บทที่2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวเป็นเมล็ดธัญพืชจำพวกหญ้าวงศ์ (family) *Poaceae* วงศ์ย่อย (sub-family) *Oryzidae* และสกุล (genus) *Oryza* มีเพียง 2 ชนิดที่นิยมปลูกบริโภค คือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* Linn) และข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima Steud*) ซึ่งข้าวเอเชียสามารถจำแนกได้ออกเป็น 3 ชนิด คือ ข้าวจาวานิกา (javanica) ข้าวอินดิก้า (indica) และข้าวจาปอนิก้า (japonica) ข้าวจาวานิกาสันนิษฐานว่าเป็นข้าวที่ได้ผลมาจากการคัดเลือกข้าวสายพันธุ์อินดิก้า ข้าวอินดิก้าเป็นข้าวที่มีลักษณะเมล็ดยาวเป็นสายพันธุ์ที่ขึ้นอยู่ในเขตร้อนชื้นของเอเชีย มีการพักตัวที่สูงกว่าข้าวจาปอนิก้า ข้าวสายพันธุ์นี้หลังจากถูกเก็บเกี่ยวในหน้าฝนไปแล้วจะพบว่ามีการพักตัวประมาณ 1 เดือน ข้าวจาปอนิกาเป็นข้าวที่มีเมล็ดสั้นทนต่อสภาพอากาศหนาวและมีแอมิโลสต่ำ (อรอนงค์, 2547)

2.1 ข้าวญี่ปุ่นในประเทศไทย

ข้าวญี่ปุ่นเป็นข้าวที่มีแหล่งกำเนิดในเขตอบอุ่นเป็นพวก ข้าวในกลุ่มจาปอนิกา มีลักษณะเมล็ดที่สั้น กลม อ้วน น้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด หนักตั้งแต่ 20-25 กรัม ลำต้นเตี้ย สูงตั้งแต่ 60 ถึง 90 เซนติเมตร ใบสั้นและแคบเป็นส่วนใหญ่ แตกกอ ปลูกได้ในอุณหภูมิต่ำ ทนหนาว หุงแล้วมีความเหนียวมากเพราะมีปริมาณแอมิโลสต่ำ ให้ผลผลิตสูงโดยเฉลี่ย 800 กิโลกรัมต่อไร่ (ข้าวกล้อง) เศวต (2545) รายงานว่า ข้าวจาปอนิก้ามีลักษณะพิเศษ คือ มีความไวต่ออุณหภูมิของอากาศ (thermosensitive) ในกระบวนการ temperature summation ซึ่งพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวแสงจะต้องมีการสะสมอุณหภูมิ (degree days) ให้ได้ในระดับหนึ่งก่อนจึงจะเข้าสู่ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ ในสภาพอากาศค่อนข้างร้อน การสะสมอุณหภูมิจะเป็นไปอย่างรวดเร็วทำให้ข้าวมีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นมาก และในสภาพอากาศค่อนข้างหนาวเย็นระหว่างฤดูปลูกข้าวจาปอนิก้าจะใช้ระยะเวลาในการสะสมอุณหภูมิเพิ่มขึ้น คือ มีช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative phase) ยาวขึ้น ซึ่งหมายถึงทำให้อายุการเก็บเกี่ยวของข้าวยาวขึ้น

ในปี พ.ศ. 2507 ได้มีการทดลองนำข้าวญี่ปุ่นมาปลูกในประเทศไทยที่สถานีทดลองข้าวพาน จังหวัดเชียงราย และได้มีการขยายพันธุ์ไปยังศูนย์วิจัยข้าว และสถานีทดลองอื่นๆ จนกระทั่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรมวิชาการเกษตรได้พิจารณาพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นเป็นพันธุ์แนะนำ 2 พันธุ์ คือ ก.วก.1 (ซาซานิชิกิ ; sasanishiki) และ ก.วก.2 (อกิตะโกมาชิ ; akitakomachi) ซึ่งทั้ง 2 พันธุ์เป็นพันธุ์แท้จากประเทศญี่ปุ่น (สถาบันวิจัยข้าว, 2538) พันธุ์ข้าวญี่ปุ่นที่นิยมในประเทศญี่ปุ่น คือ พันธุ์ข้าวโคชิฮิการิ (koshihikari) และซาซานิชิกิ แต่พันธุ์ข้าวโคชิฮิการิเมื่อนำมาทดลองปลูกในประเทศไทย พบว่าให้ผลผลิตต่ำจึงไม่เป็นพันธุ์แนะนำ ข้าวญี่ปุ่นส่วนใหญ่ภาคเอกชนเป็นผู้ส่งเสริมการปลูกในบริเวณภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน เป็นต้น เพราะมีสภาพอากาศคล้ายกับช่วงฤดูร้อนในเขตอบอุ่น ข้าวญี่ปุ่น ก.วก.1 สามารถปรับตัวได้ดีในทุกเขตทั้งภาคเหนือตอนบน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ภาคเหนือตอนล่าง และภาคกลางตอนบน ปลูกได้ดีและให้ผลผลิตสูง ทนทานต่อสภาพอากาศร้อนได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ ราคาขายสูงกว่าราคาขายทั่วไป (อานันท์, 2539)

พันธุ์ข้าวญี่ปุ่น ก.วก.1 เป็นข้าวเจ้า มีเปลือกสีฟาง มีก้นจุดและมีหางเล็กน้อย ขนาดเมล็ดข้าวกล้องเฉลี่ย 5.18 มิลลิเมตร รูปร่างเมล็ดกลม เป็นท้องไข่ระดับปานกลาง ค่าท้องไข่เฉลี่ย 1.21 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพการสีดี มีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวเฉลี่ย 48 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดเฉลี่ย 2.67 กรัม คุณสมบัติทางเคมีและการหุงต้มและรับประทานใกล้เคียงกับข้าวคุณภาพดีพันธุ์โคชิฮิการิ ตรงตามมาตรฐานที่ผู้บริโภคข้าวญี่ปุ่นต้องการ จัดเป็นข้าวที่มีแอมิโลสต่ำ ค่าความคงตัวของแป้งสุกอ่อน ลักษณะด้อยของพันธุ์ คือ ระแง้จะเหนียวมาก ควรนวดโดยใช้เครื่องจักรกลและการนวดควรดำเนินการหลังจากเก็บเกี่ยวเสร็จใหม่ๆ เมล็ดพันธุ์ข้าวเสื่อมความงอกเร็ว

2.2 การพักตัวของ (seed dormancy)

การพักตัว (seed dormancy) หมายถึง การที่เมล็ดพืชที่มีชีวิต (viable) แต่ไม่ยอมงอกในสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพืชชนิดนั้นๆ ในขณะที่พืชชนิดเดียวกันที่ไม่มีการพักตัวสามารถงอกได้ เมล็ดที่มีการพักตัวแบบนี้เราเรียกว่า “ dormant seed ” (จวง จันทร์, 2529)

Eira and Caldas (2000) กล่าวว่าการพักตัวของเมล็ดในช่วงที่มีการพัฒนาและการงอกนั้น มีกลไกที่เกี่ยวข้องกับการพักตัวหลายอย่าง เช่น การที่เปลือกไม่ยอมดูดน้ำ การขัดขวางการดูดน้ำ และสาเหตุอื่นๆ บางครั้งเปลือกอาจลดความสามารถใน การดูดซึมออกซิเจนของเอมบริโอ สำหรับเมล็ดที่มีการดูดน้ำอย่างสมบูรณ์จะมีกระบวนการเมตาบอลิซึมเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามอาจมีการขัดขวางกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการงอกระหว่างที่เข้าสู่ระยะที่เมตาบอลิซึมถูกกระตุ้นการทำงาน ซึ่งเป็นสาเหตุให้เมล็ดเกิดการพักตัว ถ้าเมล็ดสามารถผ่านระยะนี้ไปได้อย่างสมบูรณ์ กลไกการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ควบคุมการเจริญเติบโตของรากอาจจะไปรบกวนสภาวะเงียบของเมล็ดที่มีการพักตัวและเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้ายของการงอก แต่ละขั้นตอนจะเกิดขึ้นเป็นลำดับในแต่ละกระบวนการ และ การขัดขวางอาจเกิดขึ้นที่ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง ตัวอย่างเช่น การกระตุ้น กระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาหลายชนิดในระหว่างที่เมล็ดทำการดูดน้ำการดูดซึมออกซิเจนจะมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นดูได้จากอัตราของ adenosine triphosphate (ATP) / adenosine diphosphate (ADP) การแลกเปลี่ยนพลังงานและกิจกรรมของ nicotinamide adenine dinucleotide-oxidase (NAD+-oxidase) แต่การเพิ่มขึ้นนี้จะเกิดขึ้นเหมือนกันในเมล็ดที่มีการพักตัวเช่นเดียวกับเมล็ดที่ไม่มีการพักตัว Footitt and Alan (1995) ศึกษาในเมล็ดข้าวแดง (red rice) พบว่า fructose 2,6-bisphosphate เป็นสารประกอบที่มีความสำคัญในการควบคุม เมตาบอลิซึมในเซลล์พืช ซึ่งจะเพิ่มขึ้นระหว่างที่เมล็ดมีการดูดซึมน้ำทั้งเมล็ดที่มีการพักตัวและ ไม่มีการพักตัว

2.2.1 การพักตัวของเมล็ดอันเนื่องมาจากการขัดขวางการดูดซึมของออกซิเจน

การขัดขวางการงอกจะมีกระบวนการขัดขวางต่างๆ เกิดอย่างต่อเนื่อง ในเริ่มแรกจะเกิดขึ้นตั้งแต่การดูดซึมน้ำ และ metabolic indicators เช่น การดูดซึมออกซิเจน (O_2 uptake) อัตรา ATP/ADP, NAD+-oxidase activity หรือความเข้มข้นของ fructose 2,6-bisphosphate จะมีบางอย่างคงที่หรือลดลง ในขณะที่อีกอย่างจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเหมือนกับการงอกของเมล็ดที่ไม่มีการพักตัว กรณีศึกษาการทำ stratification ของเมล็ดลูกแพร์ (pear) พบว่า เมื่อมีการทำลายการพักตัวความสามารถในกระบวนการหายใจจะเพิ่มสูงขึ้น การที่จะตัดสินว่าการขัดขวางเกิดที่ตำแหน่งใดนั้นอาจขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพแวดล้อมในขณะที่เมล็ดเข้าสู่กระบวนการแก่ทางสรีระวิทยาและการเก็บรักษา

2.2.2 การพักตัวของเมล็ดอันเนื่องมาจากฮอร์โมน

อิทธิพลของกรดแอบไซซิก (abscisic acid : ABA) จิบเบอเรลลิน (Gibberellins : GAs) และเอทิลีน (ethylene) มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ เช่น endo-β-mannanase และ xyloglucan endo-transglycolase เอนไซม์ 2 ชนิดนี้ มีอิทธิพลในการช่วยสลายผนังเซลล์ซึ่งมีความสำคัญต่อการงอกของเมล็ด เช่น เมล็ดมะเขือเทศ และผักกาด

ABA เป็นสารที่ยับยั้งการสังเคราะห์ ∝- amylase ส่วนจิบเบอเรลลินเป็นฮอร์โมนที่พืชต้องการในการงอกและการสังเคราะห์ ∝- amylase การที่เมล็ดจะงอกได้นั้นไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับระดับของจิบเบอเรลลินเท่านั้น ยังเกี่ยวข้องกับระดับของไซโตไคนิน (cytokinin) และ ABA คือ ถ้าระดับของ ABA ต่ำจะไม่สามารถยับยั้งการงอกได้ และถ้าระดับของไซโตไคนินสูง

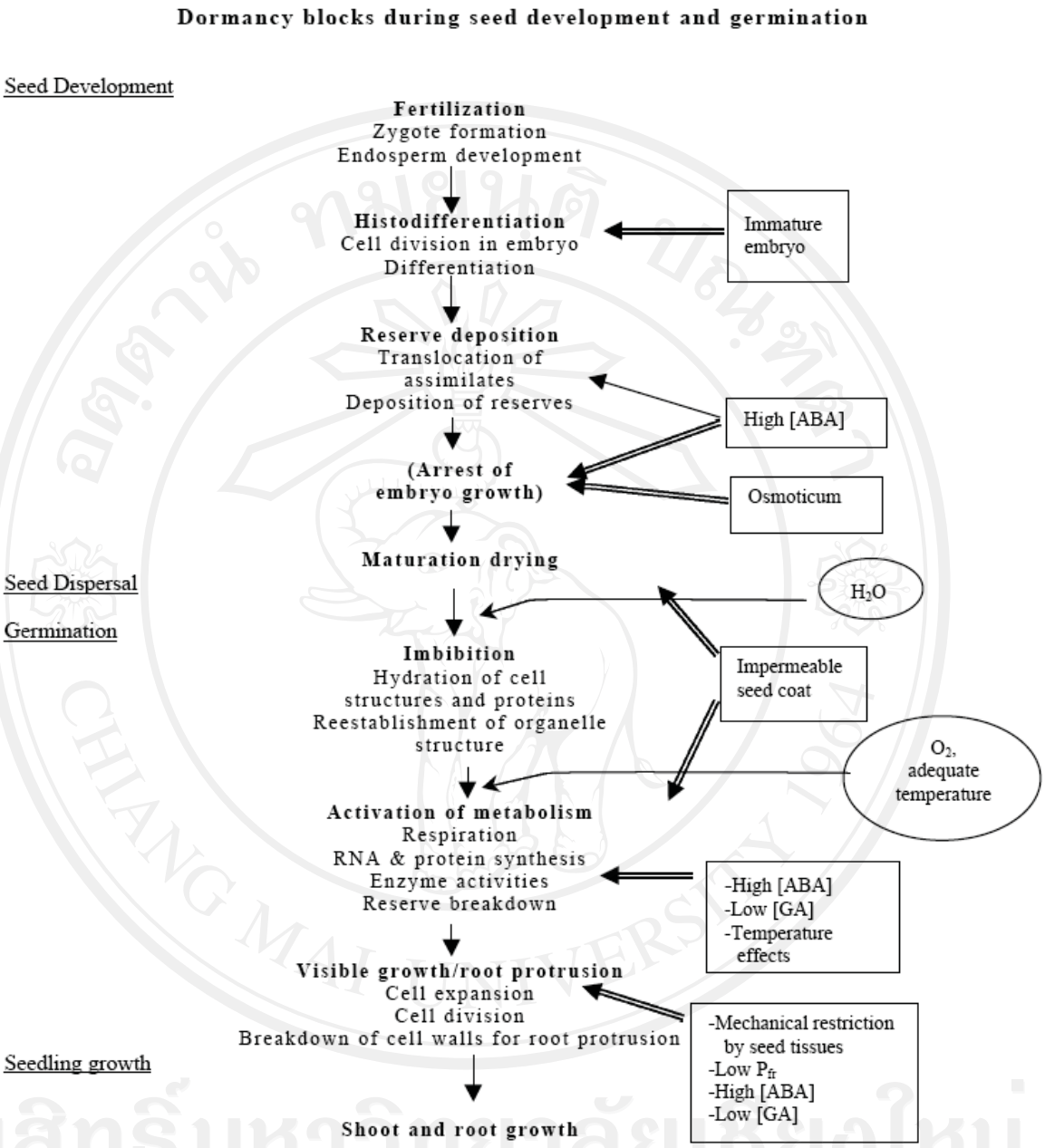
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถที่จะขัดขวางการยับยั้งของ ABA ได้ การลดลงของ ABA หรือการเพิ่มขึ้นของระดับไซโตไคนินจะทำให้เมล็ดสามารถงอกได้ ไซโตไคนินและจิบเบอเรลลินมักจะมีผลร่วมกันในการทำลายการพักตัว จิบเบอเรลลินเพียงอย่างเดียวไม่อาจทำลายการพักตัวของพืชบางชนิดได้ในกรณีที่มี ABA อยู่มาก ถึงแม้จะเพิ่มปริมาณจิบเบอเรลลินเข้าไปอีกก็ตาม แต่ถ้ามีไซโตไคนินอยู่ด้วยจะมีผลลบล้างอิทธิพลของ ABA ทำให้จิบเบอเรลลินสามารถเข้าทำงานได้เต็มที่และกระตุ้นการงอกให้เกิดขึ้นได้ (นพดล, 2537)

2.2.3 การพักตัวอันเนื่องมาจากองค์ประกอบของเมล็ด

การขัดขวางการงอกของรากสามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากส่วนประกอบของเมล็ด เช่น เมล็ดมีเปลือกแข็ง และหนา ทำให้เมล็ดต้องอาศัยระยะเวลาในการงอกนานขึ้น ดังนั้น การขัดขวางการงอกอาจเกิดขึ้นได้ที่ตำแหน่งสุดท้ายของกระบวนการงอก ถึงแม้เมล็ดจะผ่านการดูดน้ำและกระบวนการเมตาบอลิซึมเกิดการกระตุ้นอย่างสมบูรณ์แล้วก็ตาม ในส่วนของรากอาจจะแสดงให้เห็นว่ามีการเจริญ แต่การพัฒนาของ epicotyl หรือรากอาจถูกขัดขวางได้ ถึงแม้ว่ารากจะโผล่ออกมาปกติในช่วงสุดท้ายของการงอก กรณีที่ส่วนของ epicotyl มีการพักตัว การเจริญของรากที่โผล่ออกมาจะไม่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่ากลไกการพักตัวมีบทบาทอย่างแท้จริงถึงแม้จะผ่านระยะการงอกมาแล้วก็ยังสามารถที่จะขัดขวางการเจริญของรากได้ (ภาพที่ 2.1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.1 Dormancy blocks during seed development and germination, indicating the concurrent nature of dormancy and germination. The multiple blocks act in the combination or singly to cause dormancy. A double arrow indicates blocks while a single arrow indicates stimulus of given process (Eira and Caldas, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 การพักตัวของข้าว

จำรัส (2534) กล่าวว่า เมล็ดข้าวที่แก่จัดและสมบูรณ์ เมื่อนำมาเพาะในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการงอกแล้วเมล็ดพันธุ์ไม่งอกอาจเป็นเพราะอยู่ในระยะพักตัว ถ้าปล่อยเป็นไปตามธรรมชาติจะใช้ระยะเวลาหลายสัปดาห์หรือต้องทำลายการพักตัวก่อนจึงจะนำไปเพาะได้ เมล็ดที่ไม่มีการพักตัวหลังจากเก็บเกี่ยวเมื่อนำไปเพาะจะสามารถงอกได้ทันที การนับระยะเวลาในการพักตัวของเมล็ดข้าว โดยทั่วไปจะเริ่มนับตั้งแต่ข้าวถูกเก็บเกี่ยวจนถึงเวลาที่เมล็ดข้าวถูกนำไปเพาะแล้วมีการงอกเกินกว่าร้อยละ 80 จึงถือว่าข้าวหมดระยะพักตัว ระยะเวลาหลังจากเก็บเกี่ยวที่เมล็ดไม่งอกเรียกว่า ระยะพักตัวของเมล็ด ข้าวอินดิก้าเกือบทุกพันธุ์จะมีระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 2 ถึง 4 สัปดาห์ แต่ข้าวจาปอนิก้าจะมีระยะพักตัวที่สั้นมาก ระยะพักตัวจะมีประโยชน์มากเพราะข้าวที่ไม่มีระยะพักตัวของเมล็ดจะงอกทันทีเมื่อได้รับความชื้นหรือเมล็ดเปียกน้ำฝน ส่วนข้าวที่มีการพักตัวจะไม่งอกในสภาพดังกล่าว ระยะพักตัวของเมล็ดข้าวส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในเมล็ดที่ยังไม่สมบูรณ์ ดังนั้น เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วเมล็ดจึงไม่งอกต้องรอไปจนกว่าเมล็ดนั้นได้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาครบสมบูรณ์เสียก่อนจึงจะงอก ในระยะพักตัว 30 วันแรกเป็นผลเนื่องมากจาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และเป็นผลมาจากเปลือกนอกที่ห่อหุ้มเมล็ดนั้นประสานกันแน่นมากจนอากาศและน้ำเข้าไปไม่ได้ ฉะนั้นจึงต้องทำการแกะเปลือกออกก่อนเมล็ดจึงงอกได้ตามปกติ ดังนั้น ระยะพักตัวของเมล็ดข้าวอาจเกิดขึ้นได้ด้วยสาเหตุทางสรีรวิทยาและทางกายภาพของเมล็ด (ประพาส, 2526)

2.3.1 การจำแนกระยะพักตัวของเมล็ดข้าว

ระยะพักตัวของเมล็ดข้าวแบ่งได้ตามวิธีการทำลายการพักตัวด้วยความร้อน (hot air oven) 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน แบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่ๆ ได้ดังนี้ (จำรัส, 2534)

1 ระยะพักตัวของเมล็ดข้าวชนิดไม่ลึก (weakly dormant) คือ กลุ่มพันธุ์ข้าวที่เมล็ดถูกทำลายการพักตัวด้วยความร้อน 50 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 4 วันแล้วเมล็ดมีความงอกกว่าร้อยละ 80

2 ระยะพักตัวของเมล็ดข้าวชนิดปานกลาง (moderately dormant) คือ กลุ่มพันธุ์ข้าวที่เมล็ดถูกทำลายการพักตัวด้วยความร้อน 50 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 4 วันแล้วเมล็ดข้าวมีความงอกประมาณร้อยละ 50

3 ระยะพักตัวของเมล็ดข้าวชนิดพักลึก (strongly dormant) คือ กลุ่มพันธุ์ข้าวที่เมล็ดแม้ จะถูกทำลายระยะพักตัวด้วยความร้อน 50 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 4 วันแล้วแต่ไม่สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ และเมื่อนำไปเพาะจะไม่งอก

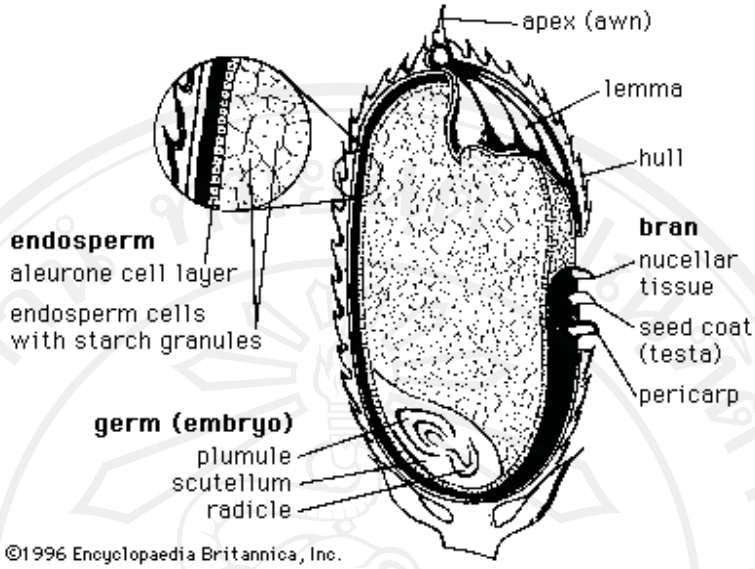
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 สาเหตุการพักตัวของข้าว

การพักตัวของเมล็ดข้าวมีสาเหตุมาจากส่วนห่อหุ้ม เอมบริโอ Seshu and Dadlani (1991) อธิบายว่า การพักตัวของข้าวเป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีของส่วนห่อหุ้มเมล็ด คือ เปลือก (hull) และเยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) มีหน้าที่ยับยั้งการงอกของเมล็ดข้าว เมื่อทำการทดลองในเมล็ดข้าว 9 สายพันธุ์ พบว่า กระบวนการออกซิเดชัน (oxidation) และการเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ในส่วนของแกลบและเยื่อหุ้มเมล็ดมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการพักตัวของเมล็ดข้าว นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนของแกลบจะมีบทบาทและมีความสำคัญต่อการพักตัวมากกว่าส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด การใช้ออกซิเจนในเมล็ดที่มีการพักตัว จะมีอัตราการใช้ก๊าซออกซิเจนและระดับกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสในปริมาณสูง ขณะที่ระดับของเอนไซม์ แอมิเลส (amylase) และเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogynase) จะอยู่ในระดับต่ำ และให้ผลกลับกันในการทดสอบในเมล็ดที่ถูกแยกแกลบออกไปแล้ว และยังพบว่าการใช้ nonanoic acid (C9:0) รวมกับการใช้กรดไขมันอิ่มตัวสายสั้น (short-chain saturated fatty acid : SCSFA) จะสามารถชักนำให้เมล็ดข้าวเกิดการพักตัวได้ ระดับกิจกรรมของเอนไซม์อะมิเลสจะลดลงมากถ้าเมล็ดได้รับสาร nonanoic acid หรือ abscisic acid (ABA) และการนำเมล็ดไปแช่ใน 0.01 M KNO_3 หรือ 0.1 M H_2O_2 หรือผ่านวิธีการ dry heat treatment จะสามารถยับยั้งการพักตัวของเมล็ดที่เกิดจากการรับสาร nananoic acid และ SCSFA ได้

พันธุ์ข้าวจาปอนิก้าจะมีการพักตัวของเมล็ดหลังจากเก็บเกี่ยวแต่ไม่รุนแรงเท่ากับพันธุ์ข้าวอินดิก้า จากการรายงาน พบว่า การแกะเปลือก (dehusking) เมล็ดข้าวญี่ปุ่นออกมีผลต่อสารยับยั้งการงอกทำให้เมล็ดสามารถงอกได้ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ตัวอย่างเช่น การแช่เมล็ดในน้ำและการดูดเอาออกซิเจนออกจากสภาพบรรยากาศ การแกะเปลือกออกทำให้ เมล็ดสามารถนำออกซิเจนในสภาพแวดล้อมมาใช้ได้ ดังนั้น ออกซิเจนในบรรยากาศที่อยู่รอบๆ เมล็ดที่แกะเปลือกออกอาจมีความสัมพันธ์กับสารยับยั้งการงอก (Takahashi and Miyoshi, 1985) Miyoshi and Sato (1997a) รายงานว่า ข้าวจาปอนิก้าพันธุ์ซาซานิชิกิที่เก็บเกี่ยว 30 วันหลังดอกบานจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับช่วงระยะเวลาอื่นๆหลังเก็บเกี่ยว คือ 40, 47 และ 60 วันหลังดอกบาน เมื่อทำการแกะเอาเปลือกข้าวจาปอนิกาพันธุ์ซาซานิชิกิที่เก็บเกี่ยว 30 วันหลังดอกบานออกพบว่าสารยับยั้งการงอกจะยังคงมีอิทธิพลอย่างมากต่อการงอกของเมล็ดเมื่อเทียบกับเมล็ดปกติ แต่เมื่อลอกเอาส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดและเปลือกชั้นนอก (testa) ออกทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มสูงขึ้นเป็น 60 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเพาะเป็นเวลา 10 วัน จึงเป็นไปได้ว่าส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดและเปลือกชั้นนอกที่อยู่ในส่วนของเปลือกเป็นตัวที่ทำหน้าที่ขัดขวางออกซิเจนไปยังเอมบริโอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างองค์ประกอบภายนอกและภายในของเมล็ดข้าว

2.4 ความต้องการออกซิเจนในการงอกของเมล็ด

Corbineau and Côme (1995) กล่าวว่า เมล็ดส่วนใหญ่จะมีความต้องการออกซิเจนในการงอก ความต้องการออกซิเจนของเมล็ดจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระยะการพักตัวของเมล็ด ในเมล็ดที่มีการพักตัวเอมบริโอ (embryo) จะมีความต้องการออกซิเจน แต่โครงสร้างของเมล็ดอาจจะไปลดการส่งออกซิเจนจากเมล็ดไปยังเอมบริโอได้ โดยเปลือกจะเป็นตัวที่จำกัดการแพร่ของออกซิเจนไปยังเมล็ด เนื่องมาจากส่วนของโครงสร้างเมล็ด ความหนาของเปลือก คุณสมบัติทางชีวเคมีของเนื้อเยื่อในส่วนของเปลือก การจำกัดส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับการควบคุมของอุณหภูมิด้วยเช่นกัน จากรายงานการวิจัย พบว่า มีพืชเพียง 6 ชนิดเท่านั้นที่สามารถงอกได้ในสภาวะที่เนื้อเยื่อมีออกซิเจนต่ำ คือ พืชสายพันธุ์ *Echinochloa* 4 พันธุ์ *Erythrina caffra* และข้าว ส่วนใหญ่จะเป็นพืชที่สามารถงอกได้ในสภาพที่มีน้ำท่วมขังซึ่งเป็นสภาวะที่มีออกซิเจนอยู่น้อยกว่าในอากาศมาก เมล็ดส่วนใหญ่ไม่สามารถงอกได้ในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนหรือใช้ออกซิเจนอย่างจำกัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถจำแนกเมล็ดที่สามารถงอกได้ในสภาวะที่มีความดันออกซิเจนต่ำ (low oxygen pressure) ออกได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 พืชน้ำมัน เช่น เมล็ดผักกาดหอม ทานตะวัน ผักกาดขาว หัวผักกาด กะหล่ำปลี ป่าน และถั่วเหลือง กระบวนการงอกจะถูกขัดขวางอย่างสมบูรณ์เมื่อมี oxygen tension ใกล้ 2 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มที่ 2 พืชแป้ง เช่น ข้าว ข้าวโพด ถั่ว ข้าวสาลี และข้าวฟ่าง พืชในกลุ่มนี้จะสามารถงอกได้ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์

โดยทั่วไปเมล็ดข้าวสามารถงอกได้ในสภาพขาดอากาศหรือขาดออกซิเจน (anaerobic condition) ได้ในระยะแรก แต่ในช่วงต่อมาของการเจริญเติบโตการขาดอากาศจะมีผลต่อการเจริญเติบโต ตัวอย่างเช่น ในสภาพน้ำท่วมอากาศในน้ำจะมีอยู่อย่างจำกัด การงอกในช่วงระยะแรกจะยังคงเกิดได้ตามปกติ แต่ส่วนของ coleoptile จะยาวผิดธรรมดา ใบแรก รากอ่อน และรากข้าวที่เกิดที่ข้อจะไม่เจริญเติบโตหรือถ้าโผล่ออกมาก็จะมีการเจริญที่ผิดปกติ แต่ถ้าความชื้นไม่เพียงพอก็จะทำให้ส่วนของ radicle และ plumule เกิดการชะงักงันหรืออาจตายได้ หลังข้าวงอกแล้วรากและยอดจะมีความต้องการออกซิเจนในระดับต่างๆกัน ดังตารางที่ 2.1

เมล็ดข้าว (*Oryza sativa*) ที่มีความงอก 80 เปอร์เซ็นต์ จะมีความต้องการออกซิเจน 0.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาลี พบว่า มีความต้องการออกซิเจนในการงอกอย่างน้อย 5.2 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดข้าวที่แช่อยู่ในสภาพที่น้ำนิ่ง (stagnant water) เมล็ดจะมีการสร้าง vertical shoot ซึ่งทำให้เกิด schnorkel action ซึ่งมีความสามารถในการจัดหาออกซิเจนให้กับต้นกล้าเพื่อให้รากมีการพัฒนาเป็นปกติ (Bewley and Black, 1983a)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 ความต้องการความเข้มข้นของออกซิเจน (oxygen concentration) ในช่วงระยะเวลาต่างๆ หลังข้าวงอก (จำรัส, 2534)

ระยะที่	ช่วงเวลา	ความต้องการความเข้มข้นของ O_2 (oxygen concentrations)
1	The appearance of the radicle.	2 ppm
2	Root elongation.	4 ppm
3	Active root elongation and development	> 5 ppm
4	Growth of the first leaf	5-6 ppm
For seedling growth after the appearance of coleoptile		5-6 ppm

2.5 วิธีการทำลายการพักตัวของข้าว

2.5.1 การทำลายการพักตัวของเมล็ดข้าวโดยวิธีการใช้ลมร้อน

วิธีการทำลายการพักตัวของเมล็ดข้าวโดยปกตินิยมใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสอบเมล็ดโดยตรง เป็นเวลา 3 - 10 วันแล้วแต่ชนิดของพันธุ์ข้าว แต่ส่วนใหญ่จะถูกทำลายการพักตัว เมื่ออบเป็นเวลา 4 วัน ทำให้สามารถจำแนกระยะพักตัวของข้าวได้เป็น 3 ระยะ คือ การพักตัวไม่ลึก (weakly dormancy) การพักตัวปานกลาง (moderately dormancy) และการพักตัวลึก (strongly dormancy) ดังนั้น ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายการพักตัวโดยการใช้ความร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อบเมล็ดโดยตรงจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะพักตัวของข้าว ซึ่งจะต้องใช้ระยะเวลาในการอบดังนี้ คือ 4, 6 - 7 และ 8 - 10 วันตามลำดับ (จำรัส, 2534; ISTA, 2003)

ในเมล็ดข้าวที่เก็บมาใหม่ๆ จะมีเปอร์เซ็นต์การพักตัวสูง แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะพบว่าเปอร์เซ็นต์การพักตัวจะค่อยๆ ลดลง ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์โคชิฮิการิ โฮเน็งวาเซ่ และอาคิตะโคมาชิ ที่เก็บเกี่ยวอายุ 28 วันหลังดอกบานจะมีระยะพักตัว 17, 10 และ 7 วันตามลำดับ และเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 35 วัน หลังดอกบานจะมีระยะพักตัว 10, 7 และ 4 วันตามลำดับ ถ้าทิ้งข้าวไว้ในแปลงนานขึ้นแสงแดดจะช่วยทำลายการพักตัวของข้าว (อัญชลีและคณะ, 2537) การตากข้าวเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกวิธีหนึ่งในการทำลายการพักตัวของข้าวที่สามารถใช้ได้ในระดับเกษตรกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาการทำลายระยะพักตัวของข้าวพันธุ์ กข23 กข7 สุพรรณบุรี 60 และข้าวเจ้าหอมสุพรรณ โดยตากข้าวที่ความหนาของกองข้าว 2, 4 และ 6 เซนติเมตรบนสังกะสีแผ่นเรียบและตาข่ายไนลอน ทั้งบนลานดินและ คอนกรีตสามารถทำลายการพักตัวของข้าวได้โดยใช้เวลาตากแดดประมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนวัน พักตัวของเมล็ด และไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี (สุเทพและคณะ, 2535; นิพนธ์และคณะ, 2542)

ในข้าวญี่ปุ่นพันธุ์โคชิฮิการิ การตากข้าวที่ความหนา 2, 5 และ 10 เซนติเมตร ความถี่ในการเกลี่ยข้าว 1 หรือ 2 ครั้งคุณภาพเมล็ดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่การตากข้าว หนา 10 เซนติเมตรข้าวจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง การตากข้าวหนา 5 เซนติเมตรจะทำให้ข้าวที่ ได้มีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง การตากข้าวหนา 2 เซนติเมตรข้าวที่ได้จะมีความงอกต่ำและคุณภาพการสีต่ำ (กิติยาและคณะ, 2537)

2.5.2 การใช้ออกซิเจน

ในกระบวนการงอกของข้าว การยืดขยายของส่วน coleoptile จะถูกกระตุ้นโดยออกซิเจนที่ระดับความเข้มข้น 1-2 เปอร์เซ็นต์ (Fujisawa, 1965) Alpi and Beevers (1983) พบว่า ความเข้มข้นของออกซิเจนไม่ได้มีผลต่อการงอกอย่างชัดเจน แต่มีส่วนช่วยในการพัฒนาของ coleoptile เมล็ดข้าวที่มีการเพิ่มความเข้มข้นและความดันของก๊าซออกซิเจนบริเวณรอบๆ เมล็ดข้าวที่แห้งในระหว่างเก็บรักษาจะสามารถลดระยะเวลาการพักตัวของเมล็ดลงได้ หรือการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในขณะที่เมล็ดกำลังงอกก็สนับสนุนให้เมล็ดข้าวมีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่เพิ่มสูงขึ้น (Robert,1977) สอดคล้องกับ Robert (1962) ที่พบว่า การเก็บในสภาพที่มีการเร่งออกซิเจนจะช่วยทำลายการพักตัวของข้าว ที่อุณหภูมิต่ำออกซิเจนจะมีผลอย่างมากต่อการทำลายการพักตัวของข้าวอย่างเห็นได้ชัด คาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนจะมีผลเล็กน้อยหรือไม่มีผลเลยนอกจากจะเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน คาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนจะทำหน้าที่ขัดขวางออกซิเจน เมล็ดที่มีการพักตัวเมื่อนำไปแช่น้ำจนมีความชื้นใกล้ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า จะสามารถกระตุ้นการทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ แต่การแช่ที่อุณหภูมิต่ำ 3 องศาเซลเซียสจะช่วยกระตุ้นการทำลายการพักตัว ในปริมาณที่มากขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้เมล็ดงอกได้สูงสุดจะอยู่ต่ำกว่า 27 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความสามารถในการงอกและเจริญเติบโตของข้าว ข้าวสาลี และข้าวโอ๊ตจะต่ำถ้ามีปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำจนถึงศูนย์ การงอกของข้าวไม่ได้มีผลมาจากออกซิเจนเพียงอย่างเดียวในขณะที่ข้าวโอ๊ตและข้าวสาลีจะมีการงอกที่ช้ามากถ้าระดับออกซิเจนต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ (Alpi and Beevers, 1983) ความเข้มข้นของออกซิเจนที่สูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดของพืชหลายชนิดได้ เช่น *Beta vulgaris, Leucospermum codifolium, Hordeum* spp., *Oryza sativa, Xanthium pennsylvanicum, Strelizia juncea* และ *Verbena* spp. เนื่องมาจากความเข้มข้นของออกซิเจนที่สูงขึ้นจะเป็นตัว ทำให้ออกซิเจนสามารถแพร่เข้าไปยังเปลือกได้สูงขึ้น ออกซิเจนจะเป็นตัว oxidize สารยับยั้งการงอก หรือเป็นตัวกระตุ้นสารที่เป็น oxygen-dependent ในกระบวนการหายใจ (Corbineau and Côme, 1995)

การทำ stratification หรือการเอาเปลือกออกจะช่วยสนับสนุนให้เมล็ดงอกได้มากขึ้น สำหรับเมล็ดที่มีการพักตัวในสภาวะที่ขาดออกซิเจน การแยกส่วนของเปลือกออกจากเอมบริโอ พบว่า เอมบริโอจะมีความต้องการออกซิเจนน้อยกว่าเมล็ดที่ไม่มีการเอาเปลือกออก เอมบริโอสามารถงอกได้ดีในสภาพบรรยากาศ ในขณะที่เมล็ดที่สมบูรณ์คือไม่มีการเอาเปลือกออกจะมีความต้องการออกซิเจนที่สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เพราะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นออกซิเจนจะสูญเสียไปเนื่องมาจากการหายใจของเมล็ดที่เพิ่มสูงขึ้นและความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนจะลดลง

Miyoshi and Sato (1997a) รายงานว่า การเอาเปลือกของเมล็ดที่แก่แล้วออกและการเก็บเกี่ยวในช่วงระยะเวลาต่างๆ มีผลต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวอินดิก้า แต่ในเมล็ดข้าวจาปอนิก้าจะยังคงมีการยับยั้งการงอกอย่างรุนแรงอยู่ การเพิ่มออกซิเจนให้สูงขึ้นจะช่วยเพิ่มความสามารถในการงอก แต่ในกรณีข้าวจาปอนิก้าพบว่าศักยภาพในการงอก (growth potential) ของเอมบริโอจะอยู่ในช่วงระหว่างสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) และใช้ออกซิเจน (aerobic) ความเข้มข้นสูงกว่าที่ 1-4 เปอร์เซ็นต์

2.5.3 การใช้เอทานอล (ethanol)

Corbineau and Côme (1995) กล่าวว่า การสูญเสียออกซิเจนโดยทั่วไปเกิดมาจากการลดลงของการแลกเปลี่ยนพลังงาน (energy charge) และการผลิตเอทานอลที่ได้จากกระบวนการ fermentation ในเมล็ดพืชน้ำมันการงอกดูเหมือนจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกระบวนการหายใจ ขณะที่เมล็ดพืชแป้งจะถูกควบคุมอัตราการหายใจน้อยกว่า อย่างไรก็ตามถ้า partial pressure ของออกซิเจนต่ำการงอกจะไม่สามารถเกิดได้ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการลดลงของการแลกเปลี่ยนพลังงาน ความแตกต่างของการผลิตพลังงานจะสอดคล้องกับปริมาณสารอาหารที่สะสมไว้ในเมล็ด ในสภาวะที่เนื้อเยื่อมีออกซิเจนต่ำกว่าปกติเมล็ดพืชแป้งจะมีอัตรา fermentation ที่สูงกว่าเมล็ดพืชน้ำมัน ความแตกต่างในการตอบสนองการงอกของเมล็ดที่ถูกน้ำท่วมขังหลายๆ ชนิดสามารถอธิบายได้จากความแตกต่างของอัตราการผลิตเอทานอล (Crawford, 1977)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดลองในข้าวบาร์เลย์ พบว่า แอลกอฮอล์ ดีไฮโดรจีเนส (alcohol dehydrogenase; ADH) มีความต้องการจำเพาะสำหรับกิจกรรมที่ยับยั้งการใช้ออกซิเจนในการหายใจของสิ่งมีชีวิต (Harberd and Edwards, 1982) การเพาะในภาวะที่มีออกซิเจนในเนื้อเยื่อต่ำ ADH อาจจะเป็นสาเหตุที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการงอกของเมล็ดในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน การสะสมเอทานอลจะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนในเนื้อเยื่อต่ำเพื่อทำลายการพักตัวพบได้ในเมล็ดหลายชนิด โดยเอทานอลอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเมมเบรน (membrane) โดยยับยั้งการเปลี่ยนแปลงสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ เช่น เมทานอล (methanol) หรืออัลดิไฮด์ (aldehydes) เอทานอลถูกใช้เป็นซับสเตรต (substate) ในการหายใจช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซึมออกซิเจนของเนื้อเยื่อในเมล็ด *Avena fatua* และ *Avena sativa* ช่วยให้เกิด cyanide-resistant pathway ได้ง่ายขึ้น และช่วยกระตุ้นกระบวนการ gycolysis โดยเพิ่มปริมาณ fructose 2,6-bisphosphate Corbineau *et al*. (1991) ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าเมล็ด *Avena sativa* ที่พักตัวถูกกระตุ้นการงอกโดยเอทานอลหรือแอลกอฮอล์ชนิดอื่นๆ

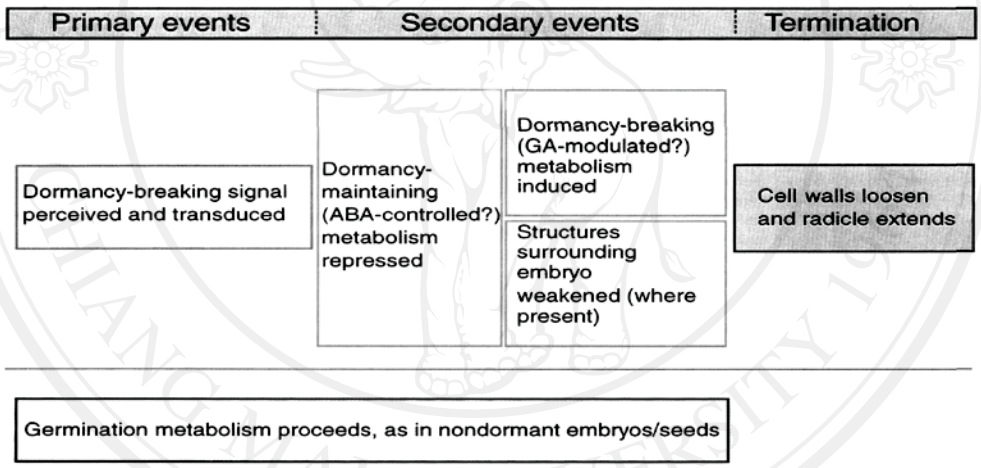
นอกจากนี้ เอทานอลยังสามารถใช้กระตุ้นการงอกของเมล็ดพืชได้หลายชนิด และมีปฏิกิริยาต่อเมล็ดข้าวอินดิก้าและข้าวจาปอนิก้า จากการศึกษาของ Miyoshi and Sato (1997b) ซึ่งนำเมล็ดข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ ซาซานิชิกิที่ทำการเก็บเกี่ยว 30 และ 60 วันหลังดอกบาน ทำการเพาะโดยวางบนกระดาษกรองจำนวน 3 ชั้น ที่อยู่ในจานเพาะเชื้อ (petri dish) ขนาด 6 เซนติเมตรที่มีการเติมสารละลายของเอทานอลระดับความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 4.5 มิลลิลิตรแล้วปิดผนึกด้วยพาราฟิล์ม (parafilm) พบว่า การใช้เอทานอล 0.2 ถึง 6.0 เปอร์เซ็นต์ (v/v) จะมีผลต่อการงอกภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจนทั้งเมล็ดที่ไม่ได้แกะเปลือกและเมล็ดที่แกะเปลือกใน ข้าวอินดิก้าพันธุ์ Assam IV ที่เก็บเกี่ยวหลังดอกบาน 14, 21 และ 28 วัน และในข้าวจาปอนิก้าพันธุ์ซาซานิชิกิที่เก็บเกี่ยวหลังดอกบาน 30 และ 60 วัน การใช้เอทานอล 3-5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) หลังดอกบาน 30 วัน หรือใช้ในปริมาณ 1.0-4.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) หลังดอกบาน 60 วัน สามารถทำลายการพักตัวของข้าวญี่ปุ่นได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าใช้เอทานอลในเปอร์เซ็นต์ที่เข้มข้นมากขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง ระดับความเข้มข้นของเอทานอลจะเป็นตัวที่ควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าว ส่วนของ coleoptile จะมีการเจริญที่ลดลงเมื่อใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่า 40 mM (Alpi and Beevers, 1983)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5.4 การใช้จิบเบอเรลลิน (gibberelic acid ; GA_3)

จิบเบอเรลลิน (Gibberellins : GAs) เป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม diterpenoid compounds เป็นสารที่ทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโต มีอยู่หลายชนิดแต่ละชนิดจะมีหมายเลขเป็นสัญลักษณ์ เช่น GA_1 , GA_2 , GA_3 จนถึง GA_{65} ซึ่ง GA_3 จะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า GAs ตัวอื่นๆในการกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์และการแบ่งตัวของเซลล์

จิบเบอเรลลินไม่มีผลต่อการควบคุมการเกิดการพักตัว ในทางตรงกันข้ามจิบเบอเรลลินเป็นตัวสำคัญที่ช่วยสนับสนุนและเป็นตัวช่วยในการกระบวนการงอก โดยจะแสดงออกหลังจากที่การทำงานที่มี ABA เป็นตัวช่วยมีการยับยั้งกระบวนการงอกเรียบร้อยแล้ว (Bewley, 1997) (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 An overview of the major events that have been associated with the breaking of seed dormancy (Bewley, 1997)

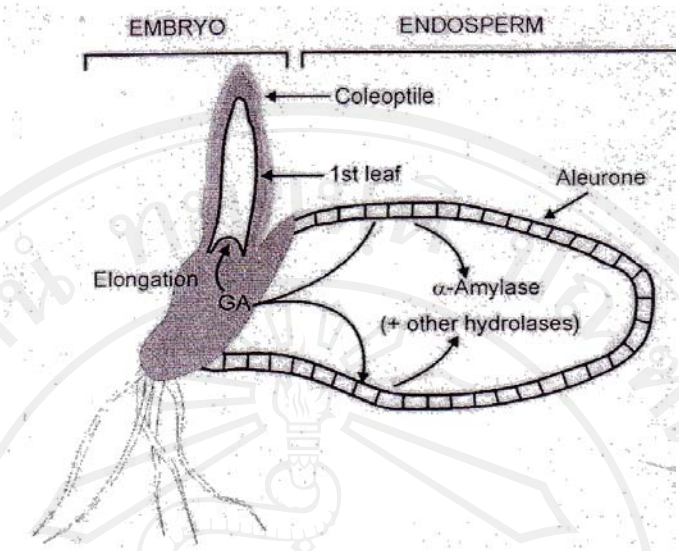
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาส่วนใหญ่ พบว่า กลไกการทำงานของจิบเบอเรลลินจะถูกควบคุมโดย gene expression ในเมล็ดธัญพืชจะแสดงอยู่ในส่วนของ aleurone layer ซึ่งล้อมรอบเอ็นโดสเปอร์ม aleurone layer ของเมล็ดธัญพืชจะมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการงอกในการสังเคราะห์และขับ hydrolytic enzymes เพื่อที่จะสลายแป้งที่อยู่ในเอนสเปอร์ม ซึ่งเป็นแหล่งสะสมแป้งและโปรตีน และช่วยในการสลายสารอาหารที่สะสมในเมล็ดเพื่อที่เอมบริโอจะได้นำไปใช้ในกระบวนการพัฒนาและกระบวนการงอกได้ง่ายขึ้น (Liu-Min *et al*., 2007)

ในระหว่างการงอกของเมล็ดธัญพืชนั้น aleurone layer จะผลิตเอนไซม์ขึ้นหลายชนิด เช่น ∝-amylase, protease และ ribonuclease เพื่อย่อยแป้ง โปรตีน และ RNA ซึ่งอยู่ในเอนโดสเปิร์ม การสร้าง hydrolytic enzymes เหล่านี้เกิดขึ้นหลังจากที่เมล็ดดูดความชื้นเพื่อไว้ใช้ในการงอก จากการทดลอง พบว่า ถ้าเมล็ดเหล่านั้นเอมบริโอถูกตัดทิ้งไปก็จะทำให้ aleurone layer ไม่สามารถสังเคราะห์ hydrolytic enzymes โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ∝-amylase ได้ แม้ว่าความชื้นจะมีอยู่เพียงพอก็ตาม แสดงให้เห็นว่าเอมบริโอมีความสัมพันธ์กับการสร้าง ∝-amylase จิบเบอเรลลินและเอมบริโอเกี่ยวข้องกับการสร้าง ∝-amylase คือ เอมบริโอเป็นแหล่งที่สร้างจิบเบอเรลลินซึ่งสารนี้จะถูกส่งไปยัง aleurone layer แล้วกระตุ้นให้สร้างเอนไซม์ขึ้นมา จากการทดลองใช้ GA_3 ใส่ลงใน aleurone layer ของเมล็ดที่ปราศจากเอมบริโอ พบว่า aleurone layer สามารถสร้างเอนไซม์ต่างๆได้อย่างปกติ (สัมพันธ์ , 2527)

จากการรายงานการใช้ GA_3 พบว่า จะมีผลต่อสรีรวิทยาของเมล็ดและสาร จิบเบอเรลลินตัวอื่นๆก็มีผลช่วยในการกระตุ้นการพักตัว ISTA (2003) แนะนำให้ใช้ GA_3 ในการทำลายการพักตัวของธัญพืช โดยใช้สารละลาย GA_3 0.02-0.1 เปอร์เซ็นต์ (200-1,000 ppm) แทนน้ำในการให้ความชื้น จิบเบอเรลลินมีผลต่อการกระตุ้นการหายใจของเมล็ดและกระบวนการงอก เนื่องจากจิบเบอเรลลินมีอิทธิพลต่อภายในและภายนอกของ common link ที่อยู่ในส่วนของกลไกการทำงานของเมตาบอลิคที่ทำหน้าที่ควบคุมการงอกของข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.4 Diagram illustrating some of principal features associated with reserve mobilization in a wheat or barley grain (and probably orther cereals as well) following germination. Gibberellin produced by the embryo stimulates cells of the aleurone layer to synthesise and secrete α-amylase and other hydrolases which degrade starch and other polymeric reserves in the endosperm, providing nutrients for the developing seedling

Miyoshi and Sato (1997c) ได้ศึกษากับข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ซาซานิชิกิที่เก็บเกี่ยวหลังดอกบาน 30 วันและ 60 วันและแกะเปลือกออก พบว่า ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ซาซานิชิกิที่เก็บเกี่ยวหลังดอกบาน 60 วัน เมื่อให้ GA_3 ความเข้มข้น 10^{-3} M สามารถกระตุ้นความงอกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน 20 เปอร์เซ็นต์ และสามารถงอกได้อย่างสมบูรณ์ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนเช่นกัน เมื่อให้ GA_3 จะสามารถงอกได้ภายใน 4 วัน ในขณะที่ไม่ให้ GA_3 ก็สามารถงอกได้ภายใน 5 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved