บทที่ 4
ผลการทดลอง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทธิลีน และการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total nonstructural carbohydrate, TNC) ในไม้ผล 3 ชนิด คือ ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ลำไยพันธุ์ดอ และมะปรางพันธุ์ทูลเกล้า โดยทำการวัดปริมาณความเข้มข้นของเอทธิลีนในช่องว่างระหว่างเซลล์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในช่วงเวลาก่อนการแตกใบอ่อน 8, 6, 4 และ 2 สัปดาห์ สามารถแบ่งผลการทดลองได้ดังนี้

1. ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทธิลีนในช่วงก่อนการแตกใบอ่อน

จากการทำกราฟมาตรฐานโดยใช้ก๊าซเอทธิลีนมาตรฐานพบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้นของเอทธิลีน 0-10 สตล (linear regression) (ภาพที่ 9) และมีสมการเส้นตรงเป็น

$$Y = -0.02715 + 0.00002397\ (X) \qquad (P < 0.0000)$$

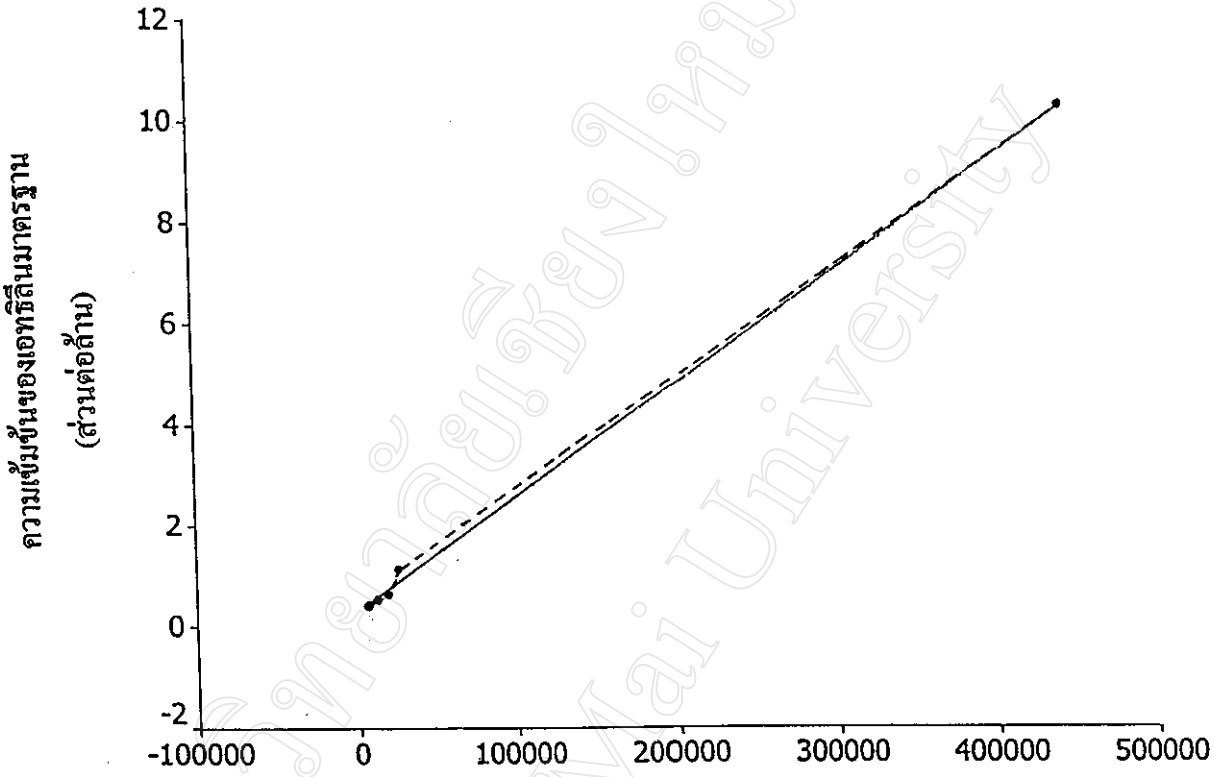
$$r = 0.9965 \qquad n = 25 \qquad (P < 0.0000)$$

$$r^2 = 0.9930$$

โดยที่ Y คือ ความเข้มข้นของเอทธิลีนมีหน่วยเป็น สตล

X คือ พื้นที่ใต้กราฟที่อ่านได้จากเครื่อง gas chromatograph มีหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีค่า X minimum = 1,377 ตารางมิลลิเมตร และค่า X maximum = 454,128 ตารางมิลลิเมตร (Y minimum = 0.001 สตล และค่า Y maximum = 10 สตล)

เมื่อนำสมการมาคำนวณหาเอทธิลีน พบว่าความเข้มข้นของเอทธิลีนในยอดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยนั้นลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 8-6 ก่อนการแตกใบอ่อน จากนั้นเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่มีการแตกใบอ่อน (ภาพที่ 14) โดยปริมาณเอทธิลีนสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 ก่อนการแตกใบอ่อน คือ 0.6583 สตล และในสัปดาห์ที่ 8, 6 และ 4 ก่อนการแตกใบอ่อนนั้นมีค่า 0.2772, 0.0422 และ 0.1275 สตล ตามลำดับ (ตารางที่ 6)



ภาพที่ 9 กราฟมาตรฐานของก๊าซเอทธิลีนมาตรฐานเข้มข้น 0.001, 0.01, 0.1, 1 และ 10 สตล เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณเอทธิลีนในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของลิ้นจี่พันธุ์สงฆวย

---------- = true mean curve

——— = regression equation fitted curve (Y = -0.02715 + 0.00002397 (X))

หมายเหตุ : r^2 = 0.9930

Y = ความเข้มข้นของเอทธิลีนมีหน่วยเป็น สตล

X = พื้นที่ใต้กราฟที่อ่านได้จากเครื่อง gas chromatograph มีหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 6 ความเข้มข้นของเอทธิลีน และปริมาณ TNC ในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของยอดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

จำนวนสัปดาห์ก่อนการแตกใบอ่อน (สัปดาห์)	ความเข้มข้นของเอทธิลีนในยอด (สตล)	ปริมาณ TNC ในยอด (mg glucose equivalent / gram dry weight)
8	0.7670b	29.818a
6	0.7169d	29.283a
4	0.7347c	26.058b
2	0.8562a	25.352b
$LSD_{0.05}$	0.0161	2.2185

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD

1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในช่วงก่อนการแตกใบอ่อน

จากการทำกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลายกลูโคสมาตรฐานเมื่อนำมาคำนวณพบว่าความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0.25-2.25 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร (linear regression) (ภาพที่ 10) และมีสมการเส้นตรงเป็น

$Y = -0.32622 + 0.12790\ (X)$ $(P < 0.0000)$

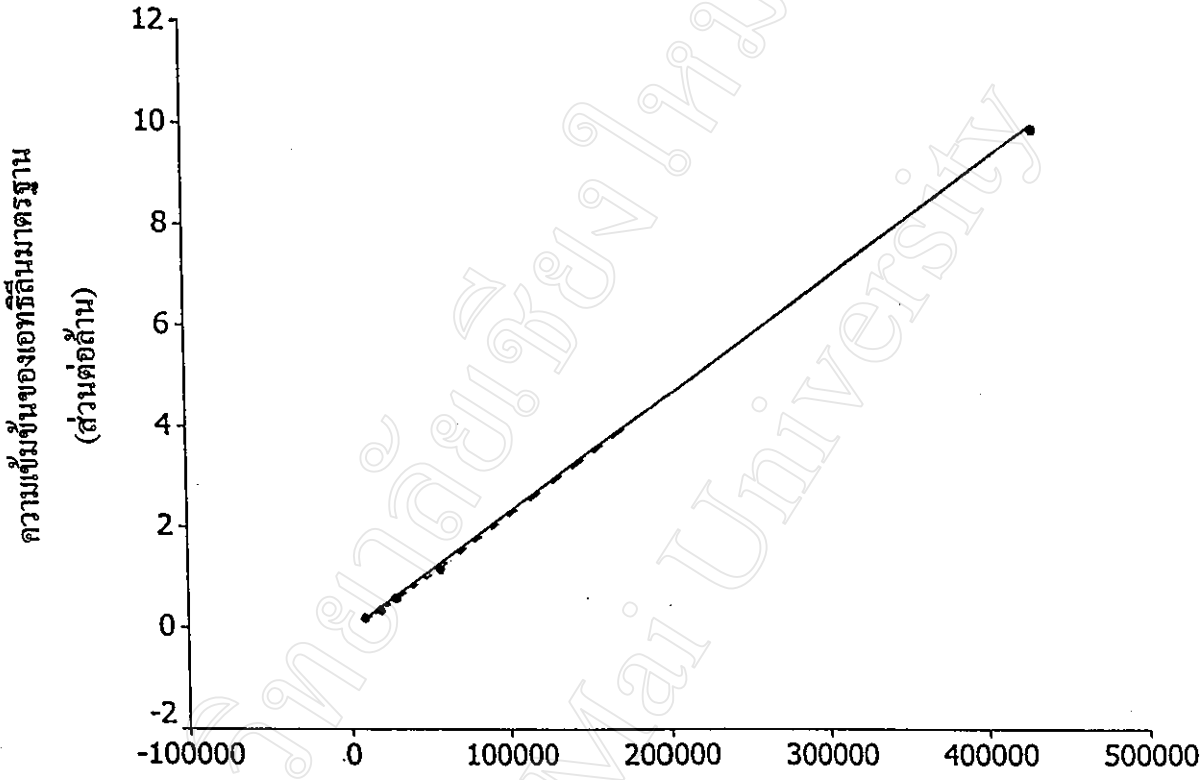
$r = 0.9965$ $n = 27$ $(P < 0.0000)$

$r^2 = 0.9931$

โดยที่ Y คือ สารละลายกลูโคสมาตรฐานมีหน่วยเป็น มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร

X คือ ปริมาตรที่ได้จากการไตเตรตกับสารละลาย $Na_2S_2O_3$ และลบกับ blank มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร ซึ่งมีค่า X minimum = 4.24 มิลลิเมตร และค่า X maximum = 20.16 มิลลิเมตร (Y minimum = 0.25 มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร และค่า Y maximum = 2.25 มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร)

เมื่อนำสมการเส้นตรงดังกล่าวมาคำนวณหาปริมาณ TNC พบว่าปริมาณ TNC ในยอดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยมีแนวโน้มลดลงจากสัปดาห์ที่ 8 ก่อนการแตกใบอ่อนไปจนถึงสัปดาห์ที่มีการแตกใบอ่อน (ภาพที่ 15) โดยปริมาณ TNC ในสัปดาห์ที่ 8, 6, 4 และ 2 ก่อนการแตกใบอ่อน คือ 21.818, 29.283, 26.058 และ 25.352 mg glucose equivalent / gram dry weight ตามลำดับ (ตารางที่ 6)



ภาพที่ 10 กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคสมาตรฐานเข้มข้น 0.25 – 2.25 มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณ TNC ในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

---------- = true mean curve

———— = regression equation fitted curve (Y = -0.32622 + 0.12790 (X))

หมายเหตุ : r^2 = 0.9931

Y = สารละลายกลูโคสมาตรฐาน มี หน่วยเป็น มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร

X = ปริมาตรที่ได้จากการไตเตรตกับสารละลาย $Na_2S_2O_3$ และลบกับ blank มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

2. ลำไยพันธุ์ดอ

2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทธิลีนในช่วงก่อนการแตกใบอ่อน

จากกราฟมาตรฐานโดยใช้กราฟมาตรฐานเดียวกับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย เมื่อนำสมการเส้นตรง Y = -0.02715 + 0.00002397 (X) มาคำนวณ

โดยที่ Y คือ ความเข้มข้นของเอทธิลีนมีหน่วยเป็น สตล

X คือ พื้นที่ใต้กราฟที่อ่านได้จากเครื่อง gas chromatograph มีหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีค่า X minimum = 3,654 ตารางมิลลิเมตร และค่า X maximum = 214,589 ตารางมิลลิเมตร (Y minimum = 0.001 สตล และค่า Y maximum = 10 สตล)

พบว่าความเข้มข้นของเอทธิลีนในยอดลำไยพันธุ์ดอมีความเข้มข้นค่อนข้างคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8-4 ก่อนการแตกใบอ่อน จากนั้นเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่มีการแตกใบอ่อน (ภาพที่ 14) โดยปริมาณเอทธิลีนสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 ก่อนการแตกใบอ่อน คือ 1.1006 สตล และในสัปดาห์ที่ 8, 6 และ 4 ก่อนการแตกใบอ่อนนั้นมีค่า 0.8097, 0.8046 และ 0.8309 สตล ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ความเข้มข้นของเอทธิลีน และปริมาณ TNC ในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของยอดลำไยพันธุ์ดอ

จำนวนสัปดาห์ก่อนการแตกใบอ่อน (สัปดาห์)	ความเข้มข้นของเอทธิลีนในยอด (สตล)	ปริมาณ TNC ในยอด (mg glucose equivalent / gram dry weight)
8	0.6034b	17.027a
6	0.6230b	16.095a
4	0.6034b	15.186ab
2	0.8253a	13.507b
$LSD_{0.05}$	0.0609	2.0948

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD

2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในช่วงก่อนการแตกใบอ่อน

จากการทำกราฟมาตรฐานด้วยสารละลายกลูโคสมาตรฐานเมื่อนำมาคำนวณ พบว่าความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0.25-2.25 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร (linear regression) (ภาพที่ 11) โดยมีสมการเส้นตรงเป็น

$Y = -0.35151 + 0.12956\ (X)$ $(P < 0.0000)$

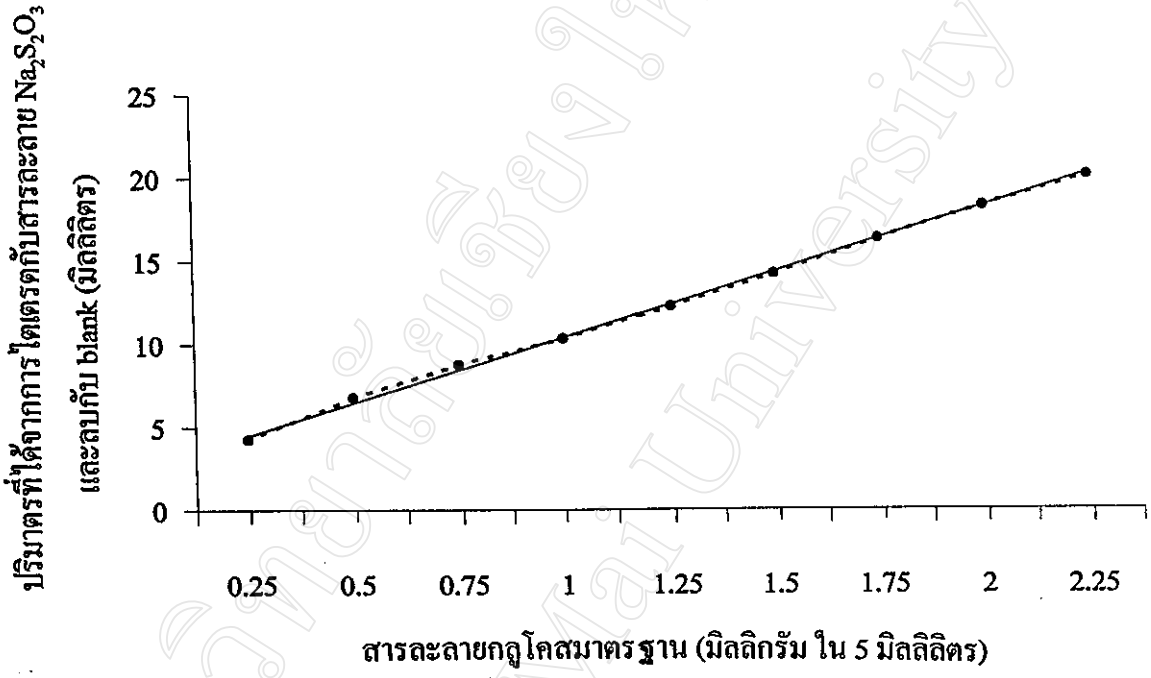
$r = 0.9909$ $n = 27$ $(P < 0.0000)$

$r^2 = 0.9819$

โดยที่ Y คือ สารละลายกลูโคสมาตรฐานมีหน่วยเป็น มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร

X คือ ปริมาตรที่ได้จากการไตเตรตกับสารละลาย $Na_2S_2O_3$ และลบกับ blank มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร ซึ่งมีค่า X minimum = 4.57 มิลลิเมตร และค่า X maximum = 20.17 มิลลิเมตร (Y minimum = 0.25 มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร และค่า Y maximum = 2.25 มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร)

เมื่อนำสมการเส้นตรงดังกล่าวมาคำนวณหาปริมาณ TNC พบว่าปริมาณ TNC ในยอดลำไยพันธุ์ดอมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8 ก่อนการแตกใบอ่อนไปจนถึงสัปดาห์ที่ 2 ก่อนการแตกใบอ่อน (ภาพที่ 15) โดยปริมาณ TNC ในสัปดาห์ที่ 8, 6, 4 และ 2 ก่อนการแตกใบอ่อน คือ 17.027, 16.095, 15.186 และ 13.507 mg glucose equivalent / gram dry weight ตามลำดับ (ตารางที่ 7)



ภาพที่ 11 กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคสมาตรฐานเข้มข้น 0.25 – 2.25 มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณ TNC ในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของลำไยพันธุ์ดอ

--------- = true mean curve

——— = regression equation fitted curve (Y = -0.35151 + 0.12956 (X))

หมายเหตุ : r^2 = 0.9819

Y = สารละลายกลูโคสมาตรฐาน มี หน่วยเป็น มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร

X = ปริมาตรที่ได้จากการไตเตรตกับสารละลาย $Na_2S_2O_3$ และลบกับ blank มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

3. มะปรางพันธุ์ทูลเกล้า

3.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทธิลีนในช่วงก่อนการแตกใบอ่อน

จากการทำกราฟมาตรฐานเมื่อนำมาคำนวณพบว่าความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0-10 สตล (linear regression) (ภาพที่ 12) และมีสมการเส้นตรงเป็น

$Y = -0.13595 + 0.00002577\ (X)$ $(P < 0.0000)$

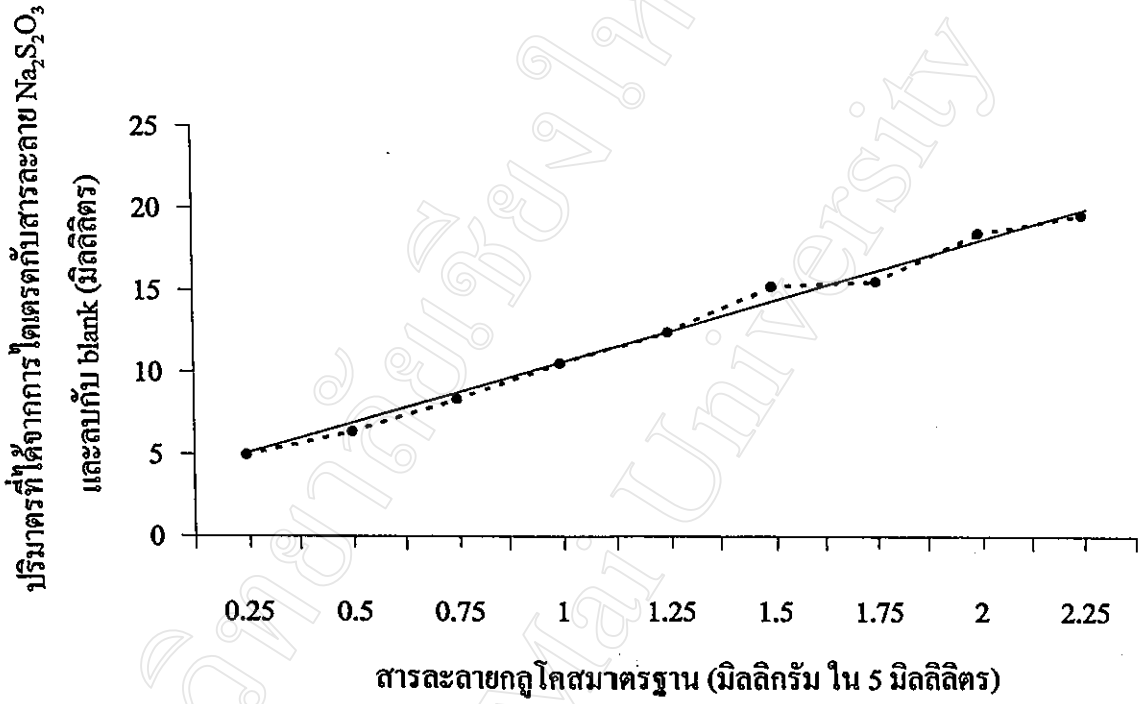
$r = 0.9988$ $n = 25$ $(P < 0.0000)$

$r^2 = 0.9976$

โดยที่ Y คือ ความเข้มข้นของเอทธิลีนมีหน่วยเป็น สตล

X คือ พื้นที่ใต้กราฟที่อ่านได้จากเครื่อง gas chromatograph มีหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีค่า X minimum = 1,488 ตารางมิลลิเมตร และค่า X maximum = 416,900 ตารางมิลลิเมตร (Y minimum = 0.001 สตล และค่า Y maximum = 10 สตล)

เมื่อนำสมการเส้นตรงมาคำนวณหาเอทธิลีน พบว่าความเข้มข้นของเอทธิลีนในยอดมะปรางพันธุ์ทูลเกล้านั้นลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 8-6 ก่อนการแตกใบอ่อน จากนั้นเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่แตกใบอ่อน (ภาพที่ 14) โดยปริมาณเอทธิลีนสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 ก่อนการแตกใบอ่อน คือ 1.1261 สตล และในสัปดาห์ที่ 8, 6 และ 4 ก่อนการแตกใบอ่อนนั้นมีค่า 0.7752, 0.6581 และ 0.9390 สตล ตามลำดับ (ตารางที่ 8)



ภาพที่ 12 กราฟมาตร ฐานของก๊าซเอทธิลีนมาตรฐานเข้มข้น 0.001, 0.01, 0.1, 1 และ 10 สตล เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณเอทธิลีนในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของมะปรางพันธุ์ทูลเกล้า

-------- = true mean curve

———— = regression equation fitted curve (Y = -0.13595 + 0.00002577 (X))

หมายเหตุ : r^2 = 0.9976

Y = ความเข้มข้นของเอทธิลีนมีหน่วยเป็น สตล

X = พื้นที่ใต้กราฟที่อ่านได้จากเครื่อง gas chromatograph มีหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 8 ความเข้มข้นของเอทธิลีน และปริมาณ TNC ในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของยอดมะปรางพันธุ์ทูลเกล้า

จำนวนสัปดาห์ก่อนการแตกใบอ่อน (สัปดาห์)	ความเข้มข้นของเอทธิลีนในยอด (สตล)	ปริมาณ TNC ในยอด (mg glucose equivalent / gram dry weight)
8	0.2717c	81.253a
6	0.1956d	62.756b
4	0.3984b	60.948b
2	0.5706a	61.547b
$LSD_{0.05}$	0.0688	5.8301

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อทดสอบด้วยวิธี LSD

3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในช่วงก่อนการแตกใบอ่อน

จากการทำกราฟมาตรฐานด้วยสารละลายกลูโคสมาตรฐานเมื่อนำมาคำนวณพบว่าความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0.25-2.25 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร (linear regression) (ภาพที่ 13) โดยมีสมการเส้นตรงเป็น

$Y = -0.30488 + 0.12514\ (X)$ $(P < 0.0000)$

$r = 0.9967$ $n = 27$ $(P < 0.0000)$

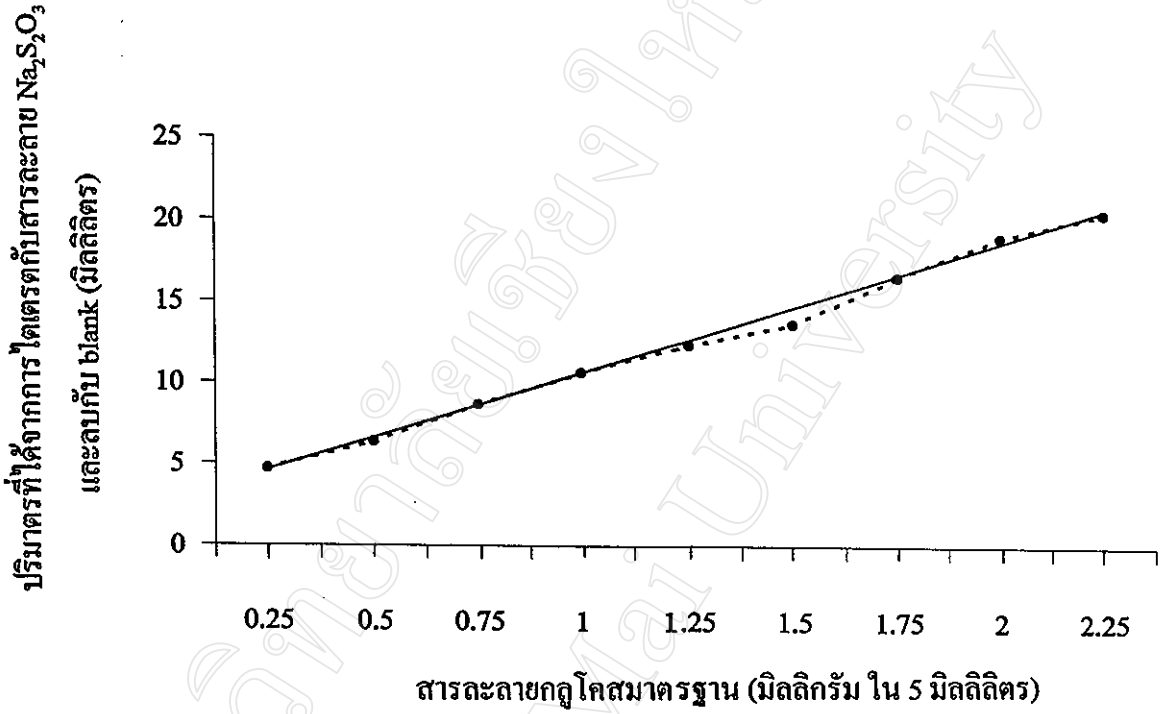
$r^2 = 0.9934$

โดยที่ Y คือ สารละลายกลูโคสมาตราฐานมีหน่วยเป็น มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร

X คือ ปริมาตรที่ได้จากการไตเตรตกับสารละลาย $Na_2S_2O_3$ และลบกับ blank มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร ซึ่งมีค่า X minimum = 4.54 มิลลิเมตร และค่า X maximum = 20.34 มิลลิเมตร (Y minimum = 0.25 มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร และค่า Y maximum = 2.25 มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร)

เมื่อนำสมการเส้นตรงดังกล่าวมาคำนวณหาปริมาณ TNC พบว่าปริมาณ TNC ในยอดมะปรางพันธุ์ทูลเกล้าลดลงในสัปดาห์ที่ 8-6 ก่อนการแตกใบอ่อนจากนั้นปริมาณ TNC ค่อนข้างคงที่จนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่มีการแตกใบอ่อน (ภาพที่ 15) โดยปริมาณ TNC ในสัปดาห์ที่ 8, 6, 4 และ 2

ก่อนการแตกใบอ่อน คือ 81.253, 62.756, 60.948 และ 61.547 mg glucose equivalent / gram dry weight ตามลำดับ (ตารางที่ 8)



ภาพที่ 13 กราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคสมาตรฐานเข้มข้น 0.25 – 2.25 มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณ TNC ในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของมะปรางพันธุ์ ทูลเกล้า

---------- = true mean curve

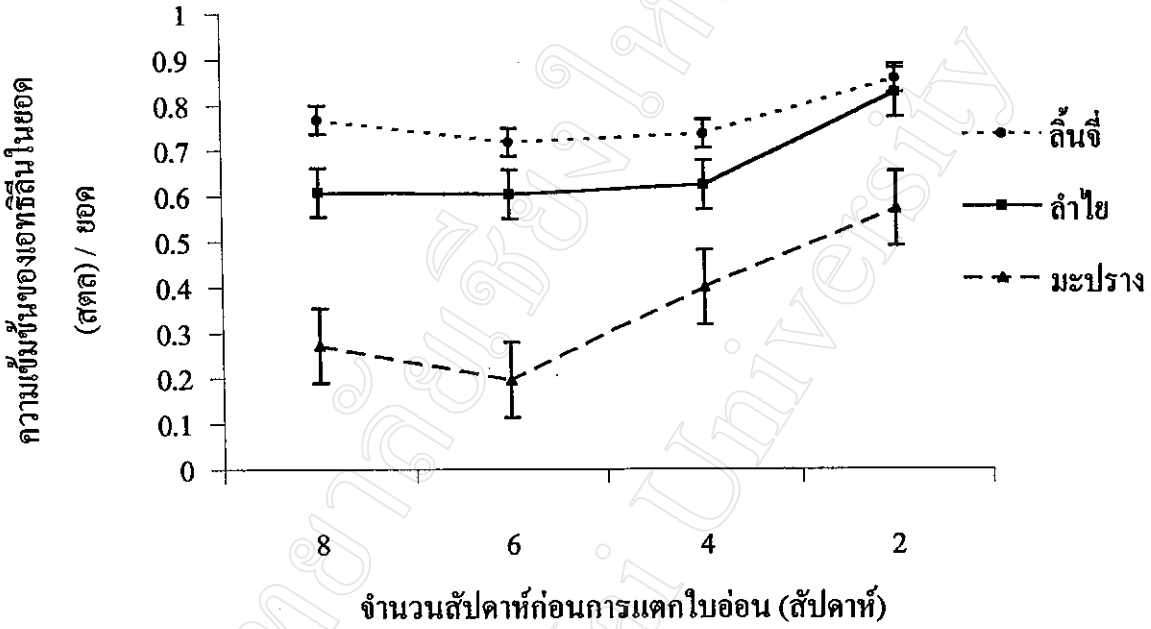
———— = regression equation fitted curve (Y = -0.30488 + 0.12514 (X))

หมายเหตุ : r^2 = 0.9934

Y = สารละลายกลูโคสมาตรฐาน มี หน่วยเป็น มิลลิกรัม ใน 5 มิลลิลิตร

X = ปริมาตรที่ได้จากการไตเตรตกับสารละลาย $Na_2S_2O_3$ และลบกับ blank มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

เมื่อนำผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทธิลีนในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของไม้ผล 3 ชนิด ได้แก่ ลิ้นจี่ ลำไย และมะปรางมาเปรียบเทียบกันเห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดังภาพที่ 14



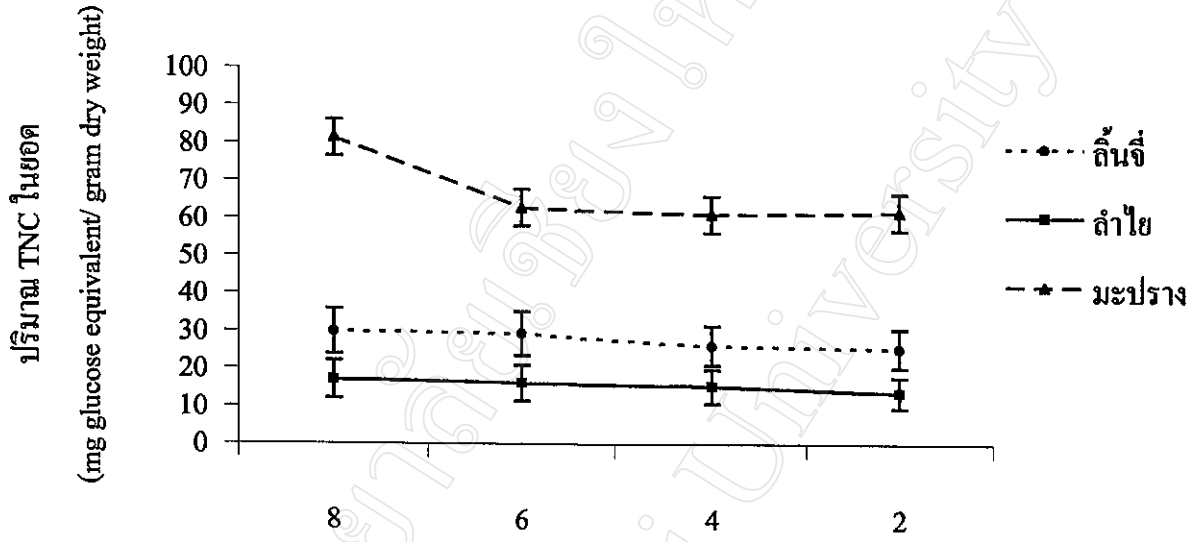
ภาพที่ 14 ความเข้มข้นของเอทธิลีนในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของยอดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ลำไยพันธุ์คอ และมะปรางพันธุ์ทูลเกล้า

หมายเหตุ : เมื่อตรวจสอบด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

= standard deviation

จากกราฟเมื่อนำผลของเอทธิลีนในยอดตัวอย่าง มาคำนวณปริมาณเอทธิลีนเมื่อเทียบจากยอดตัวอย่าง 1 ยอด มาเปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทธิลีนในช่องว่างระหว่างเซลล์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงของลิ้นจี่ และมะปรางมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกัน โดยความเข้มข้นของเอทธิลีนลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 8-6 ก่อนการแตกใบอ่อน จากนั้นเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่มีการแตกใบอ่อน ในยอดลำไยมีความเข้มข้นค่อนข้างคงที่ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8-4 ก่อนการแตกใบอ่อน จากนั้นเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่มีการแตกใบอ่อน ส่วนความเข้มข้นของเอทธิลีนในช่องว่างระหว่างเซลล์พบว่าในยอดลิ้นจี่ และลำไยมีปริมาณใกล้เคียงกัน และพบว่ามะปรางมีความเข้มข้นน้อยที่สุด

เมื่อนำผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) ในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของไม้ผล 3 ชนิด ได้แก่ ลิ้นจี่ ลำไย และมะปรางมาเปรียบเทียบกันเห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ปริมาณTNC ในช่วงก่อนการแตกใบอ่อนของยอดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ลำไยพันธุ์ดอ และมะปรางพันธุ์ทูลเกล้า

หมายเหตุ : เมื่อตรวจสอบด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

= standard deviation

จากกราฟเมื่อนำผลของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) ในยอดตัวอย่างจำนวน 1 กรัม มาเปรียบเทียบลักษณะการเปลี่ยนแปลง พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ของยอดลิ้นจี่ และลำไยมีแนวโน้มลดลงจากสัปดาห์ที่ 8 ก่อนการแตกใบอ่อน ไปจนถึงสัปดาห์ที่มีการแตกใบอ่อน ส่วนในยอดมะปราง พบว่าปริมาณ TNC ลดลงในสัปดาห์ที่ 8-6 ก่อนการแตกใบอ่อน จากนั้นปริมาณ TNC ค่อนข้างคงที่จนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่มีการแตกใบอ่อน ส่วนปริมาณ TNC พบว่าในยอดมะปรางมีปริมาณมาก รองลงมาคือลิ้นจี่ และลำไยมีปริมาณน้อยที่สุด