บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

สตรอเบอรี่จัดเป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อนขนาดเล็กที่มีอายุหลายปี จัดอยู่ในตระกูล Rosaceae สกุล *Fragaria* (ชูพงษ์, 2531) มีลำต้นแบบ crown มีลักษณะเป็นข้อและมีตาอยู่บริเวณข้อที่มุมของก้านใบ สามารถพัฒนาไปเป็นลำต้นแขนง ใบ ช่อดอก และไหล โดยไหลจะเจริญเป็นต้นไหลที่ใช้ในการขยายพันธุ์ต่อไป ใบจัดเป็นใบประกอบมี 3 ใบย่อย รูปร่างของใบย่อยเป็นรูปไข่ ตอนบนของใบย่อยมีขอบจักแบบหยักซี่ฟัน (dentate) ส่วนฐานใบย่อยมีขอบเรียบ (entire) ใบย่อยตรงกลางมีฐานใบเป็นรูปลิ่ม (cuneate) ส่วนใบย่อยด้านข้าง มีฐานใบเป็นรูปเฉียง (oblique) ก้านใบยาวและด้านบนเป็นร่องหูใบมีขนาดใหญ่อยู่ที่ฐานของก้านใบทำหน้าที่ปกคลุมราก

การออกดอกเป็นแบบช่อกระจุก (cyme) ส่วนมากเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีกลีบดอกสีขาว จำนวน 5 กลีบ ส่วนดอกที่อยู่กลางช่อดอกมีกลีบดอก 6-8 กลีบ เกสรตัวผู้มีประมาณ 20 อัน ฐานรองดอกมีรูปร่างกลมหรือรูปกรวยรองรับเกสรตัวเมียจำนวนมาก เมื่อไข่ได้รับการผสมจะกระตุ้นให้ฐานรองดอกขยายตัวออกเจริญไปเป็นผลแบบผลกลุ่ม (aggregate fruit) โดยผลย่อยจัดเป็นผลแห้งเมล็ดล่อน (achene) มีเมล็ดพันธุ์อยู่บนฐานรองดอก เมื่อสุกจะมีสีแดง กลิ่นหอม และมีรสหวานอมเปรี้ยว (สังคม, 2532)

การพัฒนาของดอกและผล

สตรอเบอรี่มีการออกดอกเป็นช่อซึ่งช่อดอกนี้เป็นส่วนหนึ่งของลำต้นที่เปลี่ยนแปลงไป และที่แต่ละข้อของช่อดอกจะมีตาซึ่งจะพัฒนาไปเป็นช่อได้อีก โดยข้อแรกจะมีขนาดใหญ่ที่สุดและข้อถัดไปมีขนาดเล็กลง การเกิดดอกในแต่ละช่อจะประกอบด้วยดอกหลายลำดับ คือ ลำดับที่หนึ่ง (primary) มี 1 ดอก ลำดับที่สอง (secondary) มี 2 ดอก ลำดับที่สาม (tertiary) มี 4 ดอก และลำดับที่สี่ (quaternary) มี 8 ดอก โดยการออกดอกนี้เป็นผลมาจากการตอบสนองอย่างเฉพาะเจาะจงต่อความยาวของช่วงแสง โดยช่วงที่ความยาววันสั้นลงจาก 13 ชั่วโมงเหลือ 11 ชั่วโมง ตาที่อยู่ที่โคนใบจะพัฒนาเป็นตาดอกได้เช่นเดียวกับในสภาพที่ความยาววัน 12 ชั่วโมงและอุณหภูมิที่ 18 องศาเซลเซียส ซึ่งจะผันแปรไปตามสายพันธุ์ (ณรงค์ชัย, 2543) ซึ่งอุณหภูมิต่ำมีส่วนร่วมในการกระตุ้นการออกดอกด้วย (สังคม, 2532) โดย Denes (1997) พบว่าหน่อของสตรอเบอรี่นั้นจะเริ่มสร้างตาดอกเมื่อมีความยาววันน้อยกว่า 14

ชั่วโมงและมีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ในสภาพที่ความยาววันน้อยกว่า 14 ชั่วโมง ขณะที่อุณหภูมิสูงจะไม่สามารถทำให้เกิดตาดอกได้

เมื่อเกิดการสร้างดอกแล้ว ส่วนของเกสรตัวเมียจะมีระยะเวลารับการผสมเกสรอยู่นาน 10 วัน หลังจากดอกบาน เมื่อได้รับการปฏิสนธิแล้วกลีบดอกจะร่วง จากนั้นยอดเกสรตัวเมียจะแห้งโดยใช้เวลาเพียง 24-48 ชั่วโมง (ณรงค์ชัย, 2543) เมื่อดอกได้รับการผสมแล้วจะพัฒนาเป็นผล เกิดการแบ่งเซลล์ ขยายขนาด และสร้างช่องว่างระหว่างเซลล์อย่างต่อเนื่อง ในระยะพัฒนาของผลนั้นเมล็ดมีความสำคัญมากเนื่องจากเมล็ดเป็นแหล่งสร้างฮอร์โมนออกซินซึ่งจำเป็นต่อการเจริญของผล ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาของผลจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ พื้นที่ปลูก และช่วงเวลาที่ปลูก เช่น สตรอเบอรี่ที่ปลูกบนพื้นราบจังหวัดเชียงใหม่จะใช้ระยะเวลาตั้งแต่ดอกบานจนถึงผลแก่เต็มที่ 25-30 วัน (สังคม, 2532) โดยผลแรกในช่อจะมีขนาดใหญ่ที่สุด เก็บเกี่ยวผลได้ก่อนและมีปริมาณเมล็ดมากที่สุดด้วย (ณรงค์ชัย, 2543)

การปลูกสตรอเบอรี่

การเลือกพื้นที่ปลูกสตรอเบอรี่เป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก พื้นที่ที่เหมาะสมควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่สำคัญได้แก่ สภาพของดินเป็นดินร่วนซุย มีการระบายน้ำดี ลักษณะดินเหนียวและแข็งจะทำให้ระบบรากพัฒนาได้ไม่ดีมีผลต่อการเจริญของต้นและผลผลิตต่ำ จึงควรปรับสภาพดินและตรวจหาปริมาณธาตุอาหารที่จะเป็นประโยชน์ต่อสตรอเบอรี่ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากการขาดธาตุอาหารก่อนที่จะปลูก ชนิดของพืชที่เคยปลูกมาก่อนในแปลงที่จะเป็นแหล่งสะสมเชื้อสาเหตุของโรคหลายชนิดที่อาศัยอยู่ในดินเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกพื้นที่ปลูกให้เหมาะสม (ประสาทพร และดนัย, 2544) การปลูกต้องพิจารณาเลือกต้นพันธุ์ที่ดีและเหมาะสมกับพื้นที่ปลูก รวมถึงช่วงระยะเวลาที่ปลูก ขนาดของต้น ความหนาแน่นของต้น และระยะเวลาที่เก็บเกี่ยว ผู้ปลูกควรมีการวางแผนก่อนการปลูกและมีวิธีการเก็บเกี่ยวที่ดี (Bentvelsen *et al.*, 1997) พันธุ์ที่จะปลูกต้องเหมาะสมกับพื้นที่ และปลอดจากโรคไวรัส ระยะปลูกจะเปลี่ยนแปลงไปตามพันธุ์และพื้นที่ปลูก ความเป็นกรดด่างของดินที่เหมาะสมซึ่งอยู่ในช่วง 5.0-6.5 จะทำให้มีการเจริญเติบโตได้ดี (Mahler and Barney, 2001)

สำหรับประเทศไทยการผลิตสตรอเบอรี่บนพื้นราบในฤดูปลูกหลักนั้น เกษตรกรจะเริ่มปลูกตั้งแต่กลางเดือนกันยายนถึงกลางเดือนตุลาคม แต่ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะร่นเวลาปลูกให้เร็วขึ้นในพื้นที่สูงที่มีระบบน้ำและสภาพอากาศเหมาะสม (ประสาทพรและดนัย, 2544) เพราะถ้าหากปลูกช้าเกินไปจะ

ทำให้ผลผลิตออกช้าตามไปด้วย ในสภาพพื้นที่สูงจะมีช่วงเวลาปลูกที่เหมาะสมเพื่อให้ได้รับผลผลิตสูงสุดคือก่อนปลายเดือนกันยายนเป็นอย่างช้า (ณรงค์ชัย, 2541)

สตรอเบอรี่เป็นพืชที่มีระบบรากตื้นและต้องการดินที่มีการระบายน้ำที่ดี การเตรียมแปลงปลูกจึงควรทำการเตรียมดินโดยไถดินและตากทิ้งไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ อาจรมดินด้วย methyl bromide เพื่อลดปริมาณเชื้อสาเหตุของโรคที่มีอยู่ในดิน วัชพืช รวมไปถึงไส้เดือยฝอยด้วย (Zorin *et al.*, 1997) บนแปลงปลูกควรพรวนดินให้มีลักษณะร่วนซุยและให้มีระดับความลึกประมาณ 50 เซนติเมตร นิยมปลูกทั้งแบบแถวเดี่ยวและแบบสองแถวคู่ ระยะระหว่างต้น 25-30 เซนติเมตร และระยะระหว่างแถวประมาณ 45 เซนติเมตร โดยยกแปลงปลูกกว้าง 50 เซนติเมตร สูง 15-30 เซนติเมตร โดยให้บนร่องปลูกมีความกว้าง 1.1-1.2 เมตร (สังคม, 2532) การปลูกเพื่อผลิตผลสดนิยมยกร่องให้สูงเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้ดี ทำให้ผลที่อยู่ในทรงพุ่มได้รับแสงอย่างเต็มที่ซึ่งจะช่วยในการพัฒนาของสีและลดการเกิดโรคได้ด้วย และทำให้มองเห็นผลได้ง่ายเมื่อต้องการเก็บผลผลิต (ประสาทพรและดนัย, 2544)

การคลุมแปลงด้วยวัสดุต่างๆ เช่น ฟางข้าว ใบตองเหียง หรือพลาสติกสีดำ สามารถช่วยควบคุมความชื้นและวัชพืช สิ่งสำคัญคือช่วยป้องกันไม่ให้ผลผลิตสตรอเบอรี่เน่าเสียจากการสัมผัสผิวดิน (Denes, 1997) การให้ปุ๋ยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ปลูก ระยะการเจริญเติบโต ชนิดของดินและอื่นๆ (สังคม, 2532) การวางแผนการให้ปุ๋ยที่ดีช่วยกระตุ้นให้การเจริญของรากแข็งแรง ซึ่งส่งผลให้มีการสร้างตาดอกมาก ผลมีคุณภาพดี และอายุการเก็บรักษาอยู่ได้นาน ปริมาณธาตุอาหารที่มีมากหรือน้อยเกินไปส่งผลให้ต้นแสดงลักษณะผิดปกติได้ (Stirling, 1997)

การให้น้ำสตรอเบอรี่ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโต ปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้งควรอยู่ในระดับที่เหมาะสมและต้องพิจารณาถึงลักษณะของดินด้วย โดยไม่ควรให้มากเกินกว่าที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้ การให้น้ำมากเกินไปในช่วงที่ผลกำลังพัฒนาทำให้ผลสตรอเบอรี่นิ่ม และเกิดความเสียหายจากปัญหาเรื่องผลเน่าหรืออ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค (สังคม, 2532) วิธีการให้น้ำที่เหมาะสมและถูกต้องควรให้เฉพาะทางดินเท่านั้น ไม่ควรทำให้ต้นและใบของสตรอเบอรี่เปียกน้ำไปด้วยเพราะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการระบาดของโรคพืชได้ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญและรุนแรงมากสำหรับโรครากเน่าของสตรอเบอรี่ควรป้องกันตั้งแต่ระยะแรกโดยการใช้พันธุ์ที่ต้านทานโรค การใช้ต้นไหลที่แข็งแรงจากแม่พันธุ์ที่ปลอดโรค การเตรียมดินให้มีการระบายน้ำและระบายอากาศดี กำจัดวัชพืชที่เป็นแหล่งของโรคและแมลงพาหะนำโรค การจัดการเขตกรรมโดยการให้น้ำและปุ๋ยอย่างถูกต้องและเหมาะสม เป็นต้น (Jansen, 1997)

ความสัมพันธ์ของน้ำและพืช

น้ำมีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของพืช เนื่องจากเป็นส่วนประกอบภายในที่มีมากที่สุดของต้นพืชซึ่งมีมากถึง 85-90 เปอร์เซ็นต์ การเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ต้องอาศัยน้ำทำหน้าที่เป็นตัวกลาง เป็นตัวทำละลายสารต่างๆ นอกจากนี้การดูดอาหารของรากจากดิน การเคลื่อนที่ของอาหารภายในต้น ล้วนแล้วแต่ต้องอาศัยน้ำเป็นตัวนำ ทำให้เกิดความเต่งของเซลล์สามารถตั้งตัวอยู่ได้ และยังช่วยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้อีกด้วย นอกจากนั้นน้ำยังเป็นแหล่งของก๊าซออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจและไฮโดรเจนถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง เป็นแหล่งที่ใช้ในการผลิต ATP จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (ดนัย, 2537) ปริมาณน้ำที่ให้มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ ค่าการนำไฟฟ้าของปากใบ อัตราการคายน้ำ ประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสง และประสิทธิภาพการใช้น้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตต่อไป (Palma and Novello, 1997) น้ำจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับการปลูกพืชให้ประสบความสำเร็จที่มีผลทั้งทางด้านสรีรวิทยาและกายภาพ ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต ระบบราก และการสังเคราะห์แสงของใบ การพัฒนาของดอก การติดผล และสุดท้ายแล้วมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตด้วย (Michelakis *et al.*, 1997)

การเจริญเติบโตและการปรับตัวของพืชต่อสภาวะเครียดจากการขาดน้ำ

การให้น้ำแก่พืชในปริมาณที่ไม่เพียงพอมีผลต่อการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสงและการนำไฟฟ้าของใบลดลง ในสภาพที่ความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของน้ำในดินลดลง ทำให้ศักย์ของน้ำในพืชลดลงและมีผลต่อความเต่งของเซลล์ลดลงด้วย (Shackel *et al.*, 2000) การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชจึงขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของการแบ่งเซลล์ การขาดน้ำมีผลทำให้การแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ลดลงย่อมมีผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพของพืช (Kramer, 1983) ทำให้พื้นที่ใบลดลงอย่างเห็นได้ชัด อัตราการเจริญเติบโตลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะแรกของการเจริญเติบโต และการยืดยาวของลำต้นลดลงด้วย (Begg and Turner, 1976) สำหรับพืชบางชนิดการขาดน้ำไม่มีผลทำให้พื้นที่ใบลดลงแต่ไปเพิ่มความหนาของใบ ซึ่งทำให้น้ำหนักต่อพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น ใบหนาขึ้นโดยการเพิ่มขึ้นของสารเคลือบผิวหรือขนใบที่มากขึ้น (Kramer, 1983) เช่นที่พบในสภาพต้นอ่อนขาดน้ำมีการเปลี่ยนแปลงความหนาใบมากขึ้นและอัตราของ photoinhibition เพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลให้มีความต้านทานการขาดน้ำมากกว่าใบที่บางกว่า (During, 1999) นอกจากนั้นการขาดน้ำมีผลกระทบต่อความสูงของต้น พื้นที่ใบ จำนวนใบ

จำนวนกิ่ง น้ำหนักสดและแห้งใบ และจำนวนดอก การติดผล และผลผลิตต่อต้นของมะเขือเทศลดลงด้วย (Byari and Al-Rabighi, 1997)

สภาวะเครียดจากน้ำยังมีผลต่อส่วนขยายพันธุ์ ทำให้การยืดยาวของช่อดอกและการสร้างดอกชะงัก ขัดขวางการผสมเกสร จำนวนและขนาดของเมล็ดลดลง การลดการให้น้ำลงส่งผลให้การติดผลลดลง ผลมีขนาดเล็ก (Hsiao, 1995) และเกิดการไม่ติดผลได้ ทำให้ผลพลับร่วงหลังจากผสมพันธุ์และหลังการติดผลแล้วประมาณหนึ่งสัปดาห์ มีจำนวนผลและเมล็ดลดลงด้วย (George *et al.*, 1995) Karafyllidis *et al.* (1997) พบว่าการขาดน้ำในระยะการเจริญทางลำต้นของมันฝรั่งทำให้ได้ผลผลิตไม่ดี มีผลกระทบต่อการทำงานทางสรีรวิทยา ทำให้ระยะเวลาของการพักตัวเพื่อสร้างหัวลดลง จำนวนหัวและขนาดของหัวลดลง การให้น้ำที่ต่ำกว่า 53 เปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำในระยะการเกิดของหัวทำให้ผลผลิตทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลงเนื่องจากการเจริญของใบ พื้นที่ใบและน้ำหนักใบลดลง (Nimah *et al.*, 2000) สอดคล้องกับ Lakso and Dunst (1999) ที่พบว่าการขาดน้ำทำให้การเจริญของผล น้ำหนักผลและจำนวนช่องอุ่นลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการสังเคราะห์แสงในใบลดลง ในทำนองเดียวกันส้มมีการตอบสนองต่อสภาวะเครียดต่างกันขึ้นอยู่กับระยะการพัฒนาของผล ทำให้ขนาดของผล คุณภาพของผลในด้านรสชาติของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดลดลง (Gonzalez-Altozano and Castel, 2000)

Save *et al.* (1993) รายงานว่าการตอบสนองของสตรอเบอรี่ต่อสภาวะเครียดจากน้ำมีผลทำให้ผลผลิตลดลงกว่าต้นที่ได้รับน้ำปกติอย่างมีนัยสำคัญ ดารณี (2532) ได้ศึกษาปริมาณน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสตรอเบอรี่ พบว่าการให้น้ำมาก (2.0 และ 1.5 ET_c) มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของลำต้นรวมก้านใบ ใบ ขนาดผล และผลผลิตสูงกว่าการให้น้ำน้อย (1.0 และ 0.5 ET_c) แต่ลักษณะคุณภาพของผล ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดในผลของต้นที่มีการให้น้ำมากต่ำกว่าต้นที่ให้น้ำน้อย Ameglio *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาผลของการขาดน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาของบลูเบอรี่พันธุ์ Highbush พบว่าบลูเบอรี่ตอบสนองต่อการขาดน้ำเร็วมาก สังเกตได้จากการปิดของปากใบ การลดลงของการคายน้ำอย่างรวดเร็วเมื่อค่าศักย์ของน้ำลดลง และยังมีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของปากใบลดลง ให้ผลสอดคล้องกับ Cantore and Boari (2000) พบว่าในสภาพการขาดน้ำของพริกไทยมีผลต่อทั้งทางสรีรวิทยาและกายภาพ โดยทำให้ปริมาณโปรตีนในใบเพิ่มขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าของปากใบ การคายน้ำ และอัตราการเคลื่อนย้ายสารลดลง และยังส่งผลให้การสังเคราะห์แสง ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของต้นและใบ และผลผลิตลดลง (Loreto *et al.*, 2000)

สอดคล้องกับ Delfine *et al.* (2000) ที่ทำการศึกษาผลของการขาดน้ำในพริกหวาน พบว่ามีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสง และค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าการให้น้ำปกติ น้ำหนักแห้งของต้นและใบลดลง

Chartzoulakis *et al.* (2000) ได้ศึกษาสภาวะเครียดจากการขาดน้ำในมะกอกที่ปลูกในกระถางขนาด 50 ลิตร พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงลดลงในช่วงเช้าเมื่อศักย์ของน้ำในใบลดลงถึง –1.3 MPa และเมื่อตัดใบตามขวางพบว่าใบบางกว่าใบที่ได้รับน้ำปกติ และเมื่อทำการศึกษาวิธีการให้น้ำกับมะกอก 5 ระดับ คือ 20 40 60 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำ พบว่าการให้น้ำ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำ ทำให้น้ำหนักสดและแห้งของรากลดลง ใบเสื่อมสภาพเร็วขึ้น พื้นที่ใบ จำนวนใบ ความสูงของต้น จำนวนยอดลดลง (Arzani and Arji, 2000) มีผลให้การเจริญของผล ผลผลิต และการสะสมน้ำมันลดลง มีการร่วงของผลเพิ่มขึ้นและการแก่ของผลเร็วขึ้น (Inglese *et al.*, 1999)

ผลกระทบของการขาดน้ำที่มีต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยา ได้แก่ พฤติกรรมของปากใบ การสังเคราะห์แสง การหายใจ การเคลื่อนย้ายสารประกอบที่สังเคราะห์จากพืช ความสมดุลของฮอร์โมนและกระบวนการเมตาโบลิซึมของไนโตรเจน การตอบสนองเบื้องต้นของพืชที่สำคัญพบว่าระดับของ abscisic acid และปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะเครียด โดยที่การสะสมโพรลีนเกี่ยวข้องกับการต้านทานต่อความแห้งแล้ง (Begg and Turner, 1976) เช่นเดียวกับ Yizhi and Tian (2000) ที่รายงานว่าการตอบสนองของถั่วเหลืองต่อสภาวะเครียดจากการขาดน้ำคือการสะสมโพรลีนอิสระและ endogenous abscisic acid เพิ่มขึ้น ซึ่งสารทั้งสองชนิดสามารถใช้เป็นตัวชี้ถึงการทนต่อความแห้งแล้งได้ และจากการทดลองของ Barker *et al.* (1993) พบว่าการขาดน้ำในพืชพวกหญ้ามีผลทำให้ปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้น 20 เท่าจากสภาวะปกติ และในข้าวพันธุ์ Gamtoos และ Kariega ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ทนแล้งมีปริมาณโพรลีนในใบสูงกว่าพันธุ์ SST66 และ SST57 ซึ่งเป็นพันธุ์ไม่ทนแล้ง (Strauss and Agenbag, 2000)

เมื่อเกิดสภาวะขาดน้ำพืชจะคายน้ำได้เร็วกว่าการดูดและลำเลียงน้ำของรากมาทดแทนส่วนที่คายน้ำออกไป ทำให้ต้นไม้สูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว พืชจึงมีการตอบสนองโดยการสะสม abscisic acid ทำให้ปากใบปิดและลดการคายน้ำลง (ดนัย, 2537) จากการศึกษาผลของ abscisic acid ต่อการเพิ่มขึ้นของ K^+ และการสะสมโพรลีนในแรดิชพบว่า abscisic acid ชักนำให้มีการสะสมโพรลีนและ K^+ เพิ่มขึ้นซึ่งมีผลให้มีการนำน้ำไปใช้ทดแทนได้ดีขึ้น หลังจากเกิดการขาดน้ำมากจะทำให้การสังเคราะห์แสงต่ำลงได้ (Nilsen and Orcutt, 1996) ถ้ามีความเครียดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรุนแรงจะทำให้การทำงานของคลอโรพลาสต์และเอนไซม์ลดลง (Begg and Turner, 1976)

การศึกษาความสามารถของพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่ขาดน้ำนั้นจะมีความต้านทานต่อการขาดน้ำ การลดการสูญเสียน้ำทางคิวติเคิลและการปิดของปากใบ เช่น สับปะรด ทำให้ค่าศักย์ของน้ำและแรงดันเต่งสูงอยู่ตลอดเวลา และ mesophyll resistance เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นถ้าอยู่ในสภาวะเครียดมากพืชจะคายน้ำน้อยลง (Cox and Boersma, 1967) การทิ้งใบหรือการเร่งให้ใบแก่เร็วขึ้นเป็นกลไกที่ช่วยลดการใช้น้ำได้ การหมุนตัวของใบให้ขนานกับแสง และการสั่นหรือการม้วนตัวของใบจะช่วยลดพื้นที่ของใบที่สัมผัสแสง เป็นกลไกปรับตัวเพื่อลดพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะตกกระทบผิวใบ การมีสารเคลือบใบของข้าวฟ่างบางพันธุ์ช่วยในด้านการตกกระทบของแสง ทำให้การคายน้ำลดลงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ (Begg and Turner, 1976) ในรายงานการศึกษาสภาวะขาดน้ำกับมะเขือเทศมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลง (Castrillo and Calcagno, 1989) ให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Huang *et al.* (1994) ที่พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของข้าวบาร์เลย์ และพืชหญ้าสวันนาลดลงเช่นกัน การขาดน้ำในถั่วเหลืองมีผลกระตุ้นทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของใบ เห็นได้จากการลดลงอย่างรวดเร็วของปริมาณคลอโรฟิลล์ (De Souza *et al.*, 1997)

กลไกทางสรีรวิทยาที่สำคัญที่สุดที่ทำให้พืชทนต่อสภาวะเครียดได้ คือ การปรับค่าศักย์ไฟฟ้าให้ลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียน้ำจากเซลล์ในช่วงการขาดน้ำ ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในเซลล์เพิ่มขึ้น (Begg and Turner, 1976) โดย Ollat and Tandonnet (1999) พบว่าการสะสมของโพรลีนตอบสนองต่อการปรับค่า osmotic potential ในขณะที่ Kubota *et al.* (1973) พบว่าในสภาพขาดน้ำพืชมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดโพรลีนอิสระ กรดแอสพาร์ติกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีความเข้มข้นที่สูงไปนานจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

การตอบสนองของพืชต่อสภาวะน้ำท่วมขัง

สภาพน้ำท่วมขังทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนในดินบริเวณรอบรากพืช มีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในต้นพืชลดลง มีผลให้การเคลื่อนย้ายของธาตุอาหารจากรากไปยังส่วนเนื้อเยื่อใบลดลงด้วย ในสภาพขาดออกซิเจนทำให้พลังงานในการดูดอาหารขึ้นมาใช้ลดลง และเปลี่ยนแปลงความสามารถในการใช้ประโยชน์ได้ของธาตุอาหารลดลง ในพืชบางชนิดเมื่อเกิดน้ำท่วมขังมีผลทำให้เกิด chlorosis ในใบพืชอีกด้วย (Kramer, 1951) สิ่งที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลันกับพืชในสภาพที่ดินขาดออกซิเจนคือ การลดลงของการหายใจแบบใช้ออกซิเจน และเมื่อน้ำขังเป็นระยะเวลานานทำให้เกิดสภาพที่ขาดออกซิเจนในชั้นดินบริเวณรอบรากพืช เซลล์รากเปลี่ยนไปเป็นการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Hale and Orcutt, 1987) ซึ่งการหายใจแบบนี้มีประสิทธิภาพน้อยกว่าการหายใจแบบใช้ออกซิเจน ผลผลิตสุดท้ายที่ได้คือ

เอทธานอลที่มีพิษต่อพืช (ดนัย, 2537) ในสภาวะดินที่ถูกน้ำท่วมขังส่วนของพืชที่อยู่เหนือดินที่ไม่จมน้ำมีการตอบสนองเบื้องต้นโดยการปิดปากใบ การนำไฟฟ้าของปากใบต่ำประกอบกับความชื้นสัมพัทธ์สูงส่งผลไปทำให้ลดการดูดน้ำของราก และเมื่อสภาพขาดออกซิเจนยังเกิดขึ้นต่อไปอีกการดูดน้ำของรากจะถูกยับยั้ง (Hale and Orcutt, 1987) จากการทดลองของ Jiang and Lenz(1998) ที่ให้น้ำท่วมขังกับสตรอเบอรี่ พบว่าค่าศักย์ของน้ำในท่อน้ำของใบลดลง พืชแสดงอาการเหี่ยวและแก่เร็วขึ้น โดยเฉพาะจะเห็นได้ชัดเจนในพืชที่มีความอ่อนแอ เช่น มะเขือเทศ ข้าวสาลี พริกไทยและถั่วชนิดต่างๆ เป็นต้น (Pezeshki, 1994) พันธิภา (2544) พบว่าในสภาพน้ำท่วมขังข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการถูกน้ำท่วมขังมีน้ำหนักราก ลำต้นและน้ำหนักแห้งรวมลดลง และการออกดอกช้าออกไป 6-23 วัน การให้น้ำท่วมขังกับอ้อยในแปลงและในโรงเรือนทำให้การเจริญเติบโตลดลง และในมะเขือเทศแสดงอาการใบเหี่ยวและการเจริญเติบโตลดลงเช่นกัน (Samuels, 1973)

การปรับตัวของพืชต่อสภาวะน้ำท่วมขังจะมีการปรับตัวทางสรีรวิทยา กายภาควิทยาและสัณฐานวิทยา และมีความสามารถทนทานโดยกระบวนการเมตาโบลิซึมได้แตกต่างกัน Zhou *et al.* (1997) พบว่าการให้น้ำท่วมขังกับ winter rape จะมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลง ขนาดของต้น จำนวนก้านที่แตกออกต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝักลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การทดลองในถั่วพุ่มที่ได้รับสภาพน้ำท่วมขังตลอดระยะการทดลองมีผลทำให้การเจริญเติบโตและขนาดต้นต่ำกว่าการให้สภาพน้ำท่วมขังในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น และมีผลต่อการเสื่อมสภาพของใบ ปริมาณผลผลิต ขนาดฝัก และเมล็ดลดลงอย่างมีนัยสำคัญด้วยเช่นกัน (Umaharan *et al.*, 1997)

โพรลีน

โพรลีนเป็นกรดอะมิโนที่ประกอบเป็นโปรตีนของสิ่งมีชีวิตทั้งในพืช สัตว์ และแบคทีเรีย พบสองรูปแบบ คือ โพรลีนอิสระ และโพรลีนร่วม ที่พบในพืชมีการสะสมโพรลีนในราก ลำต้น ใบ และส่วนต่างๆของพืชในรูปโพรลีนอิสระ ในสภาพการขาดน้ำพืชตอบสนองต่อการสังเคราะห์และสะสมโพรลีนในปริมาณที่สูงมากภายในไซโตพลาสซึมของเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นเมโซฟิลล์ของใบเพื่อลดอัตราการสูญเสียธาตุอาหาร คาร์บอน และไนโตรเจน ปริมาณโพรลีนที่สะสมขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของการสลายตัวของโปรตีนและอัตราเร็วของการสร้างและสลายตัวของโพรลีนอิสระ ซึ่งการสร้างและสลายตัวของโพรลีนขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในใบและหรือระยะเวลาของการสังเคราะห์แสง พบว่าในสภาพการขาดน้ำใบที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากจะมีการสะสมโพรลีนอิสระสูงกว่าใบที่ไม่สะสมคาร์โบไฮเดรต (วัลลภ, 2539) Clifford *et al.* (1999) พบว่าเมื่อต้นพุทราขาดน้ำ

ทำให้ปริมาณน้ำตาลเฮกโซสเพิ่มขึ้น 1.5 เท่า และโพรลีนเพิ่มขึ้น 35 เท่าต่อหน่วยน้ำหนักแห้ง และโพรลีนเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของใบ แม้ว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับสภาพขาดน้ำอย่างรุนแรงแต่ในช่วงแรกจะมีปริมาณต่ำ และในสภาพเครียดน้อยจะมีการตอบสนองต่ำมาก การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเนื้อเยื่อเพียงพอและแปรเปลี่ยนกลับมาอยู่ในสภาพเดิมได้เมื่อให้น้ำอีกครั้ง (Hsiao, 1973)

การสะสมโพรลีนขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณคลอโรฟิลล์ ความสามารถของการสังเคราะห์แสง ระยะของการเจริญเติบโต ตำแหน่งของใบ และอายุของใบ เป็นต้น ซึ่งการสะสมโพรลีนมีปริมาณมากในส่วนของแผ่นใบ จากรายงานของ El-Tayeb and Hassanein (2000) ซึ่งพบว่าเมื่อให้ *Vicia faba* อยู่ในสภาพขาดน้ำมีผลให้โปรตีนที่ละลายน้ำได้ กรดอะมิโนอิสระ และปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้น โดยปริมาณโพรลีนในใบเพิ่มขึ้นมากกว่าในราก สอดคล้องกับ Phutela *et al.* (2000) ที่ได้ทำการศึกษาในผักกาด (*Brassica juncea*) พันธุ์ต่างๆ พบว่าพันธุ์ Varuna มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพรลีนในใบและรากเพิ่มขึ้นจาก 8.4 และ 5.3 ไมโครโมลต่อกรัม เป็น 128.2 และ 44.5 ไมโครโมลต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ Prakash ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ไม่ทนแล้ง ปริมาณโพรลีนในใบและรากเพิ่มขึ้นจาก 7.0 และ 1.8 ไมโครโมลต่อกรัม เป็น 62.9 และ 13.4 ไมโครโมลต่อกรัม ตามลำดับ โดยการคงสภาพของโพรลีนในเซลล์พืชนั้นช่วยให้ส่วนประกอบภายในเซลล์ต่างๆของพืชมีความคงตัวอยู่ได้

การเพิ่มขึ้นของโพรลีนจะสัมพันธ์กับความสามารถในการทนแล้งได้ โดยพืชพันธุ์ที่ทนแล้งจะมีปริมาณโพรลีนที่สูงกว่าพันธุ์ไม่ทนแล้ง เช่น ในพุทราที่ทนแล้งมีปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้นถึง 35 เท่า (Clifford *et al.*, 1999) ในถั่วเหลืองพันธุ์ที่ทนต่อการขาดน้ำมีปริมาณโพรลีนที่สูงกว่าพันธุ์ที่ไม่ทนแล้งเช่นกัน (Yizhi and Tian, 2000) เช่นเดียวกับ Siswanto and Sopian (1997) ที่พบว่าในกาแฟพันธุ์ที่ทนแล้งคือพันธุ์ BGN371 และ BP409 มีการสะสมโพรลีนในปริมาณที่สูงกว่าพันธุ์ที่ไม่ทนแล้ง สภาวะเครียดจากน้ำในกาแฟมีผลทำให้โพรลีนในใบเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการสะสมโพรลีนไม่เพิ่มขึ้นมากเป็นหลายเท่าเช่นเดียวกับการตอบสนองในพืชชนิดอื่น (Maestri *et al.*, 1995) การเพิ่มขึ้นของโพรลีนจึงแตกต่างกันไปตามชนิดพืช เช่น ในใบของ *Laurus azorica* ปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเท่ากับ 4 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อค่าศักย์ของน้ำในใบเท่ากับ –2.6 MPa ในทางตรงกันข้าม *Viburnum rigidum* ปริมาณโพรลีนไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าศักย์ของน้ำในใบลดลงถึง –3.5 MPa ก็ตาม (Gonzales-Rodriguez *et al.*, 1999)

นวรัตน์และสุวพงษ์ (2539) ศึกษาถึงอิทธิพลของระยะเวลาในการขาดน้ำ 10 15 และ 20 วัน กับการสะสมปริมาณโพรลีนในใบหญ้ากินนี พบว่าการขาดน้ำมีผลทำให้ปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้น และ

เพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาของการขาดน้ำ และในหญ้าอาหารสัตว์เมื่อขาดน้ำมีผลทำให้ปริมาณโพรลีนเฉลี่ยในใบเพิ่มขึ้นเป็น 20 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำปกติในโรงเรือน และ Barker *et al.* (1993) ยังพบว่าการสะสมโพรลีนในใบของพืชที่ปลูกในโรงเรือนมีมากกว่าการปลูกในแปลงอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University