บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

คะน้าจีน (Chinese kale)

คะน้าจีน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *alboglaba* Bailey วงศ์ Brassicaceae จำนวนโครโมโซม n=9 (นิพนธ์, 2546) ชาวจีนเรียกคะน้าว่า ไก่หลันไช่ มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย และปลูกกันมากในจีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และไทย (สุนทร, 2539) เป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น (สวนผัก, 2532) สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (ยุพยงษ์, 2546)

ลำต้น คะน้ามีลำต้นค่อนข้างแข็งแรง ระหว่างลำต้นและรากของคะน้า มีระยะห่างกันประมาณ 10-13 เซนติเมตร ลำต้นมีสีเขียวนวล เมื่อต้นแก่ ลำต้นแข็ง

ใบ ลักษณะใบของคะน้าแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ เช่น คะน้าใบกลม คะน้าใบแหลม หรือคะน้าพันธุ์ก้าน ลักษณะของใบคะน้ามีก้านที่ยาว ซึ่งเป็นส่วนที่ติดกับลำต้น มีก้านสีเขียวนวล ใบมีความหนา และมีสีเขียวหม่น หรือสีเขียวนวลคล้ายแป้ง ในลำต้นของคะน้าต้นหนึ่งๆ มีก้านใบและใบที่ติดกับลำต้น เรียงสลับกันขึ้นไปสู่ยอดอ่อน ประมาณ 5-6 ใบ

ยอด คะน้ามียอดอ่อนที่ขึ้นต่อจากก้านใบสุดท้าย และขนาดใบเล็กลงไปเรื่อยๆ ยอดของคะน้าเป็นส่วนที่ใช้มาปรุงอาหาร ซึ่งเป็นส่วนที่ติดอยู่กับปลายลำต้น และประกอบไปด้วยใบอ่อนขนาดเล็ก 2-3 ใบ ยอดมีลักษณะคล้ายบัวตูมขนาดเล็ก

ราก คะน้ามีรากเป็นลักษณะรากฝอยสีน้ำตาลอ่อนออกขาว ทำหน้าที่ดูดซับน้ำและแร่ธาตุไปเลี้ยงส่วนลำต้น ดอก และใบ ตลอดระยะเวลาที่เจริญเติบโต

ดอก คะน้ามีช่อดอกแบบกระจะ (raceme) มีดอกสมบูรณ์เพศ กลีบเลี้ยงมีสีเขียวหรือเขียวปนเหลือง มี 4 กลีบ กลีบดอกมีสีขาว 4 กลีบ เกสรเพศผู้เป็นแบบ tetradynamous มี 6 อัน ยาว 4 อันและสั้น 2 อัน รังไข่เป็นแบบ superior ovary ดอกเป็นแบบ indeterminate เริ่มบานจากดอกข้างล่างในช่อขึ้นไป

ฝัก คะน้ามีฝักแบบ silique เมื่อผลแก่และแห้งจัด เริ่มแตกตรงรอยตะเข็บ (suture) เมล็ดมีลักษณะกลมเล็ก สีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ (มณีฉัตร, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์คะน้า (เมฆ, 2548)

พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยเป็นคะน้าดอกขาวทั้งสิ้น โดยสั่งเมล็ดจากต่างประเทศเข้ามาปลูกและปรับปรุงพันธุ์ ปัจจุบันมีอยู่ 3 พันธุ์คือ

1. พันธุ์ใบกลม มีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมนและผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย
2. พันธุ์ใบแหลม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ปลายใบแหลม ข้อห่าง ผิวใบเรียบ
3. พันธุ์ยอดหรือก้าน มีลักษณะใบเหมือนกับคะน้าใบแหลม แต่จำนวนใบต่อต้นน้อยกว่า ปล้องยาวกว่า

สภาพแวดล้อมที่ต้องการ

1. สภาพของดินปลูก คะน้าจีนสามารถเจริญได้ดีในดินแทบทุกชนิด แต่ดินที่เจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือ ดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี ความชื้นสูง ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 5.5-6.8 (วสันต์, 2544)
2. ความต้องการอุณหภูมิ คะน้าจีนสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส แต่คะน้าจีนทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดี และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส
3. ความต้องการความชื้นในดิน เพื่อให้คะน้าจีนมีคุณภาพดี ต้องได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ความชื้นในดินที่คะน้าจีนต้องการประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ถ้าขาดน้ำคะน้าจีนชะงักการเจริญเติบโต มีเส้นใยมากและรสชาติไม่อร่อย (ไฉน, 2542)

โรคและศัตรูที่สำคัญของคะน้า

1. โรคเน่าคอดินของคะน้า เกิดจากเชื้อรา *Pythium* sp. หรือ *Phytophthora* sp. เป็นโรคที่เกิดขึ้นเฉพาะในแปลงต้นกล้าเท่านั้น เนื่องจากการหว่านเมล็ดที่แน่นทึบ อับลม และเปียดกันแน่น แปลงที่มีเชื้อโรค ต้นกล้าเกิดอาการเป็นแผลช้ำที่โคนต้นระดับดิน เนื้อเยื่อตรงแผลเน่าและแห้งไปอย่างรวดเร็ว ถ้าถูกแสงแดดทำให้ต้นกล้าหักพับ ต้นเหี่ยวแห้งตายในเวลารวดเร็ว บริเวณที่เป็นโรคค่อยๆ ขยายกว้างออกไปเป็นวงกลม

การป้องกันกำจัด : ไม่หว่านเมล็ดคะน้าให้แน่นเกินไป และทำทางระบายน้ำป้องกันน้ำขังแฉะในแปลงช่วงที่เป็นต้นกล้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. โรคราน้ำค้างของคะน้า เกิดจากเชื้อรา *Peronospora parasitica* ใบเป็นจุดละเอียดสีดำอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ ด้านใต้ใบ ตรงจุดเหล่านี้มีราสีขาวอมเทาอ่อนคล้ายผงแป้งขึ้นเป็นกลุ่มๆ กระจายทั่วไป เกิดกับใบที่อยู่ตอนล่างก่อนแล้วลุกลามขึ้นไปยังใบที่อยู่สูงกว่า ใบที่มีเชื้อราขึ้นเป็นกลุ่มกระจายเต็มใบ ทำให้ใบเหลืองและใบร่วงหรือแห้ง โรคนี้ระบาดได้ทั้งแต่ระยะที่เป็นต้นกล้าจนเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งทำความเสียหายมากเพราะทำให้ใบเสียมากและเจริญเติบโตช้า โรคนี้ไม่ทำให้ต้นคะน้าตาย แต่ทำให้น้ำหนักลดลง เพราะต้องตัดใบที่เป็นโรคทิ้ง

การป้องกันกำจัด : อย่าในน้ำขังในแปลง และให้ฉีดพ่นด้วยสารป้องกันกำจัดเชื้อรา

3. โรคแผลวงกลมสีน้ำตาลไหม้ เกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp. ใบแก่ที่อยู่ตอนล่างของลำต้นเป็นโรคนี้มาก ใบที่เป็นโรคมักมีแผลวงกลมสีน้ำตาลซ้อนกันหลายชั้น เนื้อเยื่อรอบแผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ขนาดของแผลมีทั้งใหญ่และเล็ก บนแผลมักมีเชื้อราขึ้นบางๆ มองเห็นเป็นผงสีดำ เนื้อเยื่อบุ๋มลงไปเล็กน้อย

การป้องกันกำจัด : การฉีดพ่นยาป้องกันกำจัดเชื้อราอยู่เสมอ ช่วยป้องกันกำจัดเชื้อรานี้และเชื้อราโรคอื่นๆด้วย

4. หนอนคืบกะหล่ำ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Trichoplusia ni* ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อขนาดกลาง สีเทาดำ กลางปีกคู่หน้ามีจุดสีขาวข้างละ 1 จุด ผีเสื้อวางไข่สีขาวนวลใต้ใบเม็ดกลมเล็กๆ ไข่มีอายุ 3 วันจึงฟักออกเป็นตัวหนอน หนอนที่มีขนาดเล็กแทะผิวใบด้านล่าง หนอนในระยะนี้มีสีใส ต่อมามีสีเข้มขึ้น เมื่อโตเต็มที่มีสีซีดลง มีสีขาวพาดยาว หนอนเมื่อโตเต็มที่ยาว 4 เซนติเมตร อายุหนอนประมาณ 2 สัปดาห์

การป้องกันกำจัด : ตรวจดูไข่หรือตัวหนอนในระยะเล็กๆ หากพบให้ใช้สารกำจัดแมลงฉีดพ่น หากใช้ในขณะที่หนอนยังมีขนาดเล็กทำให้ได้ผลดี

บรอกโคลี (Broccoli)

บรอกโคลี มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck. เป็นพืชเมืองหนาว อยู่ในวงศ์ Brassicaceae (Cruciferae) เช่นเดียวกับคะน้า มีจำนวนโครโมโซม n=9 (นิพนธ์, 2546) มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนใต้ของยุโรปหรือแถบประเทศอิตาลี บรอกโคลีเป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของดอกอ่อนและก้านดอก เช่นเดียวกับกะหล่ำดอก แต่ส่วนของดอกสีเขียวหรือเรียกว่า เฮด (Head) นั้นประกอบด้วยดอกอ่อนสีเขียวจำนวนมาก ที่รวมตัวกันเป็นกลุ่มใหญ่ แต่เกาะตัวกันหลวมกว่าแยกกันได้ค่อนข้างชัดเจน ไม่อัดตัวกันแน่นเหมือน เคิร์ด(Curd) ของกะหล่ำดอก (สวนผัก, 2532) มีการนำเข้ามาปลูกในประเทศไทย โดยระยะแรกปลูกทางแถบภาคเหนือ ซึ่งผลผลิตมีจำนวนน้อย ทำให้ผักชนิดนี้มีราคาสูงและผลิตได้เฉพาะในช่วงฤดูหนาวเท่านั้น แต่ในปัจจุบันได้มีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปรับปรุงพันธุ์ให้ทนร้อนได้มากขึ้น ในช่วงฤดูกาลผลิตจึงสามารถปลูกในภาคอื่นๆได้ สำหรับนอกฤดูนั้นปลูกได้เฉพาะทางภาคเหนือที่มีอากาศเย็นเท่านั้น (กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม, 2534) แหล่งที่ปลูกบรอกโคลีกันมากได้แก่ เพชรบูรณ์ กรุงเทพฯ กาญจนบุรี เป็นต้น โดยช่วงที่เหมาะแก่การปลูกคือเดือนตุลาคมถึงมกราคม (วสันต์, 2544)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น ลำต้นใหญ่และอวบ สูงประมาณ 40-75 เซนติเมตร ทรงพุ่มใหญ่เก้งก้าง กว้างประมาณ 60-80 เซนติเมตร

ใบ ใบกว้าง มีสีเขียวออกเทา ผิวใบเรียบ เนื้อใบหนา ริมขอบใบเป็นหยัก ใบเจริญสลับกันขึ้นไปสู่ยอด

ราก ระบบรากค่อนข้างตื้น รากแก้วมีขนาดเล็ก รากพิเศษส่วนใหญ่เจริญในระดับ 30-35 เซนติเมตร

ดอก ดอกอยู่รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ แต่เกาะตัวกันหลวมกว่ากะหล่ำดอก และแยกกันค่อนข้างชัดเจน ไม่อัดตัวกันแน่น ช่อดอกประกอบด้วยดอกสมบูรณ์เพศจำนวนมาก ดอกประกอบด้วยกลีบดอกสีเหลือง 4 กลีบ เกสรเพศผู้ 6 อัน รังไข่มี 2 เซลล์

ฝัก ฝัก (silique) กว้าง 3-5 มิลลิเมตร ยาว 50-100 มิลลิเมตร ฝักแก่ภายในเวลา 50-90 วันหลังจากผสมเกสร

พันธุ์บรอกโคลี (ไฉน, 2542)

พันธุ์ที่เหมาะสมการปลูกในประเทศไทย ต้องเป็นพันธุ์เบา เพราะต้องการอุณหภูมิต่ำน้อยกว่าพันธุ์หนัก ซึ่งพันธุ์ที่มีจำหน่ายในประเทศไทยได้แก่

1. พันธุ์ Di Cico อายุ 60 วันหลังย้ายปลูก เป็นพันธุ์เก่าแก่และปลูกได้ผลดีในประเทศไทย
2. พันธุ์ Morakot อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก เป็นพันธุ์ลูกผสม (F_1)
3. พันธุ์ Negro อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก เป็นพันธุ์ลูกผสม (F_1)
4. พันธุ์ Toro อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก เป็นพันธุ์ลูกผสม (F_1)
5. พันธุ์ Top Green อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก
6. พันธุ์ ตราช้าง เบอร์ 12 อายุ 56 วันหลังย้ายปลูก
7. พันธุ์ ตราช้าง เบอร์ 30 อายุ 49 วันหลังย้ายปลูก
8. พันธุ์ โคย่า อายุ 56 วันหลังย้ายปลูก
9. พันธุ์ ไต้หวัน อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สภาพแวดล้อมที่ต้องการ

1. สภาพของดินปลูก บรอกโคลีมีความต้องการสภาพดินใกล้เคียงกับกะหล่ำดอก แต่ถูกกระทบกระเทือนจากสภาพแวดล้อมได้ง่ายกว่ากะหล่ำดอก บรอกโคลีสามารถเจริญได้ในดินแทบทุกประเภท แต่เจริญได้ดีในดินร่วนที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) ของดินประมาณ 6-6.5

2. ความต้องการอุณหภูมิ สภาพอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตบรอกโคลีคือ 18-27 องศาเซลเซียส ส่วนในสภาพอากาศร้อน แม้บรอกโคลีเจริญเติบโตได้ดี แต่ให้ปริมาณผลผลิตน้อยและคุณภาพไม่ดี

3. ความต้องการความชื้นในดิน น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้บรอกโคลีเจริญเติบโตเร็ว การให้น้ำต้องให้อย่างสม่ำเสมอและเพียงพอ ในสภาพแห้งแล้งและความชื้นในดินไม่พอ ทำให้บรอกโคลีชะงักการเจริญเติบโตและออกดอกเร็ว

โรคและแมลง

1. โรคเน่าดำ สาเหตุเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ลักษณะอาการเกิดขึ้นที่ใบ ทำให้ขอบใบแห้งเข้าไปเป็นรูปสามเหลี่ยม ปลายแหลมชี้ไปที่เส้นกลางใบ และอาการใบแห้งจะลุกลามถึงเส้นกลางใบ ทำให้เกิดอาการใบเหลือง เหี่ยวและแห้ง ชะงักการเจริญเติบโตและแห้งตายได้

การป้องกันกำจัด ควรปลูกพืชหมุนเวียนและใช้เมล็ดพันธุ์ที่ปลอดโรค

2. โรคใบจุด สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Alternaria brassicae* โดยทำความเสียหายให้กับต้นอ่อนของบรอกโคลี อาการเริ่มแรกเกิดจุดช้ำฉ่ำน้ำขึ้น แล้วจึงกลายเป็นจุดแผลเล็กๆ สีน้ำตาลอ่อนหรือม่วงจางๆ และมีเซลล์ตายล้อมรอบอยู่ หากระบาดรุนแรงทำให้ใบเต็มไปด้วยแผล ขาดและเปื่อยยุ่ย ทำให้ต้นโทรมและชะงักการเจริญเติบโต

การป้องกันกำจัด เลือกใช้เมล็ดพันธุ์ที่ปราศจากโรค และเก็บเศษซากพืชออกจากแปลงไปทำลายให้หมด หากพบมีการระบาดให้ฉีดพ่นด้วยสารเคมีที่มีสารประกอบทองแดง

3. หนอนกระทู้หอม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Spodoptera exigua* ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อขนาดกลาง สีน้ำตาลแก่ปนเทา วางไข่เป็นกลุ่มเล็กๆใต้ใบ หนอนลำตัวอ้วน มีหลายสีเช่น เขียวอ่อน เทาปนดำ น้ำตาลดำ น้ำตาลอ่อน ด้านข้างมีแถบสีขาวพาดตามยาวลำตัวด้านละแถบ ตัวหนอนทำลายโดยการกัดกินส่วนต่างๆของผัก

การป้องกันกำจัด เก็บกลุ่มไข่และหนอนไปทำลาย ใช้สารสกัดจากสะเดาฉีดพ่นเมื่อพบหนอนกระทู้หอมระบาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. หนอนกระทู้ผัก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Spodoptera litura* ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อขนาดกลาง วางไข่เป็นกลุ่มใต้ใบ หนอนกระทู้ผักมีลำตัวอ้วนป้อม มีจุดสีดำใหญ่ตรงปล้องที่ 3 เมื่อโตเต็มที่มีขนาด 3-4 เซนติเมตร และเคลื่อนไหวช้า ในระยะแรก ตัวหนอนกัดกินผิวใบ จากนั้นเริ่มทำลายยอด หนอนกระทู้ผักสามารถกัดกินใบ ก้านใบ และดอก ทำความเสียหายให้กับบรอกโคลีมาก เนื่องจากเป็นหนอนที่มีขนาดใหญ่และแพร่ระบาดได้รวดเร็วตลอดทั้งปี

การป้องกันกำจัด เก็บกลุ่มไข่และหนอนไปทำลาย หรือใช้สารฆ่าแมลงตามอัตราที่แนะนำในฉลาก

ความสำคัญของคะน้าและบรอกโคลี

ปัจจุบันคะน้าเป็นพืชผักที่สำคัญของไทย เพราะปลูกง่าย ปลูกได้ตลอดทั้งปีและเป็นที่นิยมบริโภค จัดว่าเป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยแร่ธาตุและวิตามินที่มีประโยชน์หลายชนิด จากข้อมูลของกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2530) ได้รายงานองค์ประกอบต่าง ๆ ของผักคะน้า เมื่อเทียบจากส่วนที่กินได้ของต้นคะน้า 100 กรัมประกอบด้วย พลังงาน 24.0 กิโลแคลลอรี่ โปรตีน 2.7 กรัม ไขมัน 0.5 กรัม คาร์โบไฮเดรต 2.2 กรัม แคลเซียม 245.0 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 80.0 มิลลิกรัม เหล็ก 1.2 มิลลิกรัม วิตามิน บี 1 0.05 มิลลิกรัม วิตามิน บี 2 0.08 มิลลิกรัม ไนอาซิน 1.0 มิลลิกรัม วิตามินซี 141.0 มิลลิกรัม เบตาแคโรทีน 186.9 ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัลและใยอาหาร 3.2 กรัม ส่วนบรอกโคลีเป็นผักที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยกว่า 30 ปีแล้ว ซึ่งในอดีตคนไทยยังไม่นิยมบริโภค แต่ปัจจุบันผักชนิดนี้กลับมีความสำคัญมากขึ้น เพราะมีการสั่งซื้อมาจากต่างประเทศทั้งจำหน่ายสดและอุตสาหกรรมแช่แข็ง คนไทยนิยมบริโภคบรอกโคลีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากบรอกโคลีเป็นผักที่มีวิตามินเอ วิตามินซี และวิตามินบีสูง อีกทั้งยังมีแคลเซียมและธาตุเหล็กในปริมาณสูงอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า บรอกโคลีมีสารต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant) ที่เรียกว่า ซัลโฟราเฟน(sulforaphane) (Cunningham, 2007) ซึ่งในคะน้าก็มีสารนี้เช่นกันแต่อยู่ในระดับที่ต่ำมาก โดยซัลโฟราเฟนนี้เกิดจากกลูโคซิโนเลต (glucosinolate) ชนิดกลูโคราฟานิน(glucoraphanin) (บุษบัน, 2548) โดยกลูโคราฟานินถูกเปลี่ยนเป็นซัลโฟราเฟนโดยเอนไซม์ myrosinase เมื่อเซลล์พืชได้รับความเสียหาย เช่นการเคี้ยวหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์ในลำไส้ของมนุษย์ (Shapiro *et al*., 1998) ซึ่งซัลโฟราเฟนนี้มีอยู่ในผักตระกูลกะหล่ำ เช่น บรอกโคลี กะหล่ำปลี และกะหล่ำดาว เป็นต้น โดยพบในบรอกโคลีมากกว่ากะหล่ำปลีถึง 5 เท่า และพบได้ทุกส่วนของบรอกโคลี แต่ในดอกมีปริมาณสูงกว่าในใบ (Liang *et al*., 2006) และพบในเมล็ดสูงกว่าในดอก (Trenerry *et al*., 2006) อย่างไรก็ตามงานวิจัยหลายฉบับรายงานว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนที่พบปริมาณซัลโฟราเฟนสูงคือต้นอ่อน (sprouts) (Cunningham, 2007) โดย Fahey *et al.* (1997) กล่าวว่า ต้นอ่อนของบรอกโคลีที่อายุ 3 วัน มีซัลโฟราเฟนมากกว่าดอกบรอกโคลี 10 ถึง 100 เท่า นอกจากนี้ ณัฐาและคณะ (2552) ได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณซัลโฟราเฟนในต้นอ่อนของบรอกโคลีพันธุ์ Top Green และ Big Green ที่มีอายุ 3, 5 และ 7 วันหลังงอก โดยใช้วิธี HPLC พบว่าต้นอ่อนที่มีอายุ 5 วัน ของบรอกโคลีทั้ง 2 พันธุ์ มีปริมาณซัลโฟราเฟนสูงที่สุดคือ 57.47 และ 30 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าต้นอ่อนที่มีอายุ 3 และ 7 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยหลายฉบับได้รายงานเกี่ยวกับประโยชน์ของซัลโฟราเฟนว่า การบริโภคผักที่มีซัลโฟราเฟนสามารถช่วยลดความเสี่ยงการเกิดมะเร็งได้ เช่น มะเร็งปอด (Spitz *et al.,* 2000) มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ (Zhao *et al.,* 2007) มะเร็งเต้านม (Ambroson *et al.,* 2004) มะเร็งต่อมลูกหมาก (Joseph *et al.,* 2004) มะเร็งต่อมน้ำเหลือง (Zhang *et al.,* 2000) และมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Lin *et al.,* 1998) โดยปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวันเท่ากับ 200-400 ไมโครกรัม (Health, 2008) และเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสุขภาพควรรับประทานสด (Fahey *et al.,* 1997) เนื่องจากการนำผักที่มีซัลโฟราเฟนไปประกอบอาหารเช่น การต้มมากกว่า 10 นาที ทำให้สูญเสียซัลโฟราเฟนมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (Rosa *et al*., 1993) จากการศึกษาของ Herr and Markus (2010) ที่ศึกษาองค์ประกอบของบรอกโคลีและผักในวงศ์กะหล่ำชนิดอื่นๆ ที่ช่วยป้องกันและรักษาโรคมะเร็งพบว่า การรับประทานบรอกโคลี 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์ สามารถช่วยป้องกันมะเร็งได้ โดยซัลโฟราเฟนเข้าไปยับยั้งและทำลายแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งในกระเพาะอาหารได้ (Normark *et al*., 2003)

การผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำ

ในปัจจุบัน แหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำที่สำคัญของโลกได้แก่ อิตาลี รัฐวอชิงตัน และทางแถบฝั่งตะวันตกของประเทศสหรัฐอเมริกา จีน ภาคใต้ของทวีปแอฟริกาและออสเตรเลีย สำหรับประเทศไทยสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำ ที่ต้องการอุณหภูมิในการกระตุ้นตาดอกเฉลี่ย 18-20 องศาเซลเซียส ได้แก่ คะน้า ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ผักกาดขาวปลีและผักกาดหัว ส่วนการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำชนิดอื่นๆ ยังไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ โดยพื้นที่ที่สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำอยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยผลิตในฤดูหนาว แต่อุณหภูมิต่ำยังไม่มีความสม่ำเสมอเป็นระยะเวลานานพอที่ช่วยกระตุ้นให้ผลผลิตมีปริมาณสูง ผลผลิตเมล็ดพันธุ์จึงต่ำหรืออยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ผักในตระกูลกะหล่ำยังต้องการช่วงแสงวันยาวในการกระตุ้นการแทงช่อดอกด้วย ดังนั้นจึงควรปลูกพืชตระกูลกะหล่ำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

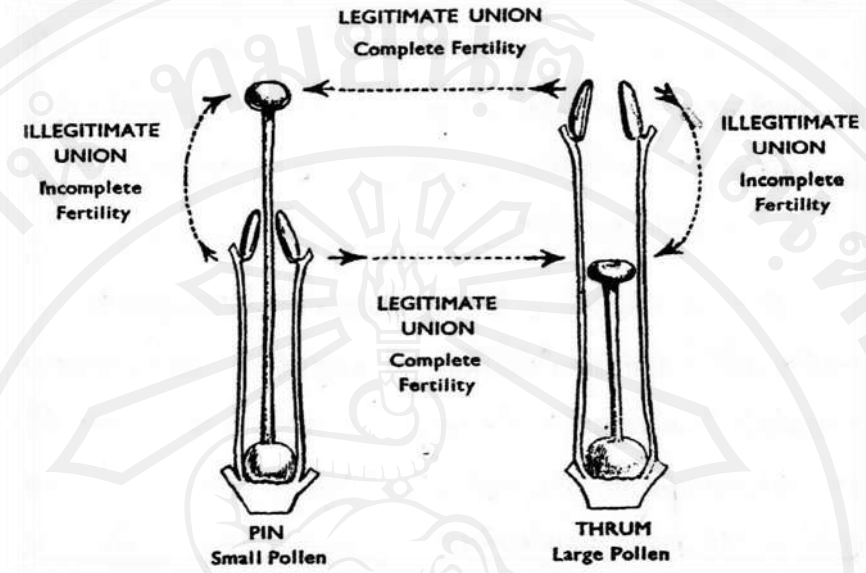
เจริญเติบโตเต็มที่ทางใบและลำต้นก่อนเดือนธันวาคม และเริ่มแทงช่อดอกตั้งแต่เดือนธันวาคม เพื่อให้ช่วงแสงกระตุ้นการแสดงตาดอก และได้รับอุณหภูมิต่ำในระยะออกดอก การพัฒนาของเมล็ดพันธุ์จึงสมบูรณ์และเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ปลายเดือนกุมภาพันธ์ (จานุลักษณ์, 2541) อย่างไรก็ตามพืชตระกูลกะหล่ำ เช่นคะน้าและบรอกโคลีมียีนที่ทำให้ผสมตัวเองไม่ติด (self-incompatibility) ทำให้มีการผสมข้ามเป็นส่วนใหญ่ (มณีฉัตร, 2545) ซึ่งเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมของพืชตระกูลกะหล่ำ

Self-incompatibility

Self – incompatibility เป็นปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เชื้อสืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียที่มีลักษณะพันธุกรรมเหมือนกัน ทำปฏิกิริยาต่อต้านกันทำให้ไม่สามารถเข้าผสมกันได้ เป็นระบบที่ละอองเกสรซึ่งสมบูรณ์ทุกอย่าง แต่ไม่สามารถเข้าผสมกับไข่ภายในต้นเดียวกันได้ ทั้งนี้รวมไปถึงการผสมระหว่างต้นที่มีพันธุกรรมเหมือนกัน เป็นระบบที่ส่งเสริมให้มีการผสมข้ามได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กฤษฎา, 2551) และเป็นระบบที่มีอยู่ในพืชมากกว่า 20 วงศ์ (Family) กว่า 3,000 ชนิด (species) เช่น พืชในวงศ์ Leguminosae, Onagraceae, Rosaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae, Compositae, Cruciferae, Papaveraceae และ Gramineae โดยลักษณะพันธุกรรมที่ป้องกันการผสมตัวเองไม่ติดแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. กลุ่มที่มีลักษณะความยาวของก้านเกสรเพศผู้และเพศเมียที่แตกต่างกัน (heteromorphic group หรือ heterostyly) โดยพิจารณาจากลักษณะความยาวของก้านเกสรเพศผู้ เมื่อเทียบกับความสูงของยอดเกสรเพศเมียของแต่ละดอก ซึ่งแตกต่างกัน จึงเรียกระบบนี้ว่า heterostyly ซึ่งมีดอกอยู่ 2 รูปแบบ แบบที่หนึ่งก้านเกสรเพศเมียยาวและก้านเกสรเพศผู้สั้น (pin) แบบที่สองก้านเกสรเพศเมียสั้นและก้านเกสรเพศผู้ยาว (thrum) ดังแสดงในภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะความยาวของก้านเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย ของดอก *Primula sinensis*

ในระบบ distyly การผสมตัวเองทำให้ติดเมล็ดได้บ้าง แต่การผสมข้ามระหว่าง pin x thrum สามารถเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (Darlington and Mather, 1969)

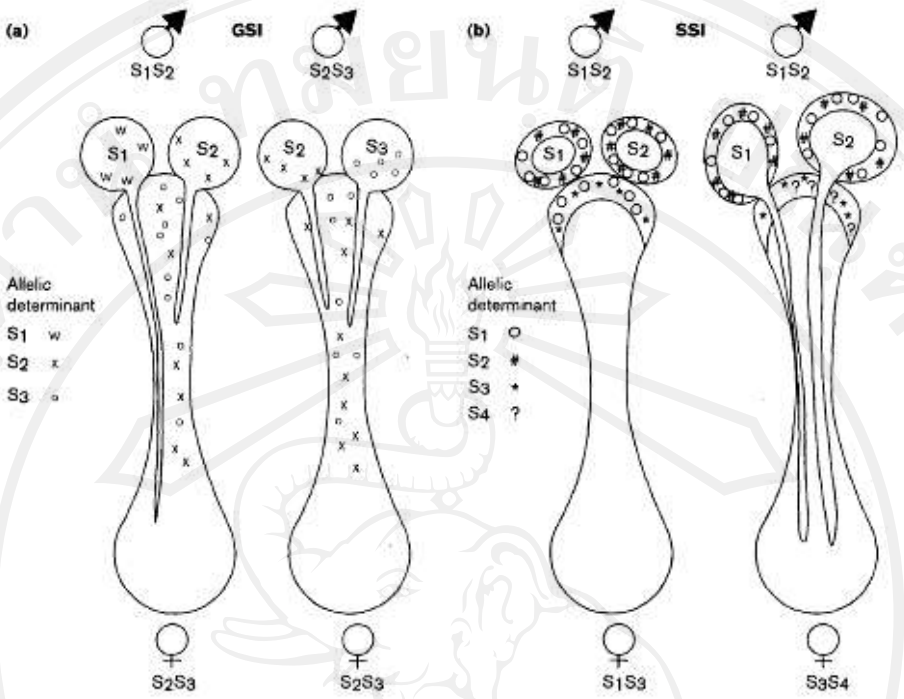
เมื่อผสมตัวเอง pin x pin หรือ thrum x thrum สามารถผสมติดได้บ้าง (illegitimate union) แสดงว่า ระบบการต่อต้านการผสมตัวเองไม่สมบูรณ์ โดยที่ pin x pin ให้ลูกทั้งหมดเป็น pin แต่ thrum x thrum ให้ลูกในอัตราส่วน 3 thrum : 1 pin และเมื่อผสมระหว่าง pin x thrum หรือกลับกันได้ลูก 1 pin : 1 thrum แสดงว่า พันธุกรรมของ pin เป็นลักษณะยีนแฝงคู่แฝด ss และ thrum เป็นลักษณะของยีนคู่ผสม Ss

2. กลุ่มที่มีลักษณะความยาวของก้านเกสรเพศผู้และเพศเมียแบบเดียวกัน (homomorphic group หรือ homostyly) แบ่งออกเป็น 2 ระบบย่อย คือ (กฤษฎา, 2551)

(1.) การผสมตัวเองไม่ติด ที่ควบคุมโดยพันธุกรรมของเชื้อสืบพันธุ์ (gametophytic self-incompatibility)

เป็นระบบที่มียีนของเชื้อสืบพันธุ์จากแต่ละละอองเกสรเป็นอิสระต่อกัน ละอองเกสรที่มีพันธุกรรมเหมือนกับเกสรเพศเมีย ไม่สามารถเข้าผสมกับไข่ได้ ซึ่งเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วย multiple alleles (ภาพที่ 2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2 แสดงพันธุศาสตร์ของการผสมตัวเองไม่ติด (McCormick, 1998)

(a) Gametophytic self-incompatibility (GSI) ใน Solanaceae

(b) Sporophytic self-incompatibility (SSI) ใน Brassicaceae

(2.) การผสมตัวเองไม่ติดที่ควบคุมโดยพันธุกรรมของเซลล์ร่าง (sporophytic self-incompatibility)

เป็นระบบที่ยีนมีลักษณะข่ม ที่ควบคุมด้วยยีนชุด *S*-locus เช่นกัน และมีการศึกษากันอย่างกว้างขวางในพืชวงศ์กะหล่ำ เช่น *Brassica* spp. และ radish (*Raphanus sativus*) ลักษณะการทำงานของยีน อาจมีลักษณะข่มในละอองเกสรและเป็นอิสระที่เกสรเพศเมียหรือมีลักษณะข่มทั้งที่ละอองเกสรและที่เกสรเพศเมีย หรือมีลักษณะข่มไม่สมบูรณ์หรือเสริมซึ่งกันและกันในกรณีข่มสมบูรณ์ในละอองเกสร ลักษณะของละอองเกสรเป็นไปตามลักษณะของยีนข่ม ซึ่งผลิตเอนไซม์เข้าไปอยู่ในไซโตพลาสซึม ก่อนการแบ่งเซลล์แบบลดรูปทางพันธุกรรมเพื่อสร้างละอองเกสร ทำให้ละอองเกสรทุกชนิดแสดงลักษณะเหมือนยีนข่มทั้งหมด ถึงแม้มีพันธุกรรมที่แตกต่างกัน ดังนั้น เมื่อละอองเกสรตกลงบนยอดเกสรเพศเมีย เอนไซม์ภายในไซโตพลาสซึมที่ติดมากับละอองเกสรเข้าทำปฏิกิริยาต่อต้านการเข้าผสมทันที ที่ยอดเกสรเพศเมียที่มีลักษณะพันธุกรรมเหมือนยีนข่ม ทำให้ละอองเกสรทุกชนิดไม่สามารถงอกบนยอดเกสรเพศเมีย ต่างกับระบบต่อต้านการผสมตัวเองเนื่องจากพันธุกรรมของละอองเกสร ที่ยีนแต่ละตัวเริ่มสร้างเอนไซม์ หลังจากละอองเกสรตกลงบน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยอดเกสรเพศเมีย ทำให้ยีนแต่ละตัวภายในแต่ละละอองเกสรเป็นอิสระต่อกัน และเมื่อละอองเกสรงอกหลอดละอองเกสรทะลุผ่านยอดเกสรเพศเมียลงสู่ก้านเกสรเพศเมีย เอนไซม์ที่สร้างขึ้นจึงแสดงลักษณะของยีนของละอองเกสรนั้นๆ ปฏิกิริยาการต่อต้านจึงเกิดขึ้นภายในก้านเกสรเพศเมีย (ภาพที่ 2) ผลของการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุกรรมต่างๆแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การผสมพันธุ์ของพืชเมื่อมียีนป้องกันการผสมตัวเอง ที่ควบคุมโดยพันธุกรรมของเชื้อสืบพันธุ์ (gametophytic) และ พันธุกรรมของเซลล์ร่าง (sporophytic)

ระบบ	พันธุกรรมของคู่ผสม	เชื้อสืบพันธุ์เพศผู้		พันธุกรรมของลูก
		ผสมได้	ผสมไม่ได้	
GAMETOPHYTIC	S_1S_2 x S_1S_2	None	All	None
	S_1S_2 x S_1S_3	S_3	S_1	S_1S_3, S_2S_3
	S_1S_3 x S_1S_2	S_2	S_1	S_1S_2, S_2S_3
	S_1S_2 x S_3S_4	S_3 , S_4	None	S_1S_3, S_2S_3
				S_1S_4, S_2S_4
	S_3S_4 x S_1S_2	S_1 , S_2	None	S_1S_3, S_2S_3
				S_1S_4, S_2S_4
SPOROPHYTIC [1/]	S_1S_2 x S_1S_2	None	All	None
	S_1S_2 x S_2S_3	None	All	None
	S_2S_3 x S_1S_2	S_1 , S_2	None	S_1S_2, S_1S_3
				S_2S_2, S_2S_3
	S_1S_2 x S_3S_4	S_3 , S_4	None	S_1S_3, S_2S_3
				S_1S_4, S_2S_4
	S_3S_4 x S_1S_2	S_1 , S_2	None	S_1S_3, S_2S_3
				S_1S_4, S_2S_4

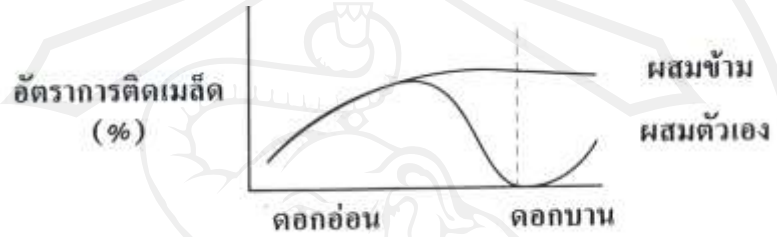
[1/] สมมุติให้ลักษณะข่มในละอองเกสรเป็นไปตามลำดับ $S_1 > S_2 > S_3 ... > S_n$ และไม่มีลักษณะข่มในเกสรเพศเมีย (Briggs and Knowles, 1967)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะการผสมตัวเองไม่ติด (จานุลักษณ์, 2541)

1. อายุดอก

การทำงานของ S-gene เกิดในระยะดอกบาน โดยการติดเมล็ดจากการผสมตัวเองสูงสุดในระยะดอกอ่อนและเท่ากับศูนย์เมื่อดอกบาน ส่วนการผสมข้ามให้จำนวนเมล็ดสูงสุดในระยะดอกบาน และเกสรเพศเมียยังสามารถรับการผสมและติดเมล็ดได้เล็กน้อยหลังดอกบาน 1 วัน (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ลักษณะการติดเมล็ดพันธุ์ในดอกระยะต่างๆ ของพืชตระกูลกะหล่ำ (จานุลักษณ์, 2541)

2. อุณหภูมิ

ถ้าอุณหภูมิสูงในระยะผสมเกสรทำให้ดอกที่ผสมตัวเองสามารถติดเมล็ดได้ เนื่องจากอุณหภูมิรบกวนการสังเคราะห์โปรตีนที่เจาะจงกับ S-gene ของ papilla cell

3. ความชื้น

ความชื้นสูงทำให้ละอองเกสรเพศผู้งอกในปริมาณเพิ่มขึ้น ดังนั้นโอกาสที่เกสรเพศผู้งอกผ่านยอดเกสรเพศเมียจึงมีมากขึ้น

4. สภาวะของก๊าซในบรรยากาศ

การให้คาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ในระยะหลังผสมเกสร 2 ชั่วโมง สามารถลดการผสมตัวเองไม่ติด แต่อัตราการผสมติดเมล็ดยังไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับพันธุกรรม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved