ชื่อโครงการ การจัดการแคลเซียมและโบรอนเพื่อลดอาการเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุด และความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและโบรอนในผนังเซลล์กับอาการผิดปกติของผลมังคุด

Reduction of translucent flesh and gamboge disorders in mangosteen by calcium and boron management and correlation between cell wall calcium and boron with mangosteen fruit quality

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก เงินรายได้คณะเทคโนโลยีการเกษตร
ประจำปี 2553 จำนวนเงิน 481,500 บาท
ระยะเวลาทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2552 ถึง 30 กันยายน 2553

คณะผู้วิจัย
รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม
น.ส.นารี พันธุจินดาวรรณ
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โทรศัพท์ 02-3298510

RCH
QK
495
.G87
A843n
เลขหมู่.....ฉ.1
เลขทะเบียน 116814
วัน,เดือน,ปี 16 ส.ค. 2554
b.12329773
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

อาการเนื้อแก้วและยางไหลเป็นปัญหาสำคัญในการผลิตมังคุด เนื่องจากเป็นอาการที่เกิดขึ้นภายในผลและไม่สามารถสังเกตได้จากภายนอก ดังนั้น จึงทำการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยแคลเซียมและโบรอนต่อการเกิดอาการเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุด เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับแนะนำการจัดการธาตุอาหารแก่เกษตรกร โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใส่แคลเซียมและโบรอนทางดินและการฉีดพ่นทางใบต่ออาการเนื้อแก้ว และยางไหลในมังคุด 2) ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารของผลมังคุด 3) หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุแคลเซียมและโบรอนในผนังเซลล์และเนื้อเยื่อในส่วนต่าง ๆ ของผลกับอาการเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุด

ทำการศึกษาในสวนมังคุดอายุ 22 ปีของเกษตรกร ที่อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี ตำรับการทดลองประกอบด้วย 1) Control 2) ใส่ $CaSO_4$ ทางดิน 3) ใส่ $CaSO_4$ ทางดิน + ฉีดพ่น $CaCl_2$ ทางใบและผล 4) ใส่ $CaSO_4$ ทางดิน + ฉีดพ่น $CaCl_2$+ B ทางใบและผล วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ๆละ 2 ต้น ใส่ $CaSO_4$ ในรูปข องยิบซัมในเดือนกันยายน 2552 ฉีดพ่น $CaCl_2$ ในรูป 2%$CaCl_2.2H_2O$ จำนวน 6 ครั้ง และ B ในรูป solubor 0.25% จำนวน 3 ครั้ง เก็บตัวอย่างผลมังคุดอ่อนมาศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในผล เมื่อผลแก่พร้อมเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวผลมังคุดแล้วแยกออกเป็น 3 ขนาดตามความต้องการของตลาดคือ ขนาดเล็ก (<60 กรัม) ขนาดกลาง (60-80 กรัม) และ ขนาดใหญ่ (>80 กรัม) ทำการสุ่มตัวอย่างผลมังคุดในแต่ละขนาดจำนวน 5-10 ผล ทำซ้ำแบบเดียวกันจำนวน 3 ครั้ง เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพโดยแยกออกเป็น 4 ชนิดคือ ผลปกติ ผลเนื้อแก้ว ผลยางไหล และ ผลเนื้อแก้ว+ยางไหล หลังจากนั้น แยกผลออกเป็น เนื้อ เปลือก ขั้วผล และกลีบเลี้ยง แล้วนำส่วนของผลที่แยกได้ส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ K, Ca, Mg และ B อีกส่วนหนึ่งนำไปสกัดหา cell wall material (CMW) โดยวิเคราะห์ส่วนที่เป็น alcohol insoluble solid (AIS) หลังจากนั้น นำ CWM ไปวิเคราะห์หาเพกตินโดยสกัดด้วยสารละลายตามลำดับดังนี้ 1) น้ำ 2) CDTA 3) Na_2CO_3 4^{o}C 4) Na_2CO_3 20^{o}C 5) KOH 1M และ 6) KOH 4 M สารละลายแต่ละ fraction ที่สกัดได้นำไปวิเคราะห์หาเพกติน และอีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หา Ca

ผลการทดลองพบว่า

ผลมังคุดมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบ single sigmoid curve และมีอายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 12-13 สัปดาห์เป็นต้นไป ความเข้มข้นของธาตุ K, Ca, Mg, และ B ในผลมังคุดลดลงเมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผล ทำให้เกิด dilution effect ส่วนกลีบเลี้ยงมี Ca ค่อนข้างคงที่ในขณะที่ธาตุอื่น ๆ มีแนวโน้มลดลง ในกรณีของขั้วผลพบว่า Ca เพิ่มขึ้น ส่วนธาตุอื่น ๆ ลดลง

การใส่ Ca ทางดินร่วมกับการฉีดพ่น Ca+B ทางใบ (T4) ให้ผลมังคุดที่เป็นผลปกติมากกว่าอีก 3 ตำรับการทดลอง ผลมังคุดที่มีขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่จะพบอาการยางไหล และ/หรือเนื้อแก้ว+

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยางไหลมากกว่าผลขนาดเล็ก และมีเปลือกหนากว่าผลขนาดเล็กด้วย ผลมังคุดในตำรับการทดลองที่ได้รับ Ca ทางดินร่วมกับการฉีดพ่น Ca อย่างเดียวหรือฉีดพ่น Ca+B ทางใบและผล มีเปลือกบางกว่า มีค่า total soluble solid (TSS) สูงกว่า และมี % titratable acidity ต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่น ความเข้มข้นของ K, Ca และ B ในผลที่มีอาการเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหลสูงกว่าผลปกติและยางไหล ส่วนในเปลือกพบว่า Ca และ B ในผลที่มีอาการเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิดต่ำกว่าผลปกติเช่นกัน ในทางตรงกันข้าม ในเกลือเลี้ยงของผลปกติมี K และ Mg ต่ำกว่าผลเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหล ส่วน Ca และ B ไม่แตกต่างกัน ในส่วนของขั้วผลพบว่า Mg และ B ของผลที่มีอาการเนื้อแก้วสูงกว่าผลปกติ

เมื่อวิเคราะห์ cell wall material (CWM) พบว่า เนื้อมังคุดทุกคุณภาพผลมี CWM ไม่แตกต่างกันแต่ เปลือกของผลปกติมี CWM สูงกว่าผลเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิด ส่วนธาตุอาหารใน CWM พบว่าเมื่อคำนวณเป็นความเข้มข้นของธาตุอาหารต่อน้ำหนักแห้งของ CWM ทุกธาตุที่ศึกษาไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในเนื้อและเปลือก ในทำนองเดียวกัน fraction ต่าง ๆ ของเพกตินในเนื้อและเปลือกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้น fraction ของเนื้อที่สกัดด้วยน้ำ และ Na_2CO_3 ที่ 4^oC ซึ่งเพกตินในเนื้อที่ละลายน้ำได้ของผลปกติและผลยางไหลสูงกว่าผลที่มีอาการเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิด แต่เพกตินที่ละลายใน Na_2CO_3 ที่ 4^oC ในผลเนื้อแก้วสูงกว่าผลปกติและผลยางไหล ผลรวมของเพกตินทั้งหมดในเนื้อและเปลือกไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าเพกตินในเปลือกของผลที่มีเนื้อแก้วต่ำกว่าผลปกติ

เมื่อวิเคราะห์ Ca ในสารละลายที่ได้จากการสกัดเพกตินแต่ละ fraction พบว่าผลรวมของ Ca ไม่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่า Ca ในผลยางไหลสูงกว่าผลกลุ่มอื่นก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาแต่ละ fraction พบว่าผลที่มีอาการเนื้อแก้วมี WS-Ca ต่ำกว่า แต่มี CDTA-Ca สูงกว่าผลปกติ เนื่องจาก CDTA-Ca ไม่สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็น WS-Ca เมื่อผลสุก ส่วนในเปลือกซึ่งวิเคราะห์ได้เฉพาะ WS และ CDTA พบว่าผลที่มีอาการเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิดมี Ca น้อยกว่าผลปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่าสัดส่วนของ WS-pectin/Ca ในเนื้อและเปลือกมังคุดของเนื้อแก้วสูงกว่าผลปกติประมาณ 2.3 เท่า ข้อมูลจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า อาการผิดปกติของมังคุดเกิดจากการขาด Ca ในผนังเซลล์ โดยในเนื้อแสดงอาการเซลล์แตกและของเหลวภายในเซลล์ไหลออกมาแทนที่อากาศที่อยู่ระหว่างเซลล์ จึงมองเห็นเป็นสีใสและเนื่องจาก wall bound-Ca และเนื่องจาก wall bound-Ca ไม่สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็น water soluble-Ca เนื้อมังคุดจึงมีความแข็ง ส่วนในเปลือกแสดงอาการท่อน้ำยางแตก ทำให้ยางที่อยู่ภายในท่อไหลออกมา อาการเนื้อแก้ว+ยางไหล ซึ่งพบมากในผลขนาดใหญ่ และมักพบว่าเปลือกจะติดกับเนื้อมังคุด เกิดจากการที่เนื้อมังคุดที่ได้รับน้ำมากเมื่ออายุประมาณ 10 สัปดาห์ขึ้นไปขยายตัวมากขึ้น ซึ่งเป็นช่วงที่ผลหยุดขยายตัวแล้ว เนื้อที่ขยายตัวจึงไปกระแทกทำให้เปลือกช้ำ (สมารถมองเห็นได้จากด้านในของเปลือก) ท่อน้ำยางภายในเปลือกแตก ปล่อยน้ำยางออกมา น้ำยางจึงเชื่อมติดกับเนื้อ เมื่อผ่าผลจึงมักพบว่ามีชิ้นส่วนของเปลือกติดอยู่กับเนื้อและมียางอยู่ด้วย เป็นที่มาของชื่ออาการเนื้อแก้ว/ยางไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abtract

Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) is susceptible to translucent flesh disorder (TFD) and gamboge disorder (GD). Both are apparent only on the fruit's flesh making external visual inspection impossible. To understand these disorders, an experiment was set up with the following objectives 1) to investigate mangosteen fruit growth and nutrient accumulation in fruit 2) to evaluate the importance of soil calcium application and pre-harvest Ca and B sprays on TFD and GD incidences and 3) establish the relationship between Ca and B in cell wall material (CWM) of mangosteen fruit and the occurrence of physiological disorders. The experiment was carried out at a twenty two years old mangosteen orchard in Chantaburi, Eastern Thailand. The design was RCBD with four replications and two mangosteen trees for each replicate. These treatments were 1) no treatment (control), 2) soil Ca only, 3) soil Ca and Ca spray and 4) soil Ca and Ca + B spray. Soil Ca was applied as gypsum in September 2009. The Ca spray was applied six times using 2% $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ while B spray was applied three times each using 0.25% solubor. The fruit samples were harvested in the middle of May of 2010. At harvest, the fruits were separated into three groups based on their size: small (<60 g), medium (60-80 g) and large (>80 g). Then, they were classified as normal fruits, TFD fruits, GD fruits or TFD+GD fruits. The concentrations of K, Ca, Mg and B in the flesh, rind and peduncle were analyzed. Cell wall material (CWM) in form of alcohol insoluble solid (AIS) of flesh and rind was extracted and analyzed for pectin fractions by sequentially solubilized in 1) water 2) CDTA 3) Na_2CO_3 at 4 and 20^{o}C and 4) KOH 1M and 4M. Calcium was also determined in each fractions of pectin.

It was found that the soil Ca application with foliar sprays of Ca+B significantly increased the number of normal fruit compared to other three treatment. Large fruits are susceptible to both TFD and GD disorders and has thicker rind than small fruits. Treatments with soil Ca combined with Ca +B sprays resulted in fruit with thinner rind, higher total soluble solid and lower % titratable acidity than other treatments. Flesh K, Ca and B concentrations in TFD and TFD+GD were significantly higher than normal or GD fruits. Rind Ca and B were lower in fruits with TFD and TFD+GD. In contrast, calyx Ca and B were similar among all fruit quality but K and Mg were lower in TFD and TFD+GD fruits. In case of peduncle, Mg and B were higher in both TFD and GD compared to normal fruits.

Mangosteen fruit fresh weight, dry weight increased throughout the growing season in a pattern fitted well by a single sigmoid curve and could be harvested after 12-13 weeks after fruit set. Concentration of K, Ca, Mg and B in mangosteen fruit declined sharply during the first 5 weeks after

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fruit set to reach values which remained relatively constant or decreased only gradually until harvest. This occurred because the rate of nutrient accumulation was less than that of dry and fresh weight accumulation during early fruit development. Calyx Ca remains constant while other nutrients decreased.

No different were detected in the amount of CWM from mangosteen flesh of all four fruit categories but rind CWM of normal fruit was significantly higher than both TFD and TFD+GD. All nutrient concentrations in CWM calculated as cell wall dry weight in both flesh and rind were not significantly difference. Similarly, all pectin fractions of CWM form both flesh and rind were the same except flesh water soluble (WS) and Na_2CO_3 at 4 ^{o}C fractions. The pectin of WS in normal and GD were higher but the Na_2CO_3 at 4 ^{o}C fraction was lower than TFD and TFD+GD resulted in similar amount of total pectin. Non the less, pectin of TFD rind was slightly lower than normal fruit.

Calcium content in WS fraction of both TFD and TFD+GD flesh was lower than normal fruits. The lower WS in disorder fruits coincided with the increased in CDTA-Ca which is considered wall bound. The harder flesh tissue of TFD was due to higher wall bound Ca which was not solubilized during ripening. In contrast, rind Ca in both WS and CDTA fractions was lower in TFD and TFD+GD. In addition, the ratios of WS-pectin to Ca in both flesh and rind were 2.3 times higher than normal fruits. We postulated that TFD and GD disorders were both due to Ca deficiency in cell wall tissues. In TFD, the weak cell wall of flesh was disrupted by high pressure from water uptake. Solute then leak out and fill the air space between cells. The TFD+GD being a more advance stage of Ca deficiency were caused by the swollen flesh from high water uptake at the stage where fruit growth and expansion ceased. The yellow latex from broken vessels in the rind is then released onto the flesh and hardening. The sticky gum pulled away part of the inner rind when the fruit was opened resulted in TFD with GD symptoms. The lower Ca in various fractions of TFD+GD may not enough to support a strong cell wall of the latex vessel.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
Abstract	iii
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญรูป	viii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	8
ผลการทดลองและวิจารณ์	13
สรุปผลการทดลอง	39
เอกสารอ้างอิง	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติของดินมังคุด อ.มะขาม จ.จันทบุรี เก็บตัวอย่างวันที่ 11 ตุลาคม 2552 ที่ความลึก 20 ซม. (n=8)	14
2	ความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุอาหารในใบมังคุดเมื่อใบมีอายุ 5, 7 และ 9 เดือน	15
3	คุณภาพผลมังคุดจากทุกตำรับการทดลองรวมกัน	22
4	สัดส่วนคุณภาพผลมังคุดในตำรับการทดลองต่าง ๆ	23
5	คะแนนความรุนแรงของการเกิดอาการผิดปกติผลมังคุดในแต่ละตำรับการทดลอง	24
6	คะแนนความรุนแรงของการเกิดอาการผิดปกติผลมังคุดจากทุกตำรับการทดลองรวมกัน	24
7	ความหนาเปลือกมังคุด (มิลลิเมตร)แยกตามขนาดผล	25
8	ความหนาเปลือกมังคุด (มิลลิเมตร)ในตำรับการทดลองและคุณภาพผลต่างๆ	25
9	Total soluble solid (TSS) and % Titratable acidity (%TA) ในแต่ละตำรับการทดลอง	26
10	Total soluble solid (TSS) and % Titratable acidity (%TA) แยกตามชนิดของผล	26
11	ความเข้มข้นของธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักแห้งในเนื้อมังคุดสุกที่มีคุณภาพแตกต่างกัน	28
12	ความเข้มข้นของธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักแห้งและสัดส่วนของธาตุอาหารในเนื้อมังคุดสุกที่มีคุณภาพ แตกต่างกัน	28
13	ความเข้มข้นของอาหารต่อหน่วยน้ำหนักแห้งในเปลือก กลีบเลี้ยง และขั้วผลมังคสุกที่มีคุณภาพแตกต่างกัน	30
14	สัดส่วนของ K/Ca และ Ca/B ในเปลือก กลีบเลี้ยง และขั้วผลมังคุดคุณภาพต่าง ๆ	31
15	ปริมาณ cell wall material (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด, mg/gFW) ของเนื้อและเปลือกมังคุดคุณภาพต่าง ๆ	32
16	ความเข้มข้นของธาตุอาหารใน Cell wall material (mg/100gCW) ที่สกัดจากเนื้อและเปลือกมังคุดสุกที่มีคุณภาพแตกต่างกัน	32
17	ลำดับของสารละลายที่ใช้ในการสกัดและ fractions ของเพกตินที่ได้	33
18	Fraction ของเพกติน ใน Cell wall material (mg/gFW) ของเนื้อมังคุดคุณภาพต่าง ๆ	34
19	Fraction ของเพกติน ใน Cell wall material (mg/gFW) ของเปลือกมังคุด คุณภาพต่าง ๆ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ปริมาณ Ca (µg/gFW) ใน fraction ของ pectin ที่สกัดจาก CWM ของเนื้อมังคุดคุณภาพต่าง ๆ	35
21	ปริมาณ Ca (µg/gFW) ใน fraction ของ pectin ที่สกัดจาก CWM ของเปลือกมังคุดคุณภาพต่าง ๆ	36
22	สัดส่วนเพกตินต่อแคลเซียมในfraction ต่าง ๆของเนื้อมังคุด	37
23	สัดส่วนเพกตินต่อแคลเซียมในfraction ต่าง ๆของเปลือกมังคุด	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ขนาดและน้ำหนักผลมังคุดระหว่างการพัฒนาของผลในแต่ละตำรับการทดลอง	17
2	ขนาดและน้ำหนักผลมังคุดเฉลี่ยระหว่างการพัฒนาของผล	18
3	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในผลมังคุดระหว่างการพัฒนาของผล	19
4	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในกลีบเลี้ยงมังคุดระหว่างการพัฒนาของผล	20
5	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในขั้วมังคุดระหว่างการพัฒนาของผล	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัญหาสำคัญที่เป็นข้อจำกัดในการส่งมังคุดไปจำหน่ายยังตลาดบนในต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ยุโรป ออสเตรเลีย และสหรัฐอเมริกา คือ การที่มังคุดมีอาการเนื้อแก้วและ/หรืออาการยางไหลจำนวนมากกว่า 60% และอาจสูงถึง 75% ในบางฤดูการเจริญเติบโต (Poovarodom and Boonplang, 2010) อาการเนื้อแก้วและยางไหลเกิดภายในผลและไม่สามารถคัดแยกด้วยสายตาจากภายนอกได้ ถึงแม้ว่าเกษตรกรได้ใช้ความพยายามอย่างมากที่จะคัดแยกให้ได้คุณภาพตามความต้องการของผู้ส่งออก แต่ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร อันที่จริงตลาดในประเทศเหล่านั้นต้องการมังคุดในปริมาณมาก และยินดีจ่ายเงินเพื่อซื้อมังคุดในราคาที่สูงกว่าตลาดอื่นไม่ว่าจะเป็นตลาดจีน หรือตลาดในประเทศหลายเท่า (ราคารับซื้อมังคุดสำหรับตลาดญี่ปุ่นอยู่ที่ 60-80 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่ตลาดจีนและเวียตนามอยู่ที่ 25-35 บาทต่อกิโลกรัม) ปัญหาสำคัญคือผู้ส่งออกไม่สามารถจัดหามังคุดที่มีคุณภาพได้เพียงพอกับความต้องการของตลาด (ชฎิล นิ่มนวล 2550) การแก้ปัญหาอาการเกิดเนื้อแก้วยางไหลในมังคุดจะทำให้ไทยสามารถขยายตลาดมังคุดในต่างประเทศได้มาก เพราะผู้บริโภคส่วนใหญ่ในแทบทุกประเทศชื่นชอบรสชาติของมังคุด นอกจากนั้น ตลาดมังคุดยังไม่มีคู่แข่งจากประเทศอื่น ซึ่งต่างจากผลไม้อื่น เช่น มะม่วง ที่ไทยมีคู่แข่งจากหลายประเทศ หากสามารถแก้ปัญหาการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลได้ จะสามารถนำเงินตราเข้าประเทศได้มากขึ้น สามารถยกระดับรายได้ของเกษตรกรให้สูงขึ้น และยังแก้ปัญหามังคุดราคาตกต่ำในช่วงที่ผลผลิตออกมามากได้อีกด้วย

ปัญหาเนื้อแก้ว/ยางไหลในมังคุดเกิดมานานแล้ว แต่ที่ไม่ได้รับความสนใจอย่างจริงจังเนื่องจากเดิมตลาดต่างประเทศ เช่น ตลาดญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา ไม่อนุญาตให้ไทยส่งมังคุดสดไปจำหน่าย การส่งออกส่วนใหญ่อยู่ในรูปมังคุดแช่แข็ง ซึ่งต้องผ่าผลมังคุดก่อน จึงสามารถคัดแยกผลที่ไม่มีคุณภาพออกได้ง่าย แต่เมื่อส่งออกในรูปผลมังคุดสด ปัญหาเนื้อแก้ว/ยางไหลจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง และมีผลให้ปริมาณการส่งออกมังคุดของไทยลดลง เช่น เมื่อประเทศญี่ปุ่นเปิดให้นำเข้ามังคุดสดในปี 2546 มีการนำเข้ามังคุดสด จำนวน 395 ตัน แต่ต่อมาในปี 2550 จำนวนนำเข้ามังคุดลดลงเหลือเพียง 117 ตันเท่านั้น (อิโนอุเอะ 2551) สาเหตุหลักของการลดปริมาณนำเข้าเกิดจากปัญหาเนื้อแก้วและยางไหลในผล ผู้นำเข้าจากญี่ปุ่นรายงานว่า ตลาดญี่ปุ่นยอมรับในรสชาติของมังคุด แต่ปัญหาเนื้อแก้วและยางไหลทำให้การบริโภคมังคุดลดลง ดังนั้น หากไทยต้องการส่งออกมังคุดไปยังตลาดญี่ปุ่นต้องปรับปรุงคุณภาพของมังคุดให้ดีขึ้น (อิโนอุเอะ 2551)

อาการเนื้อแก้ว และยางไหลในมังคุดจะเกิดมากในช่วงที่มีฝนตกชุกก่อนเก็บเกี่ยว ทำให้เชื่อกันว่าฝนหรือปริมาณน้ำเป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดอาการเนื้อแก้ว และ/หรือยางไหลในมังคุด อย่างไรก็ตาม การเกิดเนื้อแก้วและ/หรือยางไหล ไม่ได้เกิดกับผลมังคุดทั้งหมด และมีจำนวนแตกต่างกันมากระหว่างต้นมังคุดที่อยู่ภายในสวนเดียวกัน ถึงแม้ว่าต้นมังคุดเหล่านี้จะอยู่ภายในสวนที่ได้รับฝนในปริมาณเท่ากันก็ตาม จากการศึกษาอาการเนื้อแก้ว ศิริวรรณ (2543) พบว่าอาการเนื้อแก้วเกิดจากการที่ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุกได้รับน้ำมาก เซลล์เกิดความเสียหาย สารละลายต่าง ๆ ไหลออกมาแทนที่อากาศบริเวณผนังเซลล์ทำให้เห็นเป็นเนื้อใส ส่งผลให้เพกตินเปลี่ยนเป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนอาการยางไหลเกิดจากการที่ท่อน้ำยางแตกเมื่อได้รับน้ำมากแต่ระเหยออกไปไม่ทัน การศึกษาอาการเนื้อแก้วและยางไหลที่กล่าวมาเป็นการอธิบายลักษณะการเกิดเนื้อแก้วและยางไหล แต่ไม่ได้อธิบายถึงสาเหตุของการเกิดความผิดปกติทั้งสองประการ เมื่อพิจารณาอาการเนื้อแก้วและยางไหลจะพบว่า ทั้ง 2 อาการเกิดจากการที่ผนังเซลล์แตก โดยในส่วนของเนื้อแก้วเกิดจากผนังเซลล์ที่เนื้อมังคุดแตก จึงทำให้สารละลายไหลออกมาแทนที่อากาศ ส่วนอาการยางไหลเกิดจากการที่ท่อน้ำยางแตก อาการในลักษณะนี้ ไม่ใช่เกิดจากการที่มีฝนมากเพียงอย่างเดียว แต่มีปัจจัยภายในพืช (internal factor) เกี่ยวข้องด้วย ในบรรดาปัจจัยภายในทั้งหลาย ธาตุอาหารพืชน่าจะมีความสำคัญมากที่สุด (Huang et al., 2005) และในธาตุอาหารทั้ง 16 ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แคลเซียม (Ca) และโบรอน (B) น่าจะเกี่ยวข้องกับการเกิดปัญหาเนื้อแก้ว/ยางไหลมากที่สุดด้วย เนื่องจากแคลเซียมและโบรอนมีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับความแข็งแกร่งของผนังเซลล์ (cell wall) ถ้าพืชได้รับแคลเซียมและโบรอนไม่เพียงพอ ผนังเซลล์จะอ่อนแอ ขาดความยืดหยุ่นและเสียหายได้ง่าย (Matoh and Kobayashi, 1998) แคลเซียมยังเป็นธาตุอาหารที่มีรายงานว่าเกี่ยวข้องกับความผิดปกติทางด้านสรีรวิทยา (physiological disorders) ของผลไม้ต่าง ๆ มากกว่า 30 ชนิด ซึ่งอาการเหล่านั้นล้วนมีส่วนเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของผนังเซลล์ทั้งสิ้น เช่น อาการ bitter pit, cork spot ในแอปเปิล อาการก้นเน่าในมะเขือเทศ น้อยหน่า และแตงโม อาการ water soaking ซึ่งเป็นอาการที่เนื้อแคนตาลูปมีลักษณะใส ๆ รวมทั้งอาการแตกของผลที่เปลือกบาง เช่น เชอรี่ และลิ้นจี่ (Shear, 1975; Sharples, 1980; Madrid et al., 2004; Huang et al., 2005) เป็นต้น

ในระยะต่อมา ทีมงานวิจัยที่มี รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม เป็นหัวหน้าโครงการ ได้มีความพยายามหาสาเหตุการเกิดเนื้อแก้วและยางไหล และลดการปัญหาอาการผิดปกติเหล่านี้โดยการจัดการธาตุอาหาร และได้มีงานวิจัยอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2548 โดยมีความก้าวหน้าต่อเนื่องมาตามลำดับดังนี้ Pludbuntong et al. (2007) ได้ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในผลมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้ว และยางไหลเปรียบเทียบกับผลปกติพบว่า เนื้อมังคุดที่มีอาการเนื้อแก้วมีปริมาณธาตุ K และสัดส่วนของ K/Ca สูงกว่าผลปกติและผลยางไหล สอดคล้องกับผลการทดลองของ Poovarodom and Boonplang (2010) ซึ่งพบว่าการให้แคลเซียมทางดินอย่างเดียว หรือร่วมกับการฉีดพ่นทางใบและผลทำให้อาการ เนื้อแก้วลดลง ส่วนอาการยางไหลยังไม่สามารถชี้บ่งลงไปได้แน่ชัดว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับธาตุอาหารชนิดใด แต่มีแนวโน้มว่าน่าจะเกิดจากการขาดแคลเซียมและโบรอน เนื่องจากผลมังคุดจากตำรับการทดลองที่มีการให้แคลเซียมทางดินร่วมกับการฉีดพ่น Ca+B ทางใบและผล จะทำให้อาการยางไหลลดลงและผลผลิตมีคุณภาพดีขึ้น (Poovarodom and Boonplang, 2010; สุมิตรา ภู่วโรดม และคณะ 2552) แต่มีแนวโน้มว่าธาตุ แคลเซียมและโบรอนในขั้วผลมังคุด ซึ่งเชื่อมต่อกับกลุ่มของท่อน้ำท่ออาหารและท่อน้ำยางมีสัดส่วนของแคลเซียมและโบรอนไม่เหมาะสม สาเหตุอาจเกิดจากการที่ความเข้มข้นของโบรอนที่วิเคราะห์ในเนื้อเยื่อ (tissue) ส่วนต่าง ๆ ของผลที่วิเคราะห์โดยวิธี dry ashing เป็นการวิเคราะห์ปริมาณ total Ca และ total B ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณธาตุอาหารรวม แต่ไม่สามารถเป็นค่าชี้บ่งปริมาณแคลเซียมและโบรอนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ได้โดยตรง Rosolem and Leite (2007) ทำการศึกษาแคลเซียมและโบรอนในใบกาแฟ 2 พันธุ์พบว่า ปริมาณแคลเซียมในผนังเซลล์ของกาแฟทั้ง 2 พันธุ์ไม่แตกต่างกันแต่ปริมาณโบรอนแตกต่างกัน จึงทำให้สัดส่วนของ Ca/B แตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยใบกาแฟที่มี โบรอนต่ำมีแนวโน้มที่จะมีโบรอนที่ผนังเซลล์ต่ำกว่าด้วย ในทำนองเดียวกัน Hu and Brown (1994) พบว่าสัดส่วนของ cell wall B ต่อ total B เพิ่มขึ้นจาก 64% ไปเป็น 97% เมื่อ tobacco cells ขาดโบรอนมากขึ้น ยืนยันข้อมูลที่รายงานมาก่อนหน้านั้นโดย Matoh et al. (1992) ซึ่งพบว่า มากกว่า 98% ของ cell B อยู่ที่ผนังเซลล์ของ tobacco cell ที่เลี้ยงใน culture solution การวิเคราะห์แคลเซียมและโบรอนในเนื้อเยื่อที่ขาด จึงควรวิเคราะห์ในส่วนที่อยู่ที่ผนังเซลล์โดยตรงมากกว่าการวิเคราะห์จากเนื้อเยื่อ (tissue) ของพืช

ดังนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดเนื้อแก้วและ/หรือยางไหลอย่างชัดเจน จึงควรศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและการสะสมแคลเซียมและโบรอนของผล และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุแคลเซียมและโบรอนกับอาการยางไหลเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารของผลมังคุด
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใส่แคลเซียมและโบรอนทางดินและการฉีดพ่นทางใบต่ออาการเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุด
3. หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุแคลเซียมและโบรอนในผนังเซลล์และเนื้อเยื่อในส่วนต่าง ๆ ของผลกับอาการเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ผลงานวิจัยเกี่ยวกับธาตุอาหารและการเกิดอาการเนื้อแก้ว และยางไหลมีน้อย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่ปลูกมังคุดกับการเกิดเนื้อแก้วและ/หรือยางไหล และผลที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดอาการเนื้อแก้วและยางไหล (วรภัทร, 2539, ธนสิต, 2541, ศิริวรรณ, 2543, ธีรวุฒิ, 2544, เสาวภา, 2544) ส่วนการศึกษาในพืชอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแอปเปิลมีมากและมีมานานกว่า 30 ปี (Shear, 1975; Sharples, 1980) หลังจากนั้น ได้มีการตื่นตัวในการศึกษาเกี่ยวกับแคลเซียมในไม้ผลอื่นๆ เช่น แตงโม แคนตาลูป อโวกาโด ลิ้นจี่ เชอรี่ และพืชผัก รวมทั้งไม้ดอกมากขึ้น (Madrid et al., 2004; Huang et al., 2005; Li et al., 2001; Maynard, 1979; Mortensen et al., 2001) ผลการศึกษาส่วนใหญ่รายงานตรงกันว่าพืชที่ได้รับแคลเซียมอย่างเพียงพอ จะทำให้คุณภาพผลผลิตดีขึ้น ปัญหาต่างๆ ที่พบเกี่ยวกับความผิดปกติที่ผล (physiological disorder) ลดลง ซึ่งการที่พืชจะได้รับแคลเซียมอย่างเพียงพอ อาจต้องมีการใส่เพิ่มทั้งทางดิน และทางผลโดยการฉีดพ่น การที่มีการศึกษาเกี่ยวกับแคลเซียมในไม้ผลมาก เนื่องจากแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ในท่อน้ำเป็นหลัก ดังนั้น ส่วนของพืชที่คายน้ำได้ดีจึงมีการสะสมแคลเซียมมาก ในขณะที่ส่วนของพืชที่คายน้ำน้อยเช่นใบอ่อน หรือผล มักจะขาดแคลเซียม อาการผลแตกในพืชที่มีเปลือกบางเช่น มะเขือเทศ เชอรี่ และ แอปเปิล มักเกิดเมื่อความชื้นในอากาศสูงหรือภายหลังฝนตก ทำให้พืชได้รับ hypo-osmotic shock ผนังเซลล์ที่อ่อนแอจากการขาดแคลเซียมไม่สามารถทนแรงดันของน้ำจึงเกิดรอยแตกได้ง่าย (White and Broadley, 2003) อาการเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุด ก็เกิดภายหลังฝนตกและความชื้นในอากาศสูง จึงน่าจะเกิดจากการที่ผนังเซลล์อ่อนแอเช่นกัน

แคลเซียมเป็นธาตุที่บทบาทสำคัญในโครงสร้าง (structural role) ของผนังเซลล์ (cell wall) ซึ่งบทบาทของแคลเซียมในด้านโครงสร้างต้องการปริมาณแคลเซียมค่อนข้างสูงในระดับ millimolar เพื่อใช้ในการเชื่อม pectin ที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ทำให้เซลล์แข็งแกร่ง (Zocchi and Mignani, 1995) บทบาทของแคลเซียมในด้านโครงสร้างต้องการแคลเซียมในปริมาณที่สูงกว่าบทบาทของแคลเซียมในด้านเป็นตัวนำรหัสที่สอง (secondary messenger) หลายเท่า ดังนั้น การขาดแคลเซียมจึงมีผลหรือเกี่ยวข้องกับบทบาทในด้านโครงสร้างของเซลล์เป็นส่วนใหญ่ ดังเช่นที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

Bangerth (1976) รายงานว่า เมื่อชักนำให้เกิด parthenocarpic fruits ในมะเขือเทศ แอปเปิล และแพร์ ผลเหล่านี้จะมีการสะสมแคลเซียมน้อยกว่าผลที่ผสมอย่างสมบูรณ์ (normal pollinated fruit) เนื่องจากเมล็ดจะสร้างออกซิน (auxin) ซึ่งทำให้มีการสะสมแคลเซียมเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น ยังพบว่าเมื่อมีการฉีดพ่นสารที่ยับยั้งการเคลื่อนที่ออกซิน (auxin transport inhibitor) ปรากฏว่าการสะสมของแคลเซียมในผลลดลง ทำให้สรุปได้ว่า ออกซินมีส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายแคลเซียมไปที่ผล สำหรับมังคุดซึ่งเป็น parthenocarpic fruit (Yaacob et al., 1995) อาจทำให้การเคลื่อนย้ายแคลเซียมไปยังผลน้อย มีผลให้เกิดการขาดแคลเซียมได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากแคลเซียมแล้ว โบรอนเป็นอีกธาตุหนึ่งที่มีบทบาทและหน้าที่สำคัญในโครงสร้างของผนังเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของผนังเซลล์โดยการยึด (binding) กับ pectin polysaccharides โมเลกุลของโบรอนที่อยู่ที่ผนังเซลล์จะทำปฏิกิริยาเชิงซ้อน (complex) กับ rhamnogalacturonan II (RG-II) (Matoh et al., 1992, 1993; Hu and Brown, 1994) ต่อมา Matoh and Kobayashi (1998) และ Kobayashi et al. (1999) วิเคราะห์สารประกอบ B-RG-II complex พบว่าประกอบด้วย boric acid 2 โมเลกุล Ca^{++} 2 โมเลกุล และ monomeric RG-II 2 สาย (chain) โดย Ca^{++} และ borate จะเชื่อมไขว้ (cross-link) กับ pectin polysaccharides ที่บริเวณ RG-II เรียก pectin ส่วนนี้ว่า chelator-soluble pectin หรือ CDTA soluble pectin การเชื่อมตัวกันของโบรอน แคลเซียม และ pectin ทำให้ pectin ในผนังเซลล์เชื่อมเป็นโครงข่ายและแข็งแรง

ในพืชที่ได้รับโบรอนอย่างเพียงพอ ผนังเซลล์จะมีความแข็งแรงและทนต่อแรงดันภายในเซลล์ (turgor pressure) ได้ดี การขาดโบรอนทำให้ผนังเซลล์หนาขึ้น โดยพืชมีการสร้างเซลล์ขนาดเล็กและรูปร่างผิดปกติ เมื่อผนังเซลล์หนาขึ้น การจัดเรียงตัวของ middle lamella ซึ่งประกอบด้วย pectin เป็นส่วนใหญ่จะผิดปกติ การขยายตัวของเซลล์ตามยาว (longitudinal) และความหนาของเซลล์ (transverse) ลดลง แต่ความสูงไม่เปลี่ยนแปลง ยังผลให้เซลล์มีความยืดหยุ่นลดลง (Hu and Brown, 1994) สอดคล้องกับอาการขาดโบรอนของพืชที่มักจะแข็ง เปราะและหักง่าย ในทางกลับกัน เซลล์ของพืชที่ได้รับโบรอนเพียงพอมีความยืดหยุ่น ทนต่อแรงดันภายในเซลล์ ทำให้เซลล์ขยายตัว (expansion) ได้ดีขึ้น Rosolem and Leite (2007) ศึกษากลุ่มท่อน้ำ (xylem vessel) ของใบกาแฟที่ขาดโบรอน พบว่ามีลักษณะแตกต่างกับท่อน้ำของต้นกาแฟที่ได้รับโบรอนอย่างเพียงพอ กล่าวคือ ท่อน้ำปกติจะค่อนข้างตรงและต่อเนื่องในขณะที่ท่อน้ำในต้นกาแฟที่ขาดโบรอนจะบิดหรือโค้งงอและไม่ค่อยต่อเนื่อง นอกจากนั้น ยังพบว่า ความหนาของผนังท่อน้ำ (xylem wall) จะบางกว่าปกติเนื่องจากขาด pectin การที่ท่อน้ำผิดปกติมีผลให้การนำธาตุแคลเซียมและโบรอนไปยังส่วนที่กำลังเจริญเติบโตน้อยลง

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า B- pectin complexes เป็นส่วนประกอบที่สำคัญและมีบทบาทในการสร้างของผนังเซลล์ พืชต่างชนิดกันจะต้องการโบรอนในปริมาณแตกต่างกัน เช่น primary cell wall ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวต้องการ โบรอนน้อยกว่าพืชใบเลี้ยงคู่ เนื่องจากมีปริมาณ pectin แตกต่างกัน (ones, 1998) Hu et al., (1966) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ cell wall B กับปริมาณ pectin ในพืชจำนวน 14 species พบว่า cell wall pectin เป็นตัวกำหนดความต้องการโบรอนของพืช การศึกษาเกี่ยวกับโบรอนในผนังเซลล์จึงต้องศึกษาปริมาณ pectin ด้วย

การแก้ปัญหาการขาดแคลเซียมและโบรอนในผลทำได้ยาก เนื่องจากแคลเซียมและโบรอนเคลื่อนที่ในท่อน้ำ (xylem vessel) เท่านั้น ดังนั้นส่วนของพืชที่มีการคายน้ำดี จึงมีการสะสมแคลเซียมและโบรอนมาก ในขณะที่ผลมีการคายน้ำได้น้อย การเคลื่อนที่ของธาตุทั้ง 2 ไปที่ผลจึงเกิดได้น้อยด้วย ในไม้ผลการขาดแคลเซียมและโบรอนจึงมักแสดงออกที่ผล ถึงแม้ว่าใบจะมีแคลเซียมและโบรอนในปริมาณที่เพียงพอก็ตาม ถ้าพืชได้รับแคลเซียมสูง ความต้องการโบรอนจะเพิ่มขึ้นด้วย (Jone, 1998) การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้แคลเซียมในทางดินอย่างเพียงพอจะลดปัญหาการขาดแคลเซียมได้ระดับหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากแคลเซียมละลายช้า ในแอปเปิลพบว่า แคลเซียมที่ใส่ในรูปยิบซัมใช้เวลาหลายปีกว่าจะไปเคลื่อนที่ไปที่ผล (Bramlage, 1994) การแก้ไขปัญหาการขาดแคลเซียม จึงต้องฉีดพ่นแคลเซียมไปที่ผลโดยตรงร่วมกับการให้ปุ๋ยแคลเซียมทางดิน สารเคมีที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในการฉีดพ่นคือ แคลเซียมคลอไรด์ เนื่องจากมีความเข้มข้นของแคลเซียมสูงและราคาไม่แพง การฉีดพ่นมักให้ผลดีกว่า การฉีดพ่นแคลเซียมให้ได้ผลดีต้องฉีดพ่นเมื่อผลยังเล็กอยู่ และติดต่อกันหลายครั้งเพื่อให้มั่นใจว่าผลได้รับแคลเซียม เนื่องจากการฉีดพ่นเมื่อผลยังมีขนาดเล็ก อาจไม่สัมผัสที่ผลโดยตรง แต่การฉีดพ่นเมื่อผลขนาดเล็กจะนำแคลเซียมไปใช้ได้ดีที่สุด โดยใช้อัตราความเข้มข้น 2% $CaCl_2$ ส่วนโบรอนโดยทั่วไปความต้องการค่อนข้างน้อย การฉีดพ่นจึงใช้ความเข้มข้นน้อยกว่า และจำนวนครั้งน้อยกว่าการฉีดพ่นแคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองในสวนมังคุดของเกษตรกร ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี จำนวน 1 สวน (เป็นสวนเดิมที่เคยศึกษามาแล้วตั้งแต่ปี 2550) อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี ประกอบด้วยตำรับการทดลอง ดังนี้

1. Control
2. ใส่ $CaSO_4$ ทางดิน
3. ใส่ $CaSO_4$ ทางดิน + ฉีดพ่น $CaCl_2$ ทางใบและผล
4. ใส่ $CaSO_4$ ทางดิน + ฉีดพ่น $CaCl_2$+ B ทางใบและผล

ทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 2 ต้นรวมเป็นต้นทดลองทั้งสิ้น 32 ต้น โดยวางแผนการทดลองแบบ RCDB การใส่ $CaSO_4$ ทางดิน ใส่ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น การฉีดพ่น $CaCl_2$ ทางใบและผลจะเริ่มภายหลังดอกบาน โดยฉีดพ่นทุก 2 สัปดาห์อัตราความเข้มข้น 2 % เป็นจำนวนทั้งสิ้น 6 ครั้ง ส่วนการฉีดพ่น B ทางใบและผลใช้ solubor 0.25% จำนวน 3 ครั้งพร้อมกับการฉีดพ่น $CaCl_2$ ครั้งที่ 1-3 ส่วนปุ๋ยอื่น ๆ ใส่เท่ากันทุกต้น ตามสภาพของสวน

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. เก็บตัวอย่างดินบริเวณชายพุ่มหลังการเก็บผลผลิตมังคุด ต้นละ 4 จุด โดยเก็บที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร นำดินของแต่ละจุดมารวมกัน โดยแยกแต่ละชั้น แล้ววิเคราะห์ pH, EC, OM, P, K, Ca, Mg, และ B ข้อมูลที่ได้นำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการปุ๋ย รวมทั้งปุ๋ยชนิดอื่น ๆ

2. เก็บตัวอย่างใบมังคุดเมื่อใบมีอายุ 7 - 9 เดือน ซึ่งเป็นใบที่เหมาะสมสำหรับเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ (สุมิตรา ภู่วโรดม และ คณะ 2547) โดยเก็บตัวอย่างใบต้นละ 4 ใบจากทุกทิศรอบทรงพุ่ม

3. Tag ตัวอย่างดอกมังคุดที่บานแล้ว และเมื่อดอกเปลี่ยนเป็นผลได้ 1 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างผลนำมาศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหาร หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างผลทุกสัปดาห์จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 12-13 สัปดาห์

4. เมื่อผลแก่พร้อมเก็บเกี่ยว สุ่มเก็บตัวอย่างผลมาวิเคราะห์คุณภาพ โดยแบ่งผลออกเป็น 3 ขนาดตามที่ตลาดต้องการคือ ขนาดเล็ก (<60 กรัม) ขนาดกลาง (60-90 กรัม) และ ขนาดใหญ่ (>90 กรัม) ทำการสุ่มตัวอย่างผลมังคุดในแต่ละขนาดจำนวน 10 ผลหรือเท่าที่มีอยู่ในการเก็บครั้งนั้น ทำการผ่าผลเพื่อแยกคุณภาพออกเป็น 3 ชนิดคือ ผลปกติ ผลเนื้อแก้ว และผลยางไหล ทำซ้ำแบบเดียวกันจำนวน 3 ครั้ง รวมเป็นผลมังคุดขนาดละ 30 ผล จำนวน 3 ขนาดหรือประมาณ 90 ผล/ต้น

5. สุ่มผลมังคุดในแต่ละชั้นคุณภาพมา 3-5 ผล แยกผลมังคุดออก เป็น เนื้อ เปลือก และขั้วผล หลังจากนั้น แบ่งแต่ละส่วนออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุ K, Ca, Mg และ B โดยตรง ส่วนที่ 2 นำไปสกัดเพื่อให้ได้ผนังเซลล์ (cell wall material) ดังรายละเอียดข้างล่าง แล้วจึงนำส่วนที่เหลือไปเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ K, Ca, Mg, B และ pectin ต่อไป

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วิเคราะห์คุณภาพของผล ได้แก่ ความหนาของเปลือก total soluble solid (TSS) และ %titrable acidity

การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บซากพืช และเศษพืชออก แล้วนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm เก็บตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงไว้ศึกษาในห้องปฏิบัติการต่อไป

การวิเคราะห์ดิน

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ทำตามวิธีที่กล่าวไว้ใน Methods of Soil Analysis Part 3 : Chemical Methods (Sparks et al., 1996)

- วิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 แล้ววัดค่าปฏิกิริยาดินด้วยเครื่อง pH meter

- วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity; EC) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 แล้ววัดค่า EC ด้วยเครื่อง EC meter

- วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน โดยวิธี Walkley-Black Titration แล้วเปลี่ยนเป็นปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) โดยคูณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนด้วย 1.724

- วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยสกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยการทำให้เกิดสี โดยใช้เครื่องมือ spectrophotometer ความยาวคลื่น 882 nm

- วิเคราะห์ปริมาณด่างที่สกัดได้ (Exchangeable Bases) ซึ่งประกอบด้วย K, Ca และ Mg โดยการสกัดดินด้วยสารละลาย 1 N NH_4OAc pH 7.0 แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดหาปริมาณด่างที่สกัดได้ โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer (ICP-OES)

- วิเคราะห์จุลธาตุในดิน (ซึ่งประกอบด้วย Fe, Mn, Cu และ Zn) ด้วยวิธี DTPA pH 7.3 และนำสารละลายที่ได้ไปวัดหาปริมาณจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer (ICP-OES)

- วิเคราะห์โบรอน โดยการสกัดด้วยน้ำร้อน และวิเคราะห์หาปริมาณโบรอนโดยการทำให้เกิดสีด้วยวิธี curcumin แล้ววัดด้วย spectrophotometer ความยาวคลื่น 550 nm

การเก็บตัวอย่างใบ

เก็บตัวอย่างใบมังคุดที่ Tag ไว้เมื่ออายุใบระหว่าง 7-9 เดือน (สุมิตรา และคณะ 2547)

การเตรียมตัวอย่างใบพืช

1. จุ่มตัวอย่างใบมังคุดใน 0.1M HCl แล้วตามด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง บรรจุใบในถุงกระดาษนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-72 ชั่วโมง หรืออบจนแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชั่งน้ำหนักแห้งตัวอย่างใบมังคุดที่อบแห้งแล้ว

3. บดตัวอย่างด้วยเครื่องบด ให้ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 40 mesh (0.42 mm) และเก็บไว้เพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

การเก็บตัวอย่างผลมังคุดเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหาร

1. Tag ตัวอย่างดอกมังคุดที่บานแล้ว และเมื่อดอกเปลี่ยนเป็นผลได้ 1 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างผลนำมาศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหาร หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างผลทุกสัปดาห์จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 12-13 สัปดาห์

2. ผลมังคุดที่เก็บได้นำล้างวทำความสะอาด เช่นเดียวกับวิธีเตรียมตัวอย่างใบ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางและชั่งน้ำหนักผลรวม แล้วนำมาตัดขั้วและกลีบเลี้ยงออก ชั่งน้ำหนักของแต่ละส่วน นำแต่ละส่วนไปวิเคราะห์ธาตุ K, Ca, Mg และ B ตามวิธีที่จะกล่าวถึงต่อไป

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบและผลมังคุด

การวิเคราะห์ K, Ca, Mg, และ B : ย่อยสลายตัวอย่างใบและผลมังคุดด้วยวิธี dry ashing ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเถ้าที่ได้ไปละลายด้วย 1 N HCl แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer (ICP-OES) (Allen, 1971)

การเตรียมตัวอย่างผนังเซลล์ (Cell Wall Material: CWM)

ชั่งตัวอย่างสด 50 กรัม ใส่ flask เติม alcohol 95% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระดาษฟอยล์ นำไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น เติม alcohol 95% อีก 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer กรองผนังเซลล์ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ที่ต่อกับเครื่องดูดสุญญากาศ เมื่อกากใกล้แห้งให้ล้างด้วย methanol : chloroform เข้มข้น อัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตามด้วย acetone ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง บันทึกน้ำหนักแห้ง แล้วเก็บตัวอย่างผนังเซลล์ในโถดูดความชื้น นำ CWM ที่สกัดได้ส่วนหนึ่งไปย่อยสลายด้วยวิธี dry ashing ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ K, Ca, Mg, และ B ตามวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างใบและเนื้อมังคุดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วน CWM ที่เหลือนำไปสกัดปริมาณ pectin ตามวิธีของ Melton and Smith (2001) ดังนี้

1. การสกัด water soluble pectin

ชั่งตัวอย่างผนังเซลล์ 30 มิลลิกรัม (6 ซ้ำ) เขย่ากับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร นำไป centrifuge ด้วยความเร็ว 10000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 5 นาที เก็บสารละลายที่ได้ไว้ หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 20 ml เขย่าด้วยเครื่องเขย่าความเร็ว 150 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไป centrifuge เช่นเดียวกับรอบแรก เป็นเวลา 10 นาที แล้วเทสารละลายที่ได้รวมกัน ทำซ้ำขั้นตอนนี้อีก 1 ครั้ง เก็บกากที่เหลือไปสกัดต่อด้วย CDTA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสกัด CDTA soluble pectin

เติม 50 mM CDTA/ 50mM CH_3COOK pH 6.5 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในผนังเซลล์ที่ผ่านการสกัด water soluble pectin แล้วเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C แรงเหวี่ยง 1000x g เป็นเวลา 5 นาที เก็บสารละลายไว้ ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แต่เขย่าเป็นครั้งคราวที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C แรงเหวี่ยง 1000x g เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายที่ได้มาเทรวมกัน เก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณ pectin ส่วนตัวอย่างผนังเซลล์ที่เหลือนำไปสกัดปริมาณ Na_2CO_3 soluble pectin ต่อไป

3. การสกัด Na_2CO_3 soluble pectin

3.1 Na_2CO_3 4 ^{o}C : เติมสารละลาย 50 mM Na_2CO_3/ 20 mM $NaBH_4$ 20 ml ลงในหลอดเขย่าที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง นำไป centrifuge ที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C เป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายที่ได้

3.2 Na_2CO_3 20 ^{o}C : เติมสารละลาย 50 mM Na_2CO_3/20 mM $NaBH_4$ 20 ml ลงในหลอด นำไป centrifuge ที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C เป็นเวลา 5 นาที เก็บสารละลายที่ได้เอาไว้ หลังจากนั้นเติม Na_2CO_3 /20 mM $NaBH_4$ 20 ml เขย่า ที่อุณหภูมิ 20 ^{o}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไป centrifuge เป็นเวลา 10 นาที แล้วเทสารละลายที่ได้รวมกัน ทำซ้ำขั้นตอนนี้อีก 1 ครั้ง เก็บกากที่เหลือไปสกัดต่อด้วย 1 M KOH

4. การสกัด KOH soluble pectin

4.1 KOH 1 M : เติมสารละลาย 1M KOH 20 ml ลงในหลอด นำไป centrifuge ที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C เป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายที่ได้เอาไว้ หลังจากนั้นเติม 1 M KOH 20 ml นำไป flush ด้วยก๊าซ N_2 แล้วเขย่าที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำไป centrifuge เทสารละลายที่ได้รวมกัน ทำซ้ำขั้นตอนนี้อีก 1 ครั้ง เก็บกากที่เหลือไปสกัดต่อด้วย 4 M KOH

4.2 KOH 4 M : ขั้นตอนเหมือน 4.1 แต่ใช้ KOH 4 M แทน

การวิเคราะห์ปริมาณ pectin

ทำตามวิธีของ Blumenkrantz and Asboe-Hansen (1973) ดังนี้

1. เจือจางสารละลายที่ได้จากการเหวี่ยง 10 เท่า
2. ดูดสารละลายที่เจือจาง 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดแล้วนำไปแช่ในน้ำแข็ง
3. เติม 0.0125 M $Na_2B_4O_7$/ H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
4. ปิดหลอดด้วยกระดาษฟอยล์ ต้มในน้ำเดือด 10 นาที แล้วนำไปแช่ในน้ำแข็งทันที
5. เติม 0.15% m-hydroxydiphenyl/ 0.5% NaOH ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm เทียบกับสารละลายมาตรฐาน polygalacturonic ที่ความเข้มข้น 0-50 µg/ml

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิตใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยวิเคราะห์ค่า Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติทางเคมีของดิน

สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. หลังฤดูการเก็บเกี่ยว ปี2552 ของแต่ละตำรับการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 1 จากตารางจะพบว่า ดินแต่ละตำรับการทดลองมีเนื้อดินเหมือนกัน คือ sandy clay loam มีสมบัติทางเคมีใกล้คียงกัน คือ มีความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 4.71- 4.86 ซึ่งจัดว่าเป็นดินกรด ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (EC) ค่อนข้างต่ำคือมีค่าระหว่าง 81.9-111 $\mu S\ cm^{-1}$ มีอินทรียวัตถุตั้งแต่ 2.47-2.58% จัดอยู่ในระดับปานกลาง ส่วน P สูงมากคือ 302-328 $mg\ kg^{-1}$ มีค่าความจุในการดูดซับประจุบวก (CEC) ต่ำคือตั้งแต่ 8.73-10.3 $cmol(+)/\ kg^{-1}$ ความเข้มข้นของ K ที่สกัดได้ในดินอยู่ในระดับต่ำคือ 27.9- 36.8 $mg\ kg^{-1}$ ส่วน Ca (386-434 $mg\ kg^{-1}$) และ Mg (43.4-52.1 $mg\ kg^{-1}$) ที่สกัดได้อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ สำหรับจุลธาตุอาหารพบว่า เหล็กและทองแดงมีค่าสูง แมงกานีสต่ำ ส่วนสังกะสีและโบรอนมีค่าปานกลาง

2. ปริมาณธาตุอาหารในใบมังคุด

ความเข้มของธาตุอาหารในใบมังคุดในช่วงอายุใบ 5 และ 7 เดือนค่อนข้างคงที่ ดังนั้น จึงเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดและนำเสนอในตารางที่ 2 จากตารางจะพบว่า ธาตุอาหารส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วงความเข้มข้นธาตุอาหารที่กำหนดไว้โดย สุมิตรา และคณะ (2547) ยกเว้นธาตุ Fe ที่มีค่าค่อนข้างต่ำ แต่ไม่พบอาการขาด Fe ที่ใบมังคุด สาเหตุส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจาก ในการกำหนดค่ามาตรฐานโดยสุมิตรา และคณะ (2547) เป็นการวิเคราะห์จุลธาตุโดยวิธี wet ashing ซึ่งมีการใช้กรดในการย่อยสลาย จึงเกิดการปนเปื้อนของจุลธาตุได้ค่อนข้างมาก ในขณะที่วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในปัจจุบัน เป็นวิธี dry ashing ซึ่งมีการปนเปื้อนธาตุอาหารน้อยกว่า

สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบในแต่ละตำรับการทดลองพบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่น Ca ทางใบ (ตำรับ T3 และ T4) มีค่าความเข้มข้นของ Ca ในใบสูงกว่าตำรับที่ไม่มีการฉีดพ่นเล็กน้อย โดยตำรับ T3 มีความเข้มข้นของ Ca สูงที่สุด ในทางตรงกันข้าม ทั้ง ตำรับการทดลอง T3 และ T4 มีความเข้มข้นของ K และ Mg ต่ำกว่าตำรับ Control (T1) ซึ่งไม่มีการใส่ยิบซัม เนื่องจาก ธาตุ Ca และ K รวมทั้ง Mg เป็นปฏิปักษ์ (antagonistic) ต่อกัน (Mengel and Kirkby, 1987) ในส่วนของ B พบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่น B (T4) มีความเข้มข้นของ B ในใบสูงกว่าตำ การทดลองอื่นค่อนข้างมาก สำหรับธาตุอาหารอื่นในใบมังคุดมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 สมบัติของดินมังคุด อ.มะขาม จ.จันทบุรี เก็บตัวอย่างวันที่ 11 ตุลาคม 2552 ที่ความลึก 20 ซม. (n=8)

ตำรับ	ค่า	pH (1:1) น้ำ	EC (1:1) $\mu S\ cm^{-1}$	OM %	P $mg\ kg^{-1}$	CEC $cmol\ (+)\ kg^{-1}$	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Texture
							Extractable ($mg\ kg^{-1}$)								
T1	Mean	4.71	81.9	2.47	317	8.84	36.8	386	43.4	100	3.71	8.13	4.05	0.30	SCL
	SD	0.09	2.82	0.28	85.1	1.15	2.30	32.1	6.52	11.4	0.98	0.75	1.02	0.06	
T2	Mean	4.86	110	2.49	302	8.73	27.9	434	52.1	92.3	2.86	7.96	3.34	0.22	SCL
	SD	0.22	16.8	0.13	50.5	0.47	2.93	83.5	14.9	0.79	0.50	0.50	0.90	0.06	
T3	Mean	4.84	111	2.57	313	9.28	29.7	433	51.7	99.7	2.62	8.06	2.52	0.27	SCL
	SD	0.27	20.3	0.20	35.3	0.59	3.34	120	14.5	9.39	0.29	0.90	0.15	0.08	
T4	Mean	4.73	105	2.58	328	10.3	29.9	434	46.4	117	2.77	6.79	3.09	0.51	SCL
	SD	0.12	5.59	0.19	31.9	1.21	2.34	66.5	6.47	17.4	0.55	0.30	0.87	0.04	

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุอาหารในใบมังคุด เมื่อใบมีอายุ 5 และ 7 เดือน (ฤดูการเจริญเติบโต 2552/2553)

ตำรับ	%					mg kg^{-1}				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
T1	1.17	0.08	0.95b	1.25a	0.15b	15.8	144	9.27	19.6ab	48.4a
T2	1.13	0.07	0.84a	1.48b	0.13a	14.9	151	9.68	18.1a	49.1a
T3	1.15	0.08	0.93b	1.64c	0.13a	17.4	148	10.0	20.5b	52.9a
T4	1.14	0.08	0.84a	1.59c	0.13a	18.1	157	7.96	18.7a	71.1b
เฉลี่ย	1.15	0.08	0.89	1.49	0.14	16.6	150	9.23	19.2	55.4
P<0.05	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	*	*
ค่ามาตรฐาน	**1.1-1.4**	**.05-.08**	**.6-1.1**	**1.0-1.4**	**.12-.18**	**50-150**	**50-250**	**5-15**	**15-35**	**25-45**

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

3. ขนาดและน้ำหนักผลมังคุดอ่อน

ผลมังคุดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง น้ำหนักสดทั้งผล (whole fruit) น้ำหนักสดเฉพาะผล (fruit) เพิ่มขึ้นตามอายุผลที่เพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลอง และมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน (รูปที่ 1) เนื่องจากทั้ง 4 ตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน จึงนำข้อมูลจากทุกตำรับการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นข้อมูลแสดงพัฒนาการของผล (รูปที่ 2) เป็นที่น่าสังเกตว่า หลังจากสัปดาห์ที่ 9 ไปแล้ว เส้นผ่าศูนย์กลางผลเพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อย แต่น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉพาะส่วนของผลและน้ำหนักแห้งทั้งผลยังเพิ่มขึ้นโดยมีลักษณะเป็น single sigmoidal curve ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของธีรวัฒน์ (2533) และในส้ม (Storey and Treeby, 1999) ส่วนน้ำหนักกลีบเลี้ยง (calyx) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระยะแรก หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ สำหรับน้ำหนักขั้วผล (peduncle) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบ ๆ คือมีน้ำหนักสดประมาณ 1 กรัมเท่านั้น

4. ปริมาณธาตุอาหารในผลมังคุดระหว่างพัฒนาการของผล (fruit development)

ผลมังคุดที่เก็บได้ นำมาล้างทำความสะอาด ซับน้ำให้แห้ง นำมาแยกเป็น 3 ส่วนคือ 1)ส่วนที่เป็นผล 2) กลีบเลี้ยง 3) ขั้วผล ชั่งน้ำหนักแต่ละส่วน แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร สำหรับปริมาณธาตุอาหารของแต่ละตำรับการทดลองและค่าวิเคราะห์ผลทั้ง 3 ส่วนแสดงไว้ในรูปที่ 3-5 มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ปริมาณธาตุอาหารในผล

ปริมาณธาตุ K, Ca, Mg และ B ในผลมังคุดแสดงไว้ในรูปที่ 3 โดยภาพรวมพบว่า ธาตุอาหารทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่อผลอายุมากขึ้นและคล้ายกันในทุกตำรับการทดลอง เนื่องจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตของผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงเกิด dilution effect ธาตุอาหารส่วนมากจะมีความเข้มข้นลดลงค่อนข้างมาก ในช่วงอายุ 1 ถึง 5 สัปดาห์ หลังจากนั้น ความเข้มข้นลดลงน้อย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับพบว่า ตำรับที่มีการฉีดพ่นและให้ $CaSO_4$ ทางดินมี Ca สูงกว่าตำรับควบคุม (T1) ในทำนองเดียวกันการฉีดพ่น B ทำให้ B ในผลสูงกว่าตำรับอื่น ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ สุมิตรา และคณะ (2552) และ Poovarodom and Phanchindawan (2009)

4.2 ปริมาณธาตุอาหารในกลีบเลี้ยงมังคุด

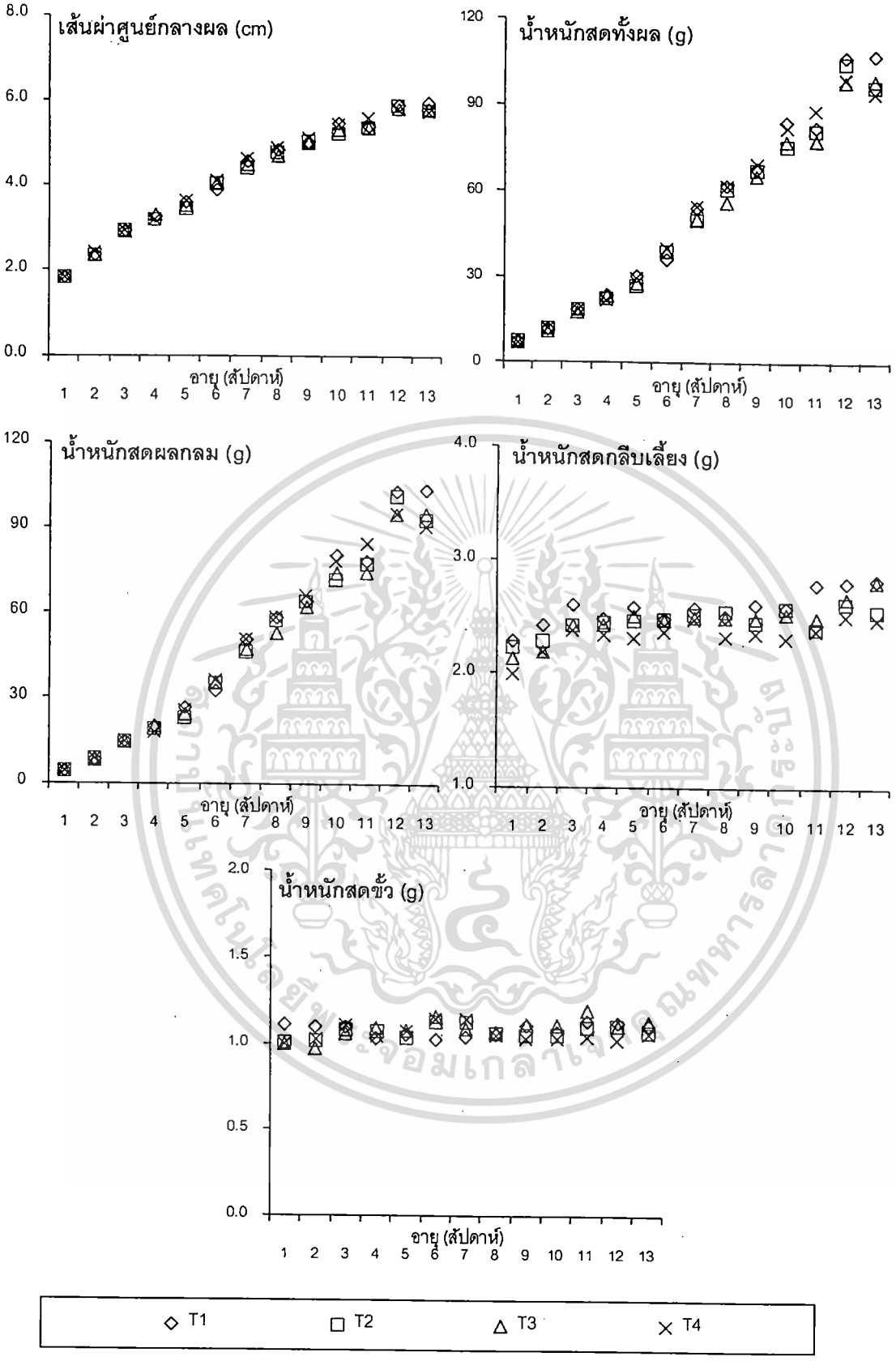
ความเข้มข้นของธาตุอาหารในกลีบเลี้ยงมังคุดแสดงไว้ในรูปที่ 4 จากรูปจะพบว่า ความเข้มข้นของธาตุ K และ Mg ในกลีบเลี้ยงมังคุดมีแนวโน้มลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น ซึ่งคล้ายกับที่พบในผล ถึงแม้ว่าน้ำหนักกลีบเลี้ยงจะเพิ่มขึ้นไม่มากก็ตาม แสดงว่าอาจมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากส่วนของกลีบเลี้ยงเข้าไปยังผล สำหรับ Ca พบว่ามีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรก หลังจากนั้นลดลง ตำรับการทดลองที่มีการอย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Ca ตลอด 13 สัปดาห์ที่เก็บตัวอย่างมีค่อนข้างน้อย ส่วน B มีความเข้มข้นผันแปรอยู่ในช่วงแคบ ๆ ตลอดระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง ตำรับการทดลองที่มีการฉีดพ่น Ca และ B มีความเข้มข้นของ Ca ในกลีบเลี้ยงสูงกว่าตำรับที่มีการฉีดพ่น Ca อย่างเดียว ในทำนองเดียวกันตำรับการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่น B มี B ในกลีบเลี้ยงสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นค่อนข้างมาก

4.3. ปริมาณธาตุอาหารในขั้วผลมังคุด

ความเข้มข้นของธาตุ K ในขั้วผลมังคุด เพิ่มขึ้นในระยะแยกของการเจริญเติบโต หลังจากนั้นลดลงและค่อนข้างคงที่ จนถึงอายุ 12-13 สัปดาห์ (รูปที่ 5) หลังจากนั้นบางตำรับการทดลองมีความเข้มข้นของ K เพิ่มขึ้น ในขณะที่บางตำรับการทดลองความเข้มข้นของ K ลดลง ส่วน Ca เพิ่มขึ้นจนถึงอายุประมาณ 8-9 สัปดาห์ หลังจากนั้นลดลง ส่วน Mg ลดลงตลอดอายุการเก็บตัวอย่าง ซึ่งคล้ายกับที่พบในผล ส่วน B ค่อนข้างคงที่ แต่ตำรับการทดลองที่มีการฉีดพ่น B มีความผันแปรมากกว่าตำรับการทดลองอื่น ซึ่งน่าจะมาจากการปนเปื้อนของ B จากการฉีดพ่น

โดยภาพรวมแล้ว แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในผลมังคุด ส่วนมากจะมีความเข้มข้นลดลงเมื่อผลอายุมากขึ้น ซึ่งคล้ายกับที่รายงานในพืชอื่นเช่นส้ม (Storey and Treeby, 2000; Xiao et al., 2007) แอปเปิ้ล (Wilkinson and Perring, 1964) และพลับ (Clark and Smith, 1990)

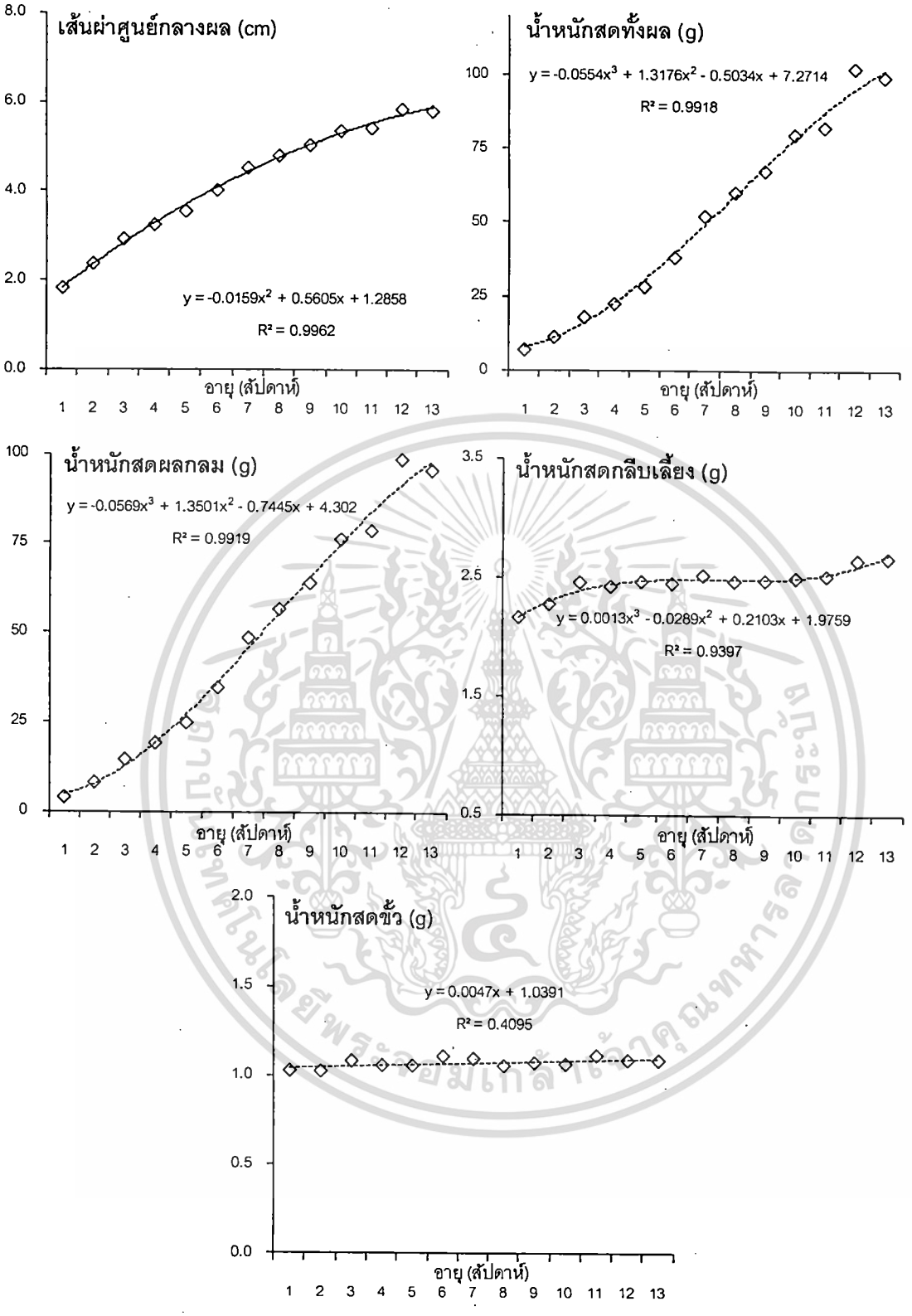
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 ขนาดและน้ำหนักผลมังคุดระหว่างการพัฒนาของผลในแต่ละตำรับการทดลอง

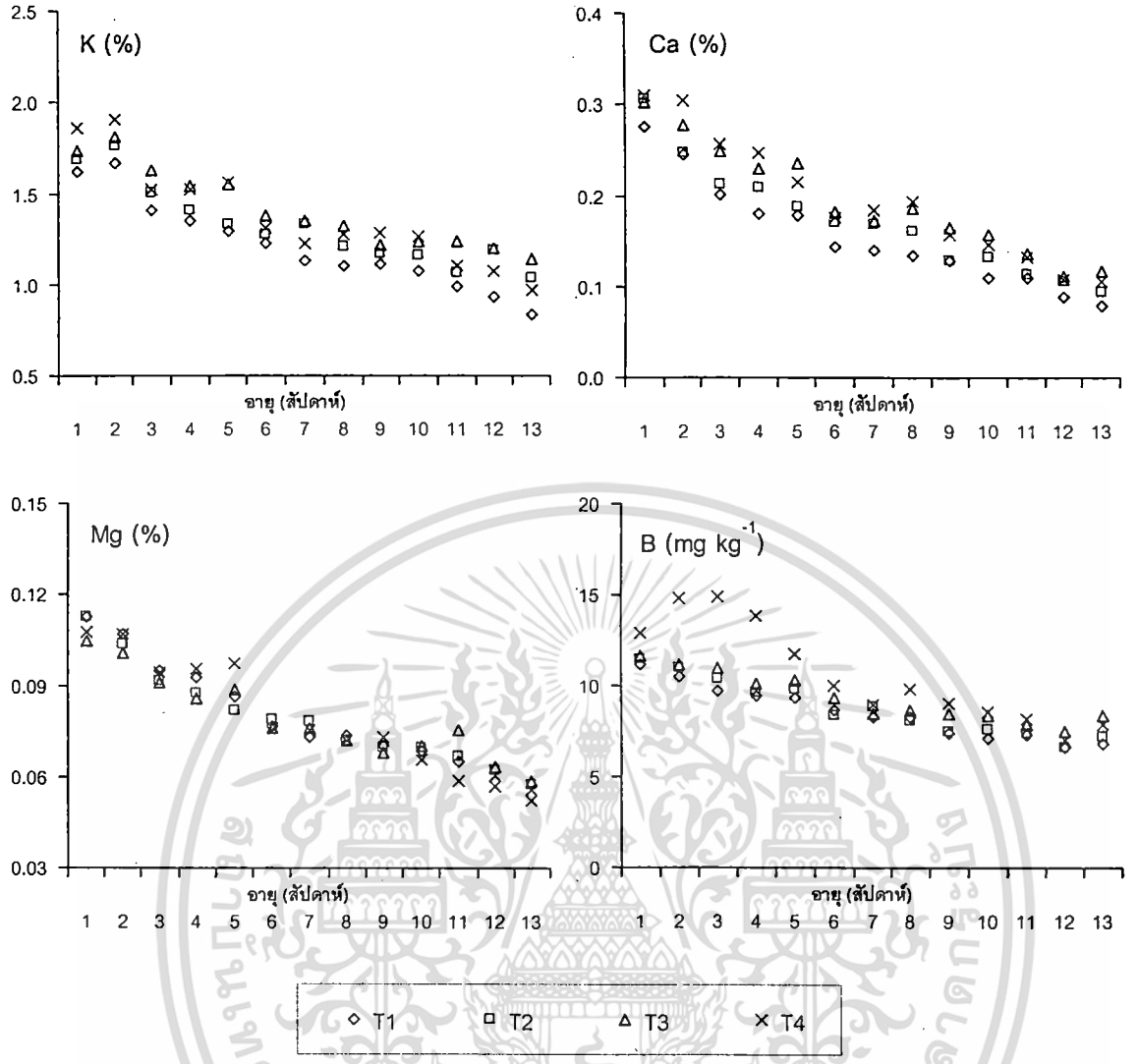
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

116814



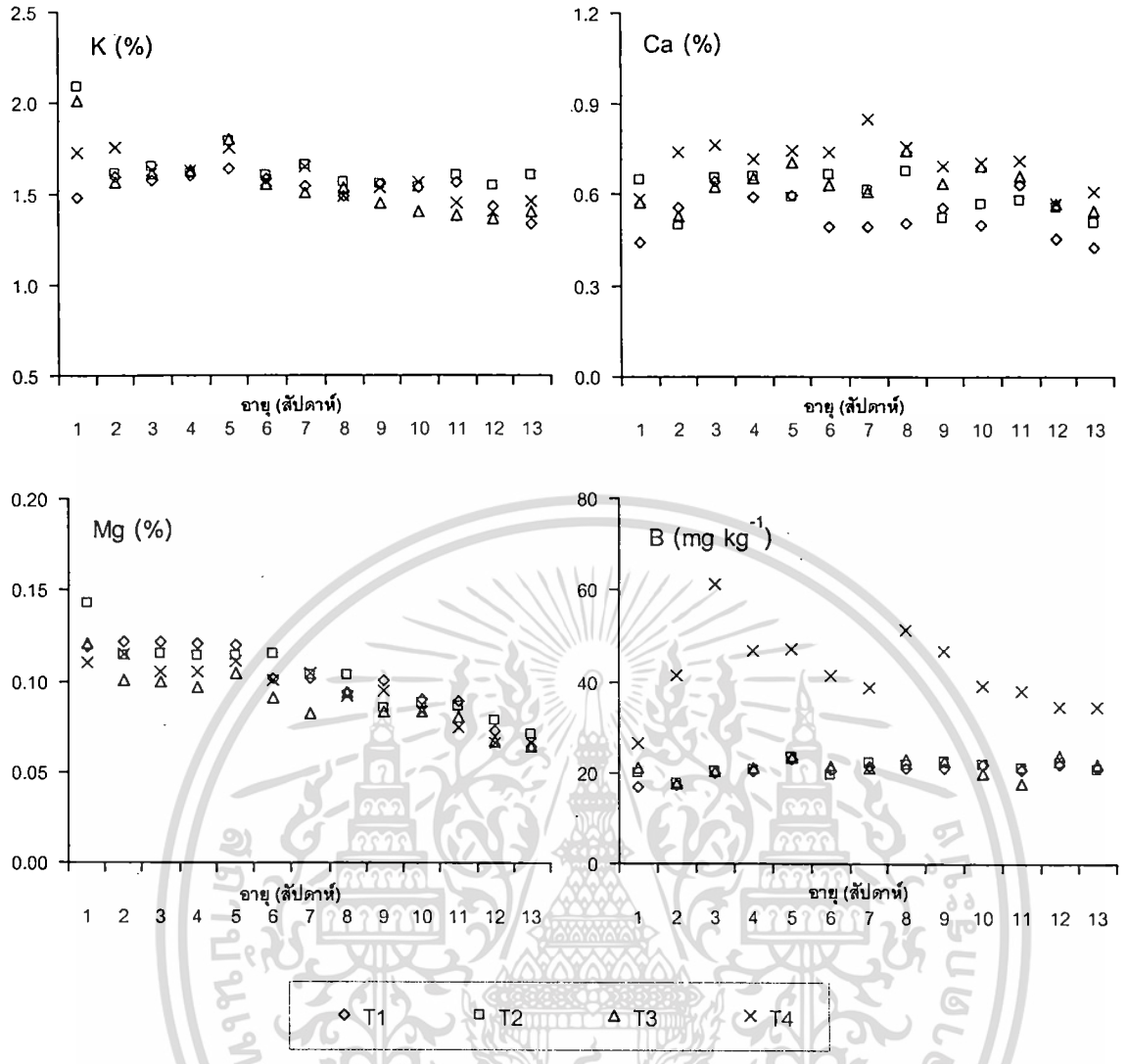
รูปที่ 2 ขนาดและน้ำหนักผลมังคุดเฉลี่ยระหว่างการพัฒนาของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



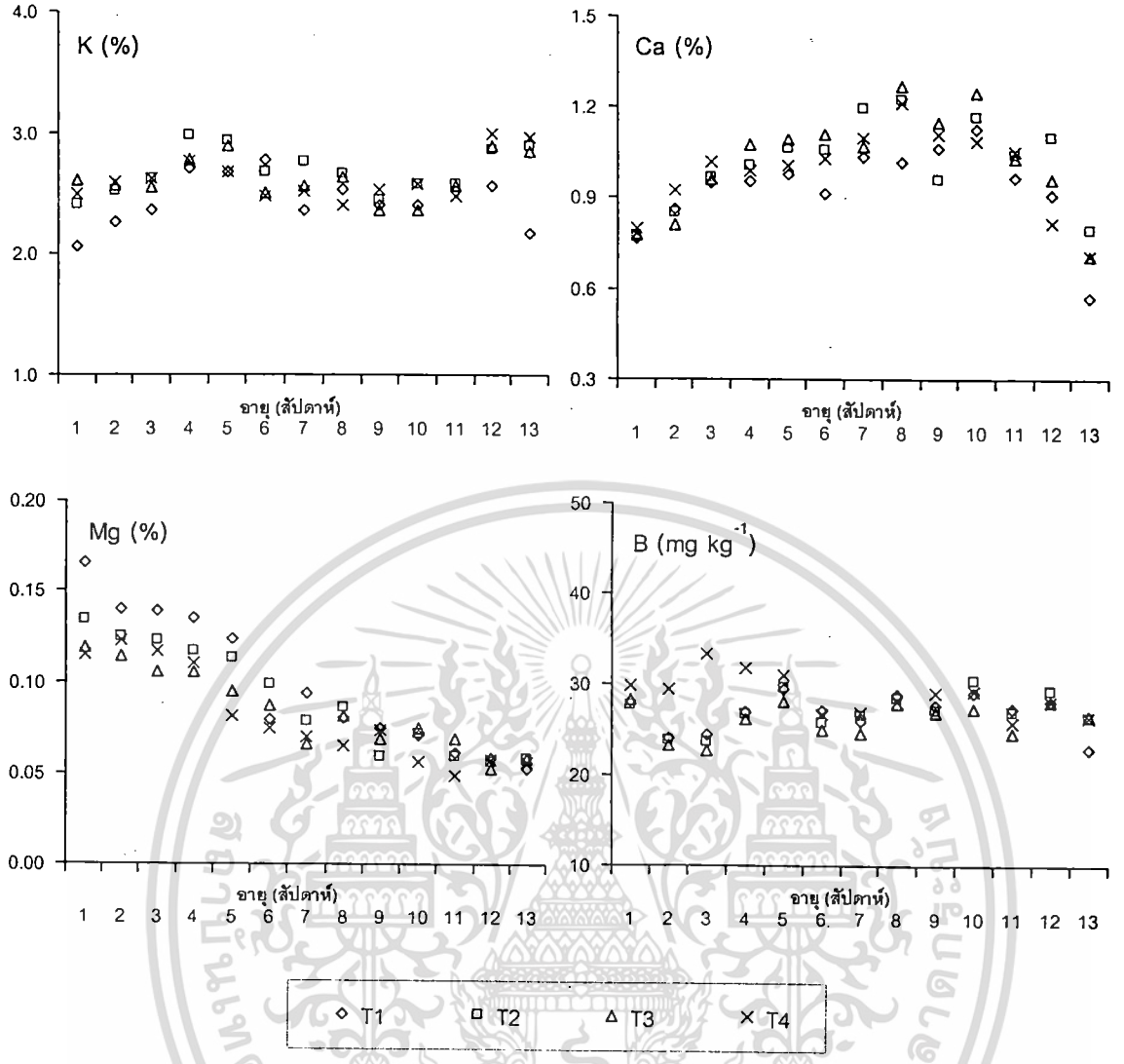
รูปที่ 3 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในผลมังคุดระหว่างการพัฒนาของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในกลีบเลี้ยงมังคุดระหว่างการพัฒนาของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในขั้วมังคุดระหว่างการพัฒนาของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คุณภาพของผลมังคุดสุก

เมื่อผลมังคุดแก่ เก็บตัวอย่างผลมังคุดจากทั้ง 4 ตำรับการทดลองมาแยกขนาดและผ่าผลมังคุดเพื่อประเมินคุณภาพและให้คะแนนความรุนแรงในการเกิดปัญหาเนื้อแก้ว ยางไหล และเนื้อแก้ว+ยางไหล โดยให้คะแนนคุณภาพตั้งแต่ 1-5 (คะแนน 1 มีอาการน้อยที่สุด และคะแนน 5 มีอาการรุนแรงมากที่สุด) พร้อมทั้งวัดความหนาของเปลือก ปริมาณ Total soluble solid และ % Titratable acidity ปรากฏผลดังนี้

5.1 ขนาดของผลและคุณภาพผลที่นำมาศึกษา

จำนวนผลมังคุดที่เก็บศึกษาจากทุกตำรับการทดลองมีจำนวน 2,016 ผล โดยจำนวนผลที่แยกออกเป็น ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่คิดเป็น 24.5, 43.9 และ 31.6% ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ผลมังคุดที่เก็บจากการทดลองครั้งนี้มีสัดส่วนของขนาดผลใกล้เคียงกับปี 2552 แต่แตกต่างจากปี 2551 ที่มีผลขนาดเล็กจำนวนสูงถึง 31% (สุมิตรา และคณะ 2552) ทั้งนี้ ผลขนาดใหญ่เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศมากกว่าผลขนาดเล็ก

เมื่อแยกออกเป็นคุณภาพผลพบว่า ผลทุกขนาดมีสัดส่วนของผลปกติใกล้เคียงกัน (37.5-40.3%) ส่วนอาการเนื้อแก้วพบว่าผลขนาดเล็กมีอาการเนื้อแก้วมากที่สุดถึง 28.7% แต่ผลขนาดเล็กมีอาการยางไหลและ เนื้อแก้ว+ยางไหลน้อยที่สุด ส่วนผลขนาดใหญ่มีอาการเนื้อแก้ว+ยางไหลสูงที่สุด ผลการทดลองนี้ยืนยันการทดลองของสุมิตรา และคณะ (2552) ที่พบว่าผลขนาดเล็กมีอาการเนื้อแก้วมาก แต่การเกิดเนื้อแก้วในผลขนาดเล็กมักไม่รุนแรง ส่วนมากจะพบอาการเฉพาะกลีบใหญ่

ตารางที่ 3 คุณภาพผลมังคุดจากทุกตำรับการทดลองรวมกัน

ขนาด	จำนวนผล	%ผลปกติ	%เนื้อแก้ว	%ยางไหล	%เนื้อแก้ว + ยางไหล
เล็ก	494(24.5%)	39.7	28.7	16.8	14.8
กลาง	885(43.9%)	40.3	19.1	21.0	19.5
ใหญ่	637(31.6%)	37.5	14.1	18.4	30.0
รวม	2,016				

เมื่อแยกตามตำรับการทดลองพบว่า ตำรับการทดลองที่ได้รับ $CaSO_4$ ทางดินร่วมกับการฉีดพ่น Ca+B (T4) ให้ผลผลิตที่เป็นปกติมากกว่าตำรับควบคุม (T1) ตำรับการทดลองที่มีการใส่ $CaSO_4$ ทางดินอย่างเดียว (T2) หรือร่วมกับการฉีดพ่น Ca (T3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้าม อาการเนื้อแก้ว+ยางไหลของตำรับ T4 ต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่น ในขณะที่อาการยางไหลของตำรับ T3 ต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับ T4 ส่วนจำนวนผลเนื้อแก้วไม่แตกต่างกันในระหว่างตำรับการทดลอง (ตารางที่ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 สัดส่วนคุณภาพผลมังคุดในตำรับการทดลองต่าง ๆ

ตำรับการทดลอง	ขนาดผล	%ผลปกติ	%เนื้อแก้ว	%ยางไหล	%เนื้อแก้ว+ยางไหล
T1	เล็ก	30.6	27.1	25.8	16.5
(ควบคุม)	กลาง	33.9	15.2	28.2	22.7
	ใหญ่	35.8	12.2	21.5	30.5
เฉลี่ย		**33.4a**	**18.2**	**25.2b**	**23.2b**
T2	เล็ก	41.3	21.5	14.6	22.6
$CaSO_4$	กลาง	34.1	18.4	25.8	21.7
ทางดิน	ใหญ่	33.0	13.2	21.4	32.4
เฉลี่ย		**36.2a**	**17.7**	**20.6b**	**25.6b**
T3	เล็ก	35.1	36.6	11.5	16.8
($CaSO_4$ทางดิน	กลาง	37.7	23.1	15.9	23.3
+ฉีดพ่น Ca)	ใหญ่	38.2	19.4	4.6	37.9
เฉลี่ย		**37.0a**	**26.4**	**10.7a**	**26.0b**
T4	เล็ก	45.5	30.4	17.4	6.7
($CaSO_4$ทางดิน	กลาง	49.9	19.7	17.1	13.3
+ฉีดพ่น Ca+B)	ใหญ่	44.5	21.5	18.0	16.0
เฉลี่ย		**46.7b**	**23.9**	**17.5a**	**12.0a**

การเปรียบเทียบทางสถิติคิดเฉพาะค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลองเท่านั้น

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

เมื่อให้คะแนนความผิดปกติของผลพบว่าคะแนนความผิดปกติของอาการเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหลในระหว่างตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5) ส่วนอาการยางไหลอย่างเดียว พบว่าตำรับการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นCa+B (T4) มีอาการรุนแรงน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากตำรับที่ได้รับการฉีดพ่นCa เดียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นที่พบว่า ตำรับการทดลองที่ T4 มีการเกิดเนื้อแก้ว+ยางไหลน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม ขนาดของผลไม่มีอิทธิพลต่อความรุนแรงในการเกิดเนื้อแก้วหรือยางไหล แต่ผลขนาดใหญ่มีอาการเนื้อแก้ว+ยางไหลรุนแรงกว่าผลขนาดเล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 คะแนนความรุนแรงของการเกิดอาการผิดปกติผลมังคุดในแต่ละตำรับการทดลอง (คะแนนสูงหมายถึงอาการที่เกิดรุนแรง)

ตำรับการทดลอง	เนื้อแก้ว	ยางไหล	เนื้อแก้ว+ยางไหล
T1	1.97	1.35ab	2.28
T2	1.83	1.45b	2.38
T3	1.87	1.21ab	2.04
T4	1.68	1.15a	2.03
เฉลี่ย	**1.84**	**1.30**	**2.19**
P=0.05	ns	*	ns

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 6 คะแนนความรุนแรงของการเกิดอาการผิดปกติผลมังคุดจากทุกตำรับการทดลองรวมกัน (คะแนนสูงหมายถึงอาการที่เกิดรุนแรง)

ขนาดผล	เนื้อแก้ว	ยางไหล	เนื้อแก้ว+ยางไหล
เล็ก	1.85	1.35	2.02a
กลาง	1.87	1.25	2.15ab
ใหญ่	1.79	1.28	2.38b
เฉลี่ย	**1.84**	**1.29**	**2.18**
P=0.05	ns	ns	*

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

5.2 ความหนาของเปลือกมังคุด

ผลมังคุดที่มีขนาดใหญ่มีเปลือกหนากว่าผลขนาดเล็กและกลาง ในทุกกลุ่มคุณภาพของผล (ตารางที่ 7) โดยผลมังคุดที่อาการเนื้อแก้ว+ยางไหล มีเปลือกหนาที่สุด ส่วนผลที่มีอาการเนื้อแก้ว หรือยางไหลอย่างเดียวมีเปลือกหนาใกล้เคียงกัน ส่วนผลปกติมีเปลือกบางที่สุด เมื่อเปรียบเทียบแต่ละกลุ่มคุณภาพในผลขนาดเดียวกันพบว่า ผลปกติมีความหนาของเปลือกน้อยที่สุด และผลเนื้อแก้ว+ยางไหลมีความหนาของเปลือกมากที่สุดสำหรับความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองพบว่า ผลมังคุดที่ได้รับการฉีดพ่น Ca+B (T4) มีความหนาของเปลือกน้อยกว่าตำรับการทดลองอื่นในกลุ่มผลปกติและผลเนื้อแก้ว ส่วนผลยางไหล และเนื้อแก้ว+ยางไหลไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 8) การที่ผลมังคุดจากตำรับการทดลองที่มีการฉีดพ่น B มีเปลือกบางกว่าผลชนิดอื่น อาจเนื่องจาก B มีคุณสมบัติที่ทำให้เซลล์มีความยืดหยุ่นดีขึ้น จึงสามารถรับแรงดันภายใน (turgor pressure) ได้ดีขึ้น (Loomis and Durst, 1992) พืชจึงไม่จำเป็นต้องสร้างเปลือกให้หนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ความหนาเปลือกมังคุด (มิลลิเมตร)แยกตามขนาดผล

ขนาดผล	ผลปกติ	เนื้อแก้ว	ยางไหล	เนื้อแก้ว+ยางไหล
เล็ก	5.70a	5.72a	5.97	6.10a
กลาง	5.97b	6.16b	6.04	6.36ab
ใหญ่	6.17b	6.52c	6.33	6.60b
เฉลี่ย	**5.98**	**6.15**	**6.14**	**6.43**
P=0.05	ns	ns	ns	*

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 8 ความหนาเปลือกมังคุด (มิลลิเมตร)ในตำรับการทดลองและคุณภาพผลต่างๆ

ตำรับการทดลอง	ผลปกติ	เนื้อแก้ว	ยางไหล	เนื้อแก้ว+ยางไหล
T1	6.29c	6.30b	6.36	6.49
T2	6.07b	6.36b	6.14	6.36
T3	5.91ab	6.16ab	5.77	6.50
T4	5.77a	5.83a	6.24	6.37
เฉลี่ย	**5.98**	**6.15**	**6.14**	**6.43**
P=0.05	*	*	ns	ns

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

5.3 Total soluble solid (TSS) and % Titratable acidity (%TA)

ผลมังคุดในตำรับการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่น Ca (T3) มี Total soluble solid (TSS) ซึ่งวัดเป็น °Brix สูงกว่าตำรับควบคุม (T1) แต่ไม่แตกต่างจากตำรับที่ได้รับ Ca ทางดินอย่างเดียว (T2) หรือตำรับที่มีการฉีดพ่น Ca+B (T4) (ตารางที่ 9) ส่วน % titrable acidity (TA) ของตำรับการทดลองที่ได้รับการฉีดพ่น Ca+B มีค่าต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Embleton et al. (1973) ที่พบว่า ถ้ามีปริมาณ K ในใบส้มสูง จะทำให้เปอร์เซ็นต์กรดในน้ำส้มเพิ่มขึ้น ซึ่งในการทดลองนี้ ตำรับการทดลองที่ T4 มีความเข้มข้นของ K ในใบต่ำกว่าตำรับควบคุม เนื่องจากตำรับการทดลอง T4 มีปริมาณความเข้มข้นของ Ca สูงจึงเกิดปฏิปักษ์กับ K ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การให้ Ca และ B มีผลทำให้คุณภาพของผลมังคุดดีขึ้น ทั้งในส่วนที่ลดอาการผิดปกติของผลและเพิ่มคุณภาพในด้านความหวานและความเปรี้ยวในสัดส่วนที่เหมาะสม

เมื่อแยกเป็นกลุ่มคุณภาพของผลพบว่า ผลที่มีอาการเนื้อแก้ว+ยางไหลมีค่า TSS ต่ำกว่าผลชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอีก 3 กลุ่มคุณภาพไม่แตกต่างกัน ในทำนองเดียวกัน %TA ของผลเนื้อแก้ว+ยางไหลก็มีค่าต่ำที่สุดเช่นกัน แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลชนิดอื่น ๆ (ตารางที่ 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 Total soluble solid (TSS) and % Titratable acidity (%TA) ในแต่ละตำรับการทดลอง

ตำรับการทดลอง	TSS (°Brix)	%TA
T1	17.0a	.67c
T2	17.8a	.65b
T3	17.9b	.60a
T4	17.4ab	.60a
เฉลี่ย	17.5	0.61
P<0.05	ns	*

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 10 Total soluble solid (TSS) and % Titratable acidity (%TA) แยกตามชนิดของผล

ชนิดผล	TSS (°Brix)	%TA
ผลปกติ	17.8b	0.62
เนื้อแก้ว	17.9b	0.61
ยางไหล	17.7b	0.63
เนื้อแก้ว+ยางไหล	16.6a	0.59
เฉลี่ย	**17.5**	**0.61**
P<0.05	*	ns

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

6. ความเข้มข้นของธาตุอาหารในมังคุด

6.1 เนื้อมังคุด

เมื่อแยกมังคุดออกเป็น 3 ขนาด คือ เล็ก กลาง และใหญ่ และแยกต่อไปอีกเป็นผลปกติ ผลเนื้อแก้ว ผลยางไหล และผลเนื้อแก้ว+ยางไหล แล้ววิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารปรากฏว่า ธาตุ K ในผลที่เป็นเนื้อแก้ว และผลเนื้อแก้ว+ยางไหลสูงกว่าปริมาณ K ในผลปกติและผลยางไหลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน (ตารางที่ 11) ในทำนองเดียวกัน ความเข้มข้นของ Ca ในผลที่เป็นเนื้อแก้ว และผลเนื้อแก้ว+ยางไหลสูงกว่าผลปกติและผลยางไหลเช่นกัน) ในกรณีของ B พบว่าผลเนื้อแก้ว+ยางไหลมีปริมาณ B สูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับผลเนื้อแก้วอย่างเดียวในผลขนาดเล็ก ผลการทดลองในครั้งนี้คล้ายกับผลการศึกษาของสุมิตรา และคณะ (2552)

เมื่อพิจารณาขนาดของผลพบว่า เมื่อผลมีขนาดใหญ่ขึ้น ความเข้มข้นของ K เพิ่มขึ้นแต่ความเข้มข้นของ Ca ลดลง (ตารางที่ 11 และรูปที่ 3) ซึ่งคล้ายกับที่พบในแอปเปิล (Perring, 1968) และอโวกาโด (Hofman, et al., 2002) ถ้าพิจารณาแยกแต่ละธาตุจะพบว่า ผลที่มีอาการเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหลมีธาตุ K สูง ขณะเดียวกันก็มี Ca สูงด้วยเช่นกัน ซึ่งไม่สามารถอธิบายการเกิดเนื้อแก้วได้ แต่เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณเป็นสัดส่วนของธาตุอาหารจะพบว่าสัดส่วนของ K/Ca ในผลที่มีอาการเนื้อแก้ว และ เนื้อแก้ว+ยางไหล มีค่าสูงกว่าผลปกติและผลที่เป็นยางไหลอย่างเดียวและสัดส่วน K/Ca ยิ่งสูงมากขึ้นเมื่อผลมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยสัดส่วนของK/Ca ของผลขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ มีค่าตามลำดับดังนี้ 7.61, 9.91 และ 11.86โดยผลเนื้อแก้ว+ยางไหล และผลเนื้อแก้วอย่างเดียวมีสัดส่วนของ K/Ca สูงที่สุด (ตารางที่ 11) เป็นที่น่าสังเกตว่า ในฤดูเก็บเกี่ยว 2553 ที่ศึกษานี้ ความเข้มข้นของ Ca ในผลมีค่าต่ำกว่าการศึกษาของสุมิตรา และคณะ (2552) ค่อนข้างมาก กล่าวคือในปีนี้ค่าความเข้มข้น Ca ในผลอยู่ระหว่าง 312-381 mg kg^{-1} ในขณะที่ฤดูเก็บเกี่ยว 2551 และ 2552 มีความเข้มข้น Ca ในผลเฉลี่ย 465 และ 436 mg kg^{-1} ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ฤดูการเจริญเติบโต 2553 มีอากาศร้อนและแห้งแล้งกว่า 2 ปีที่ผ่านมา (ข้อมูลจาก ศ.ดร. สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์ ติดต่อเป็นการส่วนตัว) ทำให้การคายน้ำของพืชเกิดได้น้อย ยังผลให้มีการสะสม Ca ของผลมีน้อยลงด้วย เนื่องจาก Ca เป็นธาตุที่เคลื่อนที่เข้าไปในพืชโดยผ่านการคายน้ำ ถ้าพืชไม่สามารถคายน้ำได้ การสะสม Ca ของพืชจะลดลงด้วย (Bangert, 1979) สอดคล้องกับข้อมูลผลผลิตในปี 2553 นี้ที่พบว่า %ผลปกติ (39.2%) น้อยกว่าปี 2551 (43.9%) และ 2552 (59.2%) อย่างชัดเจน (สุมิตรา และ คณะ 2552) การที่มีความเข้มข้นของ Ca ลดลงในขณะที่ K ใกล้เคียงกับ 2 ปีที่ผ่านมาจึงทำให้สัดส่วนของ K/Ca ปีนี้สูงกว่าทั้ง 2 ปีที่ผ่านมาด้วย ผลการทดลองนี้ยืนยันข้อมูลของ Poovarodom and Boonplang (2010) ที่พบว่าในปีที่มีอาการผิดปกติของผลมาก ปริมาณ Ca ในผลจะต่ำ และสัดส่วนของ K/Ca ในเนื้อจะสูง ซึ่ง K/Ca เป็นสัดส่วนของธาตุอาหารที่นิยมใช้เป็นเครื่องชี้บ่งอาการ bitter pit ของผลแอปเปิล (Piestrzeniewicz and Tomala, 2001; Fallahi at al., 2006)

เมื่อคำนวณสัดส่วนของ Ca/B พบว่าผลขนาดเล็กมีสัดส่วน Ca/B สูงกว่าผลขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยมีสัดส่วนของ Ca/B ตามลำดับของผลขนาดเล็ก กลาง และใหญ่เฉลี่ยเท่ากับ 142.7, 117.9 และ 107.6 (ตารางที่ 11) เนื่องจากผลขนาดเล็กมี Ca สูงกว่าผลขนาดใหญ่ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อพิจารณาเป็นชนิดของผลพบว่า ผลที่มีอาการเนื้อแก้ว +ยางไหลมีแนวโน้มที่จะมีสัดส่วนของ Ca/B ต่ำที่สุด สอดคล้องกับผลการศึกษาในปี 2552 แต่แตกต่างจากปี 2551 ที่พบว่าผลเนื้อแก้วและเนื้อแก้ว+ยางไหลมีสัดส่วนของ Ca/B สูงที่สุด (สุมิตรา และคณะ 2552) ซึ่ง B เป็นธาตุที่สัมพันธ์กับอาการผิดปกติ เช่น bitter pit, cork spot และผลแตกในแอปเปิลเช่นกัน (Shear, 1975; Shorrocks and Nicholson, 1980)

เมื่อนำผลทุกขนาดมาคำนวณรวมกันตามกลุ่มคุณภาพพบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในแต่ละกลุ่มผลมีความแตกต่างกันชัดเจนมากขึ้น โดยเฉพาะสัดส่วนของ K/Ca ซึ่งผลที่มีอาการผิดปกติรุนแรงที่สุด (อาการเนื้อแก้ว+ยางไหล) มีค่า K/Ca สูงที่สุด แต่มีค่า Ca/B ต่ำที่สุด (ตารางที่ 12) ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า อาการเนื้อแก้วซึ่งเป็นอาการผิดปกติของเนื้อมังคุดน่าจะเกิดจากสัดส่วนของ K/Ca ที่ไม่เหมาะสม ส่วน B น่าจะมีบทบาทน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นของธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักแห้งในเนื้อมังคุดสุกที่มีคุณภาพแตกต่างกัน

ขนาดผล	ชนิด	%K	% Mg	mg kg^{-1}Ca	mg kg^{-1}B	K/Ca	Ca/B
เล็ก	ปกติ	0.25a	0.069	337a	2.21a	7.42	152.5
	เนื้อแก้ว	0.36b	0.070	442b	3.05bc	8.14	144.9
	ยางไหล	0.25a	0.067	315a	2.57ab	7.94	122.6
	แก้ว+ยาง	0.35b	0.077	443b	3.46c	7.90	128.0
	เฉลี่ย	**0.29**	**0.070**	**381**	**2.67**	**7.61**	**142.7**
	P=0.05	*	ns	*	*	ns	ns
กลาง	ปกติ	0.28a	0.073	313a	2.49a	8.95a	125.7
	เนื้อแก้ว	0.39b	0.072	375b	3.03b	10.40bc	123.8
	ยางไหล	0.29a	0.072	303a	2.68ab	9.57ab	113.1
	แก้ว+ยาง	0.43b	0.077	388b	3.69c	11.08c	105.1
	เฉลี่ย	**0.34**	**0.073**	**343**	**2.91**	**9.91**	**117.9**
	P=0.05	*	ns	*	*	*	ns
ใหญ่	ปกติ	0.32a	0.072	291a	2.54a	11.00a	114.6
	เนื้อแก้ว	0.41b	0.073	315b	2.81b	13.02b	112.1
	ยางไหล	0.33a	0.070	292a	2.56a	11.30a	114.1
	แก้ว+ยาง	0.45b	0.072	349b	3.66b	12.89b	95.4
	เฉลี่ย	**0.37**	**0.072**	**312**	**2.90**	**11.86**	**107.6**
	P=0.05	*	ns	*	*	*	ns

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 12 ความเข้มข้นของธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักแห้งและสัดส่วนของธาตุอาหารในเนื้อมังคุดสุกที่มีคุณภาพ แตกต่างกัน

ชนิด	%K	mg kg^{-1}Ca	mg kg^{-1}B	K/Ca	Ca/B
ปกติ	0.29a	310a	2.45a	9.35a	127b
เนื้อแก้ว	0.39b	374b	2.97b	10.4b	126b
ยางไหล	0.30a	300a	2.61a	10.0ab	115a
แก้ว+ยาง	0.43c	378b	3.65c	11.4c	104a
P=0.05	*	*	*	*	*

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 เปลือกมังคุด

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเปลือกมังคุดของผลมังคุดทั้ง 3 ขนาด คือ เล็ก กลาง และใหญ่ที่แยกออกเป็นผลปกติ ผลเนื้อแก้ว ผลยางไหล และผลเนื้อแก้ว+ยางไหล มีแนวโน้มไปในลักษณะเดียวกัน ดังนั้น จึงนำธาตุอาหารของผลทั้ง 3 ขนาดมาหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นธาตุอาหารในแต่ละชนิดคุณภาพ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 13 จากตารางจะพบว่า ความเข้มข้นของ Ca และ B ในเปลือกมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มคุณภาพของผล โดยความเข้มข้นของ Ca ในเปลือกมังคุดของผลปกติสูงกว่าผลที่มีอาการผิดปกติทั้ง 3 กลุ่ม โดยผลที่มีอาการเนื้อแก้ว+ยางไหลมีปริมาณ Ca ต่ำที่สุด ซึ่งเป็นไปตามคาดหมาย เนื่องจากอาการผลเนื้อแก้ว+ยางไหลเป็นอาการผิดปกติที่รุนแรงที่สุด ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของสุมิตรา และคณะ (2552) แต่การผลการทดลองในปีนี้มีความแตกต่างกันมากกว่า กล่าวคือ ปริมาณ Ca ในเปลือกของผลปกติในปีนี้สูงกว่าผลอีกทั้ง 3 กลุ่มคือ ทั้งผลเนื้อแก้ว ยางไหล และเนื้อแก้ว+ยางไหล แต่รายงานของสุมิตรา และคณะ (2552) พบความแตกต่างเฉพาะผลที่มีอาการเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหลเท่านั้น ส่วนผลยางไหลไม่ต่างจากผลปกติ ในทำนองเดียวกันความเข้มข้นของ B ในเปลือกผลปกติสูงกว่าผลเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหล

อาการยางไหลโดยเฉพาะเมื่อเกิดร่วมกับเนื้อแก้ว เป็นอาการที่ท่อน้ำยางที่เปลือกแตก การขาด Ca และ B น่าจะมีส่วนสำคัญที่ทำให้เซลล์ของเปลือกร่วมทั้งท่อน้ำยางที่อยู่ในเปลือกไม่แข็งแรง เมื่อมีแรงดันน้ำมาก เซลล์ที่ไม่แข็งแรงจึงเกิดการแตกได้

6.3 กลีบเลี้ยง

ความเข้มข้นของ K และ Mg ในกลีบเลี้ยงมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มคุณภาพผล โดยผลที่มีอาการเนื้อแก้ว+ยางไหลมี K ในปริมาณสูงกว่าผลปกติ คล้ายกับที่พบในเนื้อมังคุดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่ Mg ในผลเนื้อแก้วอย่างเดียวที่พบว่าสูงกว่าผลปกติ ส่วนธาตุอื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 13)

6.4 ขั้วผล

ความเข้มข้นของ Mg และ B ในขั้วผลแตกต่างกันระหว่างกลุ่มคุณภาพโดยผลที่มีอาการเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิด มี Mg และ B สูงกว่าผลปกติและผลยางไหลอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนธาตุ K และ Ca ไม่แตกต่างกัน(ตารางที่ 13) ธาตุ Mg เป็นธาตุที่รายงาน เกี่ยวข้องกับอาการผิดปกติของผลไม้เช่นกัน แต่ส่วนใหญ่จะเชื่อมโยงกับการที่ทำให้การดูดใช้ Ca ลดลง (Sharples, 1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ความเข้มข้นของอาหารต่อหน่วยน้ำหนักแห้งในเปลือก กลีบเลี้ยง และขั้วผลมังคุดสุกที่มีคุณภาพแตกต่างกัน

ส่วนของผล	ชนิดของผล	%K	%Ca	%Mg	mg kg^{-1} B
เปลือก	ปกติ	1.45	0.116c	0.062	9.5b
	เนื้อแก้ว	1.43	0.107b	0.063	9.0a
	ยางไหล	1.38	0.106b	0.063	9.3ab
	แก้ว+ยาง	1.47	0.097a	0.061	8.9a
	เฉลี่ย	**1.44**	**0.108**	**0.063**	**9.30**
	P=0.05	ns	*	ns	*
กลีบเลี้ยง	ปกติ	1.43a	0.55	0.069a	28.1
	เนื้อแก้ว	1.51bc	0.54	0.75b	27.8
	ยางไหล	1.45ab	0.52	0.071ab	26.1
	แก้ว+ยาง	1.55c	0.52	0.073ab	27.7
	เฉลี่ย	**1.48**	**0.54**	**0.072**	**27.7**
	P=0.05	*	ns	*	ns
ขั้วผล	ปกติ	3.02	0.53	0.063a	29.6a
	เนื้อแก้ว	2.97	0.56	0.077b	30.9b
	ยางไหล	2.93	0.52	0.066a	29.5a
	แก้ว+ยาง	3.02	0.56	0.075b	30.5ab
	เฉลี่ย	**3.00**	**0.54**	**0.069**	**30.1**
	P=0.05	ns	ns	*	*

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

6.5 สัดส่วนของธาตุอาหารในเปลือก กลีบเลี้ยงและขั้วผลมังคุด

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาสัดส่วนของธาตุ K/Ca พบว่า สัดส่วนของ K/Ca ในเปลือกและกลีบเลี้ยงของผลเนื้อแก้ว+ยางไหลสูงกว่าผลปกติ (ตารางที่ 14) ส่วนในขั้วผลสัดส่วนไม่แตกต่างกัน ส่วนสัดส่วนของ Ca/B ในเปลือกของผลปกติสูงกว่าผลเนื้อแก้ว+ยางไหล และผลยางไหลอย่างเดียว ซึ่งคล้ายกับที่พบในเนื้อมังคุดที่สัดส่วนของ Ca/B ของผลเนื้อแก้ว+ยางไหลต่ำที่สุดเช่นกัน แสดงว่า การขาด B น่าจะมีปัญหาน้อยกว่าการขาด Ca ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของ K/Ca โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเปลือกมีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการผิดปกติที่รุนแรงคือ อาการเนื้อแก้ว+ยางไหล เนื่องจากอาการเนื้อแก้วและยางไหลเป็นอาการผิดปกติที่ทำให้ผลเสียหายจนไม่สามารถรับประทานได้ ซึ่งสัดส่วนที่สูงของ K/Ca ในผลที่มีอาการเนื้อแก้ว+ยางไหล เกิดขึ้นทั้งในเปลือกและเนื้อ กล่าวคือ ในส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเนื้อเกิดอาการเนื้อแก้ว ส่วนอาการยางไหลเกิดในส่วนของเปลือก ซึ่งอาการเนื้อแก้วเป็นอาการที่เซลล์ของเนื้อแตก และน้ำไหลเข้ามาแทนที่อากาศที่อยู่ระหว่างเซลล์ ส่วนอาการยางไหลเกิดจากการที่ท่อน้ำยางในเปลือกไม่แข็งแรง เมื่อมีแรงดันของน้ำมากท่อน้ำยางจึงแตกและปล่อยน้ำยางออกมาปนเปื้อนบนเนื้อมังคุด

ตารางที่ 14 สัดส่วนของ K/Ca และ Ca/B ในเปลือก กลีบเลี้ยง และขั้วผลมังคุดคุณภาพต่าง ๆ

ชนิดของผล	K/Ca			Ca/B		
	เปลือก	กลีบเลี้ยง	ขั้วผล	เปลือก	กลีบเลี้ยง	ขั้วผล
ปกติ	12.5a	2.60a	5.70	122c	196	179
เนื้อแก้ว	13.4a	2.80ab	5.30	118bc	194	181
ยางไหล	13.0a	2.79ab	5.63	114ab	199	176
เนื้อแก้ว+ยางไหล	15.2b	2.98b	5.39	109a	188	184
P= 0.05	*	*	ns	*	ns	ns

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

7. ปริมาณ Cell wall material (CWM)

เนื่องจากความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับผลมังคุดเกิดเนื่องจากความเสียหายของผนังเซลล์ ทั้งอาการเนื้อแก้วซึ่งเป็นอาการที่ผนังเซลล์ของเนื้อแตก ส่วนอาการยางไหลเกิดจากท่อน้ำยางแตก จึงนำเนื้อและเปลือกมังคุดจำนวนอย่างละ 8 ตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณและองค์ประกอบ cell wall material ของผลมังคุดที่แยกออกเป็นแต่ละกลุ่มคุณภาพ โดยวิเคราะห์ส่วนที่เป็น alcohol Insoluble Solid (AIS) ผลปรากฏว่า เนื้อมังคุดทุกกลุ่มคุณภาพผลมีปริมาณ CWM ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 13.8-15.0 mg/gFW (ตารางที่ 15) ค่า CWM ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ ต่ำกว่าค่า AIS ที่รายงานโดย ศิริวรรณ (2543) ที่พบว่า ค่า AIS ของเนื้อมังคุดผลปกติ อายุระหว่าง 10-15 สัปดาห์มีค่า AIS ประมาณ 25 mg/gFW ส่วนเนื้อของผลที่มีอาการเนื้อแก้วมีค่า AIS จำนวน 22 mg/gFW ซึ่งต่ำกว่าผลปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เปลือกมังคุดของผลปกติ มีปริมาณ CWM จำนวน 187 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด (mg/gFW) ซึ่งสูงกว่าเปลือกของผลที่มีอาการเนื้อแก้วไม่ว่าจะเป็นเนื้อแก้วอย่างเดียวหรือเนื้อแก้ว+ยางไหล (156 และ 152 mg/gFW) แต่ไม่แตกต่างจากผลที่มีอาการยางไหลอย่างเดียวที่มีค่า CWM เท่ากับ 171 mg/gFW (ตารางที่ 21) การที่พืชมี CWM น้อยเป็นน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ผนังเซลล์ของพืชไม่แข็งแรง ทำให้แตกหักและเสียหายง่ายกว่า ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Yamaki et al. (1976) และ Yamaki and Kujiura (1983) ที่พบว่า Japanese pear ที่มีอาการเนื้อใส (watercore) คล้ายกับอาการเนื้อแก้วมีปริมาณ AIS ต่ำกว่าผลปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 ปริมาณ cell wall material (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด, mg/gFW) ของเนื้อและเปลือกมังคุดคุณภาพต่าง ๆ

ชนิดผล	เนื้อมังคุด	เปลือกมังคุด
ปกติ	13.8	187b
เนื้อแก้ว	14.0	156a
ยางไหล	15.0	171ab
เนื้อแก้ว+ยางไหล	14.6	152a
P = 0.05	ns	*

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

8. ธาตุอาหารใน cell wall material (CW- nutrient concentration)

Cell wall material ที่สกัดได้ นำไปย่อยที่อุณหภูมิ 550 ^{o}C แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร K, Ca, Mg, และ B ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 16 ดังนี้ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อและเปลือกมังคุดทั้ง 4 ธาตุที่ศึกษาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ถึงปม้ว่า ความเข้มข้นของ K ใน CWM ของเนื้อผลปกติและผลยางไหลต่ำกว่าผลเนื้อแก้วค่อนข้างมากก็ตาม อาจเนื่องจากปริมาณธาตุอาหารใน CWM แตกต่างกันมากระหว่างตัวอย่าง ในทำนองเดียวกัน ธาตุ Ca, Mg และ B ไม่แตกต่างกันเช่นกัน การที่ผนังเซลล์ของเนื้อและเปลือกมังคุดมีธาตุอาหารไม่แตกต่างกันอาจไม่ใช่สิ่งที่เหนือความคาดหมาย เนื่องจากผนังเซลล์น่าจะมีองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณอาจแตกต่างกัน

ตารางที่ 16 ความเข้มข้นของธาตุอาหารใน Cell wall material (mg/100gCW) ที่สกัดจากเนื้อและเปลือกมังคุดสุกที่มีคุณภาพแตกต่างกัน

ส่วนของผล	ชนิดของผล	K	Ca	Mg	B
เนื้อ	ปกติ	224	417	151	8.36
	เนื้อแก้ว	387	489	143	7.09
	ยางไหล	293	459	148	12.85
	แก้ว+ยาง	417	506	154	8.69
	P=0.05	ns	ns	ns	ns
เปลือก	ปกติ	744	195	51.8	1.14
	เนื้อแก้ว	760	197	54.4	1.27
	ยางไหล	691	176	54.6	1.17
	แก้ว+ยาง	763	195	49.4	1.26
	P=0.05	ns	ns	ns	ns

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ปริมาณเพกติน ในผนังเซลล์ของเปลือกและเนื้อมังคุด (Cell wall pectin)

เพกตินเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ และมีบทบาทหน้าที่หลากหลายในพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแกร่งของเซลล์ ผนังเซลล์ของพืชประกอบด้วย middle lamella, primary cell wall, secondary cell wall (ในพืชบางชนิด) และ plasma membrane โดยทั่วไป ผนังเซลล์ประกอบด้วยน้ำ 60% และ polymer 40% ในส่วนของ polymer มีเพกตินเป็นองค์ประกอบประมาณ 20-35% (Javis, 1982) โดยพบเพกตินใน middle lamella มากที่สุดประมาณ 10-30% ซึ่งเพกตินจะเชื่อมแบบไขว้ (cross-links) กับ Ca^{+2} ทำให้เกิดแรงยึดแบบ cohesive ในโครงสร้าง บทบาทสำคัญอันหนึ่งของเพกตินใน middle lamella คือยึดผนังเซลล์ที่อยู่ติดกันเข้าไว้ด้วยกัน สายโซ่ของเพกติน (pectin chain) สามารถก่อตัวเป็น gel-like network ซึ่งทำให้เกิดความความแข็งแรง (firmness) ของโครงสร้าง การศึกษาเกี่ยวกับเพกตินจึงสำคัญต่อการเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดจากความแข็งแกร่งของผนังเซลล์

นำ CWM มาวิเคราะห์หาปริมาณเพกตินที่อยู่ใน fraction ต่าง ๆ ที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายตามลำดับในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ลำดับของสารละลายที่ใช้ในการสกัดและ fractions ของเพกตินที่ได้

Treatment	**Fraction solubilized**
Water	Water soluble pectin
CDTA	Chelator soluble pectin (Calcium bound pectin)
Na_2CO_3, 4°C	Carbonate soluble pectins (pectin bound by ester linkage and hydrogen bonding)
Na_2CO_3, 20°C	Carbonate soluble pectins (pectin bound by ester linkage and hydrogen bonding)
1M KOH	Pectin and hemicellulose
4M KOH	Hemicellulose

9.1 เนื้อมังคุด

เพกตินในรูปที่ละลายน้ำ (water soluble, WS) จาก cell wall material ของเนื้อมังคุดผลปกติ (1.12±0.13 mg/gFW) และผลยางไหล (1.24±0.15 mg/gFW) มีค่าสูงกว่าผลเนื้อแก้ว (0.76±0.28 mg/gFW) และ ผลเนื้อแก้ว+ยางไหล (0.80±0.19 mg/gFW) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18) สำหรับเพกตินที่ละลายใน CDTA ซึ่งเป็นเพกตินที่จับกับ Ca ในโครงสร้างของผนังเซลล์ ไม่แตกต่างกันระหว่างผลทั้ง 4 กลุ่มคุณภาพที่ศึกษา ในกรณีของเพกตินที่ละลายใน Na_2CO_3 พบว่าที่อุณหภูมิ 4 °C มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มคุณภาพ โดยกลุ่มที่มีอาการเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิดมีเพกตินสูงกว่าผลปกติ และผลยางไหล การสกัดเพกตินด้วย Na_2CO_3ที่เย็นอาจทำให้เกิดการ hydrolyze ของ ester bonds และสามารถ

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลาย (solubilize) เพกตินที่อยู่ในผนังเซลล์ที่ไม่ละลายใน CDTA (Javis et al., 1981) แต่ Na_2CO_3ที่อุณหภูมิ 20 ^{o}C ไม่แตกต่างกัน ในทำนองเดียวกัน เพกตินที่ละลายใน KOH 1M ไม่แตกต่างกัน แต่ส่วนที่ละลายใน KOH 4M ไม่สามารถวัดได้ (not detectable, ND) สำหรับปริมาณเพกตินทั้งหมด (total pectin) ซึ่งได้จากการนำเพกตินแต่ละส่วนมารวมกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อรวมเพกตินจาก WS, CDTA และ Na_2CO_3ที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เข้าด้วยกันจะพบว่าปริมาณเพกตินในทุกกลุ่มคุณภาพผลใกล้เคียงกัน (2.19-2.33 mg/gFW) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเพกตินรวมที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 18 Fraction ของเพกติน ใน Cell wall material (mg/gFW) ของเนื้อมังคุด คุณภาพต่าง ๆ

ชนิดผล	WS	CDTA	Na_2CO_3		KOH		Total
			4 ^{o}C	20 ^{o}C	1M	4M	
ปกติ	1.12±0.13b	0.72±0.13	0.35±0.07a	0.068±0.01	0.09±0.01	-	2.34±0.15
เนื้อแก้ว	0.76±0.28a	0.90±0.42	0.56±0.14b	0.085±0.01	0.12±0.02	-	2.43±0.49
ยางไหล	1.24±0.15b	0.78±0.09	0.31±0.04a	0.082±0.03	0.09±0.05	-	2.50±0.22
เนื้อแก้ว+ยางไหล	0.80±0.19a	0.84±0.18	0.61±0.21b	0.084±0.02	0.11±0.03	-	2.45±0.22
P=0.05	*	ns	*	ns	ns		ns

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

9.2 เปลือกมังคุด

ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า ทั้ง 6 fractions ของเพกตินที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างเปลือกของผลปกติ ผลเนื้อแก้ว ผลยางไหล ผลเนื้อแก้ว+ยางไหล (ตารางที่ 19) เมื่อพิจารณาในแต่ละ fraction ของเพกติน พบว่า pectin ที่ละลายใน CDTA, Na_2CO_3 (ทั้งที่ 4 และ 20 ^{o}C) และที่ละลายใน KOH 1 M และ KOH 4M ของผลในกลุ่มที่มีอาการเนื้อแก้ว มีแนวโน้มที่จะต่ำกว่าผลปกติและผลยางไหล ทำให้ปริมาณ total pectin ของเปลือกไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มของผลที่ศึกษา อย่างไรก็ตามปริมาณ pectin ในผลปกติ และผลยางไหลอย่างเดียวมีแนวโน้มของค่า total pectin สูงกว่าผลเนื้อแก้วและเนื้อแก้ว+ยางไหล โดยผลเนื้อแก้ว+ยางไหล มี total pectin ต่ำที่สุดคือ 28.3 ±3.9 mg/gFW ส่วนผลที่มีอาการเนื้อแก้วอย่างเดียวมีค่า total pectin เท่ากับ 30.8 mg/gFW เปรียบเทียบกับผลปกติที่มี total pectin สูงที่สุด เท่ากับ 33.7 mg/gFW เมื่อพิจารณาปริมาณเพกตินในแต่ละ fraction พบว่าผลที่มีอาการเนื้อแก้ว+ยางไหล ซึ่งเป็นอาการผิดปกติที่รุนแรงที่สุดพบว่า ถึงแม้ปริมาณเพกตินจะไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองอื่น แต่ผลในกลุ่มนี้มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณ pectin ในทุก fraction ต่ำกว่าผลกลุ่มอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 Fraction ของเพกติน ใน Cell wall material (mg/gFW) ของเปลือกมังคุด คุณภาพต่าง ๆ

ชนิดผล	Water Soluble	CDTA	Na_2CO_3		KOH		Total
			4 °C	20 °C	1M	4M	
ปกติ	19.2±2.5	6.18±0.9	4.75±1.9	0.66±0.2	2.40±0.6	0.51±0.1	33.7±1.7
เนื้อแก้ว	19.6±2.9	5.49±1.0	3.12±0.3	0.56±0.1	1.69±0.4	0.32±0.1	30.8±4.0
ยางไหล	19.4±2.9	5.65±1.7	4.51±1.7	0.70±0.2	2.16±0.5	0.41±0.1	32.8±4.2
เนื้อแก้ว+ยางไหล	18.2±3.5	4.65±1.0	3.02±0.4	0.42±0.1	1.69±0.4	0.35±0.1	28.3±3.9
P=0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

10. ปริมาณแคลเซียม (Ca) ในสารละลายที่สกัดเพกติน

สารละลายที่ได้จากการสกัดเพกติน fraction ต่าง ๆ นำมาวิเคราะห์ปริมาณ Ca ที่อยู่ใน fraction เหล่านั้น ดังตารางที่ 20 สำหรับ Ca ในเนื้อมังคุด และตารางที่ 21 สำหรับ Ca ในเปลือกมังคุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

10.1 เนื้อมังคุด

ปริมาณ Ca ในสารละลายของ CWM ที่สกัดด้วยน้ำ (water soluble), CDTA และ Na_2CO_3 (ที่อุณหภูมิ 4 °C และ 20 °C) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทั้ง 4 กลุ่มคุณภาพของเนื้อมังคุด (ตารางที่ 20) โดยเนื้อมังคุดในกลุ่มที่มีอาการเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณ Ca ในเพกตินที่ละลายน้ำได้ ต่ำกว่าผลปกติและยางไหลประมาณ 3 เท่ากล่าวคือ กลุ่มผลที่มีอาการเนื้อแก้วมี Ca ตั้งแต่ 2.71 – 3.26 µg/gFW ในขณะที่ผลปกติและผลยางไหลมี Ca 9.6-10.9 µg/gFW ในทางตรงกันข้าม Ca ในสารละลายที่สกัดด้วย CDTA ของผลปกติต่ำกว่าผลเนื้อแก้ว แต่ไม่แตกต่างกับอีก 2 กลุ่ม สำหรับ Ca ในเพกตินที่ละลายใน Na_2CO_3 ที่ 4 °C พบว่าผลปกติต่ำกว่าผลยางไหลและเนื้อแก้ว+ยางไหล เป็นที่น่าสังเกตว่า ปริมาณ Ca ใน fraction ที่ละลายด้วย Na_2CO_3 ที่ 20 °C ของผลยางไหลอย่างเดียวสูงกว่าผลชนิดอื่นมาก ทำให้เมื่อรวมปริมาณ Ca เข้าด้วยกันปรากฏว่า Ca ในผลยางไหลอย่างเดียวสูงที่สุด แต่ทั้ง 4 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 20 ปริมาณ Ca (µg/gFW) ใน fraction ของ pectin ที่สกัดจาก CWM ของเนื้อมังคุด คุณภาพต่าง ๆ

ชนิดผล	Water Soluble	CDTA	Na_2CO_3		KOH		Total
			4 °C	20 °C	1M	4M	
ปกติ	9.6±4.0b	26.1±2.7a	3.16±1.4a	8.7±3.3a	ND	ND	47.6±7.1
เนื้อแก้ว	2.71±2.5a	38.7±17b	4.38±0.7ab	8.5±1.5a	ND	ND	54.3±16
ยางไหล	10.9±3.9b	29.3±3.2ab	4.56±0.4b	15.4±1.8b	ND	ND	60.2±3.5
เนื้อแก้ว+ยางไหล	3.26±1.4a	33.6±5.6ab	4.75±1.1b	7.74±1.0a	ND	ND	49.4±5.7
P =0.05	*	*	*	*			ns

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.2 เปลือกมังคุด

ในส่วนของเปลือกพบว่าสามารถวิเคราะห์ Ca ได้เฉพาะในส่วนของเพกตินที่ละลายน้ำและละลายใน CDTA เท่านั้น ส่วนในสารละลาย Na_2CO_3 ทั้งที่สกัดที่อุณหภูมิ 4 และ 20 °C และส่วน KOH 1 และ 4 M ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ (ตารางที่ 21) ซึ่งทั้ง 2 fractions มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่าง 4 กลุ่มผลที่ศึกษา โดยในส่วนที่ละลายน้ำได้พบว่า ผลปกติและผลยางไหลมี Ca (58.4 และ 62.3 µg/gFW ตามลำดับ) มากกว่าผลเนื้อแก้วและผลเนื้อแก้ว+ยางไหล (26.5 และ 24.7 µg/gFW ตามลำดับ) ประมาณ 2.3 เท่า ในทำนองเดียวกัน ผลปกติมี Ca ในสารละลาย CDTA มากกว่าผลเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหลด้วยเช่นกัน เมื่อคำนวณเป็นปริมาณ Ca ทั้งหมดพบว่า ผลปกติมี Ca ใน CWM สูงที่สุด และสูงกว่าผลที่มีอาการเนื้อแก้วทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 27) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการขาด Ca ในเปลือกเป็นสาเหตุให้เกิดอาการผิดปกติทั้งอาการเนื้อแก้วและยางไหล

ตารางที่ 21 ปริมาณ Ca (µg/gFW) ใน fraction ของ pectin ที่สกัดจาก CWM ของเปลือกมังคุด คุณภาพต่าง ๆ

ชนิดผล	Water Soluble	CDTA	Na_2CO_3		KOH		Total
			4 °C	20 °C	1M	4M	
ปกติ	58.4±27b	303±44c	ND	ND	ND	ND	361±59c
เนื้อแก้ว	26.5±18a	227±51ab	ND	ND	ND	ND	253±67ab
ยางไหล	62.3±17b	264±46bc	ND	ND	ND	ND	326±62bc
เนื้อแก้ว+ยางไหล	24.7±21a	204±48a	ND	ND	ND	ND	229±67a
P =0.05	*	*					*

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

11. สัดส่วนของเพกตินต่อแคลเซียม (Pectin/calcium ratio)

ปริมาณเพกตินใน CWM ของเปลือกและเนื้อมังคุด บางครั้งพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มคุณภาพที่ศึกษา แต่บางครั้งไม่พบความแตกต่าง ส่วน CW-Ca พบว่ามีความแตกต่างในแต่ละกลุ่มที่ศึกษาอย่างชัดเจน ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยทั่วไปแล้ว Ca ที่จับอยู่กับเพกตินเป็น Ca ที่ช่วยให้โครงสร้างแข็งแรง จึงนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเป็นสัดส่วนของเพกติน ต่อแคลเซียมปรากฏว่า พบความแตกต่างที่ชัดเจนมากขึ้นระหว่างแต่ละกลุ่มคุณภาพของมังคุด ดังตารางที่ 22 และ 23 โดยมีรายละเอียดดังนี้ ในเนื้อมังคุด ผลการคำนวณสัดส่วนสอดคล้องกับปริมาณเพกตินที่ละลายในสารละลายต่างๆ คือ ใน fraction ที่ละลายน้ำ (WS) ผลเนื้อแก้วมีสัดส่วนของ pectin/Ca สูงกว่าผลปกติและผลยางไหลประมาณ 2.3 เท่า ส่วนใน CDTA สัดส่วนของ pectin/Ca ไม่แตกต่างกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเพกตินเพียงพอ แต่การขาด Ca ทำให้เซลล์ของเนื้อมังคุดไม่แข็งแรง เมื่อได้รับแรงดันน้ำจากฝนที่ตกลงมาจึงทำให้เซลล์แตก สารละลายที่อยู่ภายในเซลล์ไหลออกมาแทนที่อากาศที่อยู่ภายนอก จึงทำให้มองเห็นเป็นสีใส ซึ่งเป็นที่มาของชื่อเนื้อแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในเปลือก ซึ่งผลการวิเคราะห์เพกตินทุก fractions ไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณ Ca แต่ในเปลือกของผลปกติสูงกว่าผลเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหล แต่ไม่ต่างจากผลยางไหลอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม เมื่อคำนวณเป็นปริมาณ Ca ทั้งหมดพบว่า ผลที่มีอาการยางไหลอย่างเดียว ถึงแม้ว่าจะมี Ca ไม่แตกต่างจากผลปกติ แต่มีแนวโน้มที่จะต่ำกว่าผลปกติ เมื่อคำนวณเป็นสัดส่วนของ pectin/Ca พบว่า ผลเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหล (738 และ736 ตามลำดับ) ในส่วนที่เป็น water soluble มีสัดส่วน pectin/Ca สูงกว่าผลปกติ (329) และผลยางไหล (311)ประมาณ 2.3 เท่า ซึ่งเหมือนกับที่พบในเนื้อเช่นกัน ส่วนในสารละลาย CDTA สัดส่วนของ pectin/Ca ไม่แตกต่างกัน เมื่อคำนวณเป็น total pectin/ total Ca พบว่า ผลปกติมีค่าน้อยที่สุด คือ 93.5 ส่วนผลยางไหลมีค่า 100 ในขณะที่ผลเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหลมีสัดส่วน 121 และ 123 ตามลำดับ

ตารางที่ 22 สัดส่วนเพกตินต่อแคลเซียมในfraction ต่าง ๆของเนื้อมังคุด

ชนิดผล	WS	CDTA	Na_2CO_3 4 °C	Na_2CO_3 20 °C	Total Na_2CO_3	Total Pectin
ปกติ	116±22a	27.5±5.4	112±22ab	7.78±3.2	35.5±17a	49.3±10
เนื้อแก้ว	282±58b	23.4±3.1	127±42b	10.0±1.8	49.9±14b	44.8±5.9
ยางไหล	114±20a	26.5±5.2	68.9±13a	5.28±2.4	19.8±2.0a	41.6±2.3
เนื้อแก้ว+ยางไหล	245±44b	25.0±7.6	129±65b	10.8±2.3	55.7±21b	49.6±7.1
	*	ns	*	ns	*	ns

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 23 สัดส่วนเพกตินต่อแคลเซียมในfraction ต่าง ๆของเปลือกมังคุด

ชนิดผล	WS	CDTA	Na_2CO_3 4 °C	Na_2CO_3 20 °C	Total Na_2CO_3	Total Pectin
ปกติ	329±83a	20.4±3.1	-	-	-	93.5±14a
เนื้อแก้ว	738±110b	24.2±3.1	-	-	-	121±21b
ยางไหล	311±76a	21.4±2.9	-	-	-	100±11a
เนื้อแก้ว+ยางไหล	736±106b	22.8±3.5	-	-	-	123±32b
	*	ns				*

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

อาการเนื้อแก้วมีความสัมพันธ์ค่อนข้างชัดเจนกับปริมาณเพกตินที่ละลายน้ำ (WS pectin) คือ ผลเนื้อแก้วมีเพกตินที่ละลายน้ำน้อย ในขณะเดียวกันก็มี Ca ใน fraction นี้น้อยด้วยเช่นกัน แต่มี CDTA ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพกตินที่อยู่ในโครงสร้างของผนังเซลล์ไม่แตกต่างจากผลชนิดอื่น ในทางกลับกัน CDTA fraction ของผลเนื้อแก้วกลับมี Ca ในปริมาณที่สูงกว่าผลปกติค่อนข้างมาก การที่มี Ca มากทำให้เนื้อแก้วมีลักษณะที่แข็งเมื่อเทียบกับผลปกติ ความแข็งของเนื้อแก้วน่าจะเกิดจากการที่ผนังเซลล์ของเนื้อแก้วไม่เปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูป WS ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญของการสุกของผลไม้ โดยทั่วไปเมื่อผลไม้สุก Ca จะเคลื่อนย้ายออกจากผนังเซลล์ ทำให้เอนไซท์ polygalacturonase (PG) เข้าไป depolymerise สายโซ่เพกติน (Rigney and Wills, 1981) ยังผลให้เกิดการ breakdown ของผนังเซลล์ ผลไม้สุกจึงมีเนื้อที่นุ่ม Arpaia et al. (1987) และ Redgewell et al. (1990) รายงานว่า ในระหว่างการสุกของผลกีวี เพกตินโพลีเมอร์จำนวนมากจาก rhamnogalacturonan backbone ของ pectin substance จะถูกละลาย (solubilized) ในกรณีของผลเนื้อแก้ว เนื่องจาก เมื่อได้รับน้ำเข้าไปในผลมาก ผนังเซลล์ที่ไม่แข็งแรงจึงแตก สารละลายในเซลล์ไหลออกมาแทนที่อากาศภายนอกของเซลล์ การที่สารละลายไหลออกมาอยู่ภายนอก น่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เอนไซท์ PG ทำงานไม่ได้ ผนังเซลล์ของผลเนื้อแก้วจึงแข็งอยู่เหมือนเดิม สอดคล้องกับปริมาณ CDTA-pectin และ CDTA –Ca ที่สูงกว่าผลชนิดอื่น Suwwan and Pooviah (1978) พบว่าผลมะเขือเทศที่สุกแล้วไม่นิ่ม (*rin* tomatoes) ก็มี Ca ในผนังเซลล์สูงกว่าผลปกติเช่นกัน อันที่จริงแล้ว ส่วนของ WS-pectin และ WS-Ca เดิมเป็นส่วนที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์เช่นกัน แต่เมื่อถูกย่อยสลายด้วยเอนไซท์ PG จึงเปลี่ยนเป็น WS (Rigney and Wills, 1981)

ส่วนอาการยางไหลซึ่งเป็นอาการที่ท่อน้ำยางแตก น่าจะเกิดจากการขาด Ca เช่นกัน เพราะเปลือกของผลยางไหลอย่างเดียวก็มีปริมาณ tissue –Ca, CW-Ca รวมทั้ง CDTA-Ca ต่ำกว่าผลปกติ อาการยางไหลอย่างเดียวเป็นอาการที่ไม่ค่อยรุนแรงและพบค่อนข้างน้อย สำหรับอาการเนื้อแก้ว+ยางไหลนั้น พบว่า CWM ของเปลือก และ tissue –Ca ต่ำกว่าผลปกติ นอกจากนั้นยังมีสัดส่วนของ Pectin/Ca ใน WS และ CDTA ต่ำกว่าผลปกติด้วย อาการเนื้อแก้วในผลเนื้อแก้ว+ยางไหล เกิดจากผนังเซลล์ของเนื้อมังคุดแตกดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วนอาการยางไหลเกิดจากการที่เนื้อมังคุดที่ได้รับน้ำเข้าไปแล้วขยายตัวมากขึ้นในขณะเดียวกันเปลือกหยุดขยายตัวแล้ว (ผลมังคุดหยุดขยายตัวเมื่ออายุประมาณ 10 สัปดาห์ ข้อมูลจาก ดร.สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์ ติดต่อเป็นการส่วนตัว) เนื้อมังคุดซึ่งขยายตัวจึงไปกระแทกกับเปลือก ทำให้เปลือกซึ่งอ่อนแออยู่แล้วเกิดอาการช้ำ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ท่อน้ำยางภายในเปลือกซึ่งมีขนาดเล็กจึงแตกด้วย น้ำยางที่ไหลออกมา ทำให้ส่วนของเปลือกติดอยู่กับเนื้อ ซึ่งแตกต่างจากอาการยางไหลอย่างเดียวที่ไม่พบการติดกันระหว่างเปลือกกับเนื้อ

สำหรับธาตุ B นั้น ถึงแม้ว่าการฉีดพ่นทั้ง 2 ธาตุจะทำให้ผลมีอาการผิดปกติต่ำกว่าไม่ฉีดพ่น แต่เมื่อวิเคราะห์ tissue –B หรือ CW-B กลับไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอาการผิดปกติกับปริมาณ B ได้ เนื่องจาก B ของผลปกติต่ำกว่าผลที่มีอาการผิดปกติ ทำให้สัดส่วนของ Ca/B ของผลปกติและผลยางไหลอย่างเดียวสูงกว่าผลในกลุ่มเนื้อแก้ว ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า การที่ผนังเซลล์ของพืชจะแข็งแรงต้องมีสัดส่วนของ Ca/B ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตของผลมังคุดมีลักษณะการเพิ่มแบบ single sigmoid curve และมีอายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 12-13 สัปดาห์เป็นต้นไป
2. เมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของธาตุ K, Ca, Mg และ B ในผลมังคุดลดลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผล ทำให้เกิด dilution effect ส่วนกลีบเลี้ยงมี Ca ค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ธาตุอื่น ๆ มีแนวโน้มลดลง ในกรณีของขั้วผลพบว่า Ca เพิ่มขึ้น ส่วนธาตุอื่น ๆ ลดลง
3. การใส่ Ca ทางดินร่วมกับการฉีดพ่น Ca+B ทางใบให้ผลมังคุดที่เป็นปกติมากกว่าอีก 3 ตำรับการทดลอง ผลมังคุดที่มีขนาดใหญ่มีแนวโน้มที่จะพบอาการยางไหล และ/หรือเนื้อแก้ว+ยางไหลมากกว่าผลขนาดเล็ก และมีเปลือกหนากว่าผลขนาดเล็กด้วย
4. ผลมังคุดในตำรับการทดลองที่ได้รับ Ca ทางดินร่วมกับการฉีดพ่น Ca อย่างเดียวหรือฉีดพ่น Ca+B ทางใบและผล มีเปลือกบางกว่า มีค่า total soluble solid (TSS) สูงกว่า และมี % titratable acidity ต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่น
5. ความเข้มข้นของ K, Ca และ B ในผลที่มีอาการเนื้อแก้ว และเนื้อแก้ว+ยางไหลสูงกว่าผลปกติและยางไหล ส่วนในเปลือกพบว่า Ca และ B ในผลที่มีอาการเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิดต่ำกว่าผลปกติ
6. เนื้อมังคุดทุกคุณภาพผลมี CWM ไม่แตกต่างกันแต่ เปลือกของผลปกติมี CWM สูงกว่าผลเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิด ส่วนธาตุอาหารใน CWM พบว่าเมื่อคำนวณเป็นความเข้มข้นของธาตุอาหารต่อน้ำหนักแห้งของ CWM ทุกธาตุที่ศึกษาไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในเนื้อและเปลือก
7. Fraction ของเพกตินในเนื้อและเปลือกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นเนื้อที่สกัดด้วยน้ำ และ สกัดด้วย Na_2CO_3 ที่ 4^oC ซึ่งเพกตินในเนื้อที่ละลายน้ำได้ของผลปกติและผลยางไหลสูงกว่าผลที่มีอาการเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิด แต่เพกตินที่ละลายใน Na_2CO_3 ที่ 4^oC ในผลเนื้อแก้วสูงกว่าผลปกติและผลยางไหล
8. ผลรวมของเพกตินทั้งหมดในเนื้อและเปลือกไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าเพกตินในเปลือกของผลที่มีเนื้อแก้วต่ำกว่าผลปกติ
9. ปริมาณ Ca ในสารละลายที่ได้จากการสกัดเพกตินแต่ละ fraction เมื่อรวมกันแล้วไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาแต่ละ fraction พบว่า ผลที่มีอาการเนื้อแก้วมี WS-Ca ต่ำกว่า แต่มี CDTA-Ca สูงกว่าผลปกติ เนื่องจาก CDTA-Ca ไม่สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็น WS-Ca เมื่อผลสุก
10. ในเปลือกพบ Ca เฉพาะใน fraction ของเพกตินที่ละลายใน WS และ CDTA โดย Ca ที่ละลายในทั้ง 2 fractions ของผลปกติและผลยางไหลสูงกว่าผลที่มีอาการเนื้อแก้วทั้ง 2 ชนิด
11. สัดส่วนของ WS-pectin/Ca ในเนื้อและเปลือกมังคุดของเนื้อแก้วสูงกว่าผลปกติประมาณ 2.3 เท่า
12. ผลจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า อาการผิดปกติของมังคุดเกิดจากการขาด Ca ในผนังเซลล์ โดยในเนื้อแสดงอาการเซลล์แตกและของเหลวภายในเซลล์ไหลออกมาแทนที่อากาศที่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างเซลล์จึงมองเห็นเป็นสีใสและเนื่องจาก wall bound-Ca และเนื่องจาก wall bound-Ca ไม่สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็น water soluble-Ca เนื้อมังคุดจึงมีความแข็ง ส่วนในเปลือกแสดงอาการท่อน้ำยางแตก ทำให้ยางที่อยู่ภายในท่อไหลออกมา

13. อาการเนื้อแก้ว+ยางไหล ซึ่งพบมากในผลขนาดใหญ่ และมักพบว่าเปลือกจะติดกับเนื้อมังคุด เกิดจากการที่เนื้อมังคุดที่ได้รับน้ำมากเมื่ออายุประมาณ 10 สัปดาห์ขึ้นไปขยายตัวมากขึ้น ซึ่งเป็นช่วงที่ผลหยุดขยายตัวแล้ว เนื้อที่ขยายตัวจึงไปกระแทกทำให้เปลือกช้ำ (สมารถมองเห็นได้จากด้านในของเปลือก) ท่อน้ำยางภายในเปลือกแตก ปล่อยน้ำยางออกมา น้ำยางจึงเชื่อมติดกับเนื้อ เมื่อผ่าผลจึงมักพบว่ามีชิ้นส่วนของเปลือกติดอยู่กับเนื้อและมียางอยู่ด้วย เป็นที่มาของชื่ออาการเนื้อแก้ว/ยางไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คาโอรุ อิโนอุเอะ 2551 การส่งออกสู่ญี่ปุ่น- ความสำคัญของเวลาและคุณภาพ เอกสารประกอบการสัมนา Just in Time ผลไม้คุณภาพสู่ตลาดญี่ปุ่น โรงแรมมณีจันท์รีสอร์ท จังหวัดจันทบุรี 27-28 พฤศจิกายน 2551

ชฎิล นิ่มนวล 2550 มังคุด ราชินีผลไม้ ตอนปราบเซียน เมืองไม้ผล 76: 80-84.

ธนสิต ลิมปาวิภากร. 2541. อาการยางไหลในผลมังคุดจากส่วนต่างๆ ของทรงพุ่ม. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.

ธีรวุฒิ ชุตินันทกุล. 2544. การป้องกันการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลภายในผลของมังคุดและเทคนิคการคัดแยก.

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วรภัทร ลัคนทินวงศ์. 2539. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ความมีชีวิตของเซลล์และปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเนื้อแก้วในผลมังคุด. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.

ศิริวรรณ แดงฉ่ำ. 2543. กลไกการเกิดเนื้อแก้วของผลมังคุด. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตร- ศาสตร์ กำแพงแสน.

สุมิตรา ภู่วโรดม และคณะ. 2547. การวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางการใส่ปุ๋ยในมังคุด รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพ.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2549. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. (ไม่เรียงเลขหน้า).

สุมิตรา ภู่วโรดม และคณะ. 2552. การวจัดการธาตุอาหารเพื่อลดปัญหาการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลในมังคุด รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพ.

เสาวภา ลิ้มพันธุ์อุดม. 2544. อิทธิพลของน้ำต่อการเกิดเนื้อแก้วในผลมังคุด. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Allen, S.E. 1971. Chemical Analysis of Ecological Materials. John Wiley and Sons, New York.

Arpaia, M.L., J. M. Labavitch, C. Greve and A.A. Kader. 1987. Chnages in the cell wall components of kiwifruits during storage in air or controlled atmosphere. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:474-481.

Bangerth, F. 1976. A role for auxin and auxin transport inhibitors on the Ca content of artificially induced parthenocarpic fruits. Physiol. Plant. 37: 191-194.

Blumenkrantz, N. and G. Asboe-Hansen. 1973. New Method for Quantitative Determination of Uronic Acids. Analytical Biochemistry. 54: 484-489.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bramlage, W.J. 1994. Physiological role of calcium in fruit. p. 101-107. *In* Peterson and Stevens (eds.) Tree Fruit Nutrition. Good Fruit Grower, Washington, USA.

Clark, C.J. and G.S. Smith. 1990. Seasonal changes in the composition, distribution and accumulation of mineral nutrients in persimmon fruit. Scientia Hortic. 42:99-111.

Embleton, T.W., W.W. Jones, C.K. Labanauskas and W. Reuter. 1973. Leaf analysis as diagnostic tool and guide to fertilization. *In* p.183-210. W. Reuter (ed.) The Citrus Industry. Vol. III. University of California, Berkeley, USA.

Fallahi, E., B. Fallahi, J.B. Retamales, C. Valdes and S.J. Tabatabaei. 2006. Prediction of apple fruit quality using preharvest mineral nutrients. Acta Hort. 721: 259-264.

Hofman, P.J., S.Vuthapanich, A.W. Whiley, A. Klieber and D.H. Simons. 2002. Tree yield and fruit minerals concentrations influence 'Hass' avocado fruit quality. Scientia Hort. 92: 113-123.

Hu, H. and P. H. Brown. 1994. Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin : evidence for structural role of boron in the cell wall. Plant Physiol. 105: 681-689.

Hu, H., P. H. Brown and J.M. Labavitch. 1996. Species variability in boron requirement is correlated with cell wall pectin. J. Expt. Bot. 47: 227-232.

Huang, X., H.C. Wang, J. Li, W. Yuan, J. Lu, H.B. Huang and J. Yin. 2005. An overview of calcium's role in lychee fruit cracking. Acta Hort. 665: 231-240.

Javis, M.C. 1982. The proportion of calcium bound pectin in plant cell wall. Planta 154: 344-346.

Javis, M.C., M.A. Hall, D.R. Threfall and J. Friend. 1981. The polysaccharide structure of potato cell wall. Planta 152: 93-100.

Jones, J.B. Jr. 1998. Plant Nutrition Manual. CRC Press, New York, USA.

Kobayashi, M., H. Nakagawa, T. Asaka and T. Matoh. 1999. Borate-rhamnogalacturonan II bonding reinforced by Ca^{+2} retains pectin polysaccharides in higher-plant cell walls. Plant Physiol. 119: 199-203.

Li, J.G., H.B. Huang, F.F. Gao, X.M. Huang and H.C. Wang. 2001. An overview of litchi fruit cracking. Acta Hort. 558 : 205-208.

Loomis, W.D. and R.W. Durst. 1992. Chemistry and biology of boron. Biofactors 3: 229-239.

Madrid, R., M. Valverde, V.A. Slcolea and F. Romojaro. 2004. Influence of calcium nutrition on water soaking disorder during ripening of cantaloupe melon. Scientia Hortic. 101: 69-79.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Matoh, T., K. Ishigaki, M. Mizutani, W. Matsunaga and K. Takabe. 1992. Boron nutrition of cultured tobacco BY-2 cells. I. Requirement for and intracellular localization of boron and selection of cells that tolerate low levels of boron. Plant Cell Physiol. 33: 1135–1141.

Matoh, T., K-i. Ishigaki and O. Kaori and J-i. Azuma. 1993. Boron nutrition of cultured tobacco BY-2 cells. I. Requirement for and intercellular localization of boron and selection of cells that tolerate low levels of boron. Plant Cell Physiol. 33: 1135-1141.

Matoh, T. and M. Kobayashi. 1998. Boron and calcium, essential inorganic constituents of pectic polysaccharides in higher plant cell wall. J. Plant Res. 111: 179-190.

Maynard, D.N. 1979. Nutritional disorder of vegetable crops : A review. J. Plant Nutrition 1: 1-23.

Melton, L.D. and B.G. Smith. 2001. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley and Sons. New York.

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

Mortensen, L.M., C.O. Ottosen and H.R. Gislerod. 2001. Effects of air humidity and K:Ca ratio on growth morphology, flowering and keeping quality of pot roses. Scientia Hort. 90: 131-141.

Perring, A. 1968. Mineral composition of apples. VII. The relationship between fruit composition and some storage disorder. J. Sci. Fd. Agric. 19: 186-192.

Piestrzeniewicz, C. and K. Tomala. 2001. Some factors influencing storage ability of 'Jonagold' apples. Acta Hort. 564: 435-442.

Pludbuntong, W., C. Makhonpas and S. Poovarodom. 2007. Nutrient content in translucent flesh and gamboges disorders of mangosteen fruits (*Garcinia mangostana* L.). p.30-34. Proceedings of the International Conference on Integration of Sceince & Technology for Sustainable Development. 26-27 April, 2007. Bangkok, Thailand.

Poovarodom, S. and N. Boonplang. 2010. Soil calcium application and pre-harvest calcium and boron sprays on mangosteen fruit quality. Acta Hort. 868 : 359-365.

Poovarodom, S. and N. Phanchindawan. 2009. Growth and nutrient uptake into mangosteen *(Garcinia mangostana* L.) fruit. The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI, 26-30 August, 2009, Sacramento, CA.

Redgewell, R.J., L.D. Melton and D.J. Brasch. 1990. Cell wall changes in kiwifruit following post-harvest ethylene treatment. Phytochemistry 29: 399-407.

Rigney, C.J. and R.B.H. Wills. Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. HortScience 16: 550-551.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rosolem, C.A. and V.M. Leite. 2007. Coffee leaf and stem anatomy under boron deficiency. R. Bras. Ci. Solo 31: 477-483.

Sharples, R.O. 1980. The influence of orchard nutrition on the storage quality of apples and pears grown in the United Kingdom. p. 17-28. *In* Atkinson et al. (eds) Mineral Nutrition of Fruit Trees. Butterworths, London.

Shear, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. HortSci. 10: 361-365.

Sparks, D. L., A.L. Page, P.A. Helmeke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Summer (eds.). 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3 : Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Ser. 5, SSSA and ASA, Wisconsin, USA.

Storey, R. and M.T. Treeby. 1999. Short- and long-term growth of navel orange fruit. J. Hort. Sci. and Biotech. 74: 464-471.

Storey, R. and M.T. Treeby. 2000. Seasonal changes in nutrient concentrations of navel orange fruit. Scientia Hortic. 84: 67-82.

Suwwan, M. A. and B. W. Poovaiah. 1978. Association between elemental content and fruit ripening in *rin* and normal tomatoes. Plant Physiol. 61: 883-885.

White, P.J. and M.R. Broadley. 2003. Calcium in plant. Bot. Rev. 92: 487-511.

Wilkinson, B.G. and M.A. Perring. 1964. Changes in the chemical composition of apples during development, and near picking. J.Sci. Fd. Agric. 164: 146-152.

Yaacob, O. and H.D. Tindall, 1995. Mangosteen Cultivation. FAO Plant Production and Protection Paper No. 129. Rome, 100 pp.

Yamaki, S., I. Kajiura, M. Omura and K. Matsuda. 1976. Watercore in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. 'Culta' Rehder). II. Chemical changes in watercored tissue. Scientia Horticulturae 4: 271-277.

Yamaki, S. and I. Kujiura. 1983. Change in the poly saccharides of cell wall, their constituent monosaccharides and some cell wall-degrading enzyme activities in the watercore fruit of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. 'Culta' Rehder). J. Japan. Soc. Hort. Sci. 52: 250-255.

Xiao, J.X., Yan, X. S.A. Peng and Y.W. Fang. 2007. Seasonal changes of mineral nutrients in fruit and leaves of 'Newhall' and 'Skagg's Bonnaza' navel oranges. J. Plant Nutrition 30: 671-690.

Zocchi, G. and I. Mignani. 1995. Calcium physiology and metabolism in fruit trees. Acta Hort. 383: 15-23.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้