

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญาตรี

เรื่อง

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งนาน 3 นาที
Nitrate and Nitrite Contents in 3 Minutes Steamed Chinese Kale



T099029

โดย

นางสาวสุทธินันท์ วรยศ

Miss Suttinun Warayot

ป.พ.
 ศ. 2545
 2545

เลขหมู่..... 99029

เลขทะเบียน.....

วันเดือนปี.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
ปริญญาตรี
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งนาน 3 นาที
Nitrate and Nitrite Contents in 3 Minutes Steamed Chinese Kale

โดย
นางสาวสุทธินันท์ วรยศ
Miss Suttinun Warayot

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถักขณา อมรสิน)
อาจารย์ที่ปรึกษา


ภาควิชารับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรเดช จันทรสร)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วัน...๓๐...เดือน...พ.ค....พ.ศ....๕๖...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งนาน 3 นาที
 โดย : นางสาวสุทธินันท์ วรยศ
 ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
 สาขา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
 อาจารย์ที่ปรึกษา:  ๒๙/พค./๒๕๖๖
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน)

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ ในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที ทำการศึกษาในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย ตรวจสอบวิเคราะห์ไนเตรตและไนไตรต์โดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมตริก ผลการตรวจวิเคราะห์พบปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกและไม่ใส่ปุ๋ย และผ่านการนึ่งนาน 3 นาที เท่ากับ 4936.83, 1323.53, 56.45, 1812.65, 1322.15 และ 449.69 มก./กก. ตามลำดับ ปริมาณไนไตรต์ เท่ากับ 2.47, 2.72, 2.47, 2.21, 2.09 และ 6.88 มก./กก. ตามลำดับ โดยที่ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูงกว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ แต่ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกมีปริมาณไนเตรตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ ทั้งนี้ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยจะสูงสุดและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ระดับ $P=0.05$ ทั้งนี้ไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกต่ำกว่าไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดเดียวกันแต่ผ่านการนึ่งนาน 3 นาที กับไม่ผ่านการนึ่งพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ ปริมาณผลผลิตผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพคือ 6.09, 5.86, 5.46, 1.80, 1.36 และ 0.90 มก./กก.ตามลำดับซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : Nitrate and Nitrite Contents in 3 Minutes Steamed Chinese Kale
By : Suttinun Warayot
Degree : Bachelor of Science in Agriculture
Major Field : Plant Pest Management Technology
Project Advisor: *Luckana Amonsin* *29 May 2003*
 (Asst. Professor Luckana Amonsin)

Abstract

The study of nitrate and nitrite contents in 3 minutes steamed and non-steamed Chinese Kale treated with fertilizer, manure, bio-extract, fertilizer alternated with manure, fertilizer alternated with bio-extract and non-treated with fertilizer was conducted on October 27, 2002. The experiment was designed as completely randomized designed (CRD) and was analyzed by spectrophotometric method. The results were found that nitrate in 3 minutes steamed Chinese Kale treated with fertilizer, manure, bio-extract, fertilizer alternated with manure, fertilizer alternated bio-extract and non-treated with fertilizer were 4936.83, 1323.54, 56.45, 1812.65, 1322.15 and 449.69 mg/kg, nitrite were 2.47, 2.72, 2.47, 2.21, 2.09 and 6.88 mg/kg respectively. The amount of nitrate in steamed Chinese Kale treated with fertilizer have significantly higher than Chinese Kale treated with manure, bio-extract, fertilizer alternated with bio-extract, fertilizer alternated with manure and non-treated with fertilizer but were not significant in Chinese Kale treated with manure and fertilizer alternated with manure at $P=0.05$. The amount of nitrite in non-treated Chinese Kale with fertilizer haven't significantly higher than that of Chinese Kale treated with fertilizer, manure, bio-extract and fertilizer alternated with bio-extract at $P=0.05$, but were significant in Chinese Kale treated with fertilizer alternated with manure at $P=0.05$. Nitrate and Nitrite in 3 minutes steamed Chinese Kale and non-steamed Chinese Kale treated with fertilizer, manure, bio-extract, fertilizer alternated with manure, fertilizer alternated with bio-extract and non-treated with fertilizer weren't significant at $P=0.05$. The production of Chinese Kale treated with fertilizer alternated with manure, fertilizer, fertilizer alternated with bio-extract, manure, non-treated with fertilizer and bio-extract were 6.90, 5.86, 5.46, 1.80, 1.36, and 0.90mg/kg respectively and have significantly difference at $P=0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถักขณา อมรสิน ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และแนะแนวทางในการแก้ไข ปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาและทุกคนในครอบครัวที่ให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษและได้ให้ความช่วยเหลือด้านกำลังทรัพย์ในการศึกษาตลอดมา

ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คุณจรงค์ศักดิ์ พุมนวน ที่ได้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆด้วยความกรุณา รวมทั้งเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

สุดท้าย หากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าน้อมรับแต่เพียงผู้เดียว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
คำนิยม	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	v
สารบัญภาพ	vi
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	19
ผลการทดลอง	26
วิจารณ์ผลการทดลอง	36
สรุปและข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ หลังจากผ่านการนึ่งในน้ำเดือด นาน 3 นาที และที่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด	27
2. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ หลังจากผ่านการนึ่งในน้ำเดือด นาน 3 นาที และที่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด	29
3. ปริมาณผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ	31
ตารางผนวกที่	
1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที	42
2. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไนเตรตในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด นาน 3 นาที	42
3. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที	44
4. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด นาน 3 นาที	44
5. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที	46
6. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด นาน 3 นาที	46
7. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที	48
8. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด นาน 3 นาที	48

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ปฏิบัติการเปลี่ยนแปลงของไนเตรตและการสังเคราะห์สารประกอบไนโตรโซ	18
2. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ ที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาทีและไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด	28
3. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ ที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาทีและไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด	30
4. ปริมาณผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ	32
5. ผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี	33
6. ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี	33
7. ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก	34
8. ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	34
9. ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	35
10. ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

คะน้าเป็นผักที่รู้จักกันทั่วไปและนิยมบริโภคกันมาก โดยจะบริโภคส่วนของใบและลำต้น ผักคะน้า(Chinese Kale) จัดเป็นพืชตระกูลกะหล่ำ(Crucifer) เป็นผักมีวิตามินซีและแคลเซียมสูง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea var albograba* มีถิ่นกำเนิดในเอเชีย มีปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ฮองกง ไต้หวัน มาเลเซีย และไทย คะน้าเป็นพืชฤดูเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ด จนถึงเก็บเกี่ยว ประมาณ 45-55 วัน สามารถปลูกได้ตลอดปีในแหล่งที่มีน้ำเพียงพอ แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกคะน้าให้ได้ผลดีที่สุด คือ ระยะเวลาตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเมษายน และเนื่องจากผักคะน้าเป็นผักที่นิยมบริโภคกันทั่วไป ทำให้ตลาดมีความต้องการสูง เกษตรกรผู้ปลูกจึงพยายามหาวิธีที่จะเพิ่มผลผลิตเพื่อให้เพียงพอับความต้องการ โดยปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในการช่วยเพิ่มผลผลิตและช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรต (nitrate) ซึ่งการใช้ปุ๋ยดังกล่าวในปริมาณสูง ก่อปัญหาการมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ตกค้างในผักสูงจนอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำการศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาทีว่าจะทำให้มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ต่างจากผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเหมือนกันแต่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาทีอย่างไร รวมทั้งประเมินความปลอดภัยในการบริโภคผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยชนิดต่างๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก ที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที และไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด
2. เพื่อประเมินความเสี่ยงการเป็นอันตรายจากไนเตรตและไนไตรต์จากการบริโภคผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที เปรียบเทียบกับผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดเดียวกันแต่ไม่ผ่านการนึ่ง
3. เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ผักคะน้า(Chinese Kale) เป็นผักที่ใช้บริโภคส่วนของใบและลำต้น เป็นผักที่นิยมบริโภคกันมาก มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และมีปลูกกันมากในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ฮองกง ไต้หวัน มาเลเซีย และไทย เป็นต้น

ผักคะน้าอยู่ในตระกูลกะหล่ำ(Cruciferae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea var albograbba* อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45 – 55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่ช่วงที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเมษายน สำหรับคะน้าที่นิยมใช้ปลูกในประเทศไทย มีอยู่ 2 ประเภท คือ

1. คะน้าใบ มีลักษณะต้นอวบใหญ่ ก้านเล็ก ใบกลมหนา กรอบ ทนต่อดินฟ้าอากาศได้ดี เมล็ดพันธุ์ของผักคะน้าใบที่ราชการผลิตได้ ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1 และพันธุ์ฝางเบอร์ 2
2. คะน้ายอดหรือคะน้าก้าน มีลักษณะลำต้นอวบใหญ่ ดอกขาว ใบแหลม ก้านใหญ่ ต้านทานต่อโรคและทนต่ออากาศร้อนได้ดี สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ทางราชการผลิตคือ PL-20 เป็นพันธุ์คือออกดอกช้า ให้น้ำหนักดี ผลผลิตสูง เผยแพร่ให้เกษตรกรใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2516

พืชผักมีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ ผักเป็นแหล่งธาตุอาหารสำคัญที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งในอาหารชนิดอื่นมีไม่เพียงพอหรือไม่มี ผักอุดมด้วยธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็กและเป็นแหล่งที่ให้วิตามินหลายชนิด พืชผักสีเขียว เช่น คะน้า บร็อกโคลี ผักกาดเขียวเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ถั่วต่างๆเป็นแหล่งของธาตุเหล็ก และโปรตีน พืชผักสีเขียวและเหลืองเป็นแหล่งของวิตามินเอ วิตามินซี ไทอามีน ไนอาซิน และกรดโฟลิก ผักประเภทที่เป็นแหล่งของเยื่อใย เช่น คื่นช่าย กะหล่ำ และผักกาดต่างๆ นอกจากนี้ยังมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์จึงนิยมบริโภคกันทั่วไปโดยเฉพาะประชากรในแถบทวีปเอเชียนิยมบริโภคพืชผักเป็นอาหารหลัก

ผักมีคุณสมบัติช่วยให้ระบบย่อยอาหารของร่างกายลดสภาพความเป็นกรด ซึ่งเป็นสาเหตุจากการย่อยอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เนย หรืออื่นๆ เยื่อใยของผักจะช่วยให้ระบบขับถ่ายของร่างกายเป็นไปอย่างปกติ ลดโอกาสเสี่ยงจากการเป็นโรคลำไส้อักเสบและมะเร็งลำไส้ใหญ่

พืชผักชนิดที่ปลูกเพื่อรับประทานลำต้นและใบ เช่น ผักตระกูลกะหล่ำ ได้แก่กะหล่ำปลี ผักคะน้า ผักกาดเขียว พืชพวกนี้ต้องการไนโตรเจนในปริมาณสูงเพื่อนำไปสร้างการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และเพื่อให้ลำต้นและใบอ่อนมีความกรอบ ดังนั้นในการปลูกพืชพวกนี้จึงต้องใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุไนโตรเจน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรด(NH_4NO_3) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) ปุ๋ยยูเรีย $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีการให้ปุ๋ยไนเตรดทางใบโดยการฉีดพ่น ซึ่งการใช้ปุ๋ย

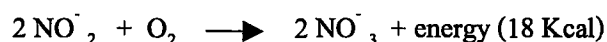
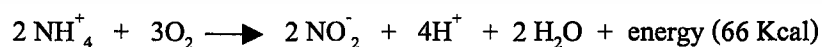
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปริมาณที่มากเกินไปจนความจำเป็นจะทำให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อม และยังอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ เนื่องจากมีสารไนเตรตตกค้างในพืชหลังการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปไนเตรตมิได้เป็นอันตรายโดยตรง แต่หากถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ และเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตในปริมาณมากพอก็จะก่อให้เกิดโทษได้ ทั้งนี้ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารในกลุ่มมหธาตุ(macronutrient element) และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบในเซลล์พืชหลายชนิด ได้แก่ โปรตีน นิวคลีอิก กรดอะมิโนชนิดต่างๆ โคเอนไซม์ ฮอร์โมนบางชนิด และรงควัตถุบางชนิด เช่น คลอโรฟิลล์, พอร์ไฟริน เป็นต้น

การแปรสภาพของไนโตรเจนในกระบวนการไนตริฟิเคชัน

ในบรรยากาศทั่วไปประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจนปริมาณที่สูงถึง 78% แต่พบว่าพืชมักขาดไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากพืชจะใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนได้เฉพาะในรูปสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่พืชจะดูดไนเตรต(NO_3^-) และแอมโมเนียม(NH_4^+) ที่อยู่ในดินเข้าทางรากพืช และโดยการตรึงไนโตรเจน(Nitrogen fixation) โดยตรงจากบรรยากาศอย่างไรก็ตามแอมโมเนียม(NH_4^+)ในดินที่มีการระบายอากาศดีหรือไม่ก็ดี มีความชื้น อุณหภูมิสูงหรือต่ำ และสภาพแวดล้อมอื่นๆเหมาะสม จะถูกจุลินทรีย์บางชนิด เปลี่ยนให้เป็นไนไตรต์(NO_2^-) และไนเตรต (NO_3^-)ตามลำดับ โดยจะเกิดจากจุลินทรีย์ 2 พวกใหญ่ๆ คือ

1. Chemoautotrophic microorganism จุลินทรีย์พวกนี้เป็นแบคทีเรียจากที่พบทั้งหมดจำนวน 7 genus แต่มีเพียง 2 genus เท่านั้น ที่มักพบอยู่ในดินโดยทั่วไป คือ *Nitrosomonas* และ *Nitrobacter* *Nitrosomonas* ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้แอมโมเนียมเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ก็มี 3 species คือ *Nitrosomonas europaea*, *Nitrosomonas monocella* และ *Nitrosomonas digocarbagenes* ส่วน *Nitrobacter* ซึ่งเป็นพวกที่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ไนไตรต์เปลี่ยนเป็นไนเตรต มีอยู่ 2 species คือ *Nitrobacter wingraadskii* และ *Nitrobacter agilis* แบคทีเรียในกลุ่มนี้ทั้งหมดเป็นพวกที่ใช้ไนโตรเจนอนินทรีย์เป็นแหล่งของพลังงาน และเพิ่มออกซิเจนให้กับไนโตรเจนอนินทรีย์นั้นๆ



กิจกรรมของ *Nitrosomonas* จะทำให้เกิดการสะสมไนไตรต์ ซึ่งการสะสมไนไตรต์โดยจุลินทรีย์พวกนี้มีสาเหตุอยู่ 2 ประการ คือ เมื่อดินมีสภาพความเป็นด่างสูงเกินไป และเมื่อมีปริมาณของแอมโมเนียมสูงๆ เช่น เมื่อดินมี pH 9.5 แม้จะมีแอมโมเนียมต่ำเพียง 1.4 ppm กิจกรรมของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nitrobacter จะชะงักทันที โดยเฉพาะ *Nitrobacter agilis* แต่ในสภาพดังกล่าวนี้การแปรสภาพจากแอมโมเนียมเป็นไนไตรต์จะคงยังเกิดขึ้นได้ โดยที่ไนไตรต์ที่เกิดขึ้นจะสะสมอยู่ในดินเพราะไม่มีตัวกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มออกซิเจนเป็นไนเตรตได้

2. Heterotrophic microorganisms จุลินทรีย์พวกนี้จะได้รับพลังงานจากการเพิ่มออกซิเจนให้กับอินทรีย์สาร แต่ไม่ได้พลังงานจากแอมโมเนียมและสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ผลที่ได้จากปฏิกิริยาคือ ไนไตรต์ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้คือ แบคทีเรียแอคทีโนมายซีต (actinomycetes) และรา ไนไตรต์ที่เกิดขึ้นจะไม่ถูกเพิ่มออกซิเจนต่อไปแต่บางครั้งจะถูกนำไปใช้ไป (assimilate) โดยจุลินทรีย์ แต่ก็ก็เป็นเพียงส่วนน้อยเท่านั้น

การตรึงไนโตรเจน

การตรึงไนโตรเจนหมายถึง การรีดิวส์ก๊าซไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียม ซึ่งพืชไม่สามารถทำปฏิกิริยานี้ได้เพราะไม่มีเอนไซม์ไนโตรจิเนส (nitrogenase) แต่จุลินทรีย์บางชนิดสามารถทำปฏิกิริยานี้ได้ โดยแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้ดังนี้

1. กลุ่มซิมไบโอซิส (Symbiotic nitrogen fixation) เป็นการตรึงไนโตรเจนจากการอยู่ร่วมกันระหว่างพืชและจุลินทรีย์ โดยมีการสร้างปม ได้แก่ พืชตระกูลถั่วกับไรโซเบียม และพืชพวก angiosperm ที่ไม่ใช่ตระกูลถั่ว เช่น *Alnus rubra* กับจุลินทรีย์พวก Actinomycetes เป็นต้น
2. กลุ่มแอสโซซิเอทีฟ (Associative nitrogen fixation) เป็นการตรึงไนโตรเจนจากการร่วมกันระหว่างพืช และจุลินทรีย์แต่ไม่สร้างปม ได้แก่ อ้อยและแห่นางแว่น (*Azolla*) กับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน
3. กลุ่มอิสระ (Free - living หรือ Non - symbiotic nitrogen fixation) เป็นการตรึงไนโตรเจนโดยอิสระ พบในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Nostoc tolythrix* บีสต์ *Phodotorula* และแบคทีเรีย *Azotobacter sp.*, *Clostridium sp.*

วัฏจักรของไนโตรเจน

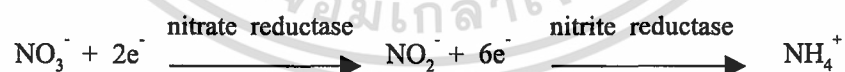
ไนโตรเจนในดินมีการเปลี่ยนรูปอยู่เสมอ จากสารอนินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ หรืออยู่ในรูปก๊าซ และมีการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างรูปของสารประกอบต่าง ๆ ตลอดเวลา โดยมีจุลินทรีย์บางชนิดเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการเปลี่ยนรูปต่าง ๆ ดังกล่าว หรือโดยการตรึงของจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้ แล้วเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งพืชจะนำไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต เมื่อสัตว์กินพืชก็จะได้รับสารประกอบไนโตรเจนจากพืช ภายหลังจากพืชและสัตว์ตาย จะเกิดการสลายตัวของซากพืช และซากสัตว์ ทำให้มีการปลดปล่อยสารประกอบไนโตรเจนออกมา ซึ่งจะถูกละลายต่อไปเป็นแอมโมเนียโดยกระบวนการแอมโม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิฟิเคชัน(ammonification)จุลินทรีย์บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย(NH₃⁺) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นเหล่านี้พืชอาจนำไปใช้หรือถูกออกซิไดซ์โดยจุลินทรีย์บางชนิดในกระบวนการไนตริฟิเคชัน(nitrification) ให้เป็นสารพวกไนเตรต ซึ่งไนเตรตละลายน้ำได้ดีพืชสามารถดูดไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมโดยกระบวนการรีดิวส์ไนเตรต(nitrate reduction) ไนเตรตบางส่วนจะถูกชะล้างไหลลงสู่ดินชั้นล่าง หรือสู่ลำคลอง แม่น้ำ และ ทะเลในส่วนของที่ไหลลงสู่น้ำนี้อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชน้ำ หรืออาจเปลี่ยนรูปไปอีก โดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน(denitrification) ได้ก๊าซไนโตรเจน หรือ ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ส่วนแอมโมเนียมไอออน(NH₄⁺) ซึ่งมีประจุบวกจะถูกดูดยึดโดยอนุภาคดินเหนียว ทำให้ถูกชะล้างไปได้ยากในกรณีที่ดินมีน้ำขังและอุณหภูมิสูงอาจเกิดการระเหยเปลี่ยนรูปแอมโมเนียไปเป็นก๊าซไนโตรเจน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ กลับคืนสู่บรรยากาศได้ ซึ่งกระบวนการต่างๆ เหล่านี้ เรียกว่า วัฏจักรไนโตรเจน

ไนเตรตที่ถูกพืชดูดซึมเข้าไปส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่เหลือยังคงรูปเป็นไนเตรตไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืชนั้น ถ้าสภาพความชื้นและ pH เหมาะสมแก่การสะสมไนเตรต พืชจะดูดไนเตรตจากดินเข้าไปมาก และถ้าพืชมีความสามารถในการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นอินทรีย์สารได้น้อย หรือสภาพแวดล้อมไม่อำนวยต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะมีไนเตรตสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น โดยทั่วไปการสะสมไนเตรตในพืชเกิดขึ้นเพียงชั่วคราวและไม่ก่ออันตรายต่อพืชนั้นทั้งนี้ปริมาณการสะสมจะลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่

สำหรับขั้นตอนการเปลี่ยนไนเตรตเป็นแอมโมเนียม ซึ่งจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นโปรตีนในพืชนั้นจะเกี่ยวข้องกับเอนไซม์(enzym) หลายชนิด เช่น ไนเตรตรีดักเทส(nitrate reductase) และไนไตรตรีดักเทส(nitrite reductase) ดังสมการ



ในกระบวนการดังกล่าวถ้ากระบวนการรีดักชัน(reduction) ไนเตรตเกิดเร็วกว่าการรีดักชันไนไตรต์จะทำให้ไนไตรต์สะสมอยู่ในพืช ซึ่งไนไตรต์เป็นพิษกับเซลล์พืชมาก ในทางตรงกันข้ามถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรตเกิดช้าจะทำให้ไนเตรตสะสมในพืชมากขึ้น

โดยทั่วไปพืชผักที่เก็บเกี่ยวแล้วจะต้องมีการเก็บรักษาเอาไว้ ซึ่งวิธีที่นิยมใช้คือการใช้ความเย็น เพราะในพืชผักที่เก็บเกี่ยวจะมีความร้อน จากบรรยากาศและความร้อนที่พืชคายออกมาสะสมอยู่ ดังนั้นการลดอุณหภูมิ หรือความร้อนภายในพืชผักหลังการเก็บเกี่ยวโดยเร็วที่สุด จะช่วยลดเม

แทบออลิซิมการหายใจ การทำงานของเอนไซม์ ปฏิกริยาทางชีวเคมี และลดการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ให้ช้าลงจะเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล อย่างไรก็ตามภายในพืชผักจะยังคงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เพราะพืชยังมีการหายใจ ทำให้อินทรีย์สารที่สะสมอยู่ในพืชสลายตัว ดังนั้นไนเตรตที่สะสมในผักที่มีการเก็บรักษาไว้ในที่เย็นจึงสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้โดยเอนไซม์ ภายในพืชทั้งนี้โดยส่วนใหญ่แล้วพบว่า มนุษย์จะได้รับไนเตรตจากอาหารพวกเนื้อสัตว์ และพืชผักหรือจากกระบวนการเติมดินประสิว(KNO_3) เพื่อปรุงแต่งอาหารให้สวยงามน่ารับประทานและเพื่อการถนอมอาหาร

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตในพืช

การสะสมไนเตรตในพืชเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย ไม่ได้เกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเพียงอย่างเดียวที่ทำให้ปริมาณไนเตรตในพืชสูงขึ้นแต่มีปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น

1. แสง มีอิทธิพลต่อ nitrate reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่แปรสภาพไนเตรตให้เป็นไนไตรต์ได้แม้ในที่มืด ไนเตรตก็กระตุ้นให้เอนไซม์ทำงานได้ แต่กิจกรรมที่เกิดขึ้นจะไม่มากเท่าเมื่อมีแสงสว่างเพียงพอกล่าวกันว่าแสงมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โดยทางอ้อม คือช่วยให้ไนเตรตซึมผ่านเซลล์เมมเบรนเข้าไปสู่บริเวณที่มีเอนไซม์ nitrate reductase มีทั้งในรากและในใบพืช และจากการศึกษาพบว่าเมื่อลดความเข้มข้นของแสงที่ผิวใบลง กิจกรรมของเอนไซม์นี้จะลดลงอย่างมาก พืชจึงสะสมไนเตรตมากขึ้นหากได้รับแสงสว่างน้อยลง

2. อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการดูดซึมน้ำและการเคลื่อนย้าย และการนำไนเตรตไปใช้ของพืชแต่การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิระดับหนึ่งจะมีผลต่อกระบวนการเหล่านี้ไม่เท่ากัน สำหรับพืชที่เจริญเติบโตโดยธรรมชาติจะพบว่าในเวลาเที่ยงวันอุณหภูมิที่ยอดจะสูงกว่าที่ราก ส่วนในเวลากลางคืนอุณหภูมิต่ำที่รากจะสูงกว่าที่ยอด เนื่องจากดินยังมีความอบอุ่น ผลของการลดอุณหภูมิจะทำให้อัตราการดูดซึมน้ำไนเตรตของรากพืชจะลดลง ในสัดส่วนที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการรีดิวส์ไนเตรต เนื่องจากขบวนการรีดิวส์ไนเตรตแทบจะหยุดชะงักในที่มืด ดังนั้นในเวลากลางคืนพืชจะสะสมไนเตรตในเรื้อนยอดได้มาก

3. ความชื้นของดินและความชุ่มชื้นของอากาศ ดินที่มีความชื้นต่ำ มักสะสมไนเตรตไว้ในเนื้อเยื่อมากกว่าปกติ เนื่องจากในสถานะที่พืชขาดน้ำกิจกรรมของ nitrate reductase จะลดลงและการสังเคราะห์แสงของพืชก็ลดลงด้วย ความชุ่มชื้นของอากาศก็มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตเช่นเดียวกัน เมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงพืชจะสะสมไนเตรตได้มาก คือ เอนไซม์ nitrate reductase จะทำงานได้ดีก็ต่อเมื่อมีไนเตรตเข้ามากระตุ้นหากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำลงอัตราการคายน้ำก็สูงขึ้น ไนเตรตจึงเคลื่อนย้ายตามท่อน้ำเข้าสู่เนื้อเยื่อเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ธาตุอาหารที่พืชได้รับ โดยเฉพาะไนโตรเจนในดินที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สำหรับในรูปของสารอนินทรีย์ก็จะอยู่ในรูปของ molecular nitrogen ในอากาศ ในดิน แต่ไนโตรเจนในรูปนี้จะไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชยกเว้นพืชตระกูลถั่ว ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไนเตรต(NO_3^-) ไนไตรต์(NO_2^-) แอมโมเนียม(NH_4^+) ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนตรัสออกไซด์(N_2O) ซึ่งไนโตรเจนในรูปของไนเตรตและแอมโมเนียมจะมีอยู่มากที่สุดแต่จะมีอยู่ในดินน้อยกว่า 2% และมักจะมีปริมาณที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอภายในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากสารประกอบไนเตรตละลายน้ำได้ง่ายและมักจะถูกชะล้างไปได้รวดเร็ว ส่วนแอมโมเนียมถึงแม้ว่าจะมีประจุบวกและถูกยึดที่ผิวอนุภาคของดินได้ก็ตามก็มักจะไม่อยู่ในสภาพเช่นนี้ได้มากนัก เพราะจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรตโดยกระบวนการ nitrification อย่างรวดเร็ว และจะสูญเสียไปได้โดยง่าย โดยการชะล้างของน้ำและการถูกพืชดูดเอาไปใช้

การกระจายตัวของไนเตรตในพืช

ปริมาณไนเตรตในพืชไม่สม่ำเสมอทั้งต้น โดยทั่วไปการสะสมจะพบมากที่ต้นหรือก้านใบ รong ลงไปคือ ราก แผ่นใบ ดอก ผลและเมล็ด ตามลำดับ พืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุต่างกันก็สะสมไนเตรตได้แตกต่างกันด้วย คือ เมื่อเป็นต้นกล้าจะมีไนเตรตน้อย เมื่อโตขึ้นก็จะสะสมได้มากขึ้น และสูงสุดเมื่อพืชเริ่มออกดอก และจะเริ่มลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ ความสัมพันธ์ระหว่างอายุพืชกับการสะสมไนเตรตในเนื้อเยื่ออาจเกี่ยวข้องกับระดับไนโตรเจนในดินด้วย คือในปลายฤดูปลูกระดับไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดิน อาจลดลงมาก พืชจึงหันมาใช้ไนเตรตที่เคยสะสมไว้เป็นการชดเชย

พืชดูดแอมโมเนียมและไนเตรตเข้าไปทางรากหรือทางใบเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ สำหรับแอมโมเนียมนั้นพืชนำไปสร้างกรดอะมิโนและอินทรีย์สารอื่น ๆ ได้โดยตรง ส่วนไนเตรตที่ถูกดูดเข้าไปในพืชจะต้องผ่านกระบวนการที่จะรีดิวซ์ให้ได้แอมโมเนียมเสียก่อนจึงจะใช้ได้ขบวนการดังกล่าวมีเอนไซม์หลายชนิดเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่สำคัญคือ nitrate reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่รีดิวซ์ไนเตรตในเนื้อเยื่อพืชให้กลายเป็นไนไตรต์ อย่างไรก็ตามจะมีไนเตรตบางส่วนที่ไม่ถูกรีดิวซ์จะยังคงอยู่ในเนื้อเยื่อพืชซึ่งจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้คือ พันธุกรรมของพืช ปริมาณไนเตรตที่พืชได้รับจากดินสภาพแวดล้อมในขณะที่พืชนั้นเจริญเติบโต อายุของพืช และแต่ละส่วนของพืช

อิทธิพลของธาตุต่าง ๆ ต่อการสะสมไนเตรตในพืช

1. ฟอสฟอรัส แม้พืชจะขาดฟอสฟอรัส ก็จะมีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พืชที่ขาดกำมะถันจะทำให้กิจกรรมของ nitrate reductase จะลดลง เพราะฉะนั้น เมื่อพืชขาดกำมะถันจะทำให้สะสมไนเตรตมากขึ้นกว่าปกติ
3. แคลเซียม มีอิทธิพลต่อการดูดไนเตรตของรากพืช และอาจมีผลกระทบต่อขบวนการรีดิวส์ไนเตรตด้วย นอกจากนี้รากพืชที่ขาดแคลเซียมมักไม่ค่อยเจริญเติบโตและจะดูดไนเตรตจากดินได้อย่างจำกัดสำหรับแมกนีเซียมนั้นยังไม่มีหลักฐานที่บ่งชี้ถึงอิทธิพลของธาตุนี้ต่อระดับไนเตรตของพืช
4. โมลิบดีนัม เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของ nitrate reductase พืชที่ขาดโมลิบดีนัมอาจสะสมไนเตรตถึง 3% ของน้ำหนักแห้ง
5. แมงกานีส แม้ยังไม่ทราบแน่นอนถึงบทบาทต่อขบวนการรีดิวส์ไนเตรต แต่มีรายงานว่าแมงกานีสมีความสำคัญต่อขบวนการนี้ในข้าวสาลี
6. คลอไรด์ จัดเป็นไอออนประจุลบที่มีผลต่อการดูดไนเตรตของรากพืช หากสารละลายของดินมีคลอไรด์พอประมาณ การดูดไนเตรตก็จะน้อยลง

ปุ๋ย

ปุ๋ยหมายถึง สารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ ที่ได้จากธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์ เป็นสารที่ใส่ลงไปในดินเพื่อให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ตามความต้องการของพืชนั้น ๆ หรือเมื่อดินขาดแคลนธาตุใดธาตุหนึ่ง ปุ๋ยเคมีจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน และปล่อยธาตุอาหารพืชลงสู่ดินเพื่อให้พืชนำไปใช้เสริมสร้างการเจริญเติบโต โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่พืชยังคงขาดอยู่ให้ได้รับอย่างเพียงพอ พืชสามารถเจริญเติบโตออกงามดีขึ้น และให้ผลผลิตสูงขึ้น

การจำแนกประเภทของปุ๋ยตามสภาพของสารประกอบที่ใช้เป็นหลักสามารถแบ่งปุ๋ยออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizer) ได้แก่ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบเป็นสารประกอบอินทรีย์มีต้นกำเนิดจากสารอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด เป็นต้น
2. ปุ๋ยอนินทรีย์ (Inorganic fertilizer) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบอนินทรีย์ ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต ยูเรีย เป็นต้น

ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอก ได้แก่ มูลสัตว์ต่างๆ ที่อยู่ในรูปของเหลวและของแข็ง ส่วนใหญ่จะเป็นมูลของ

สัตว์เลี้ยง เช่น วัว ไก่ เป็ด และสุกร เป็นต้น มูลสัตว์เหล่านี้จะประกอบด้วย ซากพืชและสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจากระบบย่อยของสัตว์และปัสสาวะซึ่งประกอบด้วยเกลือและอินทรีย์สารที่ละลายน้ำได้ ซึ่งจะเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช ธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยคอกจะมีปริมาณน้อยและอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกัน ขึ้นกับหลายปัจจัยทั้งนี้โดยทั่วไปปุ๋ยคอกจะมีไนโตรเจนประมาณ 0.5 % N , ฟอสฟอรัส 0.25 % P_2O_5 และ โพแทสเซียม 0.5 % K_2O มูลเป็ดและไก่ จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่ามูลหมู ส่วนมูลหมูจะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่ามูลวัว มูลควาย ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอกเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์เหล่านี้กินเข้าไป กล่าวคือ สัตว์ที่กินอาหารที่มีโปรตีนสูงเป็นหลัก ปุ๋ยคอกที่ได้จะมีธาตุอาหารสูงกว่าสัตว์ที่กินหญ้าเป็นหลัก

ปุ๋ยคอกใหม่ๆ มักจะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยคอกที่เก่าและเก็บไว้นาน อาจเนื่องจากส่วนของธาตุอาหารที่ละลายได้ง่ายถูกชะล้างออกไปจากการที่กองปุ๋ยไว้กลางแจ้งและบางส่วนก็จะระเหิดเป็นก๊าซสูญหายไปดังนั้นจึงควรเก็บรักษาปุ๋ยคอกไว้ด้วยความระมัดระวัง โดยการกองสุ่มรวมกันไว้เป็นรูปฝาชี แล้วอัดให้แน่น จัดวางให้อยู่ภายใต้หลังคาหรือที่กันแดดและฝนได้

การใช้ปุ๋ยกับพืชควรใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีจะเป็นการดีที่สุด เพราะปุ๋ยคอกให้ธาตุอาหารปริมาณน้อย แต่ช่วยปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินได้ดี เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณธาตุอาหารมาก ก็จะทำให้พืชได้รับประโยชน์มาก ทั้งนี้ปุ๋ยคอกที่จะนำมาใช้ควรมีความชื้นน้อย หรือมีลักษณะหมาด ๆ

ข้อดีของปุ๋ยคอก

1. ช่วยปรับปรุงดินให้ดีขึ้น โดยเฉพาะสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน เช่น ความโปร่ง ความร่วนซุย ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินดีขึ้น ซึ่งข้อดีเหล่านี้ ปุ๋ยเคมีไม่มี
2. อยู่ในดินได้นาน และค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างช้า ๆ
3. เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี จะส่งเสริมปุ๋ยเคมีให้เป็นประโยชน์แก่พืชอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
4. ส่งเสริมให้จุลินทรีย์ในดิน โดยเฉพาะพวกที่มีประโยชน์ต่อการบำรุงดินให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ข้อเสียของปุ๋ยคอก

1. มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำ
2. ใช้เวลาในการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้แก่พืชนานกว่าปุ๋ยเคมี
3. ราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมีเมื่อคิดเทียบในแง่ราคาต่อหน่วยน้ำหนักของธาตุอาหารพืช
4. หายาก พิจารณาในแง่เมื่อต้องการเป็นปริมาณมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยเคมี

เป็นปุ๋ยอนินทรีย์ ปุ๋ยเคมีได้จากการผลิตหรือการสังเคราะห์ทางอุตสาหกรรมจากแร่ธาตุ และก๊าซที่ได้ตามธรรมชาติ หรือเป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นจากกระบวนการทางเคมี ปุ๋ยเคมีให้อาหารพืชในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที ปุ๋ยเคมีจะมีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

การจำแนกปุ๋ยเคมีตามความต้องการธาตุอาหารของพืชแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

1. ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารหลัก (primary – element fertilizer) ซึ่งเป็นปุ๋ยที่มีธาตุปุ๋ยทั้ง 3 ธาตุ เป็นองค์ประกอบในรูปของปุ๋ยเดี่ยวที่มีธาตุเดียว หรือปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุปุ๋ยนี้ตั้งแต่ 2 ธาตุ หรือเป็นปุ๋ยผสมที่มีธาตุปุ๋ยครบ 3 ธาตุ ซึ่งปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารหลักเหล่านี้จะเป็นแม่ปุ๋ยที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยผสม ได้แก่ ปุ๋ยที่ให้ธาตุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม

2. ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารรอง (secondary – element fertilizer) ได้แก่ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารรอง ซึ่งเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยกว่าธาตุอาหารหลัก แต่มีความจำเป็นเช่นเดียวกับธาตุอาหารหลัก เช่น ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เป็นต้น

3. ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารเสริม (minor - element fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารเสริมแก่พืช ซึ่งตามปกติพืชมีความต้องการธาตุอาหารเสริมในปริมาณน้อยมากแต่ธาตุอาหารเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับธาตุอื่นๆ การใช้ปุ๋ยชนิดนี้เมื่อพืชแสดงอาการขาดธาตุ อาจจะเป็นในรูปปุ๋ยผสม คีเลต (chelate) ที่ได้จากการนำธาตุอาหารพืชเหล่านี้มาทำปฏิกิริยารวมตัวกับสารคีเลตให้อยู่ในรูปที่พืชใช้ได้ทันที โดยพืชจะดูดไปใช้ทั้งโมเลกุลของคีเลต ได้โดยไม่ต้องรอให้มีการแตกตัวของสารประกอบแต่ควรจะใช้ในปริมาณน้อย เพื่อมิให้เกิดการตกค้าง รวมตัวกันเป็นธาตุอื่น และเป็นพิษแก่พืช เช่นปุ๋ย Fe – EDTA เป็นปุ๋ยที่ให้ธาตุเหล็ก

ข้อดีของปุ๋ยเคมี

1. มีปริมาณธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักของปุ๋ยสูงใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อยก็พอ
2. ราคาถูกเมื่อคิดเป็นราคาต่อหน่วยน้ำหนักของธาตุอาหาร ประกอบกับการขนส่งและเก็บรักษาสะดวกมาก
3. หาได้ง่าย ถ้าต้องการปริมาณมากก็สามารถหามาได้
4. ให้ผลผลิตทางด้านธาตุอาหารเร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์

ข้อเสียของปุ๋ยเคมี

1. ปุ๋ยเคมีไม่มีคุณสมบัติปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน กล่าวคือไม่ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุยเหมือนปุ๋ยอินทรีย์
2. ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ถ้าใช้เป็นปริมาณมากและติดต่อกันเป็นเวลานานๆ จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ต้องใช้ปูนขาวช่วยลดความเป็นกรดของดิน

3. ปุ๋ยเคมีทุกชนิดมีความเค็ม ถ้าใช้ในอัตราสูง หรือใส่โคนต้นพืชจะเกิดอันตรายแก่พืช และมีผลต่อการงอกของเมล็ด การใช้จึงต้องระมัดระวัง

4. ผู้ใช้ต้องมีความรู้ความเข้าใจเรื่องปุ๋ยเคมีพอสมควร มิฉะนั้นอาจมีผลเสียหายต่อพืช และต่อสถานะเศรษฐกิจของผู้ใช้ คือ ทำให้ขาดทุนได้

ปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึงวัสดุที่มีเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวออกฤทธิ์ ในการก่อให้เกิดปฏิกิริยา เพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารที่ต้องการ จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการเป็นปุ๋ยชีวภาพ จึงแบ่งได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มตรึงไนโตรเจนในอากาศ (biological nitrogen fixation หรือ BNF) และกลุ่มที่ช่วยให้พืชได้รับธาตุอาหารอื่นๆ ที่นอกเหนือจากไนโตรเจนในอากาศ

จุลินทรีย์ตามธรรมชาติ (EM ; effective microorganisms) ประกอบไปด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพดิน ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และสามารถเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืช ในปัจจุบันจุลินทรีย์กลุ่มนี้ ได้ถูกผลิตออกมาใช้ในเชิงการค้า และเป็นที่ยอมรับกันดีในชื่อจุลินทรีย์ EM

จุลินทรีย์ธรรมชาติ(EM) คือกลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หลายๆ ชนิดนำมาเพาะเลี้ยงอยู่ร่วมกัน (แบคทีเรียสังเคราะห์แสง ,แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ,ยีสต์ ,แอสคิตโนมัยซีท และราหมัก) เมื่อนำเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มนี้ไปเพาะเลี้ยงลงในดินจะทำให้เพิ่มความหลากหลายของจุลินทรีย์ในดิน ปรับปรุงคุณภาพดินซึ่งจะส่งเจริญเติบโตของพืช และเพิ่มคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตรได้ดีขึ้น

ในปี พ.ศ. 2525 ศ.ดร. เทรูโอะ ฮิงะ แห่งคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยวริวทิว โอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น ได้เป็นผู้คิดค้นจุลินทรีย์อีเอ็มขึ้นเพื่อใช้ในพืชเกษตรธรรมชาติ ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ธรรมชาติที่มีประโยชน์เพาะเลี้ยงร่วมกันเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน ยับยั้งจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชในดินและเพิ่มความสามารถในการหมุนเวียนอินทรีย์สารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน

ลักษณะและคุณสมบัติของจุลินทรีย์อีเอ็ม

1. ถ้าจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบในน้ำหมักชีวภาพยังมีชีวิตอยู่จะมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอมหวานถ้ามีกลิ่นเหม็นแสดงว่าจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบบางชนิดได้ตายไปบ้างแล้วเมื่อนำไปผสมน้ำรดหญ้า หรือวัชพืชจะทำให้ตายได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ตายแล้วจะผลิตสาร ABA (abscisic acid) ซึ่งเป็นฮอร์โมนยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช

2. มีชีวิตอยู่ในน้ำหมักชีวภาพได้นานถึง1ปีในที่ร่มอุณหภูมิห้องไม่ต้องแช่ตู้เย็นระวังอย่าให้โดนแสงแดดเวลาเก็บต้องปิดฝาภาชนะให้แน่น ถ้าใช้ภายใน 3 เดือนจะให้ผลดี ประสิทธิภาพสูง
3. มีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในอินทรีย์วัตถุจึงสามารถนำไปเป็นองค์ประกอบในการทำปุ๋ยหมักเพื่อใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์แก่พืช
4. อาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์ในอีเอ็ม คือ อินทรีย์วัตถุ เช่น กากน้ำตาล และรำละเอียด จะดีที่สุด
5. อีเอ็ม เป็นสิ่งมีชีวิตจึงไม่สามารถใช้งานได้ในสภาวะที่มีสารเคมี
6. อีเอ็ม คือ การนำเอาจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพมาใส่ไว้รวมกันในน้ำยาสูตรพิเศษมีจุลินทรีย์ไม่น้อยกว่า 80 – 90 ชนิด ที่ได้คัดเลือกมาซึ่งมีทั้งจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน และไม่ต้องการออกซิเจน นำมาเลี้ยงรวมกันในสภาวะฟังก๊าซซึ่งกันและกันในอาหารสูตรพิเศษ ซึ่งมีสูตรโมเลกุล $H_{10} O_5$ ผสมมาบางส่วน โดยมีสูตรโครงสร้างพื้นฐานมาจากน้ำ น้ำพายนี้อจะมีคุณสมบัติเป็นน้ำชีวภาพ ซึ่งจะไม่น่า (ทิพวรรณ.2542.)

กลุ่มจุลินทรีย์ที่พบในอีเอ็ม

1. แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Bacteria)

ในกระบวนการสังเคราะห์แสงนี้จะสามารถแบ่งกลุ่มของแบคทีเรียโดยใช้ออกซิเจนเป็นตัวแบ่งได้ดังนี้

- 1.1 Purple and Green Bacteria เป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน จัดอยู่ในกลุ่ม Photoautotroph เช่น *Rhodospseudomonas* sp., *Thiospirillum* sp.
- 1.2 Cyanobacteria เป็นแบคทีเรียที่เจริญเติบโตในสภาวะที่มีออกซิเจนจัดอยู่ในกลุ่ม Photoheterotroph เช่น *Erythrobactor logus* , *Cylindrospermum majus*

แบคทีเรียสังเคราะห์แสงเป็นแบคทีเรียที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างอิสระ ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของแบคทีเรียกลุ่มนี้จะใช้สารประกอบอินทรีย์หรือก๊าซต่างๆเช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) ก๊าซไฮโดรเจน(H_2) แอมโมเนียม(NH_4^+) เป็นต้น โดยใช้แสงอาทิตย์และความร้อนจากดินเป็นแหล่งพลังงาน ผลจากกระบวนการสังเคราะห์แสงจะได้กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก สารประกอบชีวภาพและน้ำตาล ซึ่งจะถูกดูดซึมไปใช้โดยตรง และเป็นสิ่งที่ช่วยในการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้สารต่างๆดังกล่าวยังเป็นแหล่งอาหารให้กับจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ชนิดอื่นๆอีกด้วย ดังนั้นเมื่อแบคทีเรียสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ชนิดอื่นเพิ่มจำนวนมากขึ้นด้วย เช่น เชื้อราวิเอ - ไมคอไรซา สามารถใช้สาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบไนโตรเจน เช่น กรดอะมิโน ที่ได้จากแบคทีเรียสังเคราะห์แสง และยังสามารถเจริญเติบโตร่วมกับจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนในดิน (nitrogen fixing microorganisms) เช่น *Azotobacter* sp.

2. แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria)

แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก หรือ โฮโมเฟอร์เมนเตทีฟแบคทีเรีย (homofermentative bacteria) เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ลักษณะเป็นท่อนและทรงกลม ไม่เคลื่อนที่และไม่สร้างสปอร์ ผลิตกรดแลคติกได้อย่างเดียวจากกระบวนการหมักน้ำตาล คาร์โบไฮเดรต และสารประกอบที่ได้จากกระบวนการเมแทบอลิซึมของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงและยีสต์ เช่น กรดอะมิโน วิตามิน บี12 และไพริมิดีน โดยจะเกิดภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน แบคทีเรียในกลุ่มนี้มีความสามารถในการต่อต้านราและแบคทีเรียก่อโรค โดยจะช่วยลดจำนวนราและแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคให้น้อยหรือหมดไป นอกจากนี้ยังช่วยย่อยสลายเปลือกของเมล็ดพันธุ์พืชทำให้เมล็ดงอกเร็วกว่าปกติ ส่วนใหญ่จะเป็นจุลินทรีย์พวก *Lactobacillus* sp. และ *Streptococcus lactis*

3. ราหมัก (Fermenting Fungi)

มีลักษณะหลายเซลล์เรียงเป็นเส้นใย มีความยาวมาก สืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศ เช่น เบสิดิโอสปอร์ (basidiospore) และ ไม่อาศัยเพศ เช่น arthrospore เจริญได้ในสภาพที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ และสารอนินทรีย์ต่าง ๆ ให้มีอนุภาคเล็กทำให้พืชสามารถดูดไปใช้ได้ง่ายและยังสามารถนำไปทำหัวเชื้อผลิตปุ๋ยหมัก แอลกอฮอล์ เอสเทอร์และสารต่อต้านจุลินทรีย์ กลิ่นที่เกิดจากกระบวนการหมักยังสามารถยับยั้งและป้องกันแมลงศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ ได้ เชื้อราที่สำคัญได้แก่ *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp.

4. ยีสต์ (Yeast)

ยีสต์ คือ เชื้อราที่มีลักษณะเซลล์เดี่ยว มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการแตกหน่อ (budding) หรือแบ่งตัว (fission) ไม่สามารถสังเคราะห์แสง มีผนังเซลล์ที่แข็งแรง สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ เช่น กรดอะมิโน น้ำตาล สารอินทรีย์ซัลเฟอร์ เช่น ซีสเทอีน ไนโตรเจนทั้งในรูปอินทรีย์ และอนินทรีย์ แอมโมเนีย ซัลเฟอร์ ในรูปของซัลเฟต ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของยีสต์สามารถเกิดได้ทั้งกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน (กระบวนการหายใจ) ได้คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ และกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจน (กระบวนการหมัก) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นมากที่สุดได้ alcohol, ester, glycerol และ aldehyde นอกจากนี้ยีสต์ยังสามารถผลิตสารต่อต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial) ฮอโรโมนและเอนไซม์ชนิดต่างๆ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการช่วยเร่งกิจกรรมของเซลล์พืชและเร่งการแบ่งเซลล์ของราก

5. แอคติโนมัยซีท (Actinomycetes)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นแบคทีเรียพวกหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายเชื้อรา คือ มีการเจริญเป็นเส้นใยและมีการสร้างสปอร์ติดสีแกรมบวก มีขนาดเซลล์เล็กกว่าแบคทีเรีย ในเซลล์ไม่มีนิวเคลียส สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์และอินทรีย์วัตถุต่างๆ ได้ สามารถผลิตสารต่อต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial) จากกรดอะมิโนที่ได้จากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงและอินทรีย์วัตถุนิตต่างๆ สารต่อต้านจุลินทรีย์นี้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแอคติโนมัยซีทเพิ่มตามไปด้วยจะทำให้ดินมีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากปราศจากราและแบคทีเรียก่อโรค

การใช้ปุ๋ยในโตรเจนมีอิทธิพลต่อไนเตรตในพืชดังนี้

1. การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในรูป ไนเตรต แอมโมเนียม หรือยูเรีย มีแนวโน้มที่จะเพิ่มไนเตรตในพืช ปุ๋ยสองรูปหลังแม้จะมีได้อยู่ในรูปไนเตรต แต่เมื่อใส่ลงไปในดินที่มีการระบายอากาศดีก็ถูกจุลินทรีย์ในดินแปรสภาพให้เป็นไนเตรตได้ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในรูปใด ๆ ก็ตามแม้จะเพิ่มผลผลิตพืชแต่พืชเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะสะสมไนเตรตมากขึ้นด้วย
2. การใส่ปุ๋ยในโตรดกับผัก ทำให้ผักสะสมไนเตรตได้มากกว่าใช้ในรูปแอมโมเนีย หรือยูเรีย
3. การโรยปุ๋ยในโตรดเป็นแถบข้างแถวพืช พบว่าพืชดูดไนเตรตได้มากกว่าการหว่านก่อนปลูก และยังรากพืชสัมผัสอยู่กับปุ๋ยในโตรดนานขึ้นการสะสมก็จะยังเพิ่มพูนขึ้น
4. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกลือไนเตรตชนิดต่าง ๆ คือแอมโมเนียมไนเตรต แคลเซียมไนเตรต และโพแทสเซียมไนเตรต ปรากฏว่าพืชดูดไนเตรตจากเกลือแอมโมเนียมไนเตรตน้อยที่สุด
5. ไนเตรตเป็นไอออนที่กระตุ้นให้ nitrate reductase ทำงานส่วนแอมโมเนียมจะเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้
6. การผสมสารชะงักกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification inhibitors) ในปุ๋ยแอมโมเนียมจะช่วยลดการสะสมไนเตรตในพืชได้อย่างมาก เนื่องจากสารดังกล่าวช่วยระงับหรือชะลอการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมในดินไปเป็นไนเตรต และพืชคงใช้แอมโมเนียมได้ตามปกติ

พิษของไนเตรตและไนไตรต์ต่อคนและสัตว์เลี้ยง

สารที่เป็นพิษโดยตรงก็คือไนไตรต์ อย่างไรก็ตามไนเตรตในพืชมีโอกาสเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้โดยขบวนการรีดักชัน(reduction) ทั้งก่อนบริโภคและหลังจากผักเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารของร่างกายแล้ว ไนเตรตในผักที่เก็บรักษาไว้นานปรุงอาหารจะเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในน้ำ และพืช หรือเอนไซม์ในพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อบริโภคอาหารที่มีไนเตรต ถ้าไส้ของคนที่มีสุขภาพดีจะดูดซึมไนเตรตได้อย่างรวดเร็ว ส่วนคนที่ถ้าไส้ไม่ปกติการดูดซึมไนเตรตจะช้าลงทำให้มีโอกาสถูกริควิวส์ได้ง่าย นอกจากนี้ความผิดปกติในลำไส้อาจเป็นสาเหตุให้ pH ในส่วนนั้นสูงกว่าปกติ ทำให้แบคทีเรียบางชนิดที่สามารถรีควิวส์ไนเตรตให้เจริญเติบโตได้ดี หรือ จุลินทรีย์ดังกล่าวอาจขึ้นอยู่ในลำไส้ตอนบนแล้วเปลี่ยนไนเตรตในส่วนนั้นได้ด้วย

โดยส่วนใหญ่แล้วพบว่าคนจะได้รับไนเตรตจากอาหารพวกเนื้อสัตว์ และพืชผัก หรือจากการเติมดินประสิว(KNO_3) เพื่อปรุงแต่งสีส้มของอาหารให้สวยงามน่ารับประทานและเพื่อการถนอมอาหาร

ในสมัยสงคราม ดินประสิวงใช้เป็นส่วนประกอบของวัตถุระเบิด และในสมัยนี้ก็นำมาทำดอกไม้ไฟ ดินปืน ไม้ขีดไฟ และในอุตสาหกรรมทำแก้วหรือชุบเหล็กกล้า แต่ในปัจจุบันดินประสิวงหรือเกลือไนเตรต นำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหารทั้งโดยเจตนาและไม่เจตนาของผู้ผลิตหรือผู้ปรุงก็ได้ โดยทั่วไปแล้ว ดินประสิวงหรือเกลือไนเตรตที่ใส่ลงในอาหารมักจะใส่เพื่อรักษาสภาพ หรือถนอมอาหารประเภทเนื้อ เช่น เนื้อกระป๋อง ปลากระป๋อง หมูแฮม หมูเบคอน แหนม กุนเชียง หมูยอ เนื้อเค็มแห้ง ไส้กรอกชนิดต่างๆ และปลาร้า รวมทั้งอาหารจำพวกผักดองชนิดต่างๆ ด้วย (สำนักงานคุ้มครองผู้บริโภค, 2535) เพราะ เกลือโซเดียมหรือ โพแทสเซียมไนเตรต และเกลือไนไตรต์เป็นสารกันบูดสามารถป้องกันการเจริญเติบโตและการสร้างสารพิษของแบคทีเรีย *Clostridium botulinum* นอกจากนี้ การเติมเกลือไนเตรตใส่ในอาหารประเภทเนื้อจะทำให้เนื้อเปื่อยยุ่ย มีสีแดงเข้มทนทาน และรสชาติดีขึ้นจนรับประทาน ทั้งนี้เนื่องจากไนไตรต์สามารถเปลี่ยนเป็นไนโตรออกไซด์ ซึ่งทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งเป็นเม็ดสีในเนื้อ ได้เป็นไนโตรซไมโอโกลบิน (nitrosyl myoglobin) ซึ่งมีสีแดงที่อยู่ตัวโดยทั่วไป ดินประสิวงหรือเกลือไนเตรตที่ใช้ใส่อาหารไม่เป็นอันตราย ถ้าใช้อย่างถูกต้อง แต่ถ้าใช้มากเกินไป ทำให้เกิดอาการอาเจียน ปวดท้องอย่างมากและถ่ายท้องอย่างรุนแรง ถ้าบริโภคอาหารผสมดินประสิวงบ่อยๆ เป็นประจำ แม้ในปริมาณเล็กน้อยอาจทำให้เป็นโรคโลหิตจาง มีอาการอ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย และความดันเลือดต่ำ

ไนเตรตในระดับที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานอาหารมักจะไม่เป็นอันตรายกับร่างกาย เพราะส่วนใหญ่ร่างกายจะกำจัดไนเตรตออกทางปัสสาวะ แต่ไนเตรตอาจเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ หากถูกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรต์ การเปลี่ยนไนเตรตเป็นไนไตรต์เกิดได้โดยเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งในกระเพาะอาหารของเด็กทารกวัยต่ำกว่า 6 เดือนจะมีความเป็นกรดน้อย โดยที่ในสภาวะดังกล่าวนี้เชื้อ จุลินทรีย์พวก nitrifying bacteria ซึ่งมีเอนไซม์ nitrate reductase จะช่วยเปลี่ยนไนเตรตให้เป็น

ไนโตรต์ได้คือ แม้ว่าไนเตรตเองจะไม่ใช่พิษแต่เนื่องจากไนเตรตอาจจะถูกเปลี่ยนเป็นไนโตรต์ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดอาการพิษได้ ดังนั้นไนเตรตจึงจัดได้ว่าเป็นสารพิษที่มีพิษต่อร่างกายทางอ้อม

ไนโตรต์ทำให้เกิดความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน คือ ทำให้เกิดอาการ เมธฮีโมโกลบินีเมีย (methaemoglobinemia) หรืออาการที่เรียกว่า “ blue – baby syndrome ” ซึ่งร่างกายจะเกิดอาการขาดออกซิเจนที่ผิวหนังและปากเป็นสีเขียวคล้ำ อาการนี้เกิดจากการที่ไนโตรต์ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิต เข้าไปทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับเฟอร์รัสไอออน(ferrous ion, Fe^{2+}) ทำให้ฮีมของฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ถูกเปลี่ยนเป็นเฟอร์ริกไอออน(ferric ion , Fe^{3+}) ทำให้ฮีโมโกลบินเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเรียกว่า “ เมธฮีโมโกลบิน ” (methaemoglobin) ซึ่งไม่สามารถจับกับออกซิเจนได้ทำให้ขาดความสามารถที่จะนำออกซิเจนไปยังเซลล์ต่างๆของร่างกายได้ ถ้าปริมาณเมธฮีโมโกลบินเพิ่มมากกว่า 50 – 80 % ของฮีโมโกลบินทั้งหมด ผู้ป่วยจะมีอาการไม่สบายเนื่องจากขาดออกซิเจนอย่างเห็นได้ชัด เช่น อาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบถี่ ปวดศีรษะ หัวใจเต้นแรง และมีจังหวะเร็วกว่าปกติ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ร่างกายก็พยายามจะปรับระดับฮีโมโกลบินให้สูงขึ้น โดยสามารถเปลี่ยนเมธฮีโมโกลบินไปเป็นฮีโมโกลบินได้ โดยในเม็ดเลือดแดงของผู้ใหญ่จะมีเอนไซม์เอ็นเอ็นเอดีเอช เมธฮีโมโกลบิน รีดักเทส (NADH – methaemoglobin reductase) ซึ่งสามารถเปลี่ยนเมธฮีโมโกลบินให้กลับเป็นฮีโมโกลบินอย่างเดิม เนื่องจากความเป็นพิษในเด็กจะรุนแรงกว่าในผู้ใหญ่ ดังนั้น ควรระวังพิษของไนเตรตและไนโตรต์ที่ปะปนในอาหารและน้ำดื่มที่ใช้เลี้ยงเด็กทารก ควรจะให้มียปริมาณไนเตรตให้น้อยที่สุด ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้กำหนดปริมาณไนเตรตในน้ำดื่มไม่ควรเกิน 10 ppm.

ความเป็นพิษแบบเรื้อรังของไนเตรตและไนโตรต์ อาการที่พบส่วนใหญ่เกิดกับสัตว์เคี้ยวเอื้อง พกวัว ควาย และผลของไนเตรตที่เกิดขึ้นจะไปยับยั้งการเจริญเติบโต ลดการผลิตนมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และทำให้เกิดการแท้ง (abortion)

นอกจากนี้ไนโตรต์ยังทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารประกอบเอมีน(amines)โดยเฉพาะพวก dimethylamine diethylamine และ piperidine ในสถานะที่เป็นกรดสูง เช่น ในกระเพาะอาหารของมนุษย์และสัตว์ เกิดเป็นสารประกอบ nitrosodimethylamine, nitrosodiethylamine และ nitrosopyperidine ตามลำดับ ซึ่งสารเหล่านี้เรียกว่า “ สารประกอบไนโตรไซ ” (nitroso – compounds) หรือ “ สารไนโตรซามีน ” (nitrosamine) ซึ่งจัดว่าเป็นพิษต่อร่างกายอย่างรุนแรง เพราะเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) ทำให้เกิดมะเร็งตับ ไต หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร กระเพาะปัสสาวะ และระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น และอาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆทางพันธุกรรม สารต่างๆที่ทำให้เกิดมะเร็งหรือส่งเสริมให้เกิดโรคมะเร็งนั้น เป็นเพียงส่วนหนึ่งที่จะทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ซึ่งร่างกายต้องได้รับเข้าไปทีละน้อยๆอย่างสม่ำเสมอ เป็นเวลานาน

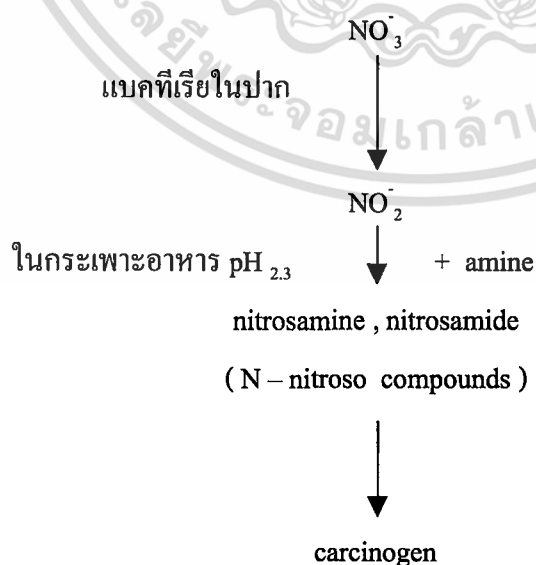
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาของเอกสารต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสิ่งที่สำคัญคือ การที่จะเป็นมะเร็งได้นั้น ขึ้นอยู่กับภูมิต้านทานต่อการเกิดมะเร็งของแต่ละบุคคลซึ่งมีไม่เท่ากัน อีกทั้งยังต้องอาศัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเกิดโรครีกด้วย เนื่องจากไนเตรตสามารถถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายได้ กระทรวงสาธารณสุขจึงได้มีการประกาศการกำหนดปริมาณไนเตรตในอาหารไม่ควรสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนไนไตรต์นั้นเนื่องจากตัวมันเองเป็นพิษต่อร่างกายโดยตรงระดับปริมาณไนไตรต์ในอาหารจึงถูกกำหนดให้ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ผลต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ

การค้นคว้าด้านโภชนาการของสัตว์เลี้ยง ชี้ให้เห็นว่า สัตว์ทดลองที่ได้รับไนเตรต หรือไนไตรต์มากจะมีความผิดปกติ ดังต่อไปนี้

1. สัตว์มีอาการขาดวิตามินเอ เนื่องจากความเป็นพิษของไนเตรตที่มีต่อเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของวิตามินเอ นอกจากนี้ไนไตรต์ยังทำลายแคโรทีน ขณะที่สารดังกล่าวอยู่ในระบบทางเดินอาหารอีกด้วย
2. สัตว์มีความต้องการไอโอดีนมากขึ้น แต่เดิมเคยต้องการเพียง 35 ppb. หากร่างกายได้รับไนเตรตมาก ๆ ความต้องการไอโอดีนของสัตว์จะเพิ่มเป็น 200 ppb.
3. ไนไตรต์ยังอาจเป็นสาเหตุของความผิดปกติในร่างกายอีกหลายประการ เช่น หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติ
4. ไนไตรต์ทำปฏิกิริยากับ amine ในร่างกายได้ nitrosamine ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นสารชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดมะเร็งในสิ่งมีชีวิต



ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของไนเตรตและการสังเคราะห์สารประกอบไนโตรโซ (ยูพา, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ในการปลูกผัก

- ดินตราสีดา
- เมล็ดพันธุ์ผักคะน้า(คะน้าใบ)ของบริษัท เจียใต้ จำกัด
- ปุ๋ยเคมี ยี่ห้อไนโปเฟท สูตร 15-15-15
- ปุ๋ยคอก 100% ตราสีดา
- ถุงดำสำหรับปลูกพืชขนาด 10 × 15 นิ้ว
- สารสกัดสะเดาชนิดน้ำ
- ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ตราEM ของบริษัท อีเอ็ม คิวเซ จำกัด
- เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการเกษตร เช่น ช้อนพรวน บัวรดน้ำ เป็นต้น

2. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

- ตู้อบ(hot air oven)
- เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง(balance)
- เครื่องปั่น(blender)
- เครื่อง spectrophotometer ยี่ห้อ MILTON ROY รุ่น Genesis 2
- แท่งแก้ว(stirring rod)
- กรวยแก้ว(funnel)
- บีกเกอร์(beaker)
- ใยแก้ว(glass wool)
- กระบอกลวด(cylinder)
- ขวดใส่สาร(vial)
- ขาตั้ง(stand)
- ปิเปต(pipette) ขนาด 1 ml และ 10 ml
- ขวดสีชา(amber bottle)
- เครื่องvortex mixture
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ(water bath)
- กระดาษกรองเบอร์ 42(filter paper)
- ขวดวัดปริมาตร(volumetric flask) ขนาด 250 ml 500 ml และ 1000 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขวดรูปขมพู(conical flask)
- หลอดทดลอง(test tube)
- ออโตปิเปต(autopipette) ขนาด 200-1000 ml

สารเคมี

- N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride (A.R. Grade ; Merck)
- Hydrochloric acid 1.2N , 2.4N
- Sulfanilamide (A.R. Grade ; Fluka)
- Salicylic acid (A.R. Grade ; Merck)
- Sulfuric acid (A.R. Grade ; Merck)
- Sodium hydroxide 4 M (A.R. Grade ; Merck)
- Sodium nitrate (A.R. Grade ; Merck)
- Sodium nitrite (A.R. Grade ; Merck)
- Activated carbon

สารเคมีและเครื่องมือ

1. NED reagent : ละลาย N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochlorid 0.3 กรัม ใน 0.12 N HCl 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา
 2. Sulfanilamide reagent : ละลาย sulfanilamide 0.5 กรัมใน 2.4 N HCl 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา
 3. Salicylic acid : ละลาย Salicylic acid 0.5 กรัมใน H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 95 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา(ใช้ได้ภายใน 7 วัน)
 4. Sodium hydroxide 4 M : ละลาย NaOH 160 กรัมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร
- หมายเหตุ reagent จะต้องเก็บในขวดสีชา (amber botter) แล้วแช่ไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
5. สารละลายมาตรฐาน

5.1 สารละลายมาตรฐาน

- 5.1.1 Stock solution : ละลาย KNO_3 ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution KNO_3 เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5.1.2 Intermediate solution : pipette stock solution จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
- 5.1.3 Working solution : pipette Intermediate solution จำนวน 25, 35, 45, 55, 65 และ 75 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 25, 35, 45, 55, 65 และ 75 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
- 5.2 สารละลายมาตรฐานไนไตรต์(NaNO_2)
- 5.2.2 Stock solution : ละลาย NaNO_2 ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution NaNO_2 เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
- 5.2.3 Intermediate solution : pipette Stock solution จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
- 5.2.4 Working solution : pipette intermediate solution จำนวน 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design(CRD) มี 6 วิธีการ ดังนี้

วิธีการที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย

วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ปริมาณ 400 กรัม ละลายน้ำ 1 ลิตร/แปลง

วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยคอก 1.35 กก./แปลง (15 กรัม/ต้น)

วิธีการที่ 4 ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (EM) 15 ซีซี ผสมน้ำ 1 ลิตร/แปลง

วิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณ 400 กรัม ละลายน้ำ 1 ลิตร/แปลง สลับกับปุ๋ยคอกจำนวน 1.3 กก./แปลงโดยให้สลับกันในแต่ละสัปดาห์

วิธีการที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณ 400 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ละลายน้ำ 1 ลิตร/แปลง สลับปุ๋ยน้ำหมัก 15 ซีซี ผสมน้ำ 1 ลิตร/แปลง โดยให้ สลับกันในแต่ละสัปดาห์

2. สถานที่ทำการทดลอง

พื้นที่ด้านหน้าโรงเรียนเพาะชำของภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชซึ่งอยู่ภายในบริเวณ ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลองโดยการปลูกผักคะน้าในระหว่างวันที่ 27 ตุลาคม 2545-23 ธันวาคม 2545

4. วิธีการปลูกผักคะน้า

วันที่ 27 ตุลาคม 2545 ทำการปลูกผักคะน้าในถุงดำขนาด 10×15 นิ้ว จนเกือบเต็มและเกลี่ย หนาดินให้เรียบเสมอกัน จัดถุงดำในแต่ละแปลงให้มี 6 แถว แถวละ 15 ถุง ทำการหยอดเมล็ดพันธุ์ ผักคะน้าลงในถุงดำที่เตรียมดินไว้แล้ว ถุงละ 3-5 เมล็ด แล้วกลบดินให้หนาประมาณ 0.5 ซม. รด น้ำให้ทั่วทุกแปลง

4.1 การปฏิบัติดูแลรักษา

- รดน้ำวันละ 2 ครั้ง(เช้า-เย็น)
- กำจัดวัชพืชโดยการถอนทิ้ง
- กำจัดแมลงศัตรู โดยการเก็บทำลายและฉีดพ่นด้วยสารสะกัดสะเดา

4.2 การถอนแยกต้นกล้า

ทำการถอนแยกต้นกล้าเมื่อต้นกล้ามีอายุได้ 15 วัน(วันที่ 10 พฤศจิกายน 2545) ให้เหลือถุง ละ 1 ต้น

4.3 การใส่ปุ๋ย

ใส่ปุ๋ยครั้งแรกเมื่อผักคะน้าที่อายุ 7 วันหลังจากแยกปลูก(วันที่ 16 พฤศจิกายน 2545) หลังจากนั้นทำการใส่ปุ๋ยทุกๆ 7 วัน และใส่ปุ๋ยครั้งสุดท้ายเมื่อผักอายุได้ 43 วัน(วันที่ 21 ธันวาคม 2545)

5. การสุ่มเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างผักคะน้าหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งสุดท้าย 2 วัน(วันที่ 23 ธันวาคม 2545) นำมาชั่งหา ปริมาณผลผลิตต่อแปลง แล้วสุ่มผักคะน้าที่เก็บเกี่ยวได้มานึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที นำผักคะน้าที่ ผ่านการนึ่งแล้วไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรดไนโตรเจน โดยใช้เครื่องมือspectrophotometer และวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ โดยโปรแกรม DMRT

6. วิธีการแยกสกัดไนเตรดและไนโตรเจนจากผักคะน้า

6.1 วิธีการสกัด

- นำผักคะน้าไปนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที นำขึ้นทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หั่นฝัคน้ำที่ผ่านการนึ่งแล้วเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วชั่งให้ได้ 10 ± 0.5 กรัม ใส่ในโถปั่น
- เติมน้ำกลั่นในโถปั่นจำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วปั่นฝักให้ละเอียด
- เทฝักที่ปั่นละเอียดแล้วลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 150 มิลลิลิตร แล้วนำไปตั้งบน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ
- ยกออกจาก water bath แล้วคนด้วยแท่งแก้วอีกประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร กรองผ่านใยแก้ว(glass wool) จะได้สารละลายสีเขียว
- นำสารละลายที่ได้มาเติมผงถ่านกัมมันต์(activated carbon) ซึ่งผ่านการอบในตู้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงแล้ว จำนวน 1.5 กรัม คนด้วยแท่งแก้วนาน 5 นาที
- กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 จะได้สารละลายที่ใส
- นำสารละลายที่กรองได้ไปพัฒนาสีแล้วตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer

6.2 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์ปริมาณ

6.2.1 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณในเตรต

- บีบสารละลายที่สกัดได้จากฝักตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง (test tube)
- เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- เติม 4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
- นำไปวัดค่า absorbance และหาปริมาณความเข้มข้นจาก standard curve โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm.

6.2.2 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์ปริมาณในไตรต์

- บีบสารละลายที่สกัดได้จากฝักตัวอย่างจำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง(test tube)
- เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำไปวัดค่า absorbance และหาปริมาณความเข้มข้นจาก standard curve โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 nm.

6.3 การสร้าง standard curve ของไนเตรตและไนไตรต์

6.3.1 การสร้าง standard curve ของไนเตรต

- ปิเปต working standard solution NaNO_3 เข้มข้น 25, 35, 45, 55, 65 75 และ 85 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น
- เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- เติม 4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
- นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curve จากค่า absorbance และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm.

6.3.2 การสร้าง standard curve ของไนไตรต์

- ปิเปต working standard solution NaNO_2 เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น
- เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
- นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curve จากค่า absorbance และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 nm.

7. กำหนดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ทั้งหมดจากการสกัดตัวอย่างผัก

นำค่าความเข้มข้นของไนเตรตและไนไตรต์ ที่ได้จากเครื่อง spectrophotometer มาทำการคำนวณหาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์จากสูตร

$$N = xa/mv$$

N = ปริมาณไนเตรตหรือไนไตรต์หน่วยเป็น ไมโครกรัม/กรัม

x = ปริมาณน้ำกลั่นทั้งหมดที่ใช้สกัด หน่วยเป็นมิลลิลิตร

a = ค่าความเข้มข้นของไนเตรตหรือไนไตรต์ที่ได้จากเครื่อง spectrophotometer หน่วยเป็น ไมโครกรัม

m = ปริมาณผักที่นำมาสกัด หน่วยเป็นกรัม

v = ปริมาตรของสารสกัดที่ใช้ในการพัฒนาสี เพื่อนำไปวัดค่า absorbance โดยเครื่อง spectrophotometer หน่วยเป็น มิลลิลิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

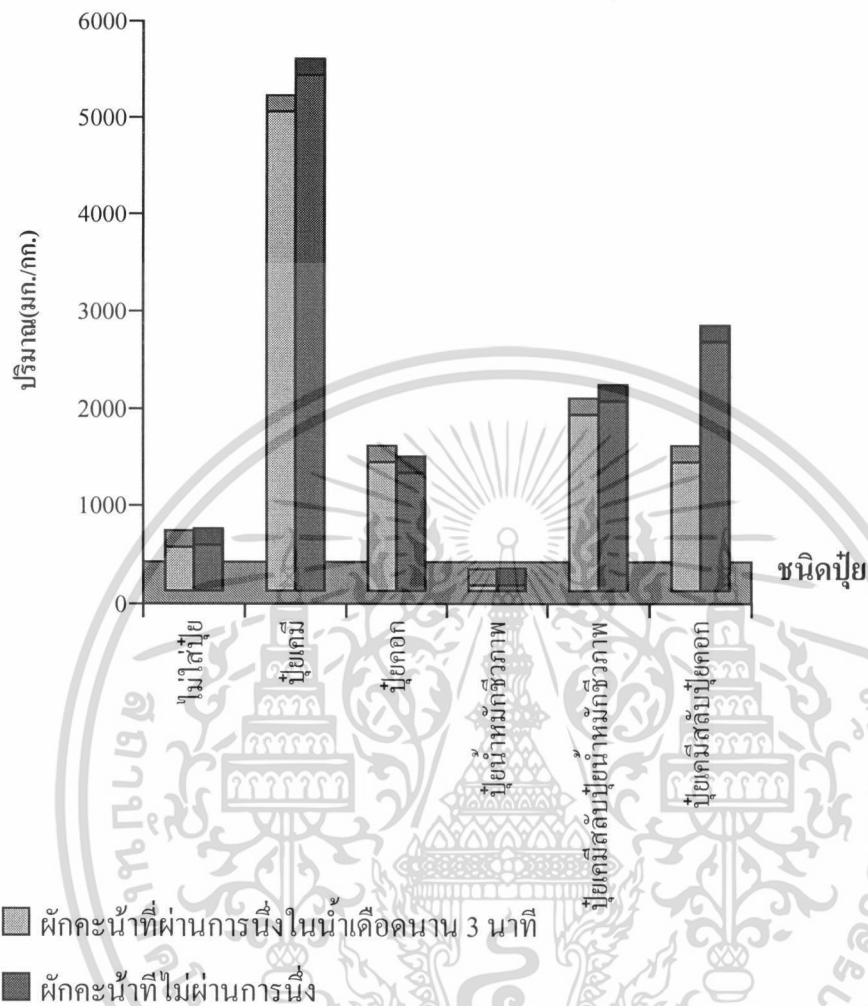
ผลการทดลองพบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที มีปริมาณไนเตรต 4936.83, 1323.53, 56.45, 1812.65, 1322.15 และ 449.69 มก./กก. ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 2) ปริมาณไนโตรเจน 2.47, 2.72, 2.47, 2.21, 2.09 และ 6.88 มก./กก. ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 3) เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนโตรเจนไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ พบว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีจะสูงกว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณไนเตรตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอกมีปริมาณไนเตรตแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก สำหรับการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนโตรเจน พบว่าปริมาณไนโตรเจนในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยสูงสุดและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ระดับ $P=0.05$ ทั้งนี้ไนโตรเจนในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกจะต่ำกว่าไนโตรเจนในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย และปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนโตรเจนในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดเดียวกัน แต่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดและไม่ได้ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด พบว่าต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ ผักคะน้าที่นึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที ที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ยจะมีปริมาณไนเตรตและไนโตรเจนน้อยกว่าผักคะน้าที่ไม่ได้ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด ยกเว้นผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอกมีปริมาณไนเตรตมากกว่าผักคะน้าที่ไม่ได้ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด และปริมาณไนโตรเจนในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีปริมาณน้อยกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเหมือนกันแต่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด ส่วนผลผลิตพบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และผักคะน้าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยได้ผลผลิต 5.86, 1.80, 0.90, 5.46, 6.90 และ 1.36 กก./แปลงตามลำดับ โดยที่ปริมาณผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 4)

ตารางที่ 1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ หลังจากผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที และไม่ผ่านการนึ่ง

ปุ๋ย	ปริมาณไนเตรต(ม.ก./กก.)	
	ผักคะน้าที่นึ่ง	ผักคะน้าที่ไม่ได้นึ่ง
ไม่ใส่ปุ๋ย	449.69 Ad	464.66 Ae
ปุ๋ยเคมี	4936.83 Aa	5313.36 Aa
ปุ๋ยคอก	1323.53 Ac	1210.55 Ad
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	56.45 Ae	61.97 Ae
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำชีวภาพ	1812.65 Ab	1947.49 Ac
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	1322.15 Ac	2554.36 Ab

- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งและตัวใหญ่ในแนวนอนเดียวกันที่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$
- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งและตัวใหญ่ในแนวนอนเดียวกันที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$



ภาพที่ 2 ปริมาณไนเตรตในปักคะน้ำที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ หลังจากผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที และปริมาณไนเตรตในปักคะน้ำที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ ที่ไม่ผ่านการนึ่ง

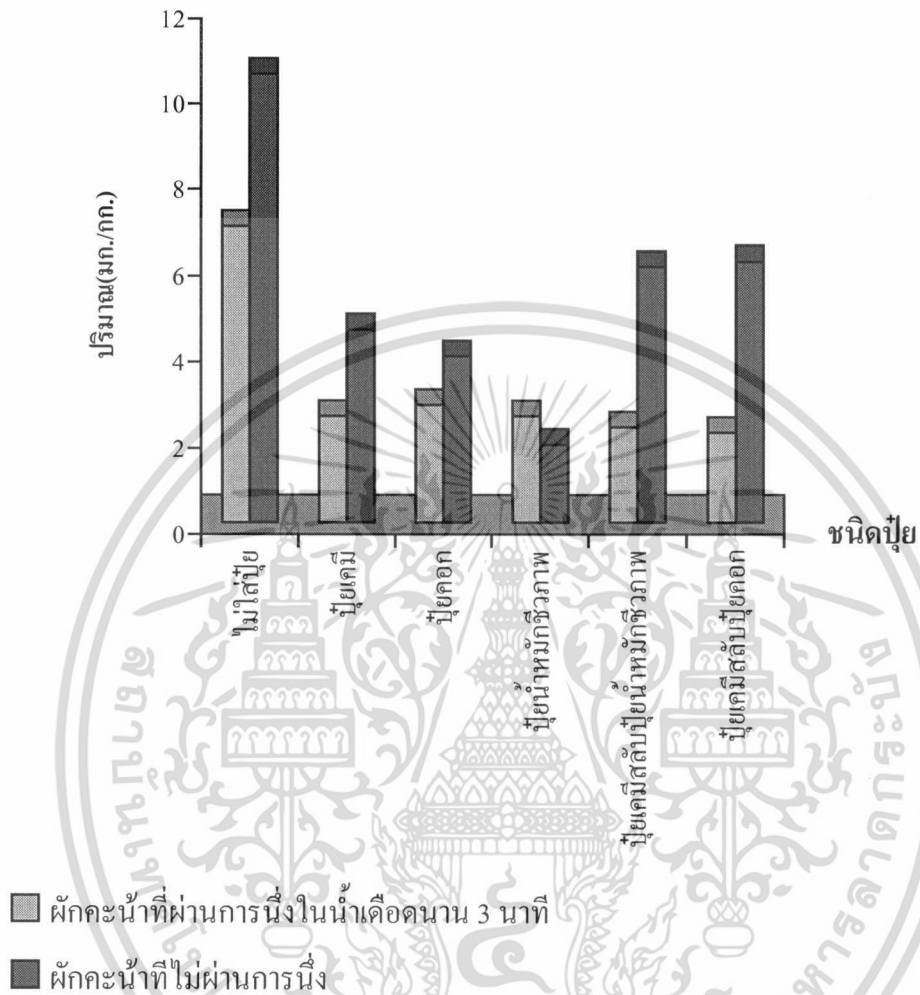
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2. ปริมาณไนโตรเจนในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ หลังจากผ่านการนึ่งนาน 3 นาทีและไม่ผ่านการนึ่ง

ปุ๋ย	ปริมาณไนโตรเจน(ม.ก./กก.)	
	ผักคะน้าที่นึ่ง	ผักคะน้าที่ไม่ได้นึ่ง
ไม่ใส่ปุ๋ย	6.88 Ab	10.43 Aa
ปุ๋ยเคมี	2.47 Abc	4.48 Aab
ปุ๋ยคอก	2.72 Ab	3.86 Aab
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	2.47 Abc	1.81 Ab
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำชีวภาพ	2.21 Abc	5.94 Ab
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	2.09 Ac	6.07 Ab

- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งและตัวใหญ่ในแนวนอนเดียวกันที่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$
- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งและตัวใหญ่ในแนวนอนเดียวกันที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนในฝักค่น้ำที่ใส่ป๊วยชนิดต่างๆ หลังจากนี้ในน้ำเดือดนาน 3 นาที และ ปริมาณไนโตรเจนในฝักค่น้ำที่ใส่ป๊วยชนิดต่างๆ ที่ไม่ผ่านการนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

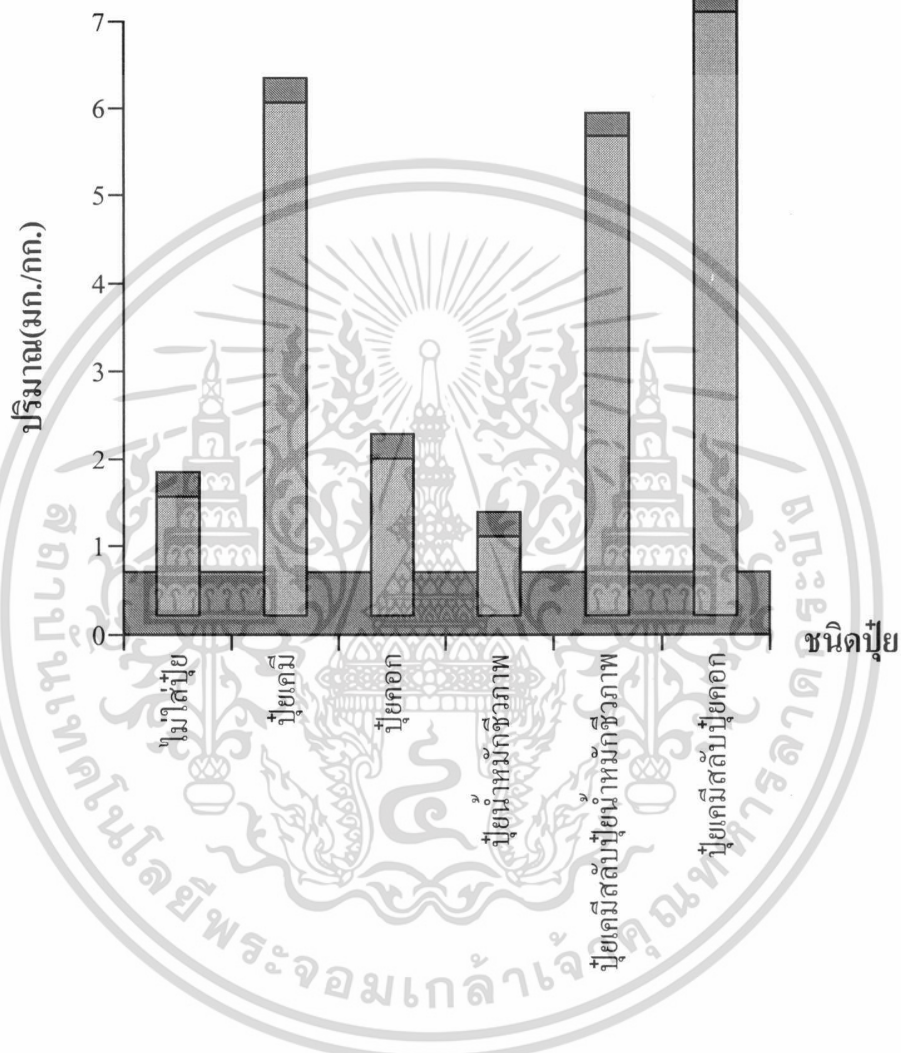
ตารางที่ 3. ปริมาณผลผลิตค่น้ำที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ

ปุ๋ย	ปริมาณผลผลิต(กก./แปลง)
ไม่ใส่ปุ๋ย	1.36 e
ปุ๋ยเคมี	5.86 b
ปุ๋ยคอก	1.80 d
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	0.90 f
ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยน้ำหมัก	5.46 c
ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก	6.90 a

- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งที่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$
- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ปริมาณผลผลิตค่น้ำที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี



ภาพที่ 6 ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก



ภาพที่ 8 ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ



ภาพที่ 10 ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ พบว่าผักคะน้าจะมีปริมาณไนเตรตมากกว่าไนไตรต์ค่อนข้างสูง ทั้งนี้Walkers(1990) พบว่าผักโดยทั่วไปจะพบปริมาณไนไตรต์ที่น้อยกว่า 1-2 มก./กก. และพบน้อยมากที่จะพบในปริมาณที่สูงถึง 10มก./กก. ซึ่งในการทดลองครั้งนี้พบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย และผ่านการนึ่งนาน 3 นาที ต่างก็มีปริมาณไนไตรต์ต่ำกว่า 10 มก./กก. และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อนำผักคะน้าหนึ่งใ้ในน้ำเดือดนาน 3 นาทีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ยลดลง ซึ่งก็สอดคล้องกับการศึกษาของประภาพร (2541) ที่พบว่าในผักที่ผ่านการต้ม นึ่ง จะทำให้มีการสูญเสียปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ ทั้งนี้ผลการทดลองครั้งนี้พบว่า ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอกและผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที มีปริมาณไนเตรตสูงกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอกเหมือนกันแต่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด และปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที มีไนไตรต์สูงกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเหมือนกันแต่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือด อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดในขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างของผักคะน้าขณะนำไปชั่ง อาจจะมีการสุ่มก้านได้มามากกว่าใบ ทำให้วิเคราะห์ได้ไนไตรต์และไนเตรตมากกว่าเพราะปริมาณไนเตรตไนไตรต์ในก้านผักจะสูงกว่าในใบ หรืออาจจะเนื่องมาจากขั้นตอนการทำให้ผักคะน้าสะเด็ดน้ำหลังการนึ่งซึ่งอาจทำให้สะเด็ดน้ำได้ไม่สม่ำเสมอทำให้มีน้ำในตัวอย่างมากซึ่งมีผลต่อน้ำหนักตัวอย่างผักที่ชั่งได้ซึ่งมีผลต่อการคำนวณปริมาณไนเตรตและไนไตรต์จากตัวอย่างทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที พบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณไนเตรตสูงกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอกแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและไม่ใส่ปุ๋ย ที่ระดับ $P=0.05$ และพบว่า ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยสูงสุดและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ระดับ $P=0.05$ ทั้งนี้ไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกจะต่ำกว่าไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที กับผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่งที่ได้รับปุ๋ยแต่ละชนิด พบว่าปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่นึ่งนาน 3 นาที กับผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P=0.05$ ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกให้ผลผลิตสูงกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองพบว่าหากพิจารณาเฉพาะในแง่ของความปลอดภัยในการเสี่ยงต่อการได้รับพิษของไนเตรตและไนไตรต์ ก็ควรจะบริโภคผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเพียงอย่างเดียว เพราะมีปริมาณไนเตรตต่ำกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดอื่นๆ แต่หากจะพิจารณาในแง่ของผลผลิตด้วยอาจเลือกปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกเพราะให้ผลผลิตสูงสุด และมีปริมาณไนเตรตไนไตรต์ต่ำ และเมื่อนำผักคะน้ามาหนึ่งใต้น้ำเดือดนาน 3 นาที ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์จะลดลงแต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่ง ดังนั้นการบริโภคผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งใต้น้ำเดือด หรือไม่หนึ่งอาจมีความเสี่ยงต่อการเป็นอันตรายจากไนเตรตและไนไตรต์ไม่ต่างกันทั้งนี้ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆดังกล่าว พบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณไนเตรตสูงกว่าค่ามาตรฐานของ European Commission Regulation (EC) No.194/97 ซึ่งกำหนดว่าในผักสีเขียวจำพวก lettuce ให้มีไนเตรตได้ไม่เกิน 4,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด และspinach ได้ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด แต่ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกมีปริมาณไนเตรตต่ำกว่ามาตรฐานของ European Commission Regulation (EC) NO. 194/97 ดังนั้นการบริโภคผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกจะปลอดภัยกว่าการบริโภคผักคะน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่ปุ๋ยเคมี แต่อย่างไรก็ตามผู้ที่ชอบรับประทานผักเป็นอาหารก็ไม่ควรกังวลมากนัก เพราะผักที่รับประทานแม้จะมีปริมาณไนเตรตสูง แต่ไนเตรตก็สามารถถูกกำจัดออกจากร่างกายโดยทางปัสสาวะ และในผักมีวิตามินอี และวิตามินซี ซึ่งยับยั้งการสร้างไนโตรซามีน ทำให้เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งน้อยกว่าการบริโภคอาหารพวก cured meat เช่น ไส้กรอก แฮม เบคอน เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม . 2541 . รวมเรื่องผักในฐานเกษตรกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 5 . โรงพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี 90 หน้า .
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา . 2541 . ปฐพีวิทยาเบื้องต้น . คณะเกษตร , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพมหานคร . หน้า 60-63 .
- ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์ . 2542 . ปุ๋ยหมัก ดินหมัก และปุ๋ยน้ำชีวภาพเพื่อการปรับปรุงดินโดยวิธีเกษตรธรรมชาติ . โอเดียนสโตร์ , กรุงเทพมหานคร . 63 หน้า .
- ประภาพร สวราชย์ . 2541 . ผลของการหุงต้มต่อระดับไนเตรตในไครต์ในผัก . วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล . 75 หน้า .
- ไมตรี สุทธิจิตต์ . 2531 . สารพิษรอบตัวเรา . โรงพิมพ์ดาว คอมพิวเตอร์ , กรุงเทพมหานคร . 250 หน้า .
- เมืองทอง ทวนทวี . 2532 . สวนผัก . พิมพ์ครั้งที่ 2 . โรงพิมพ์ทั้งสัว , กรุงเทพมหานคร . 317 หน้า .
- ยุพา ผลโภค . 2543 . แนวข้อสอบเอนทรานซ์ชีววิทยา . SCIENCE CENTER กรุงเทพมหานคร . 119 หน้า .
- ยงยุทธ โอสดสภา . 2524 . ไนเตรตในดินพืชกับสุขภาพของผู้บริโภค . ภาควิชาปฐพีวิทยา , คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 13 หน้า .
- ลักขณา อมรสิน . 2541 . คู่มือประกอบการปฏิบัติการวิชาพืชวิทยาสิ่งแวดล้อม . ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช , คณะเทคโนโลยีการเกษตร , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . 47 หน้า .
- ลักขณา อมรสิน . 2534 . อนุมูลพืช ในพืชวิทยาวิเคราะห์ . ภาควิชาเกษตรชีววิทยา , คณะเกษตรศาสตร์ , มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ . หน้า 37 – 39 .
- ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา . 2529 . จุลชีววิทยาของดินเพื่อผลผลิตทางการเกษตร . พิมพ์ครั้งที่ 2 . ภาควิชาปฐพีวิทยา , คณะเกษตร , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพมหานคร . 335 หน้า .
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ . 2535 . สรีรวิทยาของพืช . ภาควิชาพฤกษศาสตร์ , คณะวิทยาศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . กรุงเทพฯ . 239 หน้า .
- สมศักดิ์ วังโน . 2528 . จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน . ภาควิชาปฐพี , คณะเกษตร , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 193 หน้า .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค . 2535 . หนังสือรวบรวมบทความเผยแพร่ความรู้
เรื่องการคุ้มครองผู้บริโภค . สำนักพิมพ์สามเจริญพาณิชย์ , กรุงเทพมหานคร . 35 หน้า .
- อภิศักดิ์ โพธิ์ปิ่น . 2527 . ปุ๋ยคอกเพื่อสภาพดินดีกว่า . ฐานเกษตรกรรม . 13 (2) : 64 – 68 .
- Burt T.P. , A.L. Heathwaite and S.T. Trudgill . 1993 . Nitrate Processes Patterns and
Management . Nitrate in Groundwater . New York . 214 pp.
- Douglas M . Considine , P . E . Glenn D. Considine . 1984 . Van Nostrand Reinhold Encycopedia of
Chemistry Manufactured , in USA New York . 22-44 .
- Shahidi F . and R.B. Pegg . 1993 . Nitrite – free meat curing systems and the N – nitrosamine
Problem . In k.w. Waldron , I.T. Johnson and G.R. Fenwick (editors) Food and Cancer
Prevention . Chemical and Biological Aspects . Bookcraft (Bath) Ltd ., New York .
- Wadleigh , C. H. and J. W. Shire. 1939 . Base content of complains as influenced by pH of substrate
And from of N supply. Soil Science 47: 273 – 283 .
- Walkers R . 1990. Nitrates, Nitrites and N-nitroso compound . a review of the accurrence in
food and dide and toxincological implication “Food addit contam” , Vol.5 , 1990 .
pp717-768
- George L. Clark and Gessner G. Hawley . 1996 . The Encyclopedia of Chemistry . Reinhold
Publishing Corporation , New York. 166-167



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1. แสดงปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งนาน 3 นาที

ปุ๋ย	ปริมาณไนเตรต(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
T1	4944.6	4974.1	4891.8	14810.5	4936.83
T2	1330.51	1328.35	1311.75	3970.61	1323.54
T3	59.76	51.88	57.70	169.34	56.45
T4	1361.15	1283.48	1321.82	3966.45	1322.15
T5	1841.45	1800.89	1995.62	5637.96	1812.65
T6	436.27	462.77	450.03	1349.07	449.69

ตารางภาคผนวกที่ 2. แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	5	351875.313	60375.063	259.238**	2.53	3.70
Error	30	8347.128	195.594			
Total	35	351983.036	20704.884			

$$CV = 11.92 \%$$

$$LSD.05 = 16.92341$$

$$LSD.01 = 25.78752$$

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ $P=0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

T2 250.08a

T6 163.79b

T3 120.31c

T5 120.19c

T1 12.09d

T4 1.56e

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

T2 250.08a

T6 163.79b

T3 120.31c

T5 120.19c

T1 12.09d

T4 1.56e

หมายเหตุ

T1 = ปุ๋ยเคมี

T2 = ปุ๋ยคอก

T3 = ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

T4 = ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

T5 = ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

T6 = ไม่ใส่ปุ๋ย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3. แสดงปริมาณไนโตรเจนในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งนาน 3 นาที

ปุ๋ย	ปริมาณไนโตรเจน(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
T1	2.87	2.31	2.23	7.41	2.47
T2	2.75	2.55	2.85	8.15	2.72
T3	2.35	2.47	2.59	7.41	2.47
T4	1.91	2.43	1.91	6.25	2.09
T5	2.07	2.11	2.43	6.61	2.21
T6	6.98	6.95	6.72	20.65	6.88

ตารางภาคผนวกที่ 4. แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในผักคะน้าที่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	5	2.55	0.31	72.95**	2.53	3.70
Error	30	0.11	0.011			
Total	35	3.66	0.098			

$$CV = 15.16 \%$$

$$LSD.05 = 0.4014272$$

$$LSD.01 = 0.5628286$$

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ $P=0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

T1	1.088302a
T3	0.7168b
T2	0.47145bc
T4	0.46925bc
T6	0.2205767bc
T5	0.20861c

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

T1	1.088302a
T3	0.7168b
T2	0.47145bc
T4	0.46925bc
T6	0.2205767c
T5	0.20861c

หมายเหตุ

- T1 = ปุ๋ยเคมี
 T2 = ปุ๋ยคอก
 T3 = ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ
 T4 = ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก
 T5 = ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ
 T6 = ไม้ใส่ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5. แสดงปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่งนาน 3 นาที

ปุ๋ย	ปริมาณไนเตรต(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
T1	5876.80	5025.70	5037.60	15940.10	5313.37
T2	1175.22	1382.04	1296.16	3853.42	1284.47
T3	73.17	59.74	53.01	185.92	61.97
T4	2788.20	2508.00	2366.10	7662.30	2554.10
T5	1894.22	1994.29	1953.97	5842.48	1947.49
T6	515.93	430.81	447.24	1393.98	464.66

ตารางภาคผนวกที่ 6. แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	5	268966.49	53793.29	276.43**	2.53	3.70
Error	30	5837.98	194.59			
Total	35	274804.47	7851.55			

CV = 14.44 %

LSD.05 = 16.44621

LSD.01 = 22.14842

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ P=0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

T2	265.6683a
T6	127.7183b
T5	97.37466c
T3	62.69634d
T1	23.233e
T4	3.098517e

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

T2	265.6683a
T6	127.7183b
T5	97.37466c
T3	62.69634d
T1	23.233e
T4	3.098517f

หมายเหตุ

T1 = ฝึยเคมี

T2 = ฝึยคอก

T3 = ฝึยน้ำหมักชีวภาพ

T4 = ฝึยเคมีสลับฝึยคอก

T5 = ฝึยเคมีสลับฝึยน้ำหมักชีวภาพ

T6 = ไม้ใส่ฝึย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7. แสดงปริมาณไนโตรเจนในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่งนาน 3 นาที

ปุ๋ย	ปริมาณไนโตรเจน(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
T1	14.74	13.39	3.18	31.31	10.44
T2	4.22	3.62	5.62	13.46	4.49
T3	3.15	4.62	3.83	11.60	3.86
T4	1.71	1.67	2.07	4.91	1.64
T5	9.77	3.07	5.38	18.22	6.07
T6	2.86	5.89	9.08	17.83	5.94

ตารางภาคผนวกที่ 8. แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการนึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	5	2.531	0.506	6.034**	2.53	3.70
Error	30	2.517	0.084			
Total	35	2.048	0.0144			

$$CV = 53.23 \%$$

$$LSD.05 = 0.3414763$$

$$LSD.01 = 0.4598726$$

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ P=0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

T1	1.044417a
T6	0.6072167ab
T5	0.5952167ab
T2	0.4490833b
T3	0.3866333b
T4	0.1820167b

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

T1	1.044417a
T6	0.6072167b
T5	0.5952167b
T2	0.4490833bc
T3	0.3866333bc
T4	0.1820167c

หมายเหตุ

- T1 = ใ้ยมี่เคมี่
 T2 = ใ้ยมี่คอก
 T3 = ใ้ยมี่น้ำหมักชีวภาพ
 T4 = ใ้ยมี่เคมี่สลับใ้ยมี่คอก
 T5 = ใ้ยมี่เคมี่สลับใ้ยมี่น้ำหมักชีวภาพ
 T6 = ใ้ยมี่ใ้สใ้ยมี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้