บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลิ้นจี่เป็นไม้ยืนต้นอยู่ในตระกูล Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Litchi chinensis* Sonn. เป็นพืชในสกุลเดียวกับ เงาะ ลำไย และคอแลน ลิ้นจี่มีชื่อสามัญเรียกกันหลายอย่าง ได้แก่ litchi , lichee , laichi , leechee และ lychee มีชื่อท้องถิ่นต่าง ๆ กัน โดย ชาวอินเดียเรียกว่า ลิทจี ชาวเขมรเรียกว่า ตะเสรเมือน ซึ่งแปลว่าลูกหงอนไก่ ส่วนคนไทยในแถบตะวันออก เช่น ตราด จันทบุรี และระยองเรียกว่า สีรามัญ (เกศิณี, 2528 ; วิจิตร, 2526 ; สุเมธ , 2537 ; ศรีมูล, 2529 ; Subhadrabandhu, 1990) จัดเป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อน และเป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ ความสูงของพื้นที่ที่เหมาะสำหรับการปลูกลิ้นจี่แตกต่างกันคือ สามารถปลูกได้ในที่ต่ำกว่า 3 - 6 ฟุต เหนือระดับน้ำทะเล ไปจนถึงที่ที่มีความสูง 1,000 - 3,000 ฟุต เหนือระดับน้ำทะเล (Menzel, 1983 ; Campbell and Knight, 1990) ลิ้นจี่มีการเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 5.5 - 6.5 สามารถปลูกได้ดีตั้งแต่สภาพดินเหนียวถึงดินร่วนปนทราย มีการเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินที่มีอินทรียวัตถุ และมีความชื้นในดินค่อนข้างสูง ควรได้รับปริมาณน้ำฝน 40 - 60 นิ้วต่อปี (1,000 - 1,500 มิลลิเมตรต่อปี) (Campbell and Knight, 1990 ; Subhadrabandhu, 1990)

1. ชีววิทยาของลิ้นจี่

1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เกียรติเกษตรและคณะ (2530) ; เกศิณี (2528) ; สุเมธ (2537) ; Subhadrabandhu (1990) ได้กล่าวถึงลักษณะสัณฐานวิทยาของลิ้นจี่ไว้ดังนี้

นิสัยการเจริญเติบโต ไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ทรงต้นสูง 10 - 12 เมตร แตกกิ่งก้านสาขาใกล้กับโคนต้น ทรงพุ่มกลมและแน่น

ลำต้น ลำต้นประธานเหยียดตรง ผิวขรุขระ เปลือกสีน้ำตาลอมเทา

ใบ เรียงตัวแบบสลับ มีก้านใบ ใบเป็นใบประกอบและมีใบย่อยที่ปลายเป็นคู่ ใบย่อยมีจำนวน 2 - 4 คู่ ใบย่อยขนาดกว้าง 2.5 - 6 เซนติเมตร และยาว 5 - 12 เซนติเมตร ใบรูปไล่

ค่อนข้างยาวจนถึงรูปหอก ปลายใบแหลม ไม่มีขน ผิวใบด้านหลังสีเขียวเข้มเป็นมัน ท้องใบมีนวลเคลือบอยู่ ใบอ่อนมีสีน้ำตาลอมแดง

ดอก ดอกเกิดเป็นช่อพรูเต็มทั้งต้น ช่อดอกเกิดที่ซอกใบและปลายกิ่ง ความยาวช่อ 10 - 40 เซนติเมตร หรือยาวกว่า ดอกเดี่ยวมีขนาดเล็ก สีเขียวอ่อนหรือเหลืองอ่อน กลีบเลี้ยงซ้อนกันเป็นวง ไม่มีกลีบดอก มีเกสรตัวผู้ 6 - 10 อัน ก้านเกสรตัวผู้มีขนอ่อนปกคลุม ดอกมี 3 ชนิด คือ ดอกลิ้นจี่ที่ทำหน้าที่ดอกตัวผู้ ซึ่งมีก้านชูเกสรตัวผู้ยื่นสูงออกมา ยาวประมาณ 4 มิลลิเมตร เกสรตัวเมียไม่เจริญเติบโต ดอกลักษณะนี้จะไม่ติดผล แต่มีส่วนช่วยให้ดอกสมบูรณ์เพศและดอกตัวเมียติดผล ดอกลิ้นจี่ที่ทำหน้าที่ดอกสมบูรณ์เพศ ดอกชูก้านชูเกสรตัวผู้ออกมาไม่สูงนัก และชูยอดเกสรตัวเมียขนาดใหญ่ตรงกลางดอก มีละอองเกสรตัวผู้ที่ไม่มีประสิทธิภาพ การติดผลอาศัยการผสมข้ามดอกจากดอกตัวผู้จึงจะติดผล และดอกลิ้นจี่ที่ทำหน้าที่ดอกตัวเมีย มีลักษณะดอกไม่ชูก้านเกสรตัวผู้ แต่จะชูยอดเกสรตัวเมียสีขาวให้เห็นเด่นชัด ดอกตัวเมียไม่มีขนและดอกมีขนาดค่อนข้างใหญ่

ผลและช่อผล ช่อผลห้อยลงและมีขนาดช่อใหญ่หรือเล็ก รูปร่างผลรูปไข่ กลม หรือคล้ายรูปหัวใจ เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 - 4.0 เซนติเมตร เปลือกหุ้มผลบาง แข็งและเปราะ สีแดงเข้ม แดงสดใส แดงอ่อน ชมพูปนแดง หรือเหลือง ที่ผิวเปลือกมีตุ่มเป็นรูปเหลี่ยมนูนเล็กน้อยปกคลุมตลอดทั้งผล เนื้อนิ่ม สีขาว โปร่งแสง ฉ่ำน้ำ รสหวาน กลิ่นหอม

เมล็ด ขนาดใหญ่ มีเมล็ด 1 เมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลเข้ม ผิวเป็นมัน รูปโล่ค่อนข้างยาว เมล็ดล่อน

1.2 สรีรวิทยาของลิ้นจี่

ศรีมูล (2529) ได้ศึกษาสรีรวิทยาของลิ้นจี่ โดยกล่าวถึงนิสัยการเจริญเติบโตและติดดอกออกผลของลิ้นจี่ ว่าในหนึ่งปีมีช่วงระยะของการเจริญเติบโต ได้แก่ (ก) ช่วงระยะเวลาแตกใบอ่อนครั้งที่ 1 ใช้เวลา 60 วัน ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนสิงหาคม (ข) ช่วงระยะเวลาแตกใบอ่อนครั้งที่ 2 ใช้เวลา 30 วัน ระหว่างต้นเดือนกันยายนถึงต้นเดือนตุลาคม (ค) ช่วงระยะเวลาแตกใบอ่อนครั้งที่ 3 ใช้เวลา 60 วัน ระหว่างต้นเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนธันวาคม (ง) ช่วงระยะเวลาแตกตาดอก ช่วงนี้นับเป็นเวลาที่สำคัญที่สุดในรอบปี เป็นช่วงที่เปลี่ยนจากการแตกใบมาเป็นการแตกตาดอก ใช้เวลา 60 วัน ตั้งแต่กลางเดือนธันวาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ (จ) ช่วงระยะเวลาติดผล เป็นช่วงเวลาการเจริญเติบโตของผลขนาดเล็กจนถึงเก็บเกี่ยว ใช้เวลาประมาณ 90 วัน ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

ในการออกดอกจะเป็นไปตามกำหนดที่ค่อนข้างแน่นอน ช่วงการเจริญเติบโตจะหมุนเวียนติดกันไปเป็นลูกโซ่ตลอดช่วงระยะเวลาหนึ่งปี ในกรณีที่มีช่วงระยะหนึ่งระยะใดผิดพลาดไป หรือล่าช้ากว่ากำหนดจะด้วยสาเหตุใดก็แล้วแต่ จะมีผลกระทบไปถึงการออกดอกซึ่งอาจจะล่าช้ากว่าปกติ ดังนั้นในการปฏิบัติชักนำให้สับปะรดเจริญเติบโตออกดอก และติดผลได้สม่ำเสมอทุกปี จึงต้องมีการบำรุงรักษาให้ต้นลิ้นจี่มีความสมบูรณ์ เจริญเติบโตตรงตามระยะเวลา (เกียรติเกษตร และคณะ, 2530)

2. บทบาทของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพืช

เกษมศรี (2534) ; ดุสิต (2535) ; ศุภมาศและคณะ (2523) กล่าวไว้ว่า ปัจจัยหลักที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืชทั่ว ๆ ไปนั้น มีดังนี้คือ 1. ธาตุอาหารพืช 2. แสงสว่าง 3. น้ำ 4. อากาศ 5. อุณหภูมิ และ 6. เครื่องค้ำจุน

ธาตุอาหารพืชเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งสำหรับการเจริญเติบโตของพืช และยังมีความจำเป็นต้องมีปริมาณอย่างเพียงพอและสมดุลย์ เพื่อนำไปสร้างแป้ง น้ำตาล โปรตีน และไขมัน ฯลฯ ถ้าพืชได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่มากเกินไป อาจจะแสดงอาการเป็นพิษ (toxicity) ต่อพืชโดยตรง หรือโดยอ้อม คืออาจจะทำให้เกิดปฏิกิริยาขัดขวางและต่อต้าน (antagonism) กับธาตุอาหารพืชอื่น ๆ ได้ เช่น การดูดธาตุอาหารพืช ความเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารพืช และสำหรับพืชที่ได้รับปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอ จะแสดงอาการผิดปกติในลักษณะของอาการขาด (deficiency) เช่น ลำต้นแคระแกร็น ใบเหลืองซีด เมล็ดลีบ เมล็ดกลวง เป็นต้น

ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (essential elements) รวมทั้งสิ้น 16 ธาตุ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก (macro – nutrients) รวม 9 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน จากธรรมชาติโดยทั่วไป ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ซึ่งพืชได้รับจากดิน แต่ปริมาณที่อยู่ในดินก็ไม่เพียงพอ แมกนีเซียม แคลเซียม และกำมะถัน และกลุ่มธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย (micro – nutrients หรือ trace elements) รวม 7 ชนิด ได้แก่ ทองแดง เหล็ก สังกะสี แมงกานีส โบรอน โมลิบดีนัม และคลอรีน (มนู, 2523 ; รวี, 2528 ; ดุสิต, 2535 ; ศุภมาศและคณะ, 2523) ในที่นี้จะขอกล่าวถึงแมงกานีสเพียงธาตุเดียว

2.1 บทบาทของแมงกานีสต่อการเจริญเติบโตของพืช

แมงกานีสเป็นธาตุที่จัดเข้าอยู่ในกลุ่มธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย แต่การศึกษาธาตุนี้กับการเจริญเติบโตของพืชยังไม่มีผู้กระทำมากนัก เพิ่งมีผู้เริ่มสนใจศึกษามาไม่กี่สิบปีมานี้เอง

เกษมศรี (2534) ; ดุสิต (2535) ; คณะอาจารย์แผนกวิชาปฐพีวิทยา (2510) ; สมชาย (2523) ; ศุภมาศและคณะ (2523) ได้กล่าวว่า แมงกานีสมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชดังนี้

1. เป็นตัวควบคุม oxidation reduction potential ในพืช เมื่ออยู่ร่วมกับธาตุเหล็ก
2. มีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยเป็นตัวเร่งเอนไซม์หลายชนิด เช่น phosphoglucomutase , choline esterase และ β - ketodecarboxylases
3. ช่วยในการสร้างเอนไซม์หลายชนิด เช่น oxidase , peroxidase , dehydrogenase , decarboxylase และ kinase
4. ช่วยในเมตาโบลิซึมของเหล็ก และไนโตรเจน
5. กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการย้ายฟอสเฟต
6. ลดออกซิเจนของสารประกอบไนโตรเจน
7. เป็นองค์ประกอบของสารบางอย่างที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์แป้ง และน้ำตาล

2.2 ลักษณะทั่วไป

แมงกานีสถูกดูดซึม และลำเลียงไปในรูป Mn^{2+} (อิออนอิสระ) แมงกานีสรักษาความเสถียรของความซับซ้อนของโมเลกุลได้น้อย เพราะมีแรงยึด (พันธะ) อ่อนมาก (Clarkson and Hanson, 1980) ในบางปฏิกิริยา Mn^{2+} จะไปแทนที่ Mg^{2+} เช่น ปฏิกิริยาการจับของ ATP และ enzyme complex (ทั้งใน phosphokinase และ phosphotransferase) แมงกานีสจะกระตุ้นปฏิกิริยาของเอนไซม์ โดยเฉพาะ decarboxylase และ dehydrogenase ใน tricarboxylic acid cycle (Amberger, 1973) แต่ก็ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของพันธะที่จะเข้าจับใน metalloproteins ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สำคัญ

2.3 บทบาทของแมงกานีสในการสังเคราะห์แสง และการปล่อยออกซิเจน (Photosynthesis and Oxygen Evolution)

ในการศึกษาหน้าที่ของแมงกานีสกับการสังเคราะห์แสง พบว่า เมื่อแมงกานีสน้อย ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงจะต่ำ แต่เมื่อเติมแมงกานีส การสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้น (Kessler,

1955) ในปฏิกิริยาของ Hill ทำให้โมเลกุลของน้ำแยกตัว และปล่อยออกซิเจนออกมา (Cheniae and Martin, 1968)

เชื่อกันว่าในกระบวนการ Photosystem II จะมี manganoprotein เร่งให้เกิดการปล่อยออกซิเจน โดยใช้แมงกานีสอย่างน้อย 4 อะตอม (Edwards and Walker, 1983) และเมื่อขาดแมงกานีสในขั้นตอนแรกของปฏิกิริยา การเคลื่อนย้ายพลังงานอิเล็กตรอนจะไม่จับกัน ทำให้ออกซิเจนถูกปล่อยมาสะสมที่ใบอ่อนจำนวนมาก (Nable *et al.*, 1984) นอกจากนี้การขาดแมงกานีสยังมีผลต่อการรับอิเล็กตรอนของคาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรต และซัลเฟต ซึ่งไม่เพียงแต่ลดอัตราการสังเคราะห์แสงเท่านั้น ยังไปทำลายโครงสร้างของ lamella system ในชั้น chloroplasts แต่ไม่ทำลาย cell organelles (Possingham *et al.*, 1964)

2.4 บทบาทของแมงกานีสในเอนไซม์ (Manganese – Containing Enzymes)

แมงกานีสเป็นองค์ประกอบของ superoxide dismutase (SOD) (Sevilla *et al.*, 1980) การปงชี้ถึง manganese – containing superoxide dismutase เป็นการแจกจ่ายในพืชชั้นสูงหลายตระกูล แม้ว่าจะไม่เป็นการแพร่ copper – zinc – containing superoxide dismutase ก็ตาม (Bridges and Salin, 1981 ; Sandmann and Boger, 1983) ในการเปรียบเทียบ iron – containing superoxide dismutase ดูเหมือนว่าจะถูกจำกัดในพืชส่วนน้อย (Bridges and Salin, 1981) ซึ่ง superoxide dismutases มีหน้าที่ที่จำเป็นในการคงอยู่ของออกซิเจนในสิ่งมีชีวิตพวก aerobic organisms (Halliwell, 1978 ; Fridovich, 1983) ส่วนสีเขียวใน chloroplasts เป็น organelles ที่มีอัตรา oxygen turnover สูงมาก มีการใช้ออกซิเจนในขณะที่ chloroplasts เป็น main sites ของการจัดระเบียบ O_2^- โดยมี H_2O_2 เป็น intermediate ฉะนั้นในใบจึงมี superoxide dismutase อยู่มากกว่า 90 % ในขณะที่ส่วนของ chloroplasts และ mitochondria มีอยู่เพียง 4 - 5 % เท่านั้น (Jackson *et al.*, 1978)

นอกจากนี้แมงกานีสยังมีหน้าที่ในระบบของ water – splitting system ใน chloroplasts โดยเป็นส่วนประกอบของ superoxide dismutase ในการป้องกัน photosynthetic apparatus จากอันตรายที่จะได้รับจาก oxygen activation ส่วนการป้องกันอื่น ๆ ได้แก่การเป็นส่วนประกอบของ catalase , peroxidase และโมเลกุลเล็ก ๆ เช่น glutatione และ ascorbic acid เมื่อขาดแมงกานีสทำให้เกิดความรุนแรงในการทำลายระบบของ chloroplast lamellar system (Photooxidation) ขึ้น นอกจากนี้แมงกานีสยังมีหน้าที่ในการป้องกันระบบต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงใน acid phosphatase ด้วยเช่นกัน (Uehara *et al.*, 1974a)

2.5 บทบาทของแมงกานีสในการทำหน้าที่ของเอนไซม์ (Modulation of Enzyme Activities)

แมงกานีสสามารถแทนที่แมกนีเซียมในบางปฏิกิริยาได้ และในเวลาเดียวกันก็มีผลใน enzyme activation ดังเช่น NADPH , specific decarboxylating , malate dehydrogenase , malic enzyme และ isocitrate dehydrogenase (Clarkson and Hanson, 1980) การเพิ่มขึ้นของ peroxidase activity ($R-H + R-H + H_2O \longrightarrow R-R + 2H_2O$) เป็นแบบอย่างที่เห็นได้ชัดของการขาดแมงกานีสในเนื้อเยื่อ ด้วยเหตุที่ catalase activity ไม่เป็นผล ($H_2O_2 + H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$) (Bar – Akiva and Lavon, 1967) การขาดแมงกานีสในใบส่งผลให้ IAA oxidase เกิด activity สูง (Morgan *et al.*, 1976) ซึ่งอาจมี auxin (Indoleacetic acid) ในเนื้อเยื่อลดลง บางทีส่วนสำคัญของ IAA oxidizing system ซึ่งคือ peroxidase และ cell wall – bound peroxidase อาจเข้าร่วมกับเอนไซม์ในโปรตีน (Rao *et al.*, 1982)

2.6 บทบาทของแมงกานีสในการสังเคราะห์โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน (Synthesis of Proteins , Carbohydrates and Lipids)

ถึงแม้ว่าแมงกานีสจะเป็นองค์ประกอบของไรโบโซม (Lyttleton, 1960) และเร่งการทำงานของเอนไซม์ RNA polymerase แต่การขาดแมงกานีสไม่มีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน แต่จะเพิ่มไนโตรเจนให้สูงขึ้นเล็กน้อย (Lerer and Bar – Akiva, 1976) ผลกระทบรุนแรงก็คือ ทำให้เกิดการขาดแคลนคาร์โบไฮเดรต ซึ่งจะนำไปใช้ในปฏิกิริยา nitratereduction ส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยานี้ใน chloroplasts ลดลง ส่งผลให้การ reduce nitrogen โดยรวมลดลง ในเซลล์ที่ขาดแมงกานีสจะทำให้ chlorophyll , glycolipid และไขมันไม่อิ่มตัวที่ประกอบเป็นเยื่อหุ้ม chloroplasts มีปริมาณลดลง แต่มิใช่ผลโดยตรง (Marchner, 1986) แต่มีผลในการป้องกันการทำลายเยื่อหุ้มจาก photooxidation มากกว่า ในเมล็ดพืชที่ขาดแมงกานีสจะมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไขมัน ทำให้ผลผลิตเมล็ดต่ำและมีปริมาณน้ำมันน้อย แต่องค์ประกอบโปรตีนในเมล็ดจะเพิ่มขึ้น ในกรดไขมันของพืชที่ขาดแมงกานีสจะมีอัตราส่วนกรดโอลิอิกลดลง ส่วนกรดลิโนเลอิกมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้น และบางทีก็อาจทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงต่ำ (Wilson *et al.*, 1982)

2.7 บทบาทของแมงกานีสในกระบวนการแบ่งเซลล์ และการยืดขยายตัวของเซลล์ (Cell Division and Extension)

เมื่อพืชขาดแมงกานีสทำให้อัตราการยืดตัวของเซลล์ลดลง โดยจากการศึกษาในมะเขือเทศ พบว่า ทำให้การยืดตัวของรากลดลง และจะไม่มีการสร้างรากแขนงเกิดขึ้น แต่เมื่อให้แมงกานีส รากจะพยายามกลับมามีการเจริญเท่าปกติ (Abbott, 1967) นอกจากนี้ยังพบว่ามีเซลล์รากพวก nonvacuolated เป็นจำนวนน้อยกว่ามากเมื่อเทียบกับรากจากต้นปกติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแมงกานีสมีผลต่อการยืดขยายตัวของเซลล์ (Neumann and Steward, 1968)

2.8 การขาด และการเป็นพิษเนื่องจากแมงกานีส (Manganese Deficiency and Toxicity)

จุดวิกฤตของการขาดแมงกานีสอยู่ระหว่าง 10 – 20 มิลลิกรัม/กรัม ของน้ำหนักแห้งของใบ (Ohki *et al.*, 1979) ถ้าความเข้มข้นของแมงกานีสต่ำกว่านี้ ปริมาณการสังเคราะห์แสง และปริมาณ chlorophyll จะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ไม่มีผลต่อการหายใจ และการคายน้ำ (Ohki *et al.*, 1981) การขาดแมงกานีสทำให้พืชใบเลี้ยงคู่อ่อนแอต่อความเย็น โดยจะเกิดจุดสีขาวที่เส้นกลางใบของใบอ่อน ซึ่งเป็นลักษณะของการขาดแมงกานีส ในพืชจำพวกข้าวจะเกิดสีเขียวไหม้ที่ฐานของใบ ในพืชที่มีผักจะมีฟองขาวที่ใบเลี้ยง ส่วนในถั่วสีจะซีดลง (Hocking *et al.*, 1977) การขาดแมงกานีสพบในดินที่มีการชะล้างสูง มีความเป็นกรดเป็นด่างสูง (Farley and Draycott, 1973) ส่วนจุดวิกฤตของการเป็นพิษของพืชแต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมก็มีผลต่อการเป็นพิษ โดยเฉพาะอุณหภูมิ การมีอุณหภูมิสูง ทำให้พืชทนต่อการเป็นพิษของแมงกานีสได้สูงกว่า (Heenan and Carter, 1977 ; Rufty *et al.*, 1979)

ในสภาพที่มีซิลิกอนในปริมาณสูง ทำให้พืชทนต่อการเป็นพิษของแมงกานีสได้สูง ในพืชที่ได้รับแมงกานีสเกินความจำเป็น ใบแก่จะเกิดจุดสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากการตกตะกอนของแมงกานีสออกไซด์ รอบจุดมีการตายของเนื้อเยื่อใบ และแมงกานีสยังส่งผลให้เกิดการขาดธาตุอาหารอื่น ๆ เช่น เหล็ก แมกนีเซียม และแคลเซียม โดยที่แมงกานีสจะไปยับยั้งการดูดซึมเหล็กและไปแทนที่เหล็ก นอกจากนี้แมงกานีสยังมีผลต่อการขาดแมกนีเซียม (Heenan and Campbell, 1981) เนื่องจากแมงกานีสไปแย่งที่จับกับแมกนีเซียมในกระบวนการเมตาโบลิซึมและการดูดซึมแมกนีเซียมโดยราก ซึ่งพิษของแมงกานีสแก้ได้โดยให้แมกนีเซียมสูง การขาดแคลเซียม ทำให้เกิดใบย่นในพืชใบเลี้ยงคู่ เช่นถั่ว ซึ่งเป็นผลข้างเคียงของการเป็นพิษของแมงกานีส (Foy *et al.*, 1981 ; Horst and Marschner, 1978c) เมื่อให้แมงกานีสสูง การลำเลียง

แคลเซียมไปยังปลายยอดจะถูกยับยั้ง เนื่องจากการได้รับแมงกานีสที่สูงจะทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกลดลง (Horst and Marschner, 1978c)

Morgan *et al.* (1966 ,1976) กล่าวว่าถ้าแมงกานีสมีปริมาณน้อยเกินไปจะเร่งการทำลาย IAA เช่นเดียวกับการขาดแมงกานีส ทำให้มีผลต่อการยืดตัวของเซลล์ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการขาด IAA และขาดจุดยึดเกาะของการเคลื่อนย้ายแคลเซียมไปยังปลายยอด ซึ่งจะไปลดการเจริญของตายอด แต่ไปเร่งการเจริญของตาข้างแทน (Kang and Fox, 1980 ; คณะอาจารย์แผนกวิชาปฐพีวิทยา, 2510 ; มนู, 2523 ; สุรศักดิ์, 2527 ; Marschner , 1986)

2.9 อาการขาดแมงกานีสของพืช (Manganese Deficiency Symptoms)

พืชที่ได้รับแมงกานีสไม่เพียงพอจะแสดงอาการขาด คือใบจะมีสีเหลือง (chlorosis) ตามระหว่างเส้นใบ เนื่องจากเป็นบริเวณที่ขาดคลอโรฟิลล์ ส่วนเส้นใบยังคงมีสีเขียว เนื่องจากแมงกานีสและเหล็กจะไม่เคลื่อนที่ในพืช ใบอ่อนจึงแสดงอาการก่อน เมื่อการขาดแมงกานีสและเหล็กเกิดขึ้นอย่างร้ายแรง จะเกิดเป็นโรคเซลล์ตาย (necrosis) หรือเซลล์ตายในบริเวณระหว่างเส้นใบ บางทีเกิดเป็นจุดสีขาวหรือเหลืองบนใบ พุ่มของใบจะลดลงเนื่องจากใบไม่สมบูรณ์ การเจริญเติบโตช้า และไม่ออกดอกออกผล (คณะอาจารย์แผนกวิชาปฐพีวิทยา, 2510 ; มนู, 2523 ; สุรศักดิ์, 2527)