

## บทที่ 3

# โครงสร้างของเมล็ดข้าว

### 3.1 บทนำ

ข้าวเป็นธัญพืชที่สำคัญของประชากรกว่าครึ่งโลกที่ใช้บริโภคเป็นอาหารหลัก ได้มีการปลูกและใช้บริโภคกันมากในประเทศแถบทวีปเอเชีย เช่นอินเดีย ปากีสถาน เนปาล บังคลาเทศ พม่า ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ จีน เกาหลี และญี่ปุ่น นอกจากนี้บริเวณดังกล่าวแล้ว ก็พบว่ามีการปลูกและบริโภคกันบ้างในอเมริกา บราซิล แอฟริกา ออสเตรเลีย และประเทศในยุโรป ตะวันออกกลางบางประเทศ

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า มีลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน และส่วนใหญ่เป็นพืชหญ้าล้มลุกที่มีอยู่ได้เพียงปีเดียว มีใบเป็นชนิดใบเลี้ยงเดี่ยว มีรากเป็นระบบรากฝอย สามารถจะเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน ซึ่งเป็นเขตร้อนชื้น แต่ก็มีความสามารถเจริญเติบโตได้ดี แม้ในเขตอบอุ่น เราอาจพบข้าวป่า แม้แต่บริเวณที่อยู่สูงกว่าระดับทะเลปานกลาง 1,800 เมตร ก็พบว่าข้าวสามารถขึ้นได้ ดังนั้นข้าวจึงนับว่าเป็นพืชที่มีความสามารถในการพัฒนาและปรับตัวให้เหมาะสมกับภูมิประเทศและภูมิอากาศได้อย่างกว้างขวางพืชหนึ่งของโลก

ข้าวที่มนุษย์เราได้นำมาปลูกไว้เพื่อใช้บริโภคนั้นอาจแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 2 พวกคือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* L.) และข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima* Steud) ข้าวอื่นนอกจากข้าวทั้งสองสกุลนี้แล้ว เราอาจจะจัดไว้เป็นพวกข้าวป่า (wild rice)

เริ่มแรกมนุษย์รู้จักการดำรงชีวิตด้วยการหาของป่ากิน ข้าว ก็นำมาจากป่าเช่นเดียวกัน มนุษย์รู้จักคัดเลือกข้าวป่าชนิดต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับระบบนิเวศ โดยการผสมข้ามระหว่างข้าวที่ปลูกกับวัชพืชที่เกี่ยวข้อง จึงเกิดข้าวพันธุ์พื้นเมืองขึ้นมากมายหลายพันธุ์ ที่เรียกว่าข้าวลูกผสม มีประมาณ 120,000 พันธุ์ทั่วโลก คนไทยรู้จักการปลูกข้าวทำนามาแล้วประมาณ 5,417 ปี ก่อนคริสต์ศักราช ก่อนจีนและอินเดียราว 1,000 ปี โดยมีหลักฐานเก่าแก่ทางประวัติศาสตร์ คือ รอยแถบข้าวที่ผสมอยู่ในภาชนะดินเผาที่พบหลายแห่งในไทย เช่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเชียง จังหวัดอุดรธานี เครื่องปั้นดินเผาในสมัยพ่อขุนรามคำแหงมหาราช และบนหลักศิลาจารึกว่า ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว จากข้าวป่า คนไทยโบราณรู้จักปรับปรุงพันธุ์ข้าว แต่ยังไม่มีการรวบรวมพันธุ์อย่างเป็นทางการ กระทั่งสมัยรัชกาลที่ 5 ซึ่งก่อนหน้านั้นไทยส่งข้าวไปขายที่ยุโรป ผ่านบริษัทของอินเดีย แต่ข้าวไทยขายสู่ชาวอินเดียไม่ได้ เพราะส่วนมากแตกหัก แต่ข้าวอินเดียมีเมล็ดยาวสวยกว่า รัชกาลที่ 5 ทรงตั้งข้อสังเกตว่าชาวนาไทยปลูกข้าวหลายพันธุ์มากเกินไป ไม่มีการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ จึงมีพระราชดำริให้เกษตรกรนำพันธุ์ข้าวพื้นเมืองมาประกวดกันเป็นครั้งแรก เมื่อปี 2540 ที่อำเภอชัยบุรี จังหวัดปทุมธานี พันธุ์ข้าวที่ส่งประกวดนั้น ทางกรมได้นำมาปลูกเพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีคุณภาพ เมล็ด

ดีจนเป็นพันธุ์ข้าวดีเพื่อแนะนำให้เกษตรกรปลูก หลังจากนั้นเป็นต้นมา ชาวนาจึงรู้จักคัดเลือกพันธุ์ข้าวมาปลูกมากกว่า การยัดพันธุ์พื้นเมือง

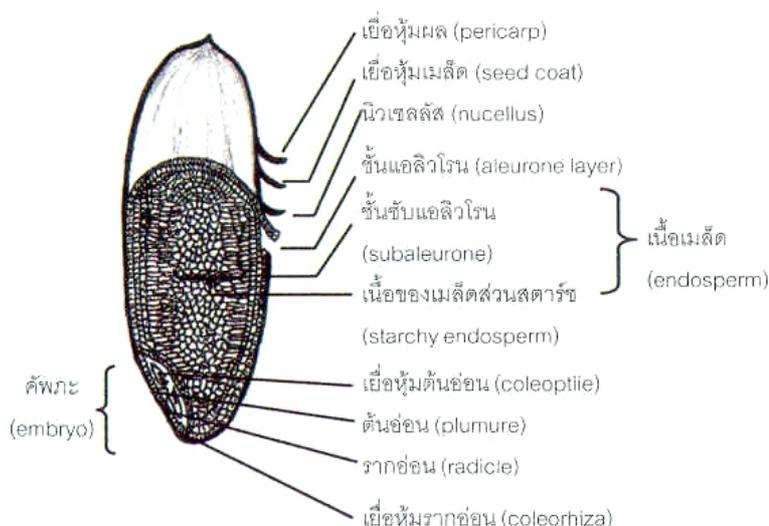
ข้าวได้กลายเป็นพืชเศรษฐกิจเพื่อการส่งออก และการบริโภคที่สำคัญของไทย ซึ่งข้าวที่ส่งออกพันธุ์ที่ดีที่สุดและเป็นที่รู้จัก คือพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 หรือที่เรียกว่าข้าวหอมมะลิ ไทยส่งออกไปขายมากที่สุดในโลก

ส่วนการตั้งชื่อพันธุ์ข้าว จะตั้งตามชื่อคน ชื่อสถานที่ และลักษณะตามธรรมชาติของข้าว หรือตั้งตามศูนย์วิจัยที่พัฒนาพันธุ์ข้าวขึ้นมา เช่นพันธุ์ กข. มาจาก กรมการข้าว พันธุ์สุพรรณบุรี ปราจีนบุรี ปทุมธานี เป็นต้น หรือชื่ออื่นในความหมายที่ดีเป็นมงคล เช่นมาจากวันครบรอบ 60 พรรษาของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว หรือสมเด็จพระย่า เป็นต้น

ประเทศไทยมีผืนนาทั่วประเทศประมาณ 60 ล้านไร่ ส่วนพื้นที่ถือครองปลูกข้าวมีประมาณ 57-58 ล้านไร่ [16],[17]

### 3.2 ลักษณะโครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว (Rice Seed) คือผล แต่เป็นผลชนิดหนึ่งที่เรียกว่า Caryopsis กล่าวคือเป็นผลแห้ง มีผลเดี่ยว ติดแน่นกับเปลือกหุ้มผลอันเกิดจากรังไข่ชนิดลอยตัว คำว่า Caryopsis นี้บางครั้งใช้เรียกเฉพาะผลของหญ้าเท่านั้น ผลหรือเมล็ดของข้าวจะมีความแตกต่างกันในส่วนอง ขนาด รูปร่าง สี ความมีหางหรือไม่มีหาง รวมถึงหางยาวและหางสั้นด้วย และขนบนเปลือก รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเมล็ดข้าว [18],[19]



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

จากรูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าวประกอบไปด้วยส่วนสำคัญๆ ดังนี้ คือ [18], [19]

### 1. ส่วนหุ้มเมล็ดหรือส่วนหุ้มผล

ถ้าเรานำข้าวเปลือกมาทำการแกะเอาส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว หรือผลนี้ ก็คือแกลบ (Husk) นั่นเอง ส่วนหุ้มเมล็ดข้าว จะมีลักษณะเป็นแผ่นหรือกลีบบางแต่แข็งแรงมาก ส่วนหุ้มผลหรือส่วนหุ้มเมล็ดนี้ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (Lemma) และเปลือกเล็ก (Palea) เปลือกทั้งสองนี้จะขบซึ่งกันและกัน (Inter Lock) แน่น ตามความยาวด้านข้างทั้ง 2 ของเมล็ด โดยจะขบกันในลักษณะเปลือกใหญ่ ขบเปลือกเล็ก ส่วนหุ้มเมล็ดข้าวทั้ง 2 ที่เป็นเปลือก คือส่วนที่จะเป็นแกลบนั่น อาจมีสีแตกต่างกันได้ตามลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์นั้นๆ เมื่อเมล็ดแก่

### 2. เนื้อผล

เนื้อผลคือผลแท้ (True Fruit) หรือข้าวกล้อง (Brown rice) หรือ Caryopsis นั่นเอง เนื้อผลเป็นส่วนที่อยู่ภายในส่วนหุ้มผล หรือเปลือกข้าว (แกลบ) เนื้อผลส่วนใหญ่จะเป็นแป้ง ส่วนในของเนื้อผลจะมีเยื่อต่างๆ ที่เป็นเนื้อเยื่อที่แตกต่างกันห่อหุ้มอยู่หลายชั้น คือ

1. เยื่อชั้นนอก หรือ เยื่อหุ้มผล (Pericarp) เยื่อชั้นนอกที่หุ้มผลอยู่นี้จะมีความหนาประมาณ 10 ไมครอน ด้วยเซลล์ที่มีผนังเป็นเส้นใย 6 ชั้น และจะมีสารสี หรือ รงควัตถุ ปนอยู่ด้วย ดังนั้นการที่เราเห็นข้าวกล้องเป็นสีต่างๆ เช่นข้าวขาว ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ นั่นก็คือการมีสารสีปรากฏอยู่ในเยื่อชั้นนี้ของข้าวกล้องนั่นเอง

2. เยื่อหุ้มชั้นกลาง หรือ เยื่อหุ้มเมล็ด (Testa) เป็นเยื่อชั้นที่อยู่ถัดจากเยื่อชั้นนอกเข้ามา ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชั้น รูปยาวเรียงตามขวางและมีผนังบางๆ กั้นอยู่ ส่วนที่อยู่ภายในเซลล์ของเยื่อหุ้มเมล็ดนี้ จะมีไขมันอยู่เป็นส่วนใหญ่ และมีสารสี หรือ รงควัตถุ ที่ทำให้ข้าวกล้องมีสีแตกต่างกันอยู่ด้วย เช่นเดียวกับในชั้นเยื่อชั้นนอก

3. เยื่อชั้นใน (Aleurone Layer) เป็นเยื่อชั้นในสุดถัดจากเยื่อหุ้มชั้นกลางเข้ามา ทำหน้าที่ห่อหุ้มคัพภะ (Embryo) และเนื้อข้าว (Endosperm) เยื่อชั้นนี้จะประกอบด้วยเซลล์ 1-7 ชั้น และเยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ด (Dorsal) จะหนากว่าเยื่อที่หุ้มด้านท้อง (Ventral) ความหนาของเยื่อชั้นในนี้ จะแตกต่างกันแล้วแต่พันธุ์และชนิดของข้าว เช่น เมล็ดข้าวป้อม สั้น จะมีเยื่อชั้นในหนากว่าข้าวเมล็ดยาว ข้าวไรจะมีเยื่อชั้นในหนากว่าข้าวนาสวนเป็นต้น ภายในเซลล์ของเยื่อชั้นในจะมีเม็ดโปรตีนอยู่มาก เป็นชั้นไขมันบางๆ ห่อหุ้มอยู่ และที่ผนังเซลล์ (Cell Wall) จะมี Protein, Hemicellulose และ Cellulose ประกอบอยู่ด้วย เยื่อชั้นในประกอบด้วย

3.1 คัพภะหรือเชื้อชีวิต (Embryo) ของผลหรือเมล็ดข้าว จะอยู่ที่โคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่ (Lemma) ส่วนสำคัญที่อยู่ภายในคัพภะนี้ คือรากอ่อนในเมล็ด (Radicle) และต้นอ่อน (Plumule) รวมทั้งใบเลี้ยง (Cotyledon) ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีใบเดี่ยวคือ Scutellum เป็นส่วนบางๆ อยู่ด้วย

การงอกของข้าวเป็นต้นใหม่ จะเกิดจากการงอกของรากอ่อนในเมล็ด และต้นอ่อนออกมาจากคัพภะ โดยใช้อาหารสำรองระยะงอกจาก Endosperm การงอกจะเกิดขึ้นได้จากเมล็ดที่แก่จัดและสมบูรณ์ รวมทั้งเป็นเมล็ด (ผล) ที่ไม่มีการพักตัว หรือพ้นระยะการพักตัวแล้ว หรือเมล็ดที่ผ่านการทำลายการพักแล้ว และต้องได้รับน้ำ (ความชื้น) อย่างเพียงพอ พอดีการงอกในสภาพของอุณหภูมิและอากาศที่เหมาะสมต่อการงอกด้วย

3.2 เนื้อข้าว (Endosperm) เนื้อผลนอกจากจะมีคัพภะแล้ว ยังมีเนื้อข้าวที่มีปริมาณมากเป็นส่วนใหญ่ หรือประมาณ 83% ของเมล็ดข้าว เนื้อข้าวภายในเซลล์จะถูกอัดแน่นด้วยเม็ดแป้ง (Starch Granule) ของกลุ่มแป้ง (Starch Compounds) โดยมีโปรตีน (Protein Body) แทรกอยู่ระหว่าง กลุ่มแป้ง และในผนังเซลล์จะมี Protein, Hemicellulose และ Cellulose เป็นส่วนประกอบสำคัญในเนื้อข้าว จะมีโปรตีนอยู่หนาแน่นบริเวณที่เป็นผิวมากกว่าบริเวณภายในของเมล็ดข้าว ขนาดของกลุ่มแป้ง มีขนาดประมาณ 40x50 ถึง 80x105 ไมครอน ส่วนเม็ดแป้งนั้น จะมีลักษณะเป็นผลึกหลายเหลี่ยมและมีขนาดเล็กมาก ขนาดของผลึกมีขนาดเล็กมากใกล้เคียงกันทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว

### 3.3 การเจริญเติบโตของต้นข้าว

การเจริญเติบโตของต้นข้าวตั้งแต่เริ่มงอกจากเมล็ดจนถึงขั้นที่แก่เก็บเกี่ยวได้อาจแบ่งได้เป็น 3 ระยะคือ ระยะการเจริญทางลำต้นและใบ ระยะการเจริญทางการสืบพันธุ์และระยะการเจริญทางด้านเมล็ด การแบ่งระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว อาจแตกต่างกันในรายละเอียดตามชนิดของพันธุ์ข้าวและวิธีการปลูก อย่างไรก็ตาม วงจรชีวิต ของข้าวจะมีขบวนการและลำดับขั้นตอนในการเจริญเติบโตที่แน่นอน กล่าวคือ เริ่มงอกจากเมล็ดเจริญเป็นต้นอ่อน หลังจากนั้นจะแตกกอ ออกรวง มีการผสมเกสรเจริญเติบโตเป็นเมล็ด และเมล็ดแก่พร้อมที่จะขยายพันธุ์ได้ต่อไป

#### 3.3.1 การงอกของเมล็ดข้าว (Germination)

เมล็ดข้าว ที่แก่จัดและเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ ความงอกยังไม่เสื่อมหรือหมดอายุแล้วและไม่มี การพักตัว หรือไม่อยู่ในช่วงที่มีการพักตัวหรือได้ผ่านการทำลายการพักตัวมาแล้ว เมื่อนำมาทำการเพาะในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการงอก เมล็ดข้าวจะเริ่มงอกออกมาเป็นต้นข้าวต้นใหม่ สิ่งสำคัญ และจำเป็นต่อการงอกของข้าว ได้แก่ การมีน้ำอย่างเพียงพอ เมื่อเมล็ดอยู่ในสภาพที่พร้อมจะงอก จะไม่งอก ถ้ามีน้ำหรือความชื้น น้อยหรือต่ำเกินไป ข้าวต้องการน้ำมากในระยะแรกของการงอก ฉะนั้นจึงต้องทำการแช่น้ำนานประมาณ 12-24 ชั่วโมงก่อน ก่อนนำไปเพาะหรือตกกล้า เมล็ดข้าว ซึ่งแห้งและมีความชื้นต่ำ (ต่ำกว่า 14%) จะดูดน้ำเข้าไปอย่างเต็มที่ เมื่อน้ำถูกเมล็ดดูดเข้าไปจะทำให้ เมล็ดข้าวมีการขยายตัวและเพิ่มน้ำหนักมากขึ้น น้ำเมื่อถูกเมล็ดข้าวดูดเข้าไปแล้วจะเกิดปฏิกิริยาและ เกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างภายในเมล็ดข้าว ทำให้เกิดพลังงานและมีความร้อนเพิ่มขึ้น สารอาหารที่อยู่ในเนื้อข้าว เช่น แป้ง โปรตีนและไขมันจะเกิดการเปลี่ยนรูปกลายเป็นอาหาร

อย่างง่าย สำหรับให้คัพภะนำไปใช้ในกระบวนการงอก และจะเจริญเปลี่ยนแปลงกลายเป็น ต้นข้าวอ่อน หรือกล้า (Seedling) ต้นกล้าคือต้นอ่อนที่งอกมาจากคัพภะของเมล็ด ด้วยการงอกโผล่พ้นออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ด (Seed Coat) แล้วเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนจนสามารถหาอาหารจากภายนอกเลี้ยงตัวเองได้ การที่เมล็ดข้าว ทำการดูดน้ำเข้าไปในเมล็ด เพื่อทำให้เกิดการงอกเป็นต้นใหม่ขึ้นมาสามารถสรุปได้เป็น 3 ระยะคือ

### 1. ระยะการอมน้ำ (Imbibition Stage)

ระยะอมน้ำ เป็นช่วงเวลาแรกของกระบวนการงอก กล่าวคือ เมื่อได้น้ำเมล็ดข้าวไปทำการแช่น้ำ ในช่วง 18 ชั่วโมงแรกของการแช่น้ำ เมล็ดข้าวจะดูดน้ำเข้าไปภายในเมล็ดอย่างรวดเร็วด้วยแรงดูดเพื่อการอมน้ำ ผลจากการแช่เมล็ดข้าวในน้ำในช่วงแรกนี้ จะทำให้เมล็ดข้าวมีน้ำเพิ่มมากขึ้นสูงถึง 25-35 % สภาพของอุณหภูมิโดยรอบจะไม่มีอิทธิพลต่อการดูดน้ำของเมล็ด และรวมทั้งไม่มีผลต่อการระงับการหายใจของเมล็ดด้วย

### 2. ระยะเริ่มงอก (Activation Stage : Germination)

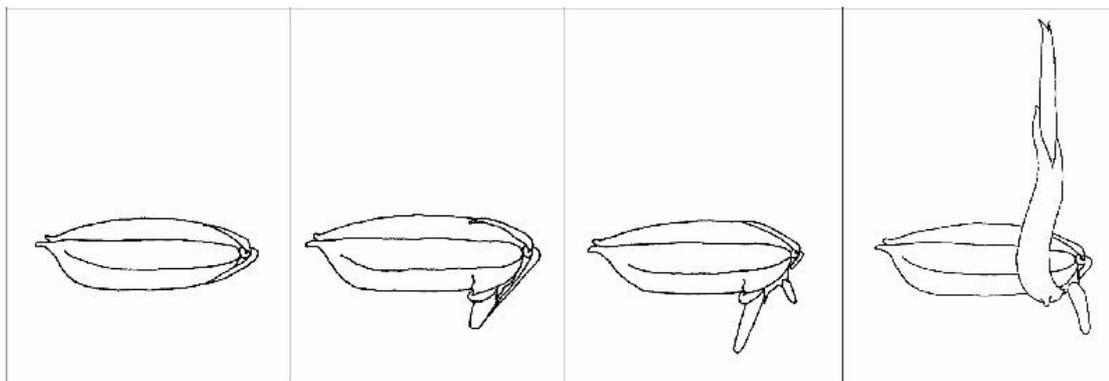
ระยะเริ่มงอก เป็นระยะที่อยู่ในช่วงของการดูดน้ำของเมล็ด ซึ่งจะเริ่มต่อจากระยะการอมน้ำ กล่าวคือจะอยู่ในช่วงเวลาประมาณชั่วโมงที่ 18-72 ของการแช่น้ำ ซึ่งในช่วงนี้ อุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่อการงอก การงอกจะเกิดขึ้นได้จากการเปลี่ยนแปลงของการทำงานอย่างเต็มที่ของเมตาโบลิซึมในเมล็ดข้าว ปริมาณน้ำในเมล็ดเมื่อเริ่มงอกมีอยู่ประมาณ 30-40% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นสำคัญ ในช่วงชั่วโมงที่ 54-72 อันเป็นช่วงสุดท้ายของระยะนี้ จะปรากฏปลายสีขาว (White tip) ของปลอกหุ้มต้นอ่อน (Coleoptile) โผล่พ้นออกมาจากบริเวณคัพภะด้วยการแตกแยกของเปลือกหุ้มเมล็ด และการปรากฏของใบแรก ที่มองเห็นได้อย่างชัดเจน ดังนั้นความหมายของ Activation Stage คือการงอกนั่นเอง

### 3. ระยะการเจริญเติบโตหลังงอก (Post germination Growth Stage)

ระยะการเจริญเติบโตหลังงอก เป็นระยะสุดท้ายของการดูดน้ำของเมล็ด ระยะนี้เป็นระยะที่เมล็ดได้งอกเป็น ต้นอ่อน ต่อจากระยะเริ่มงอกในระยะเริ่มงอก หรือหลังจากชั่วโมงที่ 72 ของช่วงเวลาในการแช่ข้าวไปแล้วนั่นเอง

ภายใต้สภาวะการณของอากาศที่มีอุณหภูมิพอเหมาะ กล่าวคือประมาณ 25°-30° C เป็นต้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นสภาวะการณของสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการงอก เมล็ดข้าวเปลือก ประกอบด้วย เปลือกอันเป็นส่วนที่แข็งมากที่อยู่นอกสุด (Lemma and Palea หรือแกลบ) และส่วนที่อยู่ในเปลือก (Brown Rice : Caryopsis) ที่ประกอบด้วย คัพภะและเนื้อข้าว ในส่วนที่เป็นเนื้อข้าวนี้จะมีแป้ง เป็นส่วนใหญ่ประมาณ 80-90% โดยมีโปรตีนและไขมันเป็นส่วนประกอบรองลงมา ส่วนประกอบที่มีอยู่ในเนื้อข้าวเหล่านี้จะเป็นแหล่งสะสมอาหาร สำหรับให้คัพภะได้นำไปใช้ใน ช่วงที่จะเกิดการงอกเป็นต้นใหม่ในระยะแรกของการงอก การงอกของเมล็ด หมายถึงการคืนสู่สภาพการเจริญเติบโตที่

Active ของเมล็ด โดยคัพภะจะเริ่มตื่นตัวจากการพัก แล้วเจริญเปลี่ยนแปลงออกมาเป็นต้นใหม่ เมื่อสภาพแวดล้อมต่อการงอกอำนวยให้ ขั้นตอนการงอกจะแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการงอกของเมล็ดข้าว

สรุปการงอกของเมล็ดข้าวจะเกิดขึ้นเมื่อ [16],[19]

1. หมระยะเวลาการพักตัวหรือได้ทำลายการพักตัวแล้ว
2. เมล็ดได้ดูดน้ำไปใช้ในปริมาณที่มากพอ
3. มีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอก

### 3.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า

ในช่วงแรกแห่งการเจริญเติบโตของต้นกล้า การเจริญเติบโตของปลอกหุ้มต้นอ่อนและใบข้าว ในเวลาต่อมาจะได้สารอาหารจากเมล็ดส่วนที่ถูกสะสมไว้ภายในเนื้อข้าวมาใช้ ผลของการศึกษาพบว่าระยะเวลาการเจริญเติบโตหลังงอก สารอาหารในเมล็ดประมาณ 60% ของน้ำหนักเมล็ดจะถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นอวัยวะใหม่ของต้นอ่อน และส่วนของสารอาหาร 60% นี้เรียกว่า Growth Efficiency ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ดีระหว่างอุณหภูมิ 20°-32° C การเจริญเติบโตหลังงอกของข้าวได้มีผู้รายงานถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตดังนี้

1. อุณหภูมิ (Temperature) จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิจะมีอิทธิพลที่เป็นผลต่อการงอกของเมล็ดข้าวตั้งแต่ระยะเริ่มงอกและระยะการเจริญเติบโตหลังงอก มากกว่าสัปดาห์หลายๆ กล่าวคือในสัปดาห์แรกถ้าอุณหภูมิประมาณ 22°-32° C อัตราการเจริญเติบโตเป็นแนวตรงที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ในช่วงสัปดาห์แรกนี้กว่า 70% ของอาหารในเมล็ดจะสนับสนุนการสร้าง ความเจริญเติบโตของต้นกล้าในเวลาต่อมา แต่หลังจากสัปดาห์แรกแล้วอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อต้นกล้าจะน้อยลง มีรายงานผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิระหว่าง 25°-30° C (หรืออาจถึง 35° C) เป็นอุณหภูมิที่ดีที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของกล้า แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 40° C ต้นกล้าอาจตายได้ อย่างไรก็ตามได้มี

การศึกษาพบว่า อุณหภูมิวิกฤตต่ำสุดของการยืดตัวของต้น (Shoot Elongation) จะอยู่ระหว่าง  $7^{\circ}$ - $16^{\circ}$  C และการยืดตัวของราก (Root Elongation) จะอยู่ระหว่าง  $12^{\circ}$ - $16^{\circ}$  C กล่าวโดยสรุป อุณหภูมิ  $10^{\circ}$  C อาจถือได้ว่าเป็นอุณหภูมิวิกฤตต่ำสุดของการเจริญเติบโต (ยืดตัว คือ Elongation) ของทั้งต้นและทั้ง รากกล้า (Shoot and Root) การหุ้มข้าว 2 วัน อุณหภูมิ  $27^{\circ}$ - $37^{\circ}$  C ความงอกจะสูงถึง 90-97% อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การงอกจะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า  $27^{\circ}$  C และอุณหภูมิลดลงถึง  $15^{\circ}$  C จะไม่มีการงอกของข้าว และถ้าอุณหภูมิสูงกว่า  $42^{\circ}$  C จะไม่มีการงอก อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิวิกฤตดังกล่าว อาจแปรเปลี่ยนไปแล้วแต่พันธุ์ข้าว การเก็บรักษาเมล็ด และวิธีการจัดการในการปลูกหรือตกกล้า เป็นส่วนประกอบด้วย

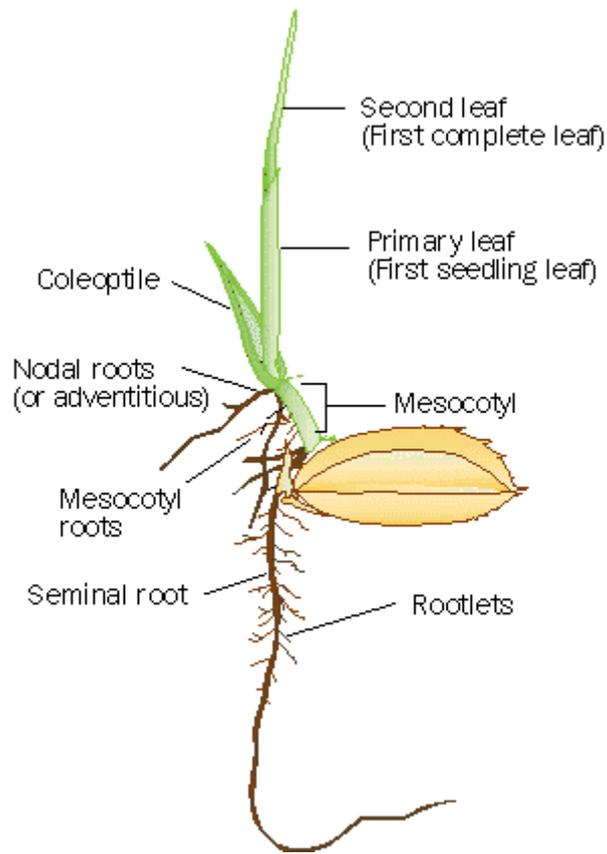
2. แสง (Light) แสงจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของกล้าข้าวอยู่บ้าง กล่าวคือ แสงสว่างจะช่วยให้ช่วยระงับไม่ให้ปลอกหุ้มต้นอ่อน Mesocotyl ใบแรกและใบที่ 2 ของต้นอ่อน และปล้องแรกและปล้องที่ 2 บนต้นกล้า ไม่ยืดตัวมากเกินไป แต่ถ้าเรานำเมล็ดไปเพาะในที่มืด จะทำให้อวัยวะดังกล่าว ยืดตัวมากกว่าปกติคิดไปจากการเพาะในสภาพที่ได้รับแสง

3. ออกซิเจน (Oxygen) โดยทั่วไปแล้วเมล็ดข้าว สามารถจะงอกได้ในสภาพขาดอากาศหรือขาดออกซิเจนได้ในระยะแรก แต่ในช่วงต่อมาของการเจริญเติบโต การขาดอากาศจะมีผลต่อการเจริญเติบโตได้ ตัวอย่างเช่นในสภาพน้ำท่วม อากาศในน้ำจะมีอยู่อย่างจำกัด การงอกระยะแรกจะเกิดได้ตามปกติ แต่ปลอกหุ้มต้นอ่อนจะยาวผิดปกติ ใบแรก รากอ่อน และรากข้าวที่เกิดที่ข้อ (Nodal Roots) จะไม่เจริญเติบโตหรือถ้าจะโผล่ออกมา ก็จะพิการหรือเจริญผิดปกติไปมาก แต่ถ้าความชื้นไม่เพียงพอด้วยแล้ว จะทำให้การเจริญเติบโตของ รากอ่อนและ Plumule หยุดการเจริญเติบโตหรืออาจตายได้

### 3.3.3 ระยะการเจริญทางลำต้นและใบ

การเจริญเติบโตช่วงนี้เริ่มตั้งแต่การงอกของเมล็ดจนถึงระยะก่อนกำเนิดช่อดอก โดยการเจริญเติบโตในช่วงนี้อาจแบ่งได้เป็น 2 ระยะคือ

1. ระยะกล้า ระยะนี้จะเริ่มตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มงอกจากเมล็ดจนกระทั่งต้นข้าว เริ่มแตกกอ ราก รุ่นแรกจะงอกออกมาจากเมล็ดทางจมูกข้าว หลังจากนั้นประมาณ 12-24 ชั่วโมง ยอดอ่อนจะงอกออกมา ทางด้านตรงข้าม เมื่ออายุได้ประมาณ 2 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงที่ยอดอ่อนกำลังเจริญเติบโต และพัฒนาเป็นใบอ่อนนั้น รากชุดใหม่ซึ่งเป็นรากรุ่นที่สองจะงอกออกมาจากโคนต้น เมื่อต้นอ่อนอายุได้ประมาณ 25-30 วัน รากชุดแรกที่งอกออกมาจากเมล็ดก็จะหมดประสิทธิภาพในการหาอาหาร และจะหลุดไปในที่สุด

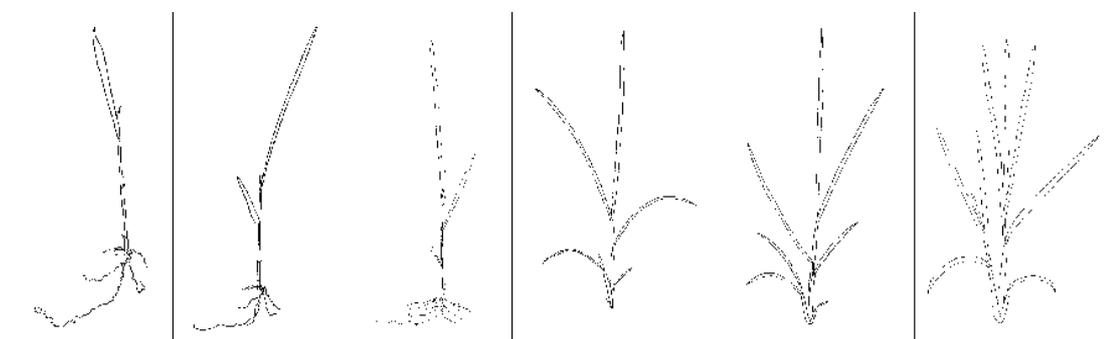


รูปที่ 3.3 แสดงต้นข้าวที่งอกจากเมล็ด [20]

ลำต้นของข้าวจะงอกออกจากเมล็ดตรงส่วนที่เรียกว่าจมูกข้าวเช่นเดียวกับราก หลังจากที่ยอดอ่อนโผล่พ้นเมล็ดได้ประมาณ 3 วัน จะเห็นใบแรกโผล่ออกมาจากปลอกหุ้มต้นอ่อน ใบที่สองและใบที่สามจะงอกตามออกมาหลังจากนั้นประมาณ 5-10 วัน ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.3 ในช่วงที่ใบแรกจนถึงใบที่สามเริ่มเจริญออกมานั้น ต้นอ่อนของข้าวใช้อาหารที่สะสมอยู่ในเมล็ด (Endosperm) เมื่อถึงระยะที่เริ่มแตกใบที่สี่ อาหารที่สะสมในเมล็ดจะหมดลง และต้องใช้อาหารที่รากดูดขึ้นมาจากดินแทน เมื่อต้นอ่อนของข้าวมีใบประมาณ 5-7 ใบ หรือมีอายุประมาณ 25-30 วัน ก็พร้อมที่จะถอนไปปักดำได้ ต้นอ่อนของข้าวในระยะนี้ จะมีระบบรากฝอยที่สมบูรณ์ และมีลำต้นสูงประมาณ 20-30 เซนติเมตร เราอาจเรียกต้นข้าวในระยะนี้ว่า ต้นกล้า หรือ กล้าข้าว ในกรณีที่ทำนาเป็นแบบนาดำ กล้าข้าวจะถูกนำไปปักดำในที่แห่งใหม่ สำหรับการทำนาโดยวิธีหว่าน ต้นข้าวจะถูกปล่อยให้เจริญเติบโตในที่เดิมต่อไป การเจริญเติบโตของต้นและใบก็จะดำเนินต่อไปจนเข้าสู่ระยะการแตกกอ

### 3.2.4 ระยะแตกกอ

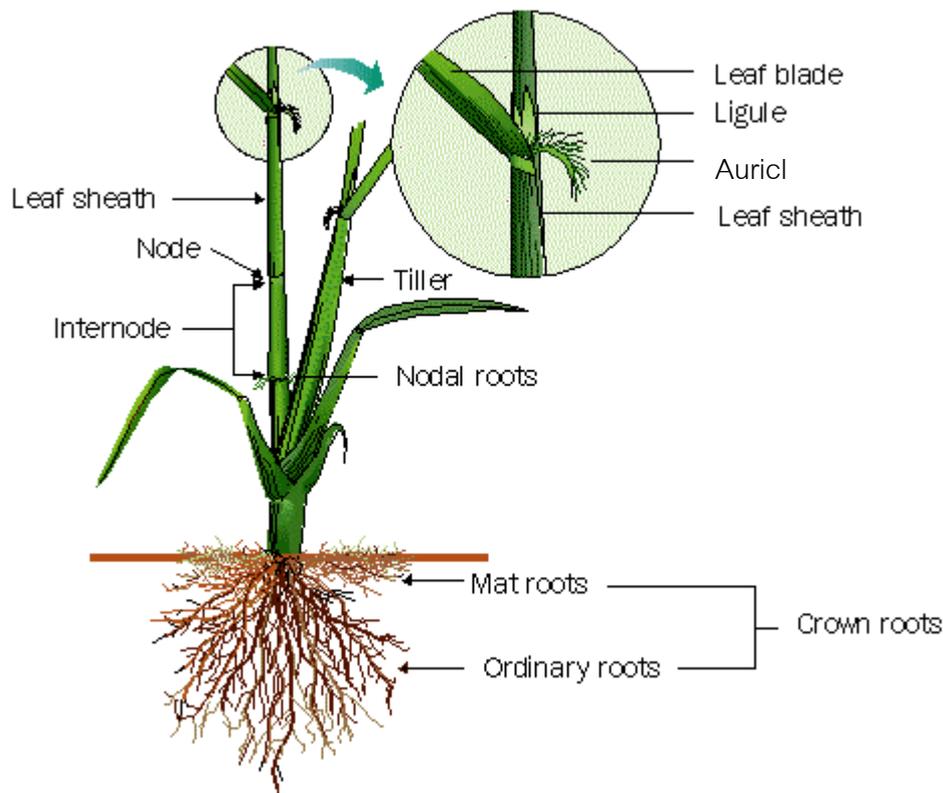
การเจริญเติบโตในระยะนี้เริ่มตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มแตกกอ จนกระทั่งต้นข้าวเริ่มสร้างดอกอ่อน โดยทั่วไปแล้วหลังจากปักดำได้ 7-10 วัน ต้นกล้าจะเริ่มแตกกอ ความสามารถในการแตกกอวัดได้จากปริมาณของแขนงที่แตกออกมาในแต่ละต้น และช่วงระยะเวลาของการแตกกอ (ซึ่งหมายถึงช่วงระยะเวลาที่ข้าวเริ่มแตกแขนงชุดแรกจนถึงแขนงชุดสุดท้าย) และจะแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อม โดยปกติข้าวที่ให้ผลผลิตสูงจะต้องเป็นข้าวที่แตกกอได้มากและแตกกอได้เร็ว โดยทั่วไปแล้ว ต้นข้าวใช้เวลาในการแตกกอเต็มที่ประมาณ 35-50 วันหลังจากระยะกล้า ต่อจากนั้นถ้าเป็นข้าวพันธุ์ที่ไวแสง ต้นข้าวก็จะรอช่วงแสงพอเหมาะที่จะทำให้น้ำออกดอก



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการเจริญเติบโตของต้นข้าวจากระยะต้นกล้าจนถึงระยะแตกกอ

ตั้งแต่เริ่มระยะต้นกล้า จนถึงระยะแตกกอสูงสุด รากของข้าวจะเพิ่มปริมาณไปพร้อมๆ กับการเจริญทางด้านต้น ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.5 หลังจากนั้นการเพิ่มจำนวนรากก็จะเริ่มช้าลงจนกระทั่งถึงช่วงระยะเวลาออกรวง โดยทั่วไปรากข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ในที่ที่มีน้ำขัง แต่สภาพที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของรากคือ สภาพที่มีความชื้นพอเหมาะและมีปริมาณออกซิเจนในดินสูง ดังนั้นในระยะแตกกอซึ่งเป็นระยะที่รากข้าวเจริญเติบโตได้ดีที่สุด จึงเป็นระยะที่รากข้าวต้องการออกซิเจนสูงกว่าในระยะอื่นๆ ในระยะนี้ถ้ามีการทน้ำออกจกนาช่วงระยะเวลาหนึ่ง พื้นนาจะได้รับออกซิเจนจากอากาศเป็นการเร่งให้รากข้าวมีการเจริญเติบโต และมีประสิทธิภาพในการดึงธาตุอาหารได้ดียิ่งขึ้น

รากของข้าวจัดอยู่ในระบบรากฝอย (Fibrous root system) การเจริญเติบโตและการกระจายของรากข้าวจะแตกต่างกันตามลักษณะของวิธีปลูก ถ้าปลูกข้าวโดยวิธีหว่านรากจะหยั่งลงลึกแต่การแผ่กระจายและจำนวนของรากมีน้อย ถ้าปลูกแบบปักดำ รากจะอยู่ในระดับตื้นมีจำนวนรากมากและแผ่กระจายดี สำหรับข้าวขึ้นน้ำรากจะยาวและแพร่กระจายอยู่ในน้ำเพื่อดูดธาตุอาหารจากน้ำโดยตรง โดยรากจะงอกออกตามข้อทุกข้อ ยกเว้นข้อแรกและข้อที่สองนับจากรวงข้าวลงมา อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะปลูกด้วยวิธีใด ระบบการดูดธาตุอาหารของรากข้าวจะไม่มีแตกต่างกัน



รูปที่ 3.5 ระบบรากของต้นข้าวและต้นข้าวแตกกอ [20]

### 3.4 คุณสมบัติของพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 1

ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (Suphan Buri 1) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Oryza sativa* L. มีชื่อสามัญคือ ข้าวเจ้า (Rice) เป็นพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้ มีแหล่งที่มาและประวัติคือ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ได้มาจากการคัดพันธุ์แบบสืบตระกูล ตั้งแต่ พ.ศ. 2528 โดยการผสมพันธุ์ระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 ของ IR25393-57-2-3/RD23/IR27316-96-3-2-2 และพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของ SPRLR77205-3-2-1/SPRLR79134-51-2-2 ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี ใน พ.ศ. 2529-2531 คัดเลือกให้มีลักษณะดี และต้านโรคแมลงในสภาพธรรมชาติ ต่อมาใน พ.ศ. 2531-2532 ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานีทดลองกับนาเกษตรกร ระหว่าง พ.ศ. 2532-2535 ได้มีการศึกษาเสถียรภาพการให้ผลผลิต ต่อมาใน พ.ศ. 2534-2535 ได้เสนอสถาบันวิจัยข้าวพิจารณาพันธุ์ข้าวดังกล่าวเพื่อปลูกเป็นพันธุ์หลัก กรมวิชาการเกษตรรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2537

#### 3.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1. ประเภทพืชล้มลุก วงศ์หญ้า พวงข้าวเจ้านาสวน ไม้ไผ่ต่อช่วงแสง
2. ต้นสูงปานกลาง (เฉลี่ยประมาณ 125 เซนติเมตร) ทรงกอ ตั้ง ปล้องสีเขียวลำต้นแข็งแรงไม่ล้ม
3. ใบสีเขียวเข้มและมีขน กาบใบสีเขียว ใบธงค่อนข้างตรง การแก่ของใบช้า

4. ดอก ช่อดอก กลีบรองดอกสีฟ้า ความยาวกลีบรองดอกสั้น รวงยาว ระแง่ค่อนข้างถี่ รวงค่อนข้างแน่น การยึดของคอรวงยาว จำนวนรวงต่อตารางเมตรเฉลี่ย 230 รวง
5. เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ย 154 เมล็ด ยอดเมล็ดยาวเรียวมีเปลือกสีฟ้า และมีขน ยอดเมล็ดสีฟ้า ก้นมีจุดบ้าง ขนาดเมล็ดโตเฉลี่ย ยาว 10.07 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร และหนา 2.04 มิลลิเมตร น้ำหนัก 11.4 กิโลกรัมต่อถัง ข้าวกล้องสีขาว
6. มีระยะพักตัวของเมล็ด 22 วัน

#### 3.4.2 ลักษณะเด่นประจำพันธุ์

1. ศักยภาพการให้ผลผลิตสูง โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 806 กิโลกรัมต่อไร่ และมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน เมื่อปลูกแบบปักดำในฤดูนาปี แต่ถ้าปลูกในฤดูนาปรังอายุจะเพิ่มมากขึ้น 4-5 วัน และตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยดี
2. มีความต้านทานโรคแมลงที่สำคัญคือ ต้านทานโรคไหม้ เพลี้ยกระโดดหลังขาว ดีกว่าพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ต้านทานโรคใบหงิกและโรคใบสีส้มในธรรมชาติและต้านทานโรคขอบใบแห้ง ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

### 3.5 การเลือกพันธุ์เมล็ดข้าวมาใช้ในการวิจัย

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้คือ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (Suphan Buri 1) เนื่องจากเป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง คือแสงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้า 45 วัน และมีการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวดังกล่าวในการเพาะปลูกในพื้นที่ประเทศไทยอย่างกว้างขวาง ซึ่งการทดสอบจะดูระยะการเจริญเติบโตหลังจากการเพาะเมล็ดเป็นระยะต้นกล้า 7 วัน โดยมีการทดลองปลูกต้นข้าวภายใต้สนามแม่เหล็กต่อเนื่อง 7 วัน มีการปลูกต้นข้าวเปรียบเทียบกัน 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กและกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก