18998

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก

Nitrate and Nitrite Contents in Chinese Kale Treated with Fertilizer , Manure and Fertilizer alternated with Manure

T099025

โดย

นางสาวรัตนา สวัสดิ์ดล

Miss Ratana Sawatdol

ปก.
ส375 ป
2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....39025
วัน,เดือน,ปี.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก

และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก

Nitrate and Nitrite Contents in Chinese Kale Treated with Fertilizer , Manure and Fertilizer alternated with Manure

โดย

นางสาวรัตนา สวัสดิ์ดล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วรเดช จันทสร)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วันที่ ๒๕ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๔๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

โดย : นางสาวรัตนา สวัสดิ์ดล

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรศาสตร์)

สาขาวิชา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

อาจารย์ที่ปรึกษา : ..../...../2546

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน)

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ตรวจวิเคราะห์ไนเตรตและไนไตรต์โดยวิธีการสเปกโทรโฟโทเมทริก พบปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย 4547.03, 1210.55, 2554.36 และ 400.94 มก./กก. ตามลำดับ และปริมาณไนไตรต์ 4.83, 3.86, 6.07 และ 10.09 มก./กก. ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูงกว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P=0.01 ทั้งนี้ผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณไนไตรต์สูงกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P=0.05 ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P=0.05 ผักคะน้าที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณผลผลิต 5.96, 1.93, 6.90 และ1.40 กิโลกรัม/แปลง ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอกสูงกว่าปริมาณผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P=0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Title : Nitrate and Nitrite Contents in Chinese Kale Treated with Fertilizer, Manure and Fertilizer alternated with Manure.

By : Miss Ratana Sawatdol

Degree : Bachelor of Science in Agriculture

Major Field : Pest Management Technology

Advisor : .....Luckana Amonsin 9 /April/2003

(Asst. Professor Luckana Amonsin)

The study of nitrate and nitrite contents in Chinese Kale treated with fertilizer, manure, fertilizer alternated with manure and non-treated with fertilizer was designed as completely randomize design and was analyzed by spectrophotometric method. The results was found that nitrate and nitrite in Chinese Kale treated with fertilizer, manure, fertilizer alternated with manure and non-treated with fertilizer were 4547.03, 1210.55, 2554.36, 400.94 mg/kg and nitrite were 4.83, 3.86, 6.07and 10.09 mg/kg respectively. Nitrate contents in Chinese Kale treated with fertilizer have significantly higher than that in Chinese Kale treated with manure, fertilizer alternated with manure and non-treated with fertilizer at P=0.01. Nitrite contents in Chinese Kale non-treated with fertilizer have significantly higher than that in Chinese Kale treated with fertilizer, manure and fertilizer alternated with manure but have not significance in Chinese Kale treated with fertilizer, manure and fertilizer alternated with manure at P=0.05. The production of Chinese Kale treated with fertilizer, manure, fertilizer alternated with manure and non-treated with fertilizer were 5.96, 1.93, 6.90 and 1.40 kg/plot respectively.The production of Chinese Kale production treated with fertilizer alternated with manure have significantly higher than the production of Chinese Kale treated with fertilizer, manure, and non-treated with fertilizer at P=0.01.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เนื่องจากใส่ความอนุเคราะห์จากผู้มีพระคุณหลายท่าน ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์ด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณ คุณจรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช สำหรับความกรุณาในการให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในการใช้เครื่อง spectrophotometer รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวของข้าพเจ้าที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านกำลังทรัพย์ ทั้งคอยให้คำปรึกษาและให้กำลังใจมาโดยตลอด

รัตนา สวัสดิ์ดล

เมษายน 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ii
คำนิยม.....iii
สารบัญ.....iv
สารบัญตาราง.....v
สารบัญภาพ.....vi
คำนำ.....1
วัตถุประสงค์.....2
ตรวจเอกสาร.....3
อุปกรณ์และวิธีการ.....22
ผลการทดลอง.....28
วิจารณ์.....35
สรุปและข้อเสนอแนะ.....36
เอกสารอ้างอิง.....38
ภาคผนวก.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย 29
   ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก
2. ผลผลิตของผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก 29
   และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

ตารางภาคผนวกที่

1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก.....42
   และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก
2. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก.....42
   และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก
3. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักคะน้า.....43
   ที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก
4. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้า.....44
   ที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก
5. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณผลผลิตผักคะน้า.....45
   ที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1. วงจรไนโตรเจนในธรรมชาติ.....14
2. แผนภูมิส่วนประกอบอย่างย่อของสเปกโทรโฟโทมิเตอร์.....19
3. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี 30
   ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก
4. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี.....31
   ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก
5. ปริมาณผลผลิตต่อแปลงของผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย.....32
   ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก
6. ผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย.....33
7. ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี 33
8. ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก.....34
9. ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก.....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

คะน้า(*Brassica oleracea var albograba*) เป็นพืชผักที่มีสีเขียวเข้ม จัดอยู่ในตระกูลกะหล่ำ(Cruciferae)ปัจจุบันคะน้าเป็นพืชผักที่ได้รับความนิยมในการบริโภค และมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของหลายประเทศในเขตเอเชีย เช่น ไทย จีน ไต้หวัน ฮ่องกง มาเลเซีย สิงคโปร์ คะน้าเป็นผักที่ปลูกง่าย ปลูกได้ตลอดทั้งปี คะน้ามีรสชาติอร่อย ราคาถูก และมีคุณค่าทางอาหารให้วิตามินเอ และ วิตามินซีสูง นอกจากนี้ยังมีสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน แร่ธาตุพวกแคลเซียม และฟอสฟอรัส การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยมากขึ้น ทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก ซึ่งจะช่วยทำให้ผลผลิตของผักคะน้าเพิ่มขึ้น ทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนสูงขึ้น ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรต (NO_3^-) เป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมากและมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างเห็นได้ชัด เมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืช พืชจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ใบจะโตและเขียวสดขึ้นทันที เพราะไนโตรเจนเป็นธาตุที่ช่วยให้พืชสร้างโปรตีนได้อย่างเพียงพอ และเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ในพืช แหล่งสำคัญของไนโตรเจนในดินคืออินทรีย์วัตถุ ซึ่งเมื่อถูกทำให้เน่าเปื่อยและย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินต่างๆแล้ว ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนรูปให้กลายมาเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งเป็นรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารพืชที่สำคัญที่ถูกชะล้างไปได้ง่าย จึงต้องใส่เพิ่มในดินในรูปปุ๋ยไนโตรเจน การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ส่งผลให้เกิดปัญหาการมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ตกค้างในพืชสูง อาจเป็นสาเหตุให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคได้ ซึ่งการรับประทานผักที่มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสได้รับอันตรายจากการเป็นพิษจากไนไตรต์ โดยจะส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การเกิดอาการเมทฮีโมโกลบีเนีย(methemoglobinemia) ซึ่งเป็นผลจากการเป็นพิษโดยตรงจากไนไตรต์ โดยที่ไนไตรต์จะไปออกซิไดซ์ Fe^{+2} ในฮีโมโกลบิน ทำให้ Fe^{+2} เปลี่ยนเป็นFe^{+3} มีผลให้ฮีโมโกลบินเปลี่ยนเป็นเมทฮีโมโกลบิน(methemoglobin)ซึ่งไม่สามารถขนส่งออกซิเจนได้ตามปกติส่งผลให้การนำออกซิเจนไปสู่เซลล์ลดลง ทำให้เกิดอาการพิษขึ้นได้

จากการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการเลือกใช้ปุ๋ย ที่จะทำให้มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าน้อยที่สุด แต่ให้ปริมาณผลผลิตสูงเพื่อเสนอแนะให้เกษตรกรสามารถปลูกผักคะน้าโดยได้รับผลตอบแทนสูงและได้ผักคะน้าที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก
2. เพื่อศึกษาผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก
3. เพื่อหาแนวทางในการเลือกใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสม สำหรับการปลูกผักคะน้าให้ได้ผลผลิตสูงและมีความปลอดภัยจากการเป็นพิษจากไนเตรตและไนไตรต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ผักคะน้า

ผักคะน้า(Chinese Kale) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea var albograba* จัดเป็นพืชในตระกูลกะหล่ำ(Cruciferae) เป็นผักที่มีสีเขียวเข้ม ใบหนา กลม ขนาดของต้นสูงประมาณ 30-50 ซม. มีถิ่นกำเนิดที่ทวีปเอเชียมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หลายประเทศ เช่น ประเทศจีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และประเทศไทย ซึ่งนิยมปลูกและบริโภคกันมากทั่วภาค เป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น ผักคะน้าเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารดีมาก ให้วิตามินเอ และวิตามินซีสูง และยังมีสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และแร่ธาตุพวกแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูง(ไฉน,2542)

คะน้าเป็นผักที่ปลูกง่าย ปลูกได้ตลอดทั้งปีแต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน(สุนทร,2539) คะน้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส แต่ก็ทนทานสูงต่ออุณหภูมิสูงได้ และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจในสภาพอุณหภูมิที่สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส คะน้าเป็นผักที่มีอายุสั้น อายุการเก็บเกี่ยวนับตั้งแต่หว่าน หรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน คะน้าเจริญเติบโตเร็ว ใช้ต้น ใบและก้านในการบริโภค ดังนั้นเพื่อให้คะน้ามีคุณภาพดีจึงควรให้ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูง และต้องมีการให้น้ำอย่างเพียงพอ ความชื้นในดินที่คะน้าต้องการประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ถ้าขาดน้ำคะน้าจะชะงักการเจริญเติบโต มีเส้นใยมาก รสชาติไม่อร่อย พันธุ์คะน้าที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 3 พันธุ์ดังนี้ คือ พันธุ์ใบกลม เป็นคะน้าที่มีใบกว้าง ปล้องลำต้นสั้น ปลายใบมนผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย เช่น พันธุ์ฝางเบอร์ 1 พันธุ์ใบแหลม เป็นคะน้าที่มีใบแคบกว่าพันธุ์แรก ปลายใบจะแหลม ข้อของลำต้นกิ่งแขนง จะเป็นข้อห่าง ใบจะเรียบ เช่น พันธุ์พีแอล 20 และพันธุ์ก้าน เป็นคะน้าที่มีลักษณะใบเหมือนคะน้าแหลม จำนวนใบต่อต้นจะมีใบน้อยกว่า ข้อปล้องจะยาว(อรุณรักษ์,2542)

เนื่องจากคะน้าเป็นผักที่นิยมบริโภคกันมาก จึงได้มีความพยายามเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตทางการเกษตรกรรมมากขึ้น เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นความต้องการปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอกย่อมมีมากขึ้นทุกวัน ซึ่งปุ๋ยจะทำให้เกษตรได้รับผลผลิตและผลตอบแทนที่สูงขึ้น แต่การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตที่มากเกินความจำเป็นจะทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม และยังเป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสัตว์ เนื่องจากการตกค้างของไนโตรเจนในรูปไนเตรตและไนไตรต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น เป็นสารอนินทรีย์ซึ่งประกอบไปด้วยธาตุอาหารจำเป็นที่พืชต้องการและมักขาดแคลนในดิน ปุ๋ยเคมีสามารถให้ธาตุอาหารสูงและพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที(สมภพ,2526) นอกจากนี้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีจะเข้าไปเสริมการเน่าเปื่อยและการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ ซึ่งเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน(อรุณี,2527)

สมบัติที่สำคัญของปุ๋ยเคมี

1. การเปียกชื้นของปุ๋ยเคมี(hygroscopicity)

ปุ๋ยเคมีชนิดของแข็งแต่ละชนิดจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 1-3 ไม่มีการจับตัวกันเป็นก้อนแข็งในขณะเก็บรักษาและนำไปใช้ประโยชน์ แต่ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตเฉพาะ(critical relative humidity) โดยค่านี้จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของอากาศ ดังนั้นจึงได้กำหนดค่าวิกฤตินี้ที่ 30 องศาเซลเซียส(มุกดา,2543) เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ค่าวิกฤตินี้จะลดลง ซึ่งหมายความว่าปุ๋ยนี้จะชื้นง่ายขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิต่ำลงค่าวิกฤติจะสูงขึ้น ปุ๋ยก็จะไม่ดูดความชื้นจากอากาศและมีสภาพแห้งเป็นปกติ

2. การจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี(caking)

การจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี เกิดจากการที่ปุ๋ยแต่ละเม็ดหรือแต่ละอนุภาคเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนที่มีขนาดต่างๆ หรือมีขนาดใหญ่ขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยทั่วไปปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี คือ

2.1 การเกิดการตกผลึกแข็งตัวขึ้นใหม่ของสารระเหยเข้มข้น ตรงจุดสัมผัสระหว่างเม็ดปุ๋ยแต่ละเม็ด

2.2 ความดันหรือน้ำหนักการกดทับของปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาในกระสอบ

2.3 ระยะเวลาการเก็บรักษา

2.4 ปัจจัยอื่นๆ เช่น ขนาดและรูปร่างของอนุภาคปุ๋ย องค์ประกอบของตัวปุ๋ย เป็นต้น

3. ดัชนีความเค็มของปุ๋ยเคมี(salt index)

ดัชนีความเค็มของปุ๋ยเคมี คือ สมบัติเฉพาะตัวของปุ๋ยเคมีเมื่อใส่ลงไปในดินแล้วทำให้สารละลายในดินมีความเข้มข้นที่จะทำให้เกิดความดันแบบออสโมซีส(osmotic pressure) สูงและจะดึงดูดความชื้นไปจากดินและพืช ซึ่งจะทำให้พืชแห้งและเหี่ยวได้

4. ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยเคมี(apparent specific gravity)

ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยเคมีชนิดของแข็งคือ ค่าที่ได้จากน้ำหนักปุ๋ยหารด้วยน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันที่ระดับอุณหภูมิ 40 องศาฟาเรนไฮต์ มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(มุกดา,2543) โดยทั่วไปปุ๋ยเคมีชนิดต่างๆ มีค่าความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของเม็ดปุ๋ย

5. ความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยเคมี(acidity and basicity of fertilizers)

ปุ๋ยแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน เมื่อนำไปใส่ในดินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในดิน หรือความเป็นกรดเป็นด่างของดินเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ปุ๋ยเคมีที่มีผลตกค้างทำให้ดินเป็นกรดมาก ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ที่อยู่ในรูปแอมโมเนียม ส่วนปุ๋ยเคมีที่มีผลตกค้างเป็นด่าง ได้แก่ ปุ๋ยที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก และปุ๋ยที่ไม่มีผลตกค้างเป็นกรดหรือด่างในดิน ได้แก่ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมซัลเฟต ซุปเปอร์ฟอสเฟต เป็นต้น

ประเภทของปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีที่มีการผลิตออกมาใช้ในทางการเกษตรมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดแตกต่างกันไปตามลักษณะทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และลักษณะหรือสมบัติเฉพาะตัวอื่นๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต กรรมวิธีการผลิต และวัตถุประสงค์ในการผลิต ดังนั้นในการจำแนกปุ๋ยเคมีนั้นเราอาจจำแนกออกได้หลายลักษณะขึ้นกับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจำแนก ทั้งนี้การจำแนกโดยใช้หลักเกณฑ์ตามความต้องการธาตุอาหารของพืชสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารหลัก(primary-element fertilizer) ได้แก่ปุ๋ยที่ให้ธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นปุ๋ยที่มีธาตุปุ๋ยทั้ง 3 เป็นองค์ประกอบในรูปของปุ๋ยเดี่ยวที่มีธาตุเดียว หรือปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุปุ๋ยนี้ตั้งแต่ 2 ธาตุ หรือเป็นปุ๋ยผสมที่มีธาตุปุ๋ย ครบ 3 ธาตุ ซึ่งปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารหลักเหล่านี้จะเป็นแม่ปุ๋ยที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยผสม

2. ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารรอง(secoundary-element fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารรอง ซึ่งเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยกว่าธาตุอาหารหลัก แต่มีความจำเป็นเช่นเดียวกับธาตุอาหารหลัก เช่น ปุ๋ยให้ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เป็นต้น

3. ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารเสริม(miner-element fertilizer) ได้แก่ ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารเสริมแก่พืช ซึ่งตามปกติพืชมีความต้องการธาตุอาหารเสริมในปริมาณน้อยมาก แต่ธาตุเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับธาตุอาหารอื่นๆ การใช้ปุ๋ยชนิดนี้จะใช้เมื่อพืชแสดงอาการขาดธาตุปุ๋ย ชนิดนี้อาจจะเป็นปุ๋ยในรูปปุ๋ยผสมกับธาตุอาหารหลัก เป็นปุ๋ยทางดิน หรือปุ๋ยทางใบ ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นในรูปของปุ๋ยคีเลต(chelate) ได้จากการนำธาตุอาหารพืชเหล่านี้มาทำปฏิกิริยารวมตัวกับสารคีเลต ให้อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้โดยไม่ต้องมีการแตกตัวของสารประกอบ แต่ควรจะใช้ในปริมาณน้อยมาก เพื่อมิให้เกิดการแตกตัวของสารประกอบ แต่ควรจะใช้ในปริมาณน้อยมาก เพื่อมิให้เกิดการตกค้างรวมตัวเป็นธาตุอื่น และเป็นพิษแก่พืช เช่น ปุ๋ย Fe-EDTA เป็นปุ๋ยที่ให้ธาตุเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการใช้ปุ๋ยเคมี

การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพอย่างเต็มที่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยมากมายและถ้าพิจารณาเกี่ยวกับการใช้กับพืช ผู้ใช้จะต้องพิจารณาหลักเกณฑ์ 5 ประการดังนี้

1. การใช้ชนิดปุ๋ยที่ถูกต้อง

การใช้ปุ๋ยที่ถูกต้อง หมายถึง การใช้โดยพิจารณาจากสูตร อัตราส่วน และรูปของธาตุอาหารในปุ๋ย ซึ่งปุ๋ยเคมีจะมีลักษณะและสมบัติทั้งสามประการนี้แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงควรเลือกชนิดของปุ๋ยเคมีให้เหมาะสมตามความต้องการของพืช(ยงยุทธ,2541)

2. การใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

การใช้ปุ๋ยจะต้องพิจารณาปริมาณการใช้ต่อพื้นที่อย่างเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดด้วย โดยคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในแง่ของปริมาณที่พืชควรจะได้รับเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดและเหมาะสมในแง่ของหลักเศรษฐกิจด้วย

3. การใส่ให้กับพืชในระยะที่เหมาะสม

พืชแต่ละชนิดจะมีช่วงระยะเวลาที่ต้องการธาตุอาหารมากที่สุดที่แตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดและอายุพืช โดยหลักการแล้วมักจะใส่ปุ๋ยเคมี 3 ระยะคือ ระยะปลูกหรือก่อนปลูกพืชเล็กน้อย ระยะที่พืชกำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และระยะที่พืชกำลังออกดอก

4. การเคลื่อนย้ายของธาตุปุ๋ยเคมีในดิน

เนื่องจากธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปในดินนั้น มีความสามารถในการละลายหรือเคลื่อนย้ายในดินแตกแตกกัน ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเคมี ในตำแหน่งที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดและรวดเร็วที่สุดจึงจำเป็นต้องเข้าใจธรรมชาติของธาตุอาหาร ระบบรากของพืชแต่ละชนิด ตลอดจนชนิดของดินและปริมาณความชื้นในดินด้วย

5. วิธีการใส่ปุ๋ยเคมี

วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีมีวิธีการหลักๆ 4 วิธี ดังนี้

5.1 การใส่แบบหว่าน(broadcasting) เป็นการหว่านปุ๋ยเคมีลงไปบนผิวดินให้ทั่วทุกจุดบนแปลงปลูกพืช

5.2 การใส่แบบเฉพาะจุดหรือเป็นแถบ(localized placement) เป็นการใส่ปุ๋ยหรือหยอดปุ๋ยเป็นจุดๆ บริเวณใกล้ต้นพืชหรือโรยเป็นแถบหรือเป็นเส้นตามแถวของพืชโดยหยอดหรือโรยให้ห่างจากต้นพืชหรือเมล็ดที่ปลูกเพียงเล็กน้อย

5.3 การใส่แบบฉีดพ่นให้กับพืชโดยทางใบ(foliar application) เป็นการใส่ปุ๋ยแก่พืชทางใบโดยการฉีดปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ง่ายให้เป็นละอองน้ำจับที่ใบหรือส่วนของพืชที่อยู่เหนือดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การใส่ปุ๋ยในระบบชลประทาน(fertigation) เป็นการใส่ปุ๋ยโดยการละลายปุ๋ยในน้ำที่จะให้กับพืชโดยทั้งทางผิวดินหรือเหนือผิวดิน

ปัญหาที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี

1. ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

การใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืช ในขณะที่ปุ๋ยเคมีก็มีราคาแพงและราคาของผลผลิตทางการเกษตรก็ไม่แน่นอน ซึ่งเป็นผลทำให้ต้นทุนในการผลิตของพืชเพิ่มขึ้นโดยไม่มีความจำเป็น

2. ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเสื่อมลง

สำหรับปุ๋ยเคมีบางชนิด เช่น ปุ๋ยโซเดียมไนเตรต เมื่อมีการใช้ปุ๋ยชนิดนี้ในปริมาณที่มากๆ ติดต่อกันเป็นเวลานาน ก็จะมีผลทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ เนื่องจากโซเดียมถูกดูดยึดไว้กับอนุภาคของดินเหนียว จึงเป็นเหตุทำให้อนุภาคของดินเกิดการฟุ้งกระจายและดินแข็งแน่นทึบ

3. ทำให้สมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนไป

การใส่ปุ๋ยเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ในอัตราที่สูง คือ ประมาณ 400 กิโลกรัม/ไร่ ติดต่อกันเป็นเวลา 10 ปี จะมีผลทำให้ค่าพีเอชของดินจาก 5.75 เหลือค่าพีเอชของดินเป็น 4.80 คือมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น จนทำให้เกิดดินมีปัญหา

4. ทำให้บทบาทและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินบางชนิดลดลง

ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีที่ไม่ถูกต้องนั้นอาจจะมีผลทางอ้อม ต่อกิจกรรมบางอย่างของจุลินทรีย์ดินชะงักลงได้ เช่น โครงสร้างของดินแน่นทึบมากเกินไป จนอาจทำให้อากาศและน้ำในดินมีปริมาณน้อยเกินไป ไม่เพียงพอต่อขบวนการต่างๆสำหรับกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้

ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากมูลสัตว์ต่างๆ ส่วนใหญ่จะเป็นมูลของสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย หมู เป็ด และไก่ ซึ่งรวบรวมให้ได้ปริมาณมากพอที่จะนำมาใส่ให้กับดิน ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยขึ้นกับอายุของสัตว์ วิธีการเลี้ยง ตลอดจนถึงการเก็บรักษา ปุ๋ยคอกมีปริมาณธาตุอาหารต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี ในปุ๋ยคอกมีทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมอื่นๆ อยู่มาก ซึ่งนับว่าเป็นข้อดีอีกประการหนึ่งของปุ๋ยคอกที่ให้ธาตุอาหารพืชทุกชนิดพร้อมกันไปทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของปุ๋ยคอก มี 2 ประการดังนี้คือ

1. มีลักษณะเป็นปุ๋ยเคมี(fertilizer) คือสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารพืชลงในดิน ปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์นั้นมีไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี ดังนั้นจึงต้องใช้ในปริมาณที่มากเพื่อให้ได้ธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการของพืช
2. มีลักษณะเป็นวัสดุปรับปรุงดิน(soil conditioner) คือทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น เช่น มีความร่วนซุย การระบายน้ำและอากาศดีขึ้น สามารถอุ้มน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น ซึ่งคุณสมบัตินี้ไม่มีในปุ๋ยเคมี

สิ่งที่ต้องพิจารณาเมื่อใช้ปุ๋ยคอก

1. การใช้ปุ๋ยใหม่หรือปุ๋ยเก่า มีความแตกต่างกันดังนี้
   1.1 ปุ๋ยเก่าจะมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบมากกว่า เพราะมูลสัตว์ได้แห้งและลดปริมาณน้ำทำให้เหลือน้ำหนักอยู่ไม่ถึงครึ่ง ซึ่งน้ำหนักส่วนใหญ่ที่สูญหายไปจะไม่ใช่ธาตุอาหารพืช
   1.2 ปุ๋ยเก่ามีธาตุฟอสฟอรัสที่ละลายได้มากกว่าปุ๋ยใหม่ ถ้าหากมีการเก็บรักษาดีๆ โดยไม่ทำให้เกิดการชะล้าง
   1.3 ปุ๋ยใหม่มีธาตุอาหารที่ละลายง่าย มากกว่าปุ๋ยเก่า เช่น ปุ๋ยเก่ามีการลดการละลายได้ของธาตุไนโตรเจน ซึ่งเป็นผลจากจุลินทรีย์ดูดไนโตรเจนที่ละลายง่ายไปเป็นองค์ประกอบของมัน
2. ปัญหาดินเค็ม

แม้ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยคอกจะขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์และชนิดของอาหารสัตว์ก็ตาม ปุ๋ยคอกก็ยังมีปริมาณเกลือในรูปต่างๆอยู่ค่อนข้างมาก การให้ปุ๋ยคอกในอัตราสูงเกินไปจะทำให้เกิดการสะสมเกลือขึ้นได้ ซึ่งจะมีผลต่อพืชและโครงสร้างของดิน ความเค็มจากเกลือนี้จะทำให้พืชที่ไม่ทนเค็มเป็นอันตรายได้ นอกจากนั้นการสะสมเกลือโซเดียมจะทำให้อัตราการแทรกซึมน้ำของดินลดลงซึ่งทำให้ดินแน่นทึบ

3. กลิ่น

กลิ่นเป็นปัญหาอย่างหนึ่งในการจัดการปุ๋ยคอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยใหม่ การเก็บปุ๋ยใหม่จึงมีปัญหาในเรื่องกลิ่นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อปุ๋ยเริ่มเน่าสลาย

4. โลหะพิษ(Toxic metals)

ธาตุโลหะหลายชนิด เช่น ทองแดง ตะกั่ว โครเมียม และแคดเมียม เป็นพิษเมื่อสัตว์และคนบริโภคเข้าไป ธาตุเหล่านี้อาจมีเจือปนอยู่ในปุ๋ย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยที่ได้จากของเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม ในอาหารสัตว์บางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปุ๋ยคอกกับการจัดการดิน

ถ้าหากมีการจัดการดินน้อยลง ผลของปุ๋ยคอกต่อผลผลิตพืชจะยิ่งดีกว่าปุ๋ยเคมีมากขึ้น และหากมีการจัดการดินมากขึ้น ปุ๋ยคอกจะยิ่งมีผลต่อผลผลิตพืชน้อยกว่าปุ๋ยเคมี ซึ่งทำให้ต้องใช้ปุ๋ยเคมีในการให้ผลผลิตพืชแทนปุ๋ยคอกมากขึ้น

การใช้ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอกมีผลดีมากมายหลายประการต่อคุณสมบัติของดิน แต่โดยลักษณะที่มีปริมาณธาตุอาหารน้อย การใช้ปุ๋ยคอกจึงจำเป็นต้องใช้ในปริมาณมาก ปุ๋ยคอกสามารถใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีได้เป็นอย่างดีและปุ๋ยคอกเองก็เป็นแหล่งของอินทรียวัตถุของดินที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง ดังนั้นในแง่ของความคุ้มทุนต่อค่าใช้จ่ายก็อาจจะกระทำได้โดย นอกเหนือจากใช้ผสมกับปุ๋ยเคมีดังได้กล่าวมาแล้ว ก็ยังสามารถเลือกชนิดของพืชให้เหมาะสมต่อการใช้เพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุดได้อีกด้วย ดังนั้นการใช้ปุ๋ยคอกจึงสมควรพิจารณาในเรื่องต่างๆดังต่อไปนี้

1. ชนิดของปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอกแต่ละชนิดให้ธาตุอาหารพืชได้แตกต่างกัน ถ้าใช้ปุ๋ยมูลโค-กระบือ 1 ตัน จะได้ธาตุอาหารไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียม ประมาณ 11-5-15 กก. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปุ๋ยมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่น้อย จึงควรเพิ่มปุ๋ยฟอสเฟตลงไปโดยเติมปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟตประมาณครึ่งกิโลกรัม หรือปุ๋ยหินฟอสเฟต 1-2 กก. ต่อปุ๋ยมูลโค-กระบือ 25-35 กก. ปุ๋ยมูลสัตว์ปีกนั้นมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าปุ๋ยมูลโค-กระบือ แต่มีโพแทสเซียมอยู่ในระดับเดียวกัน มูลสัตว์ปีกสดมีกรดยูริกอยู่มากจึงอาจสูญเสียไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนียได้ง่าย การใช้วัสดุรองพื้นคอก เช่น ขี้กบ หรือซังข้าวโพดบด จะช่วยได้บ้าง การใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ปีกนอกจากจะช่วยเพิ่มธาตุปุ๋ยและธาตุรองในพืชแล้ว จุลธาตุหลายธาตุ เช่น เหล็ก ทองแดง สังกะสี โบรอน และแมงกานีสในพืชก็สูงขึ้นอีกด้วย กรณีมูลสุกร มูลสุกรที่สลายตัวดีแล้วสามารถนำไปใช้ได้ทั้งกับพืชไร่และนาน้ำขัง โดยใช้ร่วมกับปูนฟอสเฟตและนำไปใส่ในข้าวโพด ข้าวฟ่าง ซึ่งจะได้ผลผลิตดีกว่าใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างถึง 20%

2. อัตราการใช้ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอกมีเนื้อธาตุปุ๋ยอยู่น้อย โดยคิดธาตุปุ๋ยรวมกันแล้วมีไม่ถึง 10 กก. ในปุ๋ยคอก 100 กก. ในกรณีที่มีปุ๋ยคอกอยู่น้อย ก็อาจใช้ปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยเสริมปุ๋ยเคมีที่ใส่อยู่เดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใส่อัตราปุ๋ยเคมีที่ต่ำอยู่แล้ว แต่ถ้าใช้ปุ๋ยเคมีอัตราสูงก็อาจลดปุ๋ยเคมีลงและใส่ปุ๋ยคอกเสริม โดยคำนวณปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยคอกทดแทนอัตราเดิม ซึ่งพบว่าการให้ปุ๋ยผสมระหว่างปุ๋ยเคมีกับปุ๋ยอินทรีย์ ในพืชไร่และนาข้าวจะให้ผลผลิตได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์แต่เพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิธีใส่ปุ๋ยคอก

3.1 ปุ๋ยคอกชนิดเหลว ไนโตรเจนในรูปของเหลวจะสูญหายไปได้ง่ายมากโดยจะระเหยไปในรูปก๊าซแอมโมเนีย การใช้ปุ๋ยคอกเหลวจึงต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ให้มากที่สุด จะต้องใส่แล้วไถกลบทันที ถ้าใส่แล้วทิ้งไว้ข้ามคืนจึงไถกลบจะทำให้สูญเสียไนโตรเจนได้ถึง 15-40%

3.2 ปุ๋ยคอกชนิดแห้ง ปุ๋ยคอกชนิดแห้งมีปัญหาด้านการสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนียน้อยกว่าปุ๋ยคอกเหลว ทั้งนี้เพราะประมาณครึ่งหนึ่งของไนโตรเจนในปุ๋ยคอกชนิดแห้งอยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน ในการเกลี่ยปุ๋ยคอกชนิดแห้งทิ้งไว้บนพื้นดินมีผลทำให้สูญเสียแอมโมเนียไปได้มาก ดังนั้นเมื่อใส่ปุ๋ยคอกชนิดแห้งจึงควรไถกลบทันทีเช่นกัน การปล่อยทิ้งไว้ข้ามคืนจะทำให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยลดลงได้มากถึง 20%

4. พืชที่ตอบสนองต่อปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอกจะให้ผลดีกับพืชแทบทุกชนิด ทั้งพืชไร่ นา สวน ไม้ล้มลุก ตลอดจนกระทั่งไม้ยืนต้น อย่างไรก็ตามพืชที่ต้องการไนโตรเจนเป็นปริมาณมากมักจะตอบสนองต่อปุ๋ยคอกได้ดีที่สุด ตัวอย่างของพืชดังกล่าวก็มี ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ธัญพืช พืชตระกูลหญ้า พืชกินใบ เช่นผักต่างๆและไม้ประดับเป็นต้น มีข้อพึงระวังเมื่อใส่ปุ๋ยคอกในปริมาณสูงกับธัญพืชคืออาจทำให้เกิดต้นล้มได้ง่ายจากการที่ลำต้นอวบน้ำเกินไป

ประโยชน์ของปุ๋ยคอก

1. ให้อินทรีย์วัตถุแก่ดิน ปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยที่ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงในดินเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ดินร่วนซุย อุ้มน้ำดี มีการถ่ายเทน้ำและอากาศดี
2. ให้ธาตุอาหารแก่พืช ธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการมีในปุ๋ยคอก คิดเฉลี่ยแล้วในปุ๋ยคอกสดมีไนโตรเจน 0.4 % ฟอสฟอรัส 0.2 % และโพแทสเซียม 0.4%
3. ให้สารกระตุ้นการเจริญเติบโตแก่พืช ในปุ๋ยคอกมีวิตามินและฮอร์โมนหลายชนิดที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้เป็นอย่างดี

ธาตุไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน(amino acid) อันเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) นอกจากนั้น ยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ในพืช ทั้งยังมีความสำคัญต่อการใช้คาร์โบไฮเดรตในพืช ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ การสังเคราะห์โปรตีนในพืชก็จะหยุดชะงัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้พืชสะสมคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น ดังนั้นไนโตรเจนจึงเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในแง่เป็นธาตุอาหารพืชที่สำคัญที่ขาดแคลนได้ง่าย และยังต้องใส่เพิ่มในดินในรูปปุ๋ยไนโตรเจน จะอย่างไรก็ตามในแง่สารมลพิษ ไนโตรเจนก็จัดเป็นธาตุที่ก่อให้เกิดสภาวะพิษได้เช่นกัน(ศุภมาศ,2540)

รูปของไนโตรเจนในดิน

ไนโตรเจนที่อยู่ในดินแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. อินทรีย์ไนโตรเจน จากการศึกษาเกี่ยวกับชนิดหรือรูปของไนโตรเจนในดิน พบว่าประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในดินจะอยู่ในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งรูปที่สำคัญได้แก่ สารประกอบอินทรีย์พวกโปรตีน กรดอะมิโน และกรดนิวคลีอิก ไนโตรเจนในรูปดังกล่าวนี้จะเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนสำหรับพืช แต่ทั้งนี้พืชจะใช้ประโยชน์โดยตรงไม่ได้ จะต้องถูกเปลี่ยนให้ไปอยู่ในรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจน โดยเฉพาะรูปของ NH_4^+(แอมโมเนียมไอออน) และ NO_3^- (ไนเตรตไอออน) เสียก่อน แล้วพืชจึงจะดูดขึ้นไปใช้โดยทางรากซึ่งจะได้กล่าวถึงกระบวนการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนดังกล่าวนี้ต่อไป

2. อนินทรีย์ไนโตรเจน ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนในดินจะอยู่ในรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งได้แก่รูปต่างๆดังนี้คือ NH_4^+, NO_3^-, NO_2^-, NO, N_2O และ N_2 แต่รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรงคือ NH_4^+ และ NO_3^- (มสธ.,2528)

แหล่งที่มาของไนโตรเจนในดิน

เนื่องจากหินและแร่ซึ่งให้กำเนิดดินนั้นไม่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่เลย ดังนั้นปัญหาที่ว่าไนโตรเจนในดินเกิดขึ้นมาได้อย่างไรนั้นพอที่จะอธิบายได้ว่าแหล่งที่มาของไนโตรเจนในดินนั้นมีอยู่ 4 แหล่งใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ

1. การตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกันกับพืชบางชนิด(symbiotic nitrogen fixation) เช่น การตึงก๊าซไนโตรเจนของไรโซเบียม(Rhizobium)ที่อาศัยอยู่ที่ปมของรากพืชตะกูลถั่ว และActinomycete กับพืชอื่นที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว เมื่อพืชหรือจุลินทรีย์พวกนี้ตายไปไนโตรเจนที่ถูกตรึงมาจากอากาศซึ่งเปลี่ยนเป็นรูปของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆในจุลินทรีย์และพืชก็จะสะสมอยู่ในดิน

2. การตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศโดยจุลินทรีย์ที่อยู่อย่างอิสระในดิน(non-symbiotic nitrogen fixation) สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก(microorganism) ที่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระนี้ ได้แก่ แบคทีเรียพวก *Azotobacter, Clostridium* และพวกสาหร่าย(algae)บางชนิด โดยเฉพาะพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน(blue-green algae) เช่น *Anabaena, Calothrix* และ *Nostoc* เป็นต้น สิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ไม่ต่ำกว่า 7.3 – 8.2 กก./ไร่/ปี เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายและทับถมลงไปในดิน ไนโตรเจนก็จะสะสมอยู่ในดินและเป็นประโยชน์ต่อพืชต่อไป

3. น้ำ ฝน(rain) และการเกิดฟ้าแลบ(lightening) เมื่อเกิดฟ้าแลบ ก๊าซไนโตรเจน(N_2)ในอากาศจะถูกออกซิไดส์ให้กลายเป็นไนตรัสออกไซด์(N_2O) และไนตริกออกไซด์(NO) ซึ่งจะละลายในน้ำฝนตกลงมายังผิวดิน มีการคำนวณว่าปีหนึ่งๆไนโตรเจนในดินที่มาจากกระบวนการนี้มีปริมาณ 0.8 กก./ไร่/ปี ในรูปของแอมโมเนียมไอออน(NH_4^+) และ0.3 กก./ไร่/ปี ในรูปของไนเตรตไอออน(NO_3^-)

4. การใส่ปุ๋ยให้แก่ดินและพืช ปุ๋ยเคมีซึ่งเป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นจากก๊าซไนโตรเจนในอากาศถือว่าเป็นแหล่งที่สำคัญแหล่งหนึ่งของไนโตรเจนในดิน และนอกจากนี้ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยอินทรีย์ไนโตรเจนอื่นๆ ก็ถือว่าเป็นแหล่งไนโตรเจนในดินที่สำคัญเช่นเดียวกัน

วงจรของไนโตรเจน(nitrogen cycle)

วงจรของไนโตรเจนจะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนกลับไปกลับมาระหว่างรูปของอินทรีย์ไนโตรเจน และอนินทรีย์ไนโตรเจน โดยพืชจะดูดซึมธาตุไนโตรเจนจากดินในรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจนคือ NH_4^+ และ NO_3^- แล้วเอาไปเปลี่ยนเป็นอินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ในพืชซึ่งคนและสัตว์จะใช้เป็นอาหารต่อไป สิ่งขับถ่ายจากคนและสัตว์พร้อมทั้งเศษซากพืชและไนโตรเจนที่ตรึงโดยจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งเมื่อผุพังเน่าเปื่อยสลายตัวบางส่วนก็จะถูกเปลี่ยนให้กลับมาเป็นรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจนใหม่อีกวนเวียนเช่นเดิม(มสธ.,2528)

กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพของไนโตรเจนในดิน จะเป็นกระบวนการทางชีวภาพคือมีจุลินทรีย์เป็นตัวการที่ทำให้มีกิจกรรมเกิดขึ้นโดยแบ่งออกได้เป็น 4 กระบวนการคือ

1. Aminization เป็นกระบวนการแรกที่เกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนรูปอินทรีย์ไนโตรเจนจากสารประกอบที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่สลับซับซ้อน ให้กลายมาเป็นสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่มีโครงสร้างขนาดเล็กลงซึ่งเกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ดินบางพวก

2. Ammonification เป็นกระบวนการที่เกิดต่อเนื่องจากกระบวนการ Aminization โดยการกระทำของจุลินทรีย์บางชนิด ซึ่งสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่มีโครงสร้างขนาดเล็กจะถูกทำให้เปลี่ยนไปในรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจน คือ NH_4^+ ไนโตรเจนรูปดังกล่าวนี้ พืชและจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ บางส่วนของ NH_4^+ นี้ จะถูกดูดยึดเอาไว้ที่คอลลอยด์ดิน และส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการที่จะกล่าวต่อไป

3. Nitrification เป็นกระบวนการที่เกิดต่อเนื่องจากกระบวนการ Ammonification โดยเป็นการเปลี่ยนรูป อนินทรีย์ไนโตรเจนจากรูปแอมโมเนียมไอออน(NH_4^+) ให้ไปเป็นอนินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนในรูปของไนไตรต์ไอออน(NO_2^-) และไนเตรตไอออน(NO_3^-) ซึ่งเป็นการกระทำของแบคทีเรีย 2 ชนิดคือ ไนโตรโซโมแนส(Nitrosomonas) และไนโตรแบคเตอร์(Nitrobacter) นอกจากนี้สภาพของดินที่จะส่งเสริมให้กระบวนการ Nitrification เกิดขึ้นและดำเนินไปได้ดี ต้องเป็นดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี มีออกซิเจนพอเพียง ดินมีค่า pH เป็นกลางหรือกรดอ่อน อุณหภูมิของดินควรอยู่ในช่วง 26 – 32 องศาเซลเซียส และดินมีความชื้นที่ระดับความจุความชื้นสนาม(field capacity) ถ้าสภาพแวดล้อมดังกล่าวนี้เหมาะสมและมีแบคทีเรียทั้งสองชนิดพอเพียงแล้ว NH_4^+ ส่วนใหญ่ในดินจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็น NO_2^- และถูกเปลี่ยนต่อไปเป็น NO_3^- ได้ภายในช่วงระยะเวลา 2 – 3 สัปดาห์ ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในสภาพของดินที่ใช้ปลูกพืชไร่โดยทั่วๆไป ในสภาพที่ดินขาดออกซิเจน เช่น ดินนาในช่วงระยะที่มีการปลูกข้าวจะมีน้ำขังหรือดินไร่ที่ถูกน้ำท่วมขังอยู่ จะมีผลทำให้กระบวนการดังกล่าวนี้เกิดขึ้นได้ยากหรือไม่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้น นอกจากนั้น NO_3^- ที่มีอยู่เดิมในดินยังถูกเปลี่ยนรูปให้ไปอยู่ในรูปของก๊าซไนโตรเจนชนิดต่างๆทำให้พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ NO_3^- ที่ได้จากกระบวนการ Nitrification นี้ พืชและจุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรง บางส่วนจะถูกชะล้างไปกับน้ำเพราะ NO_3^- ละลายน้ำได้ดี

4. Denittrification เป็นกระบวนการที่ไนโตรเจนในดินในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้คือ NO_3^- เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของก๊าซไนโตรเจนคือ N_2 และ N_2O ทำให้พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ในสภาพของดินที่ขาดออกซิเจนหรือดินที่มีน้ำขังท่วมอยู่ และเกิดจากจุลินทรีย์บางชนิด ดังนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในดินนาต้องพิจารณารูปของไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย โดยควรเลือกใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม ซึ่งจะป้องกันไม่ให้มีการสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจนไป

ผลเสียของไนโตรเจนต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม

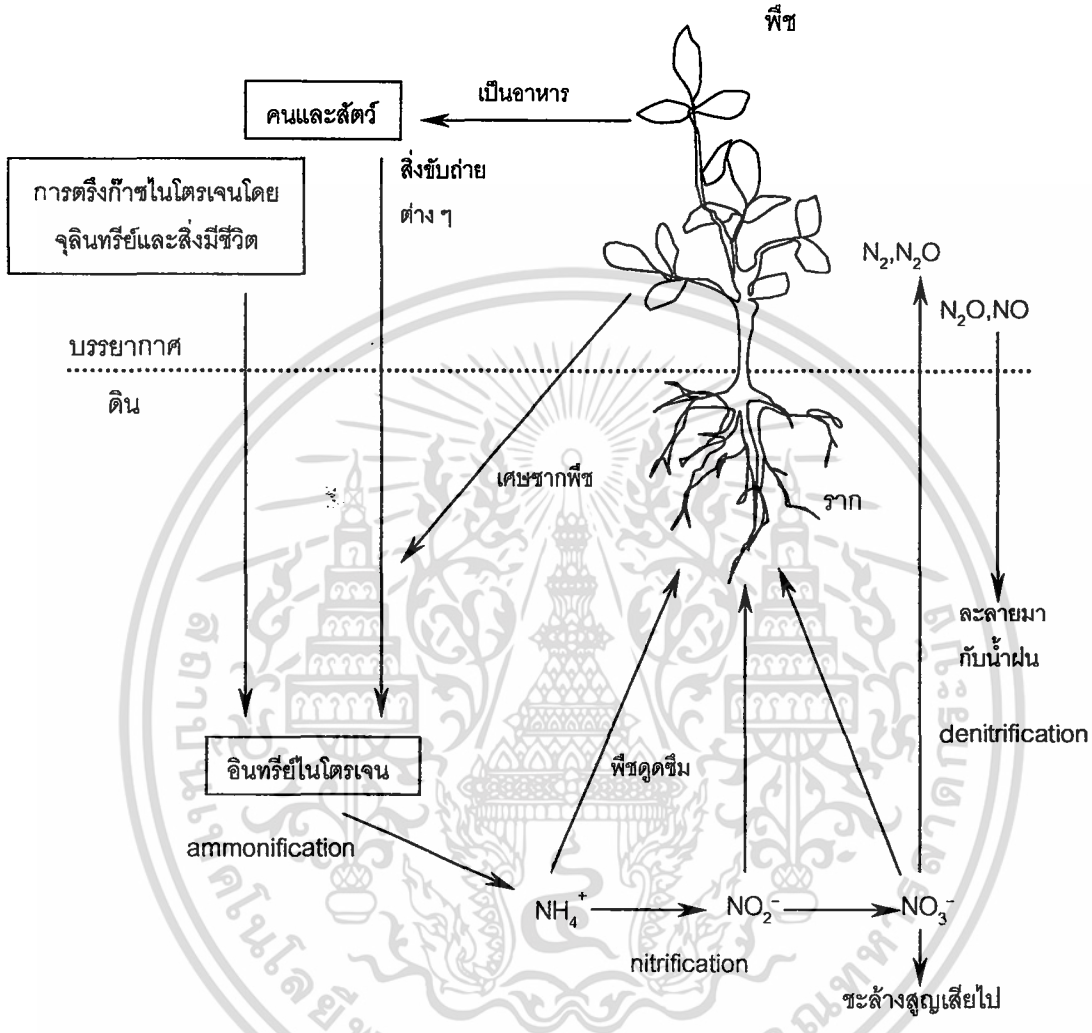
ไนโตรเจนสามารถก่อให้เกิดผลเสียต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมดังต่อไปนี้

1. ไนโตรเจนกับยูโทรฟิเคชัน

ไนโตรเจนในรูปที่ทำให้เกิดมลภาวะในน้ำได้นั้น จะอยู่ในรูปก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) และไนเตรต(NO_3-N) ซึ่งก๊าซแอมโมเนียโดยส่วนใหญ่จะได้จากการเน่าเปื่อยของอินทรีย์สารในน้ำ ขณะที่ไนเตรตในน้ำมีแหล่งที่มาจากหลายแหล่งด้วยกัน

การเน่าเปื่อยหรือการสลายตัวของสารอินทรีย์เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตโดยการย่อยสลายซากอินทรีย์สาร ซึ่งในขณะที่กระบวนการดำเนินอยู่ จะเกิดการแย่งออกซิเจนจากบริเวณข้างเคียง และเมื่อมีการถ่ายเทก๊าซไม่ทัน จะทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในน้ำบริเวณนั้น และยังอาจเกิดกรดอินทรีย์และเกิดการสะสมก๊าซแอมโมเนีย อันเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำชั้นสูง เช่น ปลา จนถึงตายได้ การถ่ายเทออกซิเจนไม่ทันเช่นนี้ แอมโมเนียมในน้ำอาจถูกออกซิไดส์ได้บางส่วนเกิดเป็นไนไตรต์(NO_2-N) ซึ่งเป็นสารพิษต่อสัตว์น้ำเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 วงจรไนโตรเจนในธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทะเลสาบหรือแหล่งน้ำทั่วไป ฟอสฟอรัสและไนโตรเจนเป็นตัวสร้างผลิตผลแรกของมวลชีวภาพ(biomass) สู่สภาพยูโทรฟิเคชัน มวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชซึ่งใช้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ เป็นตัววัด จะผันแปรมากน้อยตามปริมาณธาตุอาหารที่ไหลเข้าสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นจึงได้ใช้อัตราส่วนของธาตุอาหารตามที่สาหร่ายเหล่านี้นำไปสร้างเซลล์ของมัน คือ 106C:16N:1P กำหนดเป็นค่าธาตุอาหารจำกัด(limiting nutrient)ในแหล่งน้ำ ที่จะเป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตของสาหร่ายและได้มีการใช้ค่าดังกล่าวเป็นค่ามาตรฐานอ้างอิง เนื่องจากในแหล่งน้ำทั่วไปจะมีคาร์บอนมากเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ดังนั้นการควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่ายจึงตั้งอยู่บนสมมติฐานของอัตราส่วน ของไนโตรเจนกับฟอสฟอรัส การกำหนดสภาวะยูโทรฟิเคชันจึงกำหนดโดยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นเกณฑ์ ค่าของอัตราส่วน N:P มีอิทธิพลต่อชนิดของสาหร่ายเช่นกัน ค่าอัตราส่วนที่ต่ำ ซึ่งแสดงถึงการมีสัดส่วนของไนโตรเจนที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับฟอสฟอรัส ก็จะทำให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศได้สามารถเจริญได้ดี และจะพบสาหร่ายชนิดนี้ได้น้อยเมื่ออัตราส่วนมีค่ามากกว่า 29N:1P ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ฟอสฟอรัสจะเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดที่ตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศได้ ขณะที่ไนโตรเจนจะเป็นตัวจำกัดการเจริญของสาหร่ายชนิดที่ไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้

2. โรคเมทฮีโมโกลบินีเมีย(Methemoglobinemia)

โรคฮีโมโกลบินีเมีย เป็นภาวะของโรคอันเนื่องจากฮีโมโกลบิน(Hb) ถูกเปลี่ยนไปเป็นเมทฮีโมโกลบิน(MetHb) ซึ่งไม่สามารถนำออกซิเจนได้ สารเคมีที่เป็นตัวการทำให้Hb เปลี่ยนเป็น MetHb มีอยู่หลายชนิด เช่น ไนเตรต เปอร์คลอเรต(perchorate) อะมิโนฟีนอล(aminophenol) อะนิลิน(anilin) ซัลโฟนามิด(sulphonamide) (ศุภมาศ,2540)

ไนโตรเจนในรูปไนเตรต(NO_3-N) ในน้ำดื่ม เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิด MetHb โดยที่เมื่อคนหรือสัตว์ดื่มน้ำที่มีไนเตรตเข้าไป ไนเตรตจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์(NO_2-N) โดยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในน้ำลายและในกระเพาะอาหาร โดยเฉพาะของเด็กอ่อนที่อายุไม่เกิน 3 เดือน และในสัตว์สี่กระเพาะ รายงานของผู้ป่วยเป็นโรคดังกล่าวจึงมักพบในกลุ่มเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 1 ขวบ ทั้งนี้เนื่องจากเด็กเหล่านี้มีสภาวะเหมาะสมต่อโรคดังกล่าวมาก กล่าวคือ ยังมีความเป็นกรดไม่มากเกินไป ค่าความเป็นกรดในน้ำย่อยจะไม่สูงมาก โดยทั่วไปจะมีค่าสูงกว่าพีเอช 4 ทำให้แบคทีเรียสามารถเจริญได้ดี และการดูดซับน้ำของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก็สูง แบคทีเรียที่เป็นตัวการมักพบได้ทั่วไป เช่น แบคทีเรียในวงศ์(family) Enterobacteriaceae ทุกชนิดสามารถรีดิวส์ไนเตรตได้ ตัวอย่าง เช่น *E.coli* หรือ *B. subtilis* ซึ่งอาศัยอยู่ตามกระเพาะ และลำไส้ตอนบน(ศุภมาศ,2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮีโมโกลบิน ประกอบด้วยส่วนที่เป็นโปรตีน มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 68,000 มี subunit ที่ประกอบด้วยส่วนโพลีเปปไทด์(globin) และ heme group โดยมี Fe^{+2} เป็น center of heme เมื่อ Hb รับออกซิเจน จะเปลี่ยนเป็นออกซีฮีโมโกลบิน(oxyhemoglobin) ซึ่งเหล็กจะอยู่ในรูป Fe^{+2} แต่ในสภาพของ MetHb เหล็กจะอยู่ในรูป Fe^{+3} ทำให้ไม่สามารถจับออกซิเจน O_2 ได้ ชนิดของ Hb ที่สามารถเปลี่ยนเป็น MetHb ได้ง่ายคือ Hb F ซึ่งเป็นชนิดของฮีโมโกลบินที่มีมากในเด็กอ่อนถึง 80% ของ Hb ทั้งหมด และโดยทั่วไป ในร่างกายของมนุษย์จะมี MetHb อยู่ระหว่าง 1% ถึง 2% ซึ่งเป็นระดับปรกติเมื่อระดับ MetHb มีมากกว่า 3% ถือได้ว่าเกิดโรคเมทฮีโมโกลบินีเมียขึ้น(ศุภมาศ,2540) เมื่อเด็กได้รับไนเตรตเข้าไปมากจะมีอาการท้องร่วง อาเจียน ตัวเขียว อันเนื่องมาจากการขาดออกซิเจนเพราะฮีโมโกลบินไม่สามารถนำออกซิเจนได้ อาการเช่นนี้จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า blue-baby syndrome ซึ่งเป็นสภาพร่างกายขาดอากาศโดยทางเคมี(chemical suffocation)

3. สารก่อมะเร็งไนโตรซามีน(carcinogenic nitrosamine)

ในทางการแพทย์มีผู้ให้ความสนใจกับสารไนโตรซามีนเป็นอย่างมาก อันเนื่องมาจากมีงานทดลองมากมายในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ปรากฏผลว่า ไนโตรซามีนเป็นทั้งสารก่อมะเร็ง (carcinogen) สารทำให้ทารกพิการแต่กำเนิด(teratogen) และเป็นสารที่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutagen)(ศุภมาศ,2540) สารไนโตรซามีนเกิดจากปฏิกิริยาของโปรตีนชนิด secondary และ tertiary amine ที่มีอยู่ในอาหารกับสารไนไตรต์ ซึ่งสารไนไตรต์นี้เป็นผลที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของสารไนเตรตที่อาจมีอยู่ในพืชผักตามธรรมชาติ หรือมีอยู่ในเนื้อสัตว์ที่มีการใช้สารไนเตรตเป็นวัตถุกันเสีย หรือการแต่งสี ส่วนโปรตีนที่อยู่ในรูป amine มักพบมากในอาหารประเภทสัตว์น้ำ เนื้อสัตว์ ไข่ และเครื่องเทศ ดังนั้นจึงอาจพบสารไนโตรซามีนในอาหารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติได้บ้าง หรืออาจพบได้จากกรรมวิธีการประกอบอาหารประเภทผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการเติมสารประกอบไนเตรต และใช้เครื่องเทศเป็นส่วนผสม(อมรา,2537) การเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับไนไตรต์ จะทำให้ได้ N-nitroso compound ซึ่งสารประกอบที่เกิดขึ้นนี้สามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้ เพราะสามารถเข้าไปเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของ DNA ได้

ในการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่า สารประกอบประเภท N-nitroso compound บางตัวเป็นสารก่อมะเร็งอย่างแรงแม้สัตว์ทดลองจะได้รับในขนาดความเข้มข้นระดับเพียงส่วนในล้าน(ppm) เท่านั้นก็ตาม สัตว์ทดลองส่วนใหญ่จะเป็นมะเร็งในตับ และพบมะเร็งในไตและกระเพาะปัสสาวะบ้างเมื่อให้สาร dialkylnitrosamines นอกจากนี้ สารก่อมะเร็งบางตัวยังเป็นสารก่อให้เกิดการกลายพันธุ์โดยอาจทำให้เกิดได้ตั้งแต่ทำให้โครโมโซมผิดปรกติไปจนถึงการกลายพันธุ์ของยีน(gene)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลเสียต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ไนเตรตมีผลกระทบต่อคุณค่าอาหารของมนุษย์ กล่าวคือ เมื่อพืชได้รับไนเตรตมากเกินไป จะช่วยส่งเสริมให้พืชมีการสะสมโซเดียมในปริมาณที่สูง แต่ในขณะเดียวกันก็ลดการดูดซึมโพแทสเซียม ทำให้พืชมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ นอกจากนั้น จากการทดลองในหนู พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเกลือแกงในอาหารจะมีผลทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น และยังทำให้ปริมาณโคเลสเตอรอล (choresterol) เพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้หัวใจเต้นผิดปกติอีกด้วย และเมื่ออัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมเปลี่ยนไปจะมีผลต่ออายุของหนู

นอกจากนั้น การบริโภคพืชผักที่มีปริมาณไนเตรตสูง จะยังมีผลต่อเมแทบอลิซึมของต่อมไทรอยด์ และยังมีผลต่อปริมาณวิตามินต่างๆเช่น แคโรทีน(carotene) วิตามินเอ และวิตามินอี

5. ผลเสียต่อพืช

ธาตุอาหารพืช

การให้ปุ๋ยไนเตรตในปริมาณที่มากเกินไป จะส่งเสริมให้พืชดูดซึมธาตุโซเดียมในปริมาณที่สูงตามไปด้วย นอกจากนั้น ไนเตรตจะมีผลในการยับยั้งการดูดซึมแมกนีเซียม และโพแทสเซียม ทำให้พืชมีปริมาณธาตุทั้งสองต่ำ ปริมาณไนเตรตที่มากเกินไปในพืช ยังมีผลต่อกรดอะมิโนที่สำคัญบางตัวในพืช ตัวอย่างเช่น เมื่อพืชได้รับไนเตรตเป็นปริมาณมาก จะทำให้เมไทโอนีน (methionine) ในผักโขมมีปริมาณลดลงนอกจากนั้นแล้วยังทำให้กรดอะมิโนบางตัวที่ไม่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตมีปริมาณมากขึ้น ผลที่ตามมาจากการมีปริมาณไนโตรเจนที่มากเกินไปในพืชเช่นนี้ก็คือ พืชจะมีการเจริญเติบโตระยะสร้างต้นสร้างใบ(vegetative) มากเกินไป ทำให้อวบน้ำ จึงอ่อนแอต่อโรคและแมลง

การลดลงของวิตามินซี

มีการทดลองที่ชี้ให้เห็นว่า เมื่อพืชได้รับปริมาณธาตุไนโตรเจนที่มากเกินไปแล้วจะทำให้พืชมีปริมาณวิตามินซีลดลง Hornick(1989)ได้ทดลองใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงคือ 60 ปอนด์ไนโตรเจน/ เอเคอร์แก่ถั่วประเภทรับประทานฝักสด(green bean) และ 75 ปอนด์ไนโตรเจน/เอเคอร์แก่ต้น swiss chard พบว่าใบ swiss chard ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนจะมีวิตามินซี 81.4 มก. และเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ก็ตาม ปริมาณวิตามินซีจะลดลงเหลือเพียง 54 มก.เท่านั้น นอกจากนี้ยังได้ทดลองกับผักกาดหอมซึ่งเป็นพืชผักที่มีผู้นิยมรับประทานกันมากอีกทั้งยังเป็นพืชที่มีวิตามินซีและธาตุเหล็กในปริมาณสูง ก็พบเช่นเดียวกันว่าเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไปจะทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงได้มากที่สุดถึง 50% ทั้งที่ผลผลิตของพืชเหล่านี้ก็ไม่ได้ลดลง สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากผลการเจือจาง(dilution effect) จากการที่เมื่อพืชได้รับปุ๋ยไนโตรเจนที่มากก็จะเติบโตได้เร็วเกินไปจนทำให้วิตามินซีในพืชเจือจางลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

99025

สเปกโทรโฟโทมิเตอร์(spectrophotometer)

การหาปริมาณของสารโดยใช้วิธีดูดกลืนแสงของสารที่มีสี

การวิเคราะห์โดยการวัดการดูดกลืนแสงของสารที่มีสี แต่เดิมเป็นเทคนิคที่ใช้การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารที่มีองค์ประกอบเป็นสารที่เราต้องการทราบปริมาณในสารละลายกับสีของสารละลายที่ประกอบด้วยสารซึ่งเราทราบความเข้มข้น ต่อมาพบว่าถ้าผ่านแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วงแสงอินฟราเรด(infrared) แสงวิซิเบิล(visible) หรือในช่วงของแสงอุลตราไวโอเลต(ultraviolet) เข้าไปในสารละลาย พบว่าแสงจะถูกดูดกลืน ณ ที่บางช่วงความยาวคลื่น ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ละลายในสารละลายนั้น การวัดการดูดกลืนแสงทำได้โดยใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ซึ่งเทคนิคการหาปริมาณของสารแบบนี้เรียกว่า แอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโทมิตรี(absorption spectrophotometry) ซึ่งแบ่งออกตามความยาวคลื่นแสงที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. สเปกโทโฟโทมิตรีในช่วงแสงอินฟราเรด(infrared spectrophotometry) เกี่ยวกับการดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงคลื่นระหว่าง 1 ถึง 15 nm
2. สเปกโทโฟโทมิตรีในช่วงแสงวิซิเบิล(visible spectrophotometry) เกี่ยวกับการดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงคลื่นระหว่าง 380 ถึง 780 nm
3. สเปกโทโฟโทมิตรีในช่วงแสงอุลตราไวโอเลต(ultraviolet spectrophotometry) เกี่ยวกับการดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงคลื่นระหว่าง 200 ถึง 380 nm

การดูดกลืนแสงของสารในช่วงแสงวิซิเบิล

มีสารอินทรีย์และอนินทรีย์จำนวนมากที่สามารถหาปริมาณได้โดยการวัดการดูดกลืนแสงในช่วงแสงวิซิเบิล หลักที่สำคัญในเรื่องนี้ก็คือ สารที่ต้องการหาปริมาณจะต้องมีสีหรือสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นแล้วทำให้เกิดสารที่มีสี ในทางทฤษฎีสารละลายที่มีสีที่ใช้ในการวิเคราะห์ควรมีสมบัติดังนี้

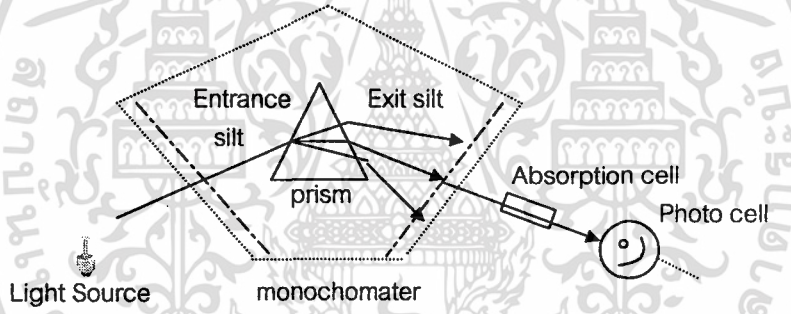
1. สี ของสารควรมีความเข้มมากพอที่จะวัดการดูดกลืนของแสงได้ถึงแม้สารนั้นจะประกอบด้วยสารที่ต้องการวิเคราะห์เป็นจำนวนเล็กน้อยก็ตาม
2. สี ของสารที่อยู่ในสารละลายจะต้องอยู่ตัวไม่จางลงอย่างรวดเร็ว
3. สี ของสารจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงหรือจางลงเมื่อ pH หรืออุณหภูมิของสารละลายเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย
4. สารรีเอเจนต์(reagent) ที่ทำให้เกิดสีกับสารที่เราต้องการวิเคราะห์จะต้องไม่มีสีหรือไม่ดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นเดียวกับสารที่มีสีที่เกิดขึ้น
5. ปฏิกิริยาของรีเอเจนต์ที่ทำให้เกิดสารมีสีกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ จะต้องให้สารที่มีสีชนิดเดียวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทั่วไปของสเปกโทรโฟโทมิเตอร์

สเปกโทรโฟโทมิเตอร์(spectrophotometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการดูดกลืนแสงของสารที่ช่วงคลื่นหนึ่งๆในเครื่องมือสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ จะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1. แหล่งกำเนิดพลังงานแสง(radiation source) ซึ่งจะเป็นหลอดไฟที่มีฟิลาเมนต์(filament) เป็นโลหะทังสเตน(tungsten filament lamp) ส่งให้กำเนิดแสงในช่วงแสงวิซิเบิ้ล
2. หน่วยจำแนกช่วงคลื่นของแสง(monochromater) ประกอบด้วยปริซึม(prism) หรือเกรติ้ง (grating) ในบางชนิดอาจใช้แผ่นแก้วกรองแสง(glass filter)
3. เซลล์สำหรับใส่สารละลาย(absorption cell หรือ cuvette)
4. เครื่องตรวจวัด(detector) ใช้ photocell



ภาพที่ 2 แผนภูมิส่วนประกอบอย่างย่อของสเปกโทรโฟโทมิเตอร์

กฎการดูดกลืนแสงของสารละลายของบูเกอร์และเบียร์(Bouguer and Beer Law)

เมื่อผ่านแสงเข้าไปในเซลล์ที่บรรจุสารละลายจะเกิดการดูดกลืนขึ้นเป็นบางส่วนและพลังงานของแสงก็จะสูญเสียให้แก่สารละลายไปเป็นบางส่วน พลังงานของแสงที่ถูกถ่ายเทให้แก่สารซึ่งถูกแสงผ่านจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลของสารนั้นและขึ้นอยู่กับช่วงคลื่นของลำแสงที่ผ่านด้วย

พลังงานของลำแสงเป็นปริมาณที่วัดโดยให้แสงตกกระทบกับโฟโตเซลล์ (photo cell) ในหน่วยตรวจวัดอัตราส่วนระหว่างพลังงานของลำแสงที่ออกจากเซลล์และพลังงานที่ตกกระทบบนเซลล์เรียกว่า “ทรานสมิตแตนซ์(transmittance, T)” ซึ่งจะมีค่าเป็นร้อยละ (percent transmittance, %T) ก็ได้ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = \frac{P}{Po}$$

T เป็นพลังงานที่ตกกระทบบนเซลล์

Po เป็นพลังงานของลำแสงที่ตกกระทบเซลล์สารละลาย

P เป็นพลังงานของลำแสงที่ออกจากเซลล์สารละลาย

เซลล์สำหรับใส่สารละลาย(optical cell หรือ cuvette)

เซลล์ที่ใช้ในการวัดแอบซอร์บแบนซ์มีความหนาสำหรับแสงผ่านต่างๆกันคือ ตั้งแต่ 1 มม. จนถึง 10 ซม. เซลล์อาจจะต้องมีจุกปิดในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นสารที่ระเหยง่าย เซลล์ที่ใช้สำหรับใส่สารละลายแบลงค์(blank) และสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์จะต้องมีลักษณะเหมือนกัน และจะต้องทำความสะอาดทั้งด้านในและด้านนอกโดยเขย่ากับสารละลายผงซักฟอกหรือตัวทำละลายอื่น อย่าใช้มือหรือสารอื่นถูเพราะจะทำให้เป็นรอยโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านที่แสงผ่าน ถ้าด้านในของเซลล์สกปรก เวลาใส่สารละลายจะทำให้เกิดฟองอากาศ หลังจากใส่สารละลายลงไปในเซลล์แล้ว ควรใช้กระดาษที่มีลักษณะเยื่อเหนียว(tissue) ค่อยๆ เช็ดด้านนอกเซลล์ให้แห้ง วางเซลล์ลงในเครื่องสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ให้ตรงให้ตรงตำแหน่งที่แสงผ่าน

ข้อควรระวังในการใช้เครื่อง สเปกโทรโฟโทมิเตอร์

1. ระวังอย่าให้สารหกใส่เครื่อง
2. การใส่เซลล์ลงในเครื่องต้องทำด้วยความระมัดระวัง
3. ในขณะที่วัดการดูดกลืนแสงต้องปิดฝาครอบช่องใส่หลอดให้สนิทเสมอ
4. ก่อนใส่เซลล์ที่มีสารตัวอย่างลงในช่องใส่เซลล์ ต้องตรวจดูจนแน่ใจว่าข้างเซลล์สะอาดและแห้งสนิท อาจเช็ดด้วยกระดาษที่มีลักษณะเยื่อเหนียว
5. อย่าทำให้เครื่องสะเทือนในระหว่างการใช้ หรือเคลื่อนย้ายเครื่องในขณะเปิดเครื่องอยู่ อาจทำไห้หลอดกำเนิดแสงขาดได้

ประโยชน์ของการตรวจวิเคราะห์โดยการวัดการดูดกลืนแสง

1. ใช้วิเคราะห์หาปริมาณของสารในสารละลายได้(โดยการใช้กฎของเบียร์) เมื่อทราบค่า $E^{1\%}_{1cm}$ หรือ E_M ของสารนั้น หรือเมื่อมีเส้นกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของสาร และในทางตรงข้าม เราอาจหาค่า E หรือ E_M ของสาร จากค่าการดูดกลืนแสงได้เช่นกัน
2. ใช้ตรวจวิเคราะห์หาสารและศึกษาสมบัติของสารละลายในการดูดกลืนแสง เช่นใช้ในการทำสเปกตรัม และทดสอบความบริสุทธิ์ของสาร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18998

3. ใช้ศึกษาจลศาสตร์ของเอนไซม์ ถ้าตัวทำปฏิกิริยามีสมบัติในการดูดแสงต่างจากผลของปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ในการปลูกผัก
   - ดินตราสีดา
   - เมล็ดพันธุ์ผักคะน้า(คะน้าใบ) ของบริษัท เจียไต๋ จำกัด
   - ปุ๋ยเคมี ยี่ห้อไนโปเฟท สูตร 15-15-15
   - ปุ๋ยคอก 100% ตราสีดา
   - ถุงดำสำหรับปลูกพืชขนาด 10×15 นิ้ว
   - สารสกัดสะเดาชนิดน้ำ
2. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
   - ตู้อบ(hot air oven)
   - เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง(balance)
   - เครื่องปั่น(blender)
   - เครื่อง Spectrophotomiter ยี่ห้อ MILTON ROY รุ่น Genesys 2
   - แท่งแก้ว(stirring rod)
   - กรวยแก้ว(funnel)
   - บีกเกอร์(beaker)
   - ใยแก้ว(glass wool)
   - กระบอกตวง(cylinder)
   - ขวดใส่สาร(vial)
   - ขาตั้ง(stand)
   - ปิเปต(pipette) ขนาด 0.2 และ 0.1 ml.
   - ขวดสีชา(amber bottle)
   - เครื่อง Votex mixture
   - อ่างควบคุมอุณหภูมิ(water bath)
   - กระดาษกรองเบอร์ 42 (filter paper)
   - Aluminium foil
   - ขวดวัดปริมาตร(volumetric flask)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีและเครื่องมือ

1. NED reagent : ละลาย N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride 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 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
5. สารละลายมาตรฐาน
   5.1 สารละลายมาตรฐานไนเตรต($NaNO_3$)
      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
      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 สารละลายมาตรฐานไนไต รต์($NaNO_2$)
      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 ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4 วิธีการ ดังนี้

วิธีการที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย

วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี

วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยคอก

วิธีการที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก

2. สถานที่ทำการทดลอง

พื้นที่ด้านหน้าโรงเรือนเพาะชำของภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชซึ่งอยู่ภายในบริเวณของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลองโดยการปลูกผักคะน้าในระหว่างวันที่ 27 ตุลาคม 2545-23 ธันวาคม 2545

4. วิธีการปลูกผักคะน้า

วันที่ 27 ตุลาคม 2545 ทำการปลูกผักคะน้าในถุงดำซึ่งจัดวางเป็น 4 แปลง เริ่มจากการทำความสะอาดรอบๆพื้นที่ทำการทดลอง บรรจุดินสีดาลงในถุงดำขนาด 10×15 นิ้วจนเกือบเต็มและเกลี่ยหน้าดินให้เรียบเสมอกัน จัดถุงดำในแต่ละแปลงให้มี 6 แถว แถวละ 15 ถุง ทำการหยอดเมล็ดพันธุ์ผักคะน้าลงในถุงดำที่เตรียมดินไว้แล้ว ถุงละ 3-5 เมล็ด แล้วกลบดินให้หนาประมาณ 0.5 ซม. รดน้ำให้ทั่วทุกแปลง

4.1 การปฏิบัติดูแลรักษา

- รดน้ำวันละ 2 ครั้ง(เช้า-เย็น)
- กำจัดวัชพืชโดยการถอนทิ้ง
- กำจัดแมลงศัตรูรบกวนโดยการเก็บทำลายและฉีดพ่นด้วยสารสะกัดสะเดา

4.2 การถอนแยกต้นกล้า

ทำการถอนแยกต้นกล้าเมื่อต้นกล้ามีอายุได้ 15 วัน(วันที่ 10 พฤศจิกายน 2545) ให้เหลือถุงละ 1 ต้น

4.3 การใส่ปุ๋ย

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 อัตราการใส่ปุ๋ย

- ปุ๋ยเคมีไนโปเฟท สูตร 15-15-15 ใช้ในอัตรา 40 กรัม/น้ำ 1000 ซีซี/1 ครั้ง
- ปุ๋ยคอก 100% ตราสีดา ใช้ในอัตรา 15 กรัม/1 ต้น/1 ครั้ง

5. การสุ่มเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างผักคะน้าหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งสุดท้าย 2 วัน(วันที่ 23 ธันวาคม 2545) นำมาชั่งหาปริมาณผลผลิตต่อแปลง แล้วสุ่มผักคะน้าที่เก็บเกี่ยวได้มาทำการสกัดสาร เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณการตกค้างของไนเตรตและไนไตรต์

6. วิธีการแยกสกัดไนเตรตและไนไตรต์จากผักคะน้า

6.1 วิธีการสกัด

- หั่นผักคะน้าเป็นชิ้นเล็กๆแล้วชั่งให้ได้ 10±0.5 กรัม ใส่ในโถปั่น
- เติมน้ำกลั่นในโถปั่นจำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วปั่นผักให้ละเอียด
- เทผักที่ปั่นละเอียดแล้วลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 150 มิลลิลิตร แล้วนำไปตั้งบน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ
- ยกออกจาก water bath แล้วคนด้วยแท่งแก้วอีกประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร กรองผ่านใยแก้ว(glass wool) จะได้สารละลายสีเขียว
- นำสารละลายที่ได้มาเติมผงถ่านกัมมันต์(activated carbon) ซึ่งผ่านการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงแล้ว จำนวน 1.5 กรัม คนด้วยแท่งแก้วนาน 5 นาที
- กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 จะได้สารละลายที่ใส
- นำสารละลายที่กรองได้ไปพัฒนาสีแล้วตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer

6.2 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณ

6.2.1 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต

- ปิเปตสารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง (Test tube)
- เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์

- ปิเปตสารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง (test tube)
- เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochoride จำนวน 2 มิลลิลิตร ดขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
- 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 แล้วตั้งทิ้วไว้ 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 $NaNO_2$ เข้มข้น0.1, 0.2, .03, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrichloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
- นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curve จากค่า absorbance และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 nm

7. การคำนวณปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ทั้งหมดจากการสกัดตัวอย่างผัก

นำค่าความเข้มข้นของไนเตรตและไนไตรต์ ที่ได้จากเครื่อง spectrophotometer มาทำการคำนวณหาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์จากสูตร

$$N = \frac{xa}{mv}$$

N = ปริมาณไนเตรตหรือไนไตรต์ หน่วยเป็น ไมโครกรัม/กรัม

x = ปริมาณน้ำกลั่นทั้งหมดที่ใช้สกัด หน่วยเป็นมิลลิลิตร

a= ค่าความเข้มข้นของไนเตรตหรือไนไตรต์ที่ได้จากเครื่อง spectrophotometer หน่วยเป็น ไมโครกรัม

m = ปริมาณผักที่นำมาสกัด หน่วยเป็นกรัม

v= ปริมาตรของสารสกัดที่ใช้ในการพัฒนาสี เพื่อนำไปวัดค่า absorbance โดยเครื่อง spectrophotometer หน่วยเป็น มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก พบว่าคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอกมีปริมาณไนเตรต 400.94, 4547.03, 1210.55 และ 2554.36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และมีปริมาณไนไตรต์ 10.09, 4.83, 3.86 และ 6.07 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 3 และ 4 เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูงกว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ P=0.01 สำหรับการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ พบว่าปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยสูงกว่าปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05 ทั้งนี้ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05

ผลผลิตของผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก มีปริมาณ 1.40, 5.96, 1.93 และ 6.90 กิโลกรัม/แปลง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 5 เมื่อนำไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปริมาณผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอกสูงกว่าปริมาณผลผลิตของผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ P= 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ปริมาณของไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

Treatment	ปริมาณ (มก./กก.)	
	ไนเตรต*	ไนไตรต์**
ไม่ใส่ปุ๋ย	400.94d	10.09a
ปุ๋ยเคมี	4547.03a	4.83b
ปุ๋ยคอก	1210.55c	3.86b
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	2554.36b	6.07b

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ

* ที่ระดับ P=0.01

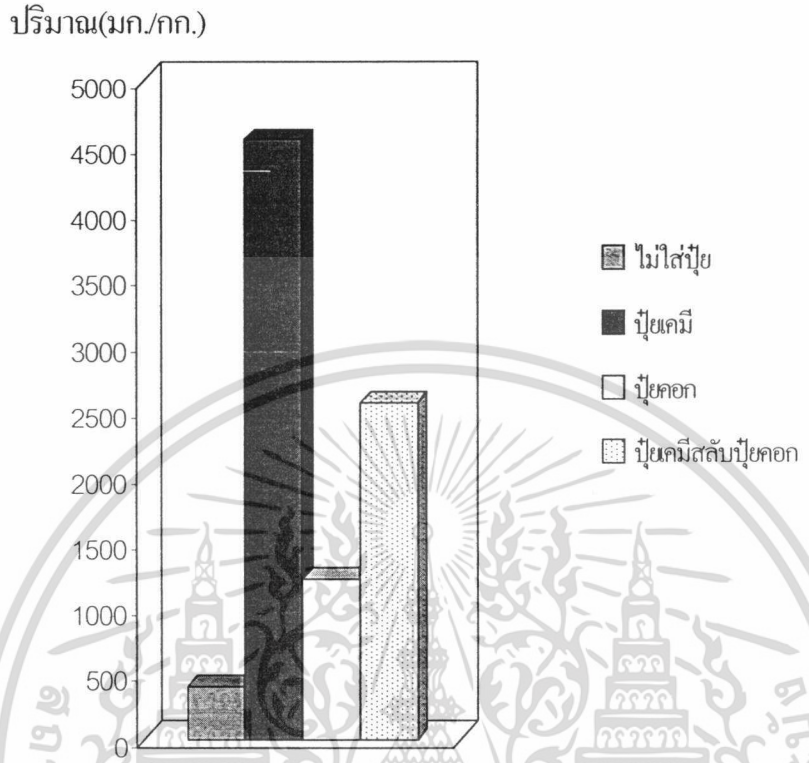
** ที่ระดับ P=0.05

ตารางที่ 2 ผลผลิตของผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

Treatment	ผลผลิต (กก./แปลง)
ไม่ใส่ปุ๋ย	1.40d
ปุ๋ยเคมี	5.96b
ปุ๋ยคอก	1.93c
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	6.90a

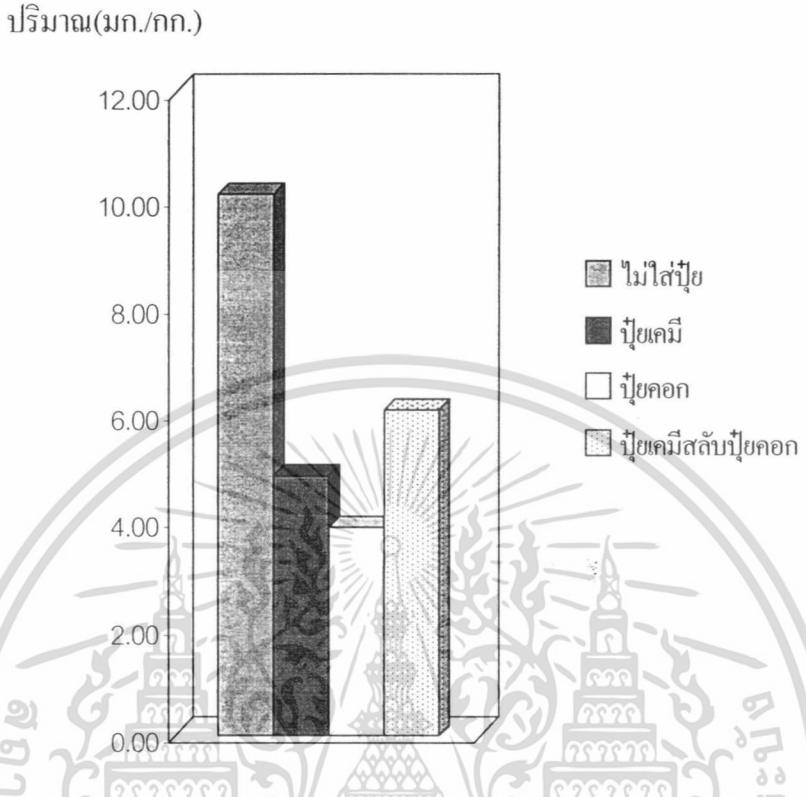
ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ P=0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



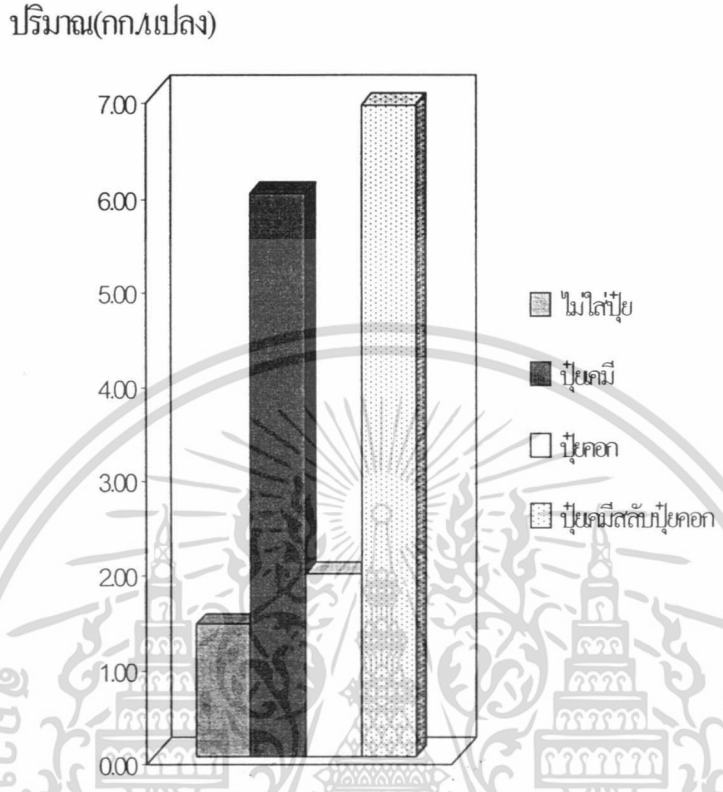
ภาพที่ 3 ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5 ผลผลิตของผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 ผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ภาพที่ 7 ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก

ภาพที่ 9 ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์

ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของไนเตรตและไนไตรต์ พบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีปริมาณไนเตรตสูงสุด อาจเนื่องจากปุ๋ยเคมีจะให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรงได้สูงกว่าปุ๋ยคอก พืชจึงสามารถนำไนโตรเจนไปใช้ได้โดยตรง ทำให้ผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวตลอดการเพาะปลูก มีการเจริญเติบโตดีและมีปริมาณไนเตรตสูงสุด ผักคะน้าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยจึงมีปริมาณไนเตรตน้อยกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ย แต่ผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณไนไตรต์สูงสุด อาจเนื่องมาจากไนเตรตถูกรีดิวซ์ไปเป็นไนไตรต์ด้วยเอนไซม์ nitrate reductase และต่อมาไนไตรต์ก็จะถูกรีดิวซ์ด้วยเอนไซม์ nitrite reductase ไปเป็นแอมโมเนียม เพื่อนำไปสร้างกรดอะมิโนและอินทรีย์สารอื่นๆในพืช ซึ่งวงจันทร์(2535) กล่าวว่า ถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรตเกิดเร็วกว่ากระบวนการรีดักชันของไนไตรต์ จะทำให้ไนไตรต์สะสมอยู่ในพืช ในทางตรงกันข้ามถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรตเกิดช้ากว่ากระบวนการรีดักชันของไนไตรต์จะทำให้ไนเตรตสะสมในพืชในปริมาณมาก ทั้งนี้ไนเตรตจะถูกรีดิวซ์เป็นไนไตรต์มากหรือน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับ พันธุกรรมของพืช ปริมาณไนเตรตที่พืชได้รับจากดิน สภาพแวดล้อมในขณะที่พืชนั้นเจริญเติบโต อายุของพืชและส่วนของพืช (อรุณี,2527)

ผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก มีปริมาณผลผลิตสูงสุด อาจเนื่องจากปุ๋ยคอกทำให้ลักษณะทางกายภาพของดินดีขึ้นและปุ๋ยเคมีให้ธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ได้โดยตรง ซึ่งเป็นการส่งเสริมกันจึงทำให้ผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกสูงกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก พบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณไนเตรตสูงที่สุด รองลงมาเป็นผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ ส่วนผักคะน้าที่มีปริมาณไนไตรต์สูงที่สุด คือ ผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย รองลงมาคือ ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอกตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณไนเตรตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P= 0.01 ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย จะสูงกว่าปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P= 0.05 โดยที่ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก มีปริมาณไนไตรต์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P=0.05

ส่วนปริมาณผลผลิตพบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอกให้ผลผลิตสูงสุด รองลงมาคือ ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย ให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P=0.01

จากผลการทดลองที่พบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอกได้ผลผลิตสูงสุด และมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ต่ำกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว เกษตรกรจึงควรปลูกผักคะน้าโดยใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก เพราะจะได้รับผลตอบแทนสูง รวมทั้งได้ผักคะน้าที่มีความปลอดภัยจากไนเตรตและไนไตรต์ต่อผู้บริโภค เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ European Commission Regulation (EC) ซึ่งกำหนดว่า ในผักสีเขียวจำพวกผักกาดหอม (lettuce) ให้มีไนเตรตได้ไม่เกิน 4,500 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด และปวยเล้ง (spinach) มีไนเตรตได้ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอกต่ำกว่าค่าที่กำหนดมาก ในขณะที่ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีปริมาณไนเตรตสูงกว่าค่าที่กำหนด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหากเกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยคอกแทนการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวจะได้ผลผลิตมากกว่า รวมทั้งช่วยลดค่าใช้จ่ายเพราะปุ๋ยคอกมีราคาถูกกว่าปุ๋ยเคมี นอกจากจะเป็นผลดีต่อเกษตรกรในแง่ของประสิทธิภาพการผลิตแล้วยังเป็นการช่วยลดความเสี่ยงอันตรายจากไนเตรตจากการบริโภคผักได้ ทั้งนี้แม้ว่าผักที่รับประทานจะมีปริมาณไนเตรตค่อนข้างสูง แต่ผักเป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีเส้นใยซึ่งช่วยให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดี ให้วิตามิน เกลือแร่ และสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ทำให้ร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ และไนเตรตก็สามารถถูกกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกจากร่างกายได้โดยทางปัสสาวะ และในผักก็จะมีวิตามินซี และวิตามินอี ซึ่งเป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาของไนไตรต์กับเอมีนในการสร้างสารไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง จึงมีความเสี่ยงจากการเป็นมะเร็งจากไนเตรตและไนไตรต์ น้อยกว่าการบริโภคอาหารประเภทเคียวมีต (cured meat) เช่น ไส้กรอก แฮม เบคอน ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กองบรรณาธิการฐานเกษตร. 2531. อาชีพปลูกผัก. ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์เอเชีย. หน้า 36-38.

กองบรรณาธิการฐานเกษตร. 2534. รวมเรื่องผัก. โรงพิมพ์มิตรสยาม. หน้า 58-62.

เกษมศรี ซับซ้อน. 2536. ปฐพีวิทยา . ศูนย์ฝึกอบรมวิศวกรรมเกษตร บางพูล, กองวิทยาลัยเกษตรกรรม, กรมอาชีวศึกษา, กรุงเทพฯ. หน้า 114-119

กฤษณา รุ่งเรืองศักดิ์ . 2521.ปฏิบัติการและหลักเบื้องต้นในวิชาชีววิทยา. อมรินทร์การพิมพ์. หน้า 33-37.

คณาจารย์ภาควิชาเคมี. 2536. ตำราปฏิบัติการชีวเคมีเบื้องต้น. ภาควิชาชีวเคมี, คณะวิทยาศาตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. หน้า 53-61.

ไฉน ยอดเพชร. 2542. พืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์ . คณะเกษตรศาสตร์บางพระ, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ชลบุรี. โรงพิมพ์ลินคอร์น. หน้า 77-83.

นที เนียมศรีจันทร์. 2539. ปัญหาไนเตรตกับสิ่งแวดล้อม. ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 23(2): 76-77.

ประดิษฐ์ มีสุข . 2529. คู่มือปฏิบัติการชีวเคมี. โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์. หน้า 134-138.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2538. หลักการและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 33-51.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2528. เอกสารสอนชุดวิชา เกษตรทั่วไป 4 : ดิน น้ำ และปุ๋ย. สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ , มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ. หน้า 533-700

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2543. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 180 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา . 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 387-392.

ลักขณา อมรสิน. 2540. การศึกษาปริมาณ และการเปลี่ยนแปลงของไนเตรตและไนไตรต์ในผักกาดหอม ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักบุ้ง และผักโขม หลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-5 วัน. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 5(2): 22-30.

ลักขณา อมรสิน. 2541. คู่มือประกอบการปฏิบัติการวิชาพิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 47 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจันทร์ วงแก้ว. 2535. หลักสรีระวิทยาของพืช. ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 157 หน้า.

วินัย ปีติยนต์. 2534. บทความ: ไนโตรซามีนในสูตรส่วนผสมของวัตถุมีพิษการเกษตร. ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 18(3): 113123.

ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์. 2537. ปฏิบัติการเคมีปริมาณวิเคราะห์. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. หน้า 224-230.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2540. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 78-85.

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2526. หลักการปลูกผัก . ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 258 หน้า.

สรสิทธ์ วัชโรทยาน. 2535. คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. ศูนย์การพิมพ์พลชัย. กรุงเทพฯ. หน้า 123-131.

สวัสดิ์ วีระเดชะ. 2519. คู่มือหลักและวิธีการทางการเกษตรกรรมประเทศร้อน.สำนักพิมพ์พิทักษ์อักษร.กรุงเทพฯ.หน้า 246-247.

สิรินทิพย์ ชื่นวิรัชสกุล. 2542. การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกวางตุ้งที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก และปุ๋ย กท.ม.1. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี.ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 31 หน้า.

หิรัญ หิรัญประดิษฐ์. 2524. ปัญหาของธาตุอาหารในดินกับพืชสวน. ใน: รายงานสถานการณ์ดินและปุ๋ยของประเทศไทย. ชมรมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทยและสมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. หน้า 136-151.

อมรา วงศ์พุทธพิทักษ์ . 2537. สิ่งเจือปนในอาหาร: ผลกระทบต่อสุขภาพคนไทย. คณะกรรมการระบาดวิทยาแห่งชาติ/สถาบันวิจัยสาธารณสุขไทย. มูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ. บริษัท ดีไซร์. หน้า 105-108.

อนุรักษ์ พ่วงผล. 2542. เกษตรเศรษฐกิจในครัวเรือน พืชผักสวนครัวเสริมรายได้. โรงพิมพ์อักษรไทย. กรุงเทพฯ. หน้า 56-60.

อรุณี คงศักดิ์ไพศาล . 2527. ตำราประกอบการสอนวิชาเคมีเกษตร. โครงการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,กรุงเทพฯ. หน้า 235.

อรษา แสงอุทัย. 2527. พืชผัก . ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ. หน้า 68-70.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาภัสสรา ชมิดท์. 2537. คู่มือทางชีวเคมี. ภาควิชาสรีรวิทยา, คณะสัตวแพทย์ศาสตร์,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์รั้วเขียว. หน้า 23-28.

Food Standards Agency, 2001. UK Monitoring Program for nitrate in Lettuce and Spinach (Number)16/01(online).Available:http://WWW.foodstandards.gov.uk/science/surveillance/fsis 2001/nitrate-lettuce.28/3/2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางผนวกที่ 1</u> ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

Treatment	ปริมาณไนเตรต(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ไม่ใส่ปุ๋ย	533.10	332.26	337.48	1202.84	400.95
ปุ๋ยเคมี	4574.70	4078.90	4987.50	13641.10	4547.03
ปุ๋ยคอก	1175.22	1382.04	1296.16	3853.42	1284.47
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	2788.20	2508.80	2366.10	7663.10	2554.37

<u>ตารางผนวกที่ 2</u> ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

Treatment	ปริมาณไนไตรต์(มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3		
ไม่ใส่ปุ๋ย	13.55	13.87	2.87	30.30	10.10
ปุ๋ยเคมี	3.83	4.98	5.70	14.51	4.84
ปุ๋ยคอก	3.15	4.62	3.83	11.60	3.87
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	9.77	3.07	5.38	18.22	6.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	3	146482.936	48827.645	230.132**	3.10	4.94
Ex.Error	20	4243.453	212.173			
Total	23	150726.380	6553.321			

CV = 13.31 %

LSD .05 = 17.54278

LSD .01 = 23.92579

** = ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ P = 0.01

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	**RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01**
T2	227.3517 a
T4	127.7183 b
T3	62.69050 c
T1	20.04733 d

NAME	**RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05**
T2	227.3517 a
T4	127.7183 b
T3	62.69050 c
T1	20.04733 d

T1 = ไม่ใส่ปุ๋ย

T2 = ปุ๋ยเคมี

T3 = ปุ๋ยคอก

T4 = ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	3	1.351	0.450	4.307*	3.10	4.94
Ex.Error	20	2.091	0.105			
Total	23	3.442	0.150			

CV = 52.02 %

LSD .05 = .3894496

LSD .01 = .5311525

* = ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ P = 0.05

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	**RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01**
T1	1.009667 a
T4	.6066667 ab
T2	.4843333 ab
T3	.386 b

NAME	**RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05**
T1	1.009667 a
T4	.6066667 b
T2	.4843333 b
T3	.386 b

T1 = ไม่ใส่ปุ๋ย

T2 = ปุ๋ยเคมี

T3 = ปุ๋ยคอก

T4 = ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณผลผลิตของผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	3	69.862	23.287	236726.156**	4.07	7.59
Ex.Error	8	0.001	0.000			
Total	11	69.863	6.351			

CV = 0.25 %

LSD .05 = 1.867462

LSD .01 = 2.716971

** = ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ P = 0.01

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	**RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01**
T4	6.9a
T2	5.96b
T3	1.93c
T1	1.4d

NAME	**RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05**
T4	6.9a
T2	5.96b
T3	1.93c
T1	1.4d

T1 = ไม่ใส่ปุ๋ย

T2 = ปุ๋ยเคมี

T3 = ปุ๋ยคอก

T4 = ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้