



ระยะเวลาและปริมาณการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหารในช่วงก่อนการ
เก็บเกี่ยวต่อการสะสมไนเตรทของผักคะน้า ที่ปลูกในระบบ Dynamic

Root Floating Technique (DRFT)

Timing and Nitrate Decreasing in Nutrient Solution Before Harvested to

Nitrate Accumulation in Chinese Kale (*Brassica oleracea* L.)

as Grown on Dynamic Root Floating Technique (DRFT)

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

หลักสูตรปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Soil Science

Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร (10520)

King Mongkut's Institute of technology

Chaokhuntharn Ladkarbang

Bangkok, 10520 Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
หลักสูตรปฐพีวิทยา

เรื่อง

ระยะเวลาและปริมาณการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหารในช่วงก่อน เก็บเกี่ยวต่อการสะสม
ไนเตรทของผักคะน้า ที่ปลูกในระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT)
Timing and Nitrate Decreasing in Nutrient Solution Before Harvested to Nitrate
Accumulation in Chinese Kale (*Brassica oleracea* L.) as Grown on Dynamic Root
Floating Technique (DRFT)

โดย

นางสาว รัชมี กลางท่าไค่

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

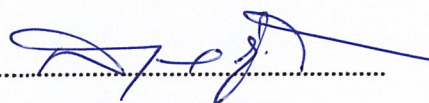


(ผศ. ไพรัตน์ พิมม์ศิริกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 26 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 53

สาขาวิชารับรองแล้ว



(รศ.ดร.สุมิตรา ภูวโรดม)

ประธานหลักสูตรปฐพีวิทยา

วันที่ 26 มิ.ย. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ระยะเวลาและปริมาณการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหารในช่วงก่อน เก็บเกี่ยวต่อการสะสม
ไนเตรทของผักคะน้า ที่ปลูกในระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT)

Timing and Nitrate Decreasing in Nutrient Solution Before Harvested to Nitrate
Accumulation in Chinese Kale (*Brassica oleracea* L.) as Grown on Dynamic Root
Floating Technique (DRFT)

โดย

นางสาว รัชมี กลางท่าไค่

เสนอ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

หลักสูตรปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พุทธศักราช 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง	ระยะเวลาและปริมาณการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหารในช่วงก่อนการ เก็บเกี่ยวต่อการสะสมไนเตรทของผักคะน้า ที่ปลูกในระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT)
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ	Timing and Nitrate Decreasing in Nutrient Solution Before Harvested to Nitrate Accumulation in Cinese Kale (<i>Brassica oleracea</i> L.) as Grown on Dynamic Root Floating Technique (DRFT)
โดย	นางสาวรัศมี กลางท่าไค่
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการผลิตพืช
หลักสูตร	ปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ไพรัตน์ พิมม์ศิริกุล

ทำการปลูกผักคะน้า ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) เพื่อศึกษา ผลของระยะเวลา และปริมาณการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหาร ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวที่มีต่อการสะสมไนเตรทในผัก โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Designed (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 5 ดำรับการทดลอง คือ T1) ดำรับควบคุม (มีไนเตรทในสารละลาย 100%) T2) ลดไนเตรทเหลือ 50% ก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน T3) ลดไนเตรทเหลือ 50% ก่อนเก็บเกี่ยว 4 วัน T4) ลดไนเตรทเหลือ 25% ก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน T5) ลดไนเตรทเหลือ 25% ก่อนเก็บเกี่ยว 4 วัน ผลการทดลอง พบว่า การลดไนเตรทเหลือ 50% ก่อนเก็บเกี่ยว 4 วัน (T3) และการลดไนเตรทเหลือ 25% ก่อนเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วัน (T4) และ 4 วัน (T5) ทำให้ความเข้มข้นโดยมวลสดของผักคะน้า มีค่าลดลงจากดำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผัก ส่วนน้ำหนัสดูดอต้น และค่าความเขียวของใบ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ. ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล อาจารย์ประจำภาควิชาปรัชญาวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และได้เสียสละในการให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาวิชาความรู้ต่างๆตลอดเวลาและให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ. สมเกียรติ สีสนอง ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่างๆให้สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองปัญหาพิเศษในครั้งนี้ได้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ดร. อธิติสุนทร นันทกิจ ที่ให้ความรู้และคำปรึกษาจนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ในด้านต่างๆ ตลอดจนแนวคิด คำปรึกษา คำแนะนำอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ผู้ให้กำเนิด และเป็นผู้ที่ คอยให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษเรื่อยมา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาปรัชญา รุ่น 22 ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษให้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

นางสาว รัชมิ กลางท่าไค่

มีนาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญตาราง	III
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
วิธีการทดลอง	1
- สถานที่ทำการทดลอง	11
- ระยะเวลาในการทดลอง	11
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	12
- น้ำหนักสดต่อต้น (Fresh wieght)	12
- เปอร์เซนต์มวลแห้ง (% Dry matter)	12
- ความเข้มข้นไนเตรทโคซมวลสด (NO_3^- concentration in fresh matter)	13
- ความเขียวของใบ (spad unit)	13
สรุปผลการทดลอง	14
เอกสารอ้างอิง	15
ภาคผนวก	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่
ตารางที่ 1

หน้า
12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาในการลดไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารต่อการสะสมไนเตรทของผักคะน้าที่ ปลูกในระบบ DRFT

Timing and Nitrate Decreasing in Nutrient Solution Before Harvested to Nitrate Accumulation in Chinese Kale (*Brassica oleracea* L.) as Grown on Dynamic Root Floating Technique (DRFT)

คำนำ

ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา ประชากรในประเทศได้หันนิยมมาบริโภคผักกันมากขึ้นกว่าในอดีต และผักคะน้าซึ่งเป็นผักที่ใช้ประกอบเป็นอาหารหลัก เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการบริโภคเพื่อสุขภาพ ปัจจุบันผักคะน้าส่วนใหญ่นิยมปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินกันมากขึ้น ซึ่งมีรายงานว่า ผักที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้น มีโอกาสที่จะสะสมไนเตรทสูงกว่าการปลูกผักที่ปลูกในดิน (Schonbeck, 1988) และการบริโภคอาหารหรือน้ำที่มีไนเตรทในปริมาณสูงเข้าไปสะสมในร่างกายมนุษย์มากเกินไป อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายได้ เช่น เปลี่ยนเป็นสารก่อมะเร็ง (Cassens, 1997) และเกิดโรคเมตาโมโกบินีเมียได้ (WHO, 1995) อย่างไรก็ตาม โดยธรรมชาติธรรมชาติของกระบวนการเจริญเติบโตของพืช ทั้งที่ปลูกบนดินและปลูกโดยไม่ใช้ดินนั้น เมื่อพืชได้รับไนเตรทเข้าไปแล้ว พืชจะไม่สะสมไนเตรทไว้นาน โดยไนเตรทจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียและกรดอะมิโนต่อไป (ขงยุทธ, 2546) นอกจากนี้ กระบวนการดังกล่าวถ้ามีแสงแดดเข้ามาเกี่ยวข้อง กล่าวคือ ถ้ามีอากาศร้อนและแสงแดดจัดหรือมีความเข้มของแสงมากและมีชั่วโมงของแสงที่ยาวนาน จะทำให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงดำเนินตามปกติ หรือทำให้ไม่มีการสะสมไนเตรทในพืช (ดิเรก, 2547) จากปัญหาการสะสมไนเตรทในผักดังกล่าวมาข้างต้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องหันมาให้ความสนใจกับแนวทางจัดการเพื่อลดไนเตรทที่ตกค้างในพืชด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งระยะเวลาและปริมาณการลดความเข้มข้นของไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารพืชลงในช่วงก่อนทำการเก็บเกี่ยว เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดปริมาณการสะสมไนเตรทของผลผลิตพืชก่อนที่จะนำไปบริโภคต่อไป ดังนั้นจึงทำการศึกษาระยะเวลาและปริมาณการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหารในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวต่อการสะสมไนเตรทของผักคะน้าที่ปลูกในระบบ DRFT

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ทราบถึงระยะเวลาและปริมาณการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหารในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อปริมาณการสะสมไนเตรทของผักคะน้าที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน ในระบบ DRFT
2. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเพื่อลดการสะสมไนเตรทในผักคะน้าที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินในระบบ DRFT ก่อนนำไปบริโภค



ตรวจเอกสาร

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponic หรือ Soiless culture) เป็นเทคนิคการปลูกพืชใน ตัวกลางที่ไม่ใช้ดิน พืชอาจเจริญเติบโตในอากาศ ที่มีการควบคุมความชื้นให้เหมาะกับการ เจริญเติบโตของราก หรืออาจปลูกในน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารผสมอยู่ ซึ่งมีการไหลเวียนของ อากาศเหมาะสม หรือปลูกในวัสดุผสมอื่นที่ไม่มีการปนเปื้อนของดิน ซึ่งระบบนี้สามารถควบคุม สภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างรวดเร็วและแน่นอน เช่น สามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหาร ความเป็นกรด-ด่าง และยังเป็นการป้องกันปัญหาแมลงศัตรูพืช และเชื้อโรคที่ปนมากับดิน (อิทธิสุนทร, 2538; Schwarz, 1995)

ระบบการปลูกพืชไร้ดิน DRFT แบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT)

เป็นระบบที่พัฒนาจากประเทศไต้หวัน และมีการพัฒนาให้เหมาะสมกับประเทศไทย ลักษณะของระบบเป็นโรงเรือนขนาดเล็ก โดยทั่วไปมีขนาด 2x7 เมตร หลังคามุงด้วยพลาสติกใส ป้องกันแสง UV ทำให้ทนต่อแสงแดดอายุการใช้งานนาน 2-3 ปี ด้านข้างเป็นมุ้งไนลอนป้องกัน แมลง ดังนั้นระบบน้ำจะเป็นระบบปิด เป็นระบบที่มีการปลูกผักแพร่หลายระบบหนึ่งในประเทศ ไทย ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

- 1) โรงเรือน เป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 2.13 เมตร สูง 2.1 เมตร ยาว 7 เมตร ทำจากโครง เหล็กกลม หลังคาพลาสติกใสกันแสง UV ด้านข้างบุด้วยตาข่ายพลาสติกกันแมลงและลม
- 2) ถาดปลูกพืช ทำจากโฟมขนาดกว้าง 2.01 เมตร ยาว 0.9 เมตร สูง 0.15 เมตร ขึ้นรูปเป็น รูปปลูกผัก จำนวน 10 ร่อง
- 3) แผ่นปลูก เป็นแผ่นโฟมเจาะรูจำนวน 80 รู เพื่อใช้ปลูกพืช แผ่นโฟมวางอยู่ด้านบนของ ถาดปลูก
- 4) อุปกรณ์ปรับระดับน้ำ เพื่อเป็นการเพิ่มช่องว่างระหว่างดินพืชและผิวน้ำ ทำหน้าที่ปรับ ระดับความสูงของสารละลายในถาดปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) **บิมน้ำ** เป็นบิมนขนาดเล็กใช้ในตู้ปลาทั่วไป มีหน้าที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนสารละลายในระบบปลูก

6) **ถังสารละลาย** มีหน้าที่เก็บและรองรับสารละลายที่ไหลในถาดปลูกจากต้นรางและไหลกลับสู่ถังสารละลาย

ปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน

ลักษณะทางพันธุกรรม เป็นตัวบ่งบอกว่าพืชมีลักษณะต่างๆ เช่น โต เล็ก สูง เตี้ย ตามแต่ชนิดพันธุ์พืชนั้นๆ จึงจำเป็นต้องมีความรู้เรื่องจำเพาะของพันธุ์ที่จะปลูก และต้องทราบลักษณะพิเศษของพันธุ์ ทราบปัญหาในการผลิต และทราบอายุในการเก็บเกี่ยวผลผลิต หรือแม้กระทั่งความเหมาะสมของภูมิอากาศ (มนูญ, 2544)

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่เป็นผลเนื่องมาจากความเข้มแสงหรือระดับความสูงของพื้นที่ในแต่ละพื้นที่ (มนูญ, 2544) ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้อัตราการดูดธาตุอาหารของพืชเพิ่มขึ้น ซึ่งการที่อัตราการดูดเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส อัตราการดูดกลับช้าลง ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้ลายเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดธาตุอาหารหรือไปยับยั้งการหายใจ (นงนุช, 2532)

แสง จำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของต้นพืชอย่างมาก ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินตามระเบียบในกรณีที่ไม่เพียงพอก็จะทำให้ต้นพืชยืดและโตช้า หรืออาจไม่โตเลยจึงจำเป็นต้องให้แสงไฟที่ระดับความเข้มสูงเพียงพอที่จะสามารถให้พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ ซึ่งพืชที่ปลูกภายใต้แสงที่มีความเข้มสูงจะสามารถดูดธาตุอาหารได้เร็วกว่าพืชที่ปลูกภายใต้แสงที่มีความเข้มต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากว่าแสงที่มีความเข้มสูงจะทำให้พืชสร้างคาร์โบไฮเดรตได้มากกว่า (นงนุช, 2532)

ออกซิเจน ตามปกติรากพืชได้รับออกซิเจนน้อยกว่าส่วนต่างๆ ของพืชซึ่งอยู่เหนือดิน โดยเฉพาะรากของพืชซึ่งขึ้นอยู่ในน้ำ การที่รากได้รับออกซิเจนน้อยกว่าปกติจะมีผลทำให้การดูดแร่ธาตุลดลง (นงนุช, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ช่วงความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป แต่โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 5.0-6.0 เพราะถ้า pH ต่ำกว่า 4 รากพืชจะเกิดอันตราย (มนูญ, 2544) ซึ่งส่วนมากรากพืชจะขึ้นในที่ที่มีความเป็นกลาง ในสภาพที่เป็นกรดความสามารถของพืชที่จะดูดพวกร่างประจุบวก (cations) จะลดน้อยลง และความสามารถในการดูดประจุลบ (anions) จะน้อยลงเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นด่าง (นงนุช, 2532)

สารละลายธาตุอาหารพืช เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพราะเป็นแหล่งที่ให้ธาตุอาหารแก่พืชเพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องจนถึงกระบวนการเก็บเกี่ยว คุณสมบัติของธาตุอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และมีผลต่อดัชนีในเชิงธุรกิจของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สารละลายธาตุอาหารที่มีชนิดและปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ไม่เป็นพิษต่อพืช สัดส่วนระหว่างธาตุอาหารที่เหมาะสมจะทำให้ไม่เกิดการแข่งขันในการดูดใช้ธาตุอาหารประจุนี้อย่างกันภายในพืช และยังคงควบคุม pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (ศิริก, 2547; อภิธิสุนทร, 2549)

ปัจจัยที่มีต่อการสะสมไนเตรทในพืช

ในทวีปยุโรปและประเทศอเมริกาได้มีการศึกษาถึงปัจจัยของการสะสมไนเตรทในผักพบว่า แสง พันธุ์ของพืช อุณหภูมิ และการให้น้ำในโตรเจนมีผลต่อการสะสมไนเตรทในผัก (Schonbeck, 1988; Elia et. al., 1998; Muramoto, 1999) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและฤดูกาลของการเก็บเกี่ยว (Walter. 1991) Dery Schonhof and Kurmbein (1996) พบว่า ปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักสลัด butterhead ที่ปลูกใน greenhouse จะมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าในแปลงปลูกทั่วไป และไนเตรทที่สะสมจะลดลงเมื่อมีปริมาณแสงเพิ่มขึ้น และปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของไนเตรท คือ ภูมิอากาศ (อุณหภูมิ, ช่วงแสง) ซึ่งมีส่วนสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงถึง 30 – 40 % (Kolbe, 1996)

ชนิดพืช ในบรรดาผักด้วยกันพบว่า ผักประเภทที่ใช้ใบและลำต้นเป็นอาหาร เช่น ผักโขม ผักกาดหอม มีปริมาณไนเตรทสะสมมากกว่าผักที่ใช้รากหรือหัวเป็นอาหาร เช่น แครอท (carrot) หอม (onion) นอกจากนี้ในพืชชนิดเดียวกัน (species) แต่ต่างพันธุ์ (variety) มีการสะสมไนเตรทต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของพืช ในตรพกระจายไปตามส่วนต่างๆ ของพืชแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างส่วนต่างๆ ของพืชพบว่าในลำต้น โดยเฉพาะก้านใบมีไนโตรเจนมากที่สุด (Peck et al. , 1971) รองลงมาคือแผ่นใบและรากตามลำดับ ส่วนคอกนั้นมีปริมาณต่ำสุด (Wright and Davison , 1964) และพบว่าในพืชต้นเดียวกันใบที่อยู่นอกสุดจะแก่กว่าจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำสุด แต่จะมีไนโตรเจนเป็นปริมาณสูงสุด เพราะส่วนที่แก่กว่านั้น ขบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) เป็นไปอย่างช้าทำให้เหลือไนโตรเจนตกค้างมาก จากการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในกะหล่ำปลี และผักกาดขาวปลี พบว่า โดยเฉลี่ยใบที่ไม่ห่อหรือใบนอกสุดจะมีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าใบที่ห่อเป็นหัว หรือใบที่อยู่ชั้นใน (จินคาร์ตัน , 2516)

อายุของพืช โดยทั่วไปความเข้มข้นของไนโตรเจนพืชจะมีมากในช่วงต้นและช่วงกลางๆ ของการเจริญเติบโต และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในช่วงที่พืชกำลังสร้างผลและเมล็ดนั้น ไนโตรเจนบางส่วนจะเคลื่อนย้ายจากลำต้นและใบไปยังส่วนของผล เพื่อใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อในส่วนนั้น

ความแห้งแล้งและอุณหภูมิต่ำ ในสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง (drought) ประกอบกับมีอุณหภูมิสูงจะช่วยให้พืชสะสมไนโตรเจนได้มากขึ้น (Bassioni, 1991) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าไนโตรเจนที่ดูดกลืนไม่ทำงานหรือทำงานช้าลง ขบวนการเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนจึงลดลง แต่ในสภาวะที่มีความแห้งแล้งและพืชยังไม่ขาดน้ำก็ยังคงดูดและเคลื่อนย้ายไนโตรเจนได้มาก เพราะในสภาวะดังกล่าว มักมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าปกติ

ความเข้มของแสง แสงมีผลกระทบโดยทางอ้อมต่อการสะสมไนโตรเจนของพืช เพราะว่าแสงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำงานของเอนไซม์ในตรพตรึงไนโตรเจน เอนไซม์นี้มักมีกิจกรรมช้าลง หรือไม่ทำงาน เมื่อพืชอยู่ในที่มืด ประกอบกับถ้าขณะนั้นอุณหภูมิต่ำลงก็ยิ่งทำให้กิจกรรมของเอนไซม์นั้นลดลง จากการทดลองปลูกผักโขม โดยให้ความเข้มข้นของแสง 3 ระดับ คือ 600 1,600 และ 3,500 ft - c ก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ พบว่า พืชที่ได้รับความเข้มข้นของแสง 600 ft - c สะสมไนโตรเจนมากที่สุด (Cantliffe , 1972)

การบังเงา ให้ผลเช่นเดียวกับการลดความเข้มข้นของแสง ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมของไนเตรติคเทส จะมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับความเข้มข้นของแสงที่พืชได้รับ ดังนั้นจึงพบว่าปริมาณไนเตรทในพืชมีแนวโน้มสูงในวันที่มีเมฆครึ้มหรือมีความเข้มข้นของแสงต่ำ

เวลาในช่วงวัน ในช่วงวันหนึ่งๆ ตั้งแต่พระอาทิตย์ขึ้นจนกระทั่งพระอาทิตย์ตก ปริมาณไนเตรทในพืชมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะว่าอุณหภูมิและความเข้มข้นของแสงในช่วงกลางวันดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ในตอนเช้าอุณหภูมิและความเข้มข้นของแสงน้อย ในช่วงนี้จะมีปริมาณไนเตรทในพืชสูง ส่วนในเวลากลางวันรวมทั้งตอนบ่ายความเข้มข้นของไนเตรทจะต่ำกว่าตอนเช้า

บทบาทของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ โปรตีน ฮอร์โมนพืช บางชนิด ถ้าพืชเกิดอาการขาดธาตุไนโตรเจนจะทำให้ใบพืชมีสีเหลืองที่เกิดขึ้นที่ใบล่างก่อน และคุณภาพของผลผลิตลดลง ในขณะที่การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินนั้นส่วนใหญ่นิยมให้ธาตุไนโตรเจนแก่พืชในรูปของไนเตรท (NO_3^-) มากกว่ารูปของแอมโมเนีย (NH_4^+) ถ้าให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืชในรูปของแอมโมเนียมากเกินไปอาจเป็นมลพิษต่อพืช ทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ได้น้อยลง และอาจทำให้พืชขาดธาตุอาหารเหล่านี้ได้ โดยเกิดอาการปลายใบไหม้ (Tip Burn) ในพืช (Jones, 1997)

ไนโตรเจนที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่เหลือยังเป็นไนเตรทไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืชนั้น ถ้าสภาพแวดล้อมในดินเหมาะสมแก่การสะสมไนเตรท พืชจะดูดไนเตรทจากดินเข้าไปมาก และถ้าพืชมีความสามารถในการเปลี่ยนไนเตรทเป็นอินทรีย์สารได้น้อย หรือสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ก็จะมีไนเตรทสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น โดยทั่วไปการสะสมไนเตรทในพืชเกิดขึ้นเพียงชั่วคราว และไม่ค่อยให้เกิดอันตรายต่อพืชนั้น โดยที่ปริมาณที่สะสมจะลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่

การสะสมไนเตรทในผัก

ในพืชชั้นสูงทั่วไป ผักนับว่าเป็นพืชที่มีการสะสมมากที่สุด ผักแต่ละชนิดมีความสามารถในการสะสมไนเตรทต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากผักแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดไนเตรทจากดินและประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการรีดักชันไนเตรทก็แตกต่างกัน โดยทั่วไปผักที่ใช้ใบและลำต้นเป็นอาหาร เช่น ผักโขม ผักกาดหอม ผักกาดเขียว ผักคะน้า มะเขือเทศ และพวกลำต้นใต้ดิน เช่น หอม มันฝรั่ง แต่ผักใช้รากเป็นอาหารบางชนิด เช่น แรดิช และ ผักกาดหัว สะสมไนเตรทได้ดี

มีรายงานการสะสมไนเตรทของผักบางชนิด เช่น หัวบีท (*Beta vulgaris* L.) , คื่นช่าย (*Apium Graucolens* L. var dulce (Mill) Pers.) , ผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) และผักโขม (*Spinacia oleracea* L.) พบว่าสามารถสะสมไนเตรทมากกว่า 2,500 มิลลิกรัมไนเตรทน้ำหนักสดของเนื้อเยื่อใบ (Bloom-Zandstra, 1989) ซึ่งใบผักในฤดูหนาวมีแนวโน้มที่จะสะสมไนเตรทสูงขึ้น (Schonbeck, 1988) สำหรับเกณฑ์ปริมาณของไนเตรทในผักสลัดตามข้อบังคับของสหภาพยุโรปปี 2536 กำหนดให้ผักสลัดในเดือน พฤษภาคม – ตุลาคม ต้องไม่เกิน 2,500 มิลลิกรัมไนเตรท/กิโลกรัม น้ำหนักสด และในเดือน พฤศจิกายน – เมษายน ต้องไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมไนเตรท/กิโลกรัม น้ำหนักสด (ดิเรก, 2547)

คณะกรรมการวิทยาศาสตร์เพื่ออาหารของสหภาพยุโรป ได้กำหนดค่าที่ยอมรับว่าผู้บริโภคสามารถบริโภคไนเตรทได้อย่างปลอดภัย อยู่ที่ 3.65 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักของคนเป็น กิโลกรัม หรือปริมาณ 219 มิลลิกรัมต่อวันต่อคนที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม สำหรับประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้มีการไนเตรทและไนไตรท์ในอาหารได้ไม่เกิน 500 และ 200 มิลลิกรัมต่อ เนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัมตามลำดับ

อันตรายจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารไนเตรท

การบริโภคผักหรืออาหารอื่น ๆ ที่มีการสะสมของสารไนเตรท สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ และชีวิตของผู้บริโภคได้ (งานสารพิษ , 2531) สารไนเตรทเมื่อเข้าสู่กระเพาะอาหารบางส่วนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสารไนไตรท์ ในขบวนการ Nitrate reduction ที่สามารถเกิดขึ้นเมื่ออยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาพอ็อกซิเจนต่ำ ไนโตรที่สามสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด ไปทำปฏิกิริยากับเม็ดโลหิต โดยกระบวนการ oxidation เปลี่ยนแปลงเม็ดโลหิตจาก Haemoglobin ให้กลายเป็น Methaemoglobin ซึ่งไม่มีคุณสมบัติในการรับและนำพาออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ในร่างกายหากมีปริมาณ Methaemoglobin มากกว่า 20% ของ Hemoglobin ทั้งหมดผู้ป่วยจะมีอาการไม่สบายเนื่องจากการขาดออกซิเจนอย่างเห็นได้ชัด มีอาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบถี่ ปวดศีรษะ หัวใจเต้นแรง และมีจังหวะเร็วกว่าปกติเป็นต้น โดยเฉพาะในเด็กทารกจะอ่อนแอต่อการขาดออกซิเจนนี้ ทำให้เกิดอาการของโรคที่เรียกว่า Methaemoglobinemia หรือ Blue Baby Syndrome เนื้อตัว ผิวหนัง และปากเปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำจนถึงเสียชีวิตได้ (Maynard and Barker ,1972)

ผู้ใหญ่จะมีความต้านทานต่อความเป็นพิษของไนเตรทเมื่อเข้าสู่ร่างกายได้มากกว่าทารก เมื่อได้รับไนเตรทในอัตราส่วนต่อน้ำหนักร่างกายที่เท่ากัน (วุฒิพงษ์ , 2546) เนื่องจากในเม็ดเลือดแดงของผู้ใหญ่มีเอนไซม์ชนิดหนึ่งคือ เอนเอดีเอช – เมธิโมโกลบินรีดักเทส (NADH – Methaemoglobin reductase) ซึ่งสามารถเปลี่ยน Methaemoglobin ให้กลับมาเป็น Haemoglobin อย่างเดิมได้ นอกจากนี้ในเด็กทารกมีความเป็นกรดในกระเพาะอาหารต่ำ มีผลให้อินทรีนที่มีเอนไซม์ซึ่งสามารถรีดิวซ์ไนเตรทไปเป็นไนโตรทเจนริชได้ (งานสารพิษ,2531) ซึ่งต่างจากผู้ใหญ่สามารถเปลี่ยนไนเตรทกลับเป็นไนเตรทแล้วขับถ่ายออกไปได้ (Burt ,1993) มาตรฐานความเป็นพิษในผู้ใหญ่ น้ำหนัก 70 กิโลกรัม กำหนดให้รับสารไนเตรทได้ไม่เกิน 0.7 – 1.0 กรัม (Maynard and Barker ,1972) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผู้ใหญ่จะมีความต้านทานมากกว่าทารก หากมีการบริโภคติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้ร่างกายเกิดความอ่อนแอ กระบวนการเจริญเติบโตของร่างกายลดลง มีโอกาสขาดวิตามินเอ และเป็นโรคคอพอก (Philips ,1971)

การจัดการเกี่ยวกับการลดการสะสมของไนเตรท

การตกค้างของไนเตรทสามารถเกิดได้ทั้งผักที่ปลูกโดยใช้ดินหรือไม่ใช้ดิน ซึ่งปกติแล้วประเทศที่มีแสงแดดจัดทั้งวัน ไม่น่ามีปัญหาเรื่องความเป็นพิษของไนเตรทจากพืชเหมือนจากผลิตภัณฑ์สัตว์ การปฏิบัติเพื่อลดการตกค้างของไนเตรทของผู้ผลิตในประเทศที่มีอากาศหนาวจัดคือ

การลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืช เช่นลดเหลือ 1 ใน 4 ของการให้ตามปกติก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์

ไม่ให้สารละลายธาตุอาหารพืชขาดธาตุโมลิบดีนัม ให้พืชได้รับธาตุอาหารอื่นๆ อย่างพอเพียง โดยเฉพาะ “โมลิบดีนัม” เนื่องจากโมลิบดีนัมเป็นธาตุที่ช่วย (หรือโคแฟกเตอร์) ในการทำงานของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส ดังนั้นอย่าให้พืชขาดธาตุโมลิบดีนัม เพราะจะทำให้ความสามารถในการทำงานเพื่อลดการสะสมของไนเตรทของพืชลดลง

การจัดการแสง ให้พืชได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ หรือลดการพรางแสงแดดก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ เพราะเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส จะถูกกระตุ้นด้วยแสงแดดให้เอนไซม์ทำงาน

การลดความเข้มข้นของสารละลาย และการให้น้ำแทนการให้สารละลายธาตุอาหารพืช ถ้ายังไม่มั่นใจผลจากการปฏิบัติทั้ง 3 ข้อข้างต้นก็อาจ 1) ลดความเข้มข้นของสารละลายลงในสัปดาห์สุดท้าย และ 2) ให้น้ำเปล่าหรือน้ำประปาแทนการให้สารละลายก่อนการเก็บเกี่ยว 1 – 2 วัน ดังเช่นผู้ผลิตบางประเทศของยุโรปและในประเทศญี่ปุ่นนิยมปฏิบัติกัน แต่ถ้าใช้หลักการนี้กับการปลูกแคนตาลูปอาจทำให้ความหวานลดลงได้ ดังนั้นการแก้ไขปัญหานี้จึงเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยงานวิจัยรองรับ

การลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในพืช

สารอาหารสูตรต่างๆ สำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีการใช้ไนเตรทร้อยละ 80 – 100 ของไนโตรเจนตลอดการปลูก (ธรรมศักดิ์, 2544) ซึ่งเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่แล้วความต้องการไนเตรทควรจะลดลง ดังนั้นก่อนระยะเวลาการเก็บเกี่ยว เมื่อพืชได้รับไนเตรทแล้วแต่ยังไม่พอใช้ จะเกิดการสะสมแอมโมเนียม จึงเป็นสาเหตุการสะสมไนเตรทในผลผลิตได้ การลดปริมาณไน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรทตกค้างในผลผลิต ยงยุทธ (2543) ได้แนะนำให้ใช้เกลือคลอไรด์แทนเกลือไนเตรท และการให้ไนโตรเจนแก่พืชควรในอัตราที่พอเหมาะ และไม่ให้เมื่อใกล้เก็บเกี่ยว จัดให้พืชได้รับธาตุอาหารอื่นๆ อย่างเพียงพอโดยเฉพาะโมลิบดีนัม และกำมะถัน และจัดให้พืชได้รับแสงแดดเต็มที่ สำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีรายงานว่า ในยุโรปใช้การลดความเข้มข้นของสารอาหารลงเหลือหนึ่งในสาม ในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว และในประเทศญี่ปุ่น นิยมให้น้ำเปล่าแทนสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยว 2 วัน (ดิเรก และ อธิรุสสุนทร, มปป.)

การใช้ยูเรีย กรดอะมิโน เช่น ไกลซีน (Glycine) ไอโซลิวซีน (Isoleucine) โพลีน (Polien) ทดแทนไนเตรทบางส่วน (20%) ในสารละลายธาตุอาหาร ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 12 วัน พบว่าการใช้ยูเรีย กรดอะมิโนต่างๆ สามารถลดปริมาณสารไนเตรทตกค้างในใบ และก้านใบของผักกาดขาว และผักกาดหอมที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน การใช้ไกลซีนสามารถลดปริมาณสารไนเตรทตกค้างได้ผลดีที่สุด และยังทำให้คุณภาพของผลผลิตดีขึ้นด้วย เนื่องจากมี soluble sugar ปริมาณโปรตีน และไนโตรเจนทั้งหมดในใบ เพิ่มขึ้นกว่ากรรมวิธีควบคุม (Chen et al., 2002)

การใช้ยูเรียพ่นทางใบควรใช้ที่ความเข้มข้น 0.4% ทำให้มีปริมาณกรดแอสตอร์บิคเพิ่มขึ้น (Sagawara, 1975) และแนะนำให้พ่นยูเรีย 4 – 5 ครั้ง ห่างกัน 5 วัน เมื่อปลูกพืชในสารละลายเข้มข้น 50% ของปกติ (Shinohara and Suzuki, 1988)

ต้นหอม (*Allium cepa* L.) ที่ปลูกโดยเพอร์ไลต์ เป็นวัสดุปลูกในระบบ non – recirculating film system สารละลายธาตุอาหาร มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 20.25 mM N (93.8% NO_3 และ 6.2% NH_4) และมีการใช้ยูเรีย ไกลซีน หรืออะมิโนเซดิก ทดแทนไนเตรทในสูตรอาหาร 20% สามารถลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผลผลิตได้โดยไม่มีผลต่อผลผลิต (Aydin Gune et al., 1996)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. โตะปลูกระบบ DRFT
2. ถาดโฟม
3. พลาสติกสีดำ
4. ท่อ PVC
5. ปิมน้ำ
6. ถังบรรจุสารละลายธาตุอาหาร
7. เครื่องวัด EC และ pH
8. แผ่นฟองน้ำ
9. ถาดเพาะกล้า
10. เมล็ดพันธุ์คะน้า
11. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์พืชทางเคมี
12. สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 5

คำรับการทดลอง คือ

T1 คือ ดำรับควบคุม (มีไนโตรเจนในสารละลาย 100%)

T2 คือ ลดไนโตรเจนเหลือ 50% ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 วัน

T3 คือ ลดไนโตรเจนเหลือ 50% ก่อนการเก็บเกี่ยว 4 วัน

T4 คือ ลดไนโตรเจนเหลือ 25% ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 วัน

T5 คือ ลดไนโตรเจนเหลือ 25% ก่อนการเก็บเกี่ยว 4 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำการเพาะเมล็ดคະນ້าลงบนฟองน้ำ รดน้ำให้ชุ่มแล้วคลุมด้วยผ้าประมาณ 2-3 วัน เมล็ดเริ่มงอกให้เอาผ้าคลุมออก นำไปวางในที่ๆมีแสงรำไร และรดน้ำอีกประมาณ 4 – 5 วัน แล้วจึงย้ายลงบนโต๊ะปลูก ทำการปรับสารละลายธาตุอาหารพืชให้มีค่า EC อยู่ในช่วง 1.0 – 1.5 และ pH อยู่ในช่วง 5.5. -6.5จนกระทั่งผักมีอายุได้ 41 วัน จึงทำการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายลง 50 และ 25% ในตำรับการทดลองที่ T3 และ T5 ตามลำดับ และเมื่อผักมีอายุได้ 43 วัน ทำการลดปริมาณไนเตรทของสารละลายธาตุอาหารลงเหลือ 50 และ 25% ในตำรับการทดลองที่ T2 และ T4 ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ปรับลด ปริมาณไนเตรทเหลือ 50% และ 25% แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1

2. เมื่อครบกำหนดการเก็บเกี่ยว (45 วัน หลังย้ายปลูก) ทำการเก็บเกี่ยวผักแล้วนำมาชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำผักไปล้างแล้วนำไปอบในตู้อบที่ 70^oc จนน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วนำตัวอย่างผักมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง

3. ทำการบดพืชด้วยเครื่องบด (RETSCH Cutting Mill SM 100) ผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างพืชไปวิเคราะห์หาไนเตรทต่อไป

4. วิเคราะห์หาไนเตรทพืชโดย สกัดตัวอย่างพืชด้วยน้ำกลั่น โดยนำไปแช่ที่ 180 rpm นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็ว 2500 vpm นาน 15 นาที แล้วนำส่วนสารละลายที่ใสไปวัดหาปริมาณไนเตรทโดยการทำให้เกิดสีตามวิธี Salicylic acid ที่อธิบายไว้โดย Catado et al. (1975) ซึ่งมีขั้นตอนคร่าว ๆ ดังนี้ นำสารละลายที่สกัดได้ไปทำปฏิกิริยากับ 5% Salicylic acid in concentrated H₂SO₄ (w/v) จากนั้นทำให้สารละลายเกิดการพัฒนของสีโดยปรับสภาพให้เป็นด่าง ด้วยการเติม 4 M NaOH แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณไนเตรท เทียบกับ Standard curve ของไนเตรท

5. เก็บข้อมูลพืช ได้แก่ น้ำหนักสด , เปอร์เซ็นค้มวลแห้ง , ปริมาณไนเตรทในพืช และความเขียวของใบพืช

6. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และค่าความแตกต่างทางข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

สถานที่ทำการทดลอง

บริเวณโรงเรียนชั้น 5 และห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และจัดทำรายงาน เป็นเวลา 6 เดือน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

น้ำหนักสดต่อต้น (Fresh wieght)

ผลของระยะเวลา และระยะเวลาการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหาร ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อน้ำหนักสดต่อต้นของผักคะน้า แสดงในตารางที่ 1 พบว่า น้ำหนักสดต่อต้นของผักคะน้าในแต่ละตำรับทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยผักในตำรับควบคุม (T1) มีน้ำหนักสดต่อต้น 60.60 กรัม / ต้น และน้ำหนักสดต่อต้นของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% ก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน (T2) และ 4 วัน (T3) มีค่า 56.22 และ 66.76 กรัม / ต้น ตามลำดับ และน้ำหนักสดต่อต้นของผักในตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 25% ก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน (T4) และ 4 วัน (T5) มีค่า 53.33 และ 68.43 กรัม / ต้น ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักสดต่อต้นของผักคะน้าที่ลดปริมาณไนเตรทนานขึ้นจาก 2 วัน เป็น 4 วัน (ทั้งที่ลดปริมาณไนเตรทเหลือ 50% และ 25%) กลับพบว่าผักมีน้ำหนักสดต่อต้นเพิ่มขึ้น นั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการตายของใบแก่แน่นอน

ตารางที่ 1

ตำรับทดลอง	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม / ต้น)	เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%)	ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัมNO ₃ ⁻ /กิโลกรัม)	ความเขียวของใบ (spad unit)
T1	60.59 a	8.26 a	7386.33 a	55.40 a
T2	56.22 a	8.29 a	6684.66 ab	56.50 a
T3	66.75 a	7.06 b	6450.00 b	50.96 a
T4	53.32 a	7.90 ab	6456.66 b	54.90 a
T5	68.43 a	7.47 ab	6118.33 b	52.23 a
%CV	13.42	6.04	6.96	8.10

เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (% Dry matter)

ผลของระยะเวลา และปริมาณการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหาร ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักคะน้า แสดงในตารางที่ 1 พบว่า เปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักคะน้าในตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% ก่อนเก็บเกี่ยว 4 วัน (T3) มีค่าน้อยกว่าตำรับควบคุม (T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า 7.06 และ 8.26 % ตามลำดับ ขนาดเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักคะน้าในตำรับทดลองที่ลดไนเตรทเหลือ 50% ก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน (T2) และผักในตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 25% ก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน (T4) และ 4 วัน (T5) พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันจากตำรับควบคุม (T1) ในทางสถิติ โดยมีค่า 8.29 7.90 และ 7.47% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักคะน้ากับน้ำหนักสดต่อต้นของผัก พบว่าผักที่มีน้ำหนักสดต่อต้นน้อย จะมีเปอร์เซ็นต์มวลแห้งมาก ที่เป็นเช่นนั้นเพราะผักที่มีต้นเล็กจะมีความอวบน้ำน้อยกว่าผักที่มีต้นใหญ่ จึงทำให้ผักมีเปอร์เซ็นต์มวลแห้งมาก

ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (NO_3^- concentration in fresh matter)

ผลของระยะเวลา และปริมาณการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหาร ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดของผักคะน้า แสดงในตารางที่ 1 พบว่า ความเข้มข้นโดยมวลสดของผักคะน้าในตำรับทดลองที่ลดไนเตรทเหลือ 50% ก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน (T2) มีแนวโน้มลดลงจากตำรับควบคุม (T1) คือ มีค่า 6,684 และ 7,386 มิลลิกรัม NO_3^- / กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ แต่ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ขณะที่ตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% ก่อนเก็บเกี่ยว 4 วัน (T3) และผักในตำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 25% ก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน (T4) และ (T5) พบว่า มีความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดน้อยกว่าตำรับควบคุม (T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า 6,450 6,457 และ 6,118 มิลลิกรัม NO_3^- / กิโลกรัมมวลสด ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการลดปริมาณไนเตรทในสารละลาย (เหลือ 50% และ 25%) ก่อนเก็บเกี่ยวมีผลทำให้ความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสดของผักลดลง และระยะเวลาที่นานขึ้น (จาก 2 วัน เป็น 4 วัน) ก็ทำให้ผักมีความเข้มข้นไนเตรทลดลงเช่นกัน ซึ่งเป็นผลดีต่อคุณภาพของผักเพื่อการบริโภคและยังเป็นการประหยัดปริมาณปุ๋ยไนเตรทที่ใช้ โดยไม่ทำให้น้ำหนักสดต่อต้นของผักแตกต่างไปจากตำรับควบคุมในทางสถิติ

ความเขียวของใบ (Spad unit)

ผลของระยะเวลา และปริมาณการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหาร ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อความเขียวของใบผักคะน้า แสดงในตารางที่ 1 พบว่า ความเขียวของใบผักคะน้าในแต่ละการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยผักในคำรับควบคุม (T1) มีความเขียวของใบ 55.40 spad unit และความเขียวของใบผักในคำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 50% ก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน (T2) และ 4 วัน (T3) มีค่า 56.50 และ 50.97 spad unit ตามลำดับ และความเขียวของใบผักในคำรับที่ลดไนเตรทเหลือ 25% ก่อนเก็บเกี่ยว 2 วัน (T4) และ 4 วัน (T5) มีค่า 54.90 และ 52.23 spad unit ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเขียวของใบกับเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผัก พบว่า การลดไนเตรทในสารละลายลง (ทั้งเหลือ 50% และ 25%) และระยะเวลาที่นานขึ้น (จาก 2 วัน เป็น 4 วัน) มีผลทำให้ความเขียวของใบมีค่าน้อยลง ขณะที่เปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักมีค่ามากขึ้น (อวบน้ำมากขึ้น) ซึ่งจะส่งผลต่อสีสรรและความน่ารับประทานของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ถ้าระยะเวลาในการลดมากเกินไป ปริมาณไนเตรทในพืช ก็จะลดลงมาก และใบพืชจะแสดงอาการมีสีเหลือง ต้นแคระแกรน เนื่องจากขาดธาตุอาหารเป็นเวลานาน และผลผลิตที่ได้ก็จะน้อยลง เพราะไนเตรทเป็นรูปหนึ่งของธาตุไนโตรเจน ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ โปรตีน ฮอร์โมนพืชบางชนิด ถ้าพืชเกิดการขาดธาตุไนโตรเจนขึ้น จะทำให้พืชมีสีเหลืองที่เกิดขึ้นที่ใบล่างก่อน และคุณภาพผลผลิตลดลง

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของระยะเวลา และปริมาณการลดไนเตรทของสารละลายธาตุอาหาร ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ที่มีต่อการสะสมไนเตรทของผักกาดที่ปลูกในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินแบบ DRFT พบว่า การลดไนเตรทเหลือ 50% ก่อนเก็บเกี่ยว 4 วัน (T3) และการลดไนเตรท 25% ก่อนเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วัน (T4) และ 4 วัน (T5) ทำให้ความเข้มข้นโดยมวลสดของผักกาดมีค่าลดลงจากค่าควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผัก ส่วนน้ำหนักสดต่อต้น และค่าความเขียวของใบผัก พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ



เอกสารอ้างอิง

กลุ่มหนังสือเกษตร (AGRI BOOK GROUP).2525 พิมพ์ครั้งที่ 1 หน้า 131-133 , 234-235. กองบรรณาธิการ “ฐานเกษตรกรรม” . 2529 . รวมเรื่องผัก. ฉบับพิเศษอันดับที่ 11. หน้า 33 – 34 .งานสารพิมพ์. 2531 . ไนเตรท ไนไตรท์ และสารประกอบอื่น - ไนโตรโซ. กองมาตรฐาน คุณภาพ สิ่งแวดล้อม. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ .

ดิเรก ทองอร่าม. 2347 . การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการผลผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจ ในประเทศไทย . มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช , ธรรมรักษ์การพิมพ์ . ราชบุรี 724 น .

ดิเรก ทองอร่าม และ อิทธิสุนทร นันทกิจ มปป. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเชิงธุรกิจในประเทศไทย นงนุช วงศ์สินช้วน .2532 . การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.โปรแกรมเทคนิคการเกษตร วิทยาลัยชุมชนภูเก็ต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ , ภูเก็ต .

มนัญญา รัตนโชติ. 2546 . การงดสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณการสะสมไนเตรทใน Waterress (*Nasturtium officinale*) และ Green rose bush (*Alternanthera lehmannii* “ Egreen “) ที่ปลูกโดยระบบ Deep Flow Technique (DFT). วิทยานิพนธ์ปริญญา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี . 39 น.

มณูญ ศิริनुพงษ์. 2544 . การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี . 90 น .

ขงยุทธ์ เจียมชัยศรี. 2546 . การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma spp.*) กับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน อ้างโดย ดิเรก ทองอร่าม. 2547 . การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหลักการจัดการผลผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย . มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช . ธรรมรักษ์การพิมพ์ , ราชบุรี . 724 น .

ยงยุทธ โอสถสภ 2543 . ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร 424. น .

วุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. 2546 . การเจริญเติบโต การสะสมไนเตรท และการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,ภาควิชาพืชสวน,สาขาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โสระยา ร่วมรังสี 2544 . การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน. โครงการตำรามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ . สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์ , กรุงเทพมหานคร .

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538 . การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน Hydroponic . คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , กรุงเทพมหานคร .

Aydin Gune Ali Nal and Mehmet Akta . 1996 . Reducing nitrate content of NFT grown winter onion plant (*ALLIUM cepa* L.) by partial replacement of NO_3 with amino acid in nutrient solution . *Scientia Horticulturae* .65 : 203 – 208

Bassioni , N.H. and B.B., Tucker .1971 . Temperature and Ph interaction in nitrate uptake . *Plant and Soil* , 32 : 445 – 448 .

Bloom - Zandstra , M .1989 . Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality . *Ann . Appl . Biol* . 115 : 553 – 561 .

Burt ,T.P. 1993 .Nitrate process , Patterns and Management . National Academy of Sciences, Washington ,D.C., USA.

Cantliffe, J.R. 1973. Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen phosphorus and potassium nutrition and light intensity . *Agronomy J.* 65 (4) : 563 – 565.

Cataldo , D.A., N. Haroon , L.E. Sharda and V.L. Youngs . 1975 Rapid Colorimetric Determination of nitrate in plant Tissue by Nitration of Salicylic Acid *Commun. SoilScience and Plant Analysis* 6 (1) : 71 – 80 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Cataldo , D.A., N. Haroon , L.E. Shardaer and V.L. Youngs . 1975 Rapid Colorimetric Determination of nitrate in plant Tissue by Nitration of Salicylic Acid Commun. SoilScience and Plant Analysis 6 (1) : 71 – 80 .
- Cassens, R. 1997. Residual nitrite in cured meats . Food Technol . 51 (2) : 53 – 55 . Chen GuiLin, Gao XuiRui and Zhang XianBin. 2002. Effect of partial replacement of nitrate by amino acid and urea on nitrate of non – Heading Chinese cabbage and lettuce in hydroponic condition. Agricultural Sciences in China 1 (4) : 444-449.
- Drew, Schonhof and Krumbein. 1996. Nitrate, vitamin C and sugar content of lettuce (*Lactuca sativa*) depending on cultivar and stage of head development. Gartenbauwissenschaft. 61 : 3, 122 – 129 ; 26 ref .
- Elia, A., P. Santamaria and F. Serio. 1998. Nitrogen nutrition, yield and quality of spinach. J. sci. Food Agr. 76 : 341 - 346 .
- Jones, J.B., Jr. 1997 . Hydroponics : A practical guide for the soilless grower. St. Luice Press. Boca Raton , Florida .
- Kolbe. 1996. Factors influenceing the composition of potatoes, Part 4 Nitrate. Kartoffelbau. 47 (7) : 259 – 264.
- Maynard. D.N. and Baker , A.V. 1972. Nitrate Content of vegetable crops. Hort. Science 7 (3) : 224 -246.
- Muramoto, J. 1999. Comparison of nitrate Content in Leafy Vegetable from Organic and Conventional Farms in California. Center for Agroecology and Sustainable Food System University of California, Santa Cruz.
- Peck, N.H.; A.V. Barker; G.E. McDonal and R.S. Shallenbaker. 1971. Nitrate accumulation in vegetables. II. Table beets grown in upland soils. Agron. J. 63 : 130 -132.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phillips W.E. 1971. Natural occurring nitrate and nitrite in foods in relation to infant Methaemoglobinemia . *Fd. Cosmet. Toxicol.* 9 ;219 -228.

Schonbeck, M.1998 Nitrate in Water Greenhouse Leafy vegetable, Article No. 33. *New Alchemy Quarterly Institute Inc., MA.*

Shinohara, Y. and Y. Suzuki. 1998. Quality improvement of hydroponically grown leaf vegetables. *Acta Horticultural.* 203 : 379 – 286.

Walters, C. 1991. Nitrate and nitrite in foods. pp. 93 -107. In *Nitrogen in Food and Water* (M. Hill. Ed.). Ellis Harwood, Newyork.

World Health Organization (WHO). 1995. 44 – report of joint FAO–WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Pp. 29 – 35. In *WHO Technical Report No.159.* WHO. Geneva.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด (กรัม/ต้น) ของผักตะน้า

คะน้า				
ปริมาณ NO ₃ ⁻ ในสารละลาย	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว (วัน)			
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
T1	59.77	49.21	72.81	60.60
T2	61.98	46.71	59.97	56.22
T3	64.60	65.43	70.24	66.76
T4	56.68	46.28	57.02	53.33
T5	55.02	60.03	90.24	68.43
ค่า % CV = 13.43				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%) ของผักคะน้า

คะน้า				
ปริมาณ NO ₃ ⁻ ในสารละลาย	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว (วัน)			
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
T1	7.91	7.59	9.28	8.26
T2	7.79	7.51	9.58	8.29
T3	7.22	6.92	7.05	7.06
T4	7.52	7.81	8.37	7.90
T5	7.39	7.20	7.83	7.47
ค่า % CV = 6.04				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนเตรทโดยมวลสด (มิลลิกรัม NO₃⁻ / กิโลกรัม) ของผักคะน้า

คะน้า				
ปริมาณ NO ₃ ⁻ ในสารละลาย	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว (วัน)			
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
T1	7732	7433	6994	7386.33
T2	6252	7438	6364	6684.67
T3	6880	6215	6255	6450.00
T4	6021	6796	6553	6456.67
T5	6499	6451	5405	6118.33
ค่า % CV = 6.96				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลของการลดปริมาณไนเตรทในสารละลายธาตุอาหาร และระยะเวลาในการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความเขียวของใบ (Spad unit) ของผักคะน้า

คะน้า				
ปริมาณ NO ₃ ⁻ ในสารละลาย	ระยะเวลาลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว (วัน)			
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	เฉลี่ย
T1	54.60	54.30	57.30	55.40
T2	49.40	61.00	59.10	56.50
T3	53.80	47.10	52.00	50.97
T4	54.50	55.70	54.50	54.90
T5	55.40	54.70	46.60	52.23
ค่า % CV = 8.10				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 ความเข้มข้น (มิลลิกรัม / ลิตร) ของธาตุชนิดต่าง ๆ ในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการปลูกผักคะน้า (100 % NO₃⁻) และภายหลังปรับให้มีปริมาณไนเตรทที่ระดับต่างๆ

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม / ลิตร)			
ชนิดธาตุอาหารพืช	100 % NO ₃ ⁻	50 % NO ₃ ⁻	25 % NO ₃ ⁻
NO ₃ ⁻	744.00	372.00	186.00
H ₂ PO ₄ ⁻	126.10	126.10	126.10
SO ₄ ²⁻	67.20	67.20	67.20
NH ₄ ⁺	-	108.00	162.00
K ⁺	280.80	280.80	280.80
Ca ²⁺	124.00	124.00	124.00
Mg ²⁺	16.80	16.80	16.80