ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 23 : 26-37 (2532)

ความสัมพันธ์ระหว่างสารคล้ายออกซิน และสารคล้ายจิบเบอเรลลิน ภายในต้นกับการแสดงเพศของมะละกอ

Relationship between Endogenous Auxin and Gibberellin Like Substances and Sex Expression in Papaya *(Carica papaya* L*)*

เพื่อนแก้ว หัสดิเสวี,[1] สุรนันต์ สุภัทรพันธุ์,[1] สิริกุล วะสี[2] และพีรศักดิ์ ศรีนิเวศน์[3]

Poenkeo Hasdiseve , Suranant Subhadrabandhu , Sirikul Wasee and Peerasak Srinives

ABSTRACT

A study was made on the content of endogenous level of auxin and gibberellin like substances in different sex types of papaya plants as the possible mean in identifying sex expression of the plants and for further study on the modification of abnormality in sex expression. Papaya seedlings were grown from the seeds of crosses between hermaphroditic and male plants of the native cultivar, Fang. Sex expression of these seedlings was followed and shown to be in the ratios of male : female : hermaphroditic plants of 1 : 1 : 1. The endogenous level of auxin and gibberellin like substances in the third to the fifth leaves from the apex of the plants aged 60,100 and 140 days after sowing were analysed using bioassay and high performance liquid chromatography (HPLC) techniques. The papaya plants studied were grown at the Central Laboratory and Greenhouse Complex, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus. The experiment was conducted from April 1986 to July, 1986.

The results showed that the average content of the two natural substances between male and female plants as identified by bioassay method was clearly different from those obtained by using the HPLC method. At 60 days after sowing, while the plants are not flowering and their sexes can not be identified, the male, female and hermaphroditic papaya plants differed in the average contents of auxin like substances. However, the average contents of gibberellin like substances were not significantly different among those three sexes. The average content of the auxin and gibberellin like substances in the male plants increased as the plants aged. However, in the female and hermaphroditic plants, the auxin like substances increased until the plants were 100 days old, thereafter the content decreased. This was in contrast to the content of gibberellin like substances which were increased as the plants aged. Among the three sexes, the male plants contained the highest level of the auxin and the gibberellin like substances, and the female plants had the least contents.

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart Univ., Bangkok, Thailand.

[2] ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง, สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

Central Laboratory and Greenhouse Complex, KURDI, Kasetsart University, Kampaengsaen Campus.

[3] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน

Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart Univ., Kampaengsaen Campus.

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารคล้ายออกซินและสารคล้ายจิบเบอเรลลินในต้นกับการแสดงเพศของมะละกอพันธุ์พื้นเมือง จากอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ต้นมะละกอที่ศึกษา ได้จากการควบคุมการผสมข้ามระหว่างต้นสมบูรณ์เพศกับต้นตัวผู้ ได้อัตราส่วนต้นตัวผู้ : ต้นตัวเมีย : ต้นสมบูรณ์เพศ เท่ากับ 1 : 1 : 1 และวัดปริมาณสารคล้ายออกซินและสารคล้ายจิบเบอเรลลินโดยวิธี bioassay และ high performance liquid chromatography (HPLC) ในตัวอย่างใบที่ 3 ถึง 5 นับจากใบยอดของต้นมะละกอทั้ง 3 เพศ เมื่อต้นมะละกออายุ 60,100 และ 140 วัน หลังเพาะเมล็ด ต้นมะละกอปลูกที่ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลองมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ในช่วงเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2529 ผลปรากฏว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี bioassay ให้ผลที่แสดงถึงความแตกต่างของปริมาณสาร ระหว่างต้นตัวผู้และต้นตัวเมียได้ชัดเจนกว่าวิธี HPLC โดยที่เมื่อต้นมะละกออายุ 60 วัน ซึ่งยังไม่ออกดอก มีความแตกต่างกันในค่าเฉลี่ยของปริมาณสารคล้ายออกซินในแต่ละเพศ แต่ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในทั้ง 3 เพศไม่แตกต่างกัน เมื่อต้นมะละกอมีอายุมากขึ้นพบว่าต้นตัวผู้จะมีปริมาณสารทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นตามอายุส่วนในต้นตัวเมีย และต้นสมบูรณ์เพศจะมีปริมาณสารคล้ายออกซินเพิ่มขึ้น เมื่ออายุ 100 วัน และหลังจากนั้นจะลดลง ส่วนปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินจะเพิ่มขึ้นตามอายุ ในต้นตัวผู้มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารทั้ง 2 ชนิดสูงที่สุด รองลงมาคือต้นสมบูรณ์เพศและต้นตัวเมียตามลำดับ

คำนำ

มะละกอเป็นพืชที่มี 3 เพศ แบ่งตามชนิดของดอกบนต้น คือต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และต้นสมบูรณ์เพศ โดยมียีนควบคุมการแสดงเพศเป็นยีนเกาะกันแน่นหนา มียีนหลัก 1 ตำแหน่งเป็น multiple allelle คือ M_1, M_2 และ m มี genotype ของมะละกอแต่ละเพศเป็นดังนี้ (Storey, 1953)

M_1m	แสดงต้นตัวผู้
M_2m	แสดงต้นสมบูรณ์เพศ
mm	แสดงต้นตัวเมีย

เนื่องจาก M_1m และ M_2m เป็น heterozygous จึงง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเมื่อมีอิทธิพลภายนอกมากระทบ ทำให้เกิดผลมะละกอรูปร่างแตกต่างกันไป (Purseglove, 1974) หรือต้นมะละกออาจจะไปติดผลในบางช่วง นอกเหนือจากปัจจัยทางพันธุกรรมที่มีอิทธิพลต่อการแสดงเพศของต้นมะละกอแล้ว ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมคืออุณหภูมิและช่วงแสง ก็สามารถทำให้เกิดการลดรูปของรังไข่ในดอกสมบูรณ์เพศในช่วงอากาศร้อนและแห้งแล้ง หรือทำให้ผลมีรูปร่างผิดปกติในช่วงอุณหภูมิต่ำ และความชื้นสูง (Lange, 1961) อีกปัจจัยหนึ่งคือ สารควบคุมการเจริญเติบโตได้แก่สารพวกออกซินและจิบเบอเรลลิน ซึ่งพบว่าการให้สารพวกออกซินแก่ต้นมะละกอจะทำให้อัตราส่วนของต้นตัวเมีย : ต้นตัวผู้ เพิ่มขึ้นตามความถี่ของการให้สาร (Ghosh and Sen, 1975) ส่วนต้นมะละกอที่ได้รับการพ่นสาร gibberellic acid (GA_3) นั้นในปัจจุบันยังมีรายงานที่ขัดแย้งกันว่าทำให้เกิดได้ทั้งต้นตัวผู้ (ตรีชัย, 2524) และต้นตัวเมียเพิ่มขึ้น (ทวีเกียรติ และวารินทร์, 2520)

มีรายงานถึงอิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในที่มีต่อการแสดงเพศ ของพืชหลายชนิด เช่น เงาะ แตงกวา และมะระ (พีรเดช และ คณะ, 2523 ; Galun *et al.*, 1965; Clark and Kenny, 1969; Ghosh and Basu, 1983) โดยเฉพาะพืชตระกูลแตง (Cucurbitaceae) ซึ่งเป็นพืชที่มีดอกแบบต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับมะละกอ พบว่าต้นแตงกวาพวก gynoecious มีออกซินภายในต้นในปริมาณที่สูงกว่าพวก monoecious

(Rudich *et al.*, 1972) ส่วนอัตราส่วนการเพิ่มปริมาณของจิบเบอเรลลิน ภายในต้นกล้าพวก andromonoecious และ monoecious พบว่าสูงกว่าพวก gynoecious มาก (Atsmon *et al.*, 1968) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมุ่งทำการศึกษาหาระดับของสารควบคุมการเจริญเติบโตสองชนิดนี้ ภายในต้นมะละกอ เพื่อหาความสัมพันธ์กับการแสดงเพศของต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ควบคุมการผสมข้ามระหว่างต้นมะละกอสมบูรณ์เพศ กับต้นตัวผู้ซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองจากอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 3 ผล เมื่อสุกจึงเก็บเมล็ดแต่ละผลมาล้าง และเพาะเมล็ดแต่ละผลแยกกัน เมื่อต้นมะละกอออกดอกจึงนับจำนวนต้นมะละกอทั้งหมด และจำนวนต้นมะละกอแต่ละเพศที่เกิดจากเมล็ดของแต่ละผล ตรวจสอบอัตราส่วน เพศต้นตัวผู้ : ต้นตัวเมีย : ต้นสมบูรณ์เพศของต้นมะละกอโดยวิธี Chi-square test

2. สุ่มต้นมะละกอ 17 ต้นต่อผลที่ได้จากการควบคุมการผสมข้ามตามข้อ 1 แล้วเก็บตัวอย่างใบที่ 3 ถึง 5 นับจากยอดต้นละตัวอย่างนำมาชั่งน้ำหนักสด 20 กรัม ต่อตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่าง จากมะละกอต้นเดิมนี้ เมื่อมะละกออายุ 60, 100 และ 140 วัน หลังจากเพาะเมล็ดนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง 2 ชนิด ในแต่ละตัวอย่าง โดยดัดแปลงวิธีการสกัดและการแยกส่วนจากวิธีของ Yokota *et al.*, (1980) และ Rahman *et al.*, (1975) และล้างเอาสิ่งเจือปนออกด้วยการใช้ paper chromatography

นำส่วนของสารคล้ายออกซินและสารคล้ายจิบเบอเรลลินที่สกัดและแยกส่วนได้ ไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี bioassay ดัดแปลงมาจาก Nitsch and Nitsch (1956) เพื่อหาระดับของสารคล้ายออกซิน และวิธีของ Frankland and Wareing (1960) เพื่อหาระดับของสารคล้ายจิบเบอเรลลิน โดยแยกแต่ละตัวอย่างออกเป็น 2 determinations

3. สุ่มตัวอย่างต้นมะละกอ 6 ต้นต่อผลที่ได้จากการควบคุมการผสมข้ามตามข้อที่ 1 และเก็บตัวอย่างใบที่ 3 ถึง 5 นับจากใบยอดเป็นต้นละตัวอย่าง นำมาชั่งน้ำหนักสด 10 กรัม ต่อตัวอย่างจากมะละกอต้นเดิมนี้ เมื่อมะละกออายุ 60, 100 และ 140 วัน นำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้ง 2 ชนิด ในแต่ละตัวอย่าง โดยดัดแปลงวิธีการสกัดและการแยกส่วนจากวิธีของ Yokota *et al.*, (1980) และ Rahman *et al.*, (1975) และล้างเอาสิ่งเจือปนออกด้วยการใช้ paper chromatography

นำส่วนของสารคล้ายออกซิน และสารคล้ายจิบเบอเรลลินที่สกัดและแยกส่วนได้ ไปวิเคราะห์หาปริมาณของสารโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยทำซ้ำ 2 ครั้ง ต่อการวิเคราะห์

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบ factorial in completely randomized design โดยมี 2 ปัจจัย คือผลมะละกอที่ได้จากการควบคุมการผสมข้ามระหว่างต้นตัวผู้กับต้นสมบูรณ์เพศ และอายุของต้นมะละกอที่เพาะได้จากเมล็ดในผล และเมื่อสามารถแยกเพศของต้นมะละกอแต่ละต้นได้แล้ว และพบว่าปัจจัยระหว่างผลต่างกันไม่มีความสำคัญ จึงศึกษาผลความแตกต่างระหว่างเพศที่อายุต่าง ๆ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ชนิด nested หรือ hierarchal classification เมื่อต้นมะละกอออกดอก

ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างเพศของมะละกอกับปริมาณสารคล้ายออกซิน และสารคล้ายจิบเบอ-เรลลิน โดยนำค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณสารแต่ละชนิดภายในใบมะละกอแต่ละเพศ ที่อายุ 60, 100 และ 140 วัน มาหาสัดส่วนจำนวนต้น

มะละกอ 3 เพศ ภายใต้พื้นที่ใต้โค้งปกติ (normal curve) ของปริมาณสารที่แบ่งออกเป็น 3 ส่วน เท่า ๆ กันที่จุด X_1 และ X_2 (Figure 1) โดยการคำนวณจากการกระจายแบบ t-distribution ถ้าค่าองศาของความเป็นอิสระของข้อมูลไม่เกิน 30 และแบบ z-distribution ถ้าค่าองศาของความเป็นอิสระของข้อมูลเกินกว่า 30 โดยวิธีนี้จะสามารถบอกได้ว่าปริมาณที่มีอยู่น้อย ปาน-กลาง และสูงนั้น มีต้นมะละกอเพศใดอยู่บ้างเป็นจำนวนเท่าใด

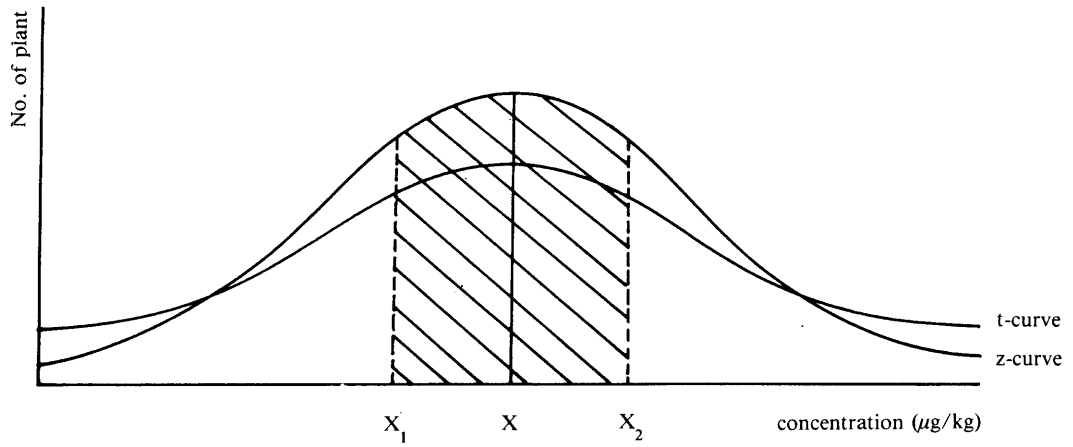


Figure 1 t and z-distribution of auxin and gibberellin like substances in papaya leaves.

ผล

1. การตรวจสอบโดยวิธี Chi-square test พบว่าอัตราส่วนต้นตัวผู้ : ต้นตัวเมีย : ต้นสมบูรณ์เพศ เท่ากับ 1 : 1 : 1 ตาม Table 1

2. จากการวิเคราะห์ปริมาณสารคล้ายออกซินโดยวิธี bioassay พบว่าเมื่อต้นมะละกออายุ 60 วัน ต้นตัวผู้มีปริมาณสารภายในต้นสูงที่สุดรองลงมาคือต้นสมบูรณ์เพศและต้นตัวเมียตามลำดับ เมื่อต้นมะละกอ

Table 1 Sex ratio of male, female and hermaphroditic plants in three papaya fruits.

Fruits	Number of plants			X^2 1 : 1: 1 (df = 2)	Probability
	Male :	Female :	Hermaphroditic		
1	8 :	8 :	8	0.0	1.0
2	7 :	9 :	7	0.347	0.8 - 0.9
3	8 :	7 :	8	0.029	0.98 - 0.99
Total	23 :	24 :	23		

อายุมากขึ้น ปริมาณสารในต้นตัวผู้เพิ่มขึ้นตามอายุส่วนต้นตัวเมียและต้นสมบูรณ์เพศนั้นมีปริมาณสารภายในเพิ่มขึ้นช่วงหนึ่ง และเมื่อต้นมะละกอออกดอกปริมาณสารจึงลดลง ดัง Table 2

Table 2 Amount of auxin like substance in the three sexes of papaya leaves analysed by bioassay (μg/kg).

Sex of plant	No. of plants	Plant aged (days)			Average
		60	100	140	
		[1]			
Male	17	10.29[a]	21.45[a]	24.04[a]	18.59
Female	17	5.82[c]	11.25[c]	3.68[c]	6.92
Hermaphrodite	17	8.14[b]	19.29[b]	11.56[b]	13.00
Average		8.08	17.33	13.09	

[1] Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

3. จากการวิเคราะห์ปริมาณสารคล้ายออกซินในใบต้นมะละกอ 3 เพศ โดยวิธี HPLC เมื่อต้นมะละกออายุ 60 วัน ต้นมะละกอทั้ง 3 เพศ มีปริมาณสารใกล้เคียงกัน แต่เมื่ออายุมากขึ้นพบว่าต้นตัวผู้มีปริมาณสารมากขึ้นตามอายุ ส่วนต้นสมบูรณ์เพศและต้นตัวเมียมีปริมาณสารเพิ่มขึ้นช่วงหนึ่งแล้วจึงลดลง เมื่อต้นมะละกอออกดอก โดยต้นตัวผู้มีปริมาณสารคล้ายออกซินสูงที่สุดเป็น 9.36 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และต้นตัวเมียมีปริมาณสารคล้ายออกซินต่ำที่สุดเป็น 2.64 ไมโครกรัม/กิโลกรัม เมื่อต้นมะละกออายุ 140 วัน ดัง Table 3

Table 3 Amount of auxin like substance in the three sexes of papaya leaves analysed by HPLC (μg/kg).

Sex of plant	No. of plants	Plant aged (days)			Average
		60	100	140	
		[1]			
Male	6	4.55[a]	6.84[a]	9.36[a]	6.92
Female	6	4.80[a]	4.28[b]	2.64[c]	3.91
Hermaphrodite	6	4.79[a]	7.08[a]	4.44[b]	5.44
Average		4.71	6.05	5.48	

[1] Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

4. จาก Table 4 ผลการวิเคราะห์ที่ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในใบมะละกอโดยวิธี bioassay แสดงให้เห็นว่าเมื่อต้นมะละกออายุ 100 วัน มะละกอตัวผู้มีปริมาณสารสูงสุดเป็น 24.45 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และต้นตัวเมียมีปริมาณสารต่ำสุดเป็น 15.93 ไมโครกรัม/กิโลกรัม โดยปริมาณสารในมะละกอทั้ง 3 เพศ เพิ่มขึ้นตามอายุของต้น

Table 4 Amount of gibberellin like substance in the three sexes of papaya leaves analysed by bioassay (μg/kg).

Sex of plant	No. of plants	Plant aged (days)			Average
		60	100	140	
Male	17	11.01[a] [1]	24.45[a]	26.19[a]	20.55
Female	17	10.38[a]	15.93[c]	20.95[c]	15.75
Hermaphrodite	17	9.99[a]	19.28[b]	23.79[b]	17.69
Average		10.46	19.88	23.64	

[1] Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

5. การวิเคราะห์ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในใบมะละกอ โดยวิธี HPLC ตาม Table 5 แสดงผลใกล้เคียงกับวิธี bioassay โดยต้นตัวผู้ มีปริมาณสารสูงที่สุด รองลงมาคือต้นสมบูรณ์เพศ และต้นตัวเมียตามลำดับ โดยที่ปริมาณสารเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นเช่นเดียวกันกับที่พบโดยวิธี bioassay

Table 5 Amount of gibberellin like substance in the three sexes of papaya leaves analysed by HPLC (μg/kg).

Sex of plant	No. of plants	Plant aged (days)			Average
		60	100	140	
Male	6	2.20[a] [1]	5.85[a]	7.39[a]	5.15
Female	6	1.86[b]	4.66[b]	4.86[c]	3.79
Hermaphrodite	6	2.51[a]	4.19[b]	6.40[b]	4.37
Average		2.19	4.70	6.22	

[1] Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

6. สัดส่วนจำนวนต้นมะละกอ 3 เพศ ในแต่ละช่วงของปริมาณสารคล้ายออกซินที่วิเคราะห์ โดยวิธี bioassay พบว่าที่อายุ 60 วัน ต้นตัวเมียส่วนใหญ่มีปริมาณสารอยู่ในช่วงความเข้มข้นต่ำ และต้นตัวผู้ ส่วนใหญ่กระจายอยู่ในช่วงความเข้มข้นสูง และเป็นเช่นนี้ไปจนต้นมะละกออายุ 140 วัน ส่วนต้นสมบูรณ์เพศกระจายจำนวนต้นอยู่ในช่วงสูงหรือต่ำ แต่ช่วงปานกลางนั้นพบน้อย ดัง Table 6

Table 6 Sex ratio of papaya plants in different concentration ranges of auxin like substance analysed by bioassay.

Plant age	X_1	X_2	Concentration[1] Low ♂	♀	♂	Medium ♂	♀	♂	High ♂	♀	♂	Plant total
60 days	7.95	8.21	2	17	9	—	—	2	15	—	6	51
probability				0.61	0.32				0.71		0.29	
100 days	16.97	17.68	—	17	3	—	—	—	17	—	14	51
probability				0.85	0.15				0.55		0.45	
140 days	12.57	13.63	—	17	10	—	—	1	17	—	6	51
probability				0.63	0.37				0.74		0.26	

[1] The value lower than X_1 = low concentration
The value between X_1 and X_2 = medium concentration
The value higher than X_2 = high concentration
The values of X_1 and X_2 are evaluated by Z - distribution

7. จาก Table 7 สัดส่วนจำนวนต้นมะละกอ 3 เพศ ในแต่ละช่วงของปริมาณสารคล้ายออกซินที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC พบว่าที่อายุ 60 วัน ต้นตัวผู้และต้นตัวเมีย มีปริมาณสารกระจายอยู่ในช่วงความเข้มข้นทั้ง 3 ช่วงใกล้เคียงกัน เมื่ออายุมากขึ้นต้นตัวผู้ส่วนใหญ่จึงกระจายอยู่ในช่วงความเข้มข้นสูง และต้นตัวเมียกระจายในช่วงความเข้มข้นต่ำ ส่วนต้นสมบูรณ์เพศกระจายในช่วงสูงหรือต่ำเป็นส่วนใหญ่

8. จาก Table 8 สัดส่วนจำนวนต้นมะละกอ 3 เพศ ในแต่ละช่วงของปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินที่วิเคราะห์ โดยวิธี bioassay พบว่าที่อายุ 60 วัน มะละกอทั้ง 3 เพศ กระจายอยู่ในช่วงความเข้มข้นต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน จนเมื่ออายุ 100 วัน ต้นตัวผู้ทั้งหมดจึงกระจายในช่วงปริมาณสารสูงสุด และต้นตัวเมียทั้งหมดอยู่ในช่วงปริมาณสารต่ำที่สุด ส่วนต้นสมบูรณ์เพศไม่มีการกระจายในช่วงปานกลางแต่กระจายในช่วงสูงหรือต่ำ

9. จาก Table 9 สัดส่วนจำนวนต้นมะละกอ 3 เพศ ในแต่ละช่วงของปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินที่วิเคราะห์ โดยวิธี HPLC พบว่าเมื่อต้นมะละกออายุ 60 และ 100 วัน ต้นมะละกอทั้ง 3 เพศ กระจายอยู่ในทั้ง 3 ช่วงความเข้มข้น แต่เมื่อต้นอายุ 140 วัน ต้นตัวเมีย 5 ต้นจากทั้งหมด 6 ต้น จึงกระจายในช่วงความเข้มข้นต่ำ ส่วนต้นตัวผู้ 2 ต้น อยู่ในช่วงปานกลาง และอีก 4 ต้น อยู่ในช่วงสูง ส่วนต้นสมบูรณ์เพศอยู่ในช่วงสูงและต่ำอย่างละ 3 ต้น

Table 7 Sex ratio of papaya plants in different concentration ranges of auxin like substance analysed by HPLC.

Plant aged	X_1	X_2	Concentration[1] Low ♂	♀	☿	Medium ♂	♀	☿	High ♂	♀	☿	Plant total
60 days	4.40	5.03	3	2	2	—	1	1	3	3	3	18
probability				0.29	0.29			0.5	0.33		0.33	
100 days	5.63	6.46	1	6	1	1	—	1	4	—	4	18
probability				0.75	0.13			0.5	0.5		0.5	
140 days	4.72	6.24	—	6	3	—	—	2	6	—	1	18
probability				0.07	0.33			1.0	0.86		0.14	

[1] The value lower than X_1 = low concentration
The value between X_1 and X_2 = medium concentration
The value higher than X_2 = high concentration
The values of X_1 and X_2 are evaluated by Z - distribution

Table 8 Sex ratio of papaya plants in different concentration ranges of gibberellin like substance analysed by bioassay.

Plant aged	X_1	X_2	Concentration[1] Low ♂	♀	☿	Medium ♂	♀	☿	High ♂	♀	☿	Plant total
60 days	10.32	10.60	5	7	9	1	3	1	11	7	7	51
probability				0.33	0.43				0.44		0.28	
100 days	19.64	20.11	—	17	10	—	—	1	17	—	6	51
probability				0.63	0.37				0.74		0.26	
140 days	23.59	23.80	2	17	9	—	—	—	15	—	8	51
probability				0.61	0.32				0.65		0.35	

[1] The value lower than X_1 = low concentration
The value between X_1 and X_2 = medium concentration
The value higher than X_2 = high concentration
The values of X_1 and X_2 are evaluated by Z - distribution

Table 9 Sex ratio of papaya plants in different concentration ranges of gibberellin like substance analysed by HPLC.

Plant aged	X_1	X_2	Concentration[1] Low ♂:♀:☿			Medium ♂:♀:☿			High ♂:♀:☿			Plant total
60 days	1.49	2.89	1	2	1	4	3	3	1	1	2	18
probability				0.5	0.25				0.25		0.5	
100 days	4.36	5.04	0	3	3	1	3	2	5	—	1	18
probability				0.5	0.5				0.83		0.17	
140 days	5.82	6.62	0	5	3	2	0	0	4	1	3	18
probability				0.63	0.38				0.5		0.38	

[1] The value lower than X_1 = low concentration
The value between X_1 and X_2 = medium concentration
The value higher than X_2 = high concentration
The values of X_1 and X_2 are evaluated by Z - distribution

วิจารณ์

จากการทดสอบอัตราส่วนเพศของต้นมะละกอที่เพาะจากเมล็ดที่ได้จากการควบคุมการผสมข้ามระหว่างต้นสมบูรณ์เพศและต้นตัวผู้ พบว่าอัตราส่วนเพศของต้นลูกเป็นไปตามทฤษฎีคือ อัตราส่วนต้นตัวผู้ : ต้นตัวเมีย : ต้นสมบูรณ์เพศ เท่ากับ 1 : 1 : 1

การทดสอบค่าเฉลี่ยปริมาณสารโดยวิธี bioassay เห็นได้ว่าสารคล้ายออกซิน ภายในต้นตัวผู้เพิ่มขึ้นตามอายุ ส่วนต้นตัวเมียและต้นสมบูรณ์เพศมีสารเพิ่มขึ้นช่วงหนึ่งแล้วจึงลดลง เมื่อต้นมะละกอออกดอกแต่ในทุก ๆ ช่วงอายุจะพบว่าต้นตัวผู้มีค่าเฉลี่ยปริมาณสารสูงกว่าอีก 2 เพศ และเมื่อดูการกระจายของแต่ละเพศในแต่ละช่วงอายุก็พบว่าต้นตัวผู้ ส่วนมากกระจายในช่วงสารที่มีความเข้มข้นสูง และต้นตัวเมียส่วนมากกระจายอยู่ในช่วงความเข้มข้นต่ำ ส่วนต้นสมบูรณ์เพศกระจายอยู่ในช่วงสูงหรือต่ำแต่อยู่ในช่วงปานกลางจำนวนน้อย นั่นคือโอกาสที่จะพบต้นมะละกอตัวผู้ในกลุ่มของต้นที่มีสารความเข้มข้นสูงนั้นมีมาก และโอกาสที่จะพบต้นมะละกอตัวเมีย ในกลุ่มของต้นที่มีสารความเข้มข้นต่ำนั้นก็มีมากเช่นกัน

ส่วนการทดสอบค่าเฉลี่ยปริมาณสารคล้ายออกซินโดยวิธี HPLC นั้น ลักษณะการเพิ่มหรือลดของปริมาณค่าเฉลี่ยของสารให้ผลคล้ายกับวิธี bioassay แต่เมื่อดูการกระจายของจำนวนต้นแต่ละเพศในช่วงต่าง ๆ พบว่ามีการกระจายอย่างไม่เด่นชัด นั่นคือโอกาสที่จะพบต้นตัวผู้ในช่วงความเข้มข้นของสารสูงนั้นมีน้อยกว่า bioassay ซึ่งอาจเนื่องจากการสกัดสารยังไม่สะอาดเพียงพอ ทำให้สารบางตัวรบกวนการวิเคราะห์ปริมาณสาร

แม้ว่าผลการทดลองครั้งนี้ให้ผลตรงข้ามกับรายงานการใช้สารพวกออกซินเพื่อชักนำการเปลี่ยนเพศในมะละกอ (Ghosh and Sen, 1975) แต่เมื่อพิจารณาจากรายงานผลการใช้สารยับยั้งการเจริญเติบโตบางชนิด เช่น morphactin หรือ 2, 3, 5–triiodobenzoic

acid (TIBA) ที่มีผลยับยั้ง การเคลื่อนย้ายออกซินในต้นพืช (Krishnamoorthy, 1986) พบว่ามีผลต่อการเกิดต้นตัวเมียเพิ่มขึ้น ดังรายงานของ Jindal และ Singh (1976) พบว่า เมื่อฉีดพ่น Chlorflurenol methyl ester และ TIBA ในต้นมะละกอที่มีใบจริง 4 และ 6 คู่ เมื่อต้นมะละกอออกดอก จะมีจำนวนต้นตัวเมียเพิ่มขึ้น

การทดสอบค่าเฉลี่ยสารคล้ายจิบเบอเรลลินโดยวิธี bioassay นั้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 เพศ สูงขึ้นตามอายุ โดยต้นตัวผู้มีปริมาณสารสูงที่สุด รองลงมาคือต้นสมบูรณ์เพศ ตัวเมียมีปริมาณสารต่ำที่สุดในทุกช่วงอายุ และจากผลการกระจายตัวของต้นตัวผู้ส่วนใหญ่ก็จะอยู่ในช่วงความเข้มข้นสารสูงและต้นตัวเมียส่วนใหญ่ก็อยู่ในช่วงความเข้มข้นสารต่ำ แต่ต้นสมบูรณ์เพศกระจายอยู่ในช่วงสูงหรือต่ำไปเลย พบต้นที่มีสารความเข้มข้นปานกลางน้อยมาก ฉะนั้นในพวกต้นที่มีความเข้มข้นของสารสูง เราอาจจะพบทั้งต้นมะละกอเพศผู้และสมบูรณ์เพศ หรือในพวกที่มีความเข้มข้นสารต่ำเราอาจจะพบทั้งต้นเพศเมียและต้นสมบูรณ์เพศ แต่ลักษณะการกระจายของต้นแต่ละเพศที่ตรวจสอบโดยวิธี HPLC ไม่เด่นชัดเท่ากับการทดสอบโดยวิธี bioassay แม้ว่าผลของค่าเฉลี่ยปริมาณสารในแต่ละเพศจะแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกัน

ในต้นมะละกอตัวผู้พบว่าปริมาณสารคล้ายออกซินและจิบเบอเรลลินเพิ่มขึ้นควบคู่กัน ในทุก ๆ ระยะของการเจริญเติบโตจนกระทั่งต้นมะละกอออกดอก แต่ในต้นตัวเมียปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินเท่านั้นที่เพิ่มขึ้นตามอายุของต้นมะละกอ แต่ก็มีปริมาณต่ำกว่าต้นตัวผู้ลักษณะที่แตกต่างกันชัดเจนระหว่างต้นตัวผู้และต้นตัวเมียนี้พอจะเห็นได้ว่า สารทั้ง 2 ชนิดมีผลส่งเสริมการแสดงเพศผู้ ทั้งนี้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารใดสารหนึ่ง การแสดงเพศจะเปลี่ยนแปลงไป เช่นการพัฒนาของรังไข่ทำให้ต้นตัวผู้ ติดผลในช่วงอากาศเย็น

ในต้นสมบูรณ์เพศนั้นพบว่าค่าเฉลี่ยสารทั้ง 2 อยู่ระหว่างกลางระหว่างต้นตัวผู้และต้นตัวเมีย แต่เมื่อพิจารณาการกระจายจำนวนต้นในแต่ละช่วงความเข้มข้นจะเห็นว่า ต้นสมบูรณ์เพศจะกระจายอยู่ในช่วงสูงหรือต่ำไปเลยเป็นส่วนใหญ่ ส่วนการกระจายอยู่ในช่วงกลางมีเป็นจำนวนน้อยมาก น่าจะเป็นลักษณะการถ่วงดุลกันระหว่างปริมาณสารทั้ง 2 ในต้นสมบูรณ์เพศ ซึ่งมีทั้งลักษณะเพศผู้และเพศเมียรวมอยู่ด้วยกัน และสามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะดอกได้ เมื่อปริมาณสารภายในต้นไม่สมดุลกัน

สรุป

การศึกษาระดับสารคล้ายออกซินและสารคล้ายจิบเบอเรลลินในใบของต้นมะละกอ 3 เพศ คือ ต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และต้นสมบูรณ์เพศที่อายุ 60, 100 และ 140 วัน ปรากฏผลสรุปได้ ดังนี้

1. การทดสอบปริมาณสารคล้ายออกซินและสารคล้ายจิบเบอเรลลิน โดยวิธี bioassay สามารถใช้แยกเพศมะละกอตัวผู้และตัวเมียออกจากกันได้เกือบสมบูรณ์ แต่แยกต้นสมบูรณ์เพศออกจากต้นตัวผู้หรือตัวเมียไม่ได้

2. การทดสอบปริมาณสารคล้ายออกซินและสารคล้ายจิบเบอเรลลินโดยวิธี HPLC ไม่สามารถแยกต้นมะละกอ 3 เพศ ออกจากกันได้ชัดเจน

3. ปริมาณสารคล้ายออกซินและสารคล้ายจิบเบอเรลลิน ภายในต้นมะละกอตัวผู้ มีค่าสูงกว่าต้นตัวเมีย และต้นสมบูรณ์เพศ เมื่อต้นมะละกออายุ 100 และ 140 วัน

4. ปริมาณสารคล้ายออกซินและสารคล้ายจิบเบอเรลลินในต้นมะละกอตัวผู้เพิ่มขึ้น ตามอายุของต้น

5. ในต้นมะละกอตัวเมียและต้นสมบูรณ์เพศมีปริมาณสารคล้ายออกซินสูงที่สุด เมื่อต้นมะละกอ

อายุ 100 วัน และลดลงเมื่อต้นมะละกออายุ 140 วัน ทั้งนี้ในต้นสมบูรณ์เพศมีปริมาณสารสูงกว่าต้นตัวเมีย ทั้ง 2 ระยะอายุ

6. ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในต้นมะละกอทั้ง 3 เพศ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อต้นมะละกอมีอายุมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ตรีชัย ภูริภูษิต. 2524. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงเพศของดอกมะละกอ. ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทวีเกียรติ ยิ้มสวัสดิ์ และวารินทร์ ทองเจริญ. 2520. การบังคับเพศของมะละกอโดยใช้ฮอร์โมน. รายงานผลการวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. สาขาวิชาการ ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 20 น.

พีรเดช ทองอำไพ, รวี เสรฐภักดี, และเบญจมาศ ศิลาย้อย. 2523. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดที่มีต่อการแสดงเพศของดอกเงาะพันธุ์สีชมพู. วารสารพืชสวน 15(1) : 30–38.

Atsmon, D., A. Lang and E.N. Light. 1968. Contents and recovery of gibberellins in monoecious and gynoecious cucumber plants. Plant Physiol. 43 : 806 - 810.

Clark, R.K. and D.S. Kenney. 1969. Comparision of staminate flower production on gynoecious strains of cucumbers *(Cucumis sativus* L.*)* by pure gibberellins (A_3 , A_4 , A_7 , A_{13}) and mixtures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 131 - 132.

Frankland, B. and P.F. Wareing. 1960. Effect of gibberellic acid on hypocotyl growth of lettuce seedlings. Nature. 23 : 255 - 256.

Galun, E.,S. Izher and D. Atsmon. 1965. Determination of relative auxin content in hermaphrodite and andromonoecious *Cucumis sativus* L. Plant Physiol. 40 : 321 - 326.

Ghosh, S.P. and P.S. Basu. 1983. Hormonal regulation of sex expression in *Momordica charantia.* Physiol. Plant. 57 (2) : 301 - 305.

Ghosh, S.P. and S.P. Sen. 1975. The modification of sex expression in papaya *(Carica papaya* L.). HortScience 50 : 91 - 96.

Jindal, K.K. and R.N. Singh. 1976. Modification of flowering pattern and sex expression in *Carica papaya* by morphactin, ethephon and TIBA. Plant Breeding Abstr. 46 (10) : 798.

Krishnamoorthy, H.N. 1986. Plant Growth Substances Including Application in Agriculture. Tata McGraw-Hill Publ. Co. Ltd., New Delhi. 214 p.

Lange, A. H. 1961. Factors affecting sex changes in the flower of *Carica papaya* L. J. Amer. Soc.Hort. Sci. 77 : 252 - 264.

Nitsch, J. P. and C. Nitsch. 1956. Studies on the growth of coleoptile and first internode sections : A new sensitive, straight growth test for auxin. Plant Physiol. 31 : 94 - 111.

Purseglove, J.W. 1974. Tropical Crop Dicotyledons, Vol. 1 and 2 Combined. Longman Group Ltd., London. 719 p.

Rahman, M. A., T. H. Thomas, G. J. Doss and L. Howell. 1975. Changes in endogenous plant hormones in cherry tomato fruits during development and maturation. Physiol. Plant. 34 : 39 - 43.

Rudich, J. A.H. Halevy and N. Kedar. 1972. The level of phytohormones in monoecious and gynoecious cucumber as affected by photoperiod and ethephon. Plant Physiol. 50 : 585 - 590.

Storey, W.B. 1953. Genetics of the papaya. J. Hered. 44(2) : 70 - 78.

Yokota, T., N. Murofushi and N. Takahashi. 1980. Encyclopedia of Plant Physiology. New Series Vol. 9. Springer - Verlag, Berlin. 681 p.