ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตของทานตะวัน

จากผลการทดลอง พบว่า ทานตะวันทั้งสองพันธุ์มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ ทานตะวันพันธุ์ Composite จะออกดอกเร็วกว่าทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 ประมาณ 2 สัปดาห์ ดังนั้น การเก็บตัวอย่างใบพืชในช่วงการเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ จึงแตกต่างกันออกไปตามช่วงการพัฒนาการของพืช นอกจากนี้ยังพบว่าทานตะวันพันธุ์ Composite ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิดที่ถูกปรับปรุงโดยภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และอยู่ในระยะ F_5 มีลักษณะไม่ค่อยสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในแง่ขนาดลำต้น ลักษณะของจานดอก ตลอดจนความสูง เป็นต้น พบว่า ทานตะวันพันธุ์ Composite คงมีลักษณะพันธุ์ป่าปรากฏให้เห็นโดยทั่วไป กล่าวคือ ต้นทานตะวันจะมีแขนงและดอกเล็ก ๆ เกิดขึ้นมากมาย ใบมีขนาดใหญ่และหนา ซึ่งต้นทานตะวันที่แสดงลักษณะพันธุ์ป่านี้จะเกิดขึ้นประมาณ 10% ของพื้นที่ปลูก ส่วนพันธุ์ Hysun 33 นั้น จะมีความสม่ำเสมอดีกว่า

ทานตะวันทั้งสองพันธุ์ที่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 0.6 กก./ไร่ หรือไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลยจะแสดงอาการขาดธาตุโบรอนให้เห็นในระยะเจริญพันธุ์ โดยอาการเริ่มแรกจะปรากฏจุดเล็ก ๆ สีเหลืองใกล้โคนใบยอด ต่อมาแผลจะขยายใหญ่ขึ้นและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งกรอบในที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า การเจริญเติบโตของยอดจะหยุดชะงัก จานดอกเกิดอาการบิดเบี้ยว การผสมเกสรของดอกทานตะวันที่แสดงอาการขาดธาตุโบรอนจะน้อยกว่าปกติ ทำให้การติดเมล็ดลดลง ส่วนที่ลำต้นนั้นพบว่าจะมีรอยแตกปริเป็นแผลยาวประมาณ 5-10 ซม. อย่างไรก็ตามอาการที่ปรากฏในทานตะวันทั้งสองพันธุ์ ส่วนใหญ่ไม่รุนแรงจนถึงขั้นส่งผลกระทบต่อผลผลิตมากนัก

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความสูงได้แสดงในตารางที่ 3 พบว่า ความสูงของทานตะวันทั้งสองพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่ทานตะวัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์ Hysun 33 และพันธุ์ Composite จะมีความสูงเฉลี่ย 198.0 และ 182.6 ซม.ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้พบว่า การเพิ่มปุ๋ยบอแรกซ์ให้กับทานตะวันทั้งสองพันธุ์ จะไม่มีผลต่อความสูงของทานตะวันเลย ซึ่งทานตะวันที่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์จะมีความสูงอยู่ในช่วง 186.9-194.6 ซม. จากการสังเกตความสูงของพันธุ์ Composite นั้นพบว่า จะอยู่ในลักษณะที่ไม่ค่อยสม่ำเสมอเหมือนกับทานตะวันพันธุ์ Hysun 33

2. องค์ประกอบของผลผลิตและผลผลิตเมล็ด

2.1 ขนาดของจานดอก

ทานตะวันพันธุ์ Composite จะมีลักษณะของจานดอกที่ไม่ค่อยสม่ำเสมอ พบว่าบางส่วนจะมีลักษณะค่อนข้างแบนราบ บางส่วนจะให้รูปทรงของจานดอกที่สวยงาม ขนาดของจานดอกที่ปรากฏก็แตกต่างกันมาก ส่วนพันธุ์ Hysun 33 จะมีลักษณะค่อนข้างสม่ำเสมอกว่า ผลของการวิเคราะห์ทางสถิติของเส้นผ่าศูนย์กลางของจานดอกปรากฏในตารางที่ 3 พบว่าทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 และพันธุ์ Composite มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 15.3 และ 15.0 ซม. ตามลำดับ ซึ่งขนาดของจานดอกของทั้งสองพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การเพิ่มปุ๋ยบอแรกซ์ให้แก่ทานตะวันทั้งสองพันธุ์มีผลทำให้ขนาดของจานดอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลย กล่าวคือการให้ปุ๋ยบอแรกซ์ที่อัตรา 0.6 กก./ไร่ มีผลทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทานตะวันมีค่าเท่ากับ 15.1 ซม. ซึ่งมากกว่าทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยเลยถึง 0.7 ซม. และเมื่อทานตะวันได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 0.6-3.0 กก./ไร่ ก็จะมีผลทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วง 15.1-15.6 ซม. ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ส่วนปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างพันธุ์กับปุ๋ยบอแรกซ์ปรากฏว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของจานดอกเลย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ขนาดของเมล็ด

จากตารางที่ 3 พบว่าเมล็ดทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 จะมีขนาดที่ใหญ่กว่าเมล็ดทานตะวันพันธุ์ Composite อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของพันธุ์ Hysun 33 จะมีค่าเท่ากับ 53.8 กรัม ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ Composite ถึง 13.2 % การเพิ่มปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราต่าง ๆ ให้กับทานตะวันไม่มีผลทำให้ขนาดของเมล็ดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลย ซึ่งค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลยจะมีค่าเท่ากับ 48.0 กรัม และเมื่อได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 0.6-3.0 กก./ไร่ จะทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดอยู่ในช่วง 48.8-52.2 กรัม ส่วนปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์กับปุ๋ยบอแรกซ์ปรากฏว่าไม่มีผลต่อขนาดของเมล็ดเลย

2.3 น้ำหนักเมล็ดต่อดอก

พันธุ์ทานตะวัน และอัตราของปุ๋ยบอแรกซ์มีอิทธิพลต่อน้ำหนักต่อดอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากตารางที่ 3 พบว่า น้ำหนักเมล็ดต่อดอกของทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 จะมีค่าเท่ากับ 53.1 กรัม ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ Composite ถึง 7.0 กรัมต่อดอก ส่วนผลของการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ต่อน้ำหนักเมล็ดต่อดอกของทานตะวันทั้งสองพันธุ์ พบว่า การให้ปุ๋ยบอแรกซ์แก่ทานตะวันในอัตรา 0.6-1.8 กก./ไร่ จะทำให้มีน้ำหนักเมล็ดต่อดอกสูงถึง 48.4-53.4 กรัม ซึ่งสูงกว่าน้ำหนักเมล็ดต่อดอกของทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราที่สูงกว่า 1.8 กก./ไร่ จะมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักเมล็ดต่อดอกของทานตะวันลดลง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 แสดงอิทธิพลของปุ๋ยบอแรกซ์ ต่อความสูง องค์ประกอบของผลผลิต ของทานตะวัน สองพันธุ์

พันธุ์	อัตราปุ๋ยบอแรกซ์ (กก./ไร่)						
	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	ค่าเฉลี่ย
			ความสูง (ซม.)				
Hysun 33	192.6	202.3	203.1	200.3	196.6	193.1	198.0
Composit	186.0	181.6	186.2	177.5	182.8	180.7	182.6
ค่าเฉลี่ย	189.2	191.9	194.6	188.9	189.7	186.9	190.2
			เส้นผ่าศูนย์กลางของจานดอก (ซม.)				
Hysun 33	14.6	15.4	15.5	15.6	15.3	15.4	15.3
Composit	14.3	14.7	15.0	14.9	15.0	15.9	15.0
ค่าเฉลี่ย	14.4	15.1	15.2	15.3	15.1	15.6	15.1
			น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)				
Hysun 33	51.9	60.1	52.8	53.0	52.2	52.9	53.8
Composit	44.0	44.3	44.8	48.8	49.4	49.0	46.7
ค่าเฉลี่ย	48.0	52.2	48.8	50.9	50.8	51.0	50.3
			น้ำหนักเมล็ดต่อดอก (กรัม)				
Hysun 33	49.1	53.3	55.7	58.0	51.8	50.6	53.1
Composit	40.8	43.6	45.8	48.7	48.2	49.6	46.1
ค่าเฉลี่ย	44.9	48.4	50.8	53.4	50.0	50.1	49.6

$LSD_{0.05}$	พันธุ์	ปุ๋ย	พันธุ์ x ปุ๋ย
ความสูง	12.4	ns	ns
ศก.จานดอก	ns	0.6	ns
น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	5.6	ns	ns
น้ำหนักเมล็ดต่อดอก	6.0	4.1	ns

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 ผลผลิตเมล็ดทานตะวัน

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติดังแสดงไว้ในตารางที่ 4พบว่าผลผลิตของทานตะวันทั้งสองพันธุ์โดยทั่วไปจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$)ทานตะวันพันธุ์Hysun 33 จะให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 371 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ Composite ถึง 18% นอกจากนี้ พบว่าการเพิ่มปุ๋ยบอแรกซ์ให้แก่ทานตะวันทั้งสองพันธุ์ มีผลทำให้ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตอบสนองของทานตะวันทั้งสองพันธุ์ต่อปุ๋ยบอแรกซ์ที่ใส่จะแตกต่างกันไป พบว่าทานตะวัน พันธุ์ Hysun 33 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลย จะให้ผลผลิตเมล็ดเพียง 325 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยบอแรกซ์มีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น และทานตะวันจะให้ผลผลิตสูงสุดคือ 418 กก./ไร่ เมื่อได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 1.8 กก./ไร่ ซึ่งผลผลิตที่ได้รับจะเพิ่มขึ้นเป็น 1.28 เท่าของผลผลิตทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลย ทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 จะมีผลผลิตลดลงเมื่อได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราที่สูงกว่า 1.8 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 1.2 กก./ไร่ หรือต่ำกว่าให้แก่ทานตะวันพันธุ์ Composite ซึ่งเป็นลูกผสมเปิดและทำการคัดเลือกพันธุ์ภายใต้สภาพที่มีการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์สูง (มากกว่า 2 กก./ไร่) จะให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลผลิตของทานตะวันพันธุ์ Composite จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เพิ่มขึ้น และที่อัตราปุ๋ยเท่ากับ 3.0 กก./ไร่ ก็จะให้ผลผลิตสูงสุดคือ 334 กก./ไร่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 แสดงอิทธิพลของปุ๋ยบอแรกซ์ต่อผลผลิตเมล็ดของทานตะวันสองพันธุ์

พันธุ์	อัตราปุ๋ยบอแรกซ์ (กก./ไร่)						
	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	ค่าเฉลี่ย
	ผลผลิต (กก./ไร่)						
Hysun 33	325	375	396	418	366	344	371
Composit	268	278	295	314	326	334	303
ค่าเฉลี่ย	297	326	346	366	346	339	337

$LSD_{0.05}$

พันธุ์ = 56 กก./ไร่

ปุ๋ย = 36 กก./ไร่

พันธุ์ x ปุ๋ย = 36 กก./ไร่

2.5 เปอร์เซนต์น้ำมันและผลผลิตน้ำมัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในเมล็ดทานตะวันทั้งสองพันธุ์ โดยใช้ dichloro methane เป็นตัวสกัด แสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่า เปอร์เซนต์น้ำมันของทานตะวันทั้งสองพันธุ์อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในช่วง 41.3 ถึง 41.5% ถึงแม้ว่าทานตะวันทั้งสองพันธุ์จะได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 0.6 ถึง 3.0 กก./ไร่ ก็ตาม ก็ไม่มีผลทำให้ผลผลิตน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลย เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตน้ำมันของทานตะวันทั้งสองพันธุ์ พบว่า ทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 และพันธุ์ Composite จะให้ผลผลิตน้ำมันเฉลี่ย 154 และ 125 กก./ไร่ ตามลำดับ ถึงแม้ว่าแนวโน้มผลผลิตน้ำมันของทานตะวันพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Hysun 33 จะสูงกว่าพันธุ์ Composite ถึง 19% ก็ตาม แต่ก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนี้ยังพบว่าผลผลิตน้ำมันของทานตะวันทั้งสองพันธุ์จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ แต่การตอบสนองของทานตะวันทั้งสองพันธุ์ต่อการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์จะแตกต่างกันออกไป ทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลยจะให้ผลผลิตน้ำมันต่ำเพียง 129 กก./ไร่ และผลผลิตน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อทานตะวันได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เพิ่มขึ้น ซึ่งการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 1.8 กก./ไร่ จะทำให้ทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 ให้ผลผลิตน้ำมันสูงสุด ซึ่งจะสูงกว่าทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลยถึง 29% การใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราที่สูงกว่า 1.8 กก./ไร่ จะทำให้ผลผลิตน้ำมันทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 ลดลงอย่างเห็นได้ชัด สำหรับพันธุ์ Composite นั้นพบว่าผลผลิตน้ำมันจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยบอแรกซ์ที่ได้รับ ถึงแม้จะใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราที่สูงถึง 3 กก./ไร่ ก็ไม่ทำให้ผลผลิตน้ำมันลดลงเหมือนกับพันธุ์ Hysun 33 ทานตะวันพันธุ์ Composite ที่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 1.8 กก./ไร่ ก็จะให้ผลผลิตน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น 13% ของผลผลิตน้ำมันจากแปลงที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลย ผลผลิตน้ำมันของทานตะวันพันธุ์ Composite จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อพืชได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราที่สูงกว่า 2.4 กก./ไร่

2.6 เปอร์เซนต์โปรตีนและผลผลิตโปรตีน

จากตารางที่ 5 พบว่าเปอร์เซนต์โปรตีนของทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 และพันธุ์ Composite จะมีค่า 19.3 และ 19.5 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเพิ่มปุ๋ยบอแรกซ์แก่ทานตะวันทั้งสองพันธุ์ก็ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซนต์โปรตีนในเมล็ด ทานตะวันที่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 0 ถึง 3.0 กก./ไร่ จะมีเปอร์เซนต์โปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ $19.4 \pm 0.5\%$

ส่วนผลผลิตโปรตีนของทานตะวันทั้งสองพันธุ์นั้น พบว่า จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) โดยที่ทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 จะมีผลผลิตโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 71.5 กก./ไร่ ซึ่งมากกว่าพันธุ์ Composite ถึง 12.6 กก./ไร่ หรือประมาณ 18% อย่างไร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 แสดงอิทธิพลปุ๋ยบอแรกซ์ต่อปริมาณน้ำมัน โปรตีน ในเมล็ด ผลผลิตน้ำมันและโปรตีนของทานตะวันสองพันธุ์

พันธุ์	อัตราปุ๋ยบอแรกซ์ (กก./ไร่)						
	0.0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	ค่าเฉลี่ย
			น้ำมัน (%)				
Hysun 33	39.8	40.0	41.8	43.2	41.9	42.7	41.5
Composit	41.0	40.7	42.1	40.8	41.9	41.7	41.3
ค่าเฉลี่ย	40.4	40.3	41.9	42.0	41.9	42.2	41.4
			ผลผลิตน้ำมัน (กก./ไร่)				
Hysun 33	129.3	150.0	165.5	180.9	152.8	146.8	154.2
Composit	110.0	113.0	124.7	127.2	136.3	138.9	125.0
ค่าเฉลี่ย	119.7	131.5	145.1	154.1	144.6	142.8	139.6
			โปรตีน (%)				
Hysun 33	20.6	18.6	19.0	19.1	19.8	18.8	19.3
Composit	19.4	20.8	18.3	19.9	19.3	19.2	19.5
ค่าเฉลี่ย	19.9	19.7	18.6	19.5	19.5	19.0	19.4
			ผลผลิตโปรตีน (กก./ไร่)				
Hysun 33	66.3	69.7	75.2	80.2	73.1	64.6	71.5
Composit	52.2	58.1	53.9	62.3	62.4	64.8	58.9
ค่าเฉลี่ย	59.2	63.9	64.5	71.2	67.7	64.7	65.2

$LSD_{0.05}$	พันธุ์	ปุ๋ย	พันธุ์ x ปุ๋ย
เปอร์เซนต์น้ำมัน	ns	ns	ns
ผลผลิตน้ำมัน	ns	15.3	15.3
เปอร์เซนต์โปรตีน	ns	ns	ns
ผลผลิตโปรตีน	10.8	ns	ns

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก็ตามเมื่อทานตะวันได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้น ก็จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิตโปรตีนของเมล็ดเลย ทานตะวันที่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 0 ถึง 3.0 กก./ไร่ จะมีผลผลิตโปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 65.2 $\pm$ 4 กก./ไร่

3. <u>ปริมาณโบรอนในดิน</u>

3.1 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโบรอนในดิน

ได้ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลต่างระหว่างปริมาณโบรอนในดินก่อนและหลังการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ 3 สัปดาห์ พบว่า ในการเพิ่มปุ๋ยบอแรกซ์มีผลทำให้ปริมาณโบรอนในดินชั้นต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการเพิ่มขึ้นของปริมาณโบรอนในดินจะแตกต่างกันในแต่ละชั้นดิน (ตารางที่ 6) ดังนี้

ดินชั้นบน (0–15 ซม.) การเพิ่มปริมาณปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 0.6 กก./ไร่ มีผลทำให้ปริมาณโบรอนในดินเดิมซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.17 ppm เพิ่มขึ้นอีก 0.13 ppm (ตารางที่ 6 และตารางผนวกที่ 34) การใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณโบรอนในดินเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งในการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราที่สูงถึง 3.0 กก./ไร่ จะทำให้ดินมีปริมาณโบรอนเพิ่มขึ้นอีก 0.49 ppm การปลูกทานตะวันต่างพันธุ์กันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุโบรอนในดินเลย

ดินชั้นล่าง (15–30 ซม.) พบว่า ปริมาณโบรอนในดินล่างเดิมมีปริมาณใกล้เคียงกับดินบนซึ่งมีปริมาณโบรอนเท่ากับ 0.15 ppm การใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 0.6 กก./ไร่ จะทำให้ปริมาณโบรอนเพิ่มขึ้น 0.06 ppm เมื่อเทียบกับการไม่ได้ใส่ปุ๋ยเลย แต่การเพิ่มปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราที่สูงขึ้นถึง 2.4 กก./ไร่ จะไม่มีผลทำให้ปริมาณโบรอนในดินล่างแตกต่างจากการใช้ปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราที่ต่ำแต่อย่างใด โดยค่าโบรอนในดินล่างอยู่ในช่วง 0.06–0.09 ppm กรณีที่มีการเพิ่มปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 3.0 กก./ไร่ จะทำให้มีปริมาณของโบรอนในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัย-สำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าเฉลี่ย 0-30 ซม. พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณโบรอนในดินเป็นผลจากการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ และปริมาณโบรอนที่เพิ่มขึ้นจะเป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงของค่าโบรอนในดินชั้นบน แต่จะมีค่าต่ำกว่า การใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ที่เพิ่มขึ้นจาก 0.6-3.0 กก./ไร่ ทำให้มีปริมาณโบรอนในดินเพิ่มขึ้นในช่วง 0.10-0.34 ppm อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงโบรอนในดินไม่ใช่ผลเนื่องมาจากพันธุ์ทานตะวันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้แต่อย่างใด

จากตารางที่ 6 พบว่า การเพิ่มขึ้นของโบรอนในดินได้รับอิทธิพลจากปุ๋ยบอแรกซ์ที่ใส่มาก ถึงแม้การเพิ่มปริมาณโบรอนในดินชั้นบน และชั้นล่าง จะแตกต่างกันอยู่บ้าง แต่ก็แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตราที่สูงขึ้น ปริมาณโบรอนในดินก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นเมื่อนำเอาอัตราปุ๋ยบอแรกซ์ (X กก./ไร่) ที่ใส่ลงในดินไปหาความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของโบรอนในดิน (ppm; Y) ก็จะได้ความสัมพันธ์ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งจากสมการดังกล่าวสามารถคำนวณหาปริมาณปุ๋ยบอแรกซ์ที่จะใช้เพื่อเพิ่มปริมาณโบรอนจากดินเดิมได้ กล่าวคือ ถ้าต้องการเพิ่มปริมาณโบรอนของดินชั้นบนอีก 0.16 ppm ก็จะต้องใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ลงไปในอัตรา 1.0 กก./ไร่ เป็นต้น

3.2 ระดับวิกฤตของค่าโบรอนในดิน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโบรอนในดินชั้นบน และดินชั้นล่างที่วิเคราะห์ได้ (ppm; X) ภายหลังการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ 3 สัปดาห์ กับผลผลิตสัมพัทธ์ (relative yield; Y) ของทานตะวันแต่ละพันธุ์ พบว่าจะมีความสัมพันธ์เป็นแบบ 2nd degree polynomial ดังสมการที่แสดงในตารางที่ 7

สำหรับค่าโบรอนในดินที่วิเคราะห์ได้จากดินชั้นล่าง พบว่า จะไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตของทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 เลย เมื่อพิจารณาโดยทั่วไปแล้วจะเห็นได้ว่าค่าโบรอนที่สกัดได้จากดินชั้นบน จะมีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตของทานตะวันทั้งสองพันธุ์เป็นอย่างดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 แสดงอิทธิพลของอัตราปุ๋ยบอแรกซ์ที่มีต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณโบรอนในดินชั้นบน ชั้นล่าง และค่าเฉลี่ย 0-30 ซม.

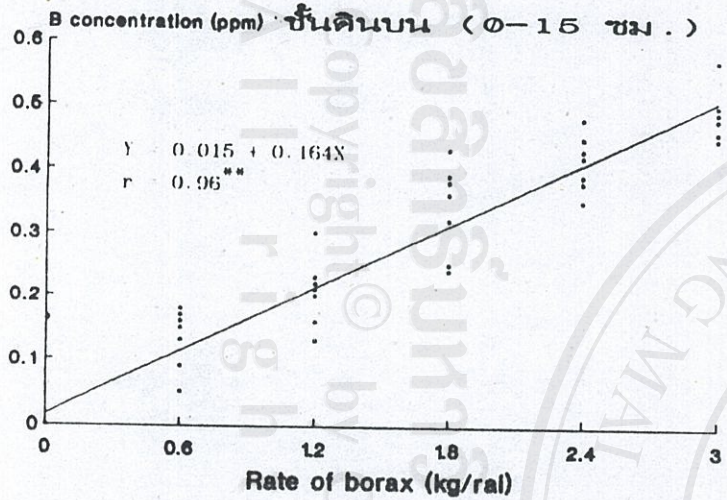
ตำรับ	ปริมาณโบรอนในดิน (ppm B)		
	ชั้นบน (0-15 ซม.)	ชั้นล่าง (15-30 ซม.)	ค่าเฉลี่ย (0-30 ซม.)
พันธุ์			
Hysun 33	0.25	0.07	0.16
Composite	0.27	0.10	0.18
อัตราปุ๋ย(กก./ไร่)			
0.0	0.00	0.00	0.00
0.6	0.13	0.06	0.10
1.2	0.20	0.08	0.14
1.8	0.33	0.09	0.20
2.4	0.42	0.09	0.25
3.0	0.49	0.18	0.34
$LSD_{0.05}$			
พันธุ์	ns	ns	ns
ปุ๋ย	0.04	0.06	0.04
พันธุ์ x ปุ๋ย	ns	ns	ns

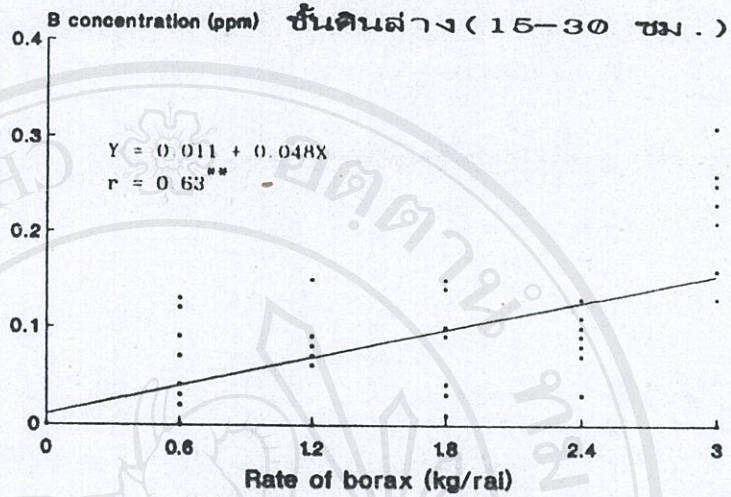
หมายเหตุ ปริมาณโบรอนในดินก่อนการปลูก

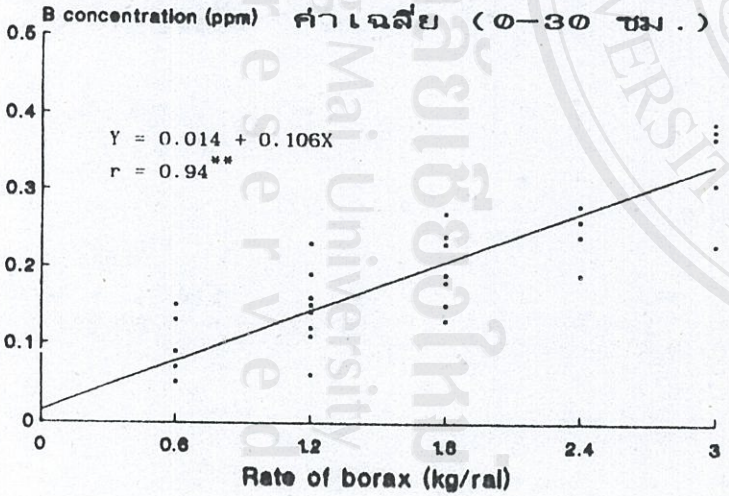
ชั้นบน (0-15 ซม.) 0.17 ppm

ชั้นล่าง (15-30 ซม.) 0.15 ppm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved







ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยบอแรกซ์กับการเพิ่มขึ้นของโบรอนในดินหลังการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ 3 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

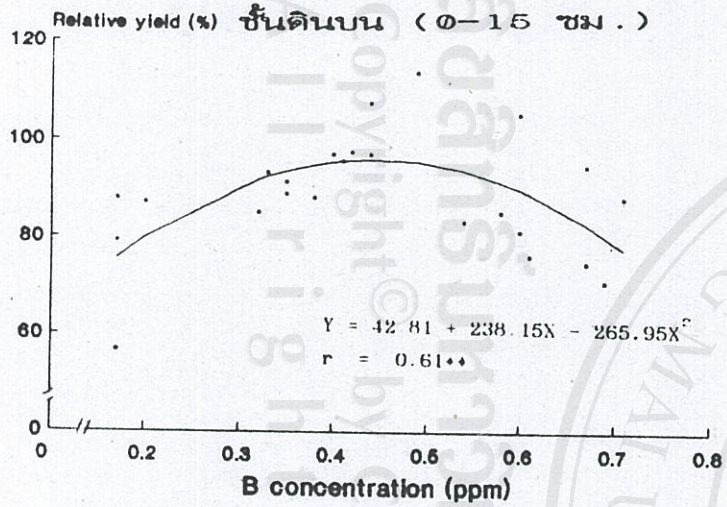
จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าโบรอนในดินที่วิเคราะห์ได้ กับผลผลิตสัมพัทธ์ของทานตะวันทั้งสองพันธุ์ สามารถนำมาแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นได้ดังภาพที่ 2 และ 3 ในการประเมินจุดวิกฤตของโบรอนในดิน ซึ่งเป็นจุดที่ดินมีปริมาณโบรอนที่จะมีผลทำให้ผลผลิตของทานตะวันมีค่าเท่ากับ 90% ของผลผลิตสูงสุดนั้น พบว่า ในทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 ค่าวิกฤตของโบรอนในดินชั้นบน (0-15 ซม.) และค่าเฉลี่ย 0-30 ซม. จะมีค่าเท่ากับ 0.30 และ 0.28 ppm ตามลำดับ ส่วนในทานตะวันพันธุ์ Composite นั้นจะมีค่าวิกฤติของโบรอนในดินบน และค่าเฉลี่ย 0-30 ซม. จะมีค่า 0.48 และ 0.39 ppm ตามลำดับ

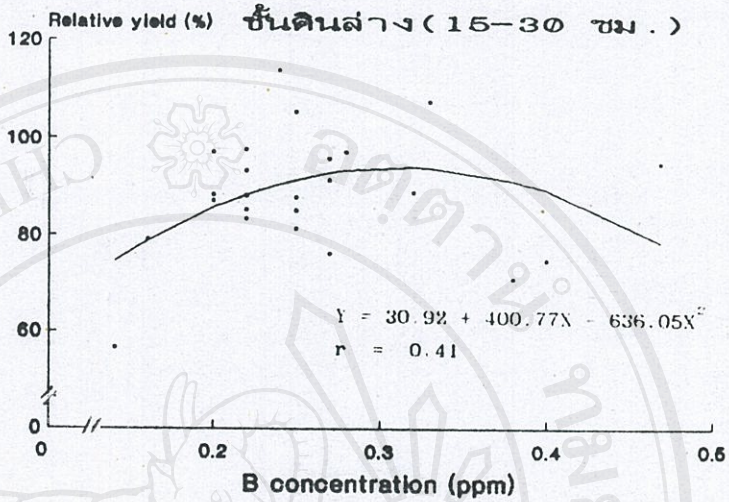
ตารางที่ 7 แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโบรอนที่วิเคราะห์ได้ในดินชั้นต่าง ๆ กับผลผลิตสัมพัทธ์[1/] ของทานตะวันสองพันธุ์

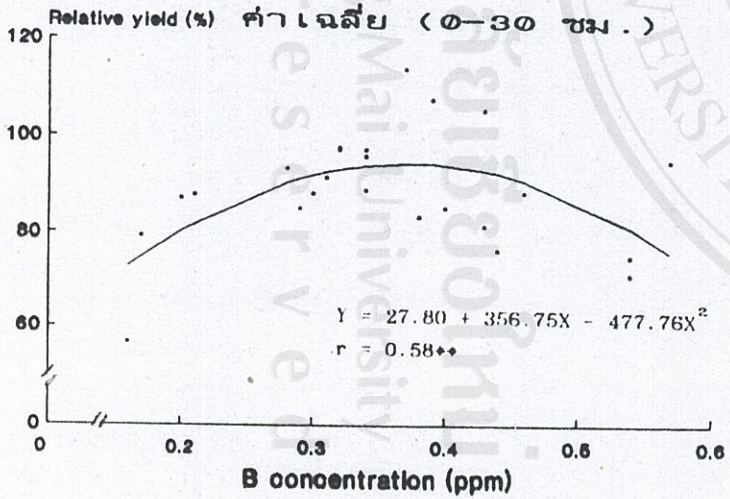
พันธุ์ / ชั้นดิน	สมการความสัมพันธ์	ค่าสหสัมพันธ์
<u>พันธุ์ Hysun 33</u>		
ดินชั้นบน (0-15 ซม.)	$Y = 42.81 + 238.15X - 265.95X^2$	0.61**
ดินชั้นล่าง(15-30 ซม.)	$Y = 30.92 + 400.77X - 636.05X^2$	0.41ns
ค่าเฉลี่ย 0-30 ซม.	$Y = 27.80 + 356.75X - 477.76X^2$	0.58**
<u>พันธุ์ Composite</u>		
ดินชั้นบน (0-15 ซม.)	$Y = 72.82 + 35.11X + 1.95X^2$	0.67**
ดินชั้นล่าง(15-30 ซม.)	$Y = 68.82 + 80.00X - 10.99X^2$	0.62**
ค่าเฉลี่ย 0-30 ซม.	$Y = 74.95 + 22.40X + 40.29X^2$	0.68**

1/ ผลผลิตสัมพัทธ์ = $\frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตสูงสุด}} \times 100$

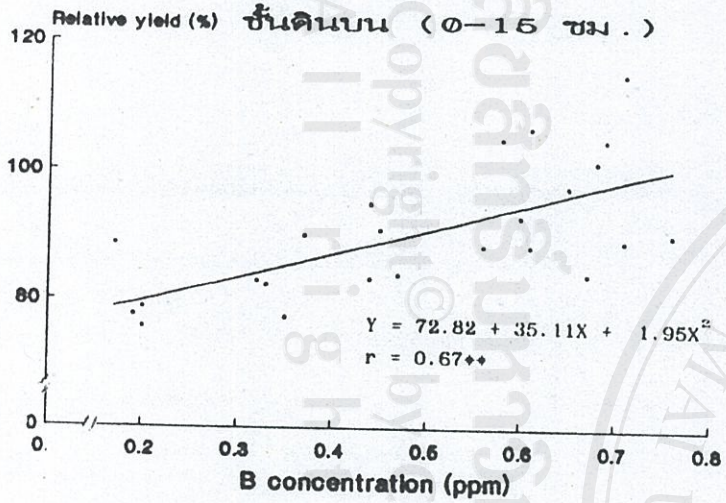
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

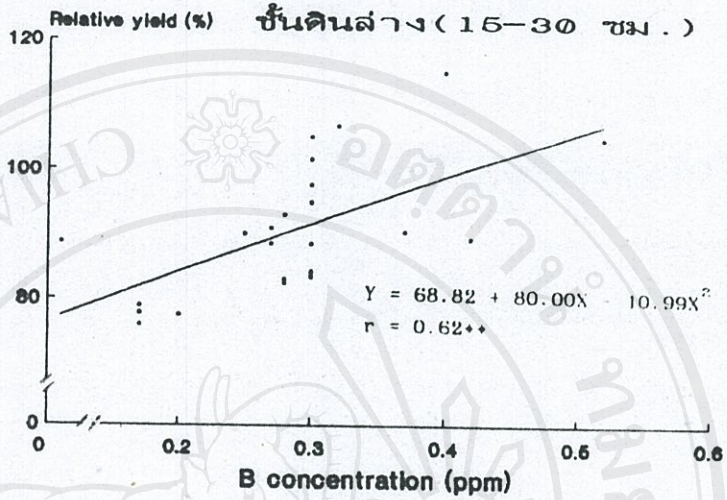


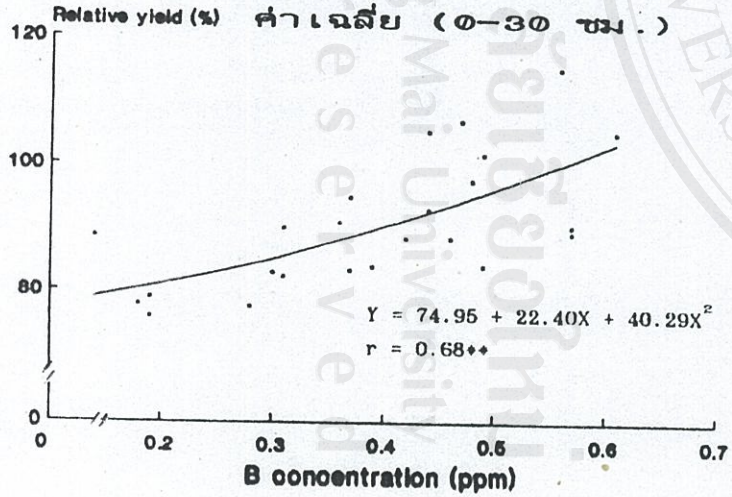




ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโบรอนในดินหลังการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ 3 สัปดาห์ กับผลผลิตสัมพัทธ์ของทานตะวันพันธุ์ Hysun 33







ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโบรอนในดินหลังการใส่ปุ๋ยบอแรกซ์ 3 สัปดาห์ กับผลผลิตสัมพัทธ์ของทานตะวันพันธุ์ Composite

4. การวิเคราะห์พืช

4.1 ปริมาณโบรอนในเมล็ด

ตารางที่ 8 แสดงอิทธิพลของปุ๋ยบอแรกซ์ที่มีต่อปริมาณการสะสมของธาตุโบรอนในต้นพืชที่อายุ 1 เดือน และในเมล็ดทานตะวันสองพันธุ์ พบว่า ปริมาณโบรอนในเมล็ดทานตะวันทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่พันธุ์ Hysun 33 และพันธุ์ Composite จะมีปริมาณโบรอนในเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 22.2 และ 20.7 ppm ตามลำดับ ส่วนการเพิ่มปุ๋ยบอแรกซ์ให้แก่ทานตะวันทั้งสองพันธุ์ พบว่า จะไม่มีผลต่อการสะสมปริมาณโบรอนในเมล็ดมากนักโดยทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลยจะมีการสะสมโบรอนในเมล็ดเท่ากับ 19.6 ppm และการเพิ่มปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 0.6-3.0 กก./ไร่ จะทำให้ปริมาณโบรอนในเมล็ดทานตะวันอยู่ในช่วง 19.6-23.5 ppm

4.2 ปริมาณโบรอนในต้นทานตะวันและใบตำแหน่งต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโบรอนในต้นทานตะวัน (ส่วนเหนือดินทั้งหมด) ที่มีอายุ 1 เดือน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 พบว่า ทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 และพันธุ์ Composite มีการสะสมธาตุโบรอน 42.0 และ 43.6 ppm ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อทานตะวันได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เพิ่มขึ้น ก็ส่งผลทำให้ปริมาณโบรอนในต้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลยจะมีการสะสมโบรอนในต้นพืชเพียง 28.7 ppm การสะสมโบรอนจะเพิ่มขึ้นเมื่อทานตะวันได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เพิ่มสูงขึ้น และที่อัตราปุ๋ยบอแรกซ์ 3.0 กก./ไร่ พืชจะมีการสะสมโบรอนสูงถึง 62.2 ppm ในการทดลองนี้ไม่ปรากฏปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์พืชกับปุ๋ย

สำหรับปริมาณโบรอนในใบตำแหน่งที่ 1 นับจากฐานดอก ซึ่งเป็นใบที่สมบูรณ์ และมีความยาวตั้งแต่ 4 ซม. ขึ้นไป และใบที่อยู่ถัดลงมาถึงตำแหน่งที่ 5 ในช่วงขณะที่พืชอยู่ในระยะ R_2 (ระยะที่ข้อถัดจากฐานดอกเริ่มยืดตัวและอยู่ระหว่าง 0.5-2.0 ซม.) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 9 ปรากฏว่าทานตะวันทั้งสองพันธุ์จะมีการสะสมธาตุโบรอนในใบตำแหน่งต่าง ๆ อยู่ในระดับที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 แสดงอิทธิพลของปุ๋ยบอแรกซ์ที่มีต่อปริมาณการสะสมของธาตุโบรอนในต้นพืชที่อายุ 1 เดือน และในเมล็ดของทานตะวันสองพันธุ์

ตำรับ	ต้นพืช อายุ 1 เดือน	เมล็ด
	---------- ppm B ----------	
พันธุ์		
Hysun 33	42.0	22.2
composite	43.6	20.7
อัตราปุ๋ย(กก/ไร่)		
0.0	28.7	19.6
0.6	34.2	19.6
1.2	37.4	20.8
1.8	40.2	22.0
2.4	54.0	23.0
3.0	62.2	23.5
$LSD_{0.05}$		
พันธุ์	ns	ns
ปุ๋ย	6.7	ns
พันธุ์ x ปุ๋ย	ns	ns

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในช่วง 53.8-64.1 ppm เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของปุ๋ยบอแรกซ์ที่มีต่อปริมาณการสะสมของธาตุโบรอนในแต่ละตำแหน่ง พบว่า จะมีแนวโน้มเหมือนกัน กล่าวคือ ปริมาณสะสมของธาตุโบรอนในใบทุกตำแหน่งจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อทานตะวันได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เพิ่มขึ้น ทานตะวันที่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ในอัตรา 3.0 กก./ไร่ จะมีการสะสมโบรอนในใบ (ตำแหน่งที่ 1 ถึง 5) สูงกว่าทานตะวันที่ไม่ได้รับปุ๋ยบอแรกซ์เลยประมาณ 52% ส่วนพันธุ์ทานตะวันและอัตราปุ๋ยบอแรกซ์จะไม่มีปฏิกิริยาร่วมกัน

4.3 ระดับวิกฤตของธาตุโบรอนในใบ และต้นทานตะวัน

ภาพที่ 4 และ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโบรอนในใบตำแหน่งต่าง ๆ กับปริมาณโบรอนในต้นทานตะวันที่อายุ 1 เดือน (X) กับผลผลิตสัมพัทธ์ (relative yield; Y) พบว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นแบบ 2nd degree polynomial ซึ่งสมการและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 10

สำหรับค่าวิกฤตของโบรอนในพืชพิจารณาได้จากสมการดังกล่าว โดยกำหนดให้เป็นจุดที่บ่งบอกค่าโบรอนในพืชที่ทำให้พืชให้ผลผลิตเป็น 90% ของผลผลิตสูงสุด จากผลการทดลองปรากฏว่าใบที่จะนำมาใช้ประเมินค่าวิกฤตของโบรอนในใบจะผันแปรไปตามพันธุ์พืชบ้าง แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณโบรอนในใบเกือบทุกตำแหน่งจะมีความสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ดทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นใบตำแหน่งที่ 4 ของทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 และใบตำแหน่งที่ 1 ของพันธุ์ Composite ในการหาค่าวิกฤตนี้ นอกจากจะต้องพิจารณาถึงปริมาณโบรอนในใบตำแหน่งที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ดทานตะวันแล้ว ยังจะต้องพิจารณาถึงใบพืชที่มีความแตกต่างของปริมาณโบรอนที่ค่อนข้างกว้างเมื่อพืชได้รับปุ๋ยบอแรกซ์ จากการทดลองนี้พบว่าการใช้ใบตำแหน่งที่ 3 ในระยะ R_2 ซึ่งเป็นระยะที่ข้อใต้ดอกถึงใบแรกยืดยาว 0.5-2.0 ซม. จะเหมาะสม ซึ่งให้ค่าวิกฤตโบรอนในใบทานตะวันทั้งสองพันธุ์ได้ดี มีค่าอยู่ในช่วง 46-47 ppm (ตารางที่ 11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 แสดงอิทธิพลของปุ๋ยบอแรกซ์ที่มีต่อปริมาณการสะสมของธาตุโบรอนในใบของทานตะวันสองพันธุ์

ตำรับ	ตำแหน่งของใบทานตะวันที่ระยะ R_2				
	1	2	3	4	5
	ppm B				
พันธุ์					
Hysun 33	55.4	58.9	53.8	63.2	60.6
composite	57.2	64.1	54.1	63.2	57.6
อัตราปุ๋ย(กก/ไร่)					
0.0	45.7	48.6	40.8	46.7	47.1
0.6	50.0	58.1	47.4	57.8	54.1
1.2	55.7	62.7	52.9	64.5	57.2
1.8	57.8	63.5	58.3	67.8	60.9
2.4	60.1	65.9	59.4	69.2	65.2
3.0	68.4	70.5	64.7	73.5	69.9
$LSD_{0.05}$					
พันธุ์	ns	ns	ns	ns	ns
ปุ๋ย	8.2	8.1	7.4	12.5	7.8
พันธุ์ x ปุ๋ย	ns	ns	ns	ns	ns

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับต้นทานตะวัน (seedling) ที่อายุ 1 เดือน สามารถบ่งบอกค่าวิกฤตของโบรอนได้เช่นเดียวกัน จากการคำนวณค่าวิกฤตของโบรอนในต้นทานตะวันจากสมการในตารางที่ 10 ก็จะได้ค่าเท่ากับ 32 และ 42 ppm สำหรับพันธุ์ Hysun 33 และ Composite ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 10 แสดงสหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณโบรอนในใบตำแหน่งต่าง ๆ (X) กับผลผลิตสัมพัทธ์ (Y) ของทานตะวันสองพันธุ์

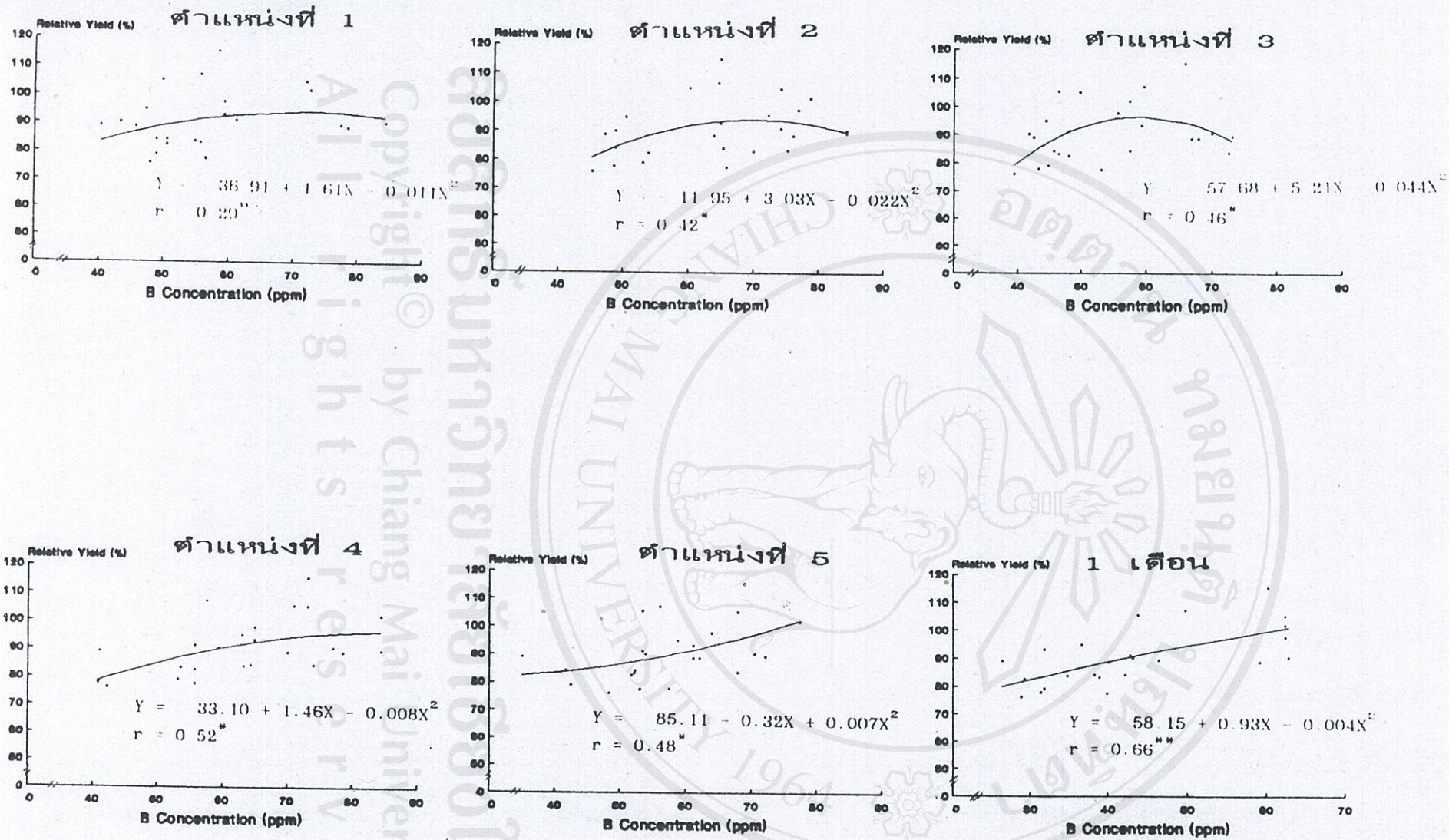
ตำแหน่งใบ	สมการความสัมพันธ์	r
พันธุ์ Hysun 33		
ใบที่ 1	$Y = -40.47 + 4.20X - 0.033X^2$	0.48*
2	$Y = 9.49 + 2.01X - 0.011X^2$	0.49*
3	$Y = -44.89 + 5.09X - 0.047X^2$	0.50*
4	$Y = 18.31 + 1.86X - 0.010X^2$	0.37^{ns}
5	$Y = -89.33 + 5.77X - 0.046X^2$	0.50*
ต้นอายุ 1 เดือน	$Y = 27.01 + 3.05X - 0.034X^2$	0.48*
พันธุ์ Composite		
ใบที่ 1	$Y = 36.91 + 1.61X - 0.011X^2$	0.29^{ns}
2	$Y = -11.95 + 3.03X - 0.022X^2$	0.42*
3	$Y = -57.68 + 5.21X - 0.044X^2$	0.46*
4	$Y = 33.10 + 1.46X - 0.008X^2$	0.52*
5	$Y = 85.11 - 0.32X + 0.007X^2$	0.48*
ต้นอายุ 1 เดือน	$Y = 58.15 + 0.93X - 0.004X^2$	0.66**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 11 แสดงค่าวิกฤตของโบรอน (ppm) ในใบตำแหน่งที่ 1-5 และต้นที่อายุ 1 เดือน ของทานตะวันสองพันธุ์

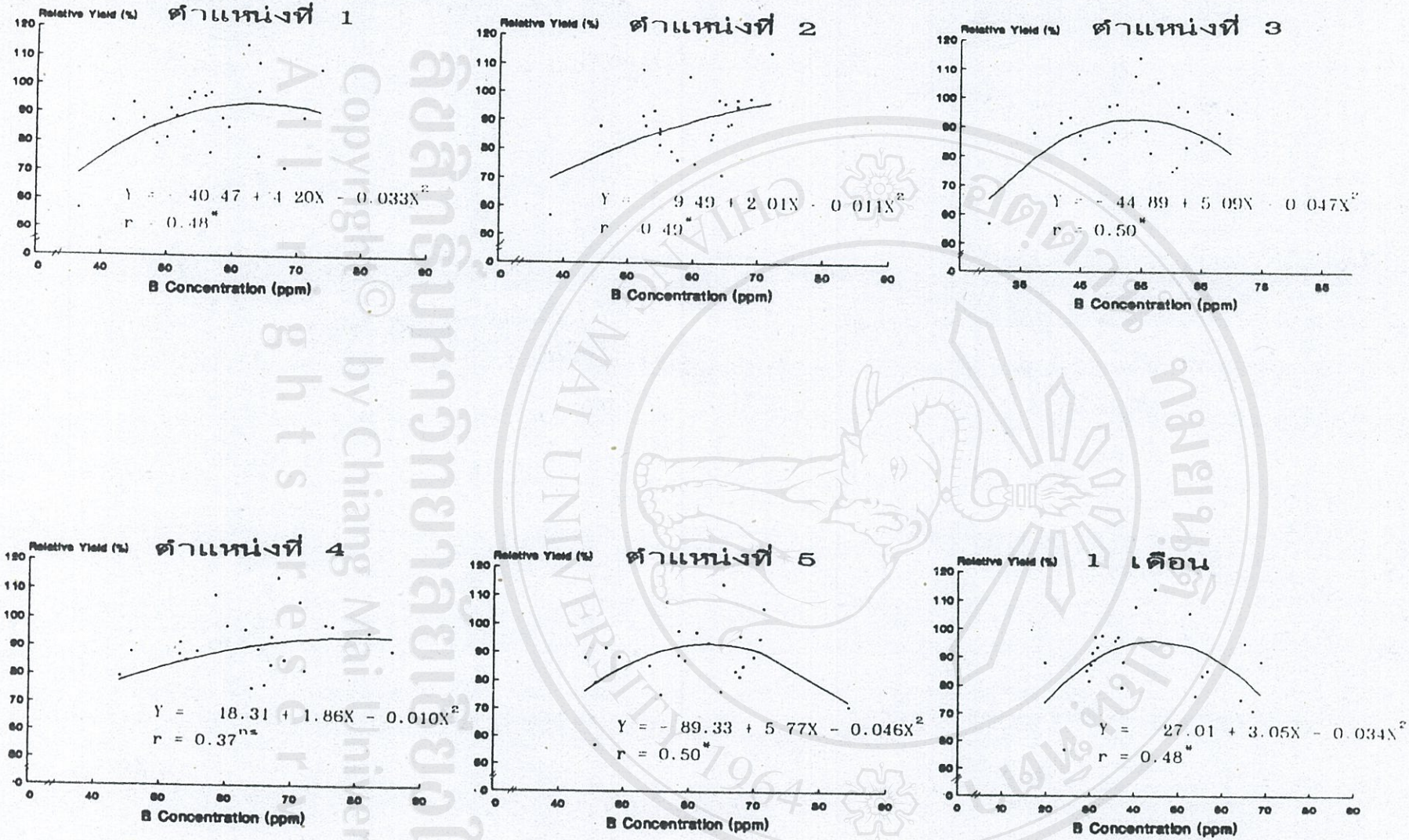
ตำแหน่ง	Hysun 33	Composite	ค่าเฉลี่ย
ใบที่ 1	54	ns	ns
2	59	58	55
3	46	47	47
4	ns	56	ns
5	57	57	52
ต้นอายุ 1 เดือน	32	42	36

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโบรอนในใบตำแหน่งที่ 1-5 และต้นที่อายุ 1 เดือน กับผลผลิตสัมพัทธ์ของทานตะวันพันธุ์ Composite

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโบรอนในใบตำแหน่งที่ 1-5 และต้นที่อายุ 1 เดือน กับผลผลิตสัมพัทธ์ของทานตะวันพันธุ์ Hysun 33

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved