวนวันตั้งแต่ปลูก ถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของทานตะวันในวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 จะใช้เวลาใกล้เคียงกัน โดยพันธุ์ Hysun33 ใช้เวลา 103-104 วัน พันธุ์ S101 ใช้เวลา 110-111 วัน ส่วนวันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 ใช้เวลาสั้นลงเหลือ 90-95 วัน สำหรับ Hysun33 และ 92-101 วัน สำหรับ S101 (ตารางที่ 1) แต่เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิสะสม พบว่าไม่ได้มีแนวโน้มลดลงในวันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 เหมือนกับการนับจำนวนวัน (ตารางที่ 2) โดยทั่วไปอุณหภูมิสะสมในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของพันธุ์ S101 มีค่าสูงกว่าของพันธุ์ Hysun33 โดยเฉพาะในช่วงติดดอกออกผลเมื่อพิจารณาทั้งฤดูปลูกพบว่าพันธุ์ S101 ต้องการอุณหภูมิสะสมมากกว่าพันธุ์ Hysun33 ในทุกวันปลูก ความสัมพันธ์ของจำนวนวัน(D) กับอุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1 อุณหภูมิ ความเข้มแสงรายสัปดาห์ และช่วงการเจริญเติบโตของทานตะวัน 2 พันธุ์ ในวันปลูกต่าง ๆ ระหว่างปี 2531-2532 ที่สถานีวิจัยการเกษตรเขตชลประทาน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 จำนวนวัน ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของทานตะวัน ใน 5 วันปลูก (พ.ศ.2531-2532)

ระยะการเจริญเติบโต	วันปลูก (วัน/เดือน)					
	1/11	24/11	13/12	3/01	24/01	S.E
Hysun33						
ปลูก-งอก	5	5	8	6	5	0.58
งอก-R_1	38	40	37	38	36	0.66
R_1-$R_{5.5}$	30	29	29	26	25	0.97
$R_{5.5}$-R_9	30	30	30	25	24	1.36
ปลูก-R_9	103	104	104	95	90	2.85
S101						
ปลูก-งอก	6	6	9	7	6	0.58
งอก-R_1	38	40	38	39	37	0.51
R_1-$R_{5.5}$	33	34	32	26	26	1.74
$R_{5.5}$-R_9	34	31	31	29	23	1.83
ปลูก-R_9	111	111	110	101	92	3.75

R_1 = ระยะเริ่มเห็นดอก มองจากด้านบนจะเห็นเป็นรูปดาวท่ามกลางใบอ่อน

$R_{5.5}$ = 50% ของดอกชั้นในที่บานและได้รับการผสมไปแล้ว

R_9 = กลีบหุ้มขอบจานดอกเหลือง และกลายเป็นสีน้ำตาล หลังจานดอกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ส่วนใหญ่จะถือว่าระยะนี้คือระยะการแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 อุณหภูมิสะสม (GDD) ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของทานตะวันใน 5 วันปลูก (พ.ศ. 2531-2532)

ระยะการเจริญเติบโต	วันปลูก (วัน/เดือน)					
	1/11	24/11	13/12	3/01	24/01	S.E.
Hysun33						
ปลูก-งอก	83	81	101	77	92	4.32
งอก-R_1	559	546	522	548	556	6.51
R_1-$R_{5.5}$	399	417	439	450	482	14.21
$R_{5.5}$-R_9	441	495	570	497	511	20.61
ปลูก-R_9	1482	1539	1632	1572	1641	29.62
S101						
ปลูก-งอก	97	94	120	88	108	5.67
งอก-R_1	550	544	534	572	583	9.07
R_1-$R_{5.5}$	438	488	479	479	510	11.67
$R_{5.5}$-R_9	496	532	584	577	500	18.55
ปลูก-R_9	1581	1658	1717	1716	1701	25.73

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สะสมในระยะตั้งแต่งอกถึง 50% ผสมเกสร ($E\text{-}R_{5.5}$) ของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ แสดงได้โดยสมการ

$D_{Hysun33} = 151.16 - 0.087\ GDD$ $\{ R^2 = 0.87 , \pm S.E.(b_1) = 0.02 \}$

$D_{S101} = 163.16 - 0.092\ GDD$ $\{ R^2 = 0.78 , \pm S.E.(b_1) = 0.03 \}$

จากสมการดังกล่าว สามารถคาดคะเนจำนวนวันในระยะ $E\text{-}R_{5.5}$ ได้ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4

ถึงแม้ว่าทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ใช้เวลาในการเจริญเติบโตตั้งแต่ปลูกถึงเกิดตาดอก ($P\text{-}R_1$) ใกล้เคียงกันในทุกวันปลูก แต่ความยาวนานของวัน (DL) ในช่วงการเจริญเติบโตทางต้นและใบของพันธุ์ Hysun33 มีความสัมพันธ์ต่อระยะเวลาการเกิดตาดอก (R_1) มาก (ตารางที่5) และแสดงได้โดยสมการ

$P\text{-}R_1$(วัน) $= 125.91 - 7.442\ DL$ $\{R^2 = 0.85, \pm S.E.(b_1) = 1.80\}$

ส่วนพันธุ์ S101 นั้นความยาวนานของวัน มีความสัมพันธ์ต่อระยะเวลาการเกิดตาดอกต่ำกว่าพันธุ์ Hysun33 ดังสมการ

$P\text{-}R_1$(วัน) $= 113.36 - 6.163\ DL$ $\{R^2 = 0.60, \pm S.E.(b_1) = 2.88 \}$

ค่าสัมประสิทธิ์เป็นตัวบ่งว่าพันธุ์ลูกผสม Hysun33 มีการตอบสนองต่อช่วงแสง ส่วนพันธุ์ S101 ถึงแม้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ไม่ได้บ่งบอกว่าเป็นพันธุ์ที่ตอบสนองต่อช่วงแสง แต่ข้อมูลระยะเวลาการเกิดตาดอกของทานตะวันทั้งสองพันธุ์แตกต่างกันน้อยมาก การที่ความยาวนานของวัน ในช่วงดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ โดยเฉพาะพันธุ์ S101 ไม่สามารถแสดง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบจำนวนวันในระยะตั้งแต่งอกถึงระยะ 50 เปอร์เซนต์ผสมเกสร ($E\text{-}R_{5.5}$) จากการทดลองกับการคาดคะเนของทานตะวันพันธุ์ Hysun33 ใน 5 วันปลูก

พันธุ์ Hysun33		อายุ (วัน) จาก $E\text{-}R_{5.5}$		GDD
วันปลูก	วันงอก	จากการทดลอง	การคาดคะเน	
1/11/31	6/11/31	68	68	958
24/11/31	29/11/31	69	67	963
13/12/31	21/12/31	66	68	961
3/1/32	9/1/32	64	64	998
24/1/32	29/1/32	61	61	1038
ค่าเฉลี่ย		65.6	65.6	983.60
S.E.		1.44		15.42

จำนวนวัน ($E\text{-}R_{5.5}$) = 151.16 − 0.087 GDD เมื่อ R^2 = 0.87

$\pm$ S.E.(b_1) = 0.02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบจำนวนวันในระยะตั้งแต่งอกถึงระยะ 50 เปอร์เซนต์ผสมเกสร ($E\text{-}R_{5.5}$) จากการทดลองกับการคาดคะเนของทานตะวันพันธุ์ S101 ใน 5 วันปลูก

พันธุ์ S101		อายุ (วัน) จาก $E\text{-}R_{5.5}$		GDD
วันปลูก	วันงอก	จากการทดลอง	การคาดคะเน	
1/11/31	7/11/31	71	72	988
24/11/31	30/11/31	73	70	1018
13/12/31	22/12/31	70	70	1013
3/1/32	10/1/32	65	66	1051
24/1/32	30/1/32	63	63	1093
ค่าเฉลี่ย		68.40	68.2	1032.60
S.E.		1.89		18.13

จำนวนวัน ($E\text{-}R_{5.5}$) = 163.16 - 0.092 GDD เมื่อ R^2 = 0.78

$\pm$ S.E.(b_1) = 0.03

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะการตอบสนองต่อช่วงแสงที่เด่นชัดได้ อย่างไรก็ตามความยาวนานของวัน และอุณหภูมิเฉลี่ย (t) ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมีความสัมพันธ์กันมากและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ($r_{DL,t}$ = 0.925) จึงไม่สามารถจะแยกอิทธิพลของทั้งสองปัจจัยที่มีต่อวันออกดอกได้ ส่วนความแตกต่างของช่วงการเจริญเติบโตระยะติดดอกและผลระหว่างกลุ่มวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 กับกลุ่ม วันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 ของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ (ตารางที่ 5) ควรมีสาเหตุจากอุณหภูมิเฉลี่ย ($r_{R1-R9,t}$ = -0.851) เพราะอุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญในขบวนการของพืช อุณหภูมิเฉลี่ยในระยะดังกล่าวของวันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 สูงกว่าวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 มาก จึงมีผลให้ทานตะวันในวันปลูกที่ 4 ถึงวันปลูกที่ 5 มีการพัฒนาช่วงติดดอกและผลได้เร็วกว่าวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 (ตารางที่ 5) ส่วนความยาวนานของวัน ไม่ควรจะเป็นสาเหตุเพราะทานตะวันได้เข้าสู่ระยะการสืบพันธุ์แล้ว

น้ำหนักแห้งและอัตราการเจริญเติบโตของทานตะวัน

จากภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 2-6 ทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ มีการพัฒนาของใบและลำต้นคล้ายคลึงกัน แต่พันธุ์ S101 มีน้ำหนักแห้งของใบสูงสุดมากกว่าพันธุ์ Hysun33 ในทุกวันปลูก ส่วนน้ำหนักแห้งของลำต้นใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งรวมสูงสุดของลำต้นและใบของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ตั้งแต่วันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันนักในระหว่างวันปลูก แต่จะมีค่าลดลงมากในวันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 โดยวันปลูกที่ 5 มีน้ำหนักแห้งของลำต้นและใบน้อยกว่าวันปลูกอื่นอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการเจริญเติบโตของใบและลำต้นของวันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 สั้นกว่าและมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 (ภาพที่ 3) น้ำหนักแห้งของพืชเป็นผลผลิตที่สร้างขึ้นจากการสังเคราะห์แสง อัตราการสร้างน้ำหนักแห้งของพืชขึ้นกับปริมาณพื้นที่ใบ (Brougham, 1956; Watson, 1958; Shibles and Waber, 1965) ดังนั้นเมื่อทานตะวันในวันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 มีพื้นที่ใบน้อยจึงมีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนของลำต้นและใบน้อยกว่าวันปลูกอื่น ๆ ด้วย

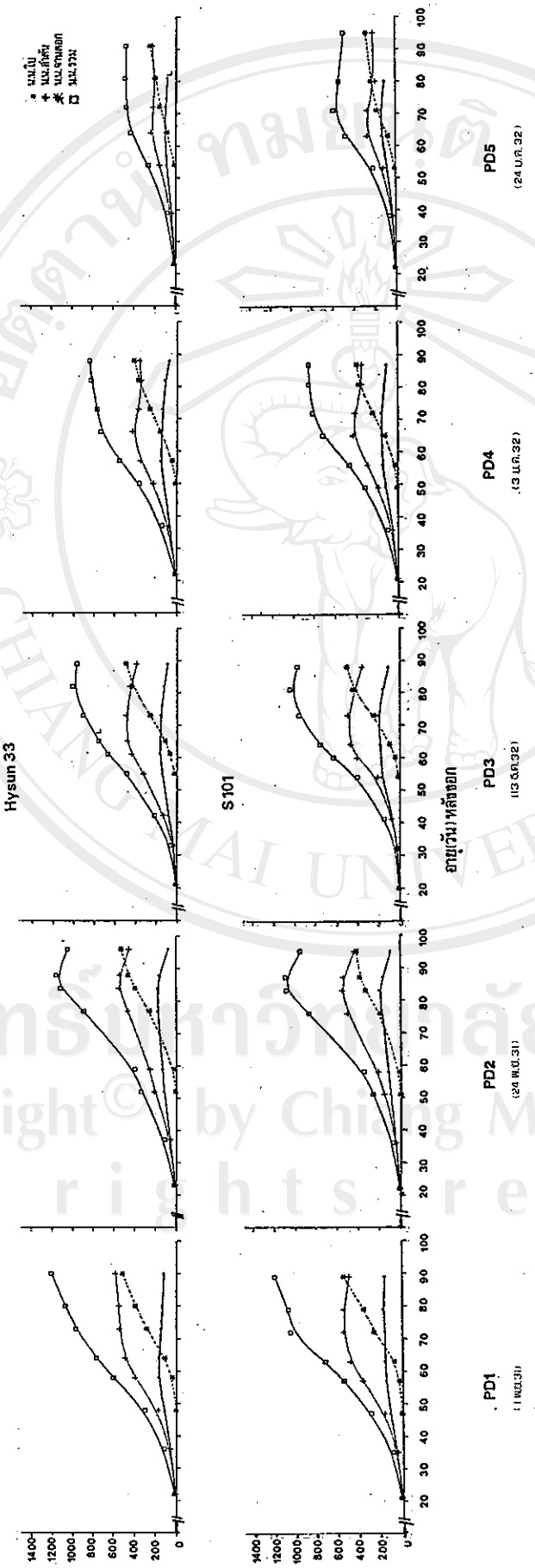
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 จำนวนวัน อุณหภูมิสะสม (GDD) ความยาวนานของวัน (DL) อุณหภูมิเฉลี่ย และความเข้มแสงเฉลี่ย ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ($P-R_1$) และระยะติดดอกออกผล (R_1-R_9) ของทานตะวัน 2 พันธุ์ ใน 5 วันปลูก (พ.ศ.2531-2532)

วันปลูก (วัน/เดือน)	Hysun33					S101				
	จำนวนวัน	GDD	*DL (ชม.)	อุณหภูมิ (°ซ)	ความเข้มแสง (เม็กกะจูลย์/ตร.ม/วัน)	จำนวนวัน	GDD	*DL (ชม.)	อุณหภูมิ (°ซ)	ความเข้มแสง (เม็กกะจูลย์/ตร.ม/วัน)
ระยะ $P-R_1$										
1/11	43	642	11.0	21.8	14.73	44	647	11.0	21.8	14.72
24/11	45	627	10.9	20.8	14.00	46	638	10.9	20.8	14.11
13/12	45	623	10.9	20.7	15.32	47	654	10.9	20.9	15.40
3/01	44	625	11.1	21.2	18.54	46	660	11.1	21.3	18.67
24/01	41	648	11.4	22.9	19.75	43	691	11.4	23.0	19.79
ระยะ R_1-R_9										
1/11	60	840	11.0	20,9	16.50	67	934	11.1	21.0	16.94
24/11	59	912	11.3	22.3	19.18	65	1020	11.3	22.8	19.07
13/12	59	1009	11.6	24.0	19.93	63	1083	11.6	24.1	19.85
3/01	51	947	11.9	25.5	20.20	55	1056	11.9	25.9	20.47
24/01	49	993	12.2	27.1	20.90	49	1010	12.2	27.3	21.11

* คำนวณจากโปรแกรม DAYLTH3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



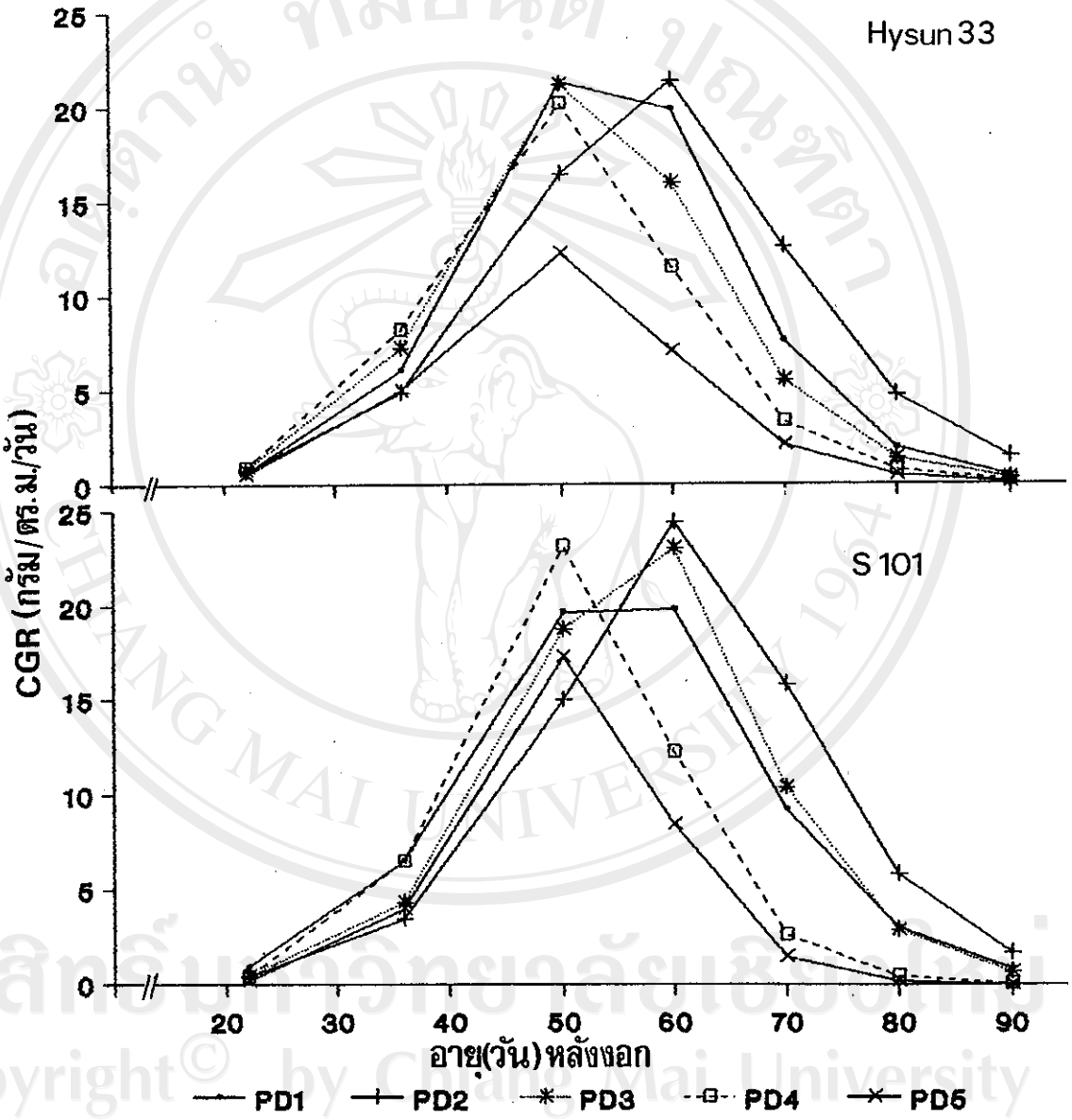
ภาพที่ 2 น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น จานดอก และน้ำหนักแห้งรวม ที่อายุต่าง ๆ ของพาเนะวันพันธุ์ Hysun33 และพันธุ์ S101 ซึ่งปลูกในวันปลูกต่างกัน 5 วันปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนน้ำหนักแห้งของจานดอกและเมล็ด ทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ เริ่มมีการพัฒนาตาดอก (R_1) ใกล้เคียงกัน ทั้งในระหว่างพันธุ์และระหว่างวันปลูก (36-40 วันหลังปลูก) แต่ในระยะเริ่มเห็นตาดอกถึงระยะเริ่มผสมเกสร (R_1-R_5) พันธุ์ Hysun33 มีการพัฒนาจานดอกและเมล็ดได้เร็วกว่าพันธุ์ S101 โดยพันธุ์ S101 เริ่มพัฒนาน้ำหนักในส่วนนี้ ให้ใกล้เคียงกับพันธุ์ Hysun33 ได้เมื่อถึงระยะผสมเกสร (R_5) แล้ว การสะสมน้ำหนักแห้งของจานดอกและเมล็ดมีแนวโน้มลดลงตามวันปลูก โดยที่วันปลูกที่ 1 มีค่าสูงสุดขณะที่วันปลูกที่ 5 มีค่าต่ำสุด การที่วันปลูกที่ 1 ให้น้ำหนักแห้งจานดอกและเมล็ดสูง อาจเนื่องจากอุณหภูมิในช่วงการพัฒนาเมล็ด (R_1-R_9) เหมาะสม คือมีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 20.85-20.99 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 5) (Robinson, 1978) และเมื่อปลูกล่าออกไปอุณหภูมิจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อการสร้างน้ำหนักของเมล็ด

อัตราการเจริญเติบโตของลำต้นและใบ (CGR) ของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ (ภาพที่ 3) เพิ่มสูงขึ้นตามอายุ และจะลดลงเป็นลำดับ หลังจาก CGR มีค่าสูงสุดแล้ว (44-54 วันหลังงอก) โดยค่า CGR สูงสุดของพันธุ์ S101 มีแนวโน้มสูงกว่าพันธุ์ Hysun33 ที่ปลูกพร้อมกัน ในทุกวันปลูก ยกเว้นวันปลูกที่ 1 ที่พันธุ์ Hysun33 มีค่ามากกว่าพันธุ์ S101 โดยที่ CGR สูงสุด (CGR_{max}) ของพันธุ์ Hysun33 มีค่าเท่ากับ 25.93 22.74 23.96 22.10 และ 13.39 กรัม/ตารางเมตร/วัน และพันธุ์ S101 มีค่าเท่ากับ 23.73 25.41 26.48 26.63 และ 20.50 กรัม/ตารางเมตร/วันในวันปลูกที่ 1 วันปลูกที่ 2 วันปลูกที่ 3 วันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาการเจริญเติบโตตั้งแต่งอกถึงระยะ CGR_{max} (t_{max}) ของทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อปลูกวันปลูกเดียวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวันปลูก วันปลูกที่ 4 กับวันปลูกที่ 5 จะใช้เวลาน้อยกว่าวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 อย่างชัดเจน (ตารางผนวกที่ 7 และ 8) โดยวันปลูกที่ 4ของพันธุ์ Hysun33 และพันธุ์ S101 มีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็วในระยะแรก แต่หลังจากถึงระดับ CGR_{max} แล้ว (44-45 วันหลังงอก) ค่า CGR จะลดลงรวดเร็วกว่าวันปลูกอื่น ในขณะที่วันปลูกที่ 5 มี CGR ต่ำกว่า วันปลูกอื่น ในทุก ระยะการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตของลำต้นและใบ (CGR) ที่ได้จากสมการที่อายุต่าง ๆ ของทานตะวันพันธุ์ Hysun33 และพันธุ์ S101 ในวันปลูกต่างกัน 5 วันปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การที่วันปลูกที่ 5 มี CGR_{max} ต่ำกว่า วันปลูก อื่นอย่างเด่นชัด อาจเป็นเพราะอุณหภูมิกลางคืนของวันปลูกที่ 5 ในระยะตั้งแต่ปลูกถึงระยะดอกเริ่มบาน ($P-R_4$) สูงกว่าวันปลูกอื่น (ตารางผนวกที่ 9) ทำให้มีการใช้พลังงานหรืออาหารที่สะสมจากตอนกลางวันมาก มีผลให้น้ำหนักแห้งที่สะสมในส่วนของลำต้นและใบต่ำกว่าวันปลูกอื่น ($r_{\text{อุณหภูมิกลางคืน, น้ำหนักแห้งของลำต้นและใบสูงสุด}} = -0.943$) (ตารางที่ 6) ส่วนอุณหภูมิกลางวันที่เพิ่มขึ้นทำให้พืชมีช่วงการเจริญเติบโตของลำต้นและใบสั้นลง ผลจากการเปลี่ยนแปลง CGR ของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ที่ปลูกในวันปลูกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าวันปลูกที่ 1ถึงวันปลูกที่ 3 มีการเจริญเติบโตและรักษาระดับการเจริญเติบโตได้ดีกว่าวันปลูกที่ 4 และ วันปลูกที่ 5

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ (simple correlation) ระหว่างน้ำหนักแห้งสูงสุดของลำต้นและใบ อุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิกลางคืนเฉลี่ยในระยะตั้งแต่ปลูกถึงระยะดอกเริ่มบาน ($P-R_4$) ของทานตะวัน 2 พันธุ์ ใน 5 วันปลูก

	น้ำหนักแห้งสูงสุดของลำต้นและใบ (กรัม)	อุณหภูมิกลางวันเฉลี่ย (°ซ)	อุณหภูมิกลางคืนเฉลี่ย (°ซ)
น้ำหนักแห้งสูงสุดของลำต้นและใบ	1		
อุณหภูมิกลางวันเฉลี่ย	-0.961	1	
อุณหภูมิกลางคืนเฉลี่ย	-0.943	0.911	1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

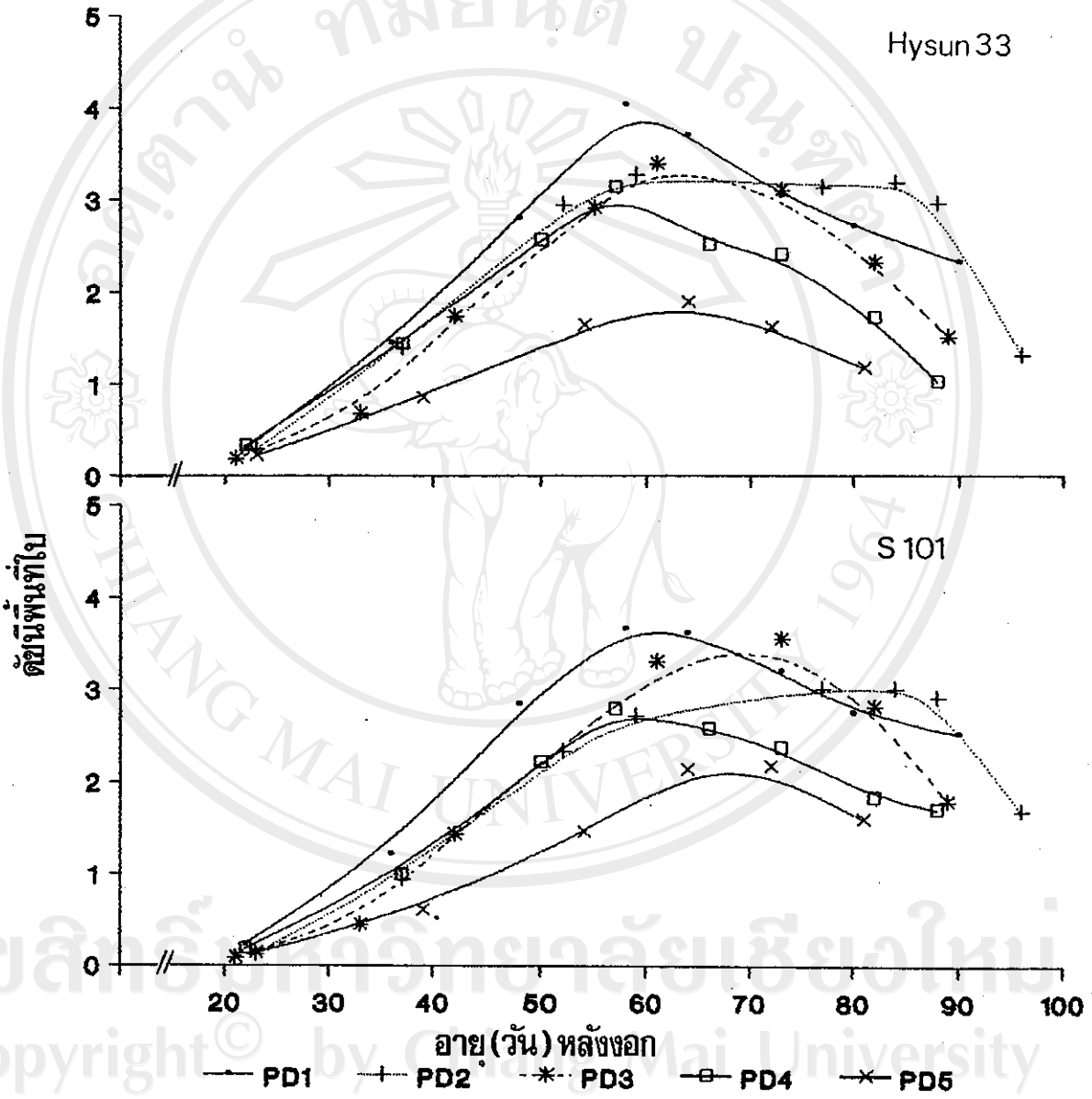
ดัชนีพื้นที่ใบ

ทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดัชนีพื้นที่ใบคล้ายกัน และค่าของดัชนีพื้นที่ใบในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ในวันปลูกเดียวกัน ส่วนใหญ่มีค่าแตกต่างไม่เกิน 0.5 (ตารางผนวกที่ 13) โดยทานตะวันมีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด ตรงกับช่วงระยะดอกบาน (R_4) ถึงระยะ 50% ผสมเกสร($R_{5.5}$) (ประมาณ 55-70 วันหลังงอก) (ภาพที่ 4) ซึ่งเป็นช่วงเวลาใกล้เคียงกับที่ทานตะวันมีน้ำหนักแห้งของใบสูงสุด แต่ค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดจะเกิดขึ้นก่อนที่ทานตะวันมีการสะสมน้ำหนักแห้งของลำต้นสูงสุด

วันปลูกที่ 1 ของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าดัชนีพื้นที่ใบ สูงกว่าวันปลูกอื่น จนถึงอายุประมาณ 65 วันหลังงอก (R_5) ขณะที่วันปลูกที่ 2 วันปลูกที่ 3 และวันปลูกที่ 4 มีดัชนีพื้นที่ใบใกล้เคียงกัน ตั้งแต่ระยะงอกถึงระยะดอกเริ่มบาน (ประมาณ 50 วันหลังงอก) หลังจากนั้นดัชนีพื้นที่ใบของวันปลูกที่ 4 ลดลงต่ำกว่า วันปลูกที่ 2 และ วันปลูกที่ 3 ส่วนวันปลูกที่ 5 มีดัชนีพื้นที่ใบต่ำกว่าวันปลูกอื่นในทุกระยะการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้งของลำต้นเริ่มลดลงเมื่อดัชนีพื้นที่ใบมีค่าประมาณ 3 (วันปลูกที่ 1-3) ส่วน วันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 น้ำหนักของต้นลดลงเมื่อดัชนีพื้นที่ใบมีค่าต่ำกว่า 3 (ภาพที่ 2 และภาพที่ 4)

การที่ทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ มีดัชนีพื้นที่ใบของวันปลูกที่ 4 ใกล้เคียงกับดัชนีพื้นที่ใบของวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 ในระยะงอกถึงระยะดอกเริ่มบานแต่หลังจากระยะดอกเริ่มบาน (R_4) แล้ว ดัชนีพื้นที่ใบของวันปลูกที่ 4 มีค่าต่ำกว่าวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 มากนั้นอาจเป็นเพราะอุณหภูมิในระยะตั้งแต่ปลูกถึงระยะดอกเริ่มบาน ของวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 4 มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางผนวกที่ 9) แต่หลังจากระยะดอกเริ่มบานแล้ว ทานตะวันใน วันปลูกที่ 4 ได้รับอุณหภูมิสูงกว่าวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 ชัดเจน โดยมีอุณหภูมิสูงสุดมากกว่า 35 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 11) ซึ่งอุณหภูมิในระดับนี้อาจสูงเกินไปสำหรับการพัฒนาใบของทานตะวันทำให้วันปลูกที่ 4 มีดัชนีพื้นที่ใบลดลงมาก ระดับอุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส อาจทำให้การพัฒนาใบของทานตะวันลดลงเช่นเดียวกับที่ Dompert and Beringer (1976, อ้างโดย Robinson, 1978) พบว่ามีผลทำให้เปอร์เซนต์น้ำมันลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4 Smoothed curve ของดัชนีพื้นที่ใบของทานตะวันพันธุ์ Hysun33 และพันธุ์ S101 ในวันปลูกต่างกัน 5 วันปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในใบทานตะวัน

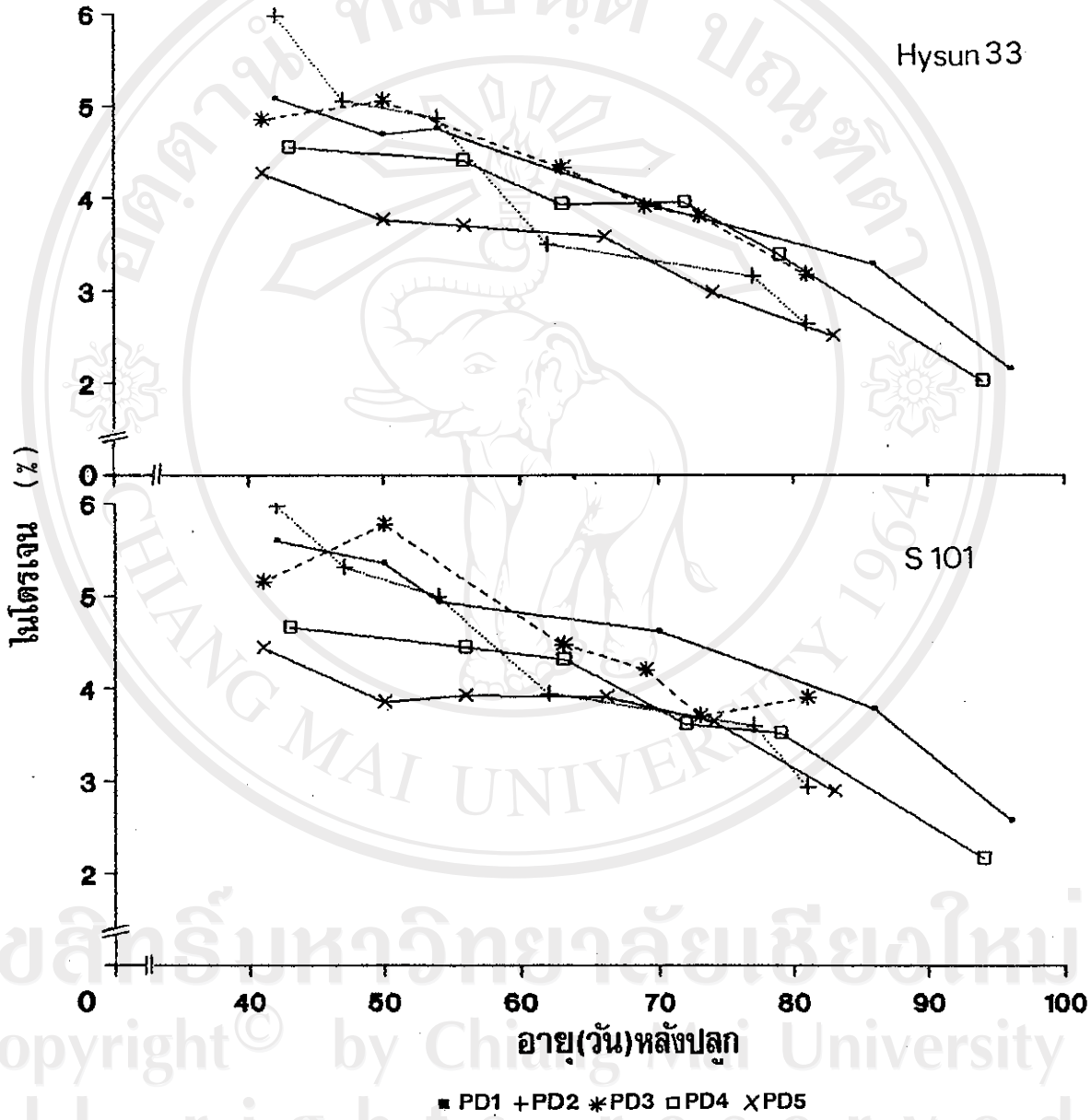
จากภาพที่ 5 เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในใบของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณสูงในช่วง 40-50 วันหลังปลูก (R_1) และลดลงเป็นลำดับ เมื่อทานตะวันมีการพัฒนาเมล็ด (R_5-R_9) ปริมาณไนโตรเจนในใบของพันธุ์ S101 โดยทั่วไปมีค่าสูงกว่าพันธุ์ Hysun33 ในทุกระยะการเจริญเติบโตของทุกวันปลูก (ตารางผนวกที่ 10)

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในระหว่างวันปลูกของพันธุ์ Hysun33 (ภาพที่ 5) พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในใบทานตะวันของวันปลูกที่ 1 วันปลูกที่ 3 และวันปลูกที่ 4 มีลักษณะใกล้เคียงกันตลอดช่วงการเจริญเติบโต ในขณะที่วันปลูกที่ 2 มีปริมาณไนโตรเจนในใบสูงในช่วงอายุ 40-50 วันหลังปลูก (R_1) แต่หลังจากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนวันปลูกที่ 5 มีปริมาณไนโตรเจนในใบต่ำกว่าวันปลูกอื่น ๆ ในระยะการพัฒนาใบ

สำหรับพันธุ์ S101 (ภาพที่ 5) พบว่า วันปลูกที่ 1 วันปลูกที่ 2 และวันปลูกที่ 3 มีปริมาณไนโตรเจนในใบใกล้เคียงกัน ในระยะแรก (40-55 วันหลังปลูก) แต่หลังจากนั้นวันปลูกที่ 1 สามารถรักษาปริมาณไนโตรเจนในใบได้สูงกว่าวันปลูกอื่น ๆ ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนในใบของวันปลูกที่ 2 จะลดลง อย่างรวดเร็ว ส่วนวันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 มีไนโตรเจนในใบต่ำกว่าวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 ในระยะ 40-50 วันหลังปลูก แต่หลังจากอายุ 60 วัน(R_5) ซึ่งเป็นเวลาที่อัตราการเพิ่มน้ำหนักเมล็ดเพิ่มมากขึ้น ปริมาณไนโตรเจนของทุกวันปลูก จะใกล้เคียงกันยกเว้นวันปลูกที่ 1 ที่ยังมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าวันปลูก อื่นชัดเจนแต่สำหรับพันธุ์ Hysun33 เปอร์เซนต์ไนโตรเจนของวันปลูกที่ 2 และวันปลูกที่ 5 เท่านั้นที่อยู่ระดับเดียวกัน

การที่เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในใบ มีปริมาณลดลงเป็นลำดับหลังจากระยะเริ่มเห็นตาดอก (R_1) แล้วเนื่องจากในระยะแรกปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับส่วนใหญ่ จะถูกส่งไปอยู่ที่ส่วนใบ แต่เมื่อทานตะวันเริ่มมีการพัฒนาเมล็ด ปริมาณไนโตรเจน จากใบจะเคลื่อนย้ายไปที่เมล็ดจึงทำให้ไนโตรเจนในใบมีปริมาณลดลง (Beauchamp et al., 1976 and Steer et al., 1985)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5 เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในใบทานตะวันพันธุ์ Hysun33 และพันธุ์ S101 ที่อายุต่าง ๆ ในวันปลูกต่างกัน 5 วันปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อย่างไรก็ตามปริมาณไนโตรเจนที่ปรากฏที่ใบของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ ในทุก วันปลูก ขณะที่อายุ 41 และ 69 วันหลังปลูกยังมีปริมาณสูงกว่า 4.8 และ 3.3 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 10) ซึ่งอยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของทานตะวัน (Reuter, 1986)

องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตเมล็ด

องค์ประกอบผลผลิต (น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนเมล็ดดีต่อจานดอกและเส้นผ่าศูนย์-กลางจานดอก) ของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าลดลงตามวันปลูก (ตารางที่ 7)แต่พันธุ์ S101 มีความแปรปรวนระหว่างวันปลูกที่ 2 และวันปลูกที่ 3 เปอร์เซนต์เมล็ดลีบค่อนข้างจะแปรปรวนมาก ทำให้การทดสอบไม่แสดงผลแตกต่างทางสถิติ การปลูกทานตะวันหลังเดือนธันวาคม (วันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5) ทำให้มีเมล็ดลีบเพิ่มมากขึ้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และเส้นผ่าศูนย์กลางจานดอก มีค่าลดลงค่อนข้างมากตั้งแต่วันปลูกที่ 4 ส่วนจำนวนเมล็ดดีต่อจานดอกลดลงมากในวันปลูกที่ 5 การลดลงขององค์ประกอบผลผลิตใน วันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากระยะติดดอกออกผล (R_1-R_9) สั้นลง (ตารางที่ 1) ทำให้ทานตะวันมีเวลาในการสร้างผลผลิตน้อยลงซึ่งอาจถือว่าเป็นผลของสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิ (Rawson et al.,1984) โดยอุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสมต่อการสร้างผลผลิตเท่ากับ 21-24 องศาเซลเซียส(Robinson, 1978) และจากการทดลองนี้ วันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 มีอุณหภูมิเฉลี่ยในระยะที่ทานตะวันมีการสร้างผลผลิต (R_1-R_9) อยู่ในช่วง 20.9-24.1 องศาเซลเซียส และวันปลูกที่ 4 ถึงวันปลูกที่ 5 อยู่ในช่วง 25.5-27.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยในระยะติดดอกออกผล(R_1-R_9) ของวันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมทำให้เปอร์เซนต์เมล็ดลีบมีมากและการผสมเกสรไม่เกิดขึ้นส่งผลให้ผลผลิตของทานตะวันในวันปลูกที่ 4 และวันปลูกที่ 5 ต่ำกว่าของวันปลูกที่ 1 ถึงวันปลูกที่ 3 ความสัมพันธ์ของผลผลิตเมล็ดกับ อุณหภูมิเฉลี่ยในระยะติดดอกออกผลของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตเมล็ด เปอร์เซนต์น้ำมัน และเปอร์เซนต์โปรตีน ในเมล็ดของทานตะวัน 2 พันธุ์ที่ปลูกใน 5 วันปลูก (พ.ศ.2531-2532)

พันธุ์	วันปลูก (วันที่/เดือน)	น้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักเมล็ดดีต่อจานดอก (กรัม)	จำนวนเมล็ดดีต่อจานดอก	เส้นผ่าศูนย์กลางจานดอก (ซม.)	เมล็ดลีบ (%)	ผลผลิต (กก./ไร่)	น้ำมัน (%)	โปรตีน (%)
Hysun33	1/11	5.69	68.3	1201	18.0	1.9	505.49	47.79	21.40
	24/11	5.63	67.1	1188	18.3	2.0	461.12	45.65	24.12
	13/12	5.43	63.4	1167	17.5	1.8	417.93	45.49	20.95
	3/01	4.35	50.2	1153	16.9	4.0	371.91	39.07	26.83
	24/01	3.75	28.1	749	12.5	9.8	170.45	32.80	29.83
S101	1/11	5.27	75.4	1432	20.1	2.1	564.03	52.47	19.89
	24/11	4.17	65.2	1564	17.4	2.4	485.98	46.91	21.88
	13/12	4.93	71.8	1457	19.9	2.6	521.40	48.96	20.64
	3/01	3.67	54.1	1477	16.7	4.1	318.33	43.69	22.11
	24/01	3.01	31.0	1031	13.5	9.5	211.45	33.87	26.35
PD		**	**	**	**	NS	**	**	**
VAR		**	*	**	*	NS	**	**	**
PD x VAR		NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	**
SE (main plot)		1.24	5.86	90.87	0.58	2.69	44.86	2.52	1.43
SE (sub plot)		0.41	1.77	41.18	0.33	0.38	9.60	0.80	0.50
C.V (%) (sub plot)		5.89	8.28	9.03	5.32	25.88	6.31	5.01	5.88

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$Y_{Hysun33}$ = 1553.9-48.77t {R^2= 0.86, $\pm$ S.E.(b_1) = 11.51}

Y_{S101} = 1775.7-55.97t {R^2= 0.87, $\pm$ S.E.(b_1) = 12.63}

เมื่อ Y = ผลผลิตเมล็ด (ก.ก./ไร่) t = อุณหภูมิเฉลี่ยระยะ R_1-R_9 (องศาเซลเซียส)

ผลผลิตเมล็ดของทานตะวันมีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างพันธุ์และระหว่างวันปลูก (ตารางที่ 7) โดยทั้งพันธุ์และวันปลูกมีปฏิสัมพันธ์กับผลผลิต พันธุ์ S101 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ Hysun33 เกือบทุกวันปลูกและผลผลิตเมล็ดของทานตะวันมีแนวโน้มลดลงตามวันปลูกในลักษณะเดียวกับองค์ประกอบผลผลิตโดยสหสัมพันธ์ของผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิต(น้ำหนักเมล็ด จำนวนเมล็ด และเส้นผ่าศูนย์กลางจานดอก) มีค่าสูงมาก (ตารางที่ 8) ความสัมพันธ์ของผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิตของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ แสดงได้ด้วยสมการดังนี้ Y = -48.24 ($\pm$ 9.43) + 11.22X_1 ($\pm$ 1.58) + 0.04X_2 ($\pm$ 0.006) โดยที่ R^2 = 0.94 {เมื่อ Y = ผลผลิตต่อต้น (กรัม/ต้น) X_1 = น้ำหนัก 100 เมล็ด(กรัม) และ X_2 = จำนวนเมล็ดดีต่อจานดอก} สำหรับผลผลิตกับดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดมีสหสัมพันธ์ในทางบวกสูงมาก (r = 0.924) Cox and Jolliff (1986) พบว่า ผลผลิตของทานตะวันสามารถเพิ่มขึ้นตามดัชนีพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้น และเพิ่มได้สูงสุดเมื่อทานตะวันมีค่าดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสม (ประมาณ 5) จากการทดลองนี้ วันปลูกที่ 1 ของทานตะวันพันธุ์ Hysun33 และ S101 ให้ผลผลิตสูงกว่าวันปลูกอื่นและมีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดมากกว่าวันปลูกอื่นเช่นกัน คือมีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดเท่ากับ 4.03 และ 3.68 ตามลำดับ

เปอร์เซนต์น้ำมันและเปอร์เซนต์โปรตีนในเมล็ด

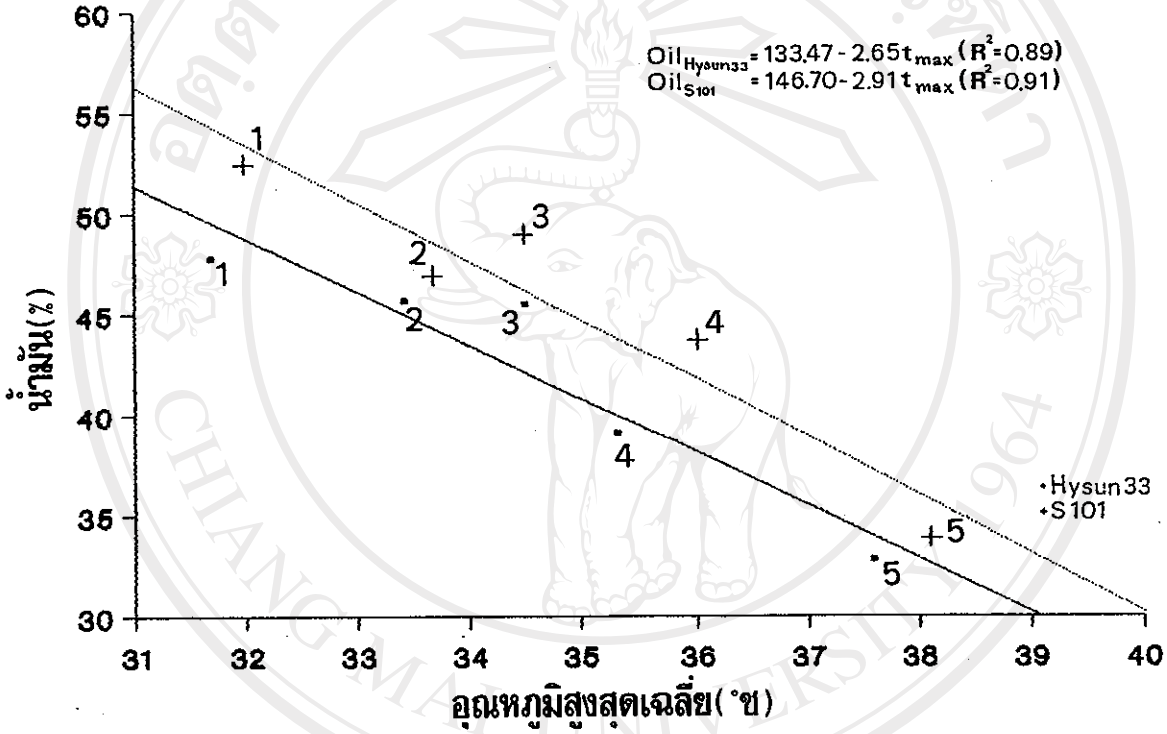
เปอร์เซนต์น้ำมันในเมล็ดของทานตะวันลดลงตามวันปลูก (ตารางที่ 7) และมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักเมล็ด โดยทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์ มีค่าสหสัมพันธ์ของเปอร์เซนต์น้ำมันกับน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงมาก ($r_{Hysun33}$ = 0.987 และ r_{S101} = 0.952) ส่วนปริมาณโปรตีนใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ (simple correlation) ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดดีต่อจานดอก จำนวนเมล็ดดีต่อจานดอก เส้นผ่าศูนย์กลางจานดอก เปอร์เซนต์เมล็ดลีบ ผลผลิตเมล็ด เปอร์เซนต์น้ำมัน และเปอร์เซนต์โปรตีนในเมล็ดของทานตะวันพันธุ์ Hysun33 และ S101 ใน 5 วันปลูก

	น้ำหนัก 100 เมล็ด	น้ำหนักเมล็ดดี ต่อจานดอก	จำนวนเมล็ดดี ต่อจานดอก	เส้นผ่าศูนย์กลาง จานดอก	เปอร์เซนต์ เมล็ดลีบ	ผลผลิต เมล็ด	เปอร์เซนต์ น้ำมัน	เปอร์เซนต์ โปรตีน
น้ำหนัก 100 เมล็ด	1							
น้ำหนักเมล็ดดี/จานดอก	0.806	1						
จำนวนเมล็ดดี/จานดอก	0.220	0.750	1					
เส้นผ่าศูนย์กลางจานดอก	0.749	0.971	0.754	1				
เปอร์เซนต์เมล็ดลีบ	-0.816	-0.956	-0.699	-0.911	1			
ผลผลิตเมล็ด	0.789	0.978	0.718	0.958	-0.916	1		
เปอร์เซนต์น้ำมัน	0.741	0.984	0.787	0.952	-0.91	0.958	1	
เปอร์เซนต์โปรตีน	-0.578	-0.886	-0.817	-0.850	0.821	-0.835	-0.927	1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณภูมิสูงสุดเฉลี่ย ในระยะ R_4-R_9 กับเปอร์เซนต์น้ำมันในเมล็ดของทานตะวันพันธุ์ Hysun33 และพันธุ์ S101 ซึ่งปลูกในวันปลูกต่าง ๆ (ตัวเลขของแต่ละจุดแสดงลำดับวันปลูก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ดเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะตรงข้ามกับปริมาณน้ำมันในเมล็ด โดยมี r (%น้ำมัน, %โปรตีน) = -0.927 (ตารางที่ 8)

ปริมาณน้ำมันมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดในระยะดอกเริ่มบานถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (R_4-R_9) ของทานตะวัน (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Dompert and Beringer (1976) อ้างโดย Robinson (1978) และ Harris et al.(1978) ซึ่งรายงานว่าเปอร์เซนต์น้ำมันจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมากกว่า 35 องศาเซลเซียส จากภาพที่ 6 เปอร์เซนต์น้ำมันมีท่าทีลดลงมาก ที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยระหว่าง 34-35 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าพันธุ์ S101 จะมีเปอร์เซนต์น้ำมันมากกว่าพันธุ์ Hysun33 แต่ความจริงทานตะวันทั้งสองพันธุ์น่าจะมีปริมาณน้ำมันต่อเมล็ดใกล้เคียงกันใน 3 วันปลูกแรก (ภาพที่ 10c และตารางผนวกที่ 15) หลังจากนั้นปริมาณน้ำมันต่อเมล็ดของพันธุ์ S101 ลดลงเร็วกว่าพันธุ์ Hysun33 เมื่อปลูกล่าออกไปทั้งนี้เพราะมีขนาดของเมล็ดเล็กกว่าแต่พันธุ์ S101 ให้ผลผลิตน้ำมันต่อต้นมากกว่าพันธุ์ Hysun33 (ภาพที่ 10a) เนื่องจากขนาดของจานดอกและจำนวนเมล็ดต่อจานดอกของพันธุ์ S101 มีค่าสูงกว่า (ตารางที่ 7 และภาพที่ 10b)

Path analysis ของผลผลิตกับปัจจัยสภาพแวดล้อม

จากการวิเคราะห์พบว่า อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นในอากาศและความเข้มแสง (ตารางผนวกที่ 12) ในช่วงที่ทานตะวันกำลังมีการเจริญเติบโตทางดอกและผล (ระยะ R_1-R_9) มีความสัมพันธ์อย่างมากกับผลผลิต แต่เป็นไปในทางตรงข้าม ส่วนชั่วโมงแสงที่พืชได้รับมีความสัมพันธ์กับผลผลิตน้อย และเป็นไปในทางเดียวกัน (ตารางที่ 9)

ถึงแม้ว่าค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่ำสุดกับผลผลิต จะมีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงข้าม (r = -0.909) แต่ผลการวิเคราะห์ path coefficient (ภาพที่ 7) พบว่าอุณหภูมิต่ำสุดมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตเป็นอย่างมาก และมีความสัมพันธ์ในทางบวก (b = 2.988) การที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรืออิทธิพลรวมของอุณหภูมิต่ำสุด ที่มีต่อผลผลิตมีค่าเป็นลบเนื่องจากอิทธิพลทางอ้อมของอุณหภูมิต่ำสุด ผ่านอุณหภูมิสูงสุด และความชื้นมีมาก และเป็นไปในทางลบ (b = -3.898) (ตารางที่ 10)

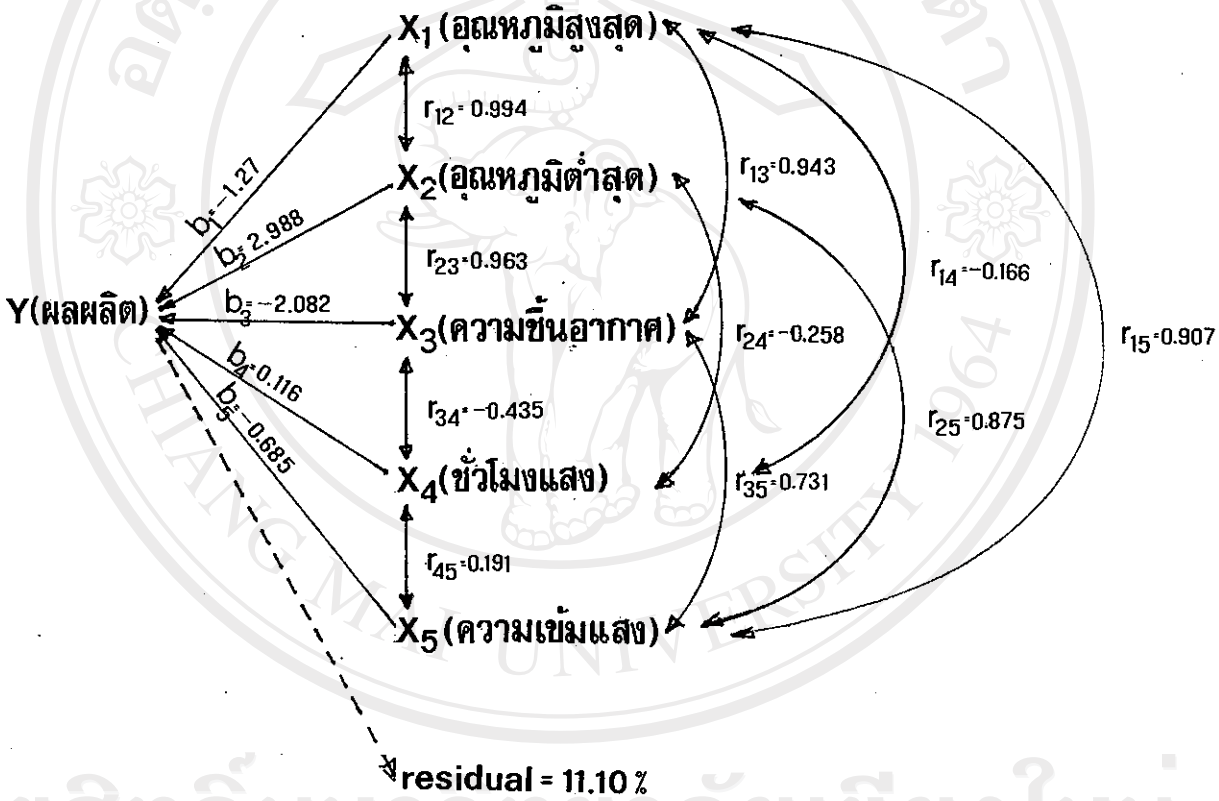
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ (simple correlation) ระหว่างผลผลิตเมล็ดกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นในอากาศ ชั่วโมงแสง และความเข้มแสง ตั้งแต่ระยะติดดอกออกผล (R_1-R_9) ของทานตะวัน 2 พันธุ์ ใน 5 วันปลูก

	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด	ความชื้นในอากาศ	ชั่วโมงแสง	ความเข้มแสง	ผลผลิตเมล็ด
อุณหภูมิสูงสุด	1					
อุณหภูมิต่ำสุด	0.994	1				
ความชื้นในอากาศ	0.943	0.963	1			
ชั่วโมงแสง	-0.166	-0.258	-0.435	1		
ความเข้มแสง	0.907	0.876	0.731	0.191	1	
ผลผลิตเมล็ด	-0.902	-0.909	-0.953	0.329	-0.720	1

อุณหภูมิสูงสุด	อยู่ในช่วง	30.86	ถึง	36.36	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิต่ำสุด	"	13.41	"	20.47	"
ความชื้นในอากาศ	"	16.69	"	20.16	มิลลิเมตร
ชั่วโมงแสง	"	7.64	"	8.97	ชั่วโมง
ความเข้มแสง	"	16.5	"	20.90	เมกกะจูลย์/วัน/ตารางเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 7 อิทธิพลของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นอากาศ ชั่วโมงแสง และความเข้มแสง ในระยะติดดอกออกผล (R_1-R_9) ที่มีผลต่อผลผลิตเมล็ดของทานตะวัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิสูงสุด มีอิทธิพลทางตรงค่อนข้างสูงต่อผลผลิต แต่เป็นไปทางลบ (b = -1.27) เนื่องจากอุณหภูมิสูงสุดในระยะติดดอกออกผล (R_1-R_2) ของทานตะวันทั้ง 2 พันธุ์มีค่าสูงขึ้นตามวันปลูกที่ล่าออกไป คืออุณหภูมิอยู่ในช่วง 30.86-36.36 องศาเซลเซียส (ตารางผนวกที่ 12) ในขณะที่อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสร้างผลผลิตควรอยู่ในช่วง 21-24 องศาเซลเซียส (Robinson, 1978)

ส่วนความชื้นในอากาศมีอิทธิพลทางตรงในด้านลบต่อผลผลิตในระดับที่สูง(b = -2.082) ขณะเดียวกันก็มีค่าสหสัมพันธ์(r) ต่อผลผลิตที่สูงและติดลบด้วย Fakored (1985) พบในข้าวโพดว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์ทางลบในระดับสูงกับความชื้นในอากาศ โดยให้เหตุผลว่าคงเนื่องมาจากมีเมฆมากทำให้พืชได้รับแสงน้อย แต่สำหรับการทดลองนี้ สหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในอากาศกับชั่วโมงแสงค่อนข้างต่ำ

ชั่วโมงแสงมีอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลผลรวม ต่อผลผลิตต่ำที่สุดในจำนวนปัจจัยทั้งหมด โดยมีอิทธิพลทางอ้อมที่สำคัญ ผ่านทางความชื้นในอากาศ (ตารางที่ 10)

สำหรับความเข้มแสงมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตไม่สูงนัก เมื่อเทียบกับปัจจัยอื่นและเป็นไปทางลบ (b = -0.685) แต่มีอิทธิพลรวมต่อผลผลิตในทางลบในระดับที่สูง (r = -0.7197) ทั้งนี้เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมในระดับสูงผ่านอุณหภูมิสูงสุดและความชื้นอากาศในด้านลบ (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 อิทธิพลทางตรง (b_i) และทางอ้อม ($r_{ij}b_j$) ระหว่างอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นในอากาศ ชั่วโมงแสง และความเข้มแสง ในช่วงระยะติดดอกออกผล (R_1-R_9) กับผลผลิตของทานตะวัน 2 พันธุ์ใน 5 วันปลูก

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดกับผลผลิต

อิทธิพลทางตรงของอุณหภูมิสูงสุด	b_1 =	-1.27	
อิทธิพลทางอ้อมผ่านอุณหภูมิต่ำสุด	$r_{12}b_2$ =	2.971	
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความชื้นในอากาศ	$r_{13}b_3$ =	-1.962	อิทธิพลทางอ้อม
อิทธิพลทางอ้อมผ่านชั่วโมงแสง	$r_{14}b_4$ =	-0.019	รวม = 0.368
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความเข้มแสง	$r_{15}b_5$ =	-0.622	
อิทธิพลรวม	r_1 =	-0.902	

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่ำสุดกับผลผลิต

อิทธิพลทางตรงของอุณหภูมิต่ำสุด	b_2 =	2.988	
อิทธิพลทางอ้อมผ่านอุณหภูมิสูงสุด	$r_{12}b_1$ =	-1.263	
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความชื้นในอากาศ	$r_{13}b_3$ =	-2.004	อิทธิพลทางอ้อม
อิทธิพลทางอ้อมผ่านชั่วโมงแสง	$r_{24}b_4$ =	-0.03	รวม = -3.897
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความเข้มแสง	$r_{25}b_5$ =	-0.6	
อิทธิพลรวม	r_1 =	-0.909	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในอากาศกับผลผลิต				
อิทธิพลทางตรงของความชื้นในอากาศ	b_3	=	-2.082	
อิทธิพลทางอ้อมผ่านอุณหภูมิสูงสุด	$r_{13}b_1$	=	-1.197	
อิทธิพลทางอ้อมผ่านอุณหภูมิต่ำสุด	$r_{23}b_2$	=	2.878	อิทธิพลทางอ้อม
อิทธิพลทางอ้อมผ่านชั่วโมงแสง	$r_{34}b_4$	=	-0.05	รวม = 1.129
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความเข้มแสง	$r_{35}b_5$	=	-0.502	
อิทธิพลรวม	r_3	=	-0.953	
ความสัมพันธ์ระหว่างชั่วโมงแสงกับผลผลิต				
อิทธิพลทางตรงของชั่วโมงแสง	b_4	=	0.116	
อิทธิพลทางอ้อมผ่านอุณหภูมิสูงสุด	$r_{14}b_1$	=	0.21	
อิทธิพลทางอ้อมผ่านอุณหภูมิต่ำสุด	$r_{24}b_2$	=	-0.771	อิทธิพลทางอ้อม
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความชื้นในอากาศ	$r_{34}b_4$	=	0.905	รวม = 0.213
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความเข้มแสง	$r_{45}b_5$	=	-0.131	
อิทธิพลรวม	r_4	=	0.329	
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับผลผลิต				
อิทธิพลทางตรงของความเข้มแสง	b_5	=	-0.685	
อิทธิพลทางอ้อมผ่านอุณหภูมิสูงสุด	$r_{15}b_1$	=	-1.152	
อิทธิพลทางอ้อมผ่านอุณหภูมิต่ำสุด	$r_{25}b_2$	=	2.618	อิทธิพลทางอ้อม
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความชื้นในอากาศ	$r_{35}b_3$	=	-1.522	รวม = -0.034
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความเข้มแสง	$r_{45}b_4$	=	0.022	
อิทธิพลรวม	r_5	=	-0.719	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปรียบเทียบผลของการจำลองกับการทดลอง

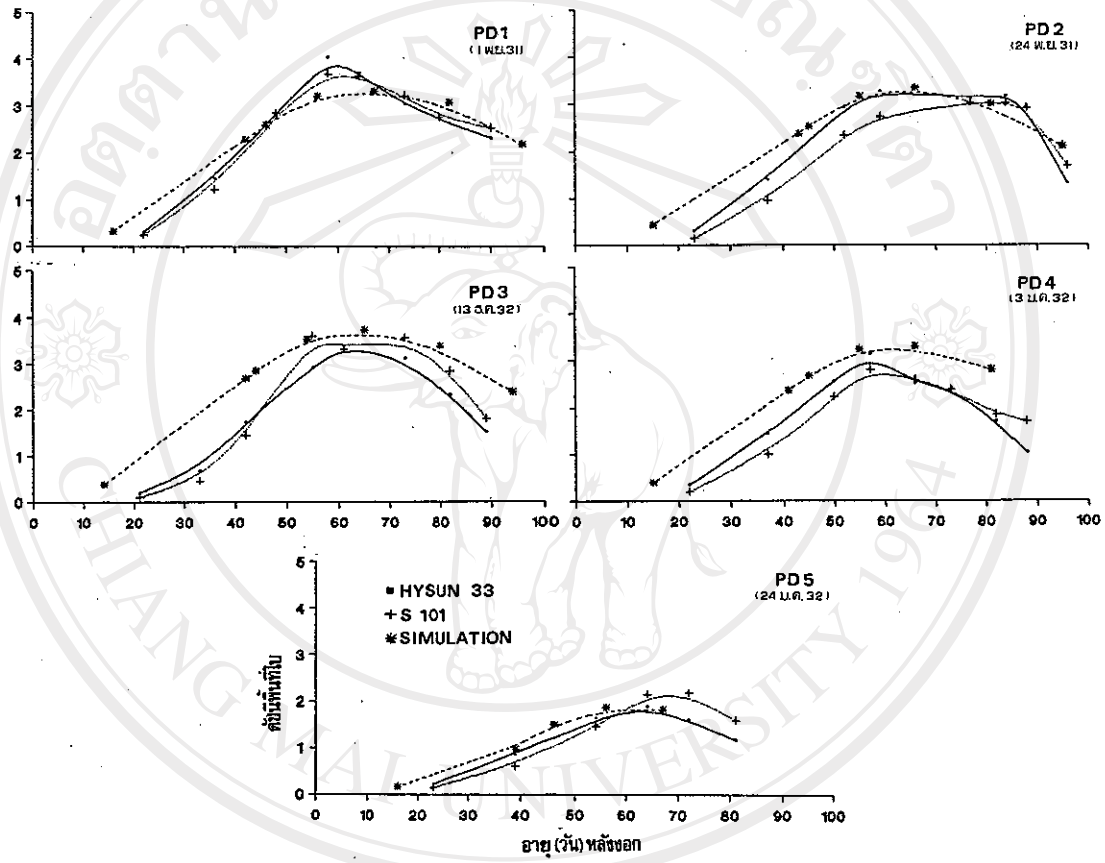
ดัชนีพื้นที่ใบจาก simulation คล้ายกันในทุกวันปลูกและมีลักษณะเป็น polynomial ทั้งนี้เพราะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ (coefficient) คงที่ในทุกวันปลูก ดัชนีพื้นที่ใบจาก simulation มีค่ามากกว่าดัชนีพื้นที่ใบจากการทดลองเกือบทุกวันปลูก โดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต (ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 13)

อัตราการเจริญเติบโตของทานตะวัน (CGR) จาก simulation มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างจากการทดลองมาก โดยเฉพาะเมื่อถึงค่าสูงสุดแล้ว CGR จาก simulation ค่อนข้างคงที่เกือบทุกวันปลูก ขณะที่ CGR จากการทดลองมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เป็นเพราะการคำนวณ CGR จาก simulation ได้รวมส่วนของจานดอกและเมล็ดไว้ด้วย ขณะที่ CGR จากการทดลองคิดเฉพาะส่วนของลำต้นและใบ อย่างไรก็ตามค่าสูงสุดของ CGR จากการทดลองมีค่ามากกว่า simulation ใน วันปลูกที่ 1 วันปลูกที่ 3 และ วันปลูกที่ 4 แต่มีค่าน้อยกว่าใน วันปลูกที่ 5 (ภาพที่ 9 และตารางผนวกที่ 14)

ปริมาณน้ำมันต่อต้นจาก simulation มีค่ามากกว่าจากการทดลองมากยกเว้นวันปลูกที่ 1 (ภาพที่ 10a) ทั้งนี้เพราะ simulation ประมาณค่าจำนวนเมล็ดต่อจานดอกไว้สูงกว่า(ภาพที่ 10b) เนื่องจากมีการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นมากกว่า นอกจากนั้นวันปลูกที่ให้ค่าปริมาณน้ำมันต่อต้นสูงสุดระหว่าง simulation กับผลจากการทดลองก็แตกต่างกันด้วย ในทางกลับกันปริมาณน้ำมันต่อเมล็ด จาก simulation มีค่ามากกว่าผลการทดลองมาก ยกเว้นวันปลูกที่ 4 และ วันปลูกที่ 5 (ภาพที่ 10c)

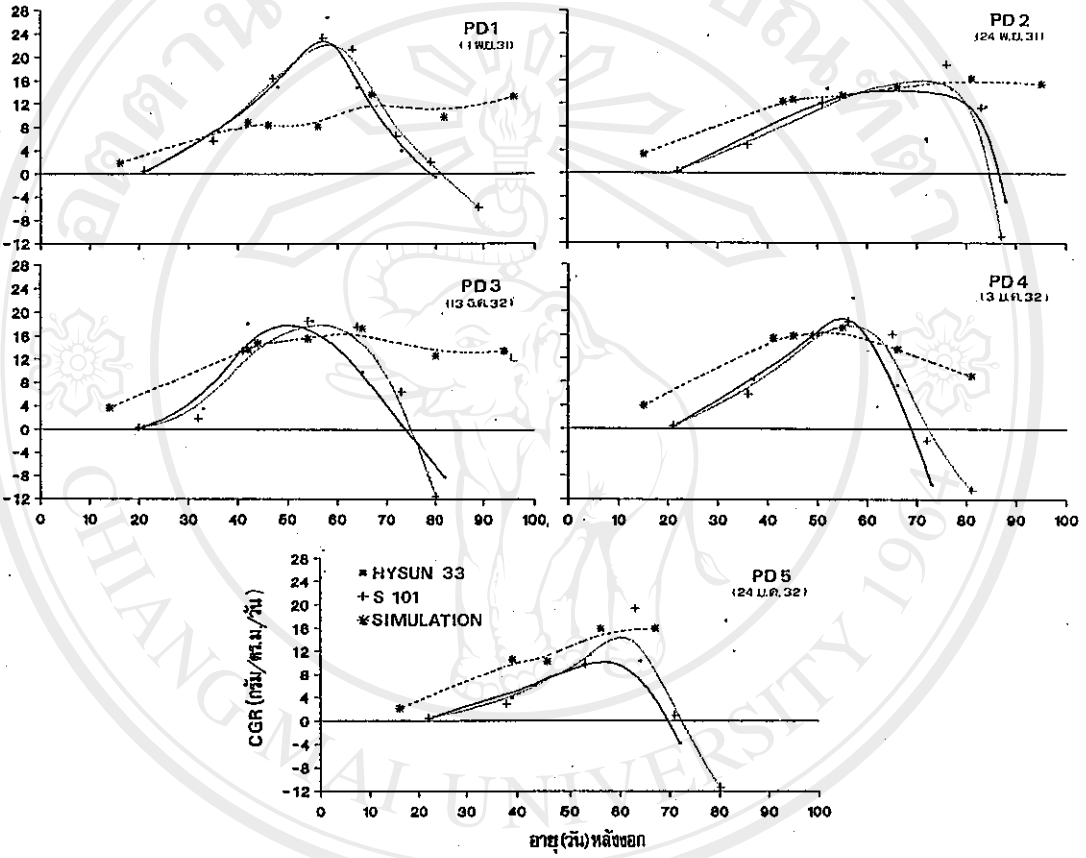
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบจำลองที่ใช้ทดสอบนี้ไม่อนุญาตให้เลือกเปลี่ยน genetics parameters สำหรับทานตะวันแต่ละพันธุ์ การจะสร้างแบบจำลองให้เหมาะสมกับแต่ละพันธุ์พืช จำเป็นต้องเปลี่ยนสัมประสิทธิ์ของบางสมการ ดังนั้นโมเดลในแบบจำลองนี้จึงยังไม่เหมาะสมที่จะใช้ควรมีการเขียนโมเดลให้สามารถประมาณสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ได้ก่อนที่จะใช้สมการ



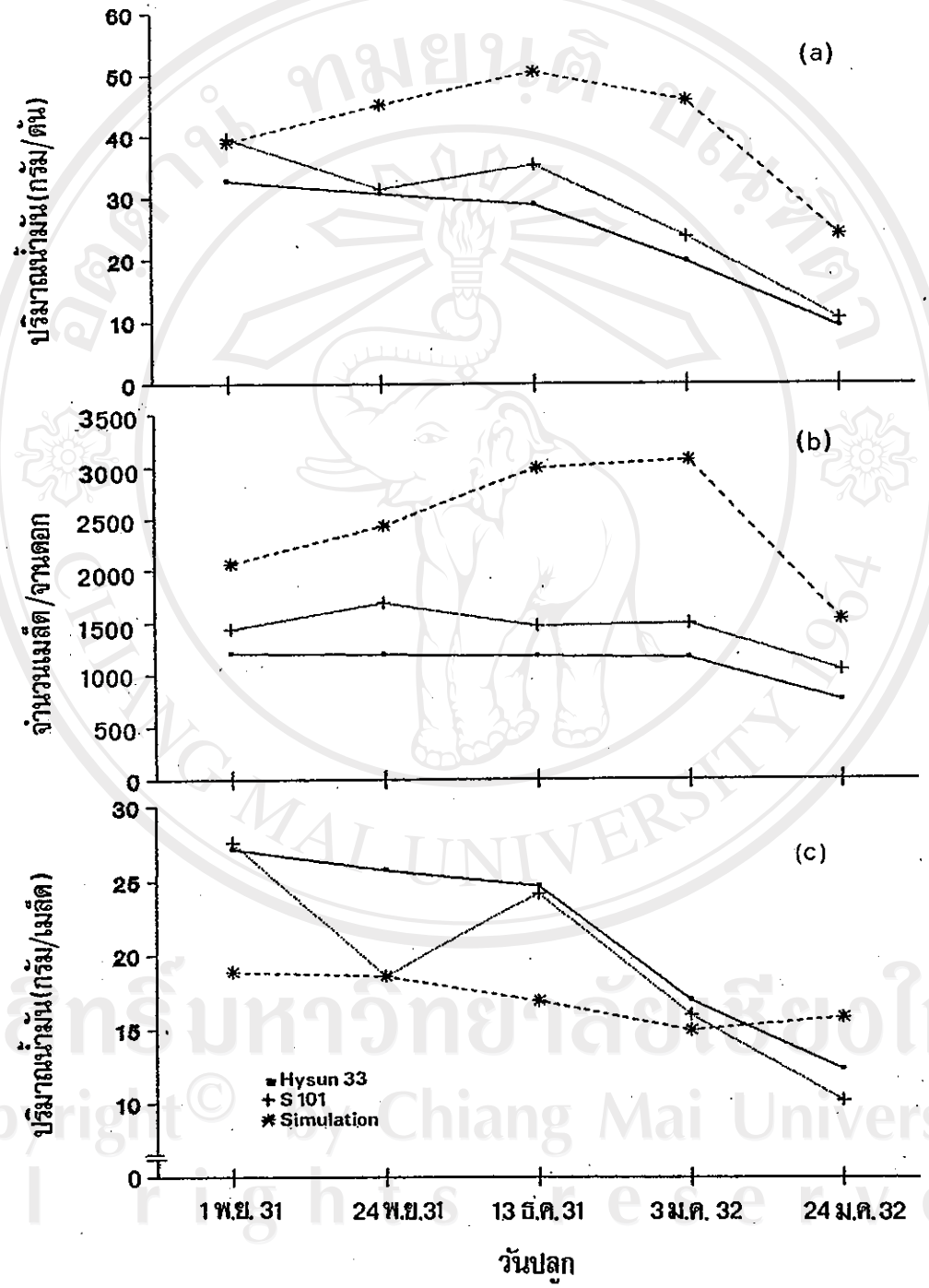
ภาพที่ 8 ดัชนีพื้นที่ใบ ของทานตะวันพันธุ์ Hysun33 และพันธุ์ S101 ที่ได้จากการทดลอง และดัชนีพื้นที่ใบ จากการจำลอง (simulation) โดย Program SUNMOD ในวันปลูกต่าง ๆ 5 วันปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 9 อัตราการเจริญเติบโตของลำต้นและใบ (CGR) ของทานตะวันพันธุ์ Hysun33 และพันธุ์ S101 จากการทดลองเปรียบเทียบกับผลจากการจำลอง (simulation) โดยใช้ Program SUNMOD ในวันปลูกต่าง ๆ 5 วันปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 10 ปริมาณน้ำมันต่อต้น(a)จำนวนเมล็ดต่อจานดอก(b)ปริมาณน้ำมันต่อเมล็ด (c) ของทานตะวันพันธุ์ Hysun33 และพันธุ์ S101 จากการทดลองเปรียบเทียบกับผลจากการจำลอง (simulation) โดยใช้ Program SUNMOD ในวันปลูกต่าง ๆ 5 วันปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved