หนังสือสมุดกลางพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญาตรี

เรื่อง

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือด

Nitrate and Nitrite Contents in Boiled Chinese Kale

T099030

โดย

นายสุทัศน์ บัณฑิตชน

Suthat Banditchon

ปร.
ส๖๒๔๑
๒๕๔๕
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....๑๑๐๓๐
วัน,เดือน,ปี.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ปริญญาตรี

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือด

Nitrate and Nitrite Contents in Boiled Chinese Kale

โดย

นายสุทัศน์ บัณฑิตชน

Suthat Banditchon

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรเดช จันทรสร)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วันที่ 3 เดือน มิ.ย. พ.ศ. 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือด

โดย : นายสุทัศน์ บัณฑิตชน

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

อาจารย์ที่ปรึกษา : ..../..../....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน)

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณไนเตรต (NO_3^-) และไนไตรต์ (NO_2^-) ในผักคะน้าหลังจากผ่านการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที ทำการศึกษาในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย ตรวจวิเคราะห์ไนเตรตและไนไตรต์โดยวิธีสเปคโทรโฟโทเมตริก ผลการตรวจวิเคราะห์พบปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย เท่ากับ 4374.76, 1279.99, 58.98, 2219.50, 2732.23 และ 325.99 มก./กก. ตามลำดับ ปริมาณไนไตรต์ เท่ากับ 4.24, 5.77, 2.69, 3.28, 2.47 และ 10.76 มก./กก. ตามลำดับ โดยที่ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีสูงกว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05 แต่ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และไม่ใส่ปุ๋ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05 ทั้งนี้ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยสูงกว่าปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05 แต่ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05 ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยแต่ละชนิดแต่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที กับไม่ผ่านการต้มพบว่ามีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05 ทั้งนี้ผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกให้ผลผลิตสูงสุด และให้ผลผลิตสูงกว่าผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : Nitrate and Nitrite Contents in Boiled Chinese Kale

By : Suthat Banditchon

Degree : Bachelor of Science in Agriculture

Major Field : Plant Pest Management Technology

Advisor : ..... Luckana Amonsin ..... 3 /April 2003

(Asst. Professor Luckana Amonsin)

Abstract

The study of nitrate and nitrate in 3 minute boiled and non-boiled 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 27 October 2002. The experiment was designed as completely randomized designed (CRD) and was analysed by spectrophotometric method. The results was found that nitrate in 3 minute boiled Chinese Kale treated with fertilizer, manure, bio-extract, fertilizer alternated with manure, fertilizer alternated with bio-extract and non-treated with fertilizer were 4374.76, 1279.99, 58.98, 2219.50, 2732.23, and 325.99 mg/kg, nitrite were 4.24, 5.77, 2.69, 3.28, 2.47 and 10.76 mg/kg respectively. The amount of nitrate in boiled Chinese Kale treated with fertilizer have significantly higher than Chinese Kale treated with fertilizer alternated with manure, fertilizer alternated with bio-extract, manure, bio-extract and non-treated with fertilizer, but were not significant in Chinese Kale treated with bio-extract and non-treated with fertilizer at P=0.05. The amount of nitrite non-treated with fertilizer in Chinese Kale have significantly higher than that of Chinese Kale treated with manure, fertilizer, fertilizer alternated with bio-extract, bio-extract and fertilizer alternated with manure at P=0.05, but were not significant in Chinese Kale treated with bio-extract, fertilizer alternated with bio-extract and fertilizer alternated with manure at P=0.05. Nitrate and nitrite in 3 minute boiled Chinese Kale and non-boiled 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 was maximum and have production higher significantly than Chiniese Kale treated with fertilizer, fertilizer alternated with manure, manure, non- treated with fertilizer and bio-extract at P= 0.05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณจรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช ที่ได้คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำการใช้เครื่อง spectrophotometer และอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจน ให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ

ขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ สำหรับความห่วงใยและน้ำใจที่มีให้ ขอบคุณอุปสรรคต่างๆ ที่ทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้ถึงวิถีแห่งการทำงานให้บรรลุผลสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่เป็นอย่างสูงที่ให้ความอุปการะทั้งทางด้านกำลังใจ ทุนทรัพย์ จนงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุทัศน์ บัณฑิตชน

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	20
ผลการทดลอง	28
วิจารณ์ผลการทดลอง	39
สรุปและข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ หลังจากผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที และที่ไม่ผ่านการต้ม	30
2. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ หลังจากผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที และที่ไม่ผ่านการต้ม	32
3. ปริมาณผลผลิตคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ	34
ตารางภาคผนวกที่	
1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที	45
2. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไนเตรตในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที	45
3. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที	47
4. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือด 3 นาที	47
5. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด	49
6. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด	49
7. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด	51
8. การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	วัฏจักรของไนโตรเจน	16
2.	การเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ ที่ผ่านและไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที	31
3.	การเปรียบเทียบปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ ที่ผ่านและไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที	33
4.	ปริมาณผลผลิตคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ	35
5.	ผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี	36
6.	ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี	36
7.	ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก	37
8.	ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	37
9.	ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	38
10.	ผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

คะน้าเป็นผักที่รู้จักกันทั่วไปและนิยมบริโภคกันมาก โดยจะบริโภคส่วนของใบและลำต้น ผักคะน้า (Chinese kale) จัดเป็นพืชตระกูลกะหล่ำ (Cruciferae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea var albograba* มีลำต้นสูงประมาณ 35-50 เซนติเมตร มีข้อตามลำต้น ลักษณะใบเป็นแบบธรรมดา (Simple leaf) มีการจัดเรียงใบแบบสลับ (Alternate) มีดอกแบบสมบูรณ์เพศและช่อดอกแบบ Raceme มีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย ผักคะน้าจะมีวิตามินซีและแคลเซียมสูงมาก มีปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และไทย คะน้าเป็นพืชฤดูเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน สามารถปลูกได้ตลอดปีในแหล่งที่มีน้ำเพียงพอ แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกคะน้าให้ได้ผลดีที่สุดคือ ระยะตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน เนื่องจากตลาดมีความต้องการผักคะน้าสูง เกษตรกรผู้ปลูกผักคะน้าจึงพยายามหาวิธีเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น โดยการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิต โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรต (Nitrate) ซึ่งการใช้ปุ๋ยดังกล่าวในปริมาณสูงก่อให้เกิดปัญหาการมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ตกค้างในผักสูงจนอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ตัวอย่างเช่น เกิดมะเร็งที่ไต ตับ หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร กระเพาะปัสสาวะ และระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงทำการศึกษาว่าการต้มผักคะน้าในน้ำเดือด 3 นาที จะทำให้มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก และต่างจากผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเหมือนกันแต่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด 3 นาที อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ เพื่อประเมินความปลอดภัยในการบริโภคผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเหมือนกันแต่ผ่านการต้มในน้ำเดือดกับไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณการตกค้างของไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยคอก ที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที และไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด
2. เพื่อประเมินความเสี่ยงการเป็นอันตรายจากไนเตรตและไนไตรต์จากการบริโภคผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที เปรียบเทียบกับผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเหมือนกันแต่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด
3. เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับกับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ผักคะน้า (Chinese kale)

ผักคะน้า (Chinese kale) เป็นผักที่คนไทยรู้จักกันทั่วไป อยู่ในตระกูลกะหล่ำ (Cruciferae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea var albograba* เป็นผักที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น คะน้ามีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน สามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เป็นต้นกล้าขนาดเล็กจนโตเต็มที่ ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน คะน้าเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม และไทอามีน ผักคะน้ามีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียและมีปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศจีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และประเทศไทย คะน้าเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย สามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.8 และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ ต้องการแสงแดดเต็มที่ คะน้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส แต่คะน้าก็สามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดี และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส (สุนทร, 2540)

พันธุ์คะน้าที่นิยมปลูกในประเทศไทยเป็นคะน้าดอกขาว โดยสั่งเมล็ดจากต่างประเทศเข้ามาปลูก ปัจจุบันพันธุ์คะน้าที่นิยมปลูกในประเทศไทยมี 3 พันธุ์ คือ 1) พันธุ์ใบกลม มีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมนและผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1 เป็นต้น 2) พันธุ์ใบแหลม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ปลายใบแหลม ข้อห่าง ผิวใบเรียบ ได้แก่ พันธุ์ P.L.20 เป็นต้น 3) พันธุ์ยอดหรือก้าน มีลักษณะใบเหมือนกับคะน้าใบแหลม แต่จำนวนใบต่อต้นมีน้อยกว่า ปล้องยาวกว่า ได้แก่ พันธุ์แม่โจ้ 1 เป็นต้น (ไฉน,2542)

วิธีการปลูกหลังจากเตรียมดินโดยย่อยดินให้ละเอียดแล้ว นิยมหว่านเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรงมากกว่าการย้ายกล้า โดยหว่านเมล็ดให้กระจายทั่วทั้งแปลง ให้เมล็ดห่างกันประมาณ 2-3 เซนติเมตร ใช้ดินผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วหว่านกลบเมล็ดให้หนาประมาณ 0.6-1 เซนติเมตร เพื่อเก็บรักษาความชื้นให้เมล็ดและป้องกันเมล็ดไม่ให้ถูกน้ำที่รดผักกระแทกทำให้กระจัดกระจาย แล้วใช้ฟางหรือหญ้าแห้งคลุมบนดินผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วอีกครั้ง รดน้ำให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน หลังจากคะน้างอกแล้วประมาณ 20 วัน หรือต้นสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ให้เริ่มทำการถอนแยกครั้งแรก โดยเลือกถอนต้นที่ไม่สมบูรณ์ออก ให้เหลือระยะห่างระหว่างต้นไว้ประมาณ 10 เซนติเมตร และเมื่อคะน้ามีอายุได้ประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30 วัน จึงทำการถอนแยกครั้งที่ 2 โดยให้เหลือระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร และต้นคะน้าที่ถอนแยกออกมาในช่วงอายุนี้สามารถตัดรากออกแล้วส่งขายตลาดเป็นยอดผักได้ ซึ่งผู้บริโภคนิยมรับประทานเป็นยอดผัก ทั้งนี้ในการถอนแยกคะน้าแต่ละครั้งควรทำการกำจัดวัชพืชไปในตัวด้วย

ปุ๋ยเคมี (Fertilizer)

ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ เป็นปุ๋ยที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น เป็นสารอนินทรีย์ซึ่งมักจะประกอบไปด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชและมักขาดแคลนในดิน ปุ๋ยเคมีสามารถให้ธาตุอาหารสูงและพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที สำหรับธาตุปุ๋ยหลักมี 3 ชนิดซึ่งมักถูกเรียกย่อ ๆ ว่า N-P-K (เอ็น-พี-เค) นั้นมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชต่างกันคือ ไนโตรเจน(N)นั้นช่วยให้ต้นและใบของพืชมีการเจริญเติบโตดี ถ้าได้รับน้อยเกินไปจะทำให้ใบมีสีซีดเหลือง ไม่ค่อยเติบโต ถ้าได้รับมากเกินไปจะทำให้ใบมีสีเขียว อวบ เปราะ ขาดความแข็งแรง ไม่ค่อยออกดอก ส่วนฟอสฟอรัส(P) ช่วยให้ระบบรากเติบโตได้ดี ช่วยในการออกดอกของพืชได้ง่ายขึ้น ถ้าพืชได้รับน้อยเกินไปจะทำให้มีการสร้างสารสีม่วงแดงขึ้นบริเวณต้นและใบ และไม่ออกดอก แต่ถ้าได้รับมากเกินไป พืชจะออกดอกเร็วผิดปกติ ขณะที่โปแทสเซียม(K)เป็นธาตุที่ทำให้กลไกทางเคมีภายในพืชดำเนินไปได้ตามปกติ ถ้าพืชได้รับน้อยเกินไปจะอ่อนแอต่อโรค ต้นเปราะ หักง่าย แต่ถ้าพืชได้รับมากเกินไปจะทำให้ลำต้นแคระแกร็น (สารานุกรมไทย,2540)

ประเภทของปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอนินทรีย์ เป็นปุ๋ยที่ได้จากเกลือแร่ต่างๆ มักมีธาตุอาหารมากกว่าปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมีประกอบด้วย 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1.1 ปุ๋ยเดี่ยวหรือแม่ปุ๋ย เป็นปุ๋ยที่มีธาตุปุ๋ยไม่ครบ 3 ธาตุ เช่น ปุ๋ยยูเรียซึ่งมีไนโตรเจนเพียงธาตุเดียว ปุ๋ยดินประสิวซึ่งมีไนโตรเจนและโปแทสเซียม ปุ๋ยกลุ่มนี้มักจะถูกนำมาผสมกันเป็นปุ๋ยผสม แต่บางครั้งอาจถูกนำมาใช้โดยตรงเพื่อปรับปรุงการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งต้องใช้อย่างระมัดระวัง

1.2 ปุ๋ยผสม เป็นปุ๋ยที่มีธาตุปุ๋ยครบ 3 ธาตุ โดยเป็นผลจากการผสมปุ๋ยเดี่ยวหลายชนิดเข้าด้วยกัน โดยแบ่งตามสูตรปุ๋ยได้ เป็น 4 ประเภท คือ

(ก) ปุ๋ยสูตรเสมอ คือ ปุ๋ยที่มีธาตุทั้ง 3 ชนิด ในปริมาณที่เท่ากันเพื่อให้พืชเจริญเติบโตตามปกติ ไม่ต้องการเร่งส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชโดยเฉพาะ เช่นปุ๋ยสูตร 15-15-15, 20-20-20 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) **ปุ๋ยหน้าสูง** คือ ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนมากกว่าธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโปแทสเซียม ใช้เมื่อต้องการเร่งการเจริญเติบโตทางต้น มักให้ในระยะต้นกล้า จะทำให้พืชมีใบเขียวขึ้น ต้นเจริญเติบโตขึ้น เช่นปุ๋ยสูตร 30-20-10, 20-10-10 เป็นต้น

(ค) **ปุ๋ยสูตรกลางสูง** คือ ปุ๋ยที่มีธาตุฟอสฟอรัสมากกว่าธาตุไนโตรเจน และธาตุโปแทสเซียม ใช้เมื่อต้องการเร่งการเจริญเติบโตทางราก หรือเร่งให้ออกดอกเร็วขึ้น เช่นปุ๋ยสูตร 15-30-15, 12-24-12 เป็นต้น

(ง) **ปุ๋ยหลังสูง** คือ ปุ๋ยที่มีธาตุโปแทสเซียมมากกว่าธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส ใช้เร่งสีให้เข้มขึ้น หรือเพิ่มความหวานให้มากขึ้น เช่นปุ๋ยสูตร 12-12-27, 10-20-30 เป็นต้น

ปุ๋ยผสมนี้ยังแบ่ง ตามลักษณะ เป็น 3 กลุ่มย่อย คือ

(ก) **ปุ๋ยเม็ด** เป็นปุ๋ยที่มักคลุกเคล้าดินกับธาตุปุ๋ยจากการผสมปุ๋ยเดี่ยวหลายชนิดเข้าด้วยกัน เป็นปุ๋ยที่ปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชได้ค่อนข้างรวดเร็วตามการละลายของเม็ดปุ๋ย ซึ่งมีขนาดต่าง ๆ กัน ปุ๋ยเม็ดนี้มักมีราคาถูก เป็นที่นิยมใช้โดยทั่วไป มักใส่ให้พืชทุก 1-4 สัปดาห์

(ข) **ปุ๋ยเม็ดละลายช้า** เป็นปุ๋ยที่ธาตุปุ๋ยได้จากการผสมของปุ๋ยเดี่ยวหลายชนิดเข้าด้วยกัน ถูกปั้นให้เป็นเม็ด แล้วเคลือบผิวด้วยสารที่ยอมให้น้ำผ่านเข้าไปภายในได้ทีละน้อย ทำให้การปลดปล่อยธาตุอาหารผันแปรตามอุณหภูมิ และ/หรือความชื้นของวัสดุปลูก ปุ๋ยจึงอาจให้อาหารแก่พืชได้อย่างต่อเนื่อง 3-12 เดือน ปุ๋ยเม็ดละลายน้ำนี้มักมีราคาแพง จึงใช้กันในวงจำกัด เฉพาะในพื้นที่ปลูกพืชเป็นเวลานาน แต่มีแรงงานการดูแลให้ปุ๋ยไม่เพียงพอ

(ค) **ปุ๋ยเกร็ด** เป็นปุ๋ยที่มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง สามารถละลายน้ำได้ดี เกิดจากการนำปุ๋ยเดี่ยวคุณภาพสูงมาคลุกเคล้ากัน ซึ่งจะมีการเพิ่มวิตามินบี และสารควบคุมการเจริญเติบโตเข้าไปด้วย ปุ๋ยกลุ่มนี้ต้องละลายน้ำรดให้แก่พืช หรือผสมไปในระบบการให้น้ำก็ได้ ปุ๋ยกลุ่มนี้อาจถูกเรียกว่าปุ๋ยใบ เพราะพืชดูดไปใช้ได้ทั้งทางรากและใบ มักนิยมใช้กับกล้วยไม้ หรือพืชที่ต้องการปุ๋ยอย่างเร่งด่วน (www.school.net.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติที่สำคัญของปุ๋ยเคมี

1. การเปียกชื้นของปุ๋ยเคมี (Hygroscopicity)

ปุ๋ยเคมีชนิดของแข็งแต่ละชนิดจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 1-3 ไม่มีการจับตัวกันเป็นก้อนแข็งในขณะเก็บรักษาและนำไปใช้ประโยชน์ แต่ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤติเฉพาะ (Critical relative humidity) ซึ่งค่านี้จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของอากาศ ดังนั้นจึงได้กำหนดค่าวิกฤตินี้ที่ 30 องศาเซลเซียส (มุกดา,2543) เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ค่าวิกฤตินี้จะลดลง ซึ่งหมายความว่าปุ๋ยนี้จะชื้นง่ายขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิต่ำลง ค่าวิกฤติจะสูงขึ้น ปุ๋ยก็จะไม่ดูดความชื้นจากอากาศและมีสภาพแห้งเป็นปกติ

2. การจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี (Caking)

การจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี เกิดจากการที่ปุ๋ยแต่ละเม็ดหรือแต่ละอนุภาคเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนที่มีขนาดต่างๆ หรือมีขนาดใหญ่ขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยทั่วไปปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี คือ

2.1 การเกิดการตกผลึกแข็งตัวขึ้นใหม่ของสารระเหยเข้มข้นตรงจุดสัมผัสระหว่างเม็ดปุ๋ยแต่ละเม็ด

2.2 ความดันหรือน้ำหนักการกดทับของปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาในกระสอบ

2.3 ระยะเวลาการเก็บรักษา

2.4 ปัจจัยอื่นๆ เช่น ขนาดและรูปร่างของเม็ดปุ๋ย อนุภาคปุ๋ย องค์ประกอบของตัวปุ๋ย เป็นต้น

3. ดัชนีความเค็มของปุ๋ยเคมี (Salt index)

ดัชนีความเค็มของปุ๋ยเคมี คือ สมบัติเฉพาะตัวของปุ๋ยเคมีเมื่อใส่ลงไปในดินแล้วทำให้สารละลายในดินมีความเข้มข้นที่จะทำให้เกิดความดันแบบออสโมซีส (Osmotic pressure) สูงและจะดึงดูดความชื้นไปจากดินและพืช ซึ่งจะทำให้พืชแห้งและเหี่ยวได้

4. ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยเคมี (Apparent specific gravity)

ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยเคมีชนิดของแข็งคือ ค่าที่ได้จากน้ำหนักปุ๋ยหารด้วยน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันที่ระดับอุณหภูมิ 40 องศาฟาเรนไฮต์ มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (มุกดา,2543) โดยทั่วไปปุ๋ยเคมีชนิดต่างๆ มีค่าความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของเม็ดปุ๋ย

5. ความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยเคมี (Physiological acidity and basicity of fertilizers)

ปุ๋ยแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันเมื่อนำไปใส่ในดินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาในดิน หรือความเป็นกรด-ด่างของดินเปลี่ยนแปลงไป ปุ๋ยเคมีที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลตกค้างทำให้ดินเป็นกรดมาก ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ที่อยู่ในรูปแอมโมเนียม ส่วนปุ๋ยเคมีที่มีผลตกค้างเป็นด่าง ได้แก่ ปุ๋ยที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก และปุ๋ยที่ไม่มีผลตกค้างเป็นกรดหรือด่างในดิน ได้แก่ ปุ๋ยโปแทสเซียมคลอไรด์ โปแทสเซียมซัลเฟต ซูปเปอร์ฟอสเฟต เป็นต้น

หลักการใช้ปุ๋ยเคมี

การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพอย่างเต็มที่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ มากมาย และถ้าพิจารณาเกี่ยวกับการใช้กับพืช ผู้ใช้จะต้องพิจารณาหลักเกณฑ์ 5 ประการ ดังนี้

1. การใช้ชนิดปุ๋ยที่ถูกต้อง

การใช้ชนิดปุ๋ยที่ถูกต้อง หมายถึง การใช้โดยพิจารณาจากสูตร อัตราส่วน (Ratio) และรูปของธาตุอาหารในปุ๋ย ซึ่งปุ๋ยเคมีจะมีลักษณะและสมบัติทั้งสามประการนี้แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงควรเลือกชนิดของปุ๋ยเคมีให้เหมาะสมตามความต้องการของพืช(ยงยุทธ, 2541)

2. การใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

การใช้ปุ๋ยจะต้องพิจารณาปริมาณการใช้ต่อพื้นที่อย่างเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดด้วย โดยคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในแง่ของปริมาณที่พืชควรจะได้รับเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดและเหมาะสมในแง่ของหลักเศรษฐกิจ

3. การใส่ให้กับพืชในระยะที่เหมาะสม

พืชแต่ละชนิดจะมีช่วงระยะเวลาที่ต้องการธาตุอาหารมากที่สุดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและความยาวของอายุพืช โดยหลักการแล้วมักจะใส่ปุ๋ยเคมี 3 ระยะ คือ ระยะปลูกหรือก่อนปลูกพืชเล็กน้อย ระยะที่พืชกำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และระยะที่พืชกำลังออกดอก

4. การเคลื่อนย้ายของธาตุปุ๋ยเคมีในดิน

เนื่องจากธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปในดินนั้น มีความสามารถในการละลายหรือเคลื่อนย้ายในดินแตกต่างกัน ดังนั้นควรใส่ปุ๋ยเคมี ณ ตำแหน่งที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดและรวดเร็วที่สุด

5. วิธีการใส่ปุ๋ยเคมี

วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีมีวิธีการหลักๆ 4 วิธี ดังนี้

5.1 การใส่แบบหว่าน (Broadcasting) เป็นการหว่านปุ๋ยเคมีลงไปบนผิวดินให้ทั่วทุกจุดบนแปลงปลูกพืช

5.2 การใส่แบบเฉพาะจุดหรือเป็นแถบ (Localized placement) เป็นการใส่ปุ๋ยหรือหยอดปุ๋ยเป็นจุดๆบริเวณใกล้ต้นพืชหรือโรยเป็นแถบหรือเป็นเส้นตามแถวของพืชโดยหยอดหรือโรยให้ห่างจากต้นพืชหรือเมล็ดที่ปลูกเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การใส่แบบฉีดพ่นให้กับพืชโดยทางใบ (Foliar application) การใส่ปุ๋ยแก่พืชทางใบโดยการฉีดปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ง่ายให้เป็นละอองน้ำจับที่ใบหรือส่วนของพืชที่อยู่เหนือดิน

5.4 การใส่ปุ๋ยในระบบชลประทาน (Fertigation) เป็นการใส่ปุ๋ยโดยการละลายปุ๋ยในน้ำชลประทาน ที่จะให้กับพืชโดยทั้งทางผิวดินหรือเหนือผิวดิน

ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอก ที่สำคัญได้แก่ ขี้หมู ขี้เป็ด ขี้ไก่ ฯลฯ ซึ่งเป็นปุ๋ยคอกที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในบรรดาสวนผักและสวนผลไม้ ปุ๋ยคอกโดยทั่วไปแล้วถ้าคิดราคาต่อหน่วยธาตุอาหารพืชจะมีราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมี แต่ปุ๋ยคอกช่วยปรับปรุงดินให้โปร่งและร่วนซุย ทำให้การเตรียมดินง่าย ต้นกล้าตั้งตัวได้เร็วทำให้มีอัตราการรอดสูง และเจริญเติบโตงอกงามอย่างรวดเร็ว

ปุ๋ยคอก มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมค่อนข้างต่ำ โดยหยาบๆ แล้วก็จะมีไนโตรเจนประมาณ 0.5% N ฟอสฟอรัส 0.25% P_2O_5 และโพแทสเซียม 0.5% K_2O ปุ๋ยขี้ไก่และขี้เป็ดจะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าขี้หมู และขี้หมูจะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าขี้วัว และขี้ควาย ปุ๋ยคอกใหม่ๆ จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยคอกที่เก่าและเก็บไว้นาน ทั้งนี้เนื่องจากในปุ๋ยคอกเก่าส่วนของปุ๋ยที่ละลายได้ง่ายจะถูกชะล้างออกไปหมด บางส่วนก็กลายเป็นก๊าซสูญหายไป ดังนั้นการเก็บรักษาปุ๋ยคอกอย่างระมัดระวังก่อนนำไปใช้ จะช่วยรักษาคุณค่าของปุ๋ยคอกไม่ให้เสื่อมคุณค่าอย่างรวดเร็ว การเก็บรักษาปุ๋ยคอกอาจทำได้ เช่น นำมากองรวมกันเป็นรูปฝาชีแล้วอัดให้แน่น ถ้าอยู่ภายใต้หลังคาก็ยิ่งดี ถ้าอยู่กลางแจ้งควรหาจากหรือทางมะพร้าวคลุมไว้ด้วยก็จะดี ปุ๋ยคอกที่ได้มาใหม่ๆ และยังสดอยู่ ถ้าจะใส่ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตชนิดธรรมดา (20% P_2O_5) ลงไปด้วยสักเล็กน้อยก็จะช่วยป้องกันไม่ให้มีการสูญเสียไนโตรเจนโดยการระเหิดกลายเป็นก๊าซได้เป็นอย่างดี

การทำปุ๋ยคอกจากการเลี้ยงสัตว์อาจทำได้โดยถ้าเลี้ยงสัตว์อยู่ในคอกควรใช้แกลบ ขี้เลื่อย หรือฟางข้าวรองพื้นคอกให้ดูดซับปุ๋ยไว้ เมื่อฟางข้าวอิ่มตัวด้วยปุ๋ยก็รองเพิ่มเป็นชั้นๆ เมื่อสะสมไว้มากพอก็ลอกเอาไปกองเก็บไว้ หรือนำไปใส่ในไร่นาโดยตรงเลย อัตราการใช้ปุ๋ยคอกไม่แน่นอนเหมือนกับปุ๋ยเคมี ปกติแนะนำให้ใส่อัตรา 1-4 ตันต่อไร่ โดยใส่ค่อนข้างมากในดินเหนียวจัดหรือดินทรายจัด หลังจากใส่ปุ๋ยคอกแล้วถ้ามีการไถหรือพรวนดินกลบลงไปในดิน ก็จะช่วยให้ปุ๋ยเป็นประโยชน์แก่พืชได้เร็ว และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น(สารานุกรมไทย ,2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ หรือน้ำสกัดชีวภาพ หรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นคำที่มีความหมายเดียวกัน คือ เป็นสารละลายเข้มข้นที่ได้จากการหมักเศษพืชหรือสัตว์ซึ่งจะถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ โดยใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ การหมักมีสองแบบ คือ หมักแบบต้องการออกซิเจน (หมักแบบเปิดฝา) และหมักแบบไม่ต้องการออกซิเจน (หมักแบบปิดฝา) สารละลายเข้มข้นอาจจะมีสีน้ำตาลเข้มกรณีที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวหมัก หรือมีสีน้ำตาลอ่อนเมื่อใช้น้ำตาลชนิดอื่นเป็นตัวหมัก น้ำหมักชีวภาพที่ผ่านการหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจน จะมีสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ และอื่นๆ ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ว่าเป็นพืชหรือสัตว์ จุลินทรีย์ที่พบในน้ำสกัดชีวภาพหรือน้ำหมักชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ มีทั้งที่ต้องการออกซิเจน และไม่ต้องการออกซิเจน ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มแบคทีเรีย *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., *Streptococus* sp., นอกจากนี้ยังอาจพบเชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus niger*, *Pennicillium* sp., *Rhizopus* sp. และ ยีสต์ ได้แก่ *Canida* sp.

ประเภทปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ สามารถแบ่งประเภทตามวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตได้ ดังนี้

1. ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผัก เศษพืช และเศษขยะเปียก เช่น ผักกาด เปลือกสับปะรด เปลือกกล้วย เป็นต้น
2. ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากวัสดุพืชสมุนไพร เช่น ข่า สะเดา ตะไคร้หอม มะกรูด เป็นต้น
3. ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากเศษชิ้นส่วนของสัตว์หรือเศษเหลือจากสัตว์ เช่น หอยเชอรี่ หัวปลา ก้างปลา หางปลา เป็นต้น

สมบัติทั่วไปของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพมีสมบัติโดยทั่วๆ ไป ดังนี้

1. มีค่า pH (ความเป็นกรดเป็นด่าง) อยู่ในช่วง 3.5 - 5.6 ซึ่ง pH ที่เหมาะสมกับพืชควรอยู่ในช่วง 6 - 7
2. มีค่าของการนำไฟฟ้าสูง (Electrical conductivityE.C) อยู่ระหว่าง 2 - 12 desicemen / meter (ds / m) ซึ่งค่า E.C ที่เหมาะสมกับพืชควรจะอยู่ต่ำกว่า 4 ds / m
3. มีค่า C / N ration ระหว่าง 1 / 2 - 70 / 1 ซึ่งถ้า C / N ratio สูง เมื่อนำไปฉีดพ่นบนต้นพืชอาจแสดงอาการใบเหลืองเนื่องจากขาดธาตุไนโตรเจนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปริมาณธาตุอาหาร

4.1 ธาตุอาหารหลัก (N,P,K)

- ไนโตรเจน (% Total N) ถ้าใช้พืชหมัก พบไนโตรเจน 0.03 - 1.66 % แต่ถ้าใช้ปลาหมักจะพบประมาณ 1.06 - 1.70 %
- ฟอสฟอรัส (% Total P_2O_5) ในน้ำหมักจากพืชจะมีตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 0.4% แต่ในน้ำหมักจากปลาพบ 0.18 - 1.14 %
- โปแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (% Water Soluble K_2O) ในน้ำหมักพืชพบ 0.05-3.53 % และในน้ำหมักจากปลาพบ 1.0 - 2.39 %

4.2 ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg, S)

- แคลเซียม ในน้ำหมักพืชพบ 0.05 - 0.49 % และน้ำหมักจากปลาพบ 0.29 - 1.0%
- แมกนีเซียมและซัลเฟอร์ ในน้ำหมักจากพืชและปลาพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือ 0.1- 0.37 %

4.3 ธาตุอาหารเสริม

- เหล็ก ในน้ำหมักจากพืชพบ 30 - 350 ppm. และน้ำหมักจากปลาพบ 500 - 1,700 ppm.
- คลอไรด์ น้ำหมักจากพืชและปลามีปริมาณเกลือคลอไรด์สูง 2,000 - 11,000 ppm.
- ธาตุอาหารเสริมอื่นๆ ได้แก่ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน และโมลิบดินัม น้ำหมักทั้งจากพืชและปลาพบในปริมาณน้อย มีค่าตั้งแต่ตรวจไม่พบเลยถึง 130 ppm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ปริมาณกรดอะมิโน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพ 100 กรัม พบกรดอะมิโนต่างๆ ดังนี้

กรดอะมิโน	มิลลิกรัม / 100 กรัม
กรดแอสปาร์ติค	346.06
ทรีโอนีน	26.34
ซีรีน	39.30
กรดกลูตามิค	127.45
โปรลีน	1.26
ไกลซีน	13.24
อะลานีน	91.69
ซีสตีน	17.88
วาลีน	55.26
เมไทโอนีน	9.37
ไอโซ ลิวซีน	26.26
ลิวซีน	34.30
ไทโรซีน	22.14
ฟีนิลอะลานีน	4.44
ฮีสติดีน	16.28
ไลซีน	30.20
อาร์จินีน	18.76
ทริปโตเฟน	6.22

ที่มา : ออมทรัพย์ (2542)

5. ปริมาณฮอร์โมนพืช

ผลการตรวจวิเคราะห์พบฮอร์โมนพืช 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่ม Auxin (Indole acetic acid : IAA) ตรวจพบทั้งในน้ำหมักจากพืชและสัตว์ แต่พบในปริมาณน้อย มีค่าตั้งแต่น้อยมากจนไม่สามารถวัดได้ถึง 2.37 ppm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลุ่ม Gibberellins (Gibberellic acid : GA3) ตรวจพบในน้ำหมักจากพืชบางชนิดในปริมาณ 18 - 140 ppm. ไม่พบ GA3 ในน้ำหมักจากปลา
3. กลุ่ม Cytokinins (Zeatin และ Kinetin) Zeatin ตรวจพบในน้ำหมักจากพืชบางตัวอย่างในปริมาณน้อย 1 - 20 ppm. และพบในน้ำหมักจากปลาที่ใส่น้ำมะพร้าว 2 - 4 ppm. Kinetin ตรวจพบในน้ำหมักจากพืชบางชนิดในปริมาณ 1 - 14 ppm. แต่ไม่พบในน้ำหมักจากปลา

การผลิตน้ำหมักชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจน

1. นำเศษพืชหรือสัตว์ที่ยังสดมาบดหรือสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในภาชนะที่มีฝาปิด
2. ใส่กากน้ำตาลหรือน้ำตาลทรายแดงหรือน้ำตาลขาวลงไป 1 ใน 3 ของน้ำหนักผัก ในกรณีที่มีน้ำหมักชีวภาพอยู่แล้วให้ใส่กากน้ำตาลให้น้อยลง
3. ใช้ของหนักวางทับผักไว้ แล้วปิดฝาทิ้งไว้ 5-7 วัน จะได้น้ำสีน้ำตาลคือน้ำหมักชีวภาพ กรอกใส่ขวดปิดฝาให้สนิท พร้อมที่จะใช้

ข้อควรระวังในการทำน้ำหมักชีวภาพ

1. ในระหว่างการหมักห้ามปิดฝาภาชนะที่ใช้หมักโดยสนิท เพราะจะทำให้ระเบิดได้ เนื่องจากในระหว่างการหมักจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ฯลฯ
2. หากใช้น้ำประปาหมักต้องต้มน้ำประปาให้สุกหรือนำน้ำประปาไปตากแดด เพื่อไล่คลอรีนเพราะคลอรีนอาจเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก
3. พืชบางชนิดไม่ควรนำมาใช้ในการหมักเช่น เปลือกส้ม เพราะน้ำมันที่ผิวเปลือกส้มจะเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารในสภาพปลอดอากาศ (ออมทรัพย์, 2542)

วิธีใช้น้ำหมักชีวภาพ

นำน้ำหมักชีวภาพผสมน้ำธรรมดาทำให้เจือจางแล้วนำมา

1. ฉีดพ่นพืชผัก ไม้ผล ไม้ยืนต้นในอัตรา 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 5 - 10 ลิตร ควรฉีดพ่นให้บ่อยครั้ง
2. ใช้ราดกองใบไม้ใบหญ้า สด แห้ง อัตรา 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 2 - 3 ลิตร แล้วคลุมด้วยพลาสติกปล่อยให้เกิดการย่อยสลาย 1 – 2 สัปดาห์ นำมาใช้ผสมดินหรือคลุมดินบริเวณต้นพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้เสริมในปุ๋ยหมักแห้ง โดยใช้น้ำหมักชีวภาพ อัตรา 2 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 10 ลิตร เพิ่มกากน้ำตาล 2 ช้อนโต๊ะ ราดปุ๋ยหมักแห้งให้มีความชื้นหมาดๆ
4. การราดน้ำหมักชีวภาพในแปลงดินเพาะปลูกปฏิบัติดังนี้ พรวนดินผสมคลุกเคล้ากับวัชพืช หรือเศษพืชใช้อัตราเจือจาง 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 2 - 5 ลิตร ใช้ราด 1 ตร.ม ต่อ 0.5 - 1 ลิตร ปล่อยให้เกิดการย่อยสลายนาน 3 - 7 วัน ก็สามารถใช้ปลูกพืชหรือกล้าไม้ได้ ถ้าต้องการกำจัดวัชพืชพวกมีเมล็ดควรปล่อยให้วัชพืชงอกอีกครั้งหนึ่ง จึงพรวนซ้ำแล้วรดน้ำสกัดชีวภาพหรือน้ำหมักชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำชนิดเจือจางในอัตรา 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 5 ลิตร จะใช้ดินนั้นปลูกพืชได้ภายใน 2 - 3 วัน
5. ผสมน้ำในอัตราน้ำหมักชีวภาพ 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 - 5 ลิตร ราดพื้นที่ที่ต้องการทำความสะอาดจะช่วยย่อยอินทรีย์วัตถุที่ติดอยู่ที่พื้น หากนำไปเทในแอ่งน้ำขังจะช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในแอ่งน้ำทำให้แอ่งน้ำมีสภาพดีขึ้น

ข้อควรระวังในการใช้น้ำหมักชีวภาพ

1. การใช้น้ำหมักชีวภาพกับพืชบางชนิด เช่น กล้วยไม้ อาจทำให้วัสดุที่ใช้ปลูก เช่น กาบมะพร้าวผุเร็วก่อนเวลาอันสมควร
2. การใช้น้ำหมักชีวภาพกับพืชนั้นในดินควรมีอินทรีย์วัตถุอยู่ เช่น มีการใส่ปุ๋ยหมักและเศษพืชแห้งคลุมดินไว้ ซึ่งทำให้การใช้ประโยชน์จากน้ำหมักชีวภาพได้ผลดี
3. ห้ามใช้เกินอัตราที่กำหนดไว้ในคำแนะนำ เพราะอาจมีผลทำให้ใบไหม้ได้ เนื่องจากความเป็นกรดหรือความเค็มในน้ำหมักชีวภาพ
4. น้ำหมักชีวภาพที่มีธาตุไนโตรเจนสูงต้องระวังการใช้ เพราะใช้มากอาจทำให้เฝือใบและไม่ออกดอก ออกผลได้

ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพ (น้ำหมักชีวภาพ)

ด้านการเกษตร

1. ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด - ด่าง ในดินและน้ำ
2. ช่วยปรับสภาพโครงสร้างของดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำและอากาศได้ดียิ่งขึ้น
3. ช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินให้เป็นธาตุอาหารแก่พืช ซึ่งพืชสามารถดูดซึมไปใช้ ได้เลย โดยไม่ต้องใช้พลังงานมากเหมือนการใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์
4. ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชให้สมบูรณ์แข็งแรงตามธรรมชาติ มีความต้านทานต่อโรคและแมลง
5. ช่วยสร้างฮอร์โมนพืช ทำให้พืชมีผลผลิตสูง และมีคุณภาพดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ช่วยให้ผลผลิตคงทน เก็บรักษาไว้ได้นาน

ด้านปศุสัตว์

1. ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากฟาร์มสัตว์ เช่น ไก่ สุกร ได้ภายใน 24 ชม.
2. ช่วยบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มได้ภายใน 1 - 2 สัปดาห์
3. ใช้ป้องกันโรคอหิวาต์และโรคระบาดต่างๆ ในสัตว์แทนยาปฏิชีวนะได้
4. ช่วยกำจัดแมลงวันด้วยการตัดวงจรชีวิตของหนอนแมลงวัน ไม่ให้เข้าดักแด้แล้วเกิดเป็นตัวแมลงวัน
5. ช่วยเสริมสุขภาพสัตว์เลี้ยง ทำให้สัตว์แข็งแรง มีความต้านทานโรค และมีอัตราการรอดสูง

ด้านการประมง

1. ช่วยควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ
2. ช่วยรักษาโรคและแผลต่างๆ ในปลา กบ จระเข้ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจน (Nitrogen)

ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นในการสร้างโปรโตพลาสซึมของสิ่งมีชีวิต โดยจะเป็นส่วนประกอบหลักของโปรตีน ในบรรยากาศมีก๊าซไนโตรเจนประมาณร้อยละ 78 แต่สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง จะใช้ได้เมื่ออยู่ในสภาพของสารประกอบแอมโมเนีย ไนไตรต์และไนเตรต ไนโตรเจนในบรรยากาศจึงต้องเปลี่ยนรูปให้อยู่ในสภาพที่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะใช้ได้

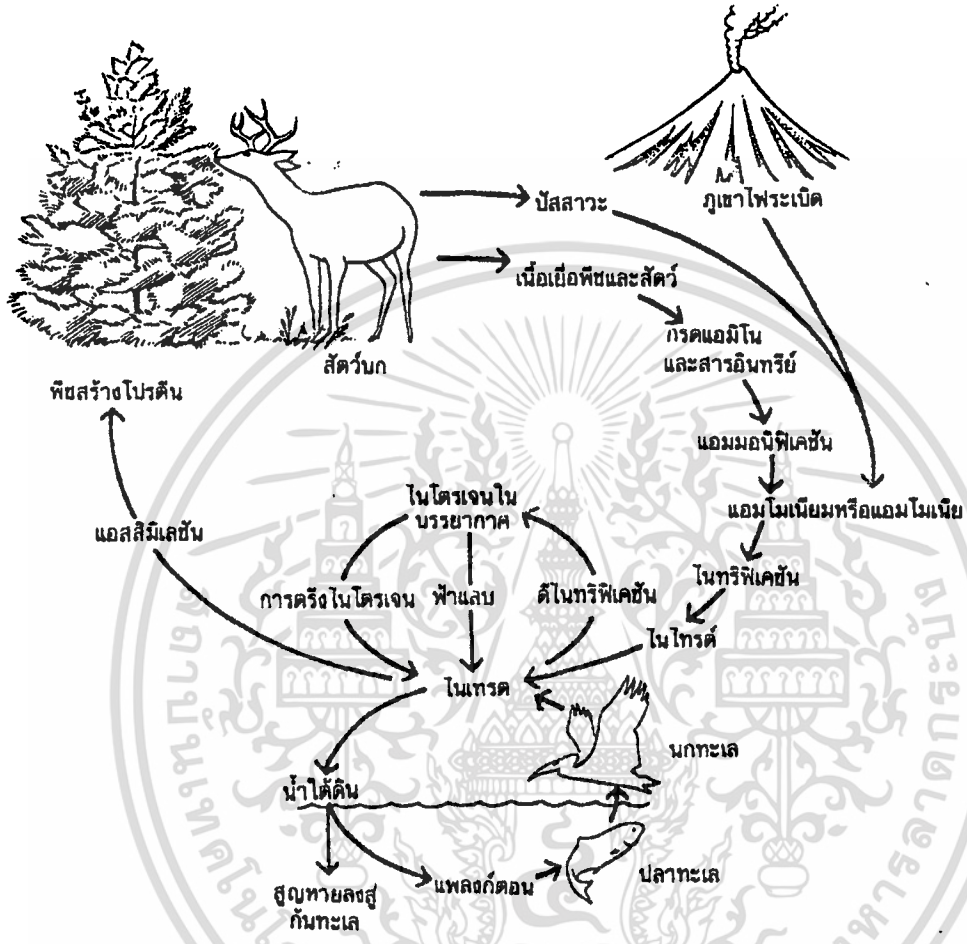
วัฏจักรของไนโตรเจน

วัฏจักรของไนโตรเจนประกอบด้วยกระบวนการตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixation) กระบวนการสร้างแอมโมเนีย (Ammonification) กระบวนการสร้างไนเตรต (Nitrification) และกระบวนการสร้างไนโตรเจน (Denitrification) กระบวนการเหล่านี้จะต้องอาศัยแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่นๆจำนวนมาก จึงทำให้เกิดสมดุลของวัฏจักรไนโตรเจน นอกจากจะถูกตรึงโดยสิ่งมีชีวิตแล้ว ไนโตรเจนในบรรยากาศจะถูกเปลี่ยนแปลงโดยปรากฏการณ์ธรรมชาติอีกด้วย เช่น เมื่อเกิดฟ้าแลบขึ้นมา ไนโตรเจนในท้องฟ้าจะเปลี่ยนแปลงทางเคมี ฟิสิกส์ ก่อให้เกิดสารประกอบไนเตรตขึ้นมา จากนั้นจะถูกน้ำฝนชะพาลงสู่พื้นดินต่อไป

ไนโตรเจนในดินมีการเปลี่ยนรูปอยู่เสมอ จากสารอนินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ หรืออยู่ในรูปแก๊ส และมีการเปลี่ยนรูปไปมาระหว่างสารต่างๆ เหล่านี้ตลอดเวลา โดยมีจุลินทรีย์บางชนิดเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการเปลี่ยนรูปนั้นๆ ก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศจะรวมตัวกับไฮโดรเจนโดยการตรึงของจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้ ซึ่งจะเปลี่ยนไนโตรเจนไปเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พืชจะนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต เมื่อสัตว์กินพืชก็จะได้รับสารประกอบไนโตรเจนจากพืช และเมื่อพืชและสัตว์ตายจะมีการสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์ได้สารประกอบไนโตรเจนซึ่งจะถูกย่อยสลายต่อไปเป็นแอมโมเนีย โดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) จุลินทรีย์บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย (NH_3) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นนี้พืชอาจนำไปใช้ หรือถูกออกซิไดซ์โดยจุลินทรีย์บางชนิดในกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ให้เป็นสารประกอบไนเตรต ซึ่งไนเตรตจะละลายน้ำได้ดี พืชสามารถดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย โดยการรีดิวซ์ไนเตรต (Nitrate reduction) กับกระบวนการเปลี่ยนไนเตรตเป็น NH_3^+ โดยพืช หรือไนเตรตบางส่วนถูกรีดิวซ์เป็น NH_3^+ หรือไนเตรตบางส่วนจะถูกชะล้างลงสู่ดินชั้นล่าง หรือสู่ลำคลอง แม่น้ำ และทะเล ในส่วนที่ไหลลงสู่ลำน้ำนี้อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชน้ำ หรืออาจเปลี่ยนรูปไปอีกโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) เป็นก๊าซไนโตรเจนหรือไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ส่วนแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งมีประจุบวกจะถูกดูดยึดโดยอนุภาคดินเหนียว ทำให้ถูกชะล้างไปได้ยาก ในกรณีที่ดินมีน้ำขัง อุณหภูมิสูง อาจเกิดการระเหยเปลี่ยนรูปแอมโมเนียเป็นก๊าซไนโตรเจน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซไนตรัสออกไซด์ กลับคืนสู่บรรยากาศได้ ซึ่งกระบวนการต่างๆ ดังกล่าวเหล่านี้ เรียกว่า วัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen cycle) (ศุภมาศ,2529 ;สมบุญ,2535 ;ยุพา,2543)



ภาพที่ 1. วัฏจักรของไนโตรเจน

ที่มา : ยุพา (2543)

ธาตุไนโตรเจนปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนเป็นจำนวนมากแต่ไนโตรเจนในอากาศในรูปของก๊าซนั้น พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์อะไรไม่ได้ (ยกเว้นพืชตระกูลถั่วเท่านั้นที่มีระบบรากพิเศษ สามารถแปรรูปก๊าซไนโตรเจนในอากาศมาใช้ประโยชน์ได้) ธาตุไนโตรเจนที่พืชทั่วๆ ไปดึงดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้นั้น จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรตไอออน (NO_3^-) ธาตุไนโตรเจนในดินที่อยู่ในรูปเหล่านี้จะมาจากการสลายตัวของสารอินทรีย์วัตถุในดินโดยจุลินทรีย์ในดิน นอกจากนั้นก็ได้มาจากการที่เราใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในดินด้วย พืชโดยทั่วไปมีความต้องการธาตุไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก ซึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืช พืชที่ได้รับไนไตรเจนอย่างเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบจะมีสีเขียวสด มีความแข็งแรง โตเร็ว และทำให้พืชออกดอกและผลที่สมบูรณ์ เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนมากๆ บางครั้งก็ทำให้เกิดผลเสียได้ เช่น จะทำให้พืชอวบน้ำมาก ต้นอ่อนล้มง่าย โรคและแมลงเข้ารบกวนทำลายได้ง่าย คุณภาพผลิตผลของพืชบางชนิดก็จะเสียไปได้ เช่น ทำให้ต้นมันไม่เป็นหัว มีแป้งน้อย อ้อยจืด ส้มเปรี้ยวและมีกากมาก แต่บางพืชก็อาจทำให้คุณภาพดีขึ้น โดยเฉพาะพวกผักรับประทานใบ ถ้าได้รับไนโตรเจนมากจะอ่อน อวบน้ำ และกรอบ ทำให้มีเส้นใยน้อย และมีน้ำหนักดี แต่ผักมักจะเน่าง่ายและแมลงชอบรบกวน

พืชที่ขาดไนโตรเจนจะแคระแกร็น โตช้า ใบเหลือง โดยเฉพาะใบล่างๆ จะแห้งและร่วงหล่นเร็วทำให้แลดูต้นโกร๋น การออกดอกออกผลจะช้าและไม่ค่อยสมบูรณ์นัก ทั้งนี้ดินโดยทั่วๆ ไปมักจะมีไนโตรเจนไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช ดังนั้นเวลาปลูกพืชจึงควรใส่ปุ๋ยคอกซึ่งนอกจากจะได้ธาตุไนโตรเจนแล้วก็ยังได้ฟอสฟอรัสอีกด้วย(สารานุกรมไทย เล่มที่ 18.)

การตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation)

การตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation) หมายถึง การรีดิวซ์ก๊าซไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนีย ซึ่งพืชไม่สามารถทำปฏิกิริยานี้ได้ เพราะไม่มีเอนไซม์ไนโทรจีเนส (Nitrogenase) แต่จุลินทรีย์บางชนิดสามารถทำปฏิกิริยานี้ได้ โดยแบ่งกลุ่มของจุลินทรีย์ตามความสามารถในการตรึงไนโตรเจน ได้ดังนี้

กลุ่มซิมไบโอซีส (Symbiotic nitrogen fixation) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกันระหว่างพืชและจุลินทรีย์โดยมีการสร้างปม ได้แก่ พืชตระกูลถั่วและไรโซเบียม และพืชมีดอก ที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว เช่น *Alnus rubra* กับจุลินทรีย์พวก actinomycetes เป็นต้น

กลุ่มแอสโซซิเอทีฟ (Associative nitrogen fixation) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกันระหว่างพืชและจุลินทรีย์แต่ไม่สร้างปม ได้แก่ อ้อยและแหนแดง (*Azolla*) กับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

กลุ่มอิสระ (Non-symbiotic nitrogen fixation) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ตรึงไนโตรเจนได้อิสระ มีเฉพาะจุลินทรีย์ เช่น *Nostoc*, *Tolypothrix*, ยีสต์ *Phodotorula* และแบคทีเรีย *Azobacter* sp., *Clostridium* sp. (วงจันทร์, 2535)

สำหรับขั้นตอนที่ไนเตรตจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม ซึ่งต่อไปจะเป็นโปรตีนในพืชนั้น เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Enzyme) ไนเตรตรีดักเทส (Nitrate reductase) และไนไตรต์รีดักเทส (Nitrite reductase) (Viets and Hageman, 1971) ดังสมการ

$$NO_3^+ + 2e^- \xrightarrow{\text{nitrate reductase}} NO_2^+ + 6e^- \xrightarrow{\text{nitrite reductase}} NH_4^+$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99039

ถ้ากระบวนการรีดักชัน (Reduction) ไนเตรตเกิดเร็วกว่ากระบวนการรีดักชันไนไตรต์ จะทำให้ไนไตรต์สะสมอยู่ในพืช ซึ่งไนไตรต์จะเป็นพิษกับเซลล์พืช ในทางตรงกันข้ามถ้ากระบวนการรีดักชันของไนไตรต์เกิดช้า จะทำให้ไนเตรตสะสมในพืชในปริมาณที่มากขึ้น (วงจันทร์, 2535)

ไนเตรตที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานอาหารมักจะไม่เป็นโทษต่อร่างกายเพราะส่วนใหญ่ร่างกายจะกำจัดไนเตรตออกทางปัสสาวะ (Fudge and Truman,1973) แต่ไนเตรตอาจเป็นโทษต่อร่างกายได้หากถูกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรต์ ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ทั้งนี้ไนเตรตสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้ในสภาวะที่เหมาะสม เช่น ในกะเพาะอาหารของสัตว์ เชื้อจุลินทรีย์จะเปลี่ยนไนเตรตไปเป็นไนไตรต์ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ secondary amine ที่อาจได้มาจากการแตกตัวของเนื้อสัตว์ที่กินเข้าไป ทำให้ได้ N-nitroso compound ซึ่งสารประกอบที่เกิดขึ้นนี้สามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้ กล่าวคือไนโตรซามีนจะถูกเปลี่ยนแปลงด้วยเอนไซม์ พวกออกซิเดทีฟเอนไซม์ (Oxidative enzyme) ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (Hydroxylation) และทำปฏิกิริยาต่อจนเกิดสารพวกแอลคิลแคทไอออน (Alkyl cation) ซึ่งจะเข้าไปจับกับโมเลกุลของโปรตีนในร่างกาย ที่สำคัญคือ DNA และ RNA ทำให้กระบวนการสร้างโปรตีนผิดปกติและเกิดเป็นเซลล์มะเร็งขึ้น(ลักขณา, 2539) นอกจากนี้สารก่อมะเร็งบางตัวก็ยังก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ โดยอาจทำให้เกิดได้ตั้งแต่ทำให้โครโมโซมผิดปกติไปจนถึงการกลายพันธุ์ของยีน สารเหล่านี้ได้แก่ N-nitro-N-nitrosomethylguanidine และ N-nitrosomethylurea (ศุภมาศ, 2540) ซึ่งสารเหล่านี้เรียกว่า สารประกอบไนโตรโซ (Nitroso-compounds) หรือ สารไนโตรซามีน (Nitrosamine) ซึ่งจัดว่าเป็นพิษต่อร่างกายรุนแรง เพราะเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) ทำให้เกิดมะเร็งที่ไต ตับ หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร กระเพาะปัสสาวะ และระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น(อำนวยพร,2533.) สารต่างๆ ที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งหรือส่งเสริมให้เกิดโรคมะเร็งนั้น เป็นเพียงส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ ซึ่งร่างกายได้รับทีละน้อยๆ อย่างสม่ำเสมอ เป็นเวลานาน และสิ่งสำคัญคือ การที่จะเป็นมะเร็งได้นั้นขึ้นอยู่กับภูมิต้านทานต่อการเกิดมะเร็งของแต่ละบุคคลซึ่งมีไม่เท่ากัน อีกทั้งยังต้องอาศัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเกิดโรคอีกด้วย (ประสงค์,2534)

การเกิดพิษแบบเฉียบพลันจากไนไตรต์ คือ ทำให้เกิดอาการเมธฮีโมโกลบินีเมีย (Methaemoglobinemia) หรืออาการที่เรียกว่า 'blue-baby syndrome' ซึ่งร่างกายจะขาดออกซิเจนที่ผิวหนังและปากเป็นสีเขียวคล้ำ อาการนี้เกิดจากการที่ไนไตรต์ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิต เข้าไปทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับเฟอรัสไอออน (Ferrous ion, Fe^{2+}) ในฮีมของฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ถูกเปลี่ยนเป็นเฟอริคไอออน (Ferric ion, Fe^{3+}) ทำให้ฮีโมโกลบินเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เรียกว่า เมธฮีโมโกลบิน (Methaemoglobin) ซึ่งไม่สามารถจับกับออกซิเจนได้ ทำให้ขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถที่จะนำออกซิเจนไปยังเซลล์ต่างๆ ของร่างกายได้ ถ้าปริมาณเมธฮีโมโกลบินเพิ่มมากกว่า 50-80% ของฮีโมโกลบินทั้งหมด ผู้ป่วยจะมีอาการไม่สบายเนื่องจากอาการขาดออกซิเจนอย่างเห็นได้ชัด เช่น อาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบถี่ ปวดศีรษะหัวใจเต้นแรงและมีจังหวะเร็วกว่าปกติ เป็นต้น อย่างไรก็ตามร่างกายสามารถเปลี่ยนเมธฮีโมโกลบินให้เป็นฮีโมโกลบินได้ โดยเม็ดเลือดแดงของผู้ใหญ่จะมีเอนไซม์ เอ็นเอดีเอช เมธฮีโมโกลบินรีดักเทส (NADH-methaemoglobin reductase) (ไมตรี,2531.,Manahan,1992.) เนื่องจากความเป็นพิษในเด็กจะรุนแรงกว่าในผู้ใหญ่ ดังนั้นจึงควรระวังอันตรายของไนเตรตและไนไตรต์ที่ปะปนในอาหารและน้ำดื่มที่ใช้เลี้ยงทารก ควรจะให้มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ให้น้อยที่สุด ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้กำหนดปริมาณไนเตรตในน้ำดื่มไม่ควรเกิน 10 ppm. (Duffus,1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ในการปลูกผัก

- ดิน ตราสีดา
- ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15
- ปุ๋ยคอกแท้ 100% ตราสีดา
- ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ตรา EM ของบริษัท อี เอ็ม คิวเซ จำกัด
- เมล็ดพันธุ์ผักคะน้า (คะน้าใบ) ของบริษัท เจียไต๋ จำกัด
- ถุงดำหรับปลูกพืชขนาด 10 x 15 ซม.
- เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการเกษตร เช่น ช้อนพรวน บัวรดน้ำ เป็นต้น

2. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

2.1 เครื่องแก้วและอุปกรณ์อื่นๆ

- บีกเกอร์ (Beaker)
- กระบอกตวง (Cylinder)
- ตู้อบ (Hot air oven)
- เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Balance)
- กรวยแก้ว (Funnel)
- กระดาษกรองเบอร์ 42
- แท่งแก้ว (Stirring rod)
- เครื่องปั่น (Blender)
- กระดาษฟอยล์ (Aluminium foil)
- ใยแก้ว (Glass wool)
- ขวดใส่สาร (Vial)
- Paraffin
- Volumetric flask ขนาด 250 ml. 500 ml. และ 1,000 ml.
- หลอดทดลอง (Test tube)
- เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ MILTON ROY รุ่น Genesys II
- ขาตั้ง (Stand)
- เครื่อง Vortex mixer
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18985

- ปิเปต (Pipette) ขนาด 1 ml. และ 10 ml.
- ขวดรูปชมพู่ (Conical flask)
- ออโตปิเปต (Autopipette) ขนาด 200 – 1,000 ml

2.2 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

3. การเตรียมสารเคมีทดสอบ (Reagent)

NED reagent : ละลาย N-1-naphthyl ethylene diamine 0.3 กรัม ใน 0.12N HCl 100 มล. เก็บไว้ในขวดสีชา

Sulfanilamide reagent : ละลาย Sulfanilamide 0.5 กรัมใน 2.4N HCl 100 มล. เก็บไว้ในขวดสีชา

Salicylic acid : ละลาย Salicylic acid 0.5 กรัม ใน Sulfuric acid เข้มข้น 95 มล. เก็บไว้ในขวดสีชา

Sodium hydroxide 4 M : ละลาย Sodium hydroxide 160 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มล.

หมายเหตุ reagent จะต้องเก็บในขวดสีชา (Amber bottle) แล้วแช่ไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรต ($NaNO_3$)

1) อบ $NaNO_3$ ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่งโมง แล้วนำไปเก็บไว้ให้เย็นใน dessiccator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

2) ละลาย $NaNO_3$ ที่ผ่านการอบแล้ว 1.00 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มล. ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล. จะได้ stock solution $NaNO_3$ 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

3) pipette stock solution $NaNO_3$ 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จำนวน 50 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 500 มล. เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล. จะได้ intermidiate solution $NaNO_3$ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

4) pipette intermidiate solution $NaNO_3$ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จำนวน 25, 35, 45, 55, 65, 75 และ 85 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ขวดละความเข้มข้น เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. เขย่าให้เข้ากัน จะได้ working solution 25, 35, 45, 55, 65, 75 และ 85 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

5. การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ ($NaNO_2$)

1) อบ $NaNO_2$ ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่งโมง แล้วนำไปเก็บไว้ให้เย็นใน dessiccator

2) ละลาย $NaNO_2$ ที่ผ่านการอบแล้ว 1.00 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มล. ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล. จะได้ stock solution $NaNO_2$ 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

3) pipette stock solution $NaNO_2$ 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จำนวน 50 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล. เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มล. จะได้ intermidiate solution $NaNO_2$ 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

4) pipette intermidiate solution $NaNO_2$ 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จำนวน 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มล. ขวดละความเข้มข้น เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 50 มล. เขย่าให้เข้ากัน จะได้ working solution 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

6. การพัฒนาสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรตเพื่อนำไปทำ Standard curve

6.1 Standard curve ของไนเตรต

6.1.1 pipette working solution $NaNO_3$ เข้มข้น 25, 35, 45, 55, 65, 75 และ 85 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น

6.1.2 เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วทิ้งไว้ 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 เติม 4 M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วทิ้งไว้ 20 นาที

6.1.4 นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curve จากค่า absorbance และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร

7. การพัฒนาสีของสารละลายมาตรฐานไนไตรต์เพื่อนำไปทำ Standard curve

7.1 Standard curve ของไนไตรต์

7.1.1 pipette working 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

7.1.2 เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วทิ้งไว้ 15 นาที

7.1.3 เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วทิ้งไว้ 20 นาที

7.1.4 นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curve จากค่า absorbance และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยปลูกผักคะน้าในถุงดำ จำนวน 90 ถุง/แปลง แต่ละแปลงมีสภาพแวดล้อมและวิธีการดูแลเหมือนกันทุกประการ โดยให้ปุ๋ยสัปดาห์ละครั้ง ซึ่งแต่ละแปลงจะใส่ปุ๋ยต่างกันดังนี้

แปลงที่ 1. ไม่ใส่ปุ๋ย (กลุ่มควบคุม)

แปลงที่ 2. ปุ๋ยเคมีคือ N-P-K สูตร 15-15-15 ในปริมาณ 400 กรัม ละลายน้ำ 1 ลิตร/แปลง

แปลงที่ 3. ปุ๋ยคอก 1.35 กก./แปลง (15 กรัม/ต้น)

แปลงที่ 4. ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (EM) 15 CC. ผสมน้ำ 1 ลิตร/แปลง

แปลงที่ 5. ปุ๋ยเคมี (N-P-K) 15-15-15 จำนวน 400 กรัม ละลายน้ำ 1 ลิตร/แปลง สลับกับปุ๋ยน้ำหมัก(EM) 15 CC. ผสมน้ำ 1 ลิตร/แปลง โดยให้สลับกันในแต่ละสัปดาห์

แปลงที่ 6. ปุ๋ยเคมี 15-15-15 จำนวน 400 กรัม ละลายน้ำ 1 ลิตร/แปลง สลับกับปุ๋ยคอก จำนวน 1.35 กก./แปลง โดยให้สลับกันในแต่ละสัปดาห์

2. สถานที่ทำการทดลอง

แปลงทดลองด้านหน้าโรงเรือนเพาะชำของภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช ภายในบริเวณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. วิธีการปลูกผักคะน้า

เริ่มทำการทดลองโดยการปลูกผักคะน้าในวันที่ 27 ตุลาคม 2545 – 23 ธันวาคม 2545 โดยบรรจุดินใส่ถุงขนาด 10 x 15 ซม. จัดวางเป็นแปลง 6 แปลง โดยในแต่ละแปลงจะมีถุงดิน 6 แถว แถวละ 15 ถุง (90 ถุง/แปลง) จากนั้นปลูกเมล็ดคะน้าลงในถุงดำ 3-5 เมล็ด/ถุง แล้วกลบหน้าดินทับเมล็ดคะน้าหนาประมาณ 0.5 ซม./ถุง จำนวน 90 ถุง รดน้ำให้ทั่วทุกแปลง

การปฏิบัติและบำรุงรักษา

- รดน้ำวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) จนเก็บเกี่ยวผลผลิต
- กำจัดวัชพืชโดยการถอนทิ้ง
- กำจัดแมลงศัตรูรบกวนโดยการเก็บทำลายไข่ ตัวอ่อน และฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากสะเดาชนิดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถอนแยกต้นกล้า

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

การใส่ปุ๋ย

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

4. การสุ่มเก็บตัวอย่างและหาผลผลิตต่อแปลง

เก็บเกี่ยวคะน้าหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งสุดท้าย 2 วัน เก็บผักคะน้าในแต่ละแปลงมาชั่งน้ำหนักหาผลผลิต/แปลง แล้วสุ่มตัวอย่างจากผักคะน้าที่เก็บเกี่ยวได้มาต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที นำผักคะน้าที่ผ่านการต้มแล้วไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์โดยใช้เครื่อง spectrophotometer และวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ P=0.01 และ P=0.05 โดยโปรแกรม DMRT ซึ่งแต่ละแปลงน้ำหนักคะน้าที่สุ่มมาได้ ดังนี้

ผลผลิตของผักคะน้าที่ไม่ได้รับปุ๋ย มีน้ำหนักรวมทั้งแปลง 1.40 กก.
ผลผลิตของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี มีน้ำหนักรวมทั้งแปลง 5.96 กก.
ผลผลิตของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอก มีน้ำหนักรวมทั้งแปลง 1.93 กก.
ผลผลิตของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ มีน้ำหนักรวมทั้งแปลง 0.93 กก.
ผลผลิตของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีน้ำหนักรวมทั้งแปลง 5.57 กก.
ผลผลิตของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก มีน้ำหนักรวมทั้งแปลง 6.90 กก.

5. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์

5.1 วิธีการแยกสกัดไนเตรตและไนไตรต์จากผักคะน้า

5.1.1 นำตัวอย่างผักคะน้าที่สุ่มมาต้มในน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 นาที นำขึ้นจากน้ำต้มทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ

5.1.2 หั่นผักคะน้าให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วชั่งให้ได้ 10±0.5 กรัม ใส่ในโถปั่น เติมน้ำกลั่นในโถปั่นจำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วปั่นผักคะน้าให้ละเอียด

5.1.3 เทผักคะน้าที่ปั่นละเอียดแล้วลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 150 มิลลิลิตร แล้วนำไปตั้งบน water bath ที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ๆ

5.1.4 ยกออกจาก water bath แล้วคนด้วยแท่งแก้วอีกประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร จากนั้นกรองผ่านใยแก้ว (Glass wool) จะได้สารละลายสีเขียว

5.1.5 นำสารละลายที่ได้มาเติมผงถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ซึ่งผ่านการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงแล้ว จำนวน 1.5 กรัม คนด้วยแท่งแก้วนานประมาณ 5 นาที แล้วนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 จะได้สารละลายที่ใส

5.1.6 นำสารละลายที่กรองได้เก็บไว้ใน vials เพื่อไปพัฒนาสีแล้วตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ด้วยเครื่อง spectrophotometer

5.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างที่ได้จากการสกัด

5.2.1 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต ($NaNO_3$)

- pipette สารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 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 นาโนเมตร

5.2.2 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์ ($NaNO_2$)

- pipette สารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 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 เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำไปวัดค่า absorbance และหาปริมาณความเข้มข้นจาก standard curve โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

การคำนวณปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ทั้งหมดจากการสกัดตัวอย่างผัก

นำค่าความเข้มข้นของไนเตรตและไนไตรต์ ที่ได้จากเครื่อง spectrophotometer มาทำการคำนวณหาปริมาณการตกค้างดังนี้

$$N = xa / mv$$

หมายเหตุ

N = ปริมาณไนเตรตหรือไนไตรต์ หน่วยเป็นไมโครกรัม/กรัม

x = ปริมาณน้ำกลั่นทั้งหมดที่ใช้สกัด หน่วยเป็นมิลลิลิตร

a = ค่าความเข้มข้นของไนเตรตหรือไนไตรต์ที่ได้จากเครื่อง spectrophotometer หน่วยเป็นไมโครกรัม

m = ปริมาณผักที่นำมาสกัด หน่วยเป็นกรัม

v = ปริมาณของสารสกัดที่ใช้ในการพัฒนาสี เพื่อนำไปวัดค่า absorbance โดยเครื่อง spectrophotometer หน่วยเป็นมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่าผักคะน้าที่ไดรับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที มีปริมาณไนเตรต 4374.76, 1279.99, 58.98, 2219.50, 2732.23 และ 325.99 มก./กก. ตามลำดับ (ตารางที่ 1.) มีปริมาณไนไตรต์ 4.24, 5.77, 2.69, 3.28, 2.47 และ 10.76 มก./กก. ตามลำดับ (ตารางที่ 2.) เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ พบว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีจะสูงกว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และผักคะน้าที่ที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.01 ผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีปริมาณไนเตรตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณไนเตรตแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ (ตารางที่ 1.) สำหรับการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ พบว่าปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยสูงกว่าปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยน้ำหมักชีวาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพมีปริมาณไนไตรต์แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก แต่ผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี มีปริมาณไนไตรต์สูงกว่าผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05.

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยชนิดเดียวกัน แต่ผ่านการต้มในน้ำเดือดและไม่ได้ต้ม พบว่าต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) ผักคะน้าที่ต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที ที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณไนเตรตน้อยกว่าผักคะน้าที่ไม่ได้ต้ม แต่ผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกมีปริมาณไนเตรตมากว่าผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้ม(ภาพที่ 1) สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยชนิดเดียวกันที่ผ่านการต้มและไม่ผ่านการต้ม พบว่าผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที ที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกมีปริมาณไนไตรต์น้อยกว่าผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด แต่ผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณไนไตรต์มากกว่าผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้ม(ภาพที่ 2) ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที กับผักคะน้าที่ไม่ได้ต้มที่ได้รับปุ๋ยชนิดเดียวกัน พบว่าปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักคะน้าที่ต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที กับผักคะน้าที่ไม่ได้ต้มมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05

ส่วนผลผลิตพบว่าผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก และผักคะน้าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ได้ผลผลิต 5.96, 1.93, 0.93, 5.56, 6.90 และ 1.40 กก./แปลง ตามลำดับ โดยที่ปริมาณผลผลิตของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกให้ผลผลิตสูงกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P= 0.05 (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 3)

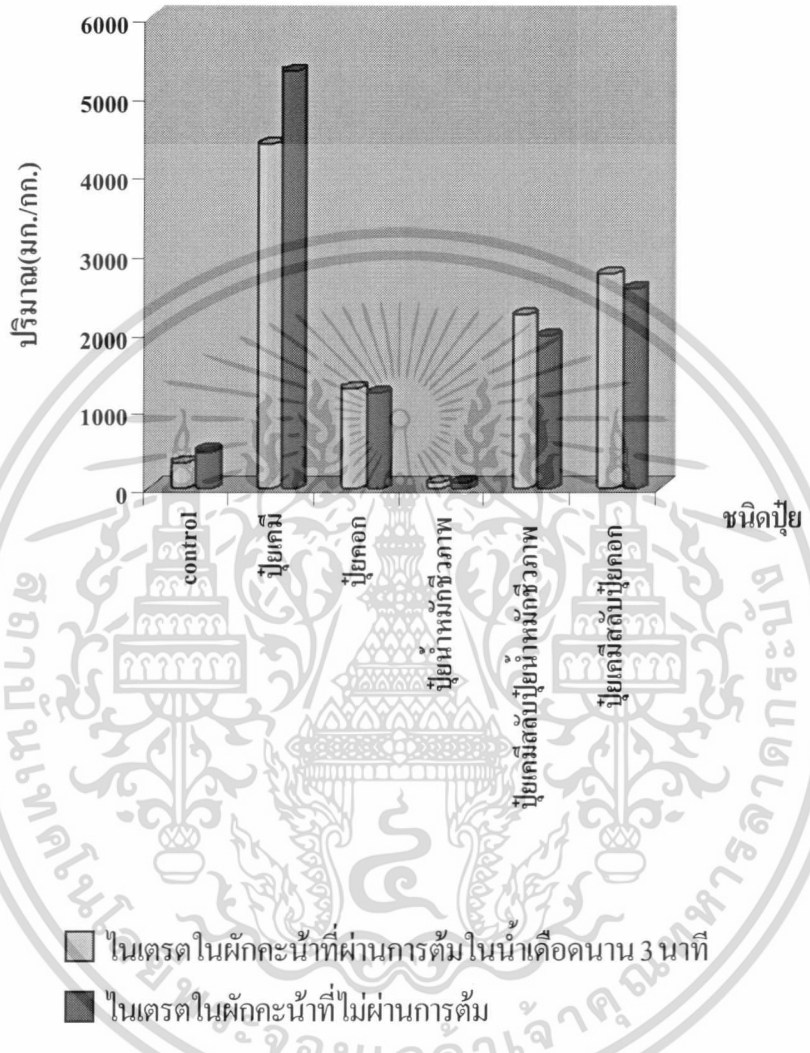
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ หลังจากผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที และที่ไม่ผ่านการต้ม

ปุ๋ย	ปริมาณไนเตรต(มก./กก.)	
	ผักคะน้าที่ต้มในน้ำเดือด	ผักคะน้าที่ไม่ได้ต้มในน้ำเดือด
Control	325.99Ae	464.66Ae
ปุ๋ยเคมี	4374.76Aa	5313.36Aa
ปุ๋ยคอก	1279.99Ad	1210.55Ad
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	58.98Ae	61.97Ae
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักภาพ	2219.50Ac	1947.49Ac
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	2732.23Ab	2554.36Ab

- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งและตัวใหญ่ในแนวนอนเดียวกันที่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05
- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งและตัวใหญ่ในแนวนอนเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2. แสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ หลังจากผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาทีและปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ที่ไม่ผ่านการต้ม

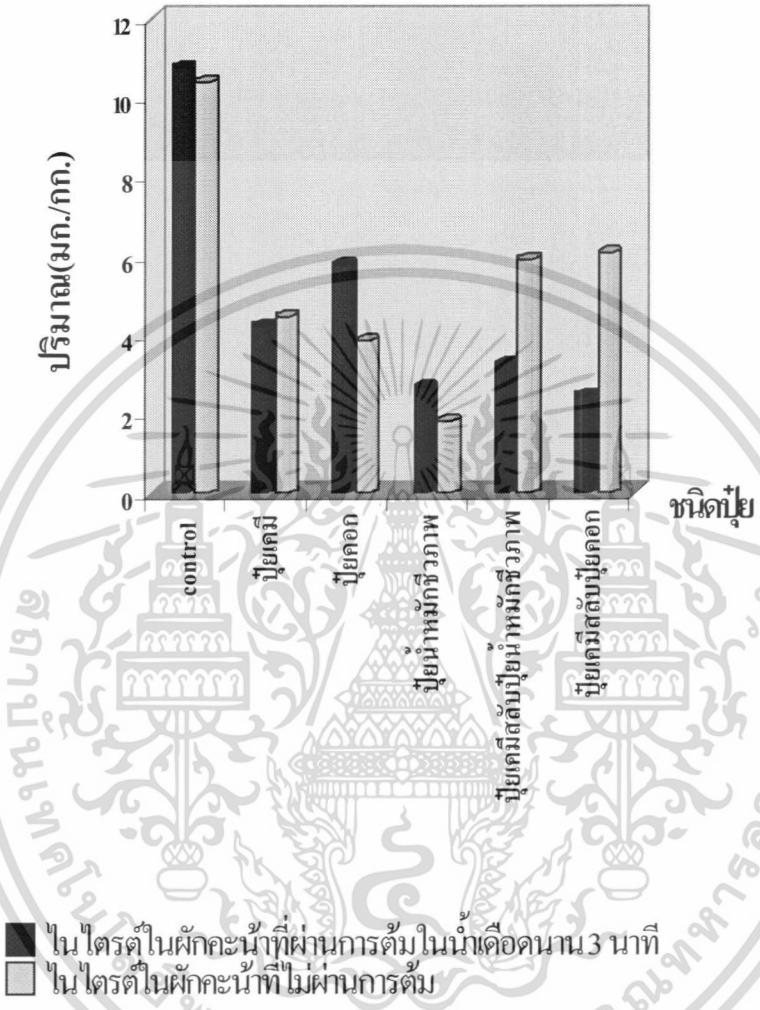
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ หลังจากผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที และที่ไม่ผ่านการต้ม

ปุ๋ย	ปริมาณไตรต์(มก./กก.)	
	ผักคะน้าที่ต้มในน้ำเดือด	ผักคะน้าที่ไม่ได้ต้มในน้ำเดือด
Control	10.76Aa	10.43Aa
ปุ๋ยเคมี	4.24Ac	4.48Ac
ปุ๋ยคอก	5.77Ab	3.86Ac
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	2.69Ad	1.81Ac
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักภาพ	3.28Acd	5.94Ab
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	2.47Ad	6.07Ab

- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งและตัวใหญ่ในแนวนอนเดียวกันที่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05
- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งและตัวใหญ่ในแนวนอนเดียวกันที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3. แสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ หลังจากต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาทีและปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ที่ไม่ผ่านการต้ม

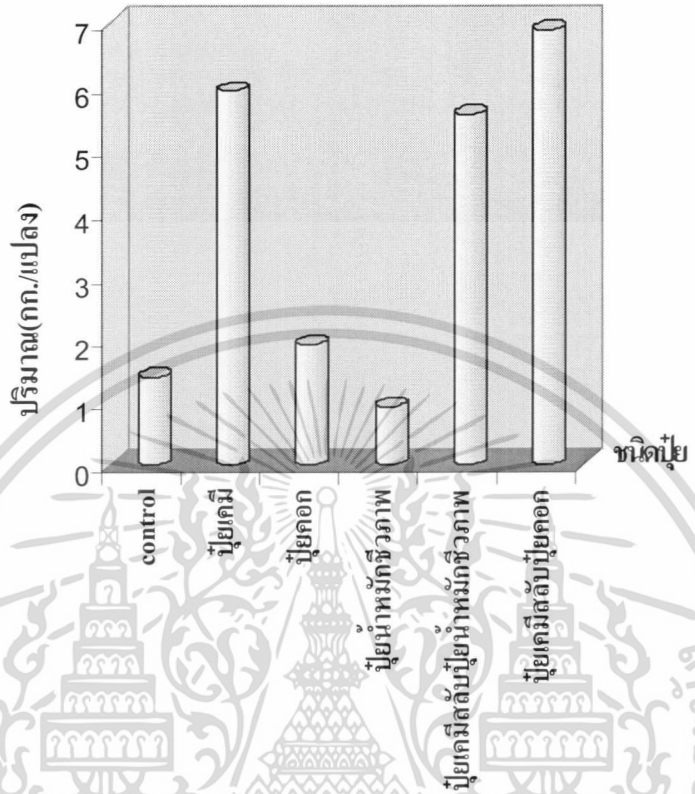
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3. ปริมาณผลผลิตคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ

ปุ๋ย	ปริมาณผลผลิต(กก./แปลง)
Control	1.40e
ปุ๋ยเคมี	5.96b
ปุ๋ยคอก	1.93d
ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	0.93f
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมัก	5.56c
ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก	6.90a

- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งที่เหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05
- ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรตัวเล็กในแนวตั้งที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4. ปริมาณผลผลิตคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5. แปลงปลูกผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

ภาพที่ 6. แปลงปลูกผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7. แปลงปลูกผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก

ภาพที่ 8. แปลงปลูกผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9. แปลงปลูกผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

ภาพที่ 10. แปลงปลูกผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ พบว่าผักคะน้ามีปริมาณไนเตรตมากกว่าปริมาณไนไตรต์ค่อนข้างสูง ทั้งนี้ Walker (1990) พบว่าผักโดยทั่วไปจะพบในปริมาณไนไตรต์ที่น้อยกว่า 1-2 มก./กก. และพบน้อยมากที่จะพบในปริมาณที่สูงถึง 10 มก./กก. ซึ่งการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีปริมาณไนไตรต์เท่ากับ 10.76 และผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกมีปริมาณไนเตรตเท่ากับ 4.24, 5.77, 2.69, 3.28 และ 2.47 ตามลำดับ ซึ่งผักคะน้าที่รับปุ๋ยชนิดต่างมีปริมาณไนไตรต์ต่ำกว่า 10 มก./กก. และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อนำผักคะน้าต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และไม่ใส่ปุ๋ยลดลง และปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของประภาพร (2541) ที่พบว่าในผักทุกชนิดเมื่อต้มจะทำให้มีการสูญเสียปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ ทั้งนี้ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที มีปริมาณไนเตรตสูงกว่าผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือดที่ใช้ปุ๋ยชนิดเดียวกัน และปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และไม่ใส่ปุ๋ย และผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที มีไนไตรต์สูงกว่าผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือดที่ใช้ปุ๋ยชนิดเดียวกัน อาจเนื่องความผิดพลาดในขั้นตอนการทำให้ผักคะน้าสะเด็ดน้ำก่อนชั่งน้ำหนักซึ่งอาจทำได้ไม่สม่ำเสมอกัน ทำให้มีผลต่อน้ำหนักตัวอย่างผักที่ชั่งได้ซึ่งมีผลต่อการคำนวณปริมาณไนเตรตและไนไตรต์จากตัวอย่างทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที พบว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณไนเตรตสูงกว่าผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ทั้งนี้ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยสูงกว่าผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ต่ำกว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05 และพบว่าผักคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณไนไตรต์สูงกว่าผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05 แต่ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05 สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที กับผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มที่ได้รับปุ๋ยแต่ละชนิด พบว่าปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที กับผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P=0.05 ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอกให้ผลผลิตสูงกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองพบว่าถ้าหากพิจารณาเฉพาะความปลอดภัยจากความเสี่ยงต่อการเป็นพิษจากไนเตรตและไนไตรต์ ควรบริโภคผักคะน้าที่ใส่เฉพาะปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพเพียงอย่างเดียวเพราะมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ต่ำกว่าผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยอื่นๆ หากพิจารณาดูผลผลิตด้วยอาจเลือกผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก เพราะให้ผลผลิตสูงสุด และมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อนำผักคะน้ามาต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ลดลง ดังนั้นการบริโภคผักคะน้าที่ผ่านการต้มอาจปลอดภัยกว่าการบริโภคผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้ม แต่อย่างไรก็ตามผู้ที่ชอบรับประทานผักเป็นอาหารก็ไม่ควรกังวลมากนัก เพราะผักที่รับประทานแม้จะมีปริมาณไนเตรตสูง แต่ไนเตรตก็สามารถถูกกำจัดออกจากร่างกายได้โดยทางปัสสาวะ และในผักมีวิตามินอีและวิตามินซี ซึ่งยับยั้งการสร้างสารไนโตรซามีนทำให้เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งน้อยกว่าการบริโภคอาหารพวก cured meat เช่น ไส้กรอก แฮม เบคอน เป็นต้น

ทั้งนี้ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยต่างๆ พบว่าผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยเคมีมีปริมาณไนเตรตสูงกว่าค่ามาตรฐาน European Commission Regulation (EC) No. 194/97 ซึ่งระบุว่าในผักสีเขียวจำพวก lettuce ให้มีไนเตรตได้ไม่เกิน 4,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

spinach ได้ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด แต่ผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก มีปริมาณไนเตรตต่ำกว่าค่ามาตราฐาน European Commission Regulation (EC) No. 194/97 ดังนั้นการบริโภคผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ และปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก จะปลอดภัยกว่าที่ได้รับปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกษตรยั่งยืน. 2534. เกษตรกรรมกับธรรมชาติ. เอกสารวิชาการ, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์.

กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน. 2539. เอกสารวิชาการ, ปุ๋ยชีวภาพ, กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์, กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 350 หน้า.

กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 2542. เอกสารวิชาการ. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ, กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร. 237 หน้า.

นิรนาม. 2545. น้ำหมักชีวภาพ. วารสารศูนย์บางพระ. ชลกิจการพิมพ์. 38(4): 49-55.

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

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

ประภาพร สวราชย์. 2541. ผลของการหุงต้มต่อระดับไนเตรตและไนไตรต์ในผัก. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยามหิดล. 75 หน้า.

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

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

ยุพา ผลโภค. 2543. แนวข้อสอบเอนทรานซ์ชีววิทยา. SCIENCE CENTER กรุงเทพฯ. 119 หน้า

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

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

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

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2529. จุลชีววิทยาของดินเพื่อผลิตผลทางการเกษตร, พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 335 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สุนทร เรืองเกษม. 2540. ผักกินใบ. พิมพ์ครั้งที่ 1. 88 หน้า.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2535. สรีรวิทยาของพืช, ภาควิชาพฤษศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 239 หน้า.

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

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่. 2540. โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. หน้า ๒๐๔-๒๐๕.

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

ออมทรัพย์ นพอมรบดี. 2541. เอกสารวิชาการงานวิจัยปุ๋ยชีวภาพเล่ม 2, กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 278 หน้า

ออมทรัพย์ นพอมรบดี 2542. ปุ๋ยชีวภาพ, เอกสารวิชาการ, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อำนวยพร ฤทธิจันทร์. 2533. สารก่อมะเร็ง "ไนโตรซามีน". วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริหาร 123:11-12.

Duffus, John H. 1980. Environmental Toxicology. Edward. Arnold Ltd., London. 164 pp.

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

Fudge, R and R.W. Truman. 1973. Nitrate-nitrite contents of meat product. J. Assoc. Publ. Anal. 11:19-26

Walkers R.,"Nitrates,Nitrites and N-nitroso compounds: a review of the occurrence in food and dide and toxicological implications."**Food Addit. Contam.,** Vol.5, 1990, pp. 717-768.

Walters C. L.,and Smith P.L.R.,"The effect of water-bone nitrate on salivary nitrite."**Food. Chem. Toxicol.,** Vol.19, 1981, pp. 297-302

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1. แสดงปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที

ปุ๋ย	ปริมาณไนไตรต์ (มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
T_1	278.07	377.80	322.12	977.99	325.99
T_2	4800.10	4254.30	4069.90	13124.30	4374.76
T_3	1282.73	1326.78	1230.46	3839.97	1279.99
T_4	78.39	48.53	50.02	176.97	58.98
T_5	2462.50	2099.50	2096.50	6658.50	2219.50
T_6	2820.10	2905.20	2471.40	8196.70	2732.23

ตารางภาคผนวกที่ 2. แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	5	207059.17	41411.84	243.82**	2.53	3.70
Error	30	5095.43	169.58			
Total	35	212154.60	4581.42			

CV = 14.12 %

LSD .05 = 15.364

LSD .01 = 20.69

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ P= 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T2	224.7383a
T6	136.6117b
T5	110.975c
T3	62.33283d
T1	16.2995e
T4	2.9492e

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T2	224.7383a
T6	136.6117b
T5	110.975c
T3	62.33283d
T1	16.2995e
T4	2.9492e

<u>หมายเหตุ</u>

T1 = ไม่ใส่ปุ๋ย

T2 = ใส่ปุ๋ยเคมี

T3 = ใส่ปุ๋ยคอก

T4 = ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

T5 = ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

T6 = ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3. แสดงปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที

ปุ๋ย	ปริมาณไนไตรต์ (มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
T_1	8.968	12.078	11.241	32.287	10.762
T_2	3.786	3.866	5.062	12.714	4.238
T_3	4.743	6.657	5.899	17.299	5.766
T_4	2.750	3.348	1.993	8.091	2.697
T_5	2.670	4.823	2.351	9.844	3.281
T_6	2.949	2.431	2.032	7.412	2.470

ตารางภาคผนวกที่ 4. แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 3 นาที

Analysis of Variance

Source	Df	SS	MS	F-test	F.05	F.01
Treatment	5	2.94	0.59	67.01**	2.53	3.70
Error	30	0.26	0.01			
Total	35	3.20	0.09			

CV = 19.23 %

LSD .05 = .1103581

LSD .01 = .1486213

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ P= 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T3	1.07625a
T1	0.5763b
T2	0.4234833c
T5	0.3280667cd
T4	0.26965cd
T6	0.2471d

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T3	1.07625a
T1	0.5763b
T2	0.4234833c
T5	0.3280667cd
T4	0.26965d
T6	0.2471d

<u>หมายเหตุ</u>

T1 = ไม่ใส่ปุ๋ย

T2 = ใส่ปุ๋ยเคมี

T3 = ใส่ปุ๋ยคอก

T4 = ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

T5 = ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

T6 = ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5. แสดงปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด

ปุ๋ย	ปริมาณไนเตรต (มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
T_1	515.93	430.81	447.24	1393.98	464.66
T_2	5876.80	5025.70	5037.60	15940.10	5313.37
T_3	1175.22	1382.04	1296.16	3853.42	1284.47
T_4	73.17	59.74	53.01	185.92	61.97
T_5	1894.22	1994.29	1953.97	5842.48	1947.49
T_6	2788.20	2508.80	2366.10	7663.10	2554.37

ตารางภาคผนวกที่ 6. แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด

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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TES

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 = ไม่ใส่ปุ๋ย

T2 = ใส่ปุ๋ยเคมี

T3 = ใส่ปุ๋ยคอก

T4 = ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

T5 = ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

T6 = ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7. แสดงปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด

ปุ๋ย	ปริมาณไนไตรต์ (มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
T_1	14.74	13.39	3.18	31.31	10.44
T_2	4.22	3.62	5.62	13.46	4.49
T_3	3.15	4.62	3.83	11.60	3.87
T_4	1.71	1.67	2.07	5.45	1.82
T_5	2.86	5.89	9.08	17.83	5.94
T_6	9.77	3.07	5.38	18.22	6.07

ตารางภาคผนวกที่ 8. แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ไม่ผ่านการต้มในน้ำเดือด

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	0.144			

CV = 53.23 %

LSD .05 = .3414763

LSD .01 = .4598726

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ P= 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01

T1	1.044417a
T6	.6072167ab
T5	.5952167ab
T2	.4490833b
T3	.3866333b
T4	.1820167b

RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05

T1	1.044417a
T6	.6072167b
T5	.5952167b
T2	.4490833bc
T3	.3866333bc
T4	.1820167c

หมายเหตุ

T1 = ไม่ใส่ปุ๋ย

T2 = ใส่ปุ๋ยเคมี

T3 = ใส่ปุ๋ยคอก

T4 = ใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

T5 = ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ

T6 = ใส่ปุ๋ยเคมีสลับปุ๋ยคอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้