บทที่ 4

วิจารณ์

การควบคุมการให้น้ำแก่ต้นมังคุด

น้ำเป็นสาเหตุสำคัญต่อการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลของผลมังคุด การควบคุมการให้น้ำแก่ต้นมังคุดจึงสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้และช่วยรักษาคุณภาพผลด้านอื่น ๆ เช่น ขนาดผล น้ำหนักผลและรสชาติ เป็นต้น การควบคุมการให้น้ำเพื่อกระตุ้นการเกิดตาดอก โดยงดน้ำแก่ต้นมังคุดเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้ต้นมังคุดกระทบแล้ง ซึ่งหลังจากได้รับน้ำฝน พบว่า สามารถชักนำให้เกิดตาดอกได้ ทั้งนี้การทำให้ต้นมังคุดเกิดความเครียดจากการขาดน้ำประมาณ 30 วัน เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมและหากให้น้ำ 40-60 ลิตรต่อพื้นที่ใต้ทรงพุ่ม 1 ตารางเมตร จะสามารถชักนำการออกดอกได้ (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี, 2540) (รูปที่ 5) หากปล่อยให้ต้นมังคุดมีความเครียดน้ำรุนแรง จะทำให้เกิดอาการใบไหม้และใบร่วงได้ เป็นเพราะมังคุดมีศักย์ของน้ำในใบลดลงต่ำกว่า –2.0 เมกะปาสคาล ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของสภาพปกติ (สายัณห์, 2534) แสดงให้เห็นว่า การควบคุมน้ำแก่ต้นมังคุดสามารถกระตุ้นให้เกิดตาดอกได้ หากได้รับสภาพอากาศที่เหมาะสมและมีความสมบูรณ์ของต้น สอดคล้องกับการทดลองของ ธีรวัฒน์ (2533) ที่รายงานว่า ปริมาณน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการติดผลของมังคุด หลังการพัฒนาของดอก ผลจะเริ่มพัฒนาหลังจากดอกบาน 1 วัน และใช้ระยะเวลาในการพัฒนาจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 13-14 สัปดาห์หลังดอกบาน จากการศึกษาโดยแบ่งเป็นช่วงก่อนและหลังการควบคุมการให้น้ำแก่ต้นมังคุดเมื่อผลอายุ 1-8 สัปดาห์หลังดอกบาน พบว่า ผลมังคุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างทางสถิติ และ 9-14 สัปดาห์หลังดอกบาน พบว่า ต้นมังคุดที่ได้รับน้ำทุกวันมีการพัฒนาของผลโตกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ โดยเฉพาะต้นมังคุดที่ได้รับน้ำตามธรรมชาติ จะมีขนาดผลเล็กที่สุด (รูปที่ 6ก และ 6ข) เป็นเพราะในสภาวะขาดน้ำและความชื้นในดินต่ำ จะมีผลให้เกิดการยับยั้งการขยายตัวของผล ขณะที่การได้รับน้ำและมีความชื้นในดินสูง จึงสามารถเพิ่มขนาดผลมากขึ้น (Naor, 2001)

เมื่อทำการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เนื้อปกติ เนื้อแก้ว ยางไหลและเนื้อแก้วร่วมยางไหลหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต (ตารางที่ 1) พบว่า เปอร์เซ็นต์เนื้อแก้วมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ต้นมังคุดได้รับระหว่างการทดลอง ดังต้นมังคุดที่ให้น้ำทุกวัน โดยมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแก้วและเนื้อแก้วร่วมยางไหลสูงที่สุด คือ 28.93 และ 13.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ ธีรวุฒิ (2544) ที่รายงานว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับการเกิดเนื้อแก้วในระยะก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ขณะเดียวกัน ศรีสังวาลย์ (2537) พบว่า การให้น้ำเพิ่มขึ้นจากปกติก่อนการเก็บเกี่ยวทำให้เปอร์เซ็นต์

การเกิดเนื้อแก้วสูงกว่าการให้น้ำตามปกติและการทดลองที่ได้รับน้ำมากจะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อแก้วมากกว่าการทดลองที่ได้รับน้ำน้อยกว่า ขณะที่ต้นมังคุดที่ได้รับน้ำตามธรรมชาติมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแก้วน้อยที่สุด คือ 3.71 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบอาการเนื้อแก้วร่วมยางไหลเลย เนื่องจากภายนอกโรงเรือนจะได้รับน้ำฝนตามธรรมชาติ จากการบันทึกปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม 2544 (รูปที่ 7) มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดในเดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคมและพฤษภาคม ตามลำดับ โดยเฉพาะในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2544 ซึ่งเป็นช่วงก่อนเก็บเกี่ยวและระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต มีปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยเพียง 2.93 และ 2.64 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ ทำให้ต้นมังคุดได้รับปริมาณน้ำน้อยกว่าปกติและขาดน้ำติดต่อกันหลายวัน จนส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์ยางไหลสูงที่สุด คือ 5.15 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากศักย์ของน้ำในดินลดต่ำลงใกล้ –100 กิโลปาสคาล (เสาวภา, 2544) แต่ต้นมังคุดที่ให้น้ำทุกวันมีเปอร์เซ็นต์ยางไหลน้อยที่สุด คือ 3.07 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้จากการวัดความชื้นในดินที่ระดับความลึก 10 และ 30 เซนติเมตร พบว่า ต้นมังคุดที่ให้น้ำทุกวันมีความชื้นสูงที่สุดระหว่างการทดลอง (รูปที่ 8ก และ 8ข) จึงทำให้ต้นมังคุดได้รับน้ำในปริมาณมากและมีความชื้นในดินสูง เซลล์จึงแตกและตาย และทำให้เกิดอาการเนื้อแก้วตามมา (วรภัทร, 2539ก) ส่วนต้นมังคุดที่ได้รับน้ำตามธรรมชาติมีความชื้นในดินที่ระดับความลึก 10 และ 30 เซนติเมตรน้อยที่สุดระหว่างการทดลอง นอกจากนี้ พบว่า ยังมีค่าเฉลี่ยศักย์ของน้ำในใบและการชักนำการเปิดปากใบลดต่ำลงด้วย (รูปที่ 9) ซึ่งในสภาพที่ศักย์ของน้ำในดินและในต้นพืชต่างกันมาก เมื่อได้รับน้ำจะทำให้เกิดแรงดันมากภายในท่อน้ำยาง จึงทำให้ท่อน้ำยางแตก (เสาวภา, 2544) เช่นเดียวกับการรายงานของ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี (2540) ได้กล่าวว่า อาการยางไหลในผลเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำภายในผลอย่างรวดเร็ว ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ท่อน้ำยางแตกและฉีกขาด แสดงให้เห็นว่า การได้รับน้ำของต้นมังคุดมีผลต่อการเกิดยางไหลในผลน้อยกว่าการเกิดเนื้อแก้ว (ธีรวุฒิ, 2544) แม้ว่าต้นมังคุดที่ได้รับน้ำตามธรรมชาติมีอัตราการไหลของน้ำในลำต้นในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตมากกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ (รูปที่ 10) ทั้งนี้เป็นเพราะ สภาพที่ต้นพืชขาดน้ำจะพยายามลดศักย์ของน้ำในต้นและดึงดูดน้ำมาทดแทน เพื่อคงสภาพสมดุลของน้ำภายในต้นไว้ (สายัณห์, 2534) นอกจากอาการเนื้อแก้วและยางไหล ต้นมังคุดที่ได้รับน้ำตามธรรมชาติ ยังได้รับผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิต คือ ทำให้มีน้ำหนักและขนาดผลน้อย ส่วนต้นมังคุดที่ได้รับน้ำทุกวัน มีผลต่อความหนาเปลือก ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ตารางที่ 2) เพราะคุณภาพผลเหล่านี้จะนำมาพิจารณาคุณภาพทางการตลาดด้วย (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี, 2540)

จากการควบคุมการให้น้ำต้นมังคุดในสภาพโรงเรือน พบว่า การให้น้ำทุก 7 วันและควบคุมความชื้นในดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ลดลงต่ำสุดไม่เกิน –75 กิโลปาสคาล น่าจะเป็นระดับที่มีความเหมาะสมต่อการบรรเทาการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลภายในผล เช่นเดียวกับการทดลองของ

เสาวภา (2544) ที่พบว่า การให้น้ำในปริมาณมากติดต่อกันหลายวัน ทำให้ดินมีความชื้นสูงหรือการขาดน้ำมากกว่า 7 วัน ทำให้ศักย์ของน้ำในดินและต้นมังคุดต่างกันมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดอาการเนื้อแก้วและยางไหลในผลมังคุด นอกจากนี้ยังขึ้นกับพื้นที่ปลูกและสภาพอากาศ เช่น แสง ความชื้นและอุณหภูมิในทรงพุ่ม (ศรีสังวาลย์, 2537; ธนสิต, 2541; สายัณห์ และคณะ, 2544)

อิทธิพลของตำแหน่งผลต่ออาการเนื้อแก้วและยางไหล

การเกิดอาการเนื้อแก้วและยางไหลมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของผลบริเวณทรงพุ่ม โดยเปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อแก้วและยางไหลบริเวณในทรงพุ่มและส่วนล่างของทรงพุ่มมีแนวโน้มมากกว่าบริเวณรอบทรงพุ่มและส่วนบนของทรงพุ่ม (รูปที่ 23 และ 24) จากลักษณะโครงสร้างต้นมังคุดมีพุ่มทึบทำให้การส่องผ่านของแสงในทรงพุ่มลดลงจากส่วนบนไปยังส่วนล่างของทรงพุ่ม หรือจากภายนอกเข้าสู่ภายในทรงพุ่ม (Barritt *et al.*, 1987) ค่าส่องผ่านของแสงโดยเฉลี่ยบริเวณทรงพุ่มด้านล่างมีเพียง 0.53-2.53 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณรอบนอกทรงพุ่ม ซึ่งมี 83.86-95.45 เปอร์เซ็นต์ (สายัณห์ และคณะ, 2544) นอกจากนี้การมีความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกันในช่วงกลางวันและกลางคืนในแต่ละส่วนของทรงพุ่ม จึงเป็นสาเหตุให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อแก้วและยางไหลภายในผลมังคุดบริเวณส่วนล่างของทรงพุ่มหรือบริเวณที่ได้รับแสงน้อยกว่าปกติ เช่น ทรงพุ่มด้านที่มีกิ่งซ้อนทับกันหนาแน่น มีแนวโน้มเกิดเนื้อแก้วและยางไหลภายในผลมากกว่าบริเวณอื่น ๆ (นพ และชัยพร, 2540; ธนสิต, 2541) สภาพอากาศบริเวณทรงพุ่มที่มีความแตกต่างกันทั้งปริมาณแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ การได้รับปริมาณน้ำฝน รวมถึงความเร็วลมที่พัดผ่าน จึงมีผลต่อคุณภาพผลในแต่ละตำแหน่งของทรงพุ่มได้ (Kliewer and Smart, 1989) ทั้งนี้ Lau และ Wong (1996) กล่าวว่า สาเหตุที่ทำให้ต้นมังคุดมีลักษณะทึบแสงเกิดจากการแผ่ของมุมใบที่อยู่ในแนวระนาบมาก คือ ประมาณ 82.06 องศา จึงทำให้เกิดการบดบังแสงมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบไม้ผลชนิดอื่น ๆ เช่น ทุเรียนและมะม่วง เป็นต้น Robinson และคณะ (1991) ได้อธิบายลักษณะของโครงสร้างต้นแบบ central leader ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกันกับทรงพุ่มของต้นมังคุดว่า การมีกิ่งเป็นชั้น ๆ ทำให้มีส่วนที่กว้างสุดอยู่ที่ชั้นล่างสุด เมื่อต้นไม้เจริญเติบโตมากขึ้น ช่องว่างระหว่างชั้นจะแคบลง จึงมีผลทำให้ชั้นล่างมีโอกาสได้รับแสงน้อยลง จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างต้นมังคุด ได้แสดงให้เห็นว่า ต้นมังคุดมีทรงพุ่มขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ทรงต้นเป็นแบบกรวยคว่ำหรือทรงปิรามิด มีพุ่มทึบ กิ่งแตกออกเป็นคู่แบบสลับ ทำมุมกับลำต้น ก้านใบสั้น ขอบใบทั้งสองยกขึ้น แผ่นใบโค้งเล็กน้อยและมีจำนวนมาก ทำให้ทรงพุ่มแน่นทึบ นอกจากนี้ภายในทรงพุ่มมีกิ่งแขนงแตกออกจากลำต้นที่เป็นแกนกลาง เป็นรัศมีโดยรอบลำต้นด้วย (สุรีย์ และอนันต์, 2540; สมศักดิ์, 2541)

จากลักษณะธรรมชาติของทรงพุ่มต้นมังคุดและสภาพอากาศบริเวณต้นมังคุดดังกล่าว จึงมีผลกระทบต่อผลมังคุดที่อยู่ในบริเวณตำแหน่งต่าง ๆ ของทรงพุ่ม ซึ่งสาเหตุที่นำไปสู่การเกิดเนื้อแก้วและยางไหลแตกต่างกันในแต่ละส่วนของทรงพุ่ม พบว่า เกิดจากมีการสะสมปริมาณเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์ จำนวนช่องเปิดที่ผิวผล อัตราการไหลของน้ำ การสูญเสียน้ำและการสะสมปริมาณธาตุแคลเซียมในผลแตกต่างกันระหว่างผลที่อยู่บริเวณในทรงพุ่มและรอบทรงพุ่ม โดยปริมาณเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะสุกแก่ของผล (รูปที่ 12) นอกจากนี้ จากการศึกษาในส้มยังขึ้นกับพันธุ์และสถานที่เพาะปลูกที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน (El-Otmani *et al.*, 1989) สำหรับผลมังคุด ปริมาณเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์ยังขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ได้รับแตกต่างกันระหว่างผลในทรงพุ่มและรอบทรงพุ่ม (รูปที่ 14) แม้ว่าโดยธรรมชาติเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์ของผลไม้มีคุณสมบัติเป็นสารประเภททนน้ำโปรตอนจึงเรโซแนนซ์ในช่วงเคมีคัลชิฟท์ 0-2 ppm (พิมพ์จิต และวัชรินทร์, 2539) (รูปที่ 15) แต่ในระยะผลเริ่มสุกแก่ทางสรีรวิทยา จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์ที่ผิวผล เช่น การเกิดรอยแตกและถลอกได้ง่าย (Bally, 1999) เพราะ เอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์ชั้นบนมีลักษณะอ่อนนุ่มคล้ายผลึก จึงเสียรูปร่างจากสภาพปกติและถูกทำลายได้ง่ายจากสภาพอากาศรอบ ๆ ผล เช่น แสง อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น (Storey and Price, 1999) ตำแหน่งของผลบริเวณทรงพุ่ม ที่ได้รับแสงและน้ำฝนต่างกันจึงมีผลต่อปริมาณเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์ด้วยเช่นกัน (ตารางที่ 3) ผลมังคุดที่อยู่บริเวณรอบทรงพุ่ม จึงมีปริมาณเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์น้อย ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นของน้ำในเปลือกต่ำกว่าผลมังคุดที่อยู่บริเวณในทรงพุ่ม (ตารางที่ 4) ซึ่งมีเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์อยู่มาก เช่นเดียวกับ Reuther (1988) อ้างโดย Morales และคณะ (2000) กล่าวว่า ผลไม้ที่อยู่ในบริเวณที่มีความชื้นสูงปริมาณน้ำในเปลือกจะสูงกว่าผลที่อยู่ในบริเวณที่มีความชื้นต่ำ เนื่องจากผลบริเวณรอบทรงพุ่มมีโอกาสเกิดการคายน้ำได้ดีกว่าผลข้างในทรงพุ่มซึ่งมีการเคลื่อนไหวของอากาศต่ำและมีความชื้นสูงกว่าภายนอก ฉะนั้นการคายน้ำจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีการเคลื่อนไหวของอากาศมาก เพราะส่งผลให้ความชื้นหรือโมเลกุลของน้ำถูกแพร่กระจายเร็วขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้ผลมังคุดบริเวณรอบทรงพุ่มมีการสูญเสียน้ำได้มากกว่าผลในทรงพุ่ม (รูปที่ 19) ซึ่งการสูญเสียน้ำของผลมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงและความชื้นสัมพัทธ์ โดยจะชักนำให้เกิดการคายน้ำของผลมากขึ้น เนื่องจากขนาดของช่องเปิดปากใบจะกว้างขึ้นในสภาพที่มีแสงมาก อุณหภูมิสูงและการถ่ายเทอากาศดี หรือกรณีการเกิดรอยแผลบริเวณชั้นคิวติเคิล จะสามารถชักนำให้เกิดการคายน้ำได้เช่นกัน (จริงแท้, 2541) นอกจากนี้ผลมังคุดมีแนวโน้มสูญเสียน้ำลดลงในระยะสุกแก่ ซึ่งแตกต่างจากในผลมะม่วงที่มีการคายน้ำเพิ่มขึ้นในผลแก่มากกว่าผลอ่อน (Higuchi and Utsunomiya, 1996) ขณะที่มีการศึกษาการคายน้ำของผลแอปเปิ้ล พบว่า มีการคายน้ำลดลงระหว่างการพัฒนาของผล เนื่องจากมีสัดส่วนของใบต่อผลและพื้นที่ผิวผลเพิ่มขึ้น (Blanke and Lenz, 1985 อ้างโดย Cline and Hanson, 1992) จึงเป็นไปได้ว่า การคายน้ำของผลนอกจากขึ้นกับลักษณะของผล

และสภาพอากาศแล้ว ยังขึ้นกับชนิดของผลไม้ด้วย จากลักษณะผิวผลมังคุด พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องเปิดที่ผิวผลและขนาดพื้นที่ผิวผล โดยเมื่อผลมีขนาดเพิ่มขึ้น สัดส่วนของจำนวนช่องเปิดที่ผิวผลต่อพื้นที่จะลดลง (ตารางที่ 5) เช่นเดียวกับการศึกษาช่องเปิดที่ผิวผลของผลแอปเปิ้ลโดย Blanke และ Lenz (1989) อ้างโดย Cline และ Hanson (1992) พบว่า จำนวนช่องเปิดที่ผิวผลจะลดลงเมื่อผลมีขนาดโตขึ้น ขณะเดียวกันบริเวณที่ได้รับแสงหรือกลางแจ้ง และบริเวณที่มีความชื้นต่ำหรือบริเวณรอบทรงพุ่มจะมีผลต่อการเพิ่มจำนวนช่องเปิดที่ผิวผลมากกว่าในที่ร่ม และบริเวณที่มีความชื้นสูงหรือบริเวณในทรงพุ่ม (ตารางที่ 6) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิและคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ส่วนขนาดของช่องเปิดที่ผิวผลสามารถเพิ่มขึ้นตามพัฒนาการของอายุผลได้ (ตารางที่ 7) ทั้งนี้เป็นเพราะ การเจริญเติบโตของเซลล์และเนื้อเยื่อบริเวณข้างเคียง ทำให้มีผลต่อขนาดของช่องเปิดที่ผิวผลซึ่งมีแนวโน้มว่ามีขนาดลดลงเมื่อมีจำนวนช่องเปิดที่ผิวผลอยู่อย่างหนาแน่น (Willmer and Fricker, 1996) จากการศึกษาลักษณะช่องเปิดที่ผิวผลมังคุดเป็นแบบ paracytic (รูปที่ 16) ซึ่งมีเซลล์เสริม 1 เซลล์หรือมากกว่าขนานกับความยาวของเซลล์คุมและช่องเปิด (stomatal pore) (เทียมใจ, 2542) โดยปกติช่องเปิดที่ผิวผลมีหน้าที่ในการคายน้ำและแลกเปลี่ยนก๊าซได้ นอกจากนี้ตำแหน่งของผลยังมีผลต่ออัตราการไหลของน้ำในใบและผลด้วย (รูปที่ 18) โดยมีความแตกต่างกันระหว่างกลางวันและกลางคืน เพราะว่าในช่วงกลางคืนต้นมังคุดได้รับแสงน้อยและมีความชื้นในอากาศสูง การใช้น้ำและคายน้ำจึงลดลง จากการศึกษาการใช้น้ำของผลแพร์ โดย Yamamoto (1983) พบว่า ในเวลากลางวันซึ่งมีปริมาณแสงมาก ศักย์ของน้ำในใบจะต่ำกว่าศักย์ของน้ำในผล ขณะที่เวลากลางคืนศักย์ของน้ำในใบสูงกว่าในผล จึงมีผลทำให้ตอนกลางวันน้ำไหลเข้าสู่ใบมากกว่าในผล ส่วนกลางคืนน้ำจะไหลไปยังผลมากกว่าในใบ ขณะเดียวกันบริเวณนอกทรงพุ่มมีปริมาณแสงมากกว่าและมีความชื้นต่ำกว่าในทรงพุ่ม การใช้น้ำของใบและผลมังคุดจึงสูงขึ้นมากกว่าในทรงพุ่ม

จากลักษณะการใช้น้ำของผล ที่มีผลจากการได้รับความชื้นแตกต่างกันบริเวณทรงพุ่ม Tadesse และคณะ (2001); Cline และ Hanson (1992); Adams และ Holder (1992) พบว่าความชื้นบริเวณผลมีผลต่อการเคลื่อนที่ของธาตุแคลเซียมที่ผล เนื่องจากสภาพความชื้นสูงจะลดการคายน้ำ ทำให้ธาตุแคลเซียมซึ่งเคลื่อนที่ในท่อน้ำมีการเคลื่อนที่ลดน้อยลง ขณะเดียวกัน Shear (1980) กล่าวว่า ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ แสงและการเคลื่อนไหวของอากาศ มีผลต่อความชื้นบริเวณต้นพืช ซึ่งทำให้มีผลต่อการคายน้ำและการเจริญเติบโตของต้น โดยหากการคายน้ำลดลงจะทำให้การเคลื่อนย้ายของน้ำในท่อน้ำลดลงและมีผลต่อการสะสมปริมาณธาตุแคลเซียมที่จะเคลื่อนย้ายไปยังผลได้ ต่างกับธาตุอื่น ๆ เช่น ไนโตรเจน โพแทสเซียม แมกนีเซียมและฟอสฟอรัส ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายทางท่ออาหารได้ดี จากการทดลองในผลมังคุด ผลที่ไม่หุ้มผลมีแนวโน้มของการสะสมปริมาณธาตุแคลเซียมในเปลือกลดลง เนื่องจากการสะสมธาตุแคลเซียมในระยะผลอ่อนมากกว่าผลแก่ เพราะผลแก่มีพื้นที่

ผิวผลและปริมาตรของผลเพิ่มขึ้นตามพัฒนาการของอายุ อีกทั้งมีการสะสมของเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์เพิ่มขึ้นทำให้ลดการคายน้ำและมีผลทำให้การสะสมธาตุแคลเซียมลดลง (Blank and Lenz, 1989 อ้างโดย Cline and Hanson, 1992) ขณะที่สภาพที่พืชมีการคายน้ำสูงทำให้พืชมีการใช้น้ำสูงขึ้น เป็นผลให้มีการเคลื่อนย้ายธาตุแคลเซียมไปสะสมที่ผลมากขึ้น (Shear, 1980) ดังนั้นการหุ้มผลและใส่สารแคลเซียมคลอไรด์สามารถดูดความชื้นบริเวณผลให้ลดลงได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นสารดูดความชื้นที่ดี ทำให้ความชื้นบริเวณผลที่ใส่สารแคลเซียมคลอไรด์ต่ำกว่าการหุ้มผลและไม่ใส่สารดูดความชื้น (รูปที่ 20) การสะสมของธาตุแคลเซียมในเปลือกจึงสูงกว่า โดยเฉพาะหลังจากการหุ้มผลแล้ว 30 วัน (รูปที่ 21) แสดงให้เห็นว่า การหุ้มผลและใส่สารดูดความชื้นต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 30 วัน เป็นอย่างน้อยจึงจะมีผลต่อการคายน้ำและการเคลื่อนย้ายของธาตุแคลเซียม และการสะสมธาตุแคลเซียมในเปลือกมังคุด สอดคล้องกับการศึกษาในผลพริกหวานของ Tadesse และคณะ (2001) ซึ่งใช้เวลาในการสะสมธาตุแคลเซียม 30-60 วัน เพราะธาตุแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ช้าเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุชนิดอื่น ๆ จากผลการทดลองบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้มีเปอร์เซ็นต์น้ำในเปลือกสูงและมีผลทำให้เกิดเนื้อแก้วและยางไหลมากกว่าผลที่อยู่บริเวณความชื้นต่ำ (ตารางที่ 8) ความชื้นบริเวณผลมังคุดจึงมีผลต่อการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลภายในผลได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ทำให้เกิดอาการผลแตกด้วย โดยเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้เกิดอาการผลแตกได้ (Byers *et al.*, 1990) เช่นเดียวกับการแตกของผลพริกโดย Aloni และคณะ (1998) ได้กล่าวว่า สภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงในช่วงกลางคืนและมีการคายน้ำของผลน้อย มีผลทำให้เกิดการแตกของผลได้ นอกจากนี้ในพืชตระกูลส้มพันธุ์โชกุน เมื่อได้รับธาตุไนโตรเจนในปริมาณมาก จะทำให้ไปยับยั้งการดูดซึมธาตุแคลเซียม มีผลทำให้เกิดผลแตกได้ง่าย (เปรมปรี, 2544) เนื่องจากธาตุไนโตรเจนมีคุณสมบัติทำให้ท่อน้ำและท่ออาหารอ่อนแอลง (บริษัท เทพวัฒนาเคมี จำกัด, ม.ป.ป.)

จากความสัมพันธ์ของตำแหน่งผลบริเวณทรงพุ่ม แสดงให้เห็นว่า โครงสร้างต้นมังคุดมีลักษณะทึบ ทำให้การส่องผ่านของแสงในทรงพุ่มลดลง จึงมีผลทำให้การเคลื่อนไหวของอากาศน้อยและมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์สูง ต่างกับบริเวณรอบทรงพุ่ม จากสภาพอากาศบริเวณทรงพุ่มดังกล่าว ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณผิวผลมังคุด คือ มีความหนาแน่นของจำนวนช่องเปิดที่ผิวผลการใช้น้ำและการคายน้ำน้อยลง และหากมีปริมาณเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์เคลือบผิวมาก จึงสามารถขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำภายในผลได้มากขึ้น ส่งผลให้การสะสมของธาตุแคลเซียมในเปลือกลดลง ดังนั้นจึงมีเปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อแก้วและยางไหลมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณภายในและส่วนล่างของทรงพุ่มที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง เพราะเมื่อการสะสมปริมาณธาตุแคลเซียมในผลต่ำลง จึงนำไปสู่การเกิดผลแตก การเกิดเนื้อแก้วและยางไหลได้ การปรับปรุงคุณภาพผลผลิตจึงมีความสัมพันธ์กับทรงพุ่ม ซึ่งมีปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องอย่างสำคัญ คือ ประสิทธิภาพแสงที่พืชได้รับบริเวณทรงพุ่ม (รวี, 2540)

การป้องกันการได้รับน้ำทางดินและผล

การคลุมโคนต้นด้วยผ้าใยสังเคราะห์และการตัดยอดร่วมกับการพ่นสารเคลือบ สามารถลดการได้รับน้ำทางดินและผลได้ จากผลการทดลอง พบว่า ต้นมังคุดที่คลุมโคนต้นและตัดยอดหรือไม่ตัดยอดมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์เนื้อปกติมากกว่าต้นที่ไม่คลุมโคนต้นและตัดยอดหรือไม่ตัดยอด ส่วนเปอร์เซ็นต์เนื้อแก้ว ยางไหล และเนื้อแก้วร่วมกับยางไหล ในต้นที่ไม่คลุมโคนต้นและตัดยอดหรือไม่ตัดยอดมีมากกว่า เพราะการคลุมโคนต้นทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินน้อยกว่าการไม่คลุมโคนต้น (รูปที่ 25) และสามารถลดการได้รับน้ำบริเวณใต้ทรงพุ่ม จึงช่วยให้มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินลดน้อยลง (วรภัทร, 2539ข; ธีรวุฒิ, 2544) ขณะเดียวกันการตัดยอดทำให้บริเวณทรงพุ่มมีการส่องผ่านของแสงเข้าสู่ภายในทรงพุ่มได้มากขึ้น มีส่วนทำให้เพิ่มอุณหภูมิและลดเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ภายในทรงพุ่มได้ แสดงให้เห็นว่า การคลุมโคนต้นสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ดีกว่าการไม่คลุมโคนต้น ขณะเดียวกัน ต้นที่คลุมโคนต้นและตัดยอดช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ดีกว่าการไม่ตัดยอดเช่นกัน แต่จากการทดลองพบว่า การตัดยอดสามารถทำให้เกิดอาการใบไหม้บริเวณใบส่วนปลายยอดทรงพุ่มและทำให้ผลมังคุดเกิดอาการผิดปกติ เช่น ผิวไหม้ (sun burn) ผิวมีรอยย่น (growth wrinkles) ทั้งนี้เป็นเพราะทรงพุ่มได้รับความร้อนจากแสงมาก ทำให้เพิ่มการคายน้ำมากขึ้น มังคุดจึงต้องดึงน้ำมาใช้เพื่อรักษาสมดุลของต้น และน่าจะมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอ จึงปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ทำให้มีการสะสมความร้อนเพิ่มขึ้น (สายัณห์ และคณะ, 2544) จากการศึกษาลักษณะทรงพุ่มของมังคุดโดย Lau และ Wong (1996) พบว่า ต้นมังคุดมีดัชนีพื้นที่ใบมากและมีการกระจายแสงในทรงพุ่มต่ำ ดังนั้นการตัดแต่งทรงพุ่มจึงสามารถลดปัญหาดังกล่าว ซึ่งสามารถควบคุมความสูงและความกว้างทรงพุ่มให้เจริญลดลงได้ (ตารางที่ 11) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นมังคุดที่ไม่ตัดแต่งยอด แสดงให้เห็นว่าการตัดยอดช่วยเพิ่มการส่องผ่านของแสงและลดความชื้นในทรงพุ่มลงได้ (รูปที่ 27 และ 28) (มนตรี, 2543) เช่นเดียวกับผลมังคุดบริเวณในและรอบทรงพุ่ม ที่พบว่า ผลรอบทรงพุ่มมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์เนื้อแก้วยางไหล เนื้อแก้วร่วมยางไหลน้อยกว่าผลในทรงพุ่ม เนื่องจากผลรอบทรงพุ่มได้รับปริมาณแสงและมีการเคลื่อนไหวของอากาศได้ดีกว่า จึงมีการระเหยของน้ำจากผิวผลได้เร็ว โอกาสการเกิดเนื้อแก้วจึงน้อยกว่าผลในทรงพุ่มซึ่งมีการเคลื่อนไหวของอากาศน้อยและมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า Morales และคณะ (2000) พบว่า การตัดแต่งยอดทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในรอบวันบริเวณส่วนบนมากกว่าส่วนล่างของทรงพุ่ม จึงมีการเคลื่อนไหวของอากาศได้ดีและเพิ่มการระเหยของน้ำที่ผิวผลได้ดีขึ้น จากการวิเคราะห์คุณภาพผลมังคุด (ตารางที่ 12) ต้นมังคุดที่มีการคลุมโคนต้นและตัดยอด จึงมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์เนื้อปกติมากกว่าต้นที่ไม่คลุมโคนและไม่ตัดยอด จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างเปลือกของมังคุดปกติ โดย สุภา (2535) บริเวณผิวด้านนอกสุดของเปลือกประกอบ

ด้วยชั้นของคิวติเคิล อิพิเดอร์มิส พาเรนไคมาและสเคิลรีด ตามลำดับ โดยพบท่อน้ำยางและท่อน้ำแทรกอยู่บริเวณชั้นพาเรนไคมา ในสภาพที่คิวติเคิลมีลักษณะไม่ต่อเนื่องกันเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้มีช่องเปิดให้น้ำมีการถ่ายเทได้ โดยเฉพาะเลนติเซลที่ผลมังคุดสร้างขึ้นมาใหม่ เป็นช่องเปิดที่ไม่มีเซลล์ที่มีชีวิตและเป็นส่วนหนึ่งของเพอริเดิร์มที่ประกอบด้วย complementary tissue เรียงกันอยู่อย่างหลวม ๆ ทำให้มีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของน้ำและก๊าซได้ ดังนั้นจากการพ่นสารละลายพาราฟินนิค ออยล์และแคลเซียมคลอไรด์ พบว่า ทำให้มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแก้ว ยางไหลและเนื้อแก้วร่วมกับยางไหลน้อยกว่าผลที่พ่นสารอีมัลชั่นน้ำมันพืช ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้สารเคลือบผลสามารถลดการเกาะของน้ำบริเวณผิวผลได้ ทำให้การดูดซึมของน้ำทางผิวผลลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาโดย ธีรวุฒิ (2544) พบว่า การใช้สารเคลือบผลที่สกัดจากน้ำมันปิโตรเลียมหรือพาราฟินนิค ออยล์ ในสภาพที่มีฝนตกชุกสามารถลดการเกิดเนื้อแก้วได้ ขณะเดียวกันธาตุแคลเซียมสามารถช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์และสามารถลดการแตกของผลได้ โดยธาตุแคลเซียมจะเข้าไปมีผลต่อโครงสร้างของเซลล์ ทำให้เซลล์มีความแข็งแรงมากขึ้นและสร้างแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรง ผนังเซลล์ของผลจึงแข็งแรง (Yuen, 1993) เช่น การศึกษาในช่อผลลองกอง พบว่าการพ่นสารแคลเซียมคลอไรด์ 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยลดการแตกของผลได้ (จิรานาฎ และคณะ, 2538; มงคล และคณะ, 2542) นอกจากนี้จากการศึกษาในผลแอปเปิ้ล (Glenn *et al.*, 1985) และผลเชอร์รี่ (Glenn and Poovaiah, 1989) พบว่า ผลที่มีปริมาณธาตุแคลเซียมต่ำทำให้มีการผ่านของสารหรืออิออนทางเมมเบรนมากกว่าผลที่มีธาตุแคลเซียมสูง การพ่นธาตุแคลเซียมนอกจากช่วยเสริมความแข็งแรงกับเซลล์แล้ว ยังช่วยลดการดูดซึมน้ำของเมมเบรนที่ผิวผล ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการผิดปกติในผล แสดงให้เห็นว่า สารละลายพาราฟินนิค ออยล์และแคลเซียมคลอไรด์สามารถลดการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลในผลมังคุดได้ ขณะที่การเคลือบผลโดยใช้สารอีมัลชั่นน้ำมันพืชอาจจะมีผลให้การคายน้ำของผลช้าลง จึงมีการสะสมของน้ำภายในผลมากขึ้น ซึ่งพบว่า มีคุณสมบัติลดการคายน้ำได้ดีและสามารถชะลอการสุกของผลไม้ได้ (นิธิยา และคณะ, 2542) ต่างกับการใช้สารละลายพาราฟินนิค ออยล์ ถึงแม้จะเป็นสารประเภทน้ำมันเช่นเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่ำเพียง 0.25 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถลดการเกาะของหยดน้ำและน่าจะลดการคายน้ำของผลได้น้อยกว่า ส่วนแคลเซียมคลอไรด์แม้ไม่ได้เป็นสารเคลือบผลและลดการเกาะของหยดน้ำ แต่สามารถซึมผ่านเข้าสู่ผลได้ดี เนื่องจากสามารถแลกเปลี่ยนประจุและมีความเร็วในการดูดซึมได้ดี (Glenn and Poovaiah, 1985) นอกจากนี้อาจเกิดจากการได้รับอิทธิพลจากน้ำฝนที่มีปริมาณน้อยในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม 2544 โดยในเดือนกรกฎาคมมีปริมาณฝนตกมากที่สุด วันที่ 4 กรกฎาคม เพียง 15.20 มิลลิเมตร ส่วนเดือนสิงหาคมมีปริมาณฝนตกมากที่สุด วันที่ 4 สิงหาคม เพียง 21.40 มิลลิเมตร (รูปที่ 26) จากการศึกษาของ Bondada และคณะ (2000) พบว่า การใช้น้ำมันพืช 1 เปอร์เซ็นต์เป็นสารเคลือบสามารถเคลือบรอย

แตกของเซลล์และปากใบได้ โดยที่ยังสามารถแลกเปลี่ยนก๊าซได้ แต่สามารถถูกชะล้างออกได้หากได้รับน้ำฝนติดต่อกัน 25 มิลลิเมตรเป็นเวลา 90 นาที ทำให้การใช้น้ำมันพืช 2.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเคลือบผลมังคุดจึงเป็นระดับที่มีความเข้มข้นมากเกินไป ในสภาพที่มีฝนตกเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่า การใช้สารเคลือบที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันนอกจากคำนึงถึงการเกาะของหยดน้ำที่ผิวผล ควรลดผลกระทบต่อการคายน้ำด้วย

ดังนั้นจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ควรมีการควบคุมการให้น้ำ การตัดแต่งทรงพุ่ม และการป้องกันการได้รับน้ำของต้นและผล โดยเฉพาะในระยะก่อนเก็บเกี่ยวและในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต เพราะในระยะดังกล่าวผลมังคุดมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาซึ่งนำไปสู่การเกิดอาการเนื้อแก้วและยางไหลได้ เช่น การสร้างเอพิคิวติคิวลาร์ แว็กซ์เพิ่มขึ้น ทำให้ลดการคายน้ำของผล ซึ่งหากบริเวณทรงพุ่มมีความชื้นสัมพัทธ์สูง จะทำให้มีการสะสมของปริมาณน้ำในผลมากขึ้น ส่งผลให้การสะสมของธาตุแคลเซียมที่ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของผลลดลง การตัดแต่งทรงพุ่มเพื่อเพิ่มการส่องผ่านของแสงและลดความชื้นสัมพัทธ์ โดยเฉพาะบริเวณในทรงพุ่มและส่วนล่างทรงพุ่ม จึงเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติ แต่ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาถึงลักษณะรูปแบบและระดับการตัดแต่งที่เหมาะสม รวมถึงช่วงเวลาของการตัดแต่ง เพราะอาจจะมีผลต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตได้ นอกจากนี้การควบคุมการให้น้ำแก่ต้นมังคุดไม่ให้ได้รับน้ำมากเกินไปหรือน้อยเกินไป ตั้งแต่ในระยะก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตหรือประมาณ 9 สัปดาห์หลังดอกบาน นอกจากลดอาการการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลได้แล้ว ยังช่วยรักษาคุณภาพผลผลิตอื่น ๆ ได้ เช่น ขนาดผล น้ำหนักผล และรสชาติ เป็นต้น ส่วนกรณีในสภาพแปลงทั่วไปที่ไม่อาจควบคุมการได้รับน้ำโดยตรงจากน้ำฝน การลดปริมาณน้ำทางดินโดยใช้วัสดุคลุมบริเวณโคนต้นอาจจะไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ แต่สามารถทำได้โดยเพิ่มการระบายน้ำทางดินหรือเลือกพื้นที่ปลูกที่มีการระบายน้ำดีและไม่มีน้ำท่วมขังได้ง่าย เพื่อลดการดูดซึมน้ำของต้น ขณะที่การลดการดูดซึมน้ำทางผิวผล การใช้สารเคลือบผลจึงเป็นวิธีที่เหมาะสม โดยเฉพาะในสภาพที่มีฝนตกชุก แต่ทั้งนี้ควรมีการศึกษาถึงชนิดและระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเคลือบผล ที่จะไม่มีผลกระทบต่อการคายน้ำของผล พร้อมทั้งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ส่วนในสภาพที่ไม่มีฝนตกชุกการใช้สารที่มีองค์ประกอบของธาตุแคลเซียมบำรุงผล น่าจะช่วยลดปัญหาผลแตกได้ ฉะนั้นการจัดการดังกล่าวจึงควรมีการจัดการควบคู่กันไป จึงจะสามารถช่วยลดการเกิดเนื้อแก้วและยางไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น