



พิมพ์ครั้งที่ 2

# สรีรวิทยาพืชไร่ Physiology of Field Crops

ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย

สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ  
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2559

# สรีรวิทยาพืชไร่

ISBN: 978-616-398-042-7

ผู้แต่ง: ชนาکانต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย

เจ้าของและผู้จัดพิมพ์: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
ศูนย์บริหารงานวิจัย สำนักงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
โทรศัพท์: 0 5394 3603, 0 5394 3604  
โทรสาร: 0 5394 3600  
<http://cmupress.cmu.ac.th>, E-mail: [cmupress.th@gmail.com](mailto:cmupress.th@gmail.com)

พิมพ์ครั้งแรก: มิถุนายน 2557

พิมพ์ครั้งที่สอง: มกราคม 2559

ราคา: 480 บาท

## ข้อมูลทางบรรณานุกรม

ชนาکانต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย.

สรีรวิทยาพืชไร่.-- พิมพ์ครั้งที่ 2.-- เชียงใหม่ :

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2559.

232 หน้า.

1. สรีรวิทยาพืช. 2. พืชไร่. I. ชื่อเรื่อง.

575

ISBN 978-616-398-042-7

ออกแบบและพิมพ์: บริษัท วิทอินดีไซน์ จำกัด

© สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ห้ามลอกเลียนแบบ ทำซ้ำ ดัดแปลง ส่วนหนึ่งส่วนใดของตำราเล่มนี้ รวมทั้งการจับเก็บ  
ถ่ายทอดไม่ว่ารูปแบบหรือวิธีการใดๆ ด้วยกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายภาพ การบันทึกหรือวิธีการอื่นใดโดย  
ไม่ได้รับอนุญาต

กรณีต้องการสั่งซื้อเป็นจำนวนมาก กรุณาติดต่อ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์: 0 5394 3605 โทรสาร: 0 5394 3600

<http://cmupress.cmu.ac.th>, E-mail: [cmupress.th@gmail.com](mailto:cmupress.th@gmail.com)

# คำนำครั้งที่ 2

การศึกษาเรื่อง “สรีรวิทยาของพืชไร่” เป็นพื้นฐานสำคัญทางวิทยาศาสตร์การเกษตร ที่จะทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับกลไกในการตอบสนองของพืชไร่ ในการเจริญเติบโตไปจนถึงการสร้างผลผลิต ที่เป็นสิ่งที่ผู้ปลูกต้องการ ตลอดไปจนถึงการรับมือหรือแก้ไขสถานการณ์ที่เกิดจากความแปรปรวนของปัจจัยการผลิตต่างๆ ให้พืชสามารถเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตได้ต่อไป ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในปัจจุบันที่โลกเกิดภาวะการแปรปรวนของสภาพอากาศ การเกษตรจะได้รับผลกระทบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การทำการเกษตรแบบเดิม ไม่มีการเตรียมความรู้ และสถานการณ์ที่จะตอบรับจึงยากที่จะอยู่รอด หนังสือ “สรีรวิทยาของพืชไร่” เล่มนี้ ถึงแม้จะไม่ได้รวบรวมความรู้เอาไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ เนื่องจากความรู้ทางสรีรวิทยาพืชไร่ประกอบได้ศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ทางเกษตรหลายแขนงด้วยกัน ยากที่จะนำทุกเรื่องมาเขียนไว้ในเล่มเดียวกันได้ แต่จะมีการรวบรวมเอาความรู้ทางสรีรวิทยาพืชไร่ ที่จะทำให้เกิดความเข้าใจการตอบสนองของพันธุกรรมพืชต่อปัจจัยการผลิตต่างๆ ได้อย่างดี โดยจะมีตัวอย่างการตอบสนองของพันธุ์พืชกับปัจจัยในการผลิตพืช จากบทความทางวิชาการในวารสารทั้งภายในและต่างประเทศ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของผู้เขียนเองที่จะทำให้การอ่านหนังสือเล่มนี้มีความง่ายและเห็นชัดยิ่งขึ้น จึงสามารถอ่านได้สำหรับนักเกษตรหลายๆ ระดับ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณผู้อ่านทุกท่านที่สนับสนุนหนังสือเล่มนี้จนทำให้สำนักพิมพ์ต้องพิมพ์เผยแพร่เป็นครั้งที่ 2 หลังจากพิมพ์ครั้งไปแล้วจำนวน 500 เล่ม ภายในเวลา 1 ปี ซึ่งการพิมพ์ครั้งที่ 2 ยังคงเนื้อหาเดิม มีการปรับปรุงเล็กน้อยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอบคุณศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม ที่เป็นที่ปรึกษาและสนับสนุนการเขียนทุกอย่างให้ผู้เขียนมาโดยตลอดรวมทั้งการพิมพ์ครั้งที่ 2 นี้ด้วย และหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นหนังสือสรีรวิทยาพืชไร่ ที่ทำให้ผู้อ่านเกิดความรู้ความเข้าใจในศาสตร์นี้เพิ่มขึ้น และจะได้รับการสนับสนุนจากผู้อ่านเช่นเดิม

ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย  
มกราคม 2559

# 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 <sub>4</sub>	51
การจับคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชอวนน้ำ	54
Photorespiration	55
องค์ประกอบผลผลิต	56
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของผลผลิต	59
ความสำคัญของการศึกษาองค์ประกอบผลผลิต	60

ดัชนีการเก็บเกี่ยว	62
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของดัชนีการเก็บเกี่ยว	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	147
การแก่และการสุกของผล	148
กรณีพิเศษของการทำนา ปลูกข้าวไร่	148

## บทที่ 6

### ดิน ปัจจัยจำกัดเฉพาะพื้นที่

ลักษณะความอุดมสมบูรณ์ของดิน	153
ธาตุอาหารพืชในดิน	156
ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช	157
การลำเลียงธาตุอาหารพืช	160
การนำเอาธาตุอาหารที่สะสมไว้ในรูปต่าง ๆ กลับออกมาใช้ประโยชน์	164
การตอบสนองต่อปุ๋ยของพืช	166
ธาตุอาหารในเมล็ด	174
จุลินทรีย์ตัวช่วยพืชหาอาหาร	178
แบคทีเรียไรโซเบียม	178
เชื้อราไมคอร์ไรซา	182

## บทที่ 7

### ความแตกต่างระหว่างพันธุ์พืช ตัวเลือกสำคัญในการเพาะปลูก

ความแตกต่างของพันธุ์พืชในการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม	199
การเลือกพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม	200
ความหลากหลายของพันธุ์กรรมข้าวไทย	206
แหล่งความหลากหลายของพันธุ์กรรมข้าว	208
การปรับปรุงพันธุ์พืช	210

## ภาคผนวก

ชื่อสามัญและชื่อวิทยาศาสตร์ของพืช	215
ดัชนี	217

# สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณ ใบพืช ของพืช $C_3$ ตอนที่มืดและไม่มีแสง (A) และขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงบริเวณไทลาคอยด์ (B)	2
ภาพที่ 1.2 ลักษณะทั่วไปของต้นพืช ส่วนต้น และราก	2
ภาพที่ 1.3 เนื้อเยื่อ epidermis ชั้นนอก ของใบพืช (A) ซึ่งแสดงลักษณะ ของเนื้อเยื่อหลัก 3 ชนิด คือ parenchyma (B), collenchyma (C), sclerenchyma (D) และส่วนของเนื้อเยื่อ xylem และ phloem (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 ที่ประกอบไปด้วยโปรตีน และพอลิฟอสเฟต 2 ชั้น	12
ภาพที่ 1.8 ชนิดต่างๆ ของโปรตีน Anchored ที่เชื่อมต่อกับเนื้อเยื่อ โดยผ่านกรดไขมัน (prenyl group หรือ phosphatidylinositol)	13
ภาพที่ 1.9 ลักษณะโครงสร้างของ nucleus และ nuclear envelope (A) และภาพวาดแสดงส่วนประกอบของ nucleus กับ nuclear pores (B)	14
ภาพที่ 1.10 Nuclear pore complex ที่ทำหน้าที่เป็นช่องผ่านอยู่ตรงบริเวณ nuclear envelope	15
ภาพที่ 1.11 ลักษณะการพันกันของเส้นดีเอ็นเอในระยะเวลาเมตาเฟสโครโมโซม	16
ภาพที่ 1.12 ขั้นตอนในการแสดงออกของยีน (A) และการรวมตัวกันของ กรดอะมิโนบนไรโบโซม โดยการช่วยเหลือของทีอาร์เอ็นเอ เพื่อสร้างโพลีเปปไทด์ (B)	18

ภาพที่ 1.13	เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม (endoplasmic reticulum)	19
ภาพที่ 1.14	ภาพของกอลจิบอดีจากกล้องอิเล็กตรอน จากเซลล์ส่วนรากของต้นยาสูบ	21
ภาพที่ 1.15	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงส่วนของโปรโตพลาสต์ (protoplast) จากเนื้อเยื่อส่วนออลูโรน (aleurone) ของเมล็ดพืช	22
ภาพที่ 1.16	ภาพแสดงลักษณะของไมโทคอนเดรียภายในเซลล์พืช	23
ภาพที่ 1.17	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงโครงสร้างของคลอโรพลาสต์	25
ภาพที่ 1.18	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงส่วนของเพอรอกซิโซมจากส่วนของมีโซฟิลล์ในเซลล์พืช	26
ภาพที่ 1.19	ภาพวาดแสดงส่วนของท่อไมโครทิวบูลในแนวยาวใน 1 ไมโครทิวบูลประกอบไปด้วย 13 โปรโตฟิลาเมนต์ ซึ่งมีลักษณะการเรียงตัวของหน่วย $\alpha$ และ $\beta$ ดังภาพ (A) และแผนภาพแสดงการปรากฏของเส้นไมโครฟิลาเมนต์ (B)	28
ภาพที่ 1.20	แบบจำลองของอินเตอร์มีเดียท ฟิลาเมนต์ จากส่วนของโปรตีน มอนอเมอร์	28
ภาพที่ 1.21	แผนภาพแสดงการแบ่งตัวแบบไมโทซิสในเซลล์พืช	30
ภาพที่ 1.22	ภาพแสดงลักษณะของพลาสมาเดสมาตาระหว่างเซลล์	32
ภาพที่ 2.1	ปฏิกิริยาเมื่อแสงสว่างตกกระทบบนลูกใบพืช	37
ภาพที่ 2.2	โครงสร้างทางเคมีของคลอโรฟิลล์เอและบี	43
ภาพที่ 2.3	โครงสร้างและส่วนประกอบของคลอโรพลาสต์ที่เป็นอวัยวะสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงในเซลล์พืช	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 ลักษณะของระบบการเกษตรแบบยั่งยืนที่เปรียบได้กับเก้าอี้ 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	ระบบชลประทานแบบต่างๆ ในการเกษตรชลประทาน	75
ภาพที่ 3.5	ระบบการเกษตรธรรมชาติ เกษตรอินทรีย์	77
ภาพที่ 4.1	การไหลของน้ำจากรอยร้าวที่อยู่ต่ำสุดของถ้ำน้ำตามทฤษฎี 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 ธาตุแมกนีเซียมในส่วนช่อกของเนื้อเยื่อลำต้น (straw) และเมล็ด (grain) ของธัญพืช	111
ภาพที่ 4.8	แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชที่ตอบสนองต่อปริมาณ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช	111
ภาพที่ 4.9	การคำนวณจุดวิกฤติความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในส่วน 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 5.3	ความยาววัน (ช่วงแสง) ในข้าวโลกซีกเหนือ ตามตำแหน่งเส้นรุ้ง 0°-60°N แสดงวันสั้นที่สุดในวันที่ 23 ธันวาคม ถึงวันยาวที่สุด วันที่ 23 มิถุนายน (ข้าวโลกซีกใต้)	146
ภาพที่ 6.1	การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารสู่รากพืชแบบลักษณะของ Passive และ Active โดยผ่านช่อง Channel protein และ Carrier protein ตามลำดับ	159
ภาพที่ 6.2	การเคลื่อนที่ของน้ำและธาตุอาหารในท่อน้ำ (xylem) และท่ออาหาร (phloem)	161
ภาพที่ 6.3	การเคลื่อนที่ของน้ำตาลในท่ออาหาร จากส่วนที่สร้างอาหาร (sink) เข้าไปยังส่วนที่ใช้อาหาร (source) โดยแรงดันไฮโดรสตาติก (hydrostatic pressure) ในท่ออาหาร	162
ภาพที่ 6.4	การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารภายในท่อน้ำ (xylem) และท่ออาหาร (phloem) แบบ Apoplast และ Symplast	164
ภาพที่ 6.5	การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ระยะ 2 สัปดาห์ หลังการเพาะเมล็ดในกล่องที่บรรจุดินที่ไม่มีธาตุสังกะสี และมีการจัดการใส่ธาตุสังกะสีในรูปแบบต่างๆ กัน เปรียบเทียบกับ ไม่ใส่ธาตุสังกะสีกล่องแรกด้านซ้ายมือ คือไม่มีการใส่ธาตุสังกะสี กล่องที่ 2 ใส่ธาตุสังกะสีในเมล็ดก่อนเพาะ กล่องที่ 3 ใส่ธาตุสังกะสีในดิน และกล่องที่ 4 ใส่ธาตุสังกะสีทั้งในเมล็ดและในดิน	174
ภาพที่ 6.6	(A) Arbuscule of arbuscular mycorrhizal fungi, (B) Spores of arbuscular mycorrhizal fungi, (C) Vesicle of an endomycorrhizal fungus in root	182
ภาพที่ 6.7	<i>Glomus</i> spp.	183
ภาพที่ 6.8	<i>Sclerocystis</i> spp.	183
ภาพที่ 6.9	<i>Acaulospora</i> spp.	184
ภาพที่ 6.10	<i>Entrophospora</i> spp.	184
ภาพที่ 6.11	<i>Gigaspora</i> spp.	185
ภาพที่ 6.12	<i>Scutellospora</i> spp.	185

ภาพที่ 6.13	แสดงลักษณะการเจริญของเชื้อราไมคอร์ไรซาในรากพืช (A) ลักษณะการเจริญของเส้นใยนอกรากพืช (B) แสดงการสร้างเวลิเคิลเพื่อการเก็บสะสมอาหารในรากพืช และการสร้างสปอร์บนเส้นใยนอกรากพืช (C) โครงสร้างของไมคอร์ไรซาในรากพืช	187
ภาพที่ 6.14	ลักษณะการเจริญเติบโตของถั่วพุ่ม (A) และไมยราบ (B) ที่ได้รับการปลูกเชื้อ <i>Acaulospora</i> sp. เปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ ปลูกเชื้อ (AM0) เมื่อปลูกในดินที่มีสภาพเป็นกรด (pH=5)	195
ภาพที่ 7.1	ศูนย์รวมความหลากหลายของพันธุกรรมข้าวในภูมิภาคต่างๆ	209
ภาพที่ 7.2	ความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานวิทยา ของเมล็ดข้าวพันธุ์ต่างๆ	209

ตัวอย่าง

# สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	ผลผลิตของข้าวเก่าพันธุ์เก่าดอยสะเก็ดและบ็อซูในสภาพแอโรบิกและขังน้ำ	4
ตารางที่ 1.2	เปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนประกอบพื้นฐานในเซลล์ของพืชและสัตว์	5
ตารางที่ 1.3	ส่วนประกอบหลักในเซลล์พืชและหน้าที่การทำงาน	8
ตารางที่ 2.1	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อหน่วยพื้นที่ใบของพืชชนิดต่าง ๆ	35
ตารางที่ 2.2	ดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมสามารถรับแสงได้ร้อยละ 95 ของพืชแต่ละชนิด	36
ตารางที่ 2.3	ปริมาณการดูดซับ การสะท้อนกลับและการลอดผ่านของแสงที่คลื่นแสงต่าง ๆ	37
ตารางที่ 2.4	อัตราการเจริญเติบโตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มากที่สุดของพืชแต่ละชนิดในช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในดินชนิดเดียวกัน	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	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงระยะปลูกต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบผลผลิตอื่น ๆ และผลผลิตของทานตะวัน	58
ตารางที่ 2.10	เปรียบเทียบน้ำหนักแห้ง ผลผลิตและดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าวชนิดอินดิกาและจาโปนิกา ที่ปลูกในสภาพของปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกัน	63
ตารางที่ 3.1	ปริมาณความเข้มข้นของธาตุเหล็ก สังกะสี และฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และสุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกเปรียบเทียบในสภาพน้ำแห้งและน้ำขัง	76

ตารางที่ 3.2	การรับรองมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารอินทรีย์ของประเทศต่าง ๆ	78
ตารางที่ 3.3	เปรียบเทียบค่าดัชนีต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบการปลูกพืชแซมระหว่าง ข้าวโพด-ถั่วเหลือง และข้าวโพด-ถั่วมะแฮะ	86
ตารางที่ 3.4	ผลผลิตข้าวของเกษตรกรบนพื้นที่สูงในช่วง 5 ปี ในพื้นที่ที่มีจำนวนต้นปะดะชั้นหนาแน่นแตกต่างกัน ในระบบการเกษตรแบบทำไร่เลื่อนลอยของเกษตรกร	87
ตารางที่ 3.5	ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการ (ธาตุเหล็ก สังกะสี และสารแอนโทไซยานิน) ในข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	88
ตารางที่ 3.6	ความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (Fe) และสังกะสี (Zn) ในข้าวกล้องจากข้าวพันธุ์ต่าง ๆ กัน	93
ตารางที่ 4.1	ปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่าง ๆ	97
ตารางที่ 4.2	ปริมาณไขมันและส่วนประกอบอื่นๆ ในพลาสติกชีวภาพของไบโตนก้าทานตะวันเมื่อปลูกในรูปแบบที่ไม่มีปัจจัยจำกัด และมีน้ำเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของต้นกล้า	101
ตารางที่ 4.3	ปริมาณธาตุอาหารในดินพืชที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช	104
ตารางที่ 4.4	ธาตุอาหารหลักและรอง	105
ตารางที่ 4.5	อาการขาดธาตุอาหารและธาตุอาหารเป็นพิษของพืช	106
ตารางที่ 4.6	ลักษณะของการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในท่อลำเลียงอาหารของพืช	108
ตารางที่ 4.7	ปริมาณธาตุอาหารในส่วนและอายุต่าง ๆ กันของโอดและเรป	110
ตารางที่ 4.8	เนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิตรวม และผลผลิตต่อพื้นที่ของข้าวนาปี และนาปรังในปีเพาะปลูก 2555	119
ตารางที่ 4.9	ผลผลิตข้าวนาปีและนาปรังในประเทศไทย ในปีเพาะปลูก 2553-2555	119
ตารางที่ 4.10	ผลผลิตข้าวเปลือกนาปี (ข้าวดอกมะลิ 105 กข15 และปทุมธานี 1) และนาปรัง (ปทุมธานี 1)	120
ตารางที่ 5.1	สถิติปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) แต่ละฤดูกาลในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย	132
ตารางที่ 5.2	ช่วงของอายุขั้นต่ำสุดก่อนที่พืชพร้อมจะออกดอก	137
ตารางที่ 5.3	ผลของการค้นช่วงมืดด้วยแสง 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	อุณหภูมิตำวิฤติ ( $^{\circ}\text{C}$ ) และหน่วยความร้อนที่ต้องการ เพื่อการงอก (องศา-วัน หรือ Degree-days) ในถั่วเมืองร้อน และกึ่งร้อนชนิดต่างๆ	144
ตารางที่ 5.8	อายุเก็บเกี่ยวของข้าวไรไวแสงแต่ละพันธุ์	150
ตารางที่ 6.1	น้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ กข 21 ที่ปลูกในแปลงปุ๋ย พืชสดถั่วเล็บมือนาง และไมยราบเปรียบเทียบกับแปลง ที่มีการทำปุ๋ยพืชสด	156
ตารางที่ 6.2	สารประกอบเคมีที่พบในของเหลวภายในท่ออาหารของ ต้นละหุ่ง ( <i>ricinus communis</i> )	163
ตารางที่ 6.3	การนำเอาธาตุอาหารที่สะสมไว้ในรูปต่างๆ กลับออกมาใช้ประโยชน์ ในระหว่างช่วงการออกดอกและการสุกแก่ของฝักของถั่ว	166
ตารางที่ 6.4	ผลผลิตของข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเกิดและก่ำหอม มข. ที่ปลูกในสภาพไนโตรเจน 2 ระดับในสภาพน้ำแห้ง และน้ำขัง	167
ตารางที่ 6.5	ปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดของข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเกิด และก่ำหอม มข. ที่ปลูกในสภาพไนโตรเจน 2 ระดับในสภาพ น้ำแห้ง และน้ำขัง	168
ตารางที่ 6.6	สูตรปุ๋ยต่างๆ ของปุ๋ยที่มีอัตราส่วนเดียวกันคือ 1:1:1	169
ตารางที่ 6.7	ผลผลิตของข้าว (วัดที่ความชื้น 14%) ที่ปลูกในสภาพนาสวน และมีรูปแบบการใส่ปุ๋ยสังกะสีทางดินและการพ่นทางใบเปรียบเทียบกับ การไม่ใส่ปุ๋ย ในแหล่งที่ปลูกต่างกันของประเทศจีนและประเทศไทย	173
ตารางที่ 6.8	ปริมาณความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวเปลือก ที่ปลูกในสภาพนาสวน และมีรูปแบบการใส่ปุ๋ยทางดิน และการพ่นทางใบเปรียบเทียบกับ การไม่ใส่ปุ๋ย ในแหล่งที่ปลูก ต่างกันของประเทศจีนและประเทศไทย	173
ตารางที่ 6.9	คำแนะนำจากสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ในการให้ปุ๋ยสำหรับพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง สูตรปุ๋ยเคมี และอัตราการใช้ตามชนิดของเนื้อดิน	176

ตารางที่ 6.10	คำแนะนำจากสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ในการให้ปุ๋ยสำหรับพันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง สูตรปุ๋ยเคมี และอัตราการใช้ตามชนิดของเนื้อดิน	177
ตารางที่ 6.11	น้ำหนักแห้งของถั่วพุ่ม และไมยราบที่ใส่เชื้อไมคอร์ไรซา <i>Acaulospora</i> sp.เปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่เชื้อ เก็บตัวอย่าง เมื่อพืชมีอายุได้ 56 วัน	195
ตารางที่ 7.1	อาการของข้าวที่เกิดจากสภาวะเครียดของอุณหภูมิสูง ในระหว่างการเจริญเติบโตในระยะต่างๆ	202
ตารางที่ 7.2	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อผลผลิตข้าวสาดี ในประเทศออสเตรเลีย ในช่วงปี ค.ศ. 2005-2010	203
ตารางที่ 7.3	ปริมาณธาตุเหล็กและสังกะสีในข้าวกล้องของพันธุ์ข้าวต่างๆ	205
ตารางที่ 7.4	ปริมาณธาตุสังกะสีในข้าวสาดีชนิดต่างๆ	206

ตัวอย่าง

“สรีรวิทยาพืชไร่” เป็นศาสตร์ที่สำคัญมากในการศึกษาในสาขาพืชไร่เนื่องจาก เป็นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาและเจริญเติบโตของพืช จนถึงการใช้ผลผลิต ซึ่งมีความรู้ในหลายภาคส่วนประกอบกัน ตั้งแต่ในส่วนของสรีรวิทยาภายในหนึ่งเซลล์พืช ไปจนถึงสรีรวิทยาของกลุ่มประชากรพืชไร่ เพราะความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกทางสรีรวิทยาของพืชไร่เกี่ยวข้องกันอย่างแยกไม่ได้ ดังนั้นในหนังสือเล่มนี้ จึงประกอบไปด้วยเนื้อหาหลาย ๆ ส่วนที่จะทำให้อ่านติดตามกลไกทางสรีรวิทยาของพืชไร่ได้ในหลายระดับอย่างน่าสนใจ



CHIANG MAI  
UNIVERSITY PRESS



ราคา 480 บาท

# บทที่ 1

## ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืช ที่เกี่ยวข้องกับกลไกทางสรีรวิทยาพื้นฐานของพืช

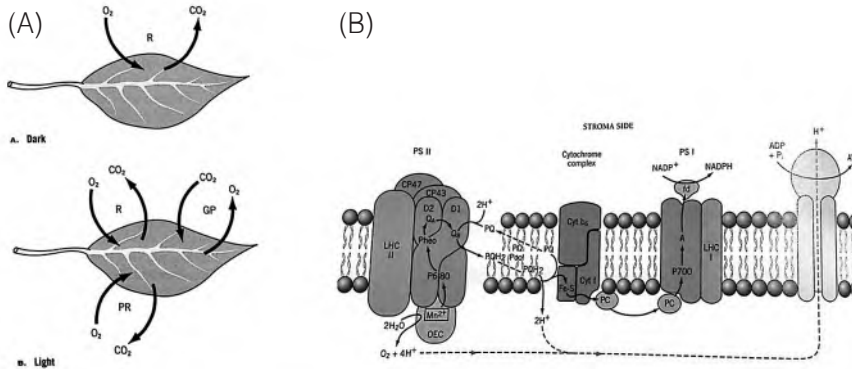
### Plant morphological characteristics in relation to basic physiological mechanisms

#### ความสำคัญของการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืช

คำว่า “cell” มีรากฐานคำศัพท์มาจากภาษาละตินว่า “cella” ซึ่งมีความหมายว่า กล่องหรือห้องเก็บของ โดยพบว่ามีการใช้คำศัพท์นี้ครั้งแรกในการศึกษาทางชีววิทยา เมื่อปี ค.ศ. 1665 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ Robert Hooke ซึ่งเขาได้ใช้ในการอธิบาย ลักษณะของเซลล์ที่เขาพบในไม้คอร์ก ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าแต่เขาสามารถ เห็นได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ การศึกษาเรื่องเกี่ยวกับสัณฐานวิทยาของเซลล์พืชมีความ จำเป็นในการศึกษาเกี่ยวกับสรีรวิทยาของพืชเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากมีลักษณะทาง ชีวเคมีหลายๆ อย่างที่เกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกันอยู่อย่างแยกไม่ได้กับลักษณะทางสัณฐาน วิทยาของเซลล์พืช ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืชจึงถือได้ว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญใน การศึกษาทางสรีรวิทยาพืชก็ว่าได้ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาเรื่องหน้าที่การทำงานใดการ ทำงานหนึ่งของเซลล์พืช เราจะต้องทราบและระบุให้แน่ชัดว่าการทำงานนั้นเกิดขึ้นในเซลล์ ส่วนสัณฐานใดของพืช เช่น การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณ ใบพืช ของพืช  $C_3$  ตอนที่มันมีแสงและไม่มีแสง และขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงบริเวณ ไทลาคอยด์ เป็นต้น การระบุตำแหน่งการทำงานให้ชัดเจนว่าเกิดในส่วนใดของเซลล์พืช จะ สามารถอธิบายกลไกในการเกิดได้อย่างละเอียดและชัดเจนมากยิ่งขึ้น (ภาพที่ 1.1) ทั้งนี้ เนื่องจากกลไกทางสรีรวิทยาของพืชค่อนข้างมีความสลับซับซ้อนอยู่เป็นจำนวนมาก ในบาง กระบวนการสามารถเกิดได้หลายส่วนและหลายเซลล์ ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการสังเคราะห์ แสงที่เกิดได้ทั้งในส่วนของมีโซฟิลล์ (mesophyll) และบันเดิลชีท (bundle sheath) ใน พืช  $C_4$  เป็นต้น

## บทที่ 1

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืชที่เกี่ยวข้องกับกลไกทางสรีรวิทยาพื้นฐานของพืช

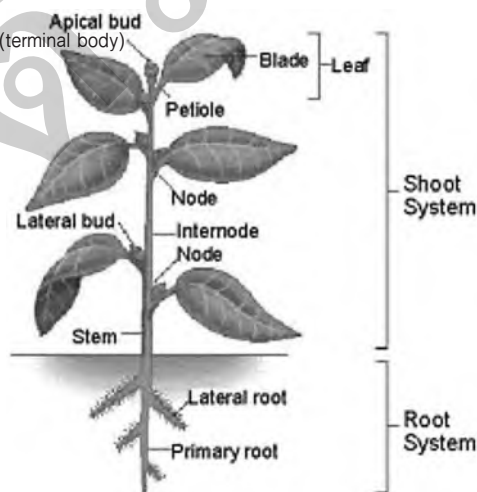


ภาพที่ 1.1 การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณใบพืช ของพืช  $C_3$  ตอนที่มืดและไม่มืด (A) และขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงบริเวณไทลาคอยด์ (B)

ที่มา: Hopkins and Huner (2009)

## ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์พืชโดยทั่วไป

ส่วนต่างๆ ของพืชที่ทำหน้าที่ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโตนั้น อาจแบ่งออกเพื่อสะดวกต่อการศึกษาเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่อยู่ใต้ดินซึ่งต่างๆ 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)

1) ราก มีหน้าที่หลักในการดูดน้ำและแร่ธาตุอาหารจากดินสู่ลำต้นและยึดลำต้นให้พืชตั้งตัว ในพืชบางชนิดส่วนของรากยังเป็นที่สะสมแป้ง ส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่ในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้แก่ต้นพืชคือส่วนที่อยู่ทางปลายราก บริเวณที่เป็นรากขน (root hairs) รากขนเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ผิวนอกของราก (epidermis) มีขนาดเล็ก ยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร และมีอายุสั้น เมื่อรากหลักเจริญต่อไปเรื่อยๆ นั้น รากขนที่มีอายุมากขึ้นจะตายไปและเกิดรากขนใหม่บริเวณใกล้ปลายรากต่อไปเรื่อยๆ ในการทำหน้าที่ รากขนเล็กๆ เหล่านี้จะชอบไขไปตามช่องว่างเม็ดดินและสัมผัสกับเม็ดดินที่มีเกลือแร่ธาตุอาหารที่ละลายอยู่กับน้ำและเกาะอยู่ที่ผิวเป็นชั้นบางๆ โดยดูดซึมเข้าไปสู่ส่วนกลางของลำต้น อิทธิพลของสภาพแวดล้อมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโต แตกแขนง และการแพร่กระจายของรากพืช เช่น ดินที่ร่วนซุยรากพืชสามารถจะชอบไขถึงอนุภาคดินที่มีธาตุอาหารได้สะดวกกว่าดินที่เกาะกันอย่างหลวมๆ หรือแน่นทึบเกินไป ถ้าปลูกพืชในสภาพที่น้ำใต้ดินอยู่ลึก รากจะชอบไขลึกลงไปใต้ดินได้มากกว่าในสภาพที่น้ำใต้ดินตื้น หรือรากพืชจะมีการเจริญเติบโตแตกสาขาหนาแน่นตรงบริเวณที่มีธาตุอาหารหรือปุ๋ยอยู่มากกว่า นอกจากนี้ยังมีสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดและด่าง อากาศ และจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งล้วนแล้วแต่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของรากทั้งสิ้น นอกจากนี้ชนิดหรือพันธุ์ของพืชจะมีความสามารถในการแตกรากต่างกันด้วย เช่น ข้าวฟ่างจะมีปริมาณการแตกรากมากกว่าข้าวโพดเป็นสองเท่า เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาลักษณะโครงสร้างและรูปแบบการเจริญเติบโตตลอดจนถึงสภาพแวดล้อมที่จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของรากพืชแต่ละชนิดจึงมีประโยชน์ต่อการปลูกพืชเป็นอย่างมาก เนื่องจากพืชแต่ละชนิดหรือแม้แต่นชนิดเดียวกันแต่คนละสายพันธุ์จะมีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมแตกต่างกันออกไป เช่น การพิจารณาปลูกพืชที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ ความลึกในการไถพรวนดิน การจัดการระยะระหว่างแถว ระหว่างต้นพืช การจัดระบบในการปลูกพืช ตำแหน่งการใส่ปุ๋ยที่จะให้พืชนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการศึกษาเรื่องดังกล่าวจะต้องระบุชนิดพืชที่ปลูกและการจัดการสภาพแวดล้อมให้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวกล้า 2 พันธุ์ คือพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดและบีอี่ซู่ในสภาพแอโรบิกและขังน้ำ พบว่าผลผลิตของข้าวกล้าทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อสภาพการปลูกแตกต่างกัน (ตารางที่ 1.1) โดยในสภาพการปลูกแบบแอโรบิก พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีผลผลิตมากกว่าพันธุ์บีอี่ซู่ แต่ในทางตรงกันข้ามการปลูกในสภาพน้ำขังกลับทำให้ข้าวพันธุ์บีอี่ซู่มีผลผลิตมากกว่าพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด และพบว่าพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดไม่มีความแตกต่างของผลผลิตข้าวเมื่อปลูกในสภาพน้ำแตกต่างกัน ในขณะที่พันธุ์บีอี่ซู่พบว่าผลการปลูกในสภาพน้ำขังทำให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าจากการปลูกในสภาพแอโรบิก ซึ่งความแตกต่างของผลผลิตข้าวในการปลูกที่สภาพ

แตกต่างกันนี้ เกิดจากความแตกต่างของกลไกทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันในข้าวทั้งสองพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณราก

ตารางที่ 1.1 ผลผลิตของข้าวกล้าพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดและบี้อู่ชูในสภาพแอโรบิกและขังน้ำ

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

\*ตัวอักษรภาษาอังกฤษใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกที่คำนวณมาจากค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%  
ที่มา: วรณภา และคณะ (2557)

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

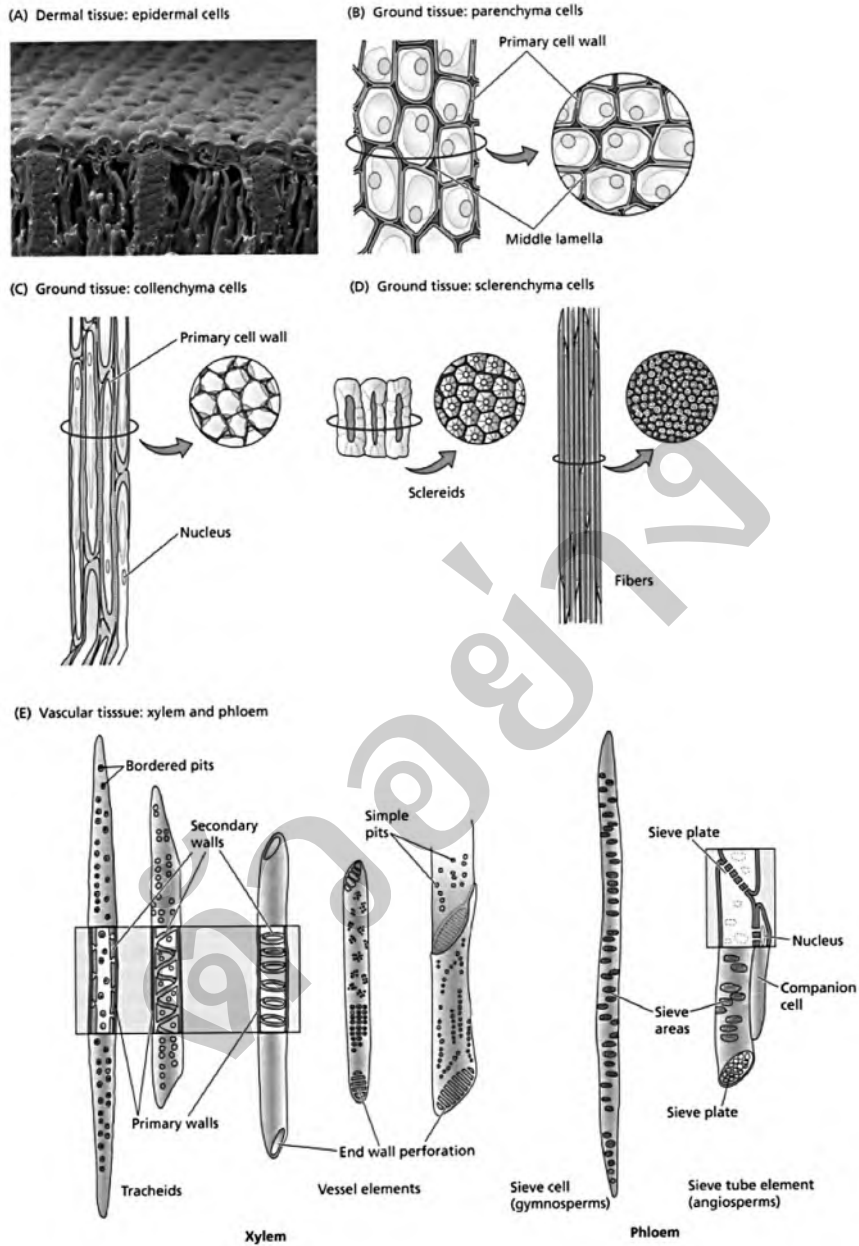
### ส่วนประกอบพื้นฐานของเซลล์พืชและบทบาทหน้าที่

พืชแตกต่างจากสัตว์ตรงที่เมื่อได้รับสภาพเครียดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต พืชจะไม่สามารถเดินหรือวิ่งหนีออกไปในสภาพแวดล้อมอื่นได้ด้วยตัวเอง พืชจึงมีกลไกทางสรีรวิทยามากมายที่จะตอบสนองต่อภาวะเครียดต่างๆ เพื่อความอยู่รอด ส่วนประกอบโดยทั่วไปของเซลล์พืชนั้นจะมีลักษณะคล้ายๆ กันในเซลล์ของสัตว์ แต่มีสิ่งที่ทำให้เซลล์พืชแตกต่างจากเซลล์สัตว์ดังแสดงเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของส่วนประกอบพื้นฐานในเซลล์ของพืชและสัตว์

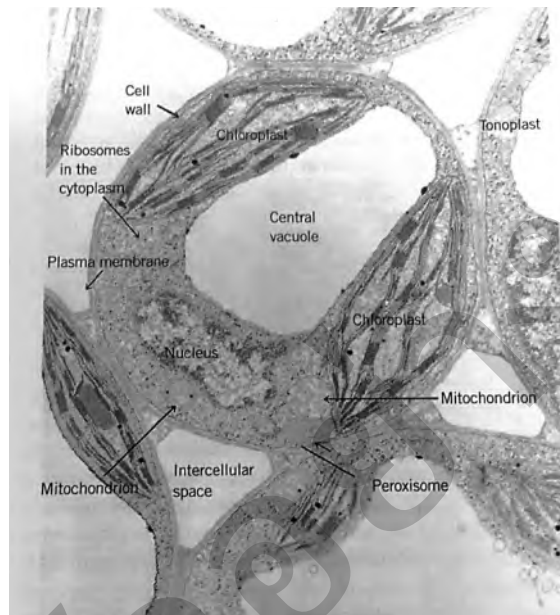
เซลล์พืช	เซลล์สัตว์
เซลล์พืชมีรูปร่างเป็นเหลี่ยม มีผนังเซลล์อยู่ด้านนอก	เซลล์สัตว์มีรูปร่างกลมหรือรีไม่แน่นอน ไม่มีผนังเซลล์แต่มีสารเคลือบเซลล์อยู่ด้านนอก
มีคลอโรพลาสต์อยู่ภายในเซลล์ ไม่มีเซนทริโอล	ไม่มีคลอโรพลาสต์ มีเซนทริโอลที่ใช้ในการแบ่งเซลล์
แวคิวโอลมีขนาดใหญ่มองเห็นได้ชัดเจน	แวคิวโอลมีขนาดเล็กมองเห็นได้ไม่ชัดเจน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

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



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

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



ภาพที่ 1.4 ส่วนประกอบของเซลล์พืช

ที่มา: Hopkins and Huner (2009)

ซึ่งในบางชนิดของเซลล์พืชเมื่อมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ส่วนของนิวเคลียสอาจจะหายไปในช่วงที่เซลล์มีการเจริญเติบโต ลักษณะเฉพาะของเซลล์พืชอีกอย่างคือการมีผนังเซลล์ล้อมรอบเซลล์อยู่ ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดของหน้าที่การทำงานต่อไปโดยหน้าที่หลัก ๆ ของเซลล์พืชสรุปได้ดังนี้ (ตารางที่ 1.3)

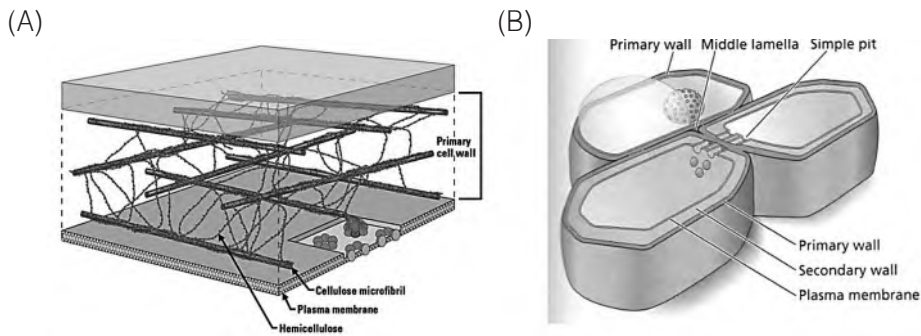
## ตารางที่ 1.3 ส่วนประกอบหลักในเซลล์พืชและหน้าที่การทำงาน

ส่วนประกอบของเซลล์	หน้าที่หลัก
นิวเคลียส	ควบคุมศูนย์กลางของเซลล์พืช ประกอบด้วย ดีเอ็นเอ ที่สามารถนำมาสังเคราะห์เป็น โปรตีนภายในเซลล์พืชได้
ไมโทคอนเดรีย	ทำหน้าที่ในกระบวนการหายใจของเซลล์พืชเปลี่ยน สารประกอบกลูโคสเป็น ATP ที่สามารถนำมาใช้เป็น แหล่งของพลังงานภายในเซลล์
เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม	เป็นช่องทางผ่านภายในเซลล์
ไรโบโซม	อยู่บริเวณเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ทำหน้าที่ในการสร้างโปรตีนในเซลล์พืช
เยื่อหุ้มเซลล์	ทำหน้าที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารต่าง ๆ ใน เซลล์
แวคิวโอล	เก็บและย่อยอาหาร ระบายของเสีย และนำส่วนเกิน ออกจากเซลล์
คลอโรพลาสต์	พบในเซลล์พืชและในสาหร่าย ทำหน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์แสง
ผนังเซลล์	ทำหน้าที่ห่อหุ้มและปกป้องเซลล์

## ผนังเซลล์

เซลล์ของพืชชั้นนั้นจะล้อมรอบไปด้วยส่วนของผนังเซลล์ ซึ่งข้อแตกต่างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์คือ ที่เซลล์ของพืชชั้นนั้น จะล้อมรอบไปด้วยส่วนของผนังเซลล์พืช ในขณะที่เซลล์ของสัตว์นั้นส่วนของเอ็มบริโอ (embryo) จะสามารถเคลื่อนที่จากเซลล์หนึ่งไปเซลล์หนึ่งได้โดยไม่มีผนังกัน ทำให้เกิดการพัฒนารูปร่างของเซลล์หรืออวัยวะในส่วนของอวัยวะต่าง ๆ ขึ้น สำหรับพืช การเคลื่อนย้ายเช่นนี้จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เหมือนกรณีของเซลล์สัตว์ เนื่องจากมีผนังเซลล์ของพืชปิดกันไว้ และแต่ละผนังเซลล์ของพืชจะเชื่อมติดกันโดยมิดเดิลลามลลา (middle lamella) ดังนั้น การพัฒนารูปร่างของเซลล์พืชและสัตว์จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ ผนังเซลล์พืชจะมีลักษณะเป็นเยื่อหนาหุ้มอยู่ชั้นนอกของเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลล์พืช ในพืช ผนังเซลล์ ประกอบด้วย เซลลูโลส และสารประกอบเพคติก เช่น แคลเซียมเพคเตท เป็นต้น ผนังเซลล์พืชที่อยู่ติด ๆ กัน ถึงแม้จะหนาและแข็งแรงแต่ก็มีช่องทางติดต่อกันได้ เป็นเส้นทาง

ในการติดต่อของไซโตพลาสซึมทั้ง 2 เซลล์ด้วยกัน ที่เรียกว่าพลาสโมเดสมาตา (plasmodesmata) (ภาพที่ 1.5)



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

ผนังเซลล์ของพืชจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

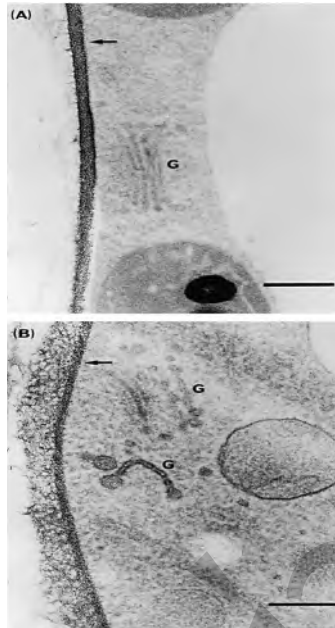
1) ผนังเซลล์ส่วนแรก (primary cell wall)

ผนังเซลล์ส่วนนี้มีลักษณะบางมาก (< 1 ไมโครเมตร) เป็นลักษณะของเซลล์ที่มีอายุน้อย กำลังมีการเจริญเติบโต

2) ผนังเซลล์ส่วนที่สอง (secondary cell wall)

เป็นผนังเซลล์ที่มีความหนามากกว่าผนังเซลล์ชนิดแรก และยังมีความทนทานและแข็งแรงมากกว่าด้วย เนื่องจากผนังเซลล์จะประกอบไปด้วยสารที่เรียกว่า ลิกนิน (lignin)

ผนังเซลล์ทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันอวัยวะต่างๆ ภายในเซลล์ ในกรณีที่เกิดภาวะเครียดจากสภาพแวดล้อมอย่างกะทันหัน เช่น การสูญเสียแรงดันน้ำในเซลล์จะทำให้เซลล์ถูกทำลาย การมีผนังเซลล์ที่แข็งแรงก็สามารถชะลอการเสียดสภาพของเซลล์ได้ การขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชบางธาตุ จะมีผลต่อโครงสร้างและสรีรวิทยาของเซลล์ (ภาพที่ 1.6) จากภาพจะเห็นว่า พืชที่ขาดโบรอนจะมีผนังเซลล์บางกว่าพืชที่ไม่ขาดโบรอน ซึ่งผนังเซลล์ที่บางจะทำให้พืชอ่อนแอต่อสภาพเครียดต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโตของพืชดังกล่าวไปแล้ว



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

### เยื่อหุ้มเซลล์

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