บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ชา (Tea) อยู่ในวงศ์ (family) Theaceae หรือ Ternstroemiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze (2n = 30) (Umberto, 1947) ในวงศ์นี้ประกอบด้วยพืชถึง 20 สกุล (genera) และ 200 ชนิด (species) (สัณห์, 2535 ; Eden, 1976) พืชในวงศ์นี้มีทั้งไม้ยืนต้นและไม้พุ่ม อยู่ในเขตร้อนและเขตอบอุ่น โดยมีศูนย์กลางอยู่บริเวณทวีปอเมริกา และเอเชีย ลักษณะสำคัญของพืชในวงศ์นี้คือ ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ 1 ใบต่อ 1 ข้อ สีเขียวสด แผ่นใบหนา และเหนียว เส้นใบเป็นแบบ pinnately-nerved ไม่มีหูใบ (exstipulate) ดอกเดี่ยว เกิดระหว่างซอกใบ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มี symmetry ของดอก เป็นแบบ radial กลีบเลี้ยงและกลีบดอก อยู่ระหว่าง 5-7 กลีบ มีเกสรตัวผู้จำนวนมาก ตำแหน่งของรังไข่เป็นแบบ superior ovary รังไข่แบ่งได้ 3-5 locule ผลเป็นแบบ capsule หรือ berry และกลีบเลี้ยงติดที่ฐานของผล (สัณห์, 2535 ; สมพล, 2545)

การจำแนกพันธุ์ของชา

สัณห์ (2535) กิตติพันธ์ (2543) และสมพล (2545) กล่าวถึงพันธุ์ชาที่ปลูกเป็นการค้าทั่วโลก สามารถจัดแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มพันธุ์ คือ

1. กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม (Assam Tea) หรือ *Camellia sinensis* Var. assamica (Mast.) ลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยว สูงประมาณ 6-18 เมตร ใบใหญ่เจริญเติบโตเร็ว เป็นใบเดี่ยว ปลายใบแหลม เรียงแบบสลับและเวียน (spiral) กว้างประมาณ 3-6 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7-16 เซนติเมตร แต่บางครั้งอาจพบได้ว่าใบมีขนาดใหญ่กว่าที่กล่าว คือ ใบกว้าง 5.6-7.5 เซนติเมตร ยาว 17-22 เซนติเมตร ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อยเด่นชัด ก้านและท้องใบมีขนปกคลุม แผ่นใบมีตั้งแต่สีเขียวอ่อนถึงสีเขียวเข้ม ดอกเจริญจากตาบริเวณง่ามใบกิ่ง ออกเป็นช่อๆ ละ 2-4 ดอก ก้านดอกยาวประมาณ 10-12 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยง มีจำนวน 5-6 กลีบ แต่ละกลีบมีขนาดไม่เท่ากัน มีรูปทรงโค้งมนยาว กลีบดอกติดกับวง Corolla มีลักษณะคล้ายถ้วยหงาย กลีบดอกมีจำนวน 5- 6 กลีบ ส่วนโคนกลีบติดกับฐานดอกแคบ ส่วนปลายกลีบบานออก วงเกสรตัวผู้ ประกอบด้วยอับละอองเกสรสีเหลือง ติดอยู่ที่ปลายของก้านชูอับละอองเกสรสีขาว ยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร เกสรตัวเมีย มีรังไข่ที่ปกคลุมด้วยขน ส่วนปลายมี 3 แฉก (stigma) ก้านชูเกสรตัวเมีย (style) มีลักษณะกลม ภายในรังไข่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แบ่งออกเป็น 1-3 ช่องดอกบานเต็มที่จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.65 เซนติเมตร เมล็ดมีลักษณะกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 11-12 มิลลิเมตร ผิวเรียบ แข็ง สีน้ำตาลหรือน้ำตาลแดงหรือน้ำตาลเข้มเกือบดำ (ภาพที่ 1) กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมสามารถแบ่งย่อยตามลักษณะใบและสีใบได้ 5 สายพันธุ์ คือ

1.1 พันธุ์อัสสัมใบจาง (Light leaved Assam jat) ต้นมีขนาดเล็ก ยอดและใบมีสีเขียวอ่อน ลักษณะใบเป็นมันวาว ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอ ให้ผลผลิตต่ำและคุณภาพไม่ดี เมื่อนำมาทำชาจีนจะมีสีน้ำตาล

1.2 พันธุ์อัสสัมใบเข้ม (Dark leaved Assam jat) ยอดและใบมีสีเขียวเข้ม ใบนุ่มเป็นมัน มีขนปกคลุม ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีเมื่อนำมาทำชาจีนจะมีสีดำ

1.3 พันธุ์มานิปุริ (Manipuri jat) เป็นพันธุ์ที่แข็งแรง ให้ผลผลิตสูง ใบมีสีเขียวเข้มเป็นประกาย ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ทนแล้งได้ดี

1.4 พันธุ์พม่า (Burma jat) ใบมีสีเขียวเข้ม ใบแก่มีสีเขียวแกมน้ำเงิน ใบกว้าง แผ่นใบรูปไข่ ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีมาก

1.5 พันธุ์ลูไซ (Lushai jat) ขอบใบหยักลึก ปลายใบเห็นได้ชัด

ภาพที่ 1 ลักษณะของกลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม

ที่มา : www.ku.ac.th/agri/char.html (16 มกราคม 2546)

จากการศึกษาการเปรียบเทียบพันธุ์ชาอัสสัมสายพันธุ์คัดเลือก คือพันธุ์ชาอัสสัม เบอร์ 01 (check), เบอร์ 15, เบอร์ 17, เบอร์ 24, เบอร์ 40, เบอร์ 43 และเบอร์ 46 โดยวิวัฒน์ และคณะ (2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่า จากการเจริญเติบโตทางด้านความสูง เมื่อต้นชาอายุได้ 4 เดือนหลังจากปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ชาพันธุ์อัสสัม เบอร์ 46 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 65.06 เซนติเมตร รองลงมาคือ ชาอัสสัม เบอร์ 17 และเบอร์ 24 ส่วนเบอร์ 25 และเบอร์ 01 มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.03 และ 27.73 เซนติเมตร ตามลำดับ

2. กลุ่มพันธุ์ชาจีน (China Tea) หรือ *Camellia sinensis* Var. sinensis ลักษณะลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย สูงประมาณ 2-3 เมตร ใบมีก้านใบสั้น แผ่นใบมีปลายโค้งมน ขนาดใบเล็ก แคบ กว้างประมาณ 1.6-4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4-10 เซนติเมตร ตั้งตรง แข็งกระด้าง ด้าน สีใบเขียวเข้ม ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ดอกเจริญจากตาบริเวณง่ามใบบนกิ่งในแต่ละตา ประกอบด้วยตาที่จะเจริญไปเป็นกิ่งใบอยู่ด้านบนของตา ส่วนด้านล่างจะประกอบด้วยตาที่จะเจริญเป็นดอก 1-2 ดอกต่อตา ก้านดอก ยาวประมาณ 6-10 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงมีจำนวน 5-6 กลีบ แต่ละกลีบมีขนาดใบไม่เท่ากัน รูปทรงโค้งมน ยาวประมาณ 3-5 มิลลิเมตร กลีบดอกติดกับวง Corolla มีลักษณะคล้ายถ้วยหงายตื้นๆ ยาวประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร มีจำนวน 7-8 กลีบ ส่วนโคนกลีบติดกับฐานดอกแคบ ส่วนปลายกลีบบานออก กลีบดอก ยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.8-2.3 เซนติเมตร เกสรตัวผู้มีจำนวนมาก อับละอองเกสรสีเหลือง ติดอยู่ที่ปลายของก้านชูอับละอองเกสรสีขาว ยาวประมาณ 8-13 มิลลิเมตร ส่วนล่างของก้านติดกันเป็นวง กว้างประมาณ 1-2 มิลลิเมตร วงของเกสรตัวเมีย ยาวประมาณ 8-12 มิลลิเมตร รังไข่ปกคลุมด้วยขน ปากเกสรตัวเมียมีลักษณะเป็นก้านกลม ส่วนปลายแบ่งออกเป็น 3 แฉก ภายในรังไข่แบ่งออกเป็น 3 ช่อง เมล็ดมีลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-14 มิลลิเมตร ผิวเรียบ สีน้ำตาลหรือน้ำตาลอมแดงหรือน้ำตาลเข้มเกือบดำ (ภาพที่ 2) ชาพันธุ์นี้ปลูกมากในประเทศจีน สายพันธุ์ที่นิยมปลูกจะแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ เช่น สายพันธุ์ชิงชิงอูหลง ชิงชิงต้าพัง เตไกวอิน ฯลฯ

ธวัชชัย และคณะ (2540) ได้ศึกษาการคัดเลือกพันธุ์ชาจีน จากกลุ่มพันธุ์ชาจีนที่ปลูกโดยใช้ต้นกล้าจากการเพาะเมล็ด (สายพันธุ์ บก. 04) ปลูกบนแนวระดับความสูง ที่สถานีทดลองเกษตรที่สูงแม่จอนหลวง จากการคัดเลือกต้นชาที่มีลักษณะตรงตามกลุ่มพันธุ์คือ มีลักษณะใบขนาดเล็ก มีการแตกกอได้ดี (มีลำต้น 3-5 ต้น) ยอดอ่อนมีขนสีเงินปกคลุมด้านท้องใบมาก จากการคัดเลือกอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 4 ปี ทำให้ได้ต้นแม่พันธุ์ชาจีนเพื่อใช้เป็นต้นแม่พันธุ์สำหรับขยายพันธุ์ในการทดลองได้ จำนวน 13 สายพันธุ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2 ลักษณะของกลุ่มพันธุ์ชาจีน

ที่มา : www.ku.ac.th/agri/char.html (16 มกราคม 2546)

3. กลุ่มพันธุ์ชาเขมร (Indo-china, Cambodia Tea) หรือ *Camellia sinensis* Var. indo-china มีลักษณะลำต้นเดี่ยว สูงประมาณ 5 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว ปลายใบแหลม ผิวใบแข็ง ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย กว้างประมาณ 3-5.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7.5 เซนติเมตร ก้านและท้องใบมีขนปกคลุม ก้านใบมีสีแดงอมเขียว โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนจะมีสีแดงเด่นชัด แผ่นใบมีตั้งแต่สีเขียวอมแดงถึงสีเขียวเข้ม แต่ยังคงมีสีอมแดง ใบแก่ค่อนข้างกรอบ แผ่นใบม้วนงอเป็นรูปคล้ายตัววี (V-shape) ดอกเจริญจากตาบริเวณง่ามใบบนกิ่ง ในแต่ละตาจะประกอบด้วยตาที่เจริญไปเป็นกิ่งใบอยู่ด้านบนของตา ส่วนใหญ่ดอกจะออกติดกันเป็นกลุ่ม ก้านดอก ยาวประมาณ 10-12 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงมี 5-6 กลีบ สีเขียวอมแดง แต่ละกลีบขนาดไม่เท่ากัน รูปทรงโค้งมนยาว กลีบดอกมีสีขาวแต่บางครั้งอาจพบว่ามีสีแดงเรื่อๆ โคนกลีบติดกับฐานดอกแคบ ส่วนปลายกลีบบานออก วงเกสรตัวผู้ประกอบด้วยอับละอองเกสรสีเหลืองถึงสีเหลืองอมแดง ติดอยู่ที่ปลายก้านชูอับละอองเกสร สีขาวอมแดง เกสรตัวเมีย ประกอบด้วยรังไข่ที่ปกคลุมด้วยขน ปากเกสรตัวเมียมีลักษณะเป็นก้านกลม ดอกเมื่อบานเต็มที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.5-4 เซนติเมตร เมล็ดกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 11-12 มิลลิเมตร ผิวเรียบ แข็ง สีน้ำตาลหรือน้ำตาลอมแดง (ภาพที่ 3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3 ลักษณะของกลุ่มพันธุ์ชาเขมร

ที่มา : www.ku.ac.th/agri/char.html (16 มกราคม 2546)

สภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของชา

1. สรีรวิทยาของชา

1.1 การแตกยอด (Flushing)

การเจริญเติบโตของต้นชา ขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของการแตกยอดใหม่ (number of flushes) ซึ่งการแตกยอดใหม่แต่ละครั้งนั้น เกิดสลับกับช่วงการพักตัวของยอดชา (dormancy) เรียกจังหวะการเจริญเติบโตแบบนี้ว่า Periodicity of Growth

ในการแตกยอดใหม่ ตายอด (terminal bud) จะสร้างชุดใบของกิ่งใหม่ โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้ 2 scale leaves $\longrightarrow$ fish leaf (janam) $\longrightarrow$ flush leaves เมื่อชุดใบใหม่ถูกสร้างครบจำนวนแล้ว (5-6 ใบ) ตายอดของกิ่งใหม่ จะเข้าสู่ระยะพักตัว (dormant) เรียกตายอดที่กำลังพักตัวว่า bunjhi bud ขนาดตายอดยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร มีเปลือกหุ้มตา 2 ชั้น ซึ่งระยะเวลาการเข้าสู่การพักตัวของตายอดอาจใช้เวลานานหลายสัปดาห์ (Eden, 1976) การพักตัวของตายอดนั้นถูกควบคุมโดย ปัจจัยภายใน (endogenous factor) และปัจจัยภายนอก (extragenous factors) ได้แก่ พันธุ์ สภาพดินฟ้าอากาศ ปริมาณธาตุอาหาร ระบบการเก็บเกี่ยว (plucking system) และระยะเวลาที่ผ่านการตัดแต่งกิ่งครั้งสุดท้าย Wijeratine and Fordham (1996) รายงานว่า จากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมในช่วงฤดูร้อนมีผลต่อความหนาแน่น การเจริญเติบโตและน้ำหนักของยอดชา เพราะปริมาณน้ำในต้นชามีน้อยลง ความชื้นในดินต่ำ และอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นชาช้าลง ซึ่งระบบรากก็เป็นส่วนสำคัญต่อการเจริญและพัฒนาของยอดชาเช่นกัน (Yamashita *et al*., 1997)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 การออกดอกและติดผล (Flowering and Fruit Set)

ดอกของชาเกิดตามการแตกยอดใหม่ (flushing) ตาดอก (flower bud) รุ่นแรกถูกสร้างขึ้นที่ตำแหน่งซอกใบของกิ่งที่มาจากการ flush ครั้งที่ 1 ในช่วงต้นของระยะการ flush ครั้งที่ 2 ตาดอกรุ่นแรกเริ่มบาน (bloom) เมื่อเข้าสู่ระยะการ flush ครั้งที่ 3 ขณะที่ตาดอกรุ่นสองถูกสร้างในช่วงต้นของระยะการ flush ครั้งที่ 3 และบานเมื่อเข้าสู่ระยะการ flush ครั้งที่ 4 ตาดอกรุ่นสามถูกสร้างในช่วงต้นของระยะการ flush ครั้งที่ 4 และบานเมื่อเข้าสู่ระยะการ flush ครั้งที่ 5 เมื่อดอกชาบานเต็มที่ จะเกิดการผสมเกสรโดยอาศัยแมลงเป็นพาหนะสำคัญในการถ่ายเทละอองเกสร ชาจัดเป็นพืชที่ผสมตัวเองแล้วไม่ติดผล (self-sterile) โดยเฉพาะในกลุ่มชาพันธุ์อัสสัม ดังนั้นการติดผล (fruit set) โดยธรรมชาติของชา ส่วนใหญ่เกิดจากการผสมข้าม (cross pollination) ซึ่งจะให้ผลที่มีเมล็ดที่มีชีวิต ประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ การผสมเกสรด้วยมือ ในระยะที่เป็นตาดอก เมื่อผสมเกสรเสร็จให้คลุมดอกไว้นาน 3 วัน (สัณห์, 2535)

2. สภาพภูมิอากาศ (Climate)

ชาเป็นพืช C_3 ที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตภูมิอากาศค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่เขตร้อนชื้นจนถึงเขตอบอุ่น ในเขตร้อน (tropic zone) ชาเจริญได้ดีบนเขตที่สูง (600 เมตร จากระดับน้ำทะเล) การที่ชาเป็นพืชที่ให้ผลผลิตจากใบ จึงมีความสลับซับซ้อนน้อยกว่าพืชพวกไม้ผลและมีจุดวิกฤต (critical point) ของสภาพภูมิอากาศน้อยกว่าพืชเขตร้อนชนิดอื่นๆ ด้วย อย่างไรก็ดีทั้งอุณหภูมิ ความชื้น และแสง ก็มีความสำคัญต่อลักษณะทางปริมาณและลักษณะทางคุณภาพของชาด้วย (สัณห์, 2535)

2.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิมีความสำคัญมากต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของใบชาสด ชาต้องการระดับอุณหภูมิที่พอเหมาะในการเจริญเติบโต ช่วงอุณหภูมิที่พอเหมาะต่อการเจริญของต้นชา (optimum temperature) ควรอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส และมีระดับอุณหภูมิที่ค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี ซึ่งจะทำให้ต้นชามีการสร้างยอดใหม่อย่างต่อเนื่อง (ชา, 2541 : ระบบออนไลน์ ; กิตติพันธ์, 2543) จากการศึกษาของ Xu *et al*. (1995) ในช่วงเดือน ม.ค. ถึง เม.ย. โดยปลูกชาใน vinyl-house ซึ่งมีระบบควบคุมอากาศ (microclimate) อยู่ภายในโรงเรือน พบว่า ในช่วง 10 วันแรก อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 2-5 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ก็เพิ่มขึ้นประมาณ 8-12 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ตายอดมีการปรับสภาพต่อการแตกยอดของชา ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในสภาพปกติ (open-air) ในช่วงเวลาเดียวกันนั้น ผลผลิตที่ปลูกในโรงเรือนให้ปริมาณยอดชาสูงกว่าถึง 16.8 เปอร์เซ็นต์จากช่วง 10 วันแรกเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ความชื้น (Humidity)

ชาเป็นพืชที่ต้องการความชื้นสูง และปริมาณน้ำฝนพอเหมาะ มีการกระจายตัวที่ดี ปริมาณน้ำฝนอย่างต่ำควรอยู่ในช่วง 1,140-1,400 มิลลิเมตร หรือ 40-50 นิ้วต่อปี เพราะถ้าขาดน้ำจะทำให้ต้นชาชะงักการเจริญเติบโต ไม่แตกยอด ทำให้ผลผลิตลดลง (กิตติพันธ์, 2543) เช่นเดียวกับ Darmawijawa *et al*. (1989) รายงานว่า ในดินที่มีปริมาณความชื้นมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นชาได้ แต่ถ้าความชื้นในดินลดต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ต้นชาจะชะงักการเจริญเติบโตและอาจตายได้

2.3 แสง (Light)

ความเข้มแสง (light intensity) และช่วงแสง (photoperiod) มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นและคุณภาพของใบชา การทำไม้บังร่มเงา เหมือนกับโกโก้และกาแฟ การทำไม้บังร่มจะช่วยลดอุณหภูมิในช่วงกลางวันลง ลดปริมาณของแสงแดดที่ส่องยังต้นชาโดยตรง ทำให้ใบชาสามารถสังเคราะห์แสงได้ดีขึ้น Joshi and Palni (1998) รายงานว่า อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น (มากกว่า 25 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงของต้นชาลดลง และถ้าต้นชาได้รับแสงแดดจัดเต็มที่โดยตรงจะทำให้ใบมีขนาดเล็ก เหลือง หรือทำให้เกิดใบไหม้ ใบชาไม่มีการปรุงอาหาร ต้นจะโทรมและตายในที่สุด (ชา, 2541 : ระบบออนไลน์)

2.4 ความสูงจากระดับน้ำทะเล (Altitude)

ชาที่ปลูกในพื้นที่สูงตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไป มีอากาศเย็นจะทำให้ผลผลิตใบชาที่ได้มีคุณภาพสูง ใบชามีกลิ่นและรสชาติดี แต่ปริมาณผลผลิตที่ได้จะต่ำ ส่วนการปลูกชาในที่ต่ำ อากาศค่อนข้างร้อน ชาจะให้ผลผลิตสูงแต่คุณภาพต่ำกว่าชาที่ปลูกในที่สูง (สัณห์, 2535) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Squire *et al*. (1993) ทำการศึกษาพิกัดความสูง อุณหภูมิและการผลิตยอดในชาพันธุ์ปรับปรุง 2 พันธุ์ ได้แก่ S.15/10 (พันธุ์ชาอัสสัม) และ TN.14/3 (พันธุ์ชาจีน) ที่ปลูกในประเทศเคนยา พบว่า ที่ระดับความสูง 1860, 1940, 2120 และ 2180 เมตร และอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละความสูง เท่ากับ 18.1, 18.0, 16.4 และ 16.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ให้ผลผลิตของยอดชาสูงมาก เมื่อระดับความสูงลดลงในพันธุ์ชาอัสสัม S.15/10 ในขณะที่พันธุ์ชาจีน TN.14/3 ให้ผลผลิตคงที่ แต่ก็พบว่าเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ชาพันธุ์อัสสัม S.15/10 ให้ผลผลิตยอดชาน้อยและน้อยกว่าพันธุ์ชาจีน TN.14/3 และจากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ต่อน้ำหนักแห้งและผลผลิตใบชา พบว่า พันธุ์และสภาพแวดล้อม มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจะเห็นได้จาก พันธุ์ชาจีน TN.14/3 ที่ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงมาก (29 t ha^{-1}) แต่ให้ปริมาณของผลผลิตน้อยเมื่อระดับความสูงลดต่ำลง ในขณะที่พันธุ์ชาอัสสัม S.15/10 ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งเฉลี่ยน้อย (15 t ha^{-1}) แต่ให้ผลผลิตชาสูงกว่า (Ng'etich and Stephens, 2001) แต่ Jamakie (1999) ศึกษาความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แตกต่างของระดับความสูงในพื้นที่ที่ปลูกชาพันธุ์ TRI 2023 และ TRI 2025 ในประเทศศรีลังกา พบว่าจากระดับความสูง 300, 914, 1300, 1382 และ 1859 เมตร ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่ออุณหภูมิ คือทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงจาก 26.6, 21.6, 19.3, 18.8 และ 16.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับซึ่งส่งผลให้ความหนาแน่นของยอดชาในทั้ง 2 พันธุ์ เพิ่มสูงขึ้นตามระดับความสูง

3. ดิน (Soil)

ชาเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในดินหลายชนิด แต่ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกชา ควรเป็นดินกรดเล็กน้อย มี pH ระหว่าง 4.5-6.0 (Eden, 1976) จากการศึกษาของ Fung *et al.* (2001) พบว่าการปลูกชาในดินที่มี pH 3 และ 3.5 ส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นดีและต้นมีความแข็งแรง นอกจากนั้น ดินควรมีการระบายน้ำดี ความลาดชันไม่ควรเกิน 45 องศา ชนิดของดินที่มีการปลูกชากันมาก เป็นดินภูเขาที่ถูกชะล้างปูนขาวและแมกนีเซียม เนื้อดินมีสีแดง เรียกดินชนิดนี้ว่า Latosols และหน้าดินมีอินทรีย์วัตถุสูง มีธาตุไนโตรเจนมาก (สัณห์, 2535) Deka and Bhuyan (1997) พบว่าเมื่อใส่ไนโตรเจน 75 kgN/ha ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ nitrate reductase สูง ซึ่งส่งผลให้ผลิตใบชาได้เพิ่มมากขึ้นด้วย

การจัดการสวนชา

1. การปลูก

ช่วงเวลาที่เหมาะสมควรเป็นช่วงต้นฝน ประมาณเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ภายหลังจากมีฝนตก 2-3 ครั้ง เพื่อให้ดินมีความชื้นเพียงพอ ต้นกล้าที่จะนำมาปลูก ถ้าปลูกจากต้นเพาะเมล็ด ควรมีอายุ 18-24 เดือน ต้นปักชำควรมีอายุ 18 เดือน ควรจะลดการให้น้ำและพรางแสงเพื่อกระตุ้นให้กิ่งชาพร้อมสำหรับการย้ายปลูก (กิตติพันธ์, 2543) หลุมปลูกชาพันธุ์จีน ควรขุดหลุมขนาด (กว้าง × ยาว × ลึก) 25 × 25 × 50 เซนติเมตร โดยใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 30-50 เซนติเมตร ระหว่างแถว 1.2-1.50 เมตร ไร่ละ 2,100-4,200 ต้น หลุมปลูกชาพันธุ์อัสสัม ควรขุดหลุมขนาด (กว้าง × ยาว × ลึก) 35 × 35 × 75 เซนติเมตร โดยใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 50-75 เซนติเมตร ระหว่างแถว 1.25-1.50 เมตร ไร่ละ 1,400-2,500 ต้น (สัณห์, 2535) ก่อนปลูกให้รองก้นหลุมด้วยดินผสมปุ๋ยฟอสเฟต อัตรา 40-50 กรัม เมื่อนำต้นชาลงปลูกให้ลึกเท่ากับระดับที่เคยปลูกอยู่ในถุงชำหรือแปลงเพาะชำ จากนั้นกลบให้แน่นด้วยดินชั้นล่างผสมกับปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้ว อัตรา 1-2 กิโลกรัม กดดินให้แน่นแล้วรีบรดน้ำทันที ควรรักษาความชื้นของดินด้วยการใช้ฟางหรือหญ้าแห้งคลุมดิน (กิตติพันธ์, 2543) การให้ร่มเงาสำหรับต้นกล้านั้น ในระยะแรกเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก หลังการย้ายปลูก เพราะระบบรากของต้นกล้ายังไม่แข็งแรง การปล่อยให้ต้นกล้าได้รับแสงแดดจัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยตรง อาจทำให้ต้นกล้าตาย เนื่องจากการสูญเสียน้ำได้ง่าย เพื่อป้องกันการสูญเสียดังกล่าว (สมพล, 2545) สมาน และคณะ (2540) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบไม้บังร่มที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของชาที่ปลูกด้วยกิ่งปักชำ พบว่า ต้นชาพันธุ์ชิงชิงที่ปลูกภายใต้ร่มต้นแคฝรั่ง มีการเจริญเติบโตของทรงพุ่มได้ดีที่สุด วัดความกว้างของทรงพุ่มได้ 43.65 เซนติเมตร และให้ผลผลิตมากที่สุด คือ น้ำหนักยอดชา 21.13 กรัมต่อต้น จำนวนยอดชาได้ 8.67 ยอดต่อต้น สำหรับต้นชาที่ปลูกภายใต้ร่มยูคาลิปตัสและไม้เลี่ยน มีการเจริญเติบโตของทรงพุ่มและให้ผลผลิตต่ำกว่าไม้ยางพารา ไม้กระถินยักษ์ รวมทั้ง control คือ ไม่มีไม้ร่ม

2. การให้น้ำ

ชาเป็นพืชที่ต้องการความชื้นสูงและสม่ำเสมอตลอดทั้งปี เพื่อให้มีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ (vegetative growth) ที่ดี ระบบการให้น้ำสวนชามี 3 แบบ (Eden, 1976) คือ

2.1 การให้น้ำแบบปล่อยให้ท่วมแปลง (Furrow Irrigation) เป็นวิธีการให้น้ำที่ปฏิบัติค่อนข้างสะดวก แต่พื้นที่สวนชาที่ใช้การให้น้ำวิธีนี้ ควรมีความลาดเทอย่างน้อย 5 องศา เพื่อให้การไหลเทและการระบายน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ วิธีนี้ต้องใช้ปริมาณน้ำมาก และอาจเกิดการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากการชะล้างของน้ำ (leaching) ได้

2.2 การให้น้ำแบบพ่นฝอย (Sprinkle Irrigation) เป็นการให้น้ำสวนชาที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง นิยมกันมากในพื้นที่ปลูกชาในอินเดียและประเทศแถบทวีปอัฟริกา วิธีนี้ต้องลงทุนสูงแต่ให้ผลคุ้มค่า

2.3 การให้น้ำแบบหยด (Drip Irrigation) เหมาะสำหรับพื้นที่ปลูกชาที่ขาดแคลนน้ำ เช่น การปลูกชาบนที่สูง (high land) วิธีนี้เป็นการให้น้ำแบบประหยัด แต่การลงทุนค่อนข้างสูง

3. การใส่ปุ๋ย

3.1 ปุ๋ยของชา

ความต้องการปริมาณปุ๋ยและชนิดของต้นชาขึ้นอยู่กับ ชนิดและลักษณะของดิน ชาที่ปลูกไว้นานๆ ถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ย ผลผลิตที่ได้จะค่อยๆ ลดต่ำลง ในการที่จะให้ต้นชาเจริญงอกงามให้ผลผลิตสูงจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ย ซึ่งปุ๋ยที่ใช้มี 2 ชนิด (สัณห์, 2535) คือ

3.1.1 ปุ๋ยคอก เช่น มูลวัว มูลควาย มูลไก่หรือมูลค้างคาว ฯลฯ ใส่ต้นละ 2-3 กำมือ โดยใส่รอบๆ ต้น หลังจากใส่ปุ๋ยคอกแล้ว ควรใช้วัตถุคลุมดินรอบๆ โคนต้นชาเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของวัชพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2 ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการปลูกชา ประกอบด้วยธาตุอาหาร 4 ชนิดคือ

3.1.2.1 ธาตุไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญ ในการสร้างความเจริญเติบโตให้กับต้นชา หากขาดธาตุนี้ จะทำให้ใบซีดเหลือง เติบโตช้า มีจำนวนยอดน้อย และขนาดของยอดเล็กลง ต้นชามีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ดี โดยเฉพาะในปีที่ 3 หลังจากการปลูกชา (Malenga N.E.A., 1996) ปุ๋ยไนโตรเจนที่นิยมใช้กันมากที่สุดในสวนชาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือยูเรีย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะทำให้ดินเป็นกรด จากการศึกษาของ Ruan *et al*. (2000) โดยใส่ธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัสในดินในรูปของ NH_4^+ ร่วมกับหินฟอสเฟสและ NO_3^- ร่วมกับหินฟอสเฟส พบว่า ในดินที่ใส่ NH_4^+ ทำให้ดินบริเวณ rhizosphere มี pH ลดลง และมีการสะสมธาตุฟอสฟอรัส แต่ไม่พบว่ามีการสะสมธาตุฟอสฟอรัสในดินที่ใส่ NO_3^- ส่วนปุ๋ยแคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรทและโซเดียมไนเตรท ไม่เหมาะสำหรับเป็นแหล่งของไนโตรเจนเพราะทำให้ดินเป็นด่างเพิ่มขึ้น จากการศึกษาของ Wu *et al*. (1995) พบว่า ต้นชามีการตอบสนองต่อการดูดไนเตรทได้น้อยมาก ถ้ามีปริมาณความเข้มข้นของธาตุอะลูมิเนียม (Al^{3+}) สูง ซึ่งส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและกรดอะมิโนลดต่ำลง โดยเฉพาะกิจกรรมของ nitrate reductase ในรากจะลดต่ำลงเมื่อธาตุอะลูมิเนียมมีความเข้มข้นสูงขึ้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสม คือ NPK เท่ากับ 20:10:10 หรือ NPKS เท่ากับ 25:5:5:5 จะทำให้ปริมาณธาตุอะลูมิเนียมในชาดำลดลงและจากอัตราส่วนนี้ยังทำให้ระดับกรดไขมันในยอดชาเพิ่มสูงขึ้นด้วย (Philip *et al*., 1990) สาเหตุที่ต้นชาต้องการไนโตรเจนมากกว่าธาตุอื่น เนื่องจากถูกเก็บเกี่ยวใบ และกิ่งอ่อนเป็นประจำ นอกจากนั้น ยังพบว่าธาตุไนโตรเจน มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี Philip *et al*. (1987) พบว่า อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่สูงทำให้ปริมาณของสารคาเฟอีนในชาดำเพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ย N:K ที่เหมาะสม เท่ากับ 1:0.83 จะทำให้สารชีวเคมี ได้แก่ โพลีฟีนอล คาเทชินและกรดอะมิโน มีปริมาณเท่ากับ 29.3, 21.8 และ 1.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณมากกว่ากรรมวิธีอื่น (Venkatesan *et al*., 2005) เช่นเดียวกับ Venkatesan and Ganapathy (2004) ใส่ปุ๋ยอัตราส่วน N:K เท่ากับ $N_{300}K_{250}$ และ N_{450} K_{375} ซึ่งอัตราส่วนทั้ง 2 นี้ให้ปริมาณสารโพลีฟีนอลและกรดอะมิโนสูงกว่ากรรมวิธีอื่น โดยปริมาณสารโพลีฟีนอล เท่ากับ 26.4 และ 31.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกรดอะมิโน เท่ากับ 2.34 และ 1.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3.1.2.2 ธาตุฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับ การสร้างระบบรากให้แข็งแรง และมีปริมาณรากมาก หากต้นชาขาดธาตุชนิดนี้ จะทำให้การเจริญเติบโตของรากช้าลง ใบมีสีเข้ม ขนาดใบเล็กกว่าปกติ ลำต้นอ่อน การเจริญเติบโตของต้นชะงัก แหล่งของฟอสฟอรัส ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เหมาะสมที่สุดของชาคือ หินฟอสเฟต ต้นชาจะตอบสนองในด้านการเจริญเติบโตต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส (P_2O_5) เมื่อให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูง ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายมาก

3.1.2.3 ธาตุโพแทสเซียม มีบทบาทสำคัญในการสร้างความแข็งแรงให้กับทุกส่วนของชา ช่วยควบคุมระบบการสังเคราะห์แสง ทำให้ปริมาณกรดอะมิโน สารโพลีฟีนอล และคาเฟอีนเพิ่มสูงขึ้น (Wu *et al*., 1995) จากกการศึกษาของ Ruan *et al*. (1998) พบว่า การใส่ปุ๋ย K และ Mg ทำให้เกิดการสังเคราะห์กรดอะมิโนเพิ่มมากขึ้น โดยที่ธาตุทั้ง 2 นี้ จะไปทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ nitrate reductase เพิ่มสูงขึ้น และนอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยในรูปของ Sulphur คือ K_2SO_4 และ $MgSO_4$ เป็นประโยชน์มากที่สุด ดังนั้นไม่เพียงแต่ธาตุ K และ Mg เท่านั้น ยังพบอีกว่า Sulphate ก็มีบทบาทสำคัญต่อการสะสมกรดอะมิโนในใบชา เช่นเดียวกับ Ruan *et al*. (1999) ที่ศึกษาผลของธาตุ K และ Mg ต่อองค์ประกอบทางคุณภาพของชาแต่ละชนิด พบว่า ธาตุ K และ Mg ทำให้ปริมาณกรดอะมิโนและสารคาเฟอีนเพิ่มสูงขึ้นในชาทั้ง 3 ชนิด (Black Tea, Oolong Tea และ Green Tea) และพบว่าธาตุ K มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารโพลีฟีนอลในใบชาและการเพิ่มขึ้นของสาร theaflavins และ thearubigins ในน้ำชาดำ หากปริมาณธาตุอาหารชนิดนี้ไม่เพียงพอ ต้นชาจะแสดงอาการต้นเล็กลีบ ลำต้นมีสีขาว ใบมีขนาดเล็กลง และบิดงอ

3.1.2.4 ธาตุอะลูมิเนียม มีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของต้นชา มีบทบาทสำคัญในการช่วยลำเลียงธาตุฟอสฟอรัสของต้นชา การให้ธาตุอะลูมิเนียมสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นชาได้ดี แต่ต้องให้ทางดินอย่างเดียว เพราะเป็นโลหะหนักที่เป็นพิษต่อมนุษย์ จากการศึกษาของ Wong *et al*. (1998) ถึงปริมาณธาตุโลหะหนัก (Al, Cu และ Zn) ในต้นชาและดินที่ปลูกชา พบว่า จากการปนเปื้อนของธาตุโลหะหนักในดินที่ปลูกชา ทำให้ต้นชาดูดธาตุเหล่านี้เข้าไป ส่งผลให้ไปสะสมในใบชา โดยพบว่าธาตุ Cu และ Zn จะไปสะสมอยู่ในใบอ่อน (<0.7 mg Cu L^{-1} และ 0.17 mg Zn L^{-1} ตามลำดับ) สำหรับธาตุ Al สะสมอยู่ในใบแก่ (2.1-2.5 mg L^{-1}) แต่ก็ยังถือว่ามีความเข้มข้นที่ต่ำอยู่ ดินที่ปลูกชาที่มีค่า pH ต่ำกว่า 5 ทำให้มีธาตุ Al เพิ่มมากขึ้นและการดูดธาตุนี้เข้าสู่ต้นชาเพิ่มขึ้นด้วย (Dong, 1999 ; Dong *et al*., 2001) และจากการศึกษาของ Shu *et al*. (2003) พบว่า ความแตกต่างของพันธุ์ชา (5 สายพันธุ์) มีผลต่อการสะสมและความเข้มข้นของธาตุอะลูมิเนียมและธาตุฟลูออไลน์ โดยเฉพาะชาพันธุ์ Qianmei 303 ซึ่งมีปริมาณของธาตุทั้ง 2 สูงกว่าชาอีก 4 พันธุ์ ถึง 2-3 เท่า

อาการขาดธาตุอาหารรองของชา ใบมีสีจาง ใบโค้งเป็นรูปเคียว ขอบใบม้วนงอ เมื่อแตกยอดใหม่จะเป็นกระจุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 วิธีการใส่ปุ๋ย

3.2.1 การใส่ปุ๋ยทางดิน ชาปลูกใหม่ใส่ปุ๋ยโรยเป็นวงโดยรอบโคนต้น ยกเว้นส่วนที่อยู่ติดกับโคนต้น แล้วพรวนกลบ สำหรับต้นชาที่อายุมากให้โรยปุ๋ยไปตามแนวของแถวชา ให้ห่างจากโคนต้นประมาณ 1 ฟุต แล้วพรวนกลบ ช่วงเวลาของการใส่ปุ๋ยทางดิน ควรแบ่งใส่ปีละ 3 ครั้ง คือ ต้นฤดูฝน ราวเดือนเมษายน กลางฤดูฝน ราวเดือน สิงหาคม และต้นฤดูหนาว ราวเดือน พฤศจิกายน

3.2.2 การใส่ปุ๋ยทางใบ เหมาะสำหรับต้นกล้าที่ยังอยู่ในเรือนเพาะชำ หรือต้นชาที่อยู่ในแปลงที่มีปัญหาการขาดธาตุอาหารบางชนิดอย่างรุนแรง เนื่องจากสภาพดินปลูกไม่เหมาะสม การใส่ปุ๋ยทางใบ มีหลักการคือ พ่นทางด้านล่างย้อนขึ้นมาของทรงพุ่มชาและความเข้มข้นของปุ๋ยควรอยู่ระหว่าง 4-8 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาของ Hu *et al*. (2001) พบว่า การพ่นด้วย Sodium selenium และ Organic selenium ไปยังใบของชาเขียว ส่งผลให้ปริมาณของวิตามินซีเพิ่มสูงกว่าในใบชากลุ่มควบคุม

ปริมาณและชนิดของปุ๋ยที่ต้นชาควรจะได้รับ เพื่อให้ได้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ นอกจากขึ้นกับชนิดของดินแล้ว ยังขึ้นกับระดับความรุนแรงของการตัดแต่งกิ่ง (degree of pruning) และวิธีการเก็บเกี่ยวยอดชา ตลอดจนระดับคุณภาพของยอดชาสดที่ต้องการ

4. การป้องกันกำจัดศัตรูพืช

สัณห์ (2535), Eden (1976) และ Arulpragasam (1992) กล่าวว่าชาเป็นพืชที่มีโรคและแมลงศัตรูเข้าทำลายค่อนข้างน้อย และไม่รุนแรงเหมือนพืชชนิดอื่น เนื่องจากภายในใบชา มีสารเคมีโดยธรรมชาติที่ไม่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรู แต่อย่างไรก็ตาม ในแหล่งปลูกชาที่สำคัญๆ ของโลก จะพบการเข้าทำลายของโรคที่สำคัญอยู่หลายชนิด เช่น

4.1 โรคที่สำคัญ ได้แก่

4.1.1 โรค Blister Blight

เชื้อสาเหตุ : *Exobasidium vexans* (Massee)

อาการของโรค : เป็นจุดกลมเล็กสีชมพูอ่อน หรือสีจางๆ บนใบอ่อนของชาในฤดูฝน ต่อมาขยายขนาดโตขึ้นถึง 0.5-2.0 เซนติเมตร ตำแหน่งที่เป็นโรคมีรอยปูดนูน บริเวณผิวใต้ใบล่างมีจุดกลมสีชมพูจางๆ จะกลายเป็นสีแดงเข้ม ต่อมากลายเป็นสีขาวฟูและสีเทาอ่อนในที่สุด เมื่ออาการของโรคถึงขั้นนี้ ไม่สามารถเก็บใบอ่อนไปใช้ประโยชน์ได้ ด้านบนของผิวใบที่เป็นโรคนี้มีรอยบุ๋มลงไป ส่วนด้านล่างของใบจะนูนออกมาและปรากฏเส้นใยของเชื้อราสีขาวฟูชัดเจน เมื่อเข้าสู่ฤดูแล้ง แผลที่เป็นโรคจะแห้ง เปลี่ยนเป็นสีเทาน้ำตาล รอระบาดในฤดูถัดไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การป้องกันกำจัด : เด็ดใบที่เป็นโรคและเก็บใบที่ร่วงเนื่องจากโรค เผาทำลายทิ้ง จะช่วยลดการระบาดของโรคได้ สารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดได้แก่ สารประกอบทองแดง เช่น คิวปรัสออกไซด์ หรือ คอปเปอร์ออกซีคลอไรด์ อัตรา 30 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นให้ทั่วใบชา 8-10 วันต่อครั้ง จนโรคหยุดระบาด

4.1.2 โรค Brown Blight

เชื้อสาเหตุ : *Collectotricum camelliae* (Cook) Battler. และ *Glomerella cingulata* (Stonem) S. & Sc.

อาการของโรค : อาการแรกเริ่มเป็นจุดสีน้ำตาลแกมเหลืองบนผิวใบของชา ต่อมาอีก 7-10 วัน จุดสีน้ำตาลขยายใหญ่ และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือดำ มีวงแหวน (concentric ring) รอบแผลเป็นวงๆ เนื้อเยื่อใบที่เป็นโรคนี้จะแห้งตาย ถ้าอาการของโรครุนแรงจะทำให้ใบร่วง โรคนี้เกิดกับใบและยอดอ่อน

การป้องกันกำจัด : เก็บใบที่เป็นโรคเผาทำลายทิ้งใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราชนิดดูดซึม เช่น เบนโนมิล อัตรา 500 ppm. ฉีดพ่น 7 วันต่อครั้ง 3 ครั้งติดต่อกัน และใช้สารสลับกับสารประกอบทองแดง เช่น คอปเปอร์ออกซีคลอไรด์ อัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร จะให้ผลดียิ่งขึ้น

4.1.3 โรคสาหร่ายแดง (Red Rust)

เชื้อสาเหตุ : *Cephaleuros parasiticus* (Karst)

อาการของโรค : อาการเริ่มแรกเป็นจุดเล็กๆ สีส้มแดงบนใบ ต่อมาขยายใหญ่ขึ้น มีลักษณะกลมสีน้ำตาลแดง ฟู คล้ายขนสีแดง สามารถแพร่ระบาดไปยังกิ่งได้ โรคสาหร่ายแดงระยะแรกเป็นแบบ epiphytic คือ เกิดเกาะติดบนผิวใบ สามารถลูบออกได้โดยง่าย แต่ในระยะต่อมาแผลขยายโตขึ้นกลายเป็น parasite เส้นใยของสาหร่ายจะเจริญทะลุลงไปยังชั้น epidermal และ parenchyma ของใบชา เชื้อนี้สามารถอยู่กับใบแก่ กิ่ง และต้นได้เมื่อใบอ่อนแตกออกมาใหม่ก็สามารถเข้าทำลายได้อีกครั้ง ต้นชาที่โดนแดดจัดจะเป็นโรครุนแรงกว่าต้นที่อยู่ในที่ร่มเงา

การป้องกันกำจัด : ในต่างประเทศพบว่า การใช้คอปเปอร์ออกซีคลอไรด์ และคิวปรัสออกไซด์ สามารถใช้ฉีดพ่นป้องกันการเกิดโรคได้ดี

4.1.4 โรค Gray Blight

เชื้อสาเหตุ : *Pestalotia theae* (Sawada)

อาการของโรค : อาการเริ่มแรก เป็นจุดเล็กๆ สีน้ำตาล ต่อมาขยายโตขึ้นเป็นสีเทา จุดแต่ละจุดจะขยายและลุกลามเป็นเนื้อเดียวกัน รูปร่างแผลไม่แน่นอน เป็นแผ่นสีเทาใหญ่มีวงแหวนบนแผล เกิดกับใบแก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การป้องกันกำจัด : ต้องแก้ไขจากสาเหตุร่วม และกรณีที่โรคระบาด การใช้สารประกอบทองแดงฉีดพ่นเป็นวิธีที่ดีที่สุด

4.2 แมลงศัตรูที่สำคัญ ได้แก่

4.2.1 Tea Mosquito Bugs ที่สำคัญมี 2 ชนิด คือ *Helopeltis theifora* และ *Helopeltis antonii* เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุดของชา เป็นแมลงลักษณะคล้ายยุง ทำให้เกิดแผลเป็นจุด (necrotic spot) ที่ใบชา จุดนี้ต่อมาจะกลายเป็นรู ทำให้ใบชาเสียหาย การควบคุมแมลงชนิดนี้ นิยมใช้สารไพรีทรอย สังเคราะห์

4.2.2 หนอนม้วนใบ (Tea Tortrix Caterpillar) *Homona coffeara* (Niether) ทำความเสียหายต่อใบและยอดอ่อนของชา เป็นแมลงที่สำคัญมากของประเทศศรีลังกาและไต้หวัน ตัวแม่เป็นผีเสื้อกลางคืน (moth) ออกวางไข่บนใบชาเป็นกลุ่ม (cluster) กลุ่มละ 100 ฟองหรือมากกว่านั้น ไข่จะฟักเป็นตัวบุ้ง โตเต็มที่ตัวยาว 12-20 มิลลิเมตร เมื่อเข้าดักแด้จะใช้ใบชาสร้างรัง ในประเทศอินเดีย หนอนชนิดนี้ถูกควบคุมโดยการตัดแต่งกิ่งชาเป็นประจำทุกปีรวบกับการควบคุมทางชีววิธี ด้วยการนำตัวห้ำ ตัวเบียนตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นแมลงประเภทต่อ (wasp) *Macrocentrus homonae* Nixon. จากประเทศอินโดนีเซีย มากำจัดหนอนชนิดนี้ ในไต้หวันใช้ sex pheromone ล่อผีเสื้อกลางคืนตัวผู้ให้มาติดกับดักแล้วทำลาย เพื่อไม่ให้ไปผสมพันธุ์กับผีเสื้อกลางคืนตัวเมีย ทำให้ไข่ไม่ฟักเป็นตัวหนอน sex pheromone สังเคราะห์ที่ใช้ ได้แก่ AS (f-3) ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น

4.2.3 แมงมุมแดง (Red Spider) *Oligonychus coffeae* (Nietner) ดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบและยอดอ่อนของชา ทำให้ใบชาหด หงิกงอ มีปัญหามากกับแหล่งปลูกด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย

4.2.4 หนอนเจาะลำต้น (Stem Borer) ที่สำคัญมี 2 ชนิดคือ *Xyleborus founicatus* (Eichh.) และ *Xylosandus compactus* (Eichh.) หนอนจะเจาะเข้าไปอาศัยอยู่ภายในกิ่งและลำต้นของชา ทำให้กิ่งหรือต้นแห้งตาย

5. การตัดแต่งกิ่ง

เป็นการปฏิบัติที่สำคัญประการหนึ่งในการทำสวนชา วัตถุประสงค์เพื่อแต่งทรงพุ่มให้สะดวกในการเก็บเกี่ยว กระตุ้นให้เกิดยอดใหม่ให้เร็วขึ้น และช่วยกำจัดโรคและแมลง การตัดแต่งกิ่งชามี 2 ระบบ (กิตติพันธ์, 2543) คือ

5.1 การตัดแต่งกิ่งต้นชาอายุน้อยที่ปลูกจากเมล็ดหรือกิ่งปักชำ โดยจะเริ่มตัดแต่งกิ่งหลังจากปลูกแล้ว ดังนี้

ปีที่ 1 ควรตัดกิ่งสูง 20 เซนติเมตร จากระดับดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปีที่ 2 ควรตัดกิ่งสูง 30 เซนติเมตร จากระดับดิน

ปีที่ 3 ควรตัดกิ่งสูง 40 เซนติเมตร จากระดับดิน

ปีที่ 4 ควรตัดกิ่งสูง 50 เซนติเมตร จากระดับดิน

และจะเริ่มเก็บยอดชาที่ระดับ 60 เซนติเมตร หลังจากเก็บผลผลิตได้ 2-3 ปี ให้ทำการตัดแต่งกิ่งให้สูงจากพื้นดิน 55 เซนติเมตร การตัดแต่งกิ่งครั้งต่อไปให้ทิ้งระยะห่าง 3-4 ปี และตัดแต่งกิ่งให้สูงไม่เกิน 2.5 เซนติเมตร จากรอยต้นเดิม การตัดแต่งกิ่งต้นชาควรกระทำในช่วงต้นชาพักตัวระหว่างเดือนธันวาคมถึงมกราคม

5.2 การตัดแต่งกิ่งต้นชาที่อายุมาก ควรตัดให้สูงจากพื้นดิน 50-60 เซนติเมตร ให้ส่วนบนทรงพุ่มเรียงเสมอกัน เพื่อให้มีพื้นที่ให้ผลผลิตมากขึ้น (ศุภนารถ และกิสณะ, 2543)

Ramaswamy (2004) ได้ศึกษาถึงผลของการตัดแต่งและช่วงเวลาในการตัดแต่งต้นชาต่อคุณภาพในชาดำ พบว่า ปริมาณสารโพลีฟีนอลและสารคาเทชินในปีแรกที่ทำการตัด มีปริมาณของสารสูง เท่ากับ 12.6 และ 9.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่หลังจากปีแรกเป็นต้นไป ก็พบว่าปริมาณสารทั้ง 2 ค่อยๆ ลดลง

6. การขยายพันธุ์ชา

วิธีการขยายพันธุ์ชา ทำได้ 4 วิธีคือ

6.1. การขยายพันธุ์โดยเมล็ด (Seedling Propagation) เป็นการขยายพันธุ์ชาวิธีเดียวที่เป็นการขยายพันธุ์โดยอาศัยเพศ (sexual) ในการขยายพันธุ์โดยเมล็ดนั้น ต้องมีการสร้างแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ชา (tea seed garden) ขึ้น ในพื้นที่ปลอดจากพันธุ์ชาอื่น เพื่อป้องกันการเกิดการผสมข้าม (cross-pollination) ระหว่างสายพันธุ์ (สัณห์, 2546)

6.2. การปักชำ (Cutting) เนื่องจากการขยายพันธุ์ชาโดยเมล็ด ต้นชาที่ได้มักมีอัตราการกลายพันธุ์สูง ดังนั้น การเลือกใช้วิธีขยายพันธุ์แบบไม่ใช่เพศ (asexual propagation) เป็นวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวได้ การปักชำนิยมใช้ส่วนใบของชาที่มีแผ่นใบ ก้านใบ และกิ่ง หรือลำต้นที่มีส่วนของตาติดอยู่ด้วย (สัณห์, 2546) กิ่งพันธุ์ที่เหมาะสมในการนำมาขยายพันธุ์ต้องเป็นกิ่งที่สมบูรณ์ ไม่อ่อนหรือแก่เกินไป โดนสังเกตจากสีของเปลือกควรมีสีน้ำตาลและเขียว กิ่งพันธุ์ที่ตัดยอดแล้วยังไม่สามารถนำไปปักชำในแปลงได้ แต่ต้องเก็บไว้ในที่เย็นชื้น เช่น ถุงพลาสติกพรมน้ำ และควรปักชาภายใน 48 ชั่วโมง แปลงเพาะชำควรมีขนาดกว้าง 1.0-1.5 เมตร วัสดุที่ใช้เพาะควรมี pH ไม่เกิน 5.5 และมีอินทรีย์วัตถุน้อย ซึ่งวัสดุเพาะชำที่เหมาะสมที่สุดคือ ดินแดง (red soil) (ชา, 2541 : ระบบออนไลน์ ; Eden, 1976)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

6.3. การติดตาต่อกิ่ง วิธีนี้สามารถใช้ต้นพันธุ์ที่แข็งแรง และมีการเจริญเติบโตดี โดยการนำยอดพันธุ์ดีมาต่อกับต้นตอที่ได้จากเมล็ดชาป่า ซึ่งมีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี เมื่อรอยแผลประสานกันดีแล้วสามารถนำไปปลูกในแปลงได้ วิธีการนี้จะช่วยแก้ปัญหาจากการปักชำ เนื่องจากต้นพันธุ์ที่ได้จากการปักชำจะไม่มีรากแก้ว ดังนั้นในพื้นที่ที่ขาดน้ำ ขาดการชลประทาน การกระจายตัวของน้ำฝนไม่ดีพอในเขตภูเขาสูง จึงควรขยายพันธุ์โดยวิธีการต่อกิ่ง เนื่องจากวิธีนี้จะทำให้ได้ต้นกล้าที่มีระบบรากแก้วที่แข็งแรง สามารถหาอาหารและน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลผลิตยอดชาสดที่เป็นชาพันธุ์ดี มีคุณภาพ (สัณห์, 2535 ; Willson, 1992)

6.4. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue Culture) เป็นวิธีการที่ทำให้ได้ต้นพันธุ์ครั้งละจำนวนมาก (mass production) ปลอดโรค ตรงต่อพันธุ์ และมีความสม่ำเสมอ (uniform) ของขนาดและการเจริญเติบโต ทิพย์มณี (2530) ได้ศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ชาด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสังเคราะห์และพบว่า เนื้อเยื่อทุกชนิดสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสและขบวนการ organogenesis ได้ แต่ชิ้นส่วนของลำต้น ข้อ และใบเลี้ยงเหมาะสมมากที่สุด และชิ้นส่วนลำต้นสามารถชักนำให้เกิดยอดได้หลายยอด เช่นเดียวกับ Du *at el*. (1996) ใช้ชิ้นส่วนของใบเลี้ยง กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัมหั่นให้ละเอียด มาทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในสภาพปลอดเชื้อ ในอาหารสูตร MS พบว่า เนื้อเยื่อของใบเลี้ยงสามารถชักนำให้เกิดแคลลัสได้ภายในระยะเวลา 10 วัน

7. การเก็บเกี่ยวยอดชา

การเก็บเกี่ยวยอดชาเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะการผลิตชาให้ได้คุณภาพดีนั้น ต้องเริ่มจากใบชาสดที่มีคุณภาพ ใบชาสดที่มีคุณภาพดีที่สุดคือ ใบชาที่เก็บจากยอดชาที่ประกอบด้วย 1 ยอดกับ 2 ใบ การเก็บชาจะเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมจนถึงเดือนพฤศจิกายน โดยเฉลี่ยจะเก็บยอดชา 10 วันต่อครั้ง ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวยอดชาจะอยู่ประมาณ 05.00-14.00 น. การเก็บยอดชาจะต้องไม่อัดแน่นในตะกร้าหรือกระสอบ เพราะจะทำให้ยอดชาช้ำและคุณภาพใบชาเสียได้ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจของใบชา หลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว ควรรีบนำส่งโรงงานผลิตภายใน 3-4 ชั่วโมง เพื่อจะได้สามารถผลิตชาคุณภาพดี (สัณห์, 2535 ; ชา, 2541 : ระบบออนไลน์) จากการศึกษาของ Philip *et al*. (1990) ในการเด็ดใบชาแบบมาตรฐาน (2 ใบกับ 1 ยอด) ต่อการกระจายของกรดไขมันในใบชา พบว่า จากการเด็ดใบชาแบบมาตรฐาน ระดับของกรดไขมันในใบชาและยอดชา มี linolenic acid > linoleic acid > palmitic acid > stearic acid > oleic acid > palmitoleic acid จากมากไปหาน้อยตามลำดับ แต่ก็พบว่าในการเด็ดใบชาอย่างหยาบและการเด็ดที่มีใบแก่ด้วย ก็มี linolenic acid ที่เป็นส่วนสำคัญของกรดไขมันในปริมาณสูงเช่นกัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Martin and Philip (1995) ที่ทำการเด็ดใบชาแบบมาตรฐานในชาต่างพันธุ์กัน ก็พบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ชาพันธุ์ Clonal 6/8 มีปริมาณสารโพลีฟีนอลในใบชาสูงกว่าพันธุ์ Clonal S15/16 ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้น่าจะเป็นไปได้ว่า ในการเด็ดใบชา 2ใบกับ 1 ยอด มีผลต่อพันธุ์ชาด้วย

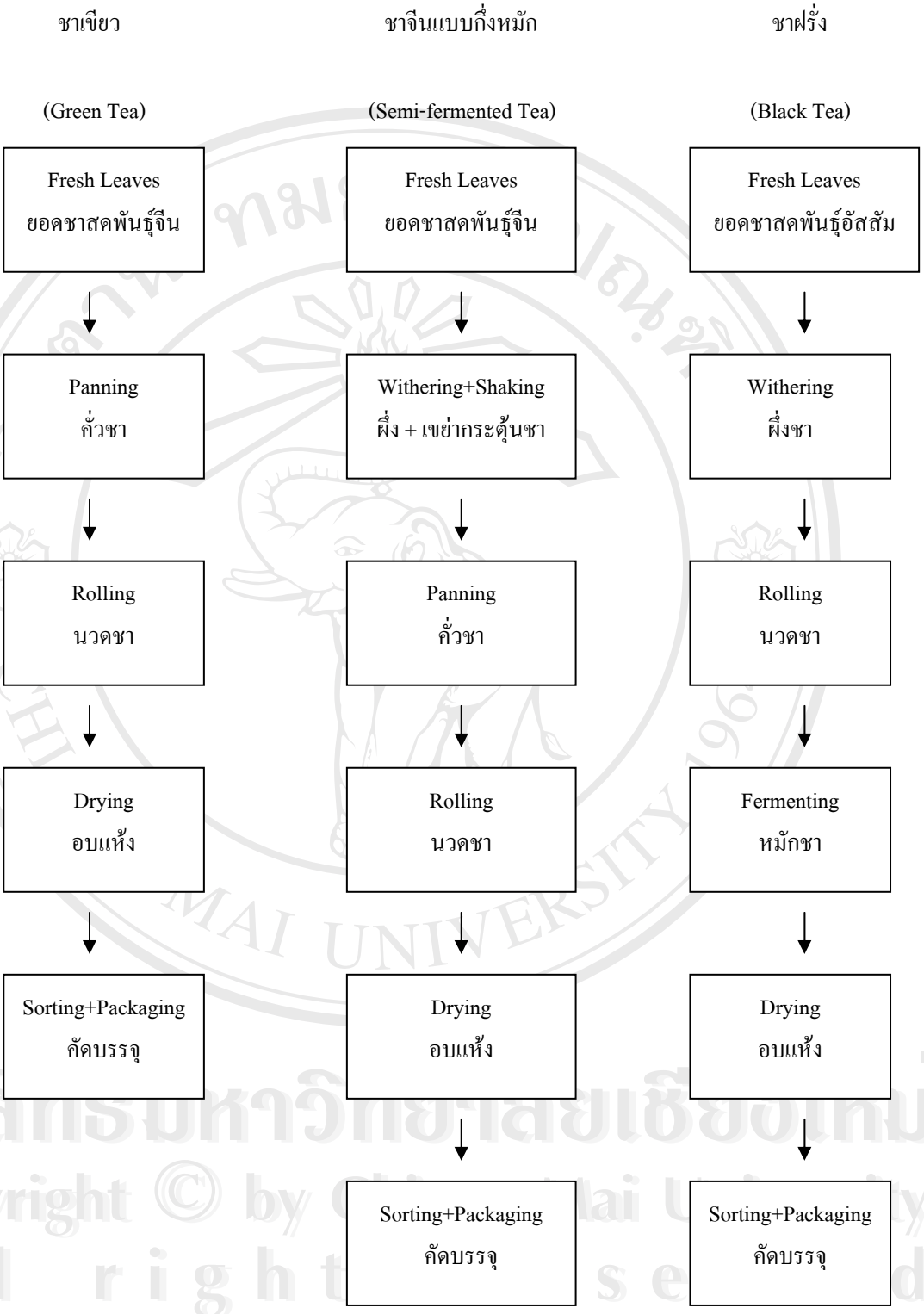
ชนิดของชา

ชาที่เป็นที่รู้จักกันดีมีอยู่ 2 ชนิด คือ ชาจีนหรือชาใบ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น ชาที่ไม่ผ่านการหมัก (Non-fermented Tea) หรือชาเขียว และชากึ่งหมัก (Semi-fermented Tea) และชาฝรั่ง (Fermented Tea) (ศักดิ์, 2543) ข้อแตกต่างระหว่างชาจีนกับชาฝรั่งคือ ชนิดของพันธุ์ชา และขั้นตอนการผลิต ในการผลิตชาฝรั่ง พันธุ์ชาที่ใช้ผลิตคือ พันธุ์อัสสัม ซึ่งมีลักษณะของใบใหญ่ สำหรับชาจีนนั้นนิยมใช้พันธุ์ใบเล็ก ข้อแตกต่างหลักของชาทั้งสองพันธุ์คือ อัตราส่วนของ Astringent Compounds ต่อ Nitrogenous Compound พบว่าในชาพันธุ์อัสสัมมีสูงกว่าชาจีน ส่วนขบวนการผลิตที่แตกต่างกันนั้น การผลิตชาจีนหลักสำคัญคือ การควบคุมสภาพการหมัก (ปฏิกิริยาเคมีระหว่างเอนไซม์ Polyphenoloxidase กับสารประกอบ Polyphenols) การหยุดปฏิกิริยาเคมีทำได้โดยการคั่วหรือลวกด้วยไอน้ำร้อน เพื่อทำลายเอนไซม์ Polyphenoloxidase ส่วนชาฝรั่งนั้น ปฏิกิริยาเคมีหรือการหมักเกิดได้เต็มที่ สาร Polyphenols หากมีปริมาณมากจะทำให้รสฝาด (astringent taste) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของสารแทนนิน (tannin) โดยเป็นอนุพันธ์ของกรดแกลลิค (gallic acid) และคาเทชิน (ไพโรจน์, 2532 ; Nierenstein, 1934) กล้า (2533) ได้ศึกษาปริมาณแทนนินในใบชาจีนและชาฝรั่ง พบว่า มีปริมาณแทนนินคิดเป็นร้อยละ 10.83 ± 1.87 และ 12.34 ± 2.01 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งชาฝรั่งต้องใช้เวลานานในการคั่วหรือลวกใบชา เพื่อทำลายเอนไซม์ Polyphenoloxidase การคั่วหรือลวกนานเกินไปจะทำให้ใบชาเปื่อยและสูญเสียคลอโรฟิลล์ไปด้วย (ไพโรจน์, 2532) (ภาพที่ 4) ดังนั้นชาที่มีประโยชน์มากที่สุดคือ ชาเขียว ซึ่งเป็นชาที่ไม่ผ่านการหมักทำให้ไม่สูญเสียองค์ประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพไปในระหว่างการหมัก (พร้อมลักษณ์, 2547)

สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารแอนติออกซิแดนซ์ (Antioxidant)

อนุมูลอิสระ (Free radicals) หมายถึง สารที่มีอิเล็กตรอนอิสระ (Unpaired electron) จำนวนหนึ่งตัวหรือมากกว่าอยู่ในออร์บิทอล อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่วงนอกสุดดังกล่าวจะมีคุณสมบัติที่ไม่เสถียร มีอายุประมาณ 1 หรือ $10^{-3} - 10^{-10}$ วินาที (พรทิพย์, 2549) จากคุณสมบัติดังกล่าวนี้เอง สารอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือชิ้นส่วนของโมเลกุล ที่อยู่โดดเดี่ยวไม่ได้ (highly unstable) ต้องจับคู่กับโมเลกุลอื่น ไม่เป็นอิสระ คล้ายกับขั้วลบของอิเล็กตรอนที่พร้อมจะจับกับขั้วบวกทันที การรวมตัวของอนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลอื่นนี้ ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่รุนแรง เพราะไม่ใช่จับกันเฉยๆ แต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนของขบวนการผลิตชาแบบชาเขียว (Green Tea), ชาจีนแบบกึ่งหมัก (Semi-fermented Tea) และชาฝรั่ง (Black Tea) (สัณห์, 2535)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ก่อให้เกิดความเสียหาย (damage) (ดำเกิง, 2541) ดังนั้นปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระจึงมีผลทำลายสมดุลของระบบต่างๆ ในร่างกาย เช่น ทำลายหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้โปรตีนต่างๆ ในร่างกายไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ผลของอนุมูลอิสระจึงก่อให้เกิดความเสียหายและอันตรายต่อร่างกาย อันนำไปสู่ภาวการณ์เกิดพยาธิสภาพของโรคบางโรคได้ หรือทำให้เซลล์ผิดปกติ โรคต่างๆ ที่เกิดจากร่างกายมีปริมาณอนุมูลอิสระสะสมอยู่ในระดับสูง เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ โรคข้ออักเสบ โรคแก่ก่อนวัย โรคต้อกระจก โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer) (โรคความจำเสื่อมชนิดหนึ่ง) โรคพาร์กินสัน (Parkinson) ฯลฯ ดังนั้นจำเป็นที่ร่างกายต้องหาทางป้องกันการทำลายจากอนุมูลอิสระเหล่านั้น ซึ่งสิ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นเพื่อป้องกันตัวเอง คือ สารต้านอนุมูลอิสระ หรือ สารแอนติออกซิแดนซ์ (Antioxidant) เป็นสารที่ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ หรือช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้มีผลทำลายเซลล์ โดยทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ จับตัวกับโลหะที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือลดการก่อตัวของชิงเกล็ทออกซิเจน (singlet oxygen) ซึ่งเป็นออกซิเจนที่อยู่ในรูปที่พร้อมจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้สารแอนติออกซิแดนซ์ยังยับยั้งพวกโลหะ เช่น เหล็ก ซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ โดยทำให้อนุมูลอิสระคงตัวและหยุดการก่อตัวใหม่ของอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังช่วยซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากตัวอนุมูลอิสระทำลายเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย (นวลศรีและอัญชนา, 2545)

สารแอนติออกซิแดนซ์มีทั้งที่เป็นสารจากธรรมชาติและสารสังเคราะห์ ตัวอย่างเช่น สารประกอบฟีนอลิค (Phenolic) แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) วิตามิน (Vitamin) เอนไซม์ (Enzyme) และโคเอนไซม์ (Co-enzyme) บางชนิด เป็นต้น ซึ่งสารแต่ละชนิดก็มีหน้าที่แตกต่างกันไป สารแอนติออกซิแดนซ์บางชนิดก็พบในเซลล์ร่างกายเราอยู่แล้ว โดยเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะเครียดซึ่งเป็นสภาวะที่ร่างกายมีปริมาณของอนุมูลอิสระมากเกินระดับปกติจนเป็นอันตรายต่อเซลล์ ร่างกายก็จะมีระบบควบคุมและป้องกันอนุมูลอิสระเหล่านั้นไม่ให้ทำลายเซลล์ได้โดยใช้เอนไซม์ โคเอนไซม์ โปรตีนบางชนิด หรือวิตามินที่เรารับประทานเข้าไป แหล่งของสารแอนติออกแดนซ์ที่สำคัญและนับว่าปลอดภัยที่สุด คือ อาหาร (จักรพงศ์, 2543 ; นวลศรี และ อัญชนา, 2545) ซึ่งสารแอนติออกซิแดนซ์มีหลายชนิด ได้แก่

1. วิตามินซี มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิสมของกรดอะมิโนและทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ของปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ในร่างกาย ทั้งยังช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายได้อย่างดี และนอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณการเกิดไนโตรซามีน (Nitrosamines) ซึ่งเป็นสารก่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มะเร็งในระบบทางเดินอาหาร แหล่งของวิตามินซี ได้แก่ ผักใบเขียวทั่วไป ผลไม้รสเปรี้ยว เป็นต้น (ดำเกิง, 2541)

2. แคโรทีนอยด์ เป็นสาระสำคัญที่พบในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ของพืช มีบทบาทสำคัญเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง โดยทำหน้าที่ช่วยดูดแสงและส่งพลังงานไปยังคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งอยู่ในคลอโรพลาสต์ (นิตย์, 2542) ดังนั้นในผักสีเขียวเราจึงพบว่ามีแคโรทีนอยด์ด้วย ในผักหรือผลไม้ที่ยังไม่สุกก็พบแคโรทีนอยด์แต่มีน้อยกว่าผักหรือผลไม้ที่สุกแล้ว เพราะปกติแล้วในผักใบเขียวหรือในผักและผลไม้ที่ยังดิบอยู่ แคโรทีนอยด์จะอยู่ในส่วนของคลอโรพลาสต์ ในขณะที่ผักหรือผลไม้สุกแคโรทีนอยด์จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในโครโมพลาสต์ (chromoplast) เป็นปริมาณมาก (นวลศรีและอัญชนา, 2545) จากการศึกษาของ Budi *et al*. (2001) พบว่า ปริมาณของ carotenoid และ provitamin A ในฝรั่งมีปริมาณมากที่สุด เท่ากับ 140 μg retinol equivalents/ 100 g เมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วง แตงโม และกล้วย ซึ่งมีปริมาณสาร เท่ากับ 70 μg retinol equivalents/ 100 g สารในกลุ่มนี้มีจำนวนหลายร้อยชนิดซึ่งให้ทั้งสีแดง ส้ม เหลือง และน้ำตาล และมีประโยชน์ต่อร่างกายมากมาย เพราะสารในกลุ่มนี้เป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ แคโรทีนอยด์แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แคโรทีน (carotene) และแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) (Jeana, 1987) Sridhar *et al*. (2002) รายงานว่ามะเขือเทศสุกมีการสะสมของแคโรทีน และไลโคปีน (lycopene) แต่ไม่พบว่ามีสารแซนโทฟิลล์ (oxygenated carotenoid)

3. สารประกอบฟีนอลิค พบทั่วไปในพืชแทบทุกชนิด มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดกลิ่น สี และรสชาติในพืชผักและผลไม้ (จริงแท้, 2544) สารประกอบฟีนอลิคหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ สารในกลุ่มนี้ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) หรือ คาเทชิน (catechin) เนื่องจากมีสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ จึงช่วยป้องกันไม่ให้ร่างกายได้รับความเสียหายจากอนุมูลอิสระ ซึ่งสารตัวนี้พบมากในชาเขียว (green tea) (นวลศรีและอัญชนา, 2545)

สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารแอนติออกซิแดนซ์ในชาเขียว

ในใบชามีสารโพลีฟีนอล กลุ่มที่มีชื่อว่า ฟลาโวนอยด์ หรือ คาเทชิน ที่มีคุณสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ (ประภัสสร, 2547) สำหรับสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่พบในใบชามี 8 ชนิด ได้แก่ catechin (C), gallocatechin (GC), catechin gallate (CG), gallocatechin gallate (GCG), epicatechin (EC), epicatechin 3-gallate (ECG), epigallocatechin (EGC) และ epigallocatechin 3-gallate (EGCG) (ภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6) ในจำนวนทั้งหมดนี้สาร EGCG มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของชาเขียวในการป้องกันและรักษาโรคมากที่สุด สารเหล่านี้มีคุณสมบัติต่อต้านปฏิกิริยา oxidation (antioxidant) ต่อต้านขบวนการเกิดมะเร็ง (anticarcinogenic) ต่อต้านขบวนการอักเสบ (anti-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

inflamtory) ลดระดับน้ำตาลและคลอเลสเตอรอลในเลือด ให้ความร้อนแก่ร่างกาย (thermogenic) กระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ (probiotic) และต่อต้านการเจริญของจุลชีพที่เป็นโทษ (antimicrobial) (สมพล, 2545 ; อุดมภัณฑ์ , 2548)

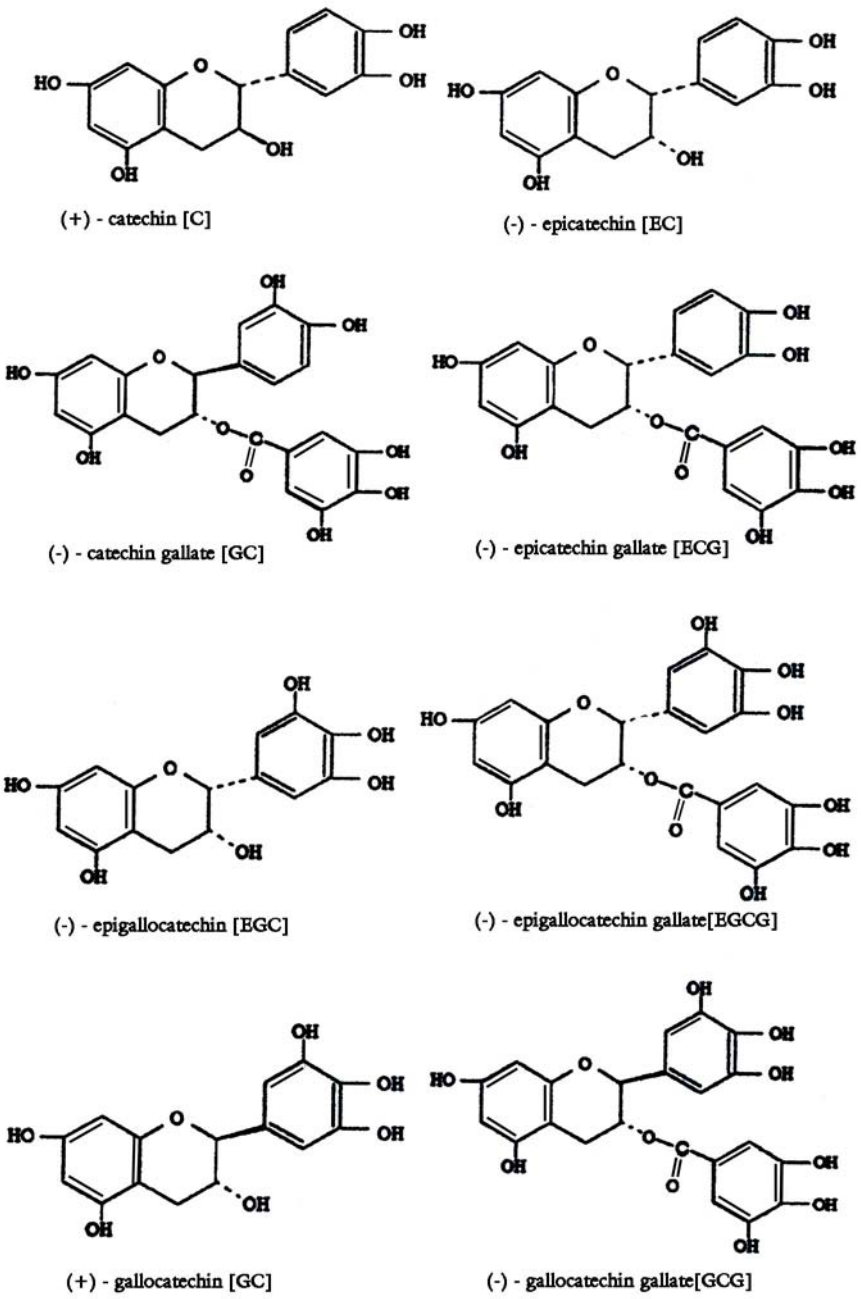
Vergote *et al.* (2002) พบว่าฤทธิ์ของ EGCG ในชาเขียวสามารถยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็งเต้านม (MCF-7 และ MDA-MB231) และชักนำเซลล์ให้เข้าสู่ขบวนการตายแบบ apoptosis ได้ และพบว่า EGCG สามารถลดระดับ RNA ของ Vascular endothelial growth factor (VEGF) ที่อยู่ในเซลล์ MDA-MB231 ซึ่งเป็นเซลล์ที่ก่อให้เกิดมะเร็งเต้านม (Sartippour *et al*., 2002) Fujimoto *et al.* (2002) พบว่าสาร EGCG, EGC หรือ genistein สามารถยับยั้งระดับของ hnRNPB1 mRNA และโปรตีน hnRNPB1 ได้ ซึ่งเป็นตัวที่ก่อให้เกิดมะเร็งปอด (A549) โดยมีค่า IC_{50} ของ EGCG และ genistein ที่เหมาะสมเท่ากับ 29 μM และ 66 μM ตามลำดับ ในการศึกษาฤทธิ์ของชาดำและชาเขียวต่อการยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็งปอด พบว่า theaflavin digallate (TFdiG), epigallocatechin-3-gallate (EGCG) และ epigallocatechin (EGC) ออกฤทธิ์ยับยั้งได้เท่าๆ กัน แต่ TFdiG ทำให้เซลล์มะเร็งตายในช่วงเวลา 8-12 ชั่วโมง ในขณะที่ EGCG และ EGC ทำให้เซลล์ตายในช่วงเวลา 16-24 ชั่วโมง (Yang *et al*., 2000) สาร EC ในชาสามารถกระตุ้นเมตาบอลิซึมของสารไขมันที่ตับหนูทดลอง ซึ่งมีผลช่วยในการป้องกันโรคอ้วน โรคเบาหวานรวมทั้งโรคหลอดเลือดและหัวใจ (Murase *et al*., 2002) Yang และ Koo (1997) ศึกษาชาจีนต่อการลดระดับของคลอเรสเตอรอล พบว่า จากการใช้ชาจีนทั้งหมด 5 ชนิด (Chinese Green Tea, Jasmine, Iron Buddha, Oolong และ Pu-erh) โดยทำการทดลองกับหนูที่ให้ทานอาหารที่มีระดับคลอเรสเตอรอลสูงเป็นเวลานาน 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นให้หนูกินชาแต่ละชนิด เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ทั้ง Chinese Green Tea และ Jasmine ลดปริมาณคลอเรสเตอรอลในตับและเซรัมได้ และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารคาเทชิน ในชาจีนทั้ง 2 ชนิดนี้ ก็พบว่า มีปริมาณสารมากกว่าชาจีนอีก 3 ชนิด โดยเฉพาะสาร ECG และ EGCG ซึ่งมีผลต่อการลดระดับของคลอเรสเตอรอลได้ Dulloo *et al.* (1999) และ Han *et al.* (1999) พบว่า ชาเขียวมีผลกระตุ้นเนื้อเยื่อไขมันสีน้ำตาล (brown fat) ซึ่งมีหน้าที่ผลิตความร้อนจากกรดไขมันให้แก่ร่างกาย ทำให้ร่างกายสลายไขมันมากขึ้นและเกิดความร้อนแก่ร่างกายมากขึ้นด้วย นอกจากนั้น ชายังช่วยป้องกันฟันผุและโรคเหงือกได้ด้วย จากการศึกษาในสัตว์ทดลองหลายชนิด เช่น หนูและสุนัข พบว่า สาร catechins สามารถป้องกันฟันผุได้จริง (Hamilton-Miller, 2001) และสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ glucocyltransferase และ dextransucrase ในการเปลี่ยนรูปของ water-insoluble glucan และ lactic acid ตามลำดับ (Otake *et al.*, 1991) Sakanaka *et al.* (1990 ; 1996) พบว่า สารสกัดชาเขียวอาจใช้ป้องกันโรคฟันผุได้ ทั้งนี้เพราะว่าสาร catechins หลายชนิดสามารถฆ่าแบคทีเรียกลุ่ม *Staphylococcus mutans* และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Porphyromonas gingivalis ได้โดยตรงและสามารถป้องกันการเกิด plaque คือ คราบแบคทีเรียที่เกาะติดฟันและยับยั้งเอนไซม์ amylase ซึ่งทำหน้าที่สลายแป้งให้เป็นน้ำตาล (Zhang and Kashket, 1998)

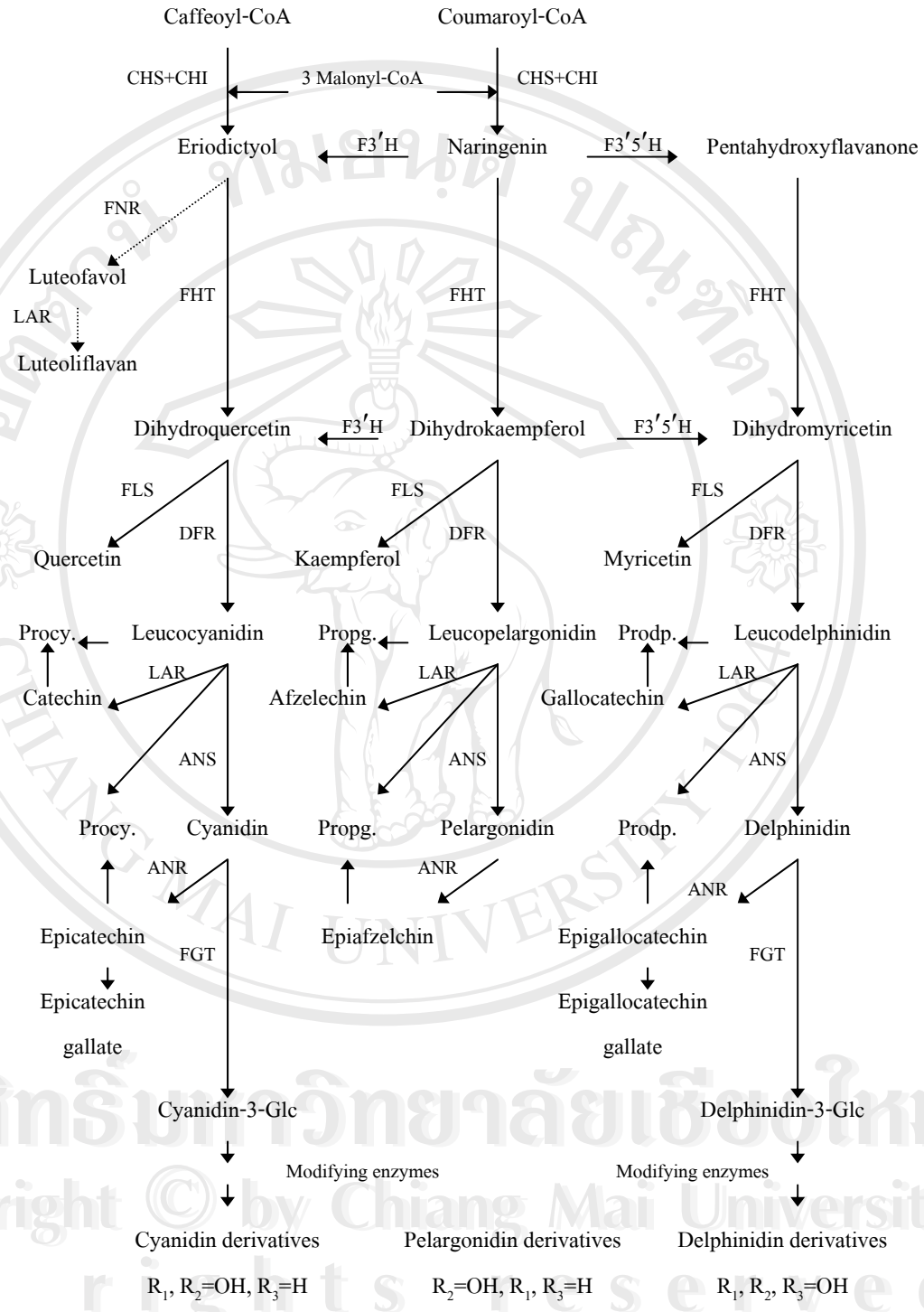
สารโพลีฟีนอลในชาเขียวละลายได้ดีในน้ำร้อน 80-98 องศาเซลเซียส แต่ละลายได้น้อยในแอลกอฮอล์ อย่างไรก็ตามความร้อนสูงทำให้ epicatechins ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลแบบ 2,3-*cis* เกิดการเปลี่ยนแปลงไอโซเมอร์ (isomerization) เป็น catechins ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลแบบ 2,3-*trans* ที่มีความเสถียรมากกว่า (Wang *et al.*, 2000) ถ้า epicatechins อยู่ที่อุณหภูมิ 80-98 องศาเซลเซียส นาน 5-7 ชั่วโมง ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของสาร EGCG จะสลายตัวเป็นสาร gallocatechin gallate (GCG) ซึ่งไม่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารโพลีฟีนอลในชาเขียวจะมีปริมาณลดลงในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด (pH 5) โดยเฉพาะ EC, EGC, ECG และ EGCG ในขณะที่สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นเบส (pH > 7.6) ทำให้ C, GC, CG และ GCG มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น (Yoshida *et al*, 1999.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5 โครงสร้างของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่พบในใบชา (Anna and Jozef, 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 6 การสังเคราะห์ฟลาโวนอยด์ในใบชา [CHS = Chalcone synthase; CHI = Chalcone isomerase; FNS = Flavone synthase; FHT = Flavanone 3β-hydroxylase; F3′H = Flavonoid 3′-hydroxylase; F3′5′H = Flavonoid 3′5′-hydroxylase; FLS = Flavonol synthase; DFR = Dihydroflavonol 4-reductase; LAR = Leucoanthocyanidin 4-reductase; ANS = Anthocyanidin synthase; ANR = Anthocyanidin reductase; FGT = Flavonoid 3-O-glucosyntransferase; ProX = Proanthocyanidin (Oligomers)] (Punyasiri *et al*., 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved