

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยามและความหมาย

2.1.1 2.1.1 ผักสลัด (lettuce)

ผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชที่อยู่ในตระกูล compositae วงศ์ astesaceae สามารถพบได้ทั้งในทวีปเอเชียและยุโรป (Thompson. 1949) ผักสลัดนับเป็นผักที่ได้รับความนิยมบริโภคทั่วไป โดยรับประทานใบสด หรือทำเป็นผักสลัด ผักสลัดเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหาร ทั้งวิตามินและเกลือแร่ เช่นเบต้าแคโรทีน วิตามินซี เป็นต้น นอกจากนี้ผู้บริโภคมีความต้องการเพื่อใช้ในการบริโภคตลอดทั้งปี ปัจจุบันมีความต้องการสูงในช่วงเทศกาลสำคัญต่างๆ และยังมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณการบริโภคสูงขึ้นในอนาคต (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538 ; อนุรักษ์ พวงพล. 2542)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

- ราก มีระบบรากแก้วที่แข็งแรง เจริญเติบโตได้เร็ว สามารถมีความยาวของรากแก้วได้ถึง 5 ฟุตหรือมากกว่า มีรากแขนงกระจายอยู่ประมาณ 1 – 2 ฟุต โดยรากจะรวมตัวกันอยู่อย่างหนาแน่น
- ลำต้น ตั้งตรง สูงชะลูดขึ้นจนสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ลำต้นมีลักษณะอวบอ้วน แต่ในระยะเริ่มต้นของการปลูกอาจไม่สังเกตเห็นลำต้นได้ และลักษณะลำต้นยังแตกต่างกันไปตามพันธุ์ของผักสลัดอีกด้วย
- ใบ แตกออกมาจากลำต้นโดยรอบ สีใบมีตั้งแต่เขียวอ่อน เขียวปนเหลือง จนถึงสีเขียวแก่ บางพันธุ์มีสีแดงหรือน้ำตาลปนอยู่ พันธุ์ที่ห่อเป็นหัวจะมีใบหนา เนื้อใบอ่อนนุ่ม ใบจะห่อหัวอัดกันแน่นคล้ายกะหล่ำปลี ใบที่ห่ออยู่ข้างในจะเป็นมัน บางชนิดมีใบม่วงงอเพราะมีเส้นใบเห็นได้ชัด ขอบใบมีลักษณะเป็นหยัก ขนาดและรูปร่างของใบผักกาดหอมจะแตกต่างกันตามชนิด
- ดอกและช่อดอก มีลักษณะเป็นช่อแบบที่เรียกว่า panicle ประกอบด้วยกลุ่มของดอกที่อยู่เป็นกระจุกตรงยอด แต่ละกระจุกประกอบด้วยดอกย่อย 15-25 ดอกหรือมากกว่า ก้านช่อดอกจะยาวประมาณ 2 ฟุต ช่อดอกอันแรกจะเกิดที่ยอดอ่อน จากนั้นจะเกิดช่อดอกข้างตรงมุมใบขึ้นภายหลัง ช่อดอกที่เกิดจากส่วนยอดโดยตรงจะมีอายุมากที่สุด ส่วนช่อดอกอื่นๆ จะมีอายุรองลงมา ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีเหลือง ตรงโคนเชื่อมติดกัน รังไข่มี 1 ห้อง เกสรตัวเมียมี 1 อัน มีลักษณะเป็น 2 แฉก เกสรตัวผู้ 5 อัน รวมกันเป็นยอดยาวห่อหุ้มก้านเกสรตัวเมียและยอดเกสรตัวเมียไว้

- เมล็ด เมล็ดผักสลัดเป็นชนิดเมล็ดเดี่ยว (achene) ซึ่งเจริญมาจากรังไข่อันเดียว เมล็ดจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง เปลือกเมล็ดจะไม่แตกเมื่อเมล็ดแห้งเมล็ดของผักกาดหอมมีลักษณะแบน ยาว หัวท้ายแหลมเป็นรูปหอก มีเส้นเล็กๆ ลาดยาวไปตามด้านยาวของเมล็ดที่ผิวเปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดมีสีเทาปนครีมความยาวของเมล็ดประมาณ 4 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร

ผักสลัดที่ปลูกและนิยมบริโภคในปัจจุบัน สามารถแบ่งตามลักษณะต้นและใบ ได้เป็น 5 กลุ่มดังนี้

2.1.1.1 ผักสลัดใบ (bunching lettuce ; *Lactuca sativa* L. var. *crispa*)

มีลักษณะลำต้นเดี่ยว มีจำนวนใบมารวมกันเป็นกระจุก ไม่ห่อเป็นหัว ทนต่อสภาพอากาศร้อนได้ดี ลักษณะและรูปร่าง แตกต่างกันตามพันธุ์ของผัก เช่น

- พันธุ์ grand rapids ลักษณะของผัก มีลักษณะปลายใบหยิก และมีสีเขียวทั้งต้น
- พันธุ์ oak leaf ลักษณะของผัก มีลักษณะปลายใบมนคล้ายใบโอ๊ค รสหวาน แบ่งพันธุ์ของผักออกได้ตามสีของต้น เช่น green oak มีใบเป็นสีเขียว และ red oak มีใบเป็นสีแดง เป็นต้น

2.1.1.2 ผักสลัดห่อ (head lettuce ; *Lactuca sativa* L. var. *capitata*)

มีใบขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ใบในจะม้วนและซ้อนกันคล้ายกะหล่ำปลี หัวแน่น ใบแข็งกรอบกว่าพันธุ์อื่น ใบนอกมีสีเขียวเข้ม ใบในมีสีเหลืองปนขาว ทนทานต่อการขนส่ง

2.1.1.3 ผักสลัดกึ่งห่อหัว (butterhead ; *Lactuca sativa* L. var. *capitata*)

ใบอ่อนและนิ่ม ใบมีลักษณะคล้ายน้ำมันจืดที่ผิวใบ ในฤดูหนาวหัวของผักจะแน่นและใหญ่กว่าที่ปลูกในฤดูร้อน ไม่ทนทานต่อการขนส่ง

2.1.1.4 ผักสลัดหวาน (cos ; *Lactuca sativa* L. var. *longifolia*)

ใบมีลักษณะตั้งตรงยาวและห่อ มีสีเขียวเข้ม เนื้อใบหนา เส้นในนูนเด่นออกมาด้านหลัง ใบในมีลักษณะปลายโค้งเข้าข้างในทำให้มีหัวกลมยาว

2.1.1.5 ผักสลัดหอมต้น (stem lettuce ; *Lactuca sativa* L. var. *asparagina*)

เป็นผักสลัดที่ปลูกเพื่อใช้ลำต้นรับประทานเท่านั้น มีลักษณะลำต้นอวบสูง ใบจะเรียวยาวจะเกิดขึ้นต่อกันไปจนถึงยอดหรือช่อดอก ใบเล็ก หนาและมีสีเขียว มีทั้งชนิดกลมและยาว ไม่ห่อหัว ไม่นิยมปลูกในประเทศไทย

2.1.2 การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics)

การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำ คือคำว่า hydro ซึ่งแปลว่าน้ำ และคำว่า ponos แปลว่าทำงานหรือแรงงาน เมื่อรวมกันจึงมีความหมายว่า การทำงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำ (Gerrick. 1929) ประวัติความเป็นมาของการปลูกพืชโดยวิธีนี้นั้นเริ่มมาจากการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ธาตุอาหารต่างๆ ในการปลูกพืช ซึ่งมีมาตั้งแต่หลายพันปีก่อนสมัยของอริสโตเติล จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่านักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้เขียนบันทึกต่างๆ ทางพฤกษศาสตร์ขึ้นและปรากฏอยู่จนทุกวันนี้ แต่การปลูกพืชตามหลักการทางวิทยาศาสตร์นั้นเริ่มขึ้นประมาณ 300 ปีมาแล้ว คือประมาณ ค.ศ. 1699 John Woodward นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษได้พยายามทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบว่าอนุภาคของของแข็งและของเหลวที่อยู่ในดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช อย่างไร ต่อมาปี ค.ศ. 1860-1865 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Sachs และ Knop นับเป็นผู้เริ่มปลูกพืชด้วยวิธีการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินตามหลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โดยการปลูกพืชด้วยสารละลายเกลือ อนินทรีย์ต่างๆ เช่น โพแทสเซียมฟอสเฟต โพแทสเซียมไนเตรท ซึ่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียม และเหล็ก ภายหลังมีการพัฒนาสูตรธาตุอาหารพืชเรื่อยมา จนถึงปี ค.ศ. 1920-1930 William F. Gericke แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ประสบความสำเร็จในการปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหาร โดยพืชมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์และให้ผลผลิตเร็ว นับเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเทคนิคการปลูกพืชโดยวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อปลูกเป็นการค้า และได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการและส่วนประกอบในสารละลายเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; ดิเรก ทองอร่าม. 2547 ; อธิติสุนทร นันทกิจ. 2538)

NFT (Nutrient Film Technique) เป็นระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินชนิดหนึ่ง ซึ่งการปลูกพืชในระบบนี้จะทำการปลูกพืชโดยรากจะแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ (หนาประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร) ในรางปลูกพืชกว้างตั้งแต่ 5 - 35 เซนติเมตร สูงประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร ความกว้างราง ขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวของรางตั้งแต่ 5 - 20 เมตร สารละลายจะไหลอย่างต่อเนื่อง อัตราไหลอยู่ในช่วง 1 - 2 ลิตรต่อนาทีต่อราง รางอาจทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้าขาวและดำ หนา 80 - 200 ไมครอน หรือจาก PVC ขึ้นรูปเป็นรางสำเร็จรูป หรือทำจากโฟมขึ้นรูปเป็นรางติดกัน 3 - 5 ราง ต่อกันตามแนวยาวและบุภายในด้วยแผ่นพลาสติกกันน้ำรั่ว นอกจากนี้รางปลูกอาจทำจากโลหะ เช่น สังกะสี หรือ อะลูมิเนียม บุภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารละลาย โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางรากพืช และไหลเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย (อธิติสุนทร นันทกิจ. 2538)

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด

2.2.1 สารละลายธาตุอาหารพืช

เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เพราะเป็นแหล่งที่ให้ธาตุอาหารแก่พืชเพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องจนถึงกระบวนการเก็บเกี่ยว คุณสมบัติของธาตุอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และมีผลต่อต้นทุนในเชิงธุรกิจของการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (ดิเรก ทองอร่าม. 2547 ; อธิธิสุนทร นันทกิจ. 2549)

สารละลายธาตุอาหารที่มีชนิดและปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ไม่เป็นพิษต่อพืช สัดส่วนระหว่างธาตุอาหารที่เหมาะสมจะทำให้ไม่เกิดการแข่งขันในการดูดใช้ธาตุอาหารประจําเดียวกันในพืช และยั้งต้องควบคุม pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช (ดิเรก ทองอร่าม. 2547 ; อธิธิสุนทร นันทกิจ. 2549)

ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน (2547) ทำการทดลองปลูกผักกาดหอมด้วยสารละลาย 10 สูตร พบว่าที่อุณหภูมิสูง สารละลายธาตุอาหารบางสูตรที่มีสัดส่วนธาตุอาหารที่ไม่เหมาะสม ทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตลดลง

Stenier (1980) พบว่าผักกาดหอม และมะเขือเทศมีความสามารถในการหาและดูดใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ในสัดส่วนที่ตัวพืชเองต้องการได้เสมอ แม้จะอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร แต่จะต้องอยู่ในเกณฑ์ของสัดส่วนธาตุอาหารที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของพืชด้วย

2.2.2 แสง

แสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากพืชจำเป็นต้องการใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยช่วงความยาวของแสง ช่วงคลื่นของแสง และความเข้มของแสงต่างก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Lo'pez Cruz *et al.* 2003)

ในประเทศไทยถ้าปลูกผักสลัดในฤดูร้อนที่สภาวะอุณหภูมิสูง ความเข้มแสงสูง ช่วงวันยาว ผักสลัดจะมีอัตราการเจริญเติบโตด้านลำต้นเพิ่มขึ้น ช่วงช่อยาว ใบชะงักการเจริญเติบโตทำให้ใบสั้น นอกจากนี้แสงยังมีผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิในโรงเรือนให้สูงขึ้นอีกด้วย (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538)

2.2.3 อุณหภูมิ

ผักสลัดเป็นผักที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 18- 26 องศาเซลเซียส ในบริเวณที่มีเขตหนาวสามารถปลูกผักสลัดได้ดี ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิรากให้สูงขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; Van Der Boon *et al.* (1990) ส่วนในเขตร้อน อุณหภูมิสูงทำให้ออกซิเจนละลายในสารละลายได้ลดลงจนอาจทำให้รากพืชขาดออกซิเจนได้ (อธิธิสุนทร นันทกิจ. 2549)

ธีระศักดิ์ พงษาอุทิน (2547) ทำการเปรียบเทียบปลูกผักกาดหอมในโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิด พบว่าการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในโรงเรือนปิดที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำกว่า จะมีการเจริญเติบโต ของจำนวนใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ที่ดีกว่าที่ปลูกในโรงเรือนเปิดที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่า

วุฒิพงษ์ พิมพ์โครต (2546) พบว่าการปลูกผักกาดหอมในฤดูร้อน การเจริญเติบโตมีการชะลอตัวลงในสัปดาห์ที่ 5 ของการเพาะปลูก แต่ในฤดูหนาวสามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิและแสงมีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด โดยถ้าอุณหภูมิสูงและช่วงแสงยาว จะทำให้ช่อดอกเจริญเร็ว ผักมีรสขม ปลายใบไหม้ ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากการขาดแคลเซียม ทำให้ผลผลิตคุณภาพต่ำลง (Jones. 1997 ; Schwarz. 1995)

2.2.4 ระยะเวลากการเก็บเกี่ยว

อายุการเก็บเกี่ยวของผักสลัดขึ้นอยู่กับพันธุ์เป็นสำคัญ อายุการเก็บเกี่ยวผักสลัดประมาณ 30-50 วันหลังจากเพาะเมล็ด การเก็บควรเลือกเก็บขณะที่ใบยังอ่อน กรอบ ไม่เหนียว กระด้าง ห่อหุ้มแน่นไม่หลวม รูปร่างค่อนข้างกลมแบน ไม่ควรปล่อยให้แก่เกินไปเพราะหัวจะยืดตัวไปทางตั้งและแทงช่อดอก ทำให้เสียคุณภาพ และมีรสขม วิธีการตัดโดยใช้มีดตัดตรงโคนต้น แล้วตัดแต่งใบเสียทิ้งไป ชูบน้ำเพื่อล้างยางสีขาวออกและสลัดน้ำออกให้หมด เพราะถ้ามีน้ำขังอยู่จะเน่าเสียได้ง่าย (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549 ; Schwarz. 1995)

2.3 ไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.3.1 หน้าที่ของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช (ยงยุทธ โสภธสภ. 2545)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชจะสามารถดูดใช้ไนโตรเจนจากดินได้ในรูปไนเตรทและแอมโมเนียม สำหรับยูเรียแม้ว่าพืชจะดูดไปใช้ได้โดยตรงแต่มีอยู่น้อยในธรรมชาติ โดยหน้าที่ของไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของอินทรีย์สาร โดยแบ่งได้เป็น 6 กลุ่ม (Hewitt. 1984) คือ

2.3.1.1 โปรตีน (protein)

ประกอบด้วยกรดอะมิโน (amino acids) ชนิดต่างๆต่อยเรียงกันอย่างมีแบบแผน ตั้งแต่ 50 ถึง 100 หน่วย โดยกรดอะมิโนเหล่านี้จะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ (peptide bond)

2.3.1.2 กรดอะมิโน

มีไนโตรเจนอยู่ที่หมู่อะมิโน (amino group) กรดอะมิโนเป็นหน่วยโครงสร้างของโปรตีนโดยต่อยเรียงอย่างมีแบบแผน

2.3.1.3. ฮอโรโมนพืช

ที่มีในโตรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งพืชสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เอง คือ ออกซิน กับ ไซโทไคนิน

2.3.1.4 กรดนิวคลีอิก

มีอยู่ 2 ชนิดคือ ribo nucleic acid (RNA) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และ deoxyribo nucleic acid (DNA) ทำหน้าที่เป็นศูนย์ข้อมูลพันธุกรรม

2.3.1.5 สารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ

เช่น อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate, ATP) โคเอนไซม์ เป็นต้น

2.3.1.6 สารประกอบที่พืชสะสมหรือทำหน้าที่ปกป้องพืช

เช่น แอลคาลอยด์

2.3.2 ความพอใจเลือกแอมโมเนียมหรือไนเตรท (ยงยุทธ โอสธสภ. 2545 ; Haynes. 1986)

พืชสามารถปรับตัวเพื่อที่จะดูดใช้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์เพื่อให้พืชเจริญเติบโต โดยมีสาเหตุของความพอใจเลือกใช้ระหว่างแอมโมเนียมกับไนเตรทดังนี้

2.3.2.1 กิจกรรมของไนเตรทรีดักเทส

พืชทนดินปนจะเลือกไนเตรทนั้นมีกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทสสูงจึงใช้ประโยชน์จากไนเตรทที่ดูดได้อย่างเต็มที่ ส่วนพืชพวกไม่ทนดินปนซึ่งพอใจเลือกแอมโมเนียมมักมีกิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสต่ำ หรืออาจมีสูงในรากแต่ในใบต่ำมาก ทำให้ไนเตรทลำเลียงทางไซเล็มไปยังใบไม่ได้ใช้ประโยชน์และสะสมอยู่ที่ใบพืช

2.3.2.2 การเกิดสภาวะพร่องคลอโรฟิลล์หรือคลอโรซิสเนื่องจากปุ๋ย

พืชไม่ทนปนและพอใจเลือกแอมโมเนียมนั้นจะมีความผิดปกติทางสรีระอย่างหนึ่งคือปุ๋ยเหนียวน้ำ ให้เกิดสภาวะพร่องคลอโรฟิลล์หรือคลอโรซิส เมื่ออยู่ในเครื่องปลูกที่มีไนเตรทล้วนๆ อันที่จริงอาการนี้เป็นอาการขาดธาตุเหล็กแม้จะพบเหล็กในใบปริมาณมาก

เนื่องจากไนเตรทที่รากดูดได้ต้องผ่านกระบวนการรีดักชัน ผลสืบเนื่องของกระบวนการนี้มี 2 อย่างคือ

- พืชสะสมแคตไอออน เช่น โพแทสเซียม เพื่อสร้างสมดุลทางประจุไฟฟ้าขณะเคลื่อนย้ายไนเตรท

- พืชสังเคราะห์กรดอินทรีย์ เช่น กรดมาลิก ขึ้นมาให้สมดุลกับแคตไอออนสำหรับอาการขาดเหล็กเกิดเนื่องจากธาตุนี้ทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ทั้งในรากและใบจึงกีดกันมิให้เหล็กเข้าร่วมในเมแทบอลิซึมอย่างเต็มที่ แม้ธาตุนี้มีอยู่ในพืชมากแต่ดูเหมือนมีไม่เพียงพอ

2.3.3 ความเป็นพิษของแอมโมเนียม (ยงยุทธ โอสดสภา. 2545)

พืชทนดินปูนที่ชอบดูดใช้ในตรรกะที่มีจุดอ่อน คือเกิดอาการเป็นพิษได้ง่ายเมื่อมีแอมโมเนียมในดินมาก ซึ่งทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต เกิดอาการคลอโรซิสที่ใบ เป็นแผลที่ลำต้น และตายในที่สุด

สำหรับพืชทั่วไปนั้นเมื่อมีแอมโมเนียมในเครื่องปลูกมากและพืชดูดใช้ไปมากจะมีผลข้างเคียงต่อพืช ดังนี้

- แอมโมเนียมที่มีมากก่อให้เกิดภาวะปฏิกิริยาในการดูดแคลเซียม ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พืชดูดแคลเซียมและแมกนีเซียมได้น้อยลง

- เมื่อมีแอมโมเนียมในเซลล์มากก็ต้องการสารซึ่งเป็นโครงสร้างของคาร์บอนมาทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมอาจทำให้คาร์โบไฮเดรตในรากลดลงเร็วเกินไป

- เมื่อรากพืชดูดแอมโมเนียมเข้ามามาก pH ของเครื่องปลูกจะลดลงเร็ว ขณะที่ pH ของสารละลายภายนอกลดลงด้วยสาเหตุดังกล่าว pH ของน้ำเลี้ยงในรากก็ลดตามไปด้วย เพื่อต่อต้านกับการลดลงของ pH ในเซลล์ดังกล่าวพืชจึงสังเคราะห์พิวเทรสซีน (putrescine) ซึ่งเป็นสารพอลิอะมีนมีคาร์บอนสี่อะตอมกับอะมิโนสองหมู่ เนื่องจากสภาพกรดที่เกิดขึ้นในเซลล์ได้กระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์พิวเทรสซีน ซึ่งช่วยให้ pH ของไซโทพลาซึมอยู่ในระดับปกติ

2.3.4 แอมโมเนียมและไนโตรเจนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำหน้าที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช กรดนิวคลีอิก และสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ (ยงยุทธ โอสดสภา. 2545) ถ้าพืชขาดธาตุไนโตรเจน จะทำให้พืชเกิดความผิดปกติ เช่น คุณภาพของผลผลิตลดลง ลำต้นไม่แข็งแรง ใบเหลือง เป็นต้น

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีอยู่ 2 รูป ที่ใช้กันในสารละลายที่ให้กับพืชในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน คือ แอมโมเนียม และไนเตรท โดยการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้สำหรับการปลูกพืชโดยวิธีนี้จะนิยมใช้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจนเป็นหลัก เนื่องจากการให้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของแอมโมเนียมมากเกินไปสามารถทำให้เกิดความเป็นพิษกับพืชได้ (Jones. 1997 ; Schwarz. 1995) อย่างไรก็ตาม พืชสามารถนำปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไปใช้สังเคราะห์กรดอะมิโนและอิมิดได้ทันที แต่หากพืชได้รับไนโตรเจนในรูปของไนเตรทจะต้องผ่านกระบวนการรีดิวซ์ให้กลายเป็นแอมโมเนียมก่อน (ยงยุทธ โอสดสภา. 2545)

ในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) พบว่าถ้าให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปของแอมโมเนียมมากเกินไปก็จะเป็นพิษต่อพืชเช่นเดียวกับการปลูกพืชบนดิน โดยทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมได้น้อยลงและอาจทำให้พืชขาดธาตุ

อาหารเหล่านี้ได้ ซึ่งพืชจะแสดงอาการปลายใบอ่อนไหม้ (tip burn) ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากการขาดแคลเซียม (Jones. 1997)

2.4 การสะสมไนเตรทในผัก

จากงานวิจัยทั่วโลกพบว่าการสะสมไนเตรทในผักโดยทั่วไป (มนัญญา รัตนโชติ. 2546 ; วุฒิพงษ์ พิมพ์โครต. 2546 ; Moramoto. 1999 ; Schonbeck. 1988 ; Weimin *et al.* 1998) ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาถึงปัจจัยในการสะสมไนเตรทในผักและหาแนวทางในการลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักอันอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้

ในทวีปยุโรปและประเทศอเมริกา ได้มีการศึกษาถึงปัจจัยของการสะสมของไนเตรทในผักพบว่าแสง อุณหภูมิ พันธุพืช อายุของพืช และการให้ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการสะสมของไนเตรทในผัก โดยอาจจะเกิดจากพืชถูกยับยั้งหรือมีกิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสต่ำ ทำให้ไนเตรทถูกสะสมตกค้างอยู่ในพืช (วุฒิพงษ์ พิมพ์โครต. 2546 ; Elia *et al.* 1998 ; Lorenz. 1978 ; Muramoto. 1999 ; Schonbeck. 1988 ; Weimin *et al.* 1998)

Van der Schee and Speek (2002) ทำการทดลองในประเทศเนเธอร์แลนด์โดยสุ่มตัวอย่างของผักสลัด Iceberg มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักที่ปลูกในฤดูร้อนและฤดูหนาวพบว่าในตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ในฤดูหนาวมีค่าเฉลี่ยของการสะสมไนเตรทของผักสลัด Iceberg สูงกว่าประมาณ 28 %

Amr and Hadidi (2001) พบว่าเมื่อเปลี่ยนเวลาเก็บเกี่ยวผักจากเช้าเป็นเที่ยงหรือเย็นพบปริมาณไนเตรทในผักลดลง โดยเมื่อเพิ่มแสงยาวนานขึ้น พืชจะเพิ่มกระบวนการ reduction และ assimilation ทำให้ไนเตรทที่สะสมในผักลดน้อยลง

Lo'pez Cruz *et al.* (2003) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณแสงหลังจากปลูกผักสลัดไปได้ 30 วันสามารถช่วยให้ผักสลัดมีปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักสลัดลดลงได้เล็กน้อย

Reinink and Eenink (1988) ศึกษาความแตกต่างของพันธุกรรมและช่วงอายุพืชต่อการสะสมไนเตรทพบว่า ไนเตรทบริเวณรากมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรทของส่วนต้น พันธุกรรมทำให้ผักกาดหอมมีการสะสมไนเตรทของส่วนต้นแตกต่างกัน ส่วนช่วงอายุพืชมีผลต่อปริมาณไนเตรทเล็กน้อย

ในบัลแกเรียพบว่าการผันแปรของปริมาณไนเตรทในผักแต่ละชนิดแต่จะพบปริมาณไนเตรทจำนวนมากที่สุดในผักจำพวกบ้วยเล้ง หัวไชเท้า ผักสลัดและหัวบีท (Yordanov *et al.* 2001) ในประเทศจีนมีการวิจัยที่เมืองนานกิง พบว่ามีปริมาณไนเตรทค่อนข้างสูงในผักบางชนิดเช่น ผักกาดหอมต้น (Stem lettuce) คื่นช่าย หัวผักกาด และ Pak-Choi (Weimin *et al.* 1998)

ในมันฝรั่งพบว่าเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ปริมาณของไนเตรทในพืชมีค่าสูงขึ้น (Kolbe. 1996 ; Voronina. 1997) การมีอินทรีย์วัตถุในดินสูงจะส่งเสริมการสะสมไนเตรทในพืช แต่การให้ระบบชลประทานแก่พืชพบว่าสามารถลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในพืชได้ (Carter and Bosma. 1974)

มนัญญา รัตนโชติ (2546) ทำการปลูก watercress และ green rose bush ในระบบปลูกพืชแบบ DFT (Deep Flow Technique) โดยทำการงดสารละลายธาตุอาหาร 0 วัน 3 วัน 6 วัน และ 9 วันก่อนเก็บเกี่ยว พบว่าปริมาณไนเตรทที่งดสารละลายธาตุอาหารพืชที่ 6 วันและ 9 วัน พืชทั้งสอง มีแนวโน้มที่ปริมาณของไนเตรทในน้ำหนัสดมมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อระยะการงดสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากว่า การงดสารละลายธาตุอาหารโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ต้นพืชได้รับธาตุอาหารน้อยลงและมีปริมาณการสะสมไนเตรทน้อยลง

Van Der Boon (1990) ศึกษาฤดูปลูก อัตราส่วนของไนเตรทและแอมโมเนียม และ total nitrogen concentration ต่อการลดการสะสมไนเตรทในผักกาดหอม พบว่าน้ำหนัสดมของผักกาดหอมขึ้นอยู่กับแสงระหว่างการเจริญเติบโต ในฤดูหนาวที่มีแสงน้อย ผักกาดหอมมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าในฤดูร้อนและเมื่ออัตราส่วนของไนเตรทและแอมโมเนียม เท่ากับ 80 : 20 จะทำให้ผักกาดหอมมีปริมาณไนเตรทสะสมน้อยลง และเมื่อเติมแอมโมเนียม 2 – 3 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวจะช่วยลดปริมาณไนเตรทสะสมลงได้โดยไม่มีผลกระทบต่อน้ำหนัสดม

Ayadin *et al.* (1996) ศึกษาการลดไนเตรทในต้น winter onion (*Allium cepa* L.) ที่ปลูกในระบบ NFT พบว่าการแทนไนเตรทในสารละลายด้วยยูเรีย glycine หรือ mixed amino acid 20 % ของไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลาย ไม่มีผลต่อน้ำหนัสดมและน้ำหนักแห้ง แต่ปริมาณ total nitrogen สูงขึ้น และสามารถลดปริมาณไนเตรทในผลผลิตลงได้

Gent (2003) ทำการทดลองหาปริมาณไนเตรทในสารละลายที่ให้แก่ผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน พบว่าเมื่อให้ปริมาณไนเตรทในสารละลายเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้เกิดการสะสมของไนเตรทในผักสลัดเพิ่มมากขึ้น แต่ก็ยังไม่เกิน 4,500 mg/kg ของน้ำหนัสดม (Muramoto. 1999)

2.5 มาตรฐานไนเตรทในผัก

จากการตรวจสอบในยุโรปพบว่า 90% ของไนเตรทที่ร่างกายได้รับมาจากบริโภคผัก (Pavlovic *et al.* 1998) จึงมีการกำหนดระดับความเข้มข้นของไนเตรทที่สะสมในผัก โดยเปรียบเทียบปริมาณการบริโภคผักของประชากรแต่ละประเทศ เพื่อไม่ให้ร่างกายได้รับไนเตรทมากเกินไป เนื่องจากไนเตรทเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกรีดิวซ์เป็นไนไตรต์ ซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงเป็นสาร

ไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้ (ยงยุทธ โอษฐสภา. 2545) ซึ่งปริมาณไนเตรทในผักยังผันแปรกับฤดูที่ปลูก เนื่องจากอุณหภูมิและแสงมีผลต่อการสะสมไนเตรทในผักทำให้มีค่ามาตรฐานที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ ทำให้ในสหภาพยุโรปมีการกำหนดมาตรฐานของไนเตรทที่มีอยู่ในผักสดสด อยู่ในช่วง 2,000 – 4,500 mg/kg (Muramoto. 1999 ; Van der Schee and Speek. 2002)