สรีรวิทยาพืชไร่
Physiology of Field Crops

ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย

สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2557

คำนำ

ความตั้งใจของผู้เขียนในการเขียนหนังสือเล่มนี้ตั้งแต่แรกอยากให้เป็นคู่มือตำราความรู้ในเรื่องสรีรวิทยาในทางพืชไร่ แต่ไม่อยากให้หนังสือมีเนื้อหาในทางสรีรวิทยาโดยตรงมากนัก เนื่องจากมีหนังสือและตำราดังกล่าวหลายเล่มอยู่แล้วที่เขียนไว้เป็นอย่างดีในเรื่องเกี่ยวกับสรีรวิทยาของพืช แต่ผู้เขียนอยากให้หนังสือออกมาในเชิงการรวมความรู้ทางสรีรวิทยาของพืชไร่และความรู้ทางการเกษตรด้านอื่น ๆ ด้วย จึงเป็นที่มาของเนื้อหา "สรีรวิทยาพืชไร่" เล่มนี้ โดยมีเนื้อหาเริ่มจากความรู้กว้าง ๆ โดยทั่วไปของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืชที่เกี่ยวข้องกับกลไกทางสรีรวิทยาพื้นฐานของพืช การสังเคราะห์แสงและการสร้างผลผลิต ระบบการเพาะปลูกพืช ปัจจัยจำกัดในระบบการเพาะปลูกพืช ฤดูปลูกกับปัจจัยภาวะแวดล้อมตามฤดูกาล ดิน ปัจจัยจำกัดเฉพาะพื้นที่ และความแตกต่างระหว่างพันธุ์พืช ตัวเลือกสำคัญในการเพาะปลูก โดยในแต่ละบทจะมีเนื้อหาย่อยที่ครอบคลุมให้รายละเอียดในการศึกษาสรีรวิทยาพืชกว้างขวางมากยิ่งขึ้น โดยเนื้อหาความรู้ที่ได้มาในแต่ละบทได้มาจากทั้งหนังสือที่แต่งไว้เป็นภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ บทความวิชาการจากการตีพิมพ์งานวิจัยต่าง ๆ รวมทั้งจากตำราเรียนของมหาวิทยาลัยต่างประเทศที่ได้รวบรวมเอาไว้ในเว็บไซต์ต่าง ๆ เพื่อความทันสมัยและเป็นสากลของหนังสือเล่มนี้ในแง่มุมที่กว้างขึ้นมากกว่าหนังสือตำราสรีรวิทยาพืชที่มีอยู่ทั่วไป

ผู้เขียนได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างมากจากศาสตราจารย์ ดร.เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม และ รองศาสตราจารย์ ดร. ศันสนีย์ จำจด ทั้งการเป็นที่ปรึกษาเรื่องเนื้อหาที่ประกอบกันเป็นหนังสือเล่มนี้และการแก้ไขตรวจทานข้อบกพร่องจากรองศาสตราจารย์ ดร. ไสว บูรณพานิชพันธุ์ และอาจารย์ ดร. อยุธย์ คงปั้น จนหนังสือมีความสมบูรณ์ขึ้นมาเป็นลำดับ นอกจากนี้ผู้เขียนยังได้รับความช่วยเหลือในเรื่องการอำนวยความสะดวกด้านการจัดพิมพ์และธุรการจาก นางรำพรรณ พิชัยเงาะ สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งต้องขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์เป็นอย่างมากสำหรับผู้ที่กำลังศึกษาวิชาสรีรวิทยาพืชไร่โดยทั่วไปหรือผู้ที่สนใจในรายละเอียดของสรีรวิทยาพืชที่แตกต่างไปจากตำราที่มีอยู่ทั่วไป

ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย

มิถุนายน 2557

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืชที่เกี่ยวข้อง
กับกลไกทางสรีรวิทยาพื้นฐานของพืช

ความสำคัญของการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืช 1
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืชโดยทั่วไป 2
ส่วนประกอบพื้นฐานของเซลล์พืชและบทบาทหน้าที่ 4

บทที่ 2

การสังเคราะห์แสงและการสร้างผลผลิต

ปัจจัยกำหนดประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืช 33
ดัชนีพื้นที่ใบ 35
ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบและการรับแสง 37
ดัชนีพื้นที่ใบและอัตราการเจริญเติบโต 38
กระบวนการสังเคราะห์แสง 41
ประโยชน์ของการสังเคราะห์แสง 42
การจับพลังงานแสง 45
การสังเคราะห์ ATP และ NADPH 49
การสังเคราะห์สารอินทรีย์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 50
ในกระบวนการ Enzymatic Reaction หรือ Dark Reaction
การสังเคราะห์แสงของพืช C_4 51
การจับคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชอวบน้ำ 54
Photorespiration 55
องค์ประกอบผลผลิต 56
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของผลผลิต 59
ความสำคัญของการศึกษาองค์ประกอบผลผลิต 60

ดัชนีการเก็บเกี่ยว 62
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการเก็บเกี่ยว 63
ประสิทธิภาพในการให้ผลผลิต 64

บทที่ 3

ระบบการเพาะปลูกพืช

ระบบการเพาะปลูกพืชในประเทศไทย 67
ระบบการเกษตรแบบยั่งยืน 69
การจัดจำแนกระบบการเกษตร 71
ประโยชน์ของระบบการปลูกพืช 81
การพิจารณาเลือกชนิดของพืชที่ปลูกร่วม 82
การประเมินประสิทธิภาพของการปลูกพืชร่วม 83
ผลผลิตเชิงปริมาณ และคุณภาพ 87
การปรับตัวต่อภาวะแวดล้อมของพืช 89
การจัดการในการเพาะปลูก 92

บทที่ 4

ปัจจัยจำกัดในระบบการเพาะปลูกพืช

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยจำกัดในการปลูกพืช 98
การปรับตัวของพืชเมื่อเกิดปัจจัยจำกัด 99
ปัจจัยจำกัดในด้านธาตุอาหาร 103
การวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืช 109
ความทนทานต่อปัจจัยจำกัดของสิ่งมีชีวิต 112
ความแปรปรวนตามฤดูกาลตามพื้นที่ 113
ฤดูกาลปลูกข้าวในประเทศไทย 116

บทที่ 5

ฤดูปลูกกับปัจจัยสภาวะแวดล้อมตามฤดูกาล

ฝน-การกระจาย ปริมาณ ความแปรปรวน 125
แหล่งข้อมูลปริมาณน้ำฝน 127
อุณหภูมิ x ช่วงแสง กับพัฒนาการของพืช 133
การตอบสนองต่อช่วงแสง 133

การออกดอก 137
ปัจจัยที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดดอก 137
อุณหภูมิสะสมกับการเจริญเติบโตของพืช 143
การติดผลและการเจริญของผล 144
การแก่และการสุกของผล 145
กรณีพิเศษของการทำนา ปลูกข้าวไร่ 145

บทที่ 6
ดิน ปัจจัยจำกัดเฉพาะพื้นที่
ลักษณะความอุดมสมบูรณ์ของดิน 149
ธาตุอาหารพืชในดิน 152
ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช 153
การลำเลียงธาตุอาหารพืช 156
การนำเอาธาตุอาหารที่สะสมไว้ในรูปต่าง ๆ กลับออกมาใช้ประโยชน์ 160
การตอบสนองต่อปุ๋ยของพืช 162
ธาตุอาหารในเมล็ด 170
จุลินทรีย์ตัวช่วยพืชหาอาหาร 174
แบคทีเรียไรโซเบียม 174
เชื้อราไมคอร์ไรซา 178

บทที่ 7
ความแตกต่างระหว่างพันธุ์พืช ตัวเลือกสำคัญในการเพาะปลูก
ความแตกต่างของพันธุ์พืชในการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม 195
การเลือกพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม 196
ความหลากหลายของพันธุกรรมข้าวไทย 202
แหล่งความหลากหลายของพันธุกรรมข้าว 204
การปรับปรุงพันธุ์พืช 206

ภาคผนวก
ชื่อสามัญและชื่อวิทยาศาสตร์ของพืช 211
ดัชนีคำค้น 213

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1	การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณใบพืช ของพืช C_3 ตอนที่มีแสงและไม่มีแสง (A) และขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงบริเวณไทลาคอยด์ (B)	2
ภาพที่ 1.2	ลักษณะทั่วไปของต้นพืช ส่วนต้น และราก	2
ภาพที่ 1.3	เนื้อเยื่อ Epidermis ชั้นนอก ของใบพืช (A) ซึ่งแสดงลักษณะของเนื้อเยื่อหลัก 3 ชนิด คือ Parenchyma (B), Collenchyma (C), Sclerenchyma (D) และส่วนของเนื้อเยื่อ Xylem และ Pholem (E)	6
ภาพที่ 1.4	ส่วนประกอบของเซลล์พืช	7
ภาพที่ 1.5	ส่วนประกอบของผนังเซลล์ (A) และผนังเซลล์ชั้นแรก (primary cell wall) และชั้นที่สอง (secondary cell wall) และการเชื่อมต่อกับเซลล์ (B)	9
ภาพที่ 1.6	ผนังเซลล์ของพืชที่ขาดธาตุโบรอน (A) และไม่ขาดธาตุโบรอน (B)	10
ภาพที่ 1.7	โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ของพืช ที่ประกอบไปด้วยโปรตีนและฟอสโฟลิปิด 2 ชั้น	12
ภาพที่ 1.8	ชนิดต่าง ๆ ของโปรตีน Anchored ที่เชื่อมต่อกับเนื้อเยื่อโดยผ่านกรดไขมัน (prenyl group หรือ phosphatidylinositol)	13
ภาพที่ 1.9	ลักษณะโครงสร้างของ Nuclues และ Nuclear envelope (A) และภาพวาดแสดงส่วนประกอบของ Nulceus กับ Nuclear pores (B)	14
ภาพที่ 1.10	Nuclear pore complex ที่ทำหน้าที่เป็นช่องผ่านอยู่ตรงบริเวณ Nuclear envelope	15
ภาพที่ 1.11	ลักษณะการพันกันของเส้นดีเอ็นเอในระยะเมตาเฟสโครโมโซม	16
ภาพที่ 1.12	ขั้นตอนในการแสดงออกของยีน (A) และการรวมตัวกันของกรดอะมิโนบนไรโบโซม โดยการช่วยเหลือของทีอาร์เอ็นเอเพื่อสร้างโซ่โพลีเปปไทด์ (B)	18

ภาพที่ 1.13	เอนโดพลาสมิคเรติคิวลัม (Endoplasmic reticulum)	19
ภาพที่ 1.14	ภาพของกอลจิบอดี้จากกล้องอิเลคตรอน จากเซลล์ส่วนราก ของต้นยาสูบ	21
ภาพที่ 1.15	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแสดงส่วนของ โปรโตพลาสต์ (protoplast) จากเนื้อเยื่อส่วนอลูโรน (aleurone) ของเมล็ดพืช	22
ภาพที่ 1.16	ภาพแสดงลักษณะของไมโตคอนเดรียภายในเซลล์พืช	23
ภาพที่ 1.17	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแสดงโครงสร้างของคลอโรพลาสต์	25
ภาพที่ 1.18	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแสดงส่วนของเพอรอกซิโซม จากส่วนของมีโซฟิลล์ในเซลล์พืช	26
ภาพที่ 1.19	ภาพวาดแสดงส่วนของท่อไมโครทูบูลในแนวยาวใน 1 ไมโรทูบูล ประกอบไปด้วย 13 โปรโตฟิลาเม้นต์ ซึ่งมีลักษณะการเรียงตัว ของหน่วย α และ β ดังภาพ (A) และแผนภาพ แสดงการปรากฏของเส้นไมโครฟิลาเม้นต์ (B)	28
ภาพที่ 1.20	แบบจำลองของอินเตอร์มิเดียท ฟิลาเม้นต์ จากส่วนของโปรตีน มอนอเมอร์	28
ภาพที่ 1.21	แผนภาพแสดงการแบ่งตัวแบบไมโตซิสในเซลล์พืช	30
ภาพที่ 1.22	ภาพแสดงลักษณะของพลาสโมเดสมาตาระหว่างเซลล์	32
ภาพที่ 2.1	ปฏิกิริยาเมื่อแสงสว่างตกกระทบถูกใบพืช	37
ภาพที่ 2.2	โครงสร้างทางเคมีของคลอโรฟิลล์เอและบี	43
ภาพที่ 2.3	โครงสร้างและส่วนประกอบของคลอโรพลาสต์ที่เป็นส่วนสำคัญ ในกระบวนการสังเคราะห์แสงในเซลล์พืช	45
ภาพที่ 2.4	การสร้างพลังงานโดยรงควัตถุที่รวมตัวกันอยู่ในระบบแสง (photosystem) ตรงบริเวณเนื้อเยื่อไทลาคอยด์	46
ภาพที่ 2.5	ระบบแสงที่ 1 (photosystem I) และ 2 (photosystem II) ตรงบริเวณเนื้อเยื่อไทลาคอยด์	47
ภาพที่ 3.1	ส่วนประกอบ 3 ลักษณะของระบบการเกษตรแบบยั่งยืน ที่เปรียบได้กับเก้าอี้ 3 ขา ซึ่งมีลักษณะทางเศรษฐศาสตร์ สภาพแวดล้อม และชุมชน	70
ภาพที่ 3.2	ระบบการเกษตรที่ราบลุ่ม ที่ดอน และที่สูง	72

ภาพที่ 3.3	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยแต่ละภาคระหว่างปี พ.ศ. 2553-2554 เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่างปี พ.ศ. 2493-2540	74
ภาพที่ 3.4	ระบบชลประทานแบบต่าง ๆ ในการเกษตรชลประทาน	75
ภาพที่ 3.5	ระบบการเกษตรธรรมชาติ เกษตรอินทรีย์	77
ภาพที่ 4.1	การไหลของน้ำจากรอยรั่วที่อยู่ต่ำสุดของถังน้ำตามทฤษฎี ของ Leibig's law of the minimum	98
ภาพที่ 4.2	เปรียบเทียบ น้ำ และปุ๋ยไนโตรเจน ที่เป็นปัจจัยจำกัด การเจริญเติบโตของพืชตามทฤษฎีของ Leibig's law of the minimum และ Compensatory theory	99
ภาพที่ 4.3	การปรับตัวของพืชต่อปัจจัยจำกัดในระดับ Acclimation และ Adaptation	100
ภาพที่ 4.4	ปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด และก่ำหอมม.ช.ที่ปลูกในสภาพน้ำแห้งและน้ำขังที่ระดับไนโตรเจนต่ำ (70 มก./กก. ดิน) (N70) และสูง (210 มก./กก. ดิน) (N210)	102
ภาพที่ 4.5	สีเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าวก่ำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดและก่ำหอม มช. ที่ปลูกในสภาพน้ำแห้ง (aerobic) และน้ำขัง (submerged) ที่ระดับไนโตรเจนต่ำ (70 มก./กก. ดิน) (N70) และสูง (210 มก./กก. ดิน) (N210)	102
ภาพที่ 4.6	อาการขาดธาตุไนโตรเจน (A) และธาตุเหล็ก (B) ของถั่วเหลือง	108
ภาพที่ 4.7	ผลของการเติมธาตุแมกนีเซียมต่อปริมาณความเข้มข้นของ ธาตุแมกนีเซียมในส่วนของเนื้อเยื่อลำต้น (straw) และเมล็ด (grain) ของธัญพืช	111
ภาพที่ 4.8	แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชที่ตอบสนองต่อปริมาณ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช	111
ภาพที่ 4.9	การคำนวณจุดวิกฤติความเข้มของธาตุฟอสฟอรัสในส่วน ของเส้นกลางใบของทั้งหมด 8 ระยะการเจริญเติบโตของใบพืช	112
ภาพที่ 4.10	พื้นที่เพาะปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในประเทศไทย	121
ภาพที่ 5.1	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย	130
ภาพที่ 5.2	ข้อมูลการประเมินผลกระทบของปริมาณน้ำฝนที่มีต่อ การเจริญเติบโตของพืชในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย โดยพิจารณาจากค่า Generalized Monsoon Index (GMI)	131

ภาพที่ 6.1	การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารสู่รากพืชแบบลักษณะของ Passive และ Active โดยผ่านช่อง Channel protein และ Carrier protein ตามลำดับ	155
ภาพที่ 6.2	การเคลื่อนที่ของน้ำและธาตุอาหารในท่อน้ำ (xylem) และท่ออาหาร (phloem)	157
ภาพที่ 6.3	การเคลื่อนที่ของน้ำตาลในท่ออาหาร จากส่วนที่สร้างอาหาร (sink) เข้าไปยังส่วนที่ใช้อาหาร (source) โดยแรงดันไฮโดรสตาติค (hydrostatic pressure) ในท่ออาหาร	158
ภาพที่ 6.4	การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารภายในท่อน้ำ (xylem) และท่ออาหาร (phloem) แบบ Apoplast และ Symplast	160
ภาพที่ 6.5	การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ระยะ 2 สัปดาห์ หลังการเพาะเมล็ดในกล่องที่บรรจุดินที่ไม่มีธาตุสังกะสี และมีการจัดการใส่ธาตุสังกะสีใสรูปแบบต่าง ๆ กัน เปรียบเทียบกับไม่ใส่ธาตุสังกะสีกล่องแรกด้านซ้ายมือ คือไม่มีการใส่ธาตุสังกะสี กล่องที่ 2 ใส่ธาตุสังกะสีในเมล็ดก่อนเพาะ กล่องที่ 3 ใส่ธาตุสังกะสีในดิน และกล่องที่ 4 ใส่ธาตุสังกะสีทั้งในเมล็ดและในดิน	170
ภาพที่ 6.6	(A) Arbuscule of arbuscular mycorrhizal fungi, (B) Spores of arbuscular mycorrhizal fungi, (C) Vesicle of an endomycorrhizal fungus in root	178
ภาพที่ 6.7	*Glomus* spp.	179
ภาพที่ 6.8	*Sclerocystis* spp.	179
ภาพที่ 6.9	*Acaulospora* spp.	180
ภาพที่ 6.10	*Entrophospora* spp.	180
ภาพที่ 6.11	*Gigaspora* spp.	181
ภาพที่ 6.12	*Scutellospora* spp.	181
ภาพที่ 6.13	แสดงลักษณะการเจริญของเชื้อราไมคอร์ไรซาในรากพืช (A) ลักษณะการเจริญของเส้นใยนอกรากพืช (B) แสดงการสร้างเวสิเคิลเพื่อการเก็บสะสมอาหารในรากพืช และการสร้างสปอร์บนเส้นใยนอกรากพืช (C) โครงสร้างของไมคอร์ไรซาในรากพืช	183

ภาพที่ 6.14	ลักษณะการเจริญเติบโตของถั่วพุม (A) และไมยราบ (B) ที่ได้รับการปลูกเชื้อ *Acaulospora* sp. เปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (AM0) เมื่อปลูกในดินที่มีสภาพเป็นกรด (pH=5)	191
ภาพที่ 7.1	ศูนย์รวมความหลากหลายของพันธุกรรมข้าวในภูมิภาคต่าง ๆ	205
ภาพที่ 7.2	ความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวพันธุ์ต่าง ๆ	205

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	ผลผลิตของข้าวก่ำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดและบิ๊อิ๊ซูในสภาพแอโรบิก และขังน้ำ	4
ตารางที่ 1.2	เปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนประกอบพื้นฐานในเซลล์ ของพืชและสัตว์	5
ตารางที่ 1.3	ส่วนประกอบหลักในเซล์พืชและหน้าที่การทำงาน	8
ตารางที่ 2.1	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อหน่วยพื้นที่ใบของพืชชนิดต่าง ๆ	35
ตารางที่ 2.2	ดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมสามารถรับแสงได้ร้อยละ 95 ของพืชแต่ละชนิด	36
ตารางที่ 2.3	ปริมาณการดูดซับ การสะท้อนกลับและการลอดผ่านของแสง ที่คลื่นแสงต่าง ๆ	37
ตารางที่ 2.4	อัตราการเจริญเติบโตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มากที่สุดของพืชแต่ละชนิด ในช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในดินชนิดเดียวกัน	39
ตารางที่ 2.5	รงควัตถุที่ปรากฏอยู่ในพืชชนิดต่าง ๆ	44
ตารางที่ 2.6	ช่วงความยาวคลื่นของแสงต่าง ๆ	47
ตารางที่ 2.7	ความแตกต่างในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C_3 และ C_4	53
ตารางที่ 2.8	ตัวอย่างพืชที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ C_3 และ C_4	54
ตารางที่ 2.9	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระยะปลูกต่อการเปลี่ยนแปลง องค์ประกอบผลผลิตอื่น ๆ และผลผลิตของทานตะวัน	58
ตารางที่ 2.10	เปรียบเทียบน้ำหนักแห้ง ผลผลิตและดัชนีการเก็บเกี่ยว ของข้าวชนิดอินดิกาและจาโปนิกา ที่ปลูกในสภาพของปุ๋ย ไนโตรเจนแตกต่างกัน	63
ตารางที่ 3.1	ปริมาณความเข้มข้นของธาตุเหล็ก สังกะสี และฟอสฟอรัส ในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และสุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกเปรียบเทียบในสภาพน้ำแห้งและน้ำขัง	76

ตารางที่ 3.2	การรับรองมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารอินทรีย์ของประเทศต่าง ๆ	78
ตารางที่ 3.3	เปรียบเทียบค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ ของระบบการปลูกพืชแซมระหว่าง ข้าวโพด-ถั่วเหลือง และข้าวโพด-ถั่วมะแฮะ	86
ตารางที่ 3.4	ผลผลิตข้าวของเกษตรบนพื้นที่สูงในช่วง 5 ปี ในพื้นที่ที่มีจำนวนต้นปะดะขึ้นหนาแน่นแตกต่างกัน ในระบบการเกษตรแบบทำไร่เลื่อนลอยของเกษตร	87
ตารางที่ 3.5	ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการ (ธาตุเหล็ก สังกะสี และสารแอนโทไซยานิน) ในข้าวกล้องของข้าวก่ำพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	88
ตารางที่ 3.6	ความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) ในข้าวกล้องจากข้าวพันธุ์ต่าง ๆ กัน	93
ตารางที่ 4.1	ปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่าง ๆ	97
ตารางที่ 4.2	ปริมาณไขมันและส่วนประกอบอื่น ๆ ในพลาสมาเมมเบรนของใบต้นกล้าทานตะวันเมื่อปลูกในรูปแบบที่ไม่มีปัจจัยจำกัดและมีน้ำเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของต้นกล้า	101
ตารางที่ 4.3	ปริมาณธาตุอาหารในต้นพืชที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช	104
ตารางที่ 4.4	ธาตุอาหารหลักและรอง	105
ตารางที่ 4.5	อาการขาดธาตุอาหารและธาตุอาหารเป็นพิษของพืช	106
ตารางที่ 4.6	ลักษณะของการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในท่อลำเลียงอาหารของพืช	108
ตารางที่ 4.7	ปริมาณธาตุอาหารในส่วนและอายุต่าง ๆ กันของโอ๊ตและเรป	110
ตารางที่ 4.8	เนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิตรวม และผลผลิตต่อพื้นที่ของข้าวนาปีและนาปรังในปีเพาะปลูก 2555	119
ตารางที่ 4.9	ผลผลิตข้าวนาปีและนาปรังในประเทศไทย ในปีเพาะปลูก 2553-2555	119
ตารางที่ 4.10	ผลผลิตข้าวเปลือกนาปี (ขาวดอกมะลิ 105 กข15 และปทุมธานี 1) และนาปรัง (ปทุมธานี 1)	120
ตารางที่ 5.1	สถิติปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) แต่ละฤดูกาลในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย	132
ตารางที่ 5.2	ช่วงของอายุขั้นต่ำสุดก่อนที่พืชพร้อมจะออกดอก	137
ตารางที่ 5.3	ผลของการคั่นช่วงมืดด้วยแสง red (R) หรือ far-red (FR) ที่มีต่อการเกิดดอกของ cocklebur และถั่วเหลือง	138

ตารางที่ 5.4	ข้อมูลวันออกดอก วันเก็บเกี่ยว และจำนวนวันจากวันที่ออกดอก จนถึงเก็บเกี่ยวของทั้ง 4 พันธุ์ในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน	141
ตารางที่ 5.5	ผลผลิตของข้าวทั้ง 4 พันธุ์ที่ปลูกในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน	142
ตารางที่ 5.6	ปริมาณความเข้มข้นของธาตุสังกะสีของข้าวทั้ง 4 พันธุ์ ที่ปลูกในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน	143
ตารางที่ 5.7	อายุเก็บเกี่ยวของข้าวไร่ไวแสงแต่ละพันธุ์	147
ตารางที่ 6.1	น้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ กข 21 ที่ปลูกในแปลงปุ๋ย พืชสดถั่วเล็บมือนาง และไมยราบเปรียบเทียบกับแปลง ที่มีการทำปุ๋ยพืชสด	152
ตารางที่ 6.2	สารประกอบเคมีที่พบในของเหลวภายในท่ออาหารของ ต้นละหุ่ง (ricinus communis)	159
ตารางที่ 6.3	การนำเอาธาตุอาหารที่สะสมไว้ในรูปต่าง ๆ กลับออกมาใช้ประโยชน์ ในระหว่างช่วงการออกดอกและการสุกแก่ของฝักของถั่ว	162
ตารางที่ 6.4	ผลผลิตของข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดและก่ำหอม มช. ที่ปลูกในสภาพไนโตรเจน 2 ระดับในสภาพน้ำแห้ง และน้ำขัง	163
ตารางที่ 6.5	ปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดของข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด และก่ำหอม มช. ที่ปลูกในสภาพไนโตรเจน 2 ระดับในสภาพ น้ำแห้ง และน้ำขัง	164
ตารางที่ 6.6	สูตรปุ๋ยต่าง ๆ ของปุ๋ยที่มีอัตราส่วนเดียวกันคือ 1:1:1	165
ตารางที่ 6.7	ผลผลิตของข้าว (วัดที่ความชื้น 14%) ที่ปลูกในสภาพนาสวน และมีรูปแบบการใส่ปุ๋ยสังกะสีทางดินและการพ่นทางใบเปรียบเทียบ กับการไม่ใส่ปุ๋ย ในแหล่งที่ปลูกต่างกันของประเทศจีนและประเทศไทย	169
ตารางที่ 6.8	ปริมาณความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวเปลือก ที่ปลูกในสภาพนาสวน และมีรูปแบบการใส่ปุ๋ยทางดิน และการพ่นทางใบเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย ในแหล่งที่ปลูก ต่างกันของประเทศจีนและประเทศไทย	169
ตารางที่ 6.9	คำแนะนำจากสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ในการให้ปุ๋ยสำหรับพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง สูตรปุ๋ยเคมี และอัตราการใช้ตามชนิดของเนื้อดิน	172
ตารางที่ 6.10	คำแนะนำจากสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ในการให้ปุ๋ยสำหรับพันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง สูตรปุ๋ยเคมี และอัตราการใช้ตามชนิดของเนื้อดิน	173

ตารางที่ 6.11	น้ำหนักแห้งของถั่วพุ่ม และไมยราบที่ใส่เชื้อไมคอร์ไรซา *Acaulospora* sp.เปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ เก็บตัวอย่างเมื่อพืชมีอายุได้ 56 วัน	191
ตารางที่ 7.1	อาการของข้าวที่เกิดจากสภาวะเครียดของอุณหภูมิสูงในระหว่างการเจริญเติบโตในระยะต่าง ๆ	198
ตารางที่ 7.2	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อผลผลิตข้าวสาลีในประเทศออสเตรเลีย ในช่วงปี ค.ศ. 2005-2010	199
ตารางที่ 7.3	ปริมาณธาตุเหล็กและสังกะสีในข้าวกล้องของพันธุ์ข้าวต่าง ๆ	201
ตารางที่ 7.4	ปริมาณธาตุสังกะสีในข้าวสาลีชนิดต่าง ๆ	202

“สรีรวิทยาพืชไร่” เป็นศาสตร์ที่สำคัญมากในการศึกษาในสาขาพืชไร่เนื่องจาก เป็นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาและเจริญเติบโตของพืช จนถึงการให้ผลผลิต ซึ่งมีความรู้ในหลายภาคส่วนประกอบกัน ตั้งแต่ในส่วนของสรีรวิทยาภายในหนึ่งเซลล์พืช ไปจนถึงสรีรวิทยาของกลุ่มประชากรพืชไร่ เพราะความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกทางสรีรวิทยาของพืชไร่เกี่ยวข้องกันอย่างแยกไม่ได้ ดังนั้นในหนังสือเล่มนี้ จึงประกอบไปด้วยเนื้อหาหลาย ๆ ส่วนที่จะทำให้ผู้อ่านติดตามกลไกทางสรีรวิทยาของพืชไร่ได้ในหลายระดับอย่างน่าสนใจ

CHIANG MAI
UNIVERSITY PRESS

ISBN 978-974-672-867-6
9 789746 728676
ราคา 480 บาท

บทที่ 1

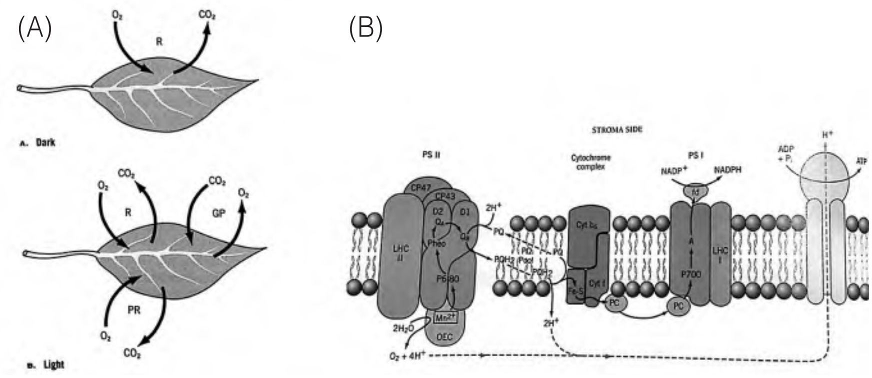
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืช ที่เกี่ยวข้องกับกลไกทางสรีรวิทยาพื้นฐานของพืช

Plant morphological characteristics in relation to basic physiological mechanisms

ตัวอย่าง

ความสำคัญของการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืช

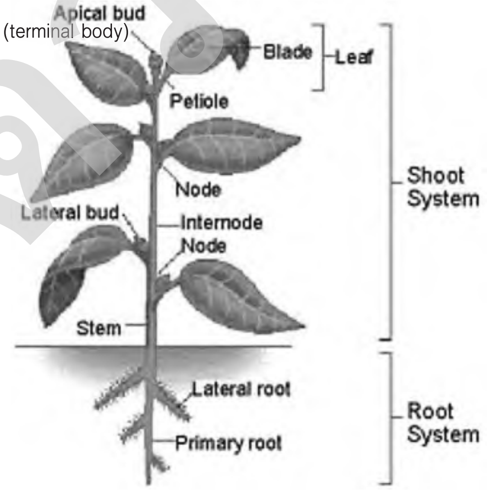
คำว่า “cell” มีรากฐานคำศัพท์มาจากภาษาละตินว่า “cella” ซึ่งมีความหมายว่า กล่องหรือห้องเก็บของโดยพบว่ามีการใช้คำศัพท์นี้ครั้งแรกในการศึกษาทางชีววิทยา เมื่อปี ค.ศ. 1665 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ Robert Hooke ซึ่งเขาได้ใช้ในการอธิบายลักษณะของเซลล์ที่เขาพบในไม้คอร์ก ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าแต่เขาสามารถเห็นได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ การศึกษาเรื่องเกี่ยวกับสัณฐานวิทยาของเซลล์พืชมีความจำเป็นในการศึกษาเกี่ยวกับสรีรวิทยาของพืชเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากมีลักษณะทางชีวเคมีหลาย ๆ อย่างที่เกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกันอยู่อย่างแยกไม่ได้กับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืช ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืชจึงถือได้ว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาทางสรีรวิทยาพืชก็ว่าได้ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาเรื่องหน้าที่การทำงานใดการทำงานหนึ่งของเซลล์พืช เราจะต้องทราบและระบุให้แน่ชัดว่าการทำงานนั้นเกิดขึ้นในเซลล์ส่วนสัณฐานใดของพืช เช่น การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณใบพืช ของพืช C_3 ตอนที่มีแสงและไม่มีแสง และขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงบริเวณไทลาคอยด์ เป็นต้น การระบุตำแหน่งการทำงานให้ชัดเจนว่าเกิดในส่วนใดของเซลล์พืช จะสามารถอธิบายกลไกในการเกิดได้อย่างละเอียดและชัดเจนมากยิ่งขึ้น (ภาพที่ 1.1) ทั้งนี้เนื่องจากกลไกทางสรีรวิทยาของพืชค่อนข้างมีความสลับซับซ้อนอยู่เป็นจำนวนมาก ในบางกระบวนการสามารถเกิดได้หลายส่วนและหลายเซลล์ ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการสังเคราะห์แสงที่เกิดได้ทั้งในส่วนของมีโซฟิลล์ (mesophyll) และบันเดิลชีท (bundle sheath) ในพืช C_4 เป็นต้น



ภาพที่ 1.1 การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณใบพืช ของพืช C_3 ตอนที่มีแสงและไม่มีแสง (A) และขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงบริเวณไทลาคอยด์ (B)
ที่มา: Hopkins and Huner (2009)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืชโดยทั่วไป

ส่วนต่างๆ ของพืชที่ทำหน้าที่ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโตนั้น อาจจะแบ่งออกเพื่อสะดวกต่อการศึกษาเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่อยู่ใต้ดินซึ่งทั่วๆ ไปคือ ราก (root) และส่วนที่อยู่เหนือดิน (shoot) ที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ใบ (leaf) และต้น (stem) ดังแสดงในภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 ลักษณะทั่วไปของต้นพืช ส่วนต้น และราก
ที่มา: Taiz and Zeiger (2006)

ตัวอย่าง

1) **ราก** มีหน้าที่หลักในการดูดน้ำและแร่ธาตุอาหารจากดินสู่ลำต้นและยึดลำต้นให้พืชตั้งตัว ในพืชบางชนิดส่วนของรากยังเป็นที่สะสมแป้ง ส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่ในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้แก่ต้นพืชคือส่วนที่อยู่ทางปลายราก บริเวณที่เป็นรากขน (root hairs) รากขนเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ผิวนอกของราก (epidermis) มีขนาดเล็ก ยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร และมีอายุสั้น เมื่อรากหลักเจริญต่อไปเรื่อย ๆ นั้น รากขนที่มีอายุมากขึ้นจะตายไปและเกิดรากขนใหม่บริเวณใกล้ปลายรากต่อไปเรื่อย ๆ ในการทำหน้าที่ รากขนเล็ก ๆ เหล่านั้นจะชอนไชไปตามช่องว่างเม็ดดินและสัมผัสกับเม็ดดินที่มีเกลือแร่ธาตุอาหารที่ละลายอยู่กับน้ำและเกาะอยู่ที่ผิวเป็นชั้นบาง ๆ โดยดูดซึมเข้าไปสู่ส่วนกลางของลำต้น อิทธิพลของสภาพแวดล้อมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโต แตกแขนง และการแพร่กระจายของรากพืช เช่น ดินที่ร่วนซุยรากพืชสามารถจะชอนไชถึงอนุภาคดินที่มีธาตุอาหารได้สะดวกกว่าดินที่เกาะกันอย่างหลวม ๆ หรือแน่นทึบเกินไป ถ้าปลูกพืชในสภาพที่มีน้ำใต้ดินอยู่ลึกรากจะชอนไชลึกลงไปใต้ดินได้มากกว่าในสภาพที่น้ำใต้ดินตื้น หรือรากพืชจะมีการเจริญเติบโตแตกสาขาหนาแน่นตรงบริเวณที่มีธาตุอาหารหรือปุ๋ยอยู่มากกว่า นอกจากนี้ยังมีสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดและด่าง อากาศ และจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งล้วนแล้วแต่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการแผ่กระจายของรากทั้งสิ้น นอกจากนี้ชนิดหรือพันธุ์ของพืชจะมีความสามารถในการแตกรากต่างกันด้วย เช่น ข้าวฟ่างจะมีปริมาณการแตกรากมากกว่าข้าวโพดเป็นสองเท่า เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาลักษณะโครงสร้างและรูปแบบการเจริญเติบโตตลอดจนถึงสภาพแวดล้อมที่จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของรากพืชแต่ละชนิดจึงมีประโยชน์ต่อการปลูกพืชเป็นอย่างมาก เนื่องจากพืชแต่ละชนิดหรือแม้แต่ชนิดเดียวกันแต่คนละสายพันธุ์จะมีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมแตกต่างกันออกไป เช่น การพิจารณาปลูกพืชที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ ความลึกในการไถพรวนดิน การจัดระยะระหว่างแถว ระหว่างต้นพืช การจัดระบบในการปลูกพืช ตำแหน่งการใส่ปุ๋ยที่จะให้พืชนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการศึกษาเรื่องดังกล่าวจะต้องระบุชนิดพืชที่ปลูกและการจัดการสภาพแวดล้อมให้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวก่ำ 2 พันธุ์ คือพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดและบิ๊อิ๊ซูในสภาพแอโรบิกและขังน้ำ พบว่าผลผลิตของข้าวก่ำทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อสภาพการปลูกแตกต่างกัน (ตารางที่ 1.1) โดยในสภาพการปลูกแบบแอโรบิก พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีผลผลิตมากกว่าพันธุ์บิ๊อิ๊ซู แต่ในทางตรงกัน ข้ามการปลูกในสภาพน้ำขังกลับทำให้ข้าวพันธุ์บิ๊อิ๊ซูมีผลผลิตมากกว่าพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด และพบว่าพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดไม่มีความแตกต่างของผลผลิตข้าวเมื่อปลูกในสภาพน้ำแตกต่างกัน ในขณะที่พันธุ์บิ๊อิ๊ซูพบว่าการปลูกในสภาพน้ำขังทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าจากการปลูกในสภาพแอโรบิก ซึ่งความแตกต่างของผลผลิตข้าวในการปลูกที่สภาพ

ตัวอย่าง

แตกต่างกันนี้ เกิดจากความแตกต่างของกลไกทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันในข้าวทั้งสองพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณราก

ตารางที่ 1.1 ผลผลิตของข้าวก่ำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดและบ๊อิ๊ซูในสภาพแอโรบิกและขังน้ำ

พันธุ์ข้าวก่ำ	ผลผลิต (กรัม/กระถาง)	
	แอโรบิก	น้ำขัง
ก่ำดอยสะเก็ด	21 b*	23 b
บ๊อิ๊ซู	15 a	29 c

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกที่คำนวนมาจากค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ที่มา: วรรณภา และคณะ (2557)

2) **ส่วนที่อยู่เหนือดิน** ส่วนสำคัญ ได้แก่ ลำต้นซึ่งเป็นที่ติดตั้งของใบ ดอก ผล เป็นทางลำเลียงน้ำ ธาตุอาหาร ฮอร์โมน จากส่วนเหนือดินสู่ราก และจากรากสู่เหนือดิน บางชนิดเป็นที่สะสมอาหาร เช่น อ้อย เป็นต้น แต่ละส่วนมีหน้าที่และความสำคัญต่อการพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืชทั้งสิ้น อย่างไรก็ตามส่วนที่เป็นอวัยวะพื้นฐานที่ทำให้พืชเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวที่สร้างอาหารเองได้เพื่อการเจริญเติบโต ได้แก่ ส่วนที่มีรงควัตถุสีเขียวซึ่งส่วนใหญ่จะได้แก่ใบ หน้าที่หลักสามประการของใบคือ การสังเคราะห์แสง หายใจ และคายน้ำ ใบพืชจะติดกับส่วนของลำต้นที่เรียกว่าข้อ (node) และในส่วนของต้นระหว่างข้อเรียกว่าปล้อง (internode)

ส่วนประกอบพื้นฐานของเซลล์พืชและบทบาทหน้าที่

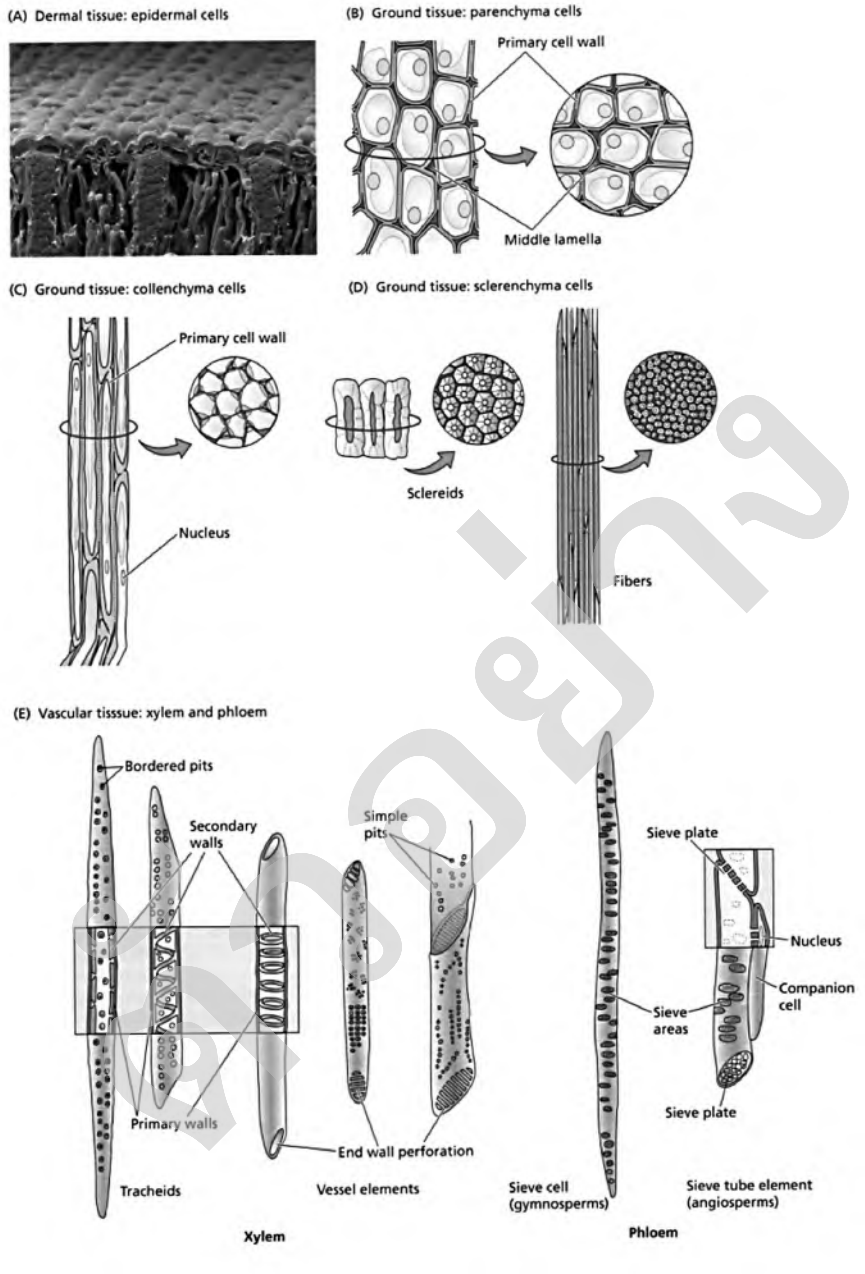
พืชแตกต่างจากสัตว์ตรงที่เมื่อได้รับสภาพเครียดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต พืชจะไม่สามารถเดินหรือวิ่งหนีออกไปในสภาพแวดล้อมอื่นได้ด้วยตัวเอง พืชจึงมีกลไกทางสรีรวิทยามากมายที่จะตอบสนองต่อภาวะเครียดต่าง ๆ เพื่อความอยู่รอด ส่วนประกอบโดยทั่วไปของเซลล์พืชนั้นจะมีลักษณะคล้าย ๆ กับในเซลล์ของสัตว์ แต่มีสิ่งที่ทำให้เซลล์พืชแตกต่างจากเซลล์สัตว์ดังแสดงเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 1.2

ตัวอย่าง

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนประกอบพื้นฐานในเซลล์ของพืชและสัตว์

เซลล์พืช	เซลล์สัตว์
เซลล์พืชมีรูปร่างเป็นเหลี่ยม	เซลล์สัตว์มีรูปร่างกลมหรือรีไม่แน่นอน
มีผนังเซลล์อยู่ด้านนอก	ไม่มีผนังเซลล์แต่มีสารเคลือบเซลล์อยู่ด้านนอก
มีคลอโรพลาสต์อยู่ภายในเซลล์	ไม่มีคลอโรพลาสต์
ไม่มีเซนทริโอล	มีเซนทริโอลที่ใช้ในการแบ่งเซลล์
แวคิวโอลมีขนาดใหญ่มองเห็นได้ชัดเจน	แวคิวโอลมีขนาดเล็กมองเห็นได้ไม่ชัดเจน
มีนิวเคลียสอยู่ด้านข้างของเซลล์	มีนิวเคลียสอยู่ตรงกลางเซลล์

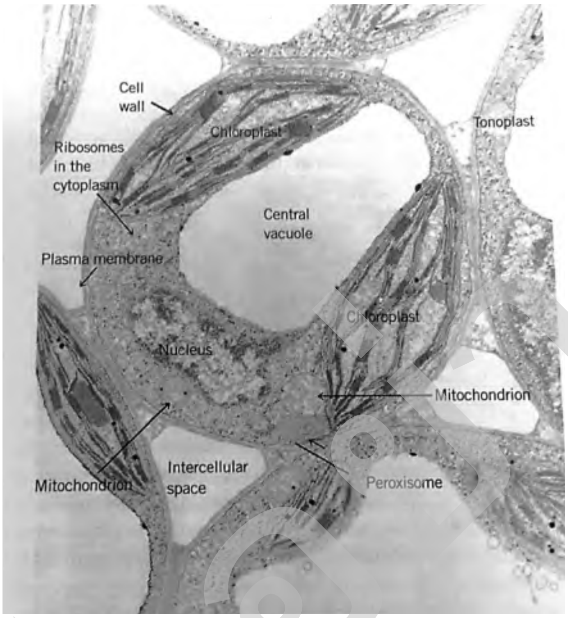
การเจริญเติบโตของพืชนั้นจะเกิดขึ้นเฉพาะจุด ไม่เหมือนสัตว์ที่มีการเจริญเติบโตได้หลายทิศทาง เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของเซลล์เอมบริโอ (embryo) ไปในทิศทางต่าง ๆ ได้ การเจริญเติบโตของพืชนั้นจะเกิดในส่วนของยอดที่เรียกว่า Meristem เนื่องจากเกือบทั้งหมดของการแบ่งเซลล์ในพืชจะเกิดขึ้นบริเวณดังกล่าวนี้ พืชที่กำลังมีการเจริญเติบโตจะมีส่วนของเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการแบ่งเซลล์เพื่อการเจริญเติบโตในส่วนของ Meristem นี้เรียกว่า Apical meristem ซึ่งโดยปกติแล้วจะอยู่ในบริเวณส่วนยอดของส่วนของลำต้นพืชและรากพืช และในส่วนของข้อจะมีเนื้อเยื่อ Apical meristem ที่เรียกว่า Axillary buds สำหรับการเจริญเติบโตในของส่วนกิ่งพืช ในส่วนของรากแขนง (lateral root) จะเกิดจากเนื้อเยื่อที่เรียกว่า Pericycle ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญอีกชนิดหนึ่ง การเจริญเติบโตของพืชที่ทำให้เกิดอวัยวะพืชชนิดใหม่นี้เรียกว่าเป็นการเจริญเติบโตในระยะแรก (primary growth) ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของ Apical meristem หลังจากที่เซลล์มีการเจริญเติบโตจนครบสมบูรณ์แล้ว จากนั้นเซลล์นี้ก็จะขยายขนาดใหญ่ขึ้น (enlargement) และมีการยืดยาวขึ้น (elongation) และจะมีการเจริญเติบโตในระยะที่สองตามมา (secondary growth) การเจริญเติบโตในขั้นที่สองนี้จะประกอบไปด้วย เนื้อเยื่อเจริญภายใน (lateral meristem) ที่เรียกว่า Vascular cambium ซึ่งจะพัฒนาเป็นท่อลำเลียงน้ำ (xylem) และท่อลำเลียงอาหาร (phloem) และ Cork cambium ดังนั้นส่วนของเนื้อเยื่อพืชที่ทำให้เกิดเป็นต้นพืชขึ้นมานั้นจะประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อ 3 ส่วนที่สำคัญคือ Dermal tissue, Ground tissue และ Vascular tissue (ภาพที่ 1.3)



ตัวอย่าง

ภาพที่ 1.3 เนื้อเยื่อ Epidermis ชั้นนอก ของใบพืช (A) ซึ่งแสดงลักษณะของเนื้อเยื่อหลัก 3 ชนิด คือ Parenchyma (B), Collenchyma (C), Sclerenchyma (D) และส่วนของเนื้อเยื่อ Xylem และ Pholem (E)
ที่มา: Taiz and Zeiger (2006)

เซลล์พืชประกอบขึ้นมาจากเซลล์เป็นจำนวนมากเป็นล้าน ๆ เซลล์ และแต่ละเซลล์ก็มีหน้าที่การทำงานต่างกัน และนอกจากนี้เมื่อเซลล์มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว โครงสร้างของเซลล์อาจมีรูปร่างแตกต่างไปจากเดิม แต่อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้วนั้นเซลล์ของพืชจะประกอบไปด้วยเซลล์พื้นฐานเหมือนๆ กัน (ภาพที่ 1.4)



ภาพที่ 1.4 ส่วนประกอบของเซลล์พืช
ที่มา: Hopkins and Huner (2009)

ซึ่งในบางชนิดของเซลล์พืชเมื่อมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ส่วนของนิวเคลียสอาจจะหายไปในระหว่างที่เซลล์มีการเจริญเติบโต ลักษณะเฉพาะของเซลล์พืชอีกอย่างคือการมีผนังเซลล์ล้อมรอบเซลล์อยู่ ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดของหน้าที่การทำงานต่อไป โดยหน้าที่หลักๆ ของเซลล์พืชสรุปได้ดังนี้ (ตารางที่ 1.3)

ตัวอย่าง

ตารางที่ 1.3 ส่วนประกอบหลักในเซล์พืชและหน้าที่การทำงาน

ส่วนประกอบของเซลล์	หน้าที่หลัก
นิวเคลียส	ควบคุมศูนย์กลางของเซลล์พืช ประกอบด้วย ดีเอ็นเอ ที่สามารถนำมาสังเคราะห์เป็นโปรตีนภายในเซลล์พืชได้
ไมโตคอนเดรีย	ทำหน้าที่ในกระบวนการหายใจของเซลล์พืชเปลี่ยนสารประกอบกลูโคสเป็น ATP ที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของพลังงานภายในเซลล์
เอนโดพลาสมิคเรติคิวลัม	เป็นช่องทางผ่านภายในเซลล์
ไรโบโซม	อยู่บริเวณเอนโดพลาสมิคเรติคิวลัม ทำหน้าที่ในการสร้างโปรตีนในเซลล์พืช
เยื่อหุ้มเซลล์	ทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่าง ๆ ในเซลล์
แวคิวโอล	เก็บและย่อยอาหาร ระบายของเสีย และน้ำส่วนเกินออกจากเซลล์
คลอโรพลาสต์	พบในเซลล์พืชและในสาหร่าย ทำหน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์แสง
ผนังเซลล์	ทำหน้าที่ห่อหุ้มและปกป้องเซลล์

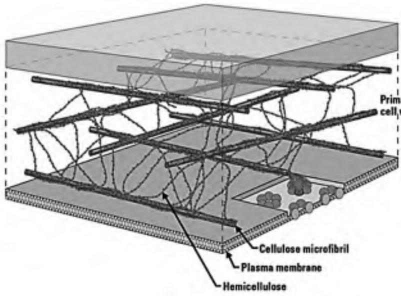
ผนังเซลล์

เซลล์ของพืชนั้นจะล้อมรอบไปด้วยส่วนของผนังเซลล์ ซึ่งข้อแตกต่างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์คือ ที่เซลล์ของพืชนั้น จะล้อมรอบไปด้วยส่วนของผนังเซลล์พืช ในขณะที่เซลล์ของสัตว์นั้นส่วนของเอมบริโอ (embryo) จะสามารถเคลื่อนที่จากเซลล์หนึ่งไปเซลล์หนึ่งได้โดยไม่มีผนังกั้น ทำให้เกิดการพัฒนาของเซลล์หรืออวัยวะในส่วนของอวัยวะต่าง ๆ ขึ้น สำหรับพืช การเคลื่อนย้ายเช่นนี้จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เหมือนกรณีของเซลล์สัตว์ เนื่องจากมีผนังเซลล์ของพืชปิดกั้นไว้ และแต่ละผนังเซลล์ของพืชจะเชื่อมติดกันโดยมิดเดิลลาเมลลา (middle lamella) ดังนั้น การพัฒนาการของเซลล์พืชและสัตว์จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ ผนังเซลล์พืชจะมีลักษณะเป็นเยื่อหนาหุ้มอยู่ชั้นนอกของเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลล์พืช ในพืช ผนังเซลล์ ประกอบด้วย เซลลูโลส และสารประกอบเพคติก เช่น แคลเซียมเพคเตท เป็นต้น ผนังเซลล์พืชที่อยู่ติด ๆ กัน ถึงแม้จะหนาและแข็งแรงแต่ก็มีช่องทางติดต่อกันได้ เป็นเส้นทาง

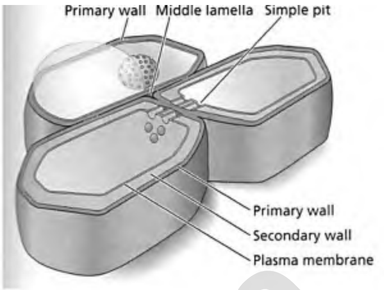
ตัวอย่าง

ในการติดต่อของไซโตปลาสซึมทั้ง 2 เซลล์ด้วยกัน ที่เรียกว่าพลาสโมเดสมาตา (plasmodesmata) (ภาพที่ 1.5)

(A)



(B)



ภาพที่ 1.5 ส่วนประกอบของผนังเซลล์ (A) และผนังเซลล์ชั้นแรก (primary cell wall) และชั้นที่สอง (secondary cell wall) และการเชื่อมต่อกับเซลล์ (B)
ที่มา: Taiz and Zeiger (2006)

ผนังเซลล์ของพืชจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

1) ผนังเซลล์ส่วนแรก (primary cell wall)

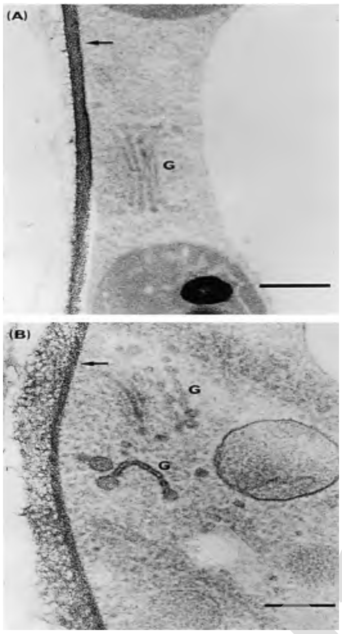
ผนังเซลล์ส่วนนี้จะมีลักษณะบางมาก (< 1 ไมโครเมตร) เป็นลักษณะของเซลล์ที่มีอายุน้อย กำลังมีการเจริญเติบโต

2) ผนังเซลล์ส่วนที่สอง (secondary cell wall)

เป็นผนังเซลล์ที่มีความหนามากกว่าผนังเซลล์ชนิดแรก และยังมีความทนทานและแข็งแรงมากกว่าด้วย เนื่องจากผนังเซลล์จะประกอบไปด้วยสารที่เรียกว่า ลิกนิน (lignin)

ผนังเซลล์ทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันอวัยวะต่าง ๆ ภายในเซลล์ ในกรณีที่เกิดภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อมอย่างกระทันหัน เช่น การสูญเสียแรงดันน้ำในเซลล์จะทำให้เซลล์ถูกทำลาย การมีผนังเซลล์ที่แข็งแรงก็สามารถชะลอการเสียสภาพของเซลล์ได้ การขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชบางธาตุ จะมีผลต่อโครงสร้างและสรีรวิทยาของเซลล์ (ภาพที่ 1.6) จากภาพจะเห็นว่า พืชที่ขาดโบรอนจะมีผนังเซลล์บางกว่าพืชที่ไม่ขาดโบรอน ซึ่งผนังเซลล์ที่บางจะทำให้พืชอ่อนแอต่อสภาพเครียดต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโตของพืชดังได้กล่าวไปแล้ว

ตัวอย่าง



ภาพที่ 1.6 ผนังเซลล์ของพืชที่ขาดธาตุโบรอน (A) และ ไม่ขาดธาตุโบรอน (B)
ที่มา: Matoh (1997)

เยื่อหุ้มเซลล์

เซลล์พืชจะมีส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ (plasma membrane) ล้อมรอบอยู่ ซึ่งทำหน้าที่เป็นแนวป้องกันและแบ่งส่วนของไซโตพลาสซึมออกจากอวัยวะส่วนอื่น ๆ และนอกจากนี้เยื่อหุ้มเซลล์ยังมีหน้าที่ควบคุมการไหลเข้าออกของสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ ซึ่งสารที่สามารถผ่านเข้าออกในเซลล์ได้นั้นจะมีความเฉพาะเจาะจง เช่นการผ่านเข้าของสารอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และการผ่านออกของของเสียต่าง ๆ ภายในเซลล์ โมเลกุลที่มี ขนาดเล็ก อย่างเช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ สามารถผ่านเข้าออกในบริเวณเยื่อหุ้มชั้นนี้ได้ แต่ในขณะที่จะมีการควบคุมปริมาณการผ่านเข้าออกของสารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ เช่น กรดอะมิโน และน้ำตาล เยื่อหุ้มชนิดนี้อาจจะเรียกอีกอย่างว่า Plasma-lemma ซึ่งเป็นชื่อเดียวกัน เยื่อหุ้มนี้จะประกอบไปด้วยโปรตีนอยู่หลาย ๆ ชนิด ถ้าพิจารณาตามแบบจำลองของ Fluid mosaic model เยื่อหุ้มชนิดนี้จะประกอบไปด้วยส่วนของชั้นไขมันสองชั้น ซึ่งไขมันส่วนใหญ่ในทั้งสองชั้นนี้คือ ฟอสโฟลิปิดสองชั้น (phospholipid) และเป็นไขมันที่มีโมเลกุลข้างหนึ่งประกอบไปด้วย กลุ่มฟอสเฟต (phosphate) (ภาพที่ 1.7) ในเยื่อหุ้มชนิดนี้ส่วนมากแล้วจะประกอบไปด้วยโปรตีนประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักเยื่อหุ้มทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบของไขมันและโปรตีนในแต่ละเยื่อหุ้มก็จะแตกต่าง

ตัวอย่าง