

บทที่ 7

วิธีต่อต้านการติดเชื้อโรคของพืช

(How Plants defend Themselves against Pathogens)

พบเสมอว่าพืชอาศัยชนิดเดียวอาจถูกเชื้อโรคหลายร้อยชนิดลงทำลาย เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส มายโคพลาสมา และไส้เดือนฝอย เป็นต้น โดยทั่วไปพืชสามารถต่อสู้กับเชื้อโรคด้วยตัวเอง ไม่ได้ใช้วิธีการใช้โครงสร้างจากตัวเอง ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องขัดขวางต่อการเข้าทำลายของพืช การชะงักเชื้อโรคจากการเจาะทำลาย ตลอดจนการแพร่กระจายภายในเซลล์พืช หรือด้วยปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในเซลล์ และเนื้อเยื่อของพืช เช่นสร้างสารที่เป็นพิษแล้วขับออกมาชะงักการเจริญของเชื้อโรคพืช

วิธีต่อต้านการติดเชื้อด้วยโครงสร้างพิเศษ (Structural defense)

1. การต่อต้านเกิดขึ้นในตัวพืชเองก่อนที่เชื้อจะเข้าทำลาย (Preexisting Defense Structures) สิ่งแรกที่มีผลต่อการชะงักการเข้าทำลายพืชทางตรงของเชื้อสาเหตุโรคพืช คือบริเวณเซลล์ผิว (epidermal cell) ขี้ผึ้ง และคิวติเคิลเซลล์ (cuticle cell) ที่ปกคลุมบริเวณเซลล์ผิวจะเป็นวิธีกีดขวางการเข้าสู่เซลล์พืชของเชื้อโรค โครงสร้างของผนังเซลล์ของเซลล์ผิว ขนาด ตำแหน่ง และรูปร่างของปากใบ ช่องเปิดหายใจ และการเกิดเนื้อเยื่อที่มีผนังหนา หลังจากเชื้อโรคพืชเข้าไป นับได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญในการต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อโรคพืช

สารประเภทขี้ผึ้งบนใบ และผล ตลอดจนกลุ่มของเซลล์ที่เกิดขึ้นบริเวณผิวพืชที่มีลักษณะหนา จะเป็นตัวขับไล่ น้ำออกจากบริเวณผิวพืช เมื่อสภาพของอากาศชื้น และมีหยดน้ำค้างเกาะอยู่ในช่วงเวลาตอนเช้า ซึ่งจะเป็นการป้องกันการงอกของสปอร์ของเชื้อรา และ การเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชได้เป็นอย่างดี

ความหนาของคิวติเคิลเซลล์ก็มีบทบาทขัดขวางการติดเชื้อของพืชได้โดยตรงพันธุ์พืชที่ต้านทานโรคได้ดี ชั้นเซลล์ผิวมักมีคิวติเคิลเซลล์ปกคลุมได้หนากว่าพันธุ์พืชที่อ่อนแอต่อโรค ขนาดความหนาของชั้นคิวติเคิลเซลล์นี้มิได้เป็นเกณฑ์ที่บอกถึงความต้านทานต่อโรคเสมอไป

ความหนาและหยาบของผนังชั้นนอกของเซลล์ผิวเป็นสิ่งกีดขวางการเข้าสู่เซลล์พืชทางตรงของเชื้อโรคพืชที่อยู่ถัดเข้ามาจากคิวติเคิลเซลล์ ในระดับเดียวกันนี้ก็สามารถพบโครงสร้างอีกชนิดหนึ่ง

ของพืชคือปากใบ พันธุ์พืชที่ต้านทานต่อโรคสูงจะมีขนาดของปากใบแคบกว่าพันธุ์พืชที่อ่อนแอ นอกจากนี้ปากใบยังสามารถต่อต้านการเข้าทำลายพืชของเชื้อรา และแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชบางชนิดด้วยการส่นระยะเวลาในการปิดเปิดปากใบ ในกรณีของโรคราสนิมเหล็กของข้าวสาลี ยูรีโดสเปอร์จะงอกในช่วงที่มีน้ำค้างหนัก แต่พอเวลาสายออกไปปริมาณน้ำค้างเริ่มน้อยและหมดลง ปากใบของพันธุ์ข้าวสาลีที่ต้านทานโรคจะเปิดในช่วงนี้

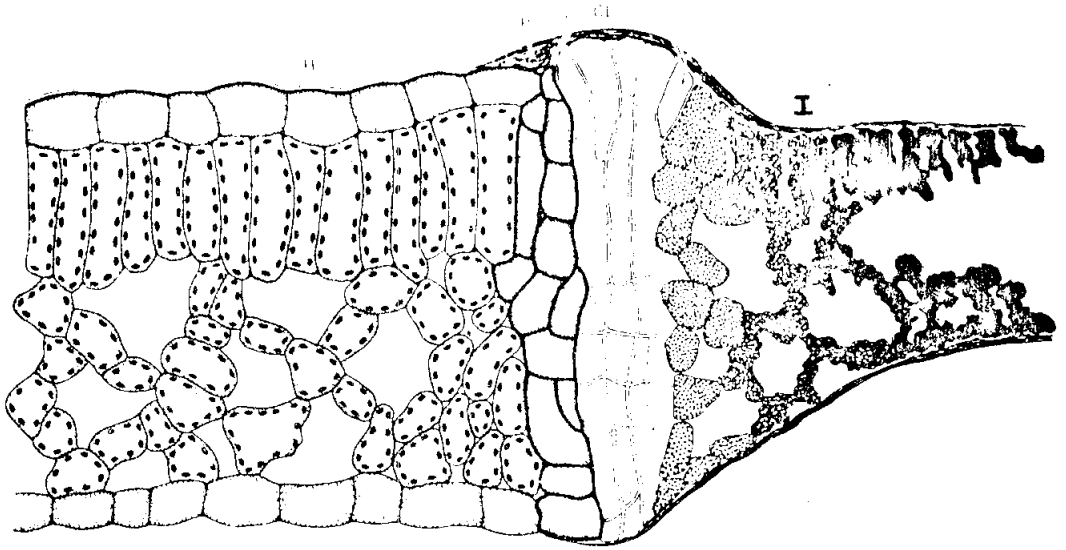
ความหนาและความหยابของเนื้อเยื่อพืชที่ถูกเชื้อเข้าทำลาย สร้างความยากลำบากต่อการกระจายเชื้อ เช่นเดียวกับกลุ่มท่อน้ำท่ออาหาร ตลอดทั้งการมีสเคอเรนชามา (Sclerenchyma) เซลล์ของก้านใบจะมีผลกั้นการแพร่กระจายของรา แบคทีเรียมายโคพลาสมา ไวรัสและไส้เดือนฝอย จึงมักทำให้เกิดอาการประเภทไม่แน่นอนขึ้นมา เช่นโรคใบจุดเหลี่ยมของฝ้ายที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas malvacearum* เป็นต้น

2. โครงสร้างที่ต่อต้านหลังเชื้อเข้าทำลาย (Defense Structures formed in response to Infection by The pathogen)

ถึงแม้ว่าเชื้อโรคพืชจะถูกกีดกันด้วยโครงสร้างพิเศษของพืชทั้งภายในและภายนอกแล้วก็ตาม เชื้อโรคบางชนิดยังพยายามหาวิธีเอาชนะส่วนที่เป็นปัญหาและอุปสรรคในการทำให้พืชติดเชื่อนั้นได้ แต่พืชก็ไม่ละความพยายามที่จะต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อโรคอยู่ดี ด้วยการเปลี่ยนแปลงการสร้างเนื้อเยื่อของเซลล์ (Histological defense) โครงสร้างของผนังเซลล์ (Cytological defense) ขยายโทพลาสซึม (Cytoplasmic defense) และหยุดกิจกรรมของเซลล์ในทันที (Hypersensitivity defense)- เพื่อต้อนรับการบุกรุกของเชื้อโรคพืช

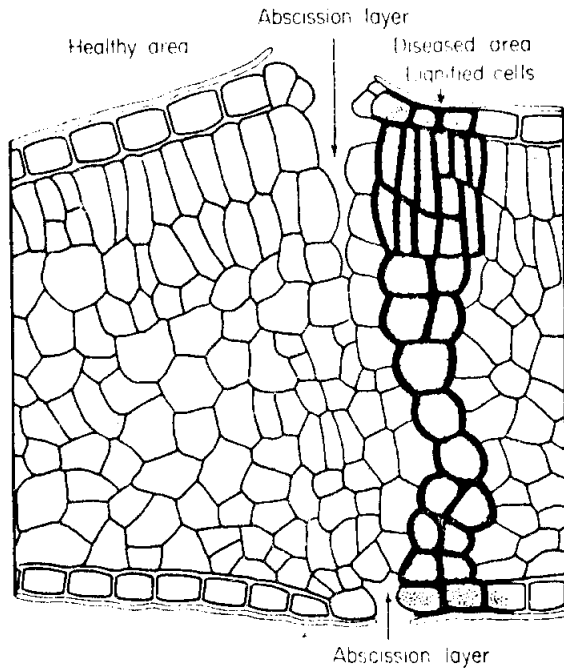
2.1 การสร้างเนื้อเยื่อ (Histological defense Structure) เนื้อเยื่อและเซลล์บางประเภทสามารถสกัดกั้นการเข้าทำลาย และการแพร่กระจายของเชื้อโรครวมในต้นพืชได้ ซึ่งเนื้อเยื่อและเซลล์ชนิดนั้นประกอบด้วย

2.1.1 เนื้อเยื่อคอร์ค (Formation of Cork Layer) ในขณะที่พืชถูกเชื้อรา แบคทีเรีย ไส้เดือนฝอยและไวรัสลงทำลาย ภายใต้จุดการทำลายของเชื้อโรคพืชดังกล่าว พืชจะมีการตอบสนองจากการปล่อยสารเคมีของเชื้อโรคพืชทำให้เกิดการสร้างชั้นของคอร์คเซลล์ขึ้นมา โดยชั้นของคอร์คเซลล์จะทำหน้าที่ป้องกันการบุกรุกคืบหน้าของเชื้อสาเหตุของโรค ป้องกันการซึมแพร่ของสารพิษ และตัดทวงลำเลียงอาหารจากส่วนของเนื้อเยื่อปกติส่วนของเนื้อเยื่อที่เป็นโรค ยังผลให้เชื้อโรคพืชขาดอาหารที่สมบูรณ์ เนื้อเยื่อที่เป็นโรคก็จะหยุดลุกลาม พร้อมกับถูกเนื้อเยื่อปกติเจริญงอกขึ้นมา ส่วนของเนื้อเยื่อที่เป็นโรคหลุดออกไป (ภาพที่ 7-1)



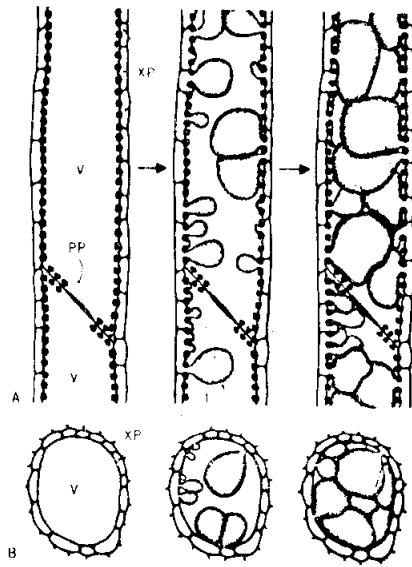
ภาพที่ 7-1 การสร้างชั้นคอร์คเซลล์ระหว่างพื้นที่ที่เป็นโรคและพื้นที่ปรกติบนใบพืช CL = cork layer, H = healthy leaf area, I = infected, P = phellogen
(ที่มา : Agrios, G.N. 1978 p.74)

2.1.2 เนื้อเยื่อแอบซิสชัน (Formation of Abcission Layer) ชั้นแอบซิสชันมักถูกสร้างขึ้นบนพืชประเภทที่มีเมล็ดแข็ง (stone fruit) ที่มีเชื้อรา แบคทีเรีย หรือไวรัสลงทำลาย ขอบเขตของเนื้อเยื่อนี้ประกอบไปด้วยความแตกต่างระหว่างส่วนของชั้นเซลล์สองส่วนที่เกิดขึ้นรอบ ๆ พื้นที่ ๆ มีการติดเชื่อเหนื่อจุดติดเชื่อ ส่วนของสารเชื่อมเซลล์ที่อยู่ระหว่างเนื้อเยื่อทั้งสองนี้จะละลายหลอมตัวให้เกิดหน้าขึ้น เพื่อตัดจุดศูนย์กลางของพื้นที่ ๆ ถูกทำลายออกไป (ภาพที่ 7-2) และพื้นที่ข้างต้นจะค่อย ๆ เหี่ยวและตายร่วงหลุดออกจากส่วนปรกติ เป็นการป้องกันการติดเชื่อให้กับเนื้อเยื่อปรกติอย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 7-2 การสร้างชั้นแอบซิสชั้นรอบ ๆ พื้นที่การเกิดโรคของใบต้นพ룬 (Prunus)
 (ที่มา : Agrios, G.N. 1978 p.76)

2.1.3 การสร้างเซลล์พวกทายโลส (Formation of Tylose) ทายโลสจะสร้างขึ้นใน ส่วนของชายเล็ม เวสเซล (xylem vessel) ที่อาจเกิดได้ในระหว่างที่พืชมีอาการผิดปกติ โดยเฉพาะ เกิดการเข้าทำลายของเชื้อโรคชนิด vascular pathogen ทายโลสนี้เกิดจากการเจริญเติบโต มากกว่าปกติของโปรโตพลาสซึมของเซลล์ที่อยู่ข้างเคียงเซลล์พวเรนชายมาของชายเล็มที่เจริญเข้าไป ในชายเล็มเวสเซล ทายโลสจะมีผนังเซลล์เป็นสารประเภทเซลลูโลส เมื่อมีปริมาณมากจะปิดกั้นวส เซลล์ให้เกิดผลไม่สะดวกต่อการลำเลียงน้ำของพืช ทำให้พืชแสดงอาการเหี่ยวขึ้นได้ พืชบางชนิดเมื่อ บริเวณรากเริ่มติดเชื้อในส่วนของชายเล็มเวสเซลนี้ จะมีการสร้างเซลล์ของทายโลสขึ้นสกัดกั้นการ แพร่ระบาดของเชื้อในทันที ในพืชบางชนิดถ้ามีการสร้างทายโลสเซลล์ขึ้นในปริมาณมากแทนที่จะเกิด ผลดีต่อพืชกลับทำให้พืชอ่อนแอต่อโรคก็มี



ภาพที่ 7-3 แสดงการเกิดเซลล์ของท่ายโลสในชายเล็ม เวสเซลล์

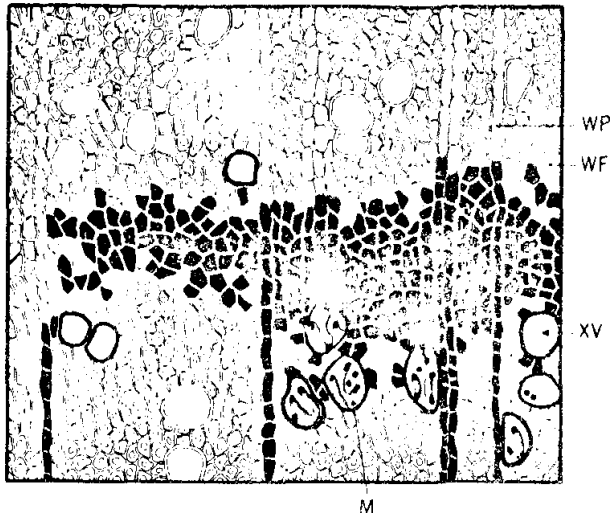
A ภาพตัดตามยาว B ภาพตัดตามขวาง

PP = perforation plate, V = Xylem vessel,

XP = Xylem parenchyma cell, T = Tylosis

(ที่มา : Agrios, G.N. 1978 p.76)

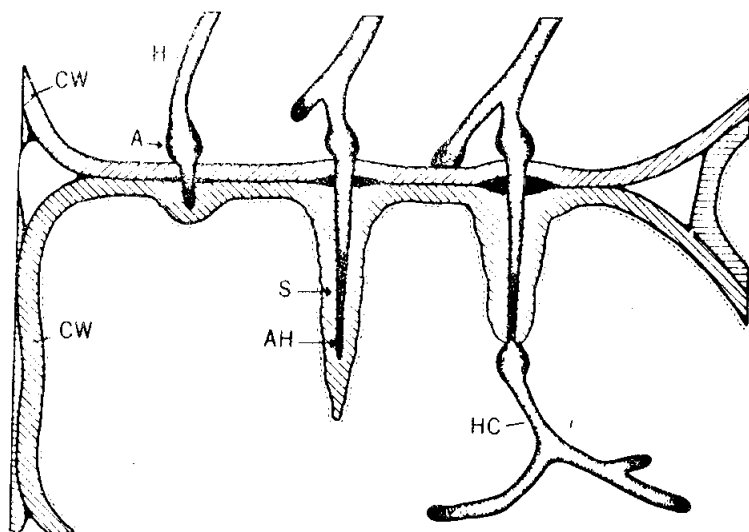
2.1.4 การปลดปล่อยสารเมือก (Deposition Gum) สารเมือกเหนียวหลายชนิดที่มีพืชสามารถสร้างขึ้นมาล้อมรอบพื้นที่ ๆ ติดเชื้อพบเสมอกับพันธุ์พืชที่มีผลแข็ง และพบได้บ้างกับพืชพันธุ์อื่น ๆ การต่อต้านเชื้อโรคของพืชด้วยการปล่อยสารเมือกเหนียวข้างต้นนี้จะถูกปล่อยออกมาอย่างรวดเร็วในส่วนช่องว่างระหว่างเซลล์ล้อมรอบพื้นที่ ๆ ติดเชื้อ ซึ่งจะล้อมรอบเชื้อทำให้ไม่สามารถเจาะผ่านสิ่งกีดขวางนี้ได้ เชื้อโรคพืชก็จะตายเนื่องจากขาดอาหารส่งเสริม (ภาพที่ 7-4)



ภาพที่ 7-4 แสดงการปล่อยสารเมือกเหนียว (gum) ของกิ่งแอปเปิลที่เกิดจากการติดเชื้อ *Physalospora cydoniae* M = mycelium in vessel, XV = xylem vessel, WF = wood fiber, WP = wood parenchyma

(ที่มา : Agrios, G.N. 1978 p.77)

2.2 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ (Cellular defense Structure) การต่อต้านในระดับเซลล์ของพืชเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของผนังเซลล์ในส่วนของเซลล์ที่ถูกบุกรุกเข้าทำลาย ประสิทธิภาพของความต่อต้านทำลายด้วยวิธีนี้อาจจะถูกจำกัด อย่างไรก็ตามพืชที่สร้างได้จากเชื้อราสาเหตุโรคพืชที่เข้าทำลายพืช แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์ได้ 2 วิธีคือ การพองบวมบริเวณผนังเซลล์และได้เซลล์ผิวของพืชอันเกิดขึ้นในขณะที่เชื้อราเจาะทะลุผ่านโดยตรง ซึ่งอาจจะมีผลชะงักการเจาะทะลุผ่านเซลล์ของพืชอาศัยพร้อมกับเป็นการจําแนกจุดทำลายของเชื้อราให้เห็นอย่างเด่นชัด อีกวิธีโดยการที่ผนังเซลล์ผิวของพืชยืดยาวออกตามหุ้มส่วนของเส้นใยที่กำลังบุกรุกเพื่อทำลายเซลล์ (ภาพที่ 7-5)



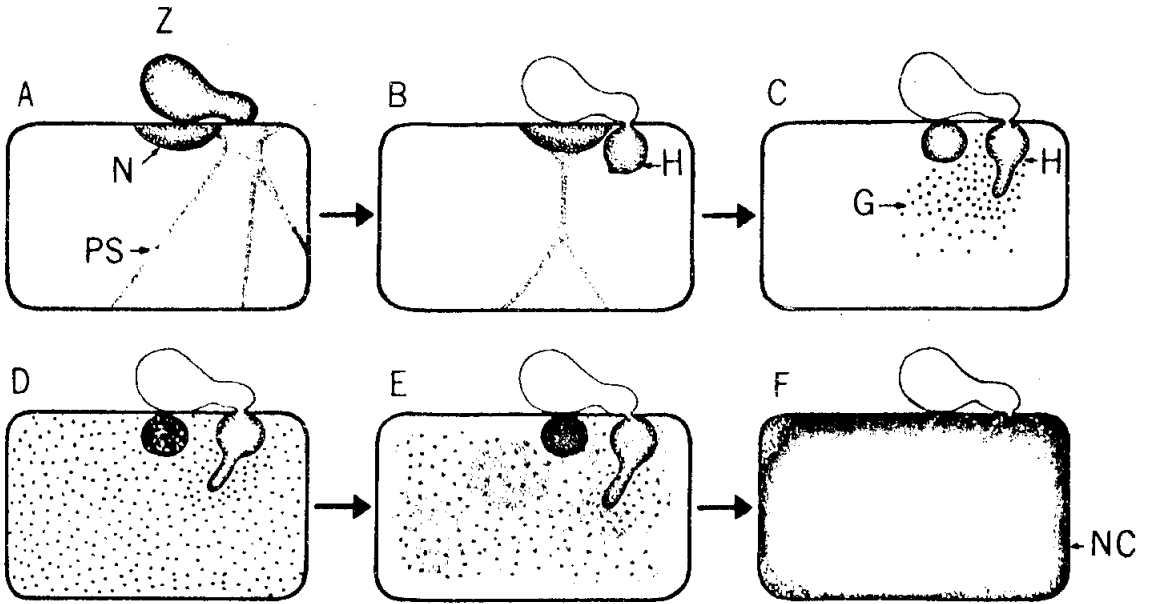
ภาพที่ 7-5 การสร้างสิ่งห่อหุ้ม (sheath) เส้นใยของเชื้อราจากผนังเซลล์ของพืช CW = cell wall, H = Hypha, A = Appressorium, AH = Advancing hypha still enclosed in sheath, HC = hypha in cytoplasm, S = sheath

(ที่มา : Agrios, G.N. 1978 p.78)

2.3 การปรับตัวของสารชาวยโตพลาสซึม (Cytoplasmic defense Structure) เชื้อราสาเหตุของโรคพืชอย่างอ่อนที่มักทำให้เกิดโรคพืชประเภทเรื้อรัง มักจะสร้างกลุ่มของเส้นใยเจริญอยู่ภายในส่วนของชาวยโตพลาสซึมของเซลล์ และทำให้ส่วนของนิวเคลียสยียดยาวออก แล้วเกิดการแตกสลายแยกออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ มีผลให้คุณสมบัติและหน้าที่ของเซลล์เปลี่ยนไปในแนวผิดปกติ สำหรับเซลล์พืชบางเซลล์ปฏิกิริยาของสารภายในสามารถเอาชนะการสลายตัวของโปรโตพลาสซึม จากการทำลายของเชื้อราด้วยวิธีการปรับตัวของสารภายในนิวเคลียส และชาวยโตพลาสซึมให้มีความหนาแน่น และขยายใหญ่ขึ้น โดยส่วนของชาวยโตพลาสซึมจะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ ควบแน่น เชื้อราจึงไม่สามารถทำลายให้แตกสลาย และในทำนองเดียวกันก็ไม่สามารถบุกรุกคืบหน้าได้ เส้นใยที่อยู่ภายในเซลล์ดังกล่าวจะถูกตรึงให้อยู่ในสภาพขาดแคลนอาหาร และตายไปในที่สุด

2.4 การตายของเซลล์อย่างรวดเร็ว (Necrotic defense, Hypersensitivity) ปรากฏการณ์การต่อต้านเชื้อโรคของพืชแบบนี้เกิดขึ้นในทันทีกับพืชบางชนิดที่มีความไวในการตอบสนองต่อสิ่งรบกวน โดยเกิดในพื้นที่ ๆ เริ่มติดเชื้อ ขณะที่เชื้อโรคเริ่มสัมผัส และมีปฏิกิริยาเข้าทำลายให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของต้นพืชเสียหาย ระหว่างที่เชื้อได้สัมผัสกับส่วนของโปรโตพลาสซึม นิวเคลียสของเซลล์

พืชจะเคลื่อนที่เข้าหาส่วนที่เป็นเชื้อสาเหตุ และเกิดการแตกสลายในระยะต่อมา บริเวณรอบ ๆ จึงเกิดเป็นสีน้ำตาลแสดงลักษณะอาการตาย ขยายวงรอบอย่างรวดเร็วจนทั่วตลอดทั้งเซลล์ ปฏิกริยาต่อต้านดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพสูงในการชะงักการบุกรุกของเชื้อโรคที่เป็นชนิดปรสิตถาวร ไม่ว่าจะเป็นเชื้อรา ไวรัส หรือไส้เดือนฝอยก็ตาม (ภาพที่ 7-6)



ภาพที่ 7-6 ขั้นตอนเกิดการต่อต้านแบบการตายของเซลล์อย่างรวดเร็ว จากพันธุ์มันฝรั่งที่ต้านทานต่อเชื้อ *Phytophthora infestans* N = nucleus PS = protoplasmic strands, Z = zoospore, H = hypha, G = granular material NC = necrotic cell

การต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อโรคพืชด้วยวิธีทางชีวเคมี (Biochemical defense)

ถึงแม้ว่าพืชจะมีอำนาจต้านทานการเข้าทำลายจากเชื้อโรคพืชด้วยสิ่งต่อต้านทางรูปร่างของโครงสร้างในหลาย ๆ จุดแล้วก็ตาม แต่ก็ยังไม่พอเพียงที่จะหยุดยั้งความพยายามที่จะเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืชได้สำเร็จ พันธุ์พืชหลายชนิดสามารถแสดงออกถึงอำนาจความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชได้อย่างดีทั้ง ๆ ที่ไม่พบโครงสร้างพิเศษใด ๆ กีดขวางการเข้าทำลายของเชื้อโรค สิ่งที่เป็นปัจจัยควบคุมปรากฏการณ์ดังกล่าวคือ สารเคมีที่อยู่ในต้นพืช ซึ่งอาจเกิดก่อนที่เชื้อโรคพืชจะเข้าทำลาย และเกิดขึ้นหลังจากเชื้อโรคพืชได้เข้าทำลายแล้ว

1. การต่อต้านเชื้อโรคพืชด้วยสารเคมีภายในต้นพืชก่อนการติดเชื้อ (Preexisting Biochemical defense) การต่อต้านเชื้อโรคพืชด้วยสารเคมีที่มีอยู่แล้วภายในต้นพืชนั้น เป็นคุณสมบัติพิเศษของพืชแต่ละชนิด ซึ่งจะต้องถูกควบคุมด้วยลักษณะทางพันธุกรรมของพืชเองเป็นประการสำคัญ สารเคมีที่มีบทบาทต่อต้านชะงักหรือทำลายเชื้อโรคพืชดังกล่าวนั้น พืชอาจจะขับออกมาจากต้นพืชทางรากและใบ หรืออาจจะอยู่ภายในลำต้น ราก ใบ ดอก ผล หรืออาจจะอยู่ในลักษณะที่พืชชนิดนั้นมีหรือไม่มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรคพืชก็ได้

1.1 การปลดปล่อยสารชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อโรคพืชสู่ภายนอก (Inhibitors released by the plant in its environment) สารชะงัก (inhibitors) บางชนิดที่พืชปล่อยออกมาไม่ว่าจะเป็นทางรากหรือทางใบพืชก็ตาม มักมีคุณสมบัติเป็นสารพิษที่มีบทบาทต่อการทำลาย หรือชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุของโรคได้ สารพิษที่พืชดาวเรือง (*Tangates minuta*) ขับออกนอกลำต้นทางรากจะเป็นสารประเภทซายาไนด์ที่มีปฏิกิริยาในการฆ่าทำลายไส้เดือนฝอยรากปมได้อย่างสมบูรณ์ พันธุ์หอมแดงสามารถขับสารพิษให้ซึมออกมาตามใบเกล็ด (scale) เพื่อป้องกันการงอกของคอนนิตีเยของเชื้อราโรคมัจฉัจ (smudge) ได้ดีกว่าพันธุ์หอมสีขาว

1.2 การมีสารชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อโรคพืชก่อนการติดเชื้อ (Inhibitors Present in plant cell before infection) พันธุ์มันฝรั่งที่ต้านทานการเข้าทำลายทางเลนติเซลของโรคสะเกบที่มี *Streptomyces scabies* เป็นสาเหตุนั้น จะมีสารชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อโรคอยู่ในรูปของสารประเภทฟีนอล (phenolic compound) คือ คลอโรจีนิก (Chlorogenic) มากกว่าพันธุ์ที่อ่อนแอ และในทำนองเดียวกัน มันฝรั่งพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวที่มีเชื้อรา *Verticillium* เป็นสาเหตุบริเวณรากจะมีสารคลอโรจีนิกในอัตราความเข้มข้นที่สูงกว่าพันธุ์ที่อ่อนแอ สำหรับพันธุ์ที่อ่อนแอเชื้อโรคสาเหตุดังกล่าวไม่สามารถเข้าทำลายมันฝรั่งให้เสียหายได้ เนื่องจากบริเวณรากมีความเข้มข้นของสารคลอโรจีนิกสูง และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น

1.3 การขาดธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรคพืช (Defense through deficiency in nutrients essential for the pathogen) ความต้านทานโรคของพืชอีกวิธีหนึ่งที่ตรวจพบคือ ขาดการสร้างธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุ มักพบกับเชื้อโรคนิโดพริสตีตารว กิ่งปรสิตตารวและปรสิตชั่วคราว เช่น เชื้อรา *Rhizoctonia* จะสร้างกลุ่มของเส้นใยที่เรียกว่า 'hyphal cushion' สำเร็จ ถ้าหากพืชสามารถสร้างธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราขึ้นมา โครงสร้างของเส้นใยดังกล่าวมีความสำคัญในด้านการแทงทะลุผ่านเซลล์พืช และก่อให้เกิดการติดเชื้อโรคพืช พืชที่ขาดคุณสมบัติดังกล่าว เชื้อราจึงไม่สามารถทำให้พืชอยู่ในสภาพติดเชื้อได้ และในทำนองเดียวกันถ้าปลูกเชื้อ *Venturia inequalis* ที่ผ่าเหล่าลงบนพืชโดยไม่

เดิมสารเร่งการเจริญเติบโตบางชนิดลงไป เชื้อราจะไม่สามารถเข้าทำลายส่วนใบของแอปเปิ้ลให้ เกิดอาการของโรคให้เห็นได้เลย

2. การต่อต้านเชื้อโรคพืชด้วยสารเคมีหลังการติดเชื้อ (Biochemical defense induced by the attacking pathogen) ความต้านทานของพืชที่เกิดจากปฏิกิริยาการตอบสนองต่อสภาพการติด เชื้อ การทำอันตรายที่ก่อให้เกิดบาดแผลทั้งด้วยวิธีกล และด้วยสารเคมี เกิดได้จากการสร้างสารเคมี บางชนิดขึ้นปิดล้อมบริเวณพื้นที่รอบ ๆ ที่ถูกทำให้เสียหาย ซึ่งจะมีสภาพเหมือนกับการสร้างแคลลัส และคอร์คเซลล์ เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคเข้าสู่ภายในต้นพืช สารเคมีที่พืชสังเคราะห์ ได้นี้ เมื่อถึงระดับความเข้มข้นหนึ่งจะสามารถชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อโรคได้สำเร็จ สารเคมีดังกล่าวได้แก่ สารประกอบฟีนอล เช่น คลอโรจีนิก และคาเฟอิก (caffeic) รวมถึงสารประกอบฟีนอลกลุ่มที่มีรูปเป็นออกซิเดชันด้วย คือสารฟายโตอะเล็กซิน (Phytoalexin)

สารประกอบฟีนอลดังกล่าวมีพบได้กับพืชปกติทั่วไป แต่อยู่ในอัตราความเข้มข้นที่จำกัด สารชนิดนี้เพิ่มขึ้นได้ถ้าพืชอยู่ในสภาพติดเชื้อ อาจเรียกสารประกอบฟีนอลชนิดนี้ว่า “สารประกอบฟีนอลสามัญ” (common phenolic compound) ยังมีสารประกอบฟีนอลอีกประเภทหนึ่งที่ไม่สามารถพบในพืชปกติ และมีพบได้เฉพาะในพืชที่ติดเชื้อหรือถูกทำลายให้เสียหาย ด้วยวิธีกลหรือ สารเคมีเท่านั้น เรียกสารชนิดนี้ว่า ฟายโตอะเล็กซิน

สารประกอบฟีนอลสามัญ เป็นสารทางชีวเคมีที่พบเสมอ ในพืชพันธุ์ต้านทานโรคและ สะสมได้รวดเร็ว มีความเข้มข้นสูงกว่าพันธุ์พืชที่อ่อนแอ ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก คาเฟอิก และสารสโคโปเลติน (scopoletin) ถึงแม้ว่าสารชนิดนี้จะสะสมไม่ถึงความเข้มข้นที่จะยับยั้งเชื้อโรคพืชให้ชะงักการ เจริญเติบโตได้ก็ตาม สารประกอบฟีนอลสามัญพวกนี้ยังมีคุณสมบัติรวมตัวกับสารประกอบฟีนอล ชนิดอื่น ๆ ได้ดี ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้ง ต่อต้านเชื้อสาเหตุของโรคพืชอื่น ๆ อยู่ในสภาพ ให้ผลดีเยี่ยม

ฟายโตอะเล็กซิน ก็เป็นสารฟีนอลอีกชนิดหนึ่งที่อยู่ในรูปของ ออกซิเดทีฟ นับได้ว่าเป็น สารพิษที่ต่อต้านเชื้อรา โดยทั่วไปไม่พบในพืชปกติ มีพบได้เฉพาะพืชที่ติดเชื้อ และถูกทำลายให้ เสียหายด้วยวิธีกลและสารเคมีเท่านั้น การกระตุ้นให้พืชสร้างสารฟายโตอะเล็กซินได้ดีเกิดขึ้นกับ เชื้อราที่ไม่ใช่สาเหตุของโรค แต่ถ้าเป็นเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคสารชนิดนี้จะเกิดขึ้นในอัตราความ เข้มข้นที่ต่ำ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อปลูกเชื้อรา *Ascochyta pisi* ลงบนฝักถั่วต่างพันธุ์กัน อัตราความเข้มข้นของสารพิสาดิน (pisatin) ที่เกิดขึ้นมีความผันแปรตามอำนาจต้านทานโรค และเมื่อนำถั่วพันธุ์ที่ อ่อนแอต่อเชื้อรา *Ascochyta pisi* ไปปลูกด้วยเชื้อราสายพันธุ์อื่นที่มีประสิทธิภาพต่อการทำให้เกิดโรค

ได้น้อย ความเข้มข้นของสารพิษาดินที่ตรวจพบจะสูงกว่าที่ปลูกเชื้อรา *Ascochyta pisi*

มีเชื้อราอยู่หลายชนิดที่นอกจากกระตุ้นให้เนื้อเยื่อพืชสร้างสารฟายโตอะเล็กซินเกิดขึ้นได้แล้ว ยังปล่อยเอนไซม์เข้าไปเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลเชิงซ้อน ในเนื้อเยื่อพืชให้อยู่ในรูปสามัญ และเป็นอันตรายต่อเชื้อโรคโดยตรง เอนไซม์ลักษณะใกล้เคียงกันนี้ยังอาจตรวจพบได้ในเนื้อเยื่อของพันธุ์พืชที่ต้านทานต่อโรค โดยมีอัตราความเข้มข้นสูงกว่าพันธุ์พืชที่อ่อนแอ ได้แก่ สารโพลีฟีนอล ออกซิเดส (polyphenol oxidase) บทบาทของสารโพลีฟีนอล ออกซิเดสต่อสารประกอบฟีนอลเชิงซ้อนเกิดขึ้นได้ด้วยการ ออกซิโดสสารฟีนอลให้อยู่ในรูปของสารควิโนน ที่มีฤทธิ์ทำอันตรายต่อเชื้อโรคพืชได้สูงกว่าสารฟีนอลโดยตรง

สำหรับปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นเพื่อต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อโรคบนพืช อาจเกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

2.1 เปลี่ยนแปลงการสร้างโปรตีนและเอนไซม์ (Defense through Induced Synthesis of Protein and Enzyme) เชื้อโรคที่เข้าทำลายพืชบางชนิดจะถูกต่อต้านได้ด้วย แรงกระตุ้นจากการทำลายให้ พืชเปลี่ยนแปลงการสร้างสารโปรตีนที่มีคุณสมบัติเป็นเอนไซม์ และไม่เป็นเอนไซม์ ขึ้นรอบ ๆ พื้นที่ ๆ ติดเชื้อแบบเฉพาะแห่ง จึงจัดได้ว่าเป็นการกระตุ้นให้พืชเกิดภูมิต้านทานต่อเชื้อโรค ภูมิต้านทานที่เกิดขึ้นในพืชแต่ละชนิดจะทำให้พืชสามารถทนทานต่อโรคในระดับที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ความต้านทาน และภูมิต้านทานของพืชต่อเชื้อโรค อาจขึ้นอยู่กับความเร็ว และความยาวนานของการสังเคราะห์โปรตีนที่เปลี่ยนแปลง อันเกิดจากผลการกระตุ้นจากเชื้อสาเหตุ การต่อต้านแบบนี้ของพืชสามารถทำให้พืชสร้างสารฟายโตอะเล็กซินที่เป็นประโยชน์ต่อการยับยั้งเชื้อโรคอีกด้วย

2.2 การสร้างสารเคมีขึ้นต้านระบบเอนไซม์ของเชื้อโรคพืช (Defense through Formation of Substrates Resting the Enzymes of Plant Pathogen) คุณสมบัติของพันธุ์พืชที่ต้านทานโรค ได้อีกประการหนึ่งคือ การที่พืชมีสารต่อต้านการทำให้เซลล์พืชแตกตัวจากเอนไซม์ของเชื้อโรคที่บุกรุกเข้าไปในเซลล์ สารประกอบชนิดนี้นักคิดเป็นสารประกอบประเภทเชิงซ้อนระหว่างเพคติน โปรตีน และการจับกลุ่มของอนุภาคประจุลบ เช่นสารแคลเซียม หรือแมกเนเซียม การสะสมและการรวมตัวของสารประจุลบใกล้บริเวณจุดติดเชืวยังผลให้เกิดการสร้างเกลือของเพคติก หรือสารประกอบเชิงซ้อนอื่น ๆ ที่ต้านทานต่อการทำลายจากเอนไซม์ของเชื้อ และจะป้องกันการแตกตัวของเนื้อเยื่อพืช พร้อมกับบังคับให้เชื้อเจริญอยู่ได้บนพื้นที่จำกัด

2.3 ลดกิจกรรมจากเอนไซม์ของเชื้อโรคพืช (Defense through Inactivation of Pathogen Enzymes) สารประกอบฟีนอล และรูปต่าง ๆ สามารถสร้างอำนาจต้านทานโรคแก่พืชได้ด้วย การลดกิจกรรมจากเอนไซม์ของเชื้อโรค ในพันธุ์พืชที่ต้านทานโรคได้ดีพบว่ามีสารประกอบฟีนอลอยู่หลายชนิด (polyphenol) ที่สามารถยับยั้งการทำงานของ เพคตินอลายติกเอนไซม์ (pectinolytic enzyme) ซึ่งเป็นเอนไซม์ทำให้สารเพคตินแตกตัว

2.4 การทำลายสารพิษของเชื้อโรคพืชให้เป็นกลาง (Defense through Detoxification of Pathogen Toxins) พืชพันธุ์ต้านทานโรคมักมีคุณสมบัติอีกประการหนึ่งคือ การผลิตสารเคมีขึ้นมาทำปฏิกิริยากับสารพิษของเชื้อโรคแล้วให้สภาพที่เป็นพิษนั้นกลายเป็นกลาง สารพิษที่เชื้อโรคพืชสร้างขึ้นมาได้แก่ กรดฟิวซาริก (fusaric acid) และพายริคูลาริน (pyricularin) เป็นต้น พืชพันธุ์ต้านทานโรค และพันธุ์ที่ไม่ได้เป็นพืชอาศัยของเชื้อรา **Helminthosporium Periconia** และ **Alternaria** จะไม่มีผลต่อสารพิษเฉพาะของเชื้อ (specific toxin) นอกจากพืชพันธุ์ที่อ่อนแอเท่านั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าพันธุ์พืชที่อ่อนแอมีพื้นที่เฉพาะให้สารพิษชนิดดังกล่าวเกาะสัมผัส แต่พืชพันธุ์ต้านทานโรค และพืชที่ไม่ได้เป็นพืชอาศัยไม่มีคุณสมบัติเช่นนั้น

2.5 การเปลี่ยนแปลงระบบหายใจ (Defense through Alter Respiration) สภาพการติดเชื้อของเซลล์พืชในพันธุ์ที่ต้านทานโรคจะมีการเพิ่มอัตราการหายใจอย่างรวดเร็ว และค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไปสองสามวัน ลักษณะดังกล่าวไม่พบในพืชพันธุ์อ่อนแอ การเพิ่มอัตราการหายใจอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของพืชพันธุ์ต้านทานข้างต้น มีผลทำให้ระบบหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเซลล์เกี่ยวกับขบวนการสร้างต้องเพิ่มมากขึ้น ทำให้พืชมีโอกาสสะสมสารยับยั้งต่อสู้กับเชื้อโรคพืช จึงเป็นวิธีสร้างภูมิต้านทานอีกประการหนึ่ง

2.6 การเปลี่ยนแนวทางการสังเคราะห์สารทางชีวเคมี (Defense through Altered Biosynthetic Pathways) การที่พืชเกิดบาดแผลหรืออยู่ในสภาพติดเชื้อ จะก่อให้เกิดแรงเครียดทางกายภาพบนพืช ในระหว่างที่การหายใจเร็วขึ้น และเอนไซม์หลายชนิดถูกเร่ง ย่อมก่อให้เกิดการสร้างโปรตีน และเอนไซม์ชนิดใหม่สะสมขึ้นภายในเซลล์ และโปรตีนกับเอนไซม์ชนิดใหม่นี้ถ้ามีขึ้นถึงระดับความเข้มข้นหนึ่ง สามารถเป็นอันตรายต่อเชื้อโรค สภาพการติดเชื้อโรคตลอดจนการเกิดแผลบนพืช เป็นสาเหตุให้ระยะทางเดินของกลายโคลายติก (glycolytic pathway) เลื่อนไปในทางเดินของเพนโตส (pentose pathway) ซึ่งจะเป็นการสร้างสารที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล