20910

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและจากแปลงทดลอง

The study of nitrate and nitrite contents in Chinese Kale from market and experiment plots.

T097105

โดย

นางสาวรัตนาพร บุตรโคตร

Rattanaporn Butkhot

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ปพ.
ร375ก
2548

สบหมู่.....
เลขทะเบียน.....97105
วัน.เดือน.ปี.....5 JUN 2003

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ปริญญาตรี
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและจากแปลงทดลอง

The study of nitrate and nitrite contents in Chinese Kale from market and experiment plots.

โดย
นางสาวรัตนาพร บุตรโคตร
Rattanaporn Butkhot

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

.....
(รองศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน)
อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์ ชวาลา บุรณศิริ)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อเรื่อง	:การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและจากแปลงทดลอง
โดย	:นางสาวรัตนาพร บุตรโคตร
ชื่อปริญญา	:วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
สาขา	:เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
อาจารย์ที่ปรึกษา	:..... 28 / April 2006
	(รองศาสตราจารย์ ลักขณา อมรสิน)

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและจากแปลงทดลอง ดำเนินการทดลองที่ตลาดหัวตะเข้และคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ การทดลองละ 3 ซ้ำ ตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่าปริมาณไนเตรตในตัวอย่างผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดในวันที่ซื้อจากตลาดและวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 วัน หลังจากเก็บรักษาในตู้เย็นเท่ากับ 1812.29, 2762.93, 2278.20, 2894.90, 2846.93, 2198.63, 2817.86, 2300.58 และ 3517.80 มก./กก. ตามลำดับ จากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 วัน หลังจากเก็บรักษาในตู้เย็นมีปริมาณไนเตรต เท่ากับ 4255.73, 4512.80, 5135.13, 5526.96, 4327.73, 5257.49, 4925.96, 4655.53 และ 4941.76 มก./กก. ตามลำดับ โดยที่ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากแปลงทดลองสูงกว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดในวันที่ซื้อจากตลาดและวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 วัน หลังจากเก็บรักษาในตู้เย็น เท่ากับ 0.65, 0.36, 0.26, 0.58, 0.61, 0.17, 0.50, 0.52 และ 0.78 มก./กก. ตามลำดับ จากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 วัน หลังจากเก็บรักษาในตู้เย็น เท่ากับ 0.33, 0.44, 0.95, 0.12, 0.40, 0.32, 0.50, 0.38 และ 0.51 มก./กก. ตามลำดับ โดยที่ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ซื้อจากตลาดสดและจากแปลงทดลองแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในแต่ละวันตั้งแต่วันที่ซื้อ/วันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บรักษาในตู้เย็น 1-15 วัน ในผักคะน้าที่ซื้อจากตลาด/จากแปลงทดลองพบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

Title :The study of nitrate and nitrite contents in Chinese kale from market and experiment plots.

By : Rattanaporn Butkhot

Degree : Bachelor of Science in Agriculture

Major Field : Plant Pest Management Technology

Project Advisor: ..../...../.....

(Assoc. Professor Luckana Amonsin)

Abstract

The study of nitrate and nitrite contents in Chinese kale from market and experiment plots was conducted at Hau Takae market and Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. The experiment was assigned as completely randomized design, having 3 replications. The analyses were assessed by using spectrophotometer. The results showed that nitrate in Chinese kale from market on purchasing day and 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 and 15 days after having been storage in refrigerator were 1812.29, 2762.93, 2278.20, 2894.90, 2846.93, 2198.63, 2817.86, 2300.58 and 3517.80 mg./kg.,respectively, from experiment plots on harvesting day and 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 and 15 days after having been storage in refrigerator were 4255.73, 4512.80, 5135.13, 5526.96, 4327.73, 5257.49, 4925.96, 4655.53 and 4941.76 mg./kg.,respectively. The amounts of nitrate in Chinese kale from experiment plots were higher significance at 99% than those from market. Nitrite in Chinese kale from market on purchasing day and 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 and 15 days after having been storage in refrigerator were 0.65, 0.36, 0.26, 0.58, 0.61, 0.17, 0.50, 0.52 and 0.78 mg./kg.,respectively, from experiment plots at harvesting day and 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 and 15 days after having been storage in refrigerator were 0.33, 0.44, 0.95, 0.12, 0.40, 0.32, 0.50, 0.38 and 0.51 mg./kg.,respectively. The amounts of nitrite in Chinese kale from both places on purchasing day/havesting day and 1-15 days, after having been storage in refrigerator had not significance at 99 %. Nitrate and nitrite contents of each days from 0-15 days after having been strorage in refrigerator had not significance at 99 %.

คำนิยม

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณจรงศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชที่ได้คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำการใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง และอุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจน ให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ

ขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ สำหรับความห่วงใยและน้ำใจที่มีให้ นอกจากนี้อุปสรรคต่าง ๆในการทำปัญหาพิเศษนี้ทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้ถึงแนวทางและความอดทนในการทำงานให้บรรลุผลสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาเป็นอย่างสูงที่ให้ความอุปการะทั้งทางด้านกำลังใจ ทุนทรัพย์ จนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

รัตนาพร บุตรโคตร

มีนาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
คำนิยม	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	v
สารบัญภาพ	vi
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	22
ผลการทดลอง	28
วิจารณ์ผลการทดลอง	36
สรุปและข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	40

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากตลาดและแปลงทดลองในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน 29
2. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าจากตลาดและแปลงทดลองในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน 31

ตารางภาคผนวกที่

1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าในวันที่ซื้อจากตลาดและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน 41
2. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน 43
3. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าในวันที่ซื้อจากตลาดและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน 45
4. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าจากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน 47

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากตลาดและแปลงทดลองในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน	30
2. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าจากตลาดและแปลงทดลองในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน	32
3. ผักคะน้าจากตลาด	33
4. ผักคะน้าจากแปลงทดลอง	33
5. ผักคะน้าในวันที่ซื้อจากตลาดและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน	34
6. ผักคะน้าจากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน	35

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำนำ

คะน้าเป็นผักที่รู้จักกันทั่วไปและนิยมบริโภคกันมาก โดยจะบริโภคส่วนของใบและลำต้น ผักคะน้า (Chinese kale) จัดเป็นพืชตระกูลกะหล่ำ (Brassica เดิมเรียกว่า Cruciferae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea var. albograba* มีลำต้นสูงประมาณ 35-50 เซนติเมตร มีข้อตามลำต้น ลักษณะใบเป็นแบบธรรมดา (simple leaf) มีการจัดเรียงใบแบบสลับ (alternate) มีดอกแบบสมบูรณ์เพศและช่อดอกแบบ raceme มีแหล่งกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย ผักคะน้าจะมีวิตามินซีและแคลเซียมสูงมาก ปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และไทย คะน้าเป็นพืชฤดูเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน สามารถปลูกได้ตลอดปีในแหล่งที่มีน้ำเพียงพอ แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกคะน้าให้ได้ผลดีที่สุดคือ ระยะตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน เนื่องจากตลาดมีความต้องการผักคะน้าสูง เกษตรกรผู้ปลูกผักคะน้าจึงพยายามหาวิธีเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น โดยการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิต โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรต (nitrate) ซึ่งการใช้ปุ๋ยดังกล่าวในปริมาณสูงก่อให้เกิดปัญหาการมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์(nitrite)ตกค้างในผักสูงจนอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ตัวอย่างเช่น การเกิดอาการเมทฮีโมโกลบินีเมีย (methemoglobinemia) เกิดมะเร็งที่ไต ตับ หลอดอาหาร กระเพาะอาหารและ กระเพาะปัสสาวะ เป็นต้น จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำการศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ ในผักคะน้าที่ขายตามท้องตลาดและในแปลงทดลองในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน เพื่อประเมินความปลอดภัยในการบริโภคผักคะน้าและเพื่อศึกษาว่าปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่เก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน จะเพิ่มมากขึ้นหรือลดลง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและจากแปลงทดลองในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและจากแปลงทดลอง
3. เพื่อประเมินความปลอดภัยในการบริโภคผักคะน้า

ตรวจเอกสาร

พืชผักมีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ ผักเป็นแหล่งธาตุอาหารสำคัญที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งในอาหารชนิดอื่นมีไม่เพียงพอหรือไม่มี ผักอุดมด้วยธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็กและเป็นแหล่งที่ให้วิตามินหลายชนิด พืชผักสีเขียวเช่น คะน้า บร็อคโคลี ผักกาดเขียวเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ถั่วต่าง ๆ เป็นแหล่งของธาตุเหล็ก และโปรตีน พืชผักสีเขียวและเหลืองเป็นแหล่งของวิตามินเอ วิตามินซี ไทอามีน(thiamine) ไนอาซีน(niacine) และกรดโฟลิค(folic acid) ผักประเภทที่เป็นแหล่งของเยื่อใย เช่น คื่นฉ่าย กะหล่ำ และผักกาดต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์จึงนิยมบริโภคกันทั่วไปโดยเฉพาะประชากรในแถบทวีปเอเชียนิยมบริโภคพืชผักเป็นอาหารหลัก (สุนทร, 2540)

ผักมีคุณสมบัติช่วยให้ระบบย่อยอาหารของร่างกายลดสภาพความเป็นกรด ซึ่งเป็นสาเหตุจากการย่อยอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เนย หรืออื่น ๆ เยื่อใยของผักจะช่วยให้ระบบขับถ่ายของร่างกายเป็นปกติ ลดโอกาสเสี่ยงจากการเป็นโรคลำไส้อักเสบและมะเร็งลำไส้ใหญ่

พืชผักชนิดที่ปลูกเพื่อรับประทานลำต้นและใบ เช่น ผักตระกูลกะหล่ำ ได้แก่ กะหล่ำปลี ผักคะน้า ผักกาดเขียว พืชพวกนี้ต้องการไนโตรเจนในปริมาณสูงเพื่อนำไปสร้างการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และเพื่อให้ลำต้นและใบอ่อนมีความกรอบ ดังนั้นในการปลูกพืชพวกนี้จึงต้องใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุไนโตรเจน เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรต(NH_4NO_3) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต[$(NH_4)_2SO_4$] ปุ๋ยยูเรีย[$(NH_2)_2CO$] เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีการให้ปุ๋ยไนเตรตทางใบโดยการฉีดพ่น ซึ่งการใช้ปุ๋ย ในปริมาณที่มากเกินความจำเป็นจะทำให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อม และยังอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ เนื่องจากมีสารไนเตรตตกค้างในพืชหลังการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปไนเตรตมิได้มีอันตรายโดยตรง แต่หากถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ และเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตในปริมาณมากพอก็จะก่อให้เกิดโทษได้ ทั้งนี้ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารในกลุ่มมหาธาตุ(macronutrient element) และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบในเซลล์พืชหลายชนิด ได้แก่ โปรตีน กรดนิวคลีอิก(nucleic acid) กรดอะมิโน(amino acid)ชนิดต่าง ๆ โคเอนไซม์(co-enzyme) ฮอร์โมน(hormone)บางชนิด และรงควัตถุบางชนิด เช่น คลอโรฟิลล์(chlorophyll), พอร์ไฟลิน(porphylin) เป็นต้น

ผักคะน้า(Chinese kale) เป็นผักที่ใช้บริโภคส่วนของใบและลำต้น นิยมบริโภคกันมาก มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และมีปลูกกันมากในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และไทย เป็นต้น

ผักคะน้าอยู่ในตระกูลกะหล่ำ(Cruciferae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea var. albograba* อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยว 45-55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่ช่วงที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนเมษายน สำหรับคะน้าที่นิยมใช้ปลูกในประเทศไทย มีอยู่ 2 ประเภท คือ

1. คะน้าใบ มีลักษณะต้นอวบใหญ่ ก้านเล็ก ใบกลมหนา กรอบ ทนต่อดินฟ้าอากาศได้ดี เมล็ดพันธุ์ของผักคะน้าใบที่ทางราชการผลิตได้ ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1 และพันธุ์ฝางเบอร์ 2

2. คะน้ายอดหรือคะน้าก้าน มีลักษณะลำต้นอวบใหญ่ ดอกขาว ใบแหลม ก้านใหญ่ ต้านทานต่อโรคและทนต่ออากาศร้อนได้ดี สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ทางราชการผลิตคือ PL-20 เป็นพันธุ์ดีออกดอกช้า ให้น้ำหนักดี ผลผลิตสูง เผยแพร่ให้เกษตรกรใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 (ไฉน, 2542)

ธาตุไนโตรเจนและความสำคัญของธาตุไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต

ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีบทบาทในการเจริญเติบโตของพืชอย่างเห็นได้ชัดที่สุด อาทิ เมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืชสวนครัว ต้นพืชจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ใบจะโตและเขียวขึ้น เป็นเพราะไนโตรเจนเป็นตัวที่ช่วยทำให้พืชสร้างโปรตีนได้อย่างเพียงพอ พืชทุกชนิดมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของ protoplasm โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกรดอะมิโน(amino acid) เป็นจำนวนมาก ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเอนไซม์ต่างๆ ที่ช่วยเร่งและควบคุมปฏิกิริยาต่าง ๆ ในพืชให้ดำเนินไปอย่างปกติ นิวคลีโอโปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ สารประกอบนี้อยู่ในโครโมโซมและทำหน้าที่เป็นแม่พิมพ์ ในระบบพันธุกรรม (heredity) คลอโรฟิลล์ เป็นส่วนที่ทำให้พืชมีสีเขียว และมีความสำคัญในขบวนการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้ยังมีสารประกอบที่สำคัญต่างๆ ที่มีไนโตรเจนประกอบอยู่ด้วย (สมเจต, 2530.)

อ้างอิงตามมุกดา(2544) เมื่อไนโตรเจนในดินมีอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะไม่มากหรือน้อยเกินไป จะส่งผลสะท้อนต่อพืชดังนี้

1. จะช่วยกระตุ้น (stimulate) ให้พืชเจริญเติบโตและมีความแข็งแรง
2. ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของใบและลำต้น

3. ทำให้ใบมีสีเขียว
4. ส่งเสริมคุณภาพของพืชโดยเฉพาะพืชสวนครัวที่ใช้ใบ ลำต้น และหัวเป็นอาหาร
5. ส่งเสริมให้พืชตั้งตัวได้เร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต
6. เพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่พืช
7. ควบคุมการออกดอกออกผลของพืช
8. ช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

ถ้าหากไนโตรเจนในดินมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช พืชก็จะแสดงอาการดังนี้

1. พืชจะปราศจากสีเขียว โดยเฉพาะที่ใบ ใบพืชจะเหลืองผิดปกติ
2. พืชบางชนิดจะมีลำต้นสีเหลือง บางทีก็มีสีชมพูเจือปนอยู่ด้วย
3. ใบล่างของพืชจะมีสีเหลืองปนส้ม ปรายใบและขอบใบจะค่อยๆ แห้งและลุกลามเข้าไปเรื่อยๆ จนใบร่วงหล่นจากต้นก่อนกำหนดที่ควร
4. ลำต้นผอมสูง กิ่งก้านลีบเล็ก และมีจำนวนน้อย
5. พืชจะไม่เติบโต หรือโตช้ามาก การแตกยอดและกิ่งก้านก็ช้า
6. ให้ผลผลิตต่ำ และคุณภาพไม่พึงปรารถนา

ในกรณีที่พืชได้รับไนโตรเจนมากเกินพืชจะแสดงอาการดังนี้

1. คุณภาพของเมล็ด ผล และใบ โดยเฉพาะใบยาสูบจะเสื่อมคุณภาพลงได้
2. ทำให้พืชแก่ช้าผิดปกติ เพราะไนโตรเจนส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตอยู่เรื่อยๆ
3. ทำให้ผลผลิตของพืชที่ให้เมล็ดลดลง เพราะในสภาพที่มีไนโตรเจนมากๆ นั้น พืชมุ่งในการสร้างยอด ลำต้น กิ่งและใบมากกว่าสร้างดอกและเมล็ด
4. ทำให้ลำต้นอ่อน และล้มง่ายสำหรับพืชพวกข้าว และข้าวโพด
5. มีความต้นทานโรคลดลง

ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุไนโตรเจนกับการเจริญเติบโตของพืช

มีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างระดับไนโตรเจนที่พืชได้รับกับการใช้คาร์โบไฮเดรตของพืช ว่า ถ้าระดับไนโตรเจนที่พืชได้รับน้อยถึงจุดๆ หนึ่ง การสังเคราะห์โปรตีนจะลดลง ระดับของ

คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์จะเพิ่มขึ้นและสะสมอยู่ในพืชเป็นปริมาณมาก แต่หากระดับของไนโตรเจนสูงขึ้นหรือมีอยู่เหลือเฟือ การผลิตโปรตีนและสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบก็จะเป็นไปอย่างรวดเร็ว คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ที่ได้รับจากกระบวนการสังเคราะห์แสงก็จะถูกเปลี่ยนเป็นโปรตีนและสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนเกือบหมด เหลือสะสมอยู่บ้างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนกับคาร์โบไฮเดรต สำหรับพืชให้น้ำตาลพบว่า เปอร์เซ็นต์น้ำตาลจะลดลงเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณสูง การให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืชน้ำตาล จะพิจารณาถึงปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมและการเจริญเติบโตของพืชให้น้ำตาลแต่ละชนิด

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับไนโตรเจนกับการเจริญเติบโตของราก

ปกติเมื่อให้ไนโตรเจนแก่พืช การเจริญเติบโตของพืชส่วนที่อยู่เหนือดินจะมากกว่าส่วนที่อยู่ใต้ดินหรือราก การใช้คาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างโปรตีนและโปรโตพลาสม(protoplasm) ของส่วนที่อยู่เหนือดินก็มากขึ้น มีผลทำให้คาร์โบไฮเดรตถูกเคลื่อนย้ายลงสู่รากลดลง ทำให้การเจริญเติบโตของรากช้ากว่าปกติ อีกประการหนึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากไนโตรเจนเพิ่มปริมาณออกซิน(auxin) บีตาอินโดเอซิติคแอซิด(beta-indoacetic acid) ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบและมีความสำคัญต่อการแบ่งเซลล์ การขยายตัวของเซลล์ ทั้งนี้รากพืชจะเจริญเติบโตได้มากน้อยแค่ไหนนั้นจะถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของออกซิน ที่จุดพิกัดจุดหนึ่ง ถ้าความเข้มข้นของออกซินต่ำกว่าจุดนี้ การแบ่งเซลล์และขยายตัวของเซลล์จะเกิดขึ้น แต่ถ้าสูงกว่าจุดนี้จะไม่เกิดขึ้นหรือเกิด ช้าลง การเพิ่มไนโตรเจนให้แก่รากพืชจะทำให้สัดส่วนระหว่างยอดกับส่วนรากสูงขึ้น ดังนั้นการให้ปุ๋ยไนโตรเจนกับพืชจึงต้องระวังเกี่ยวกับปริมาณปุ๋ยและเวลาของการให้ปุ๋ยให้มาก

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับไนโตรเจนกับการให้ผล

การเพิ่มระดับไนโตรเจนจำนวนมากให้แก่พืชบางชนิด อาจทำให้การผลิดอกออกผลลดลงได้ ถ้าลดระดับของไนโตรเจนลง ผลผลิตอาจเพิ่มขึ้น แต่ถ้าลดลงมากเกิน การเจริญเติบโตและผลผลิตจะลดลง เช่น พวกธัญพืช (small grain) ได้แก่ ข้าว ข้าวฟ่าง ฯลฯ การเพิ่มไนโตรเจนมักจะไปเพิ่มน้ำหนักของตอซังมากกว่าน้ำหนักของเมล็ด ดังนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับพืชพวกนี้ต้องพิจารณาว่า ไนโตรเจนระดับไหนที่พืชจะให้สัดส่วนระหว่างส่วนที่เป็นตอซังกับส่วนที่เป็นเมล็ดที่ต่ำที่สุด และในเวลาเดียวกันก็ให้ผลผลิตที่เป็นเมล็ดมากที่สุดด้วย ซึ่งแตกต่างกันกับพืชบางชนิด เช่น ข้าวโพด ปริมาณการผลิตของเมล็ดจะสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อระดับของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น จนถึงจุดๆ หนึ่ง

ปริมาณของผลผลิตที่เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปจะค่อย ๆ ต่ำลงจนกระทั่งไม่มีการเพิ่มผลผลิตอีก

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับไนโตรเจนกับการล้ม (lodging) ของพืช

การล้มของพืชเป็นปรากฏการณ์ชนิดหนึ่งที่ลำต้นของพืชขาดความยืดหยุ่น เมื่อลำต้นถูกลมพัดเอนอ่อนลงไปแล้วจะไม่สามารถกลับคืนมาอยู่ในสภาพเดิมได้อีก หรือลำต้นไม่มีกำลังที่จะรองรับน้ำหนักส่วนบนและหักพับล้มลงไป ซึ่งเนื่องมาจากลำต้นอ่อน มีส่วนที่เป็นเส้นใยน้อย การล้มของพืชจะมีมากขึ้นถ้าระดับของไนโตรเจนที่พืชได้รับสูงเกินไป ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนช่วยสร้างแต่โปรโตพลาสมและแพร่คาร์โบไฮเดรตซึ่งการจะได้นำไปใช้สร้างเซลลูโลส(cellulose) ไปหมด ส่วนการเจริญเติบโตก็เป็นไปอย่างรวดเร็ว ในที่สุดลำต้นจะขาดกลไกการรองรับน้ำหนักที่เพียงพอจนทนน้ำหนักของตนเองไม่ไหวรวมทั้งคุณสมบัติยืดหยุ่นของลำต้นที่หมดไป ทำให้เกิดการหักและล้มของลำต้น (สมเจตน์, 2530.)

การแปรสภาพของไนโตรเจนในกระบวนการไนตริฟิเคชัน

ในบรรยากาศทั่วไปประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจนปริมาณที่สูงถึง 78 % แต่พบว่าพืชมักขาดไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากพืชจะใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนได้เฉพาะในรูปสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่พืชจะดูดไนเตรตและแอมโมเนียม(NH^+_4)ที่อยู่ในดินเข้าทางรากพืช และโดยการตรึงไนโตรเจน (nitrogenfixation) โดยตรงจากบรรยากาศอย่างไรก็ตามแอมโมเนียมในดินที่มีการระบายอากาศมีความชื้น อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่เหมาะสม จะเปลี่ยนให้เป็นไนไตรต์และไนเตรตตามลำดับ โดยจุลินทรีย์สองพวกใหญ่ ๆ คือ

1. Chemoautotrophic microorganism จุลินทรีย์พวกนี้เป็นแบคทีเรียจากที่พบทั้งหมดจำนวน 7 genus แต่มีเพียง 2 genus เท่านั้น ที่มักพบอยู่ในดินโดยทั่วไป คือ *Nitrosomonas* และ *Nitrobacter* ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ไนไตรต์เปลี่ยนเป็นไนเตรต มีอยู่ 2 species คือ *Nitrobacter wingraadskii* และ *Nitrobacter agilis* แบคทีเรียในกลุ่มนี้ทั้งหมดเป็นพวกที่ใช้ไนโตรเจนอนินทรีย์เป็นแหล่งของพลังงาน และเพิ่มออกซิเจนให้กับไนโตรเจนอนินทรีย์นั้น ๆ ดังสมการ

$$2\,NH^+_4 + 3\,O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrosomonas}\ \text{sp.}} 2\,NO^-_2 + 4\,H^+ + 2\,H_2O + \text{energy (66 Kcal)}$$

$$2\,NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\textit{Nitrobacter}\ \text{sp.}} 2\,NO_3^- + \text{energy (18 Kcal)}$$

กิจกรรมของ *Nitrosomonas* จะทำให้เกิดการสะสมไนไตรต์ ซึ่งการสะสมไนไตรต์มีสาเหตุอยู่2 ประการ คือ เมื่อดินมีสภาพความเป็นด่างสูงเกินไป และเมื่อมีปริมาณของแอมโมเนียมสูง ๆ เมื่อดินมี pH 9.5 แม้จะมีแอมโมเนียมต่ำเพียง 1.4 ppm กิจกรรมของ *Nitrobacter* จะชะงักทันที โดยเฉพาะ *Nitrobacter agilis* แต่ในสภาพดังกล่าวนี้การแปรสภาพจากแอมโมเนียมเป็นไนไตรต์จะคงยังเกิดขึ้นได้ โดยที่ไนไตรต์ที่เกิดขึ้นจะสะสมอยู่ในดินเพราะไม่มีตัวกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มออกซิเจนเป็นไนเตรตได้

2. Heterotrophic microorganisms จุลินทรีย์พวกนี้จะได้รับพลังงานจากการเพิ่มออกซิเจนให้กับอินทรีย์สาร แต่ไม่ได้พลังงานจากแอมโมเนียมและสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ผลที่ได้จากปฏิกิริยาคือไนไตรต์ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้คือ แบคทีเรียแอคทิโนมายซีส(actinomycetes) และรา ไนไตรต์ที่เกิดขึ้นจะไม่ถูกเพิ่มออกซิเจนต่อไปแต่บางครั้งจะถูกนำไปใช้ (assimilate) โดยจุลินทรีย์แต่ก็เป็นเพียงส่วนน้อยเท่านั้น

การตรึงไนโตรเจน

การตรึงไนโตรเจนหมายถึง การรีดิวซ์(reduce) ก๊าซไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียม ซึ่งพืชไม่สามารถทำปฏิกิริยานี้ได้เพราะไม่มีเอนไซม์ไนโทรจีเนส(nitrogenase) แต่จุลินทรีย์บางชนิดสามารถทำปฏิกิริยานี้ได้ โดยแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้ดังนี้

1. กลุ่มซิมไบโอซีส (symbiotic nitrogen fixation) เป็นการตรึงไนโตรเจนจากการอยู่ร่วมกันระหว่างพืชและจุลินทรีย์ โดยมีการสร้างปม ได้แก่ พืชตระกูลถั่วกับไรโซเบียมและพืชที่ไม่ใช่ตระกูลถั่ว เช่น *Alnus rubra* กับจุลินทรีย์พวก Actinomycetes เป็นต้น

2. กลุ่มแอสโซซิเอทีฟ (associative nitrogen fixation) เป็นการตรึงไนโตรเจนจากการอยู่ร่วมกันระหว่างพืชและจุลินทรีย์แต่ไม่สร้างปม ได้แก่ อ้อยและแหนแดง(*Azolla*) กับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

3. กลุ่มอิสระ (free – living หรือ non – symbiotic fixation) เป็นการตรึงไนโตรเจนโดยอิสระ พบในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Nostoctoltpothrix*, Yeast, *Phodotorula* และแบคทีเรีย *Azotobacter* sp., *Clostridium* sp.

วัฏจักรของไนโตรเจน

ไนโตรเจนในดินมีการเปลี่ยนรูปอยู่เสมอ จากสารอนินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ หรืออยู่ในรูปก๊าซ และมีการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างรูปของสารประกอบต่าง ๆ ตลอดเวลา โดยมีจุลินทรีย์บางชนิดเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการเปลี่ยนรูปต่าง ๆ ดังกล่าว หรือโดยการตรึงของจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้ แล้วเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งพืชจะนำไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต เมื่อสัตว์กินพืชก็จะได้รับสารประกอบไนโตรเจนจากพืช ภายหลังจากพืชและสัตว์ตาย จะเกิดการสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์ ทำให้มีการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมา ซึ่งจะถูกย่อยสลายต่อไปเป็นแอมโมเนียโดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) จุลินทรีย์บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย (NH^{+}_{3}) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นเหล่านี้พืชอาจนำไปใช้หรือถูกออกซิไดซ์โดยจุลินทรีย์บางชนิดในกระบวนการไนตริฟิเคชัน(nitrification)ให้เป็นสารพวกไนเตรต ซึ่งไนเตรตละลายน้ำได้ดี พืชสามารถดูดไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมโดยกระบวนการรีดิวซ์ไนเตรต(nitrate reduction) ไนเตรตบางส่วนจะถูกชะล้างไหลลงสู่ดินชั้นล่าง หรือสู่ลำคลอง แม่น้ำ และทะเล ในส่วนที่ไหลลงสู่ลำน้ำนี้ อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชน้ำ หรืออาจเปลี่ยนรูปไปอีก โดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน(denitrification) ได้ก๊าซไนโตรเจน หรือไนตรัสออกไซด์(N_2O) ส่วนแอมโมเนียมไอออน(NH^{+}_{4}) ซึ่งมีประจุบวกจะถูกดูดยึดโดยอนุภาคดินเหนียว ทำให้ถูกชะล้างไปได้ยาก ในกรณีที่ดินมีน้ำขังและอุณหภูมิสูงอาจเกิดการระเหยเปลี่ยนรูปแอมโมเนียไปเป็นก๊าซไนโตรเจน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ กลับคืนสู่บรรยากาศ

ไนเตรตที่ถูกพืชดูดซึมเข้าไปส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่เหลือยังคงรูปเป็นไนเตรตไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืชนั้น ถ้าสภาพความชื้นและ pH เหมาะสมแก่การสะสมไนเตรต พืชจะดูดไนเตรตจากดินเข้าไปมาก และถ้าพืชมีความสามารถในการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นอินทรีย์สารได้น้อย หรือสภาพแวดล้อมไม่อำนวยต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีไนเตรตสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น โดยทั่วไปการสะสมไนเตรตในพืชเกิดขึ้นเพียงชั่วคราวและไม่ก่ออันตรายต่อพืชนั้น ทั้งนี้ปริมาณการสะสมจะลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่

ขั้นตอนการเปลี่ยนไนเตรตเป็นแอมโมเนียม ซึ่งจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นโปรตีนในพืชนั้นจะเกี่ยวข้องกับเอนไซม์หลายชนิด เช่น ไนเตรตรีดักเทส(nitrate reductase) และไนไตรตรีดักเทส (nitrite reductase)

ในกระบวนการดังกล่าวถ้ากระบวนการรีดักชัน(reduction) ไนเตรตเกิดเร็วกว่าการรีดักชันไนไตรต์จะทำให้ไนไตรต์สะสมอยู่ในพืช ซึ่งไนไตรต์เป็นพิษกับเซลล์พืชมาก ในทางตรงกันข้ามถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรตเกิดช้าจะทำให้ไนเตรตสะสมในพืชมากขึ้น

โดยทั่วไปพืชผักที่เก็บเกี่ยวแล้วจะต้องมีการเก็บรักษาเอาไว้ ซึ่งวิธีที่นิยมใช้คือการใช้ความเย็น ซึ่งในพืชผักที่เก็บเกี่ยวจะมีความร้อนจากบรรยากาศและความร้อนที่พืชคายออกมาสะสมอยู่ ดังนั้นการลดอุณหภูมิหรือความร้อนภายในพืชผักหลังการเก็บเกี่ยวโดยเร็วที่สุดจะช่วยลดเมแทบอลิซึม การหายใจ การทำงานของเอนไซม์ ปฏิกิริยาทางชีวเคมี และลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ให้ช้าลงจะเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล อย่างไรก็ตามภายในพืชผักจะยังคงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เพราะพืชยังมีการหายใจ ทำให้อินทรีย์สารที่สะสมอยู่ในพืชสลายตัว ดังนั้น ไนเตรตที่สะสมในผักที่มีการเก็บรักษาไว้ในที่เย็นจึงสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้โดยเอนไซม์ภายในพืช ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่แล้วพบว่ามนุษย์จะได้รับไนเตรตจากอาหารพวกเนื้อสัตว์และพืชผักหรือจากกระบวนการผลิตที่มีการเติมดินประสิว(KNO_3) เพื่อปรุงแต่งอาหารให้สวยงามน่ารับประทานและเพื่อการถนอมอาหาร

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตในพืช

การสะสมไนเตรตในพืชเกี่ยวข้องกันหลายปัจจัย ไม่ได้เกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเพียงอย่างเดียวที่ทำให้ปริมาณไนเตรตในพืชสูงขึ้นแต่มีปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น

1. แสงมีอิทธิพลต่อไนเตรตรีดักเทสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่แปรสภาพไนเตรตให้เป็นไนไตรต์ได้ แม้ในที่มืดไนเตรตก็กระตุ้นให้เอนไซม์ทำงานได้ แต่กิจกรรมที่เกิดขึ้นจะไม่มากเท่าเมื่อมีแสงสว่างเพียงพอมีรายงานว่าแสงมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โดยทางอ้อม คือช่วยให้ไนเตรตซึมผ่านเซลล์เมมเบรนเข้าไปสู่บริเวณที่มีเอนไซม์ไนเตรตรีดักเทสทั้งในรากและในใบพืชซึ่งไนเตรตรีดักเทสจะทำงานได้ดีเมื่อมีไนเตรตมากระตุ้น และจากการศึกษาพบว่าเมื่อลดความเข้มข้นของแสงที่ผิวใบลง กิจกรรมของเอนไซม์นี้จะลดลงอย่างมากพืชจึงสะสมไนเตรตมากขึ้นหากได้รับแสงสว่างน้อยลง

2. อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการดูดซึม การเคลื่อนย้าย และการนำไนเตรตไปใช้ของพืชแต่การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิระดับหนึ่งจะมีผลต่อกระบวนการเหล่านี้ไม่เท่ากัน สำหรับพืชที่เจริญเติบโตโดยธรรมชาติจะพบว่าในเวลาเที่ยงวันอุณหภูมิที่ยอดจะสูงกว่าที่ราก ส่วนในเวลากลางคืนอุณหภูมิที่รากจะสูงกว่าที่ยอดเนื่องจากดินยังมีความอบอุ่น ผลของการลดอุณหภูมิจะทำให้อัตราการดูดซึมไนเตรตของรากพืชจะลดลงในสัดส่วนที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการรีดิวซ์ไนเตรต

เนื่องจากขบวนการรีดิวซ์ไนเตรตแทบจะหยุดชะงักในที่มืด ดังนั้นในเวลากลางคืนพืชจะสะสมไนเตรตในเรือนยอดได้มาก

3. ความชื้นของดินและความชุ่มชื้นของอากาศ ดินที่มีความชื้นต่ำ พืชมักสะสมไนเตรตไว้ในเนื้อเยื่อมากกว่าปกติ เนื่องจากในสภาวะที่พืชขาดน้ำกิจกรรมของไนเตรตรีดักเทส จะลดลงและการสังเคราะห์แสงของพืชก็ลดลงด้วย ความชุ่มชื้นของอากาศก็มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตเช่นเดียวกัน เมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงพืชจะสะสมไนเตรตได้มาก คือ เอนไซม์ nitrate reductase จะทำงานได้ดีก็ต่อเมื่อมีไนเตรตเข้ามากระตุ้นหากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำลงอัตราการคายน้ำก็สูงขึ้น ไนเตรตจึงเคลื่อนย้ายตามท่อน้ำเข้าสู่เนื้อเยื่อเพียงเล็กน้อย

4. ธาตุอาหารที่พืชได้รับ โดยเฉพาะไนโตรเจนในดินที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สำหรับในรูปของสารอนินทรีย์ก็จะอยู่ในรูปโมเลกุลของไนโตรเจนในอากาศ ในดิน แต่ไนโตรเจนในรูปนี้จะไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชยกเว้นพืชตระกูลถั่ว ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไนเตรต ไนไตรต์ แอมโมเนียม ไนตริกออกไซด์(NO) และไนตรัสออกไซด์ ซึ่งไนโตรเจนในรูปของไนเตรตและแอมโมเนียมจะมีอยู่มากที่สุดแต่จะมีอยู่ในดินน้อยกว่า 2% และมักจะมีปริมาณที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอภายในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากสารประกอบไนเตรตละลายน้ำได้ง่ายและมักจะถูกชะล้างไปได้รวดเร็ว ส่วนแอมโมเนียมถึงแม้ว่าจะมีประจุบวกและถูกยึดที่ผิวอนุภาคของดินได้ก็ตามก็มักจะไม่อยู่ในสภาพเช่นนี้ได้นานนัก เพราะจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรตโดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน อย่างรวดเร็ว และจะสูญเสียไปได้ง่าย โดยการชะล้างของน้ำและการถูกพืชดูดเอาไปใช้

การกระจายตัวของไนเตรตในพืช

พืชดูดแอมโมเนียมและไนเตรตเข้าไปทางรากหรือทางใบเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ สำหรับแอมโมเนียมนั้นพืชนำไปสร้างกรดอะมิโนและอินทรีย์สารอื่น ๆ ได้โดยตรง ส่วนไนเตรตที่ถูกดูดเข้าไปในพืชจะต้องผ่านกระบวนการที่จะรีดิวซ์ให้ได้แอมโมเนียมเสียก่อนจึงจะใช้ได้กระบวนการดังกล่าวมีเอนไซม์หลายชนิดเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่สำคัญคือไนเตรตรีดักเทสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่รีดิวซ์ไนเตรตในเนื้อเยื่อพืชซึ่งจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของพืช ปริมาณไนเตรตที่พืชได้รับจากดิน สภาพแวดล้อมในขณะที่พืชนั้นเจริญเติบโต อายุของพืช และแต่ละส่วนของพืช

ปริมาณไนเตรตในพืชไม่สม่ำเสมอกันทั้งต้น โดยทั่วไปการสะสมจะพบมากที่ต้นหรือก้านใบ รองลงไปคือ ราก แผ่นใบ ดอก ผลและเมล็ด ตามลำดับ พืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุต่างกันก็สะสมไนเตรตได้แตกต่างกันด้วย คือเมื่อเป็นต้นกล้าจะมีไนเตรตน้อย เมื่อโตขึ้นก็จะสะสมได้มาก

ขึ้น และสูงสุดเมื่อพืชเริ่มออกดอก และจะเริ่มลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ ความสัมพันธ์ระหว่างอายุพืชกับการสะสมไนเตรตในเนื้อเยื่ออาจเกี่ยวข้องกับระดับไนโตรเจนในดินด้วย คือในปลายฤดูปลูกระดับไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินอาจลดลงมาก พืชจึงใช้ไนเตรตที่สะสมไว้เป็นการชดเชย

อิทธิพลของธาตุต่าง ๆ ต่อการสะสมไนเตรตในพืช

1. ฟอสฟอรัส แม้พืชจะขาดฟอสฟอรัส ก็จะมีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตเล็กน้อย

2. พืชที่ขาดกำมะถันจะทำให้กิจกรรมของไนเตรตรีดักเทสจะลดลง เพราะฉะนั้น เมื่อพืชขาดกำมะถันจะทำให้สะสมไนเตรตมากกว่าปกติ

3. แคลเซียม มีอิทธิพลต่อการดูดไนเตรตของรากพืช และอาจมีผลกระทบต่อขบวนการรีดิวซ์ไนเตรตด้วย นอกจากนี้รากพืชที่ขาดแคลเซียมมักไม่ค่อยเจริญเติบโตและจะดูดไนเตรตจากดินได้อย่างจำกัด

4. แมกนีเซียมยังไม่มีหลักฐานที่บ่งชี้ถึงอิทธิพลของแมกนีเซียมต่อระดับไนเตรตของพืช

5. โมลิบดินัม เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของไนเตรตรีดักเทส พืชที่ขาดโมลิบดินัมอาจสะสมไนเตรตถึง 3 % ของน้ำหนักแห้ง

6. แมงกานีส แม้ยังไม่ทราบแน่นอนถึงบทบาทต่อกระบวนการรีดิวซ์ไนเตรต แต่มีรายงานว่าแมงกานีสมีความสำคัญต่อกระบวนการนี้ในข้าวสาลี

7. คลอไรด์ จัดเป็นไอออนประจุลบที่มีผลต่อการดูดไนเตรตของรากพืช หากสารละลายของดินมีคลอไรด์พอประมาณ การดูดไนเตรตก็จะน้อยลง

อิทธิพลของไนโตรเจนต่อไนเตรตในพืช

1. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูป ไนเตรต แอมโมเนียม หรือยูเรีย มีแนวโน้มที่จะเพิ่มไนเตรตในพืช ปุ๋ยสองรูปหลังแม้จะมิได้อยู่ในรูปไนเตรต แต่เมื่อใส่ลงไปในดินที่มีการระบายอากาศดีก็ถูกจุลินทรีย์ในดินแปรสภาพให้เป็นไนเตรตได้ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปใด ๆ ก็ตามแม้จะเพิ่มผลผลิตพืชแต่พืชเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะสะสมไนเตรตมากขึ้นด้วย

2. การใส่ปุ๋ยไนเตรตกับผัก ทำให้ผักสะสมไนเตรตได้มากกว่าใช้ในรูปแอมโมเนียม หรือยูเรีย

3. การโรยปุ๋ยไนเตรตเป็นแถบข้างแถวพืช พบว่าพืชดูดไนเตรตได้มากกว่าการหว่านก่อนปลูก และยิ่งรากพืชสัมผัสอยู่กับปุ๋ยไนเตรตนานขึ้นการสะสมก็จะยิ่งมากขึ้น

4. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกลือไนเตรตชนิดต่าง ๆ คือแอมโมเนียมไนเตรต แคลเซียมไนเตรต และโพแทสเซียมไนเตรต พบว่าพืชดูดไนเตรตจากเกลือแอมโมเนียมไนเตรตน้อยที่สุด

5. ไนเตรตเป็นไอออนที่กระตุ้นให้ไนเตรตรีดักเทสทำงานส่วนแอมโมเนียมจะเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้

6. การผสมสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน ในปุ๋ยแอมโมเนียมจะช่วยลดการสะสมไนเตรตในพืชได้อย่างมาก เนื่องจากสารดังกล่าวช่วยระงับหรือชลอการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมในดินไปเป็นไนเตรต และพืชคงใช้แอมโมเนียมได้ตามปกติ

ความเป็นพิษของไนเตรตและไนไตรต์

ไนไตรต์จะทำให้เกิดพิษโดยตรง อย่างไรก็ตามไนเตรตในพืชมีโอกาสเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้โดยกระบวนการรีดักชัน ทั้งก่อนบริโภคและหลังจากผักเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารของร่างกายแล้ว ไนเตรตในผักที่เก็บรักษาไว้ก่อนปรุงอาหารจะเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ หรือเอนไซม์ในพืช

เมื่อบริโภคอาหารที่มีไนเตรต ลำไส้ของคนที่มีสุขภาพดีจะดูดซึมไนเตรตได้อย่างรวดเร็ว ส่วนคนที่สำไส้ไม่ปกติการดูดซึมไนเตรตจะช้าลงทำให้มีโอกาสถูกรีดิวซ์ได้ง่าย นอกจากนี้ความผิดปกติในลำไส้อาจเป็นสาเหตุให้ pH ในส่วนนั้นสูงกว่าปกติ ทำให้แบคทีเรียที่สามารถรีดิวซ์ไนเตรตเจริญเติบโตได้ดี หรือ จุลินทรีย์ดังกล่าวอาจมีอยู่ในลำไส้ตอนบนแล้วเปลี่ยนไนเตรตในส่วนนั้นได้ด้วย โดยส่วนใหญ่แล้วพบว่ามนุษย์จะได้รับไนเตรตจากอาหารพวกเนื้อสัตว์และพืชผัก หรือจากการเติมดินประสิวในกระบวนการผลิตอาหาร เพื่อปรุงแต่งสีสันของอาหารให้สวยงามน่ารับประทานและเพื่อการถนอมอาหาร

ในสมัยสงคราม ดินประสิวใช้เป็นส่วนประกอบของวัตถุระเบิด และในสมัยนี้ก็นำเอามาทำดอกไม้ไฟ ดินปืน ไม้ขีดไฟ และในอุตสาหกรรมทำแก้วหรือชุบเหล็กกล้า แต่ในปัจจุบันดินประสิวหรือเกลือไนเตรต นำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหารทั้งโดยเจตนาและไม่เจตนาของผู้ผลิตหรือผู้ปรุงก็ได้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ดินประสิวหรือเกลือไนเตรตที่ใส่ลงในอาหารมักจะใส่เพื่อรักษาสภาพหรือถนอมอาหารประเภทเนื้อ เช่น เนื้อกระป๋อง ปลากระป๋อง หมูแฮม หมูเบคอน แหนม กุนเชียง หมูยอ เนื้อเค็มแห้ง ไส้กรอกชนิดต่าง ๆ และปลาร้า รวมทั้งอาหารจำพวกผักดองชนิดต่าง ๆ ด้วย (สำนักงานคุ้มครองผู้บริโภค , 2535) เพราะ เกลือโซเดียมหรือ โพแทสเซียมไนเตรตและเกลือไนไตรต์เป็นสารป้องกันการเน่าเสียของอาหารสามารถป้องกันการเจริญเติบโตและการสร้างสารพิษของแบคทีเรีย *Clostridium botulinum* นอกจากนี้การเติมเกลือไนเตรตในอาหารประเภทเนื้อจะทำให้เนื้อเปื่อยยุ่ย มีสีแดงเข้มทนทาน และรสชาติดีขึ้นชวนรับประทาน ทั้งนี้เนื่องจากไนไตรต์สามารถเปลี่ยนเป็นไนตรัสออกไซด์ ซึ่งทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งเป็นเม็ดสีใน

เนื้อ ได้เป็นไนโตรซิไมโอโกลบิน (nitrosyl myoglobin) ซึ่งมีสีแดงที่คงตัวโดยทั่วไปดินประสิว หรือเกลือไนเตรตที่ใช้ใส่อาหารไม่เป็นอันตราย ถ้าใช้อย่างถูกต้อง แต่ถ้าใช้มากเกินไป ทำให้เกิดอาการอาเจียน ปวดท้องอย่างมากและถ่ายท้องอย่างรุนแรง ถ้าบริโภคอาหารที่ผสมดินประสิวเป็นประจำแม้ในปริมาณเล็กน้อยอาจทำให้เป็นโรคโลหิตจาง มีอาการอ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย และความดันเลือดต่ำ

ไนเตรตในระดับที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานอาหารมักจะไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายเพราะส่วนใหญ่ร่างกายจะกำจัดไนเตรตออกทางปัสสาวะ แต่ไนเตรตอาจเป็นอันตรายต่อร่างกายได้หากถูกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรต์ การเปลี่ยนไนเตรตเป็นไนไตรต์เกิดได้โดยเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งในกระเพาะอาหารของเด็กทารกวัยต่ำกว่า 6 เดือนจะมีความเป็นกรดน้อย โดยที่ในสภาวะดังกล่าวนี้เชื้อจุลินทรีย์พวกไนตริไฟอิงแบคทีเรียซึ่งมีเอนไซม์ไนเตรตรีดักเทส จะช่วยเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นไนไตรต์ได้ดี แม้ว่าไนเตรตเองจะไม่เป็นพิษแต่เนื่องจากไนเตรตอาจจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดอาการพิษได้ ดังนั้นไนเตรตจึงจัดได้ว่าเป็นสารพิษที่มีพิษต่อร่างกายทางอ้อม

ไนไตรต์ทำให้เกิดความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน ซึ่งร่างกายจะแสดงอาการขาดออกซิเจนที่ผิวหนังและปากเป็นสีเขียวคล้ำ อาการนี้เกิดจากการที่ไนไตรต์ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิต เข้าไปทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับเฟอรัสไอออน (ferrous ion,Fe^{2+}) ทำให้ฮีมของฮีโมโกลบิน ถูกเปลี่ยนเป็นเฟอริคไอออน (ferric ion, Fe^{3+}) และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเรียกว่า "เมธฮีโมโกลบิน" ซึ่งไม่สามารถจับกับออกซิเจนได้ทำให้ขาดความสามารถที่จะนำออกซิเจนไปยังเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกายได้ ถ้าปริมาณเมธฮีโมโกลบินเพิ่มมากกว่า 50-80 % ของฮีโมโกลบินทั้งหมด ผู้ป่วยจะมีอาการไม่สบายเนื่องจากขาดออกซิเจนอย่างเห็นได้ชัด เช่น อาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบถี่ ปวดศีรษะ หัวใจเต้นแรง และมีจังหวะเร็วกว่าปกติ เป็นต้น อย่างไรก็ตามร่างกายก็พยายามจะปรับระดับฮีโมโกลบินให้สูงขึ้น โดยสามารถเปลี่ยนเมธฮีโมโกลบินไปเป็นฮีโมโกลบินได้ โดยในเม็ดเลือดแดงของผู้ใหญ่จะมีเอนไซม์เอ็นเอดีเอช เมธฮีโมโกลบินรีดักเทส (NADH-methaemoglobin reductase) ซึ่งสามารถเปลี่ยนเมธฮีโมโกลบินให้กลับเป็นฮีโมโกลบินอย่างเดิมได้ เนื่องจากความเป็นพิษในเด็กจะรุนแรงกว่าในผู้ใหญ่ ดังนั้นควรจะระวังพิษของไนเตรตและไนไตรต์ที่ปะปนในอาหารและน้ำดื่มที่ใช้เลี้ยงเด็กทารก ควรจะให้มีปริมาณไนเตรตให้น้อยที่สุด ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้กำหนดปริมาณไนเตรตในน้ำดื่มไม่ควรเกิน 10 ppm.

นอกจากนี้ไนไตรต์ยังทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารประกอบเอมีน(amines) โดยเฉพาะพวก dimethylamine diethylamine และ pyperidine ในสภาวะที่เป็นกรดสูง เช่น ในกระเพาะอาหารของมนุษย์และสัตว์ เกิดเป็นสารประกอบ nitrosodimethylamine, nitrosodiethylamine และ

nitrosopyperidine ตามลำดับ ซึ่งสารเหล่านี้เรียกว่า "สารประกอบไนโตรไซ" (nitroso-compounds) หรือ "ไนโตรซามีน" (nitrosamine) ดังที่แสดงในภาพที่ 1 ซึ่งจัดว่าเป็นพิษต่อร่างกายอย่างรุนแรงเพราะเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) ทำให้เกิดมะเร็งตับ ไต หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร กระเพาะปัสสาวะ และระบบทางเดินหายใจเป็นต้น และอาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่าง ๆ ทางพันธุกรรมทั้งนี้เนื่องจากไนเตรตสามารถถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายได้ กระทรวงสาธารณะสุขจึงได้มีประกาศการกำหนดปริมาณไนเตรตในอาหารไม่ควรสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนไนไตรต์นั้นเนื่องจากตัวมันเองเป็นพิษต่อร่างกายโดยตรงระดับปริมาณไนไตรต์ในอาหารจึงถูกกำหนดให้ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สารต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดมะเร็งหรือส่งเสริมให้เกิดโรคมะเร็งนั้น เป็นเพียงส่วนหนึ่งที่จะทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ซึ่งร่างกายต้องได้รับเข้าไป อย่างสม่ำเสมอ เป็นเวลานานและสิ่งที่สำคัญคือ การที่จะเป็นมะเร็งได้นั้น ขึ้นอยู่กับภูมิต้านทานต่อการเกิดมะเร็งของแต่ละบุคคลซึ่งมีไม่เท่ากัน อีกทั้งยังต้องอาศัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเกิดโรคอีกด้วย

ผลต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ

การค้นคว้าด้านโภชนาการของสัตว์เลี้ยง ชี้ให้เห็นว่า สัตว์ทดลองที่ได้รับไนเตรต หรือไนไตรต์มากจะมีความผิดปกติ ดังต่อไปนี้

1. สัตว์มีอาการขาดวิตามินเอ เนื่องจากความเป็นพิษของไนเตรตที่มีต่อเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของวิตามินเอ นอกจากนั้นไนไตรต์ยังทำลายแคโรทีน ในขณะที่สารดังกล่าวอยู่ในระบบทางเดินอาหารอีกด้วย

2. สัตว์มีความต้องการไอโอดีนมากขึ้น แต่เดิมเคยต้องการเพียง 35 ppb. หากร่างกายได้รับไนเตรตมาก ๆ ความต้องการไอโอดีนของสัตว์จะเพิ่มเป็น 200 ppb.

3. ไนไตรต์ยังอาจเป็นสาเหตุของความผิดปกติในร่างกายอีกหลายประการ เช่น หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติ

4. ไนไตรต์ทำปฏิกิริยากับเอมีน ในร่างกายได้ ไนโตรซามีน(nitrosamine) ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นสารชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดมะเร็งในสิ่งมีชีวิต

ปุ๋ยเคมี (Fertilizer)

ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ เป็นปุ๋ยที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น เป็นสารอนินทรีย์ซึ่งมักจะประกอบไปด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชและมักขาดแคลนในดินมักมีธาตุอาหารมากกว่าปุ๋ยอินทรีย์ 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

ประเภทของปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. ปุ๋ยเดี่ยวหรือแม่ปุ๋ย เป็นปุ๋ยที่มีธาตุปุ๋ยไม่ครบ 3 ธาตุ เช่น ปุ๋ยยูเรียซึ่งมีไนโตรเจนเพียงธาตุเดียว ปุ๋ยดินประสิวซึ่งมีไนโตรเจนและโปแทสเซียม ปุ๋ยกลุ่มนี้มักจะถูกนำมาผสมกันเป็นปุ๋ยผสม แต่บางครั้งอาจถูกนำมาใช้โดยตรงเพื่อปรับปรุงการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งต้องใช้อย่างระมัดระวัง

2. ปุ๋ยผสม เป็นปุ๋ยที่มีธาตุปุ๋ยครบ 3 ธาตุ โดยเป็นผลจากการผสมปุ๋ยเดี่ยวหลายชนิดเข้าด้วยกัน แบ่งตามสูตรปุ๋ยได้เป็น 4 ประเภท คือ

2.1 ปุ๋ยสูตรเสมอ คือ ปุ๋ยที่มีธาตุทั้ง 3 ชนิด ในปริมาณที่เท่ากันเพื่อให้พืชเจริญเติบโตตามปกติ ไม่ต้องการเร่งส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชโดยเฉพาะ เช่นปุ๋ยสูตร 15-15-15,20-20-20 เป็นต้น

2.2 ปุ๋ยหน้าสูง คือ ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนมากกว่าธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโปแทสเซียม ใช้เมื่อต้องการเร่งการเจริญเติบโตทางต้น มักให้ในระยะต้นกล้า จะทำให้พืชมีใบเขียวขึ้น ต้นเจริญเติบโตขึ้น เช่นปุ๋ยสูตร 30-20-10,20-10-10 เป็นต้น

2.3 ปุ๋ยสูตรกลางสูง คือ ปุ๋ยที่มีธาตุฟอสฟอรัสมากกว่าธาตุไนโตรเจน และธาตุโปแทสเซียม ใช้เมื่อต้องการเร่งการเจริญเติบโตทางราก หรือเร่งให้ออกดอกเร็วขึ้นเช่น ปุ๋ยสูตร 15-30-15,12-24-12 เป็นต้น

2.4 ปุ๋ยหลังสูง คือ ปุ๋ยที่มีธาตุโปแทสเซียมมากกว่าธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส ใช้เร่งสีให้เข้มขึ้น หรือเพิ่มความหวานให้มากขึ้น เช่นปุ๋ยสูตร 12-12-27,10-20-30 เป็นต้น

นอกจากนี้ปุ๋ยผสมยังแบ่งตามลักษณะ เป็น 3 กลุ่มย่อย คือ

ก ปุ๋ยเม็ด เป็นปุ๋ยที่มักใช้คลุกเคล้าดินกับธาตุปุ๋ย จากการผสมปุ๋ยเดี่ยวหลายชนิดเข้าด้วยกัน เป็นปุ๋ยที่ปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชได้ค่อนข้างรวดเร็วตามการละลายของเม็ดปุ๋ย ซึ่งมีขนาดต่าง ๆ กัน ปุ๋ยเม็ดนี้มักมีราคาถูก เป็นที่นิยมใช้โดยทั่วไป มักใส่ให้พืชทุก 1-4 สัปดาห์

ข ปุ๋ยเม็ดละลายช้า เป็นปุ๋ยที่ได้จากการผสมของปุ๋ยเดี่ยวหลายชนิดเข้าด้วยกันโดยปั้นให้เป็นเม็ด แล้วเคลือบผิวด้วยสารที่ยอมให้น้ำผ่านเข้าไปภายในได้ทีละน้อย ทำให้ปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชได้อย่างต่อเนื่อง 3-12 เดือน ปุ๋ยเม็ดละลายน้ำนี้มักมีราคาแพง จึงใช้กันในวงจำกัด เฉพาะในพื้นที่ปลูกพืชเป็นเวลานาน แต่มีแรงงานการดูแลให้ปุ๋ยไม่เพียงพอ

ค ปุ๋ยเกร็ด เป็นปุ๋ยที่มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง สามารถละลายน้ำได้ดี เกิดจากการนำปุ๋ยเดี่ยวคุณภาพสูงมาคลุกเคล้ากัน ซึ่งจะมีการเพิ่มวิตามินบี และสารควบคุมการเจริญเติบโตเข้าไปด้วย ปุ๋ยกลุ่มนี้ต้องละลายน้ำก่อนแล้วรดให้แก่พืช หรือผสมไปกับระบบการให้น้ำก็ได้ ปุ๋ยกลุ่มนี้อาจถูกเรียกว่าปุ๋ยใบ เพราะพืชดูดไปใช้ได้ทั้งทางรากและใบ มักนิยมใช้กับกล้วยไม้ หรือพืชที่ต้องการปุ๋ยอย่างเร่งด่วน

สมบัติที่สำคัญของปุ๋ยเคมี

อ้างอิงตามมุกดา(2543) สมบัติสำคัญของปุ๋ยเคมีได้แก่

1. การเปียกชื้นของปุ๋ยเคมี (hygroscopicity)

ปุ๋ยเคมีชนิดของแข็งแต่ละชนิดจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 1-3 ไม่มีการจับตัวกันเป็นก้อนแข็งในขณะเก็บรักษาและนำไปใช้ประโยชน์ แต่ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤติเฉพาะ (critical relative humidity) ซึ่งค่านี้จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของอากาศ ดังนั้นจึงได้กำหนดค่าวิกฤตินี้ที่ 30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ค่าวิกฤตินี้จะลดลง ซึ่งหมายความว่าปุ๋ยนี้จะชื้นง่ายขึ้น ในทางกันข้ามถ้าอุณหภูมิต่ำลง ค่าวิกฤติจะสูงขึ้น ปุ๋ยก็จะไม่ดูดความชื้นจากอากาศและมีสภาพแห้งเป็นปกติ

2. การจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี(caking)

การจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี เกิดจากการที่ปุ๋ยแต่ละเม็ดหรือแต่ละอนุภาคเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนที่มีขนาดต่าง ๆ หรือมีขนาดใหญ่ขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยทั่วไปปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี คือ

(1) การเกิดการตกผลึกแข็งตัวขึ้นใหม่ของสารระเหยเข้มข้นตรงจุดสัมผัสระหว่างเม็ดปุ๋ยแต่ละเม็ด

97105

(2) ความดันหรือน้ำหนักการกดทับของปุ๋ยเคมีที่เก็บรักษาในกระสอบ

(3) ระยะเวลาการเก็บรักษา

(4) ปัจจัยอื่น ๆ เช่น ขนาดและรูปร่างของเม็ดปุ๋ย อนุภาคปุ๋ย องค์ประกอบของตัวปุ๋ย เป็นต้น

3. ดัชนีความเค็มของปุ๋ยเคมี (salt index)

ดัชนีความเค็มของปุ๋ยเคมี คือ สมบัติเฉพาะตัวของปุ๋ยเคมีเมื่อใส่ลงไปในดินแล้วทำให้สารละลายในดินมีความเข้มข้นที่จะทำให้เกิดความดันแบบออสโมซีส (osmotic pressure) สูง และจะดึงดูดความชื้นไปจากดินและพืช ซึ่งจะทำให้พืชแห้งและเหี่ยวได้

4. ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยเคมี (apparent specific gravity)

ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยเคมีชนิดของแข็งคือ ค่าที่ได้จากน้ำหนักปุ๋ยหารด้วยน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันที่ระดับอุณหภูมิ 40 องศาฟาเรนไฮต์ มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทั่วไปปุ๋ยเคมีชนิดต่าง ๆ มีค่าความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของเม็ดปุ๋ย

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

ปุ๋ยแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันเมื่อนำไปใส่ในดินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาในดิน หรือความเป็นกรด-ด่างของดินเปลี่ยนแปลงไป ปุ๋ยเคมีที่มีผลตกค้างทำให้ดินเป็นกรดมาก ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ที่อยู่ในรูปแอมโมเนียม ส่วนปุ๋ยเคมีที่มีผลตกค้างเป็นด่าง ได้แก่ ปุ๋ยที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก และปุ๋ยที่ไม่มีผลตกค้างเป็นกรดหรือด่างในดิน ได้แก่ ปุ๋ยโปแทสเซียมคลอไรด์ โปแทสเซียมซัลเฟต ซุปเปอร์ฟอสเฟต เป็นต้น

หลักการใช้ปุ๋ยเคมี

(ยงยุทธ, 2541)อธิบายว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพอย่างเต็มที่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ และถ้าพิจารณาเกี่ยวกับการใช้กับพืช ผู้ใช้จะต้องพิจารณาหลักเกณฑ์ 5 ประการ ดังนี้

1. การใช้ชนิดปุ๋ยที่ถูกต้อง

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

2. การใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

การใช้ปุ๋ยจะต้องพิจารณาปริมาณการใช้ต่อพื้นที่อย่างเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดด้วยโดยคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในแง่ของปริมาณที่พืชควรจะได้รับเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดและเหมาะสมในแง่ของหลักเศรษฐกิจ

3. การใส่ให้กับพืชในระยะที่เหมาะสม

พืชแต่ละชนิดจะมีช่วงระยะเวลาที่ต้องการธาตุอาหารมากที่สุดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและความยาวของอายุพืช โดยหลักการแล้วมักจะใส่ปุ๋ยเคมี 3 ระยะ คือ ระยะปลูกหรือก่อนปลูกพืชเล็กน้อย ระยะที่พืชกำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และระยะที่พืชกำลังออกดอก

4. การเคลื่อนย้ายของธาตุปุ๋ยเคมีในดิน

เนื่องจากธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปในดินนั้น มีความสามารถในการละลายหรือเคลื่อนย้ายในดินแตกต่างกัน ดังนั้นควรใส่ปุ๋ยเคมี ณ ตำแหน่งที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดและรวดเร็วที่สุด

5. วิธีการใส่ปุ๋ยเคมี

วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีมีวิธีการหลัก ๆ 4 วิธี ดังนี้

5.1 การใส่แบบหว่าน (broadcasting) เป็นการหว่านปุ๋ยเคมีลงไปบนผิวดินให้ทั่วทุกจุดบนแปลงปลูกพืช

5.2 การใส่แบบเฉพาะจุดหรือเป็นแถบ (localized placement) เป็นการใส่ปุ๋ยหรือหยอดปุ๋ยเป็นจุด ๆ บริเวณใกล้ต้นพืชหรือโรยเป็นแถบหรือเป็นเส้นตามแถวของพืชโดยหยอดหรือโรยให้ห่างจากต้นพืชหรือเมล็ดที่ปลูกเพียงเล็กน้อย

5.3 การใส่แบบฉีดพ่นให้กับพืชโดยทางใบ(foliar application) การใส่ปุ๋ยแก่พืชทางใบโดยการฉีดปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ง่ายให้เป็นละอองน้ำจับที่ใบหรือส่วนของพืชที่อยู่เหนือดิน

5.4 การใส่ปุ๋ยในระบบชลประทาน (fertigation) เป็นการใส่ปุ๋ยโดยการละลายปุ๋ยในน้ำชลประทาน ที่จะให้กับพืชโดยทั้งทางผิวดินหรือเหนือผิวดิน

เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

กฤษณา(2521) ได้อธิบายเกี่ยวกับเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง หรือ Spectrophotometer ดังนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่นช่วงต่างๆ เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงมีหลายชนิด ขึ้นกับความละเอียดและช่วงความยาวแสงที่ใช้

หลักการทำงานของเครื่องวัดการดูดแสง

เมื่อผ่านลำแสงเข้าไปในเซลล์ที่บรรจุสารละลายจะเกิดการดูดกลืนแสงเป็นบางส่วนและพลังงานของแสงก็จะสูญเสียให้แก่สารละลายไปเป็นบางส่วน ซึ่งพลังงานของแสงที่ถูกถ่ายเทให้กับสารซึ่งถูกแสงผ่านจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลของสารนั้น และขึ้นอยู่กับช่วงคลื่นของลำแสงที่ผ่านด้วย

ส่วนประกอบของเครื่องดูดกลืนแสง

1. แหล่งกำเนิดพลังงาน (radiation source) แบ่งเป็นหลอดไฮโดรเจน (hydrogen lamp) ซึ่งให้แสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet light) และหลอดทังสะเตน (tungsten lamp) จะให้แสงวิสิเบิล (visible)
2. หน่วยจำแนกช่วงคลื่นของแสง (monochometer)ประกอบด้วยปริซึม(prism)หรือเกรติง(grating)เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงบางชนิดอาจใช้แผ่นแก้วกรองแสง(glass filter)
3. เซลล์สำหรับใส่สารละลาย (absorption cell หรือ cuvette)
4. เครื่องตรวจวัด (detector)ใช้ photocell

ประเภทของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสงชนิดลำแสงเดี่ยว (single Beam Spectrophotometer)

เครื่องวัดการดูดแสงชนิดลำแสงเดี่ยวเป็นเครื่องวัดการดูดแสงที่ธรรมดาที่สุด เมื่อลำแสงออกจากแหล่งกำเนิดแสงจะผ่านเข้าหน่วยจำแนกช่วงคลื่นของแสง ซึ่งจะควบคุมลำแสงให้พอเหมาะด้วยฝาปิด-เปิด(slit) หลังจากแยกช่วงคลื่นของแสงที่ต้องการออกมาแล้ว แสงจะตรงผ่านไปที่เซลล์ใส่สารละลาย ลำแสงของเซลล์ก็จะไปกระทบกับผนังของโฟโตเซลล์ ทำให้เกิดอิเล็กตรอนหลุดออกมา สเกลที่หน่วยตรวจวัดจะบอกในหน่วยค่าการยอมให้แสงผ่าน(transmittance) หรือค่าการดูดกลืน (absorbance) ในการใช้เครื่องมือชนิดนี้จะต้องดำเนินการให้เครื่องมืออ่าน 100 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สารที่เป็นตัวทำละลาย เช่น น้ำกลั่น ใส่เซลล์แล้วไปวางกั้นแสง หลังจากนั้นจึงนำเซลล์ที่บรรจุสารละลายของสารที่ต้องการวิเคราะห์ไปวัดค่าดูดกลืนแสง

2. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงชนิดลำแสงคู่ (double beam spectrophotometer)

เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงชนิดลำแสงคู่ถูกดัดแปลงให้มีการวัดค่าดูดกลืนแสงที่มีความแม่นยำดีขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงชนิด

20910

ลำแสงเดี่ยวได้ถูกกำจัดโดยสิ้นเชิง ในเครื่องวัดการดูดกลืนแสงชนิดลำแสงคู่ในเครื่องมือชนิดนี้เซลล์ที่ใส่สารละลายแบลงค์(blank)และเซลล์ที่ใส่สารละลายที่ต้องการวิเคราะห์จะถูกวัดพร้อมกัน ทั้งนี้สารละลายแบลงค์(blank) เป็นสารละลายที่ประกอบด้วยตัวทำละลายและสารละลายรีเอเจนต์ต่าง ๆ ที่ยังไม่ใส่สารที่เราต้องการวิเคราะห์ลงไป

การวัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลายแบลงค์ (Blank)

ค่าดูดกลืนแสงของสารจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารที่ทำให้ความเข้มข้นของสีในสารละลายแตกต่างกัน ถ้าให้ความยาวของเซลล์คงที่ ในทางปฏิบัติค่าดูดกลืนแสงของสารละลายที่วัดได้จะรวมถึงปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนโดยสารรีเอเจนต์(reagent) ที่เหลือหลังจากทำปฏิกิริยาและรวมถึงปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนโดยสารที่เป็นตัวทำละลาย รวมทั้งปริมาณของแสงที่หักเหหายไปอันเนื่องจากการกระทบกับผนังเซลล์ เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นดังกล่าวจึงต้องทำการวัดสารละลายแบลงค์ โดยเซลล์ที่ใส่สารละลายแบลงค์และเซลล์ที่ใส่สารละลายต้องเหมือนกัน ค่าดูดกลืนแสงที่ได้จากสารละลายแบลงค์นี้นำไปลบออกจากค่าดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีสารที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ ผลที่ได้จะเป็นค่าดูดกลืนแสงของสารที่มีสารที่ต้องการวิเคราะห์ที่แท้จริง

การเขียนเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (Standard curve)

เส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (Standard curve) จะต้องทำขึ้นสำหรับใช้ในการหาความเข้มข้นของสารในสารตัวอย่าง โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารมาตรฐานและค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ของแต่ละความเข้มข้นมาเขียนเป็นเส้นกราฟซึ่งจะเป็นเส้นตรง

ประโยชน์ของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

1. ใช้วิเคราะห์หาปริมาณของสารในสารละลายได้
2. ใช้วิเคราะห์สารและศึกษาสมบัติของสารละลายในการดูดกลืนแสง เช่น ใช้ในการทำสเปกตรัม และ ทดสอบความบริสุทธิ์ของสาร
3. ใช้ศึกษาจลนศาสตร์ของเอนไซม์ได้ ถ้าตัวทำปฏิกิริยามีสมบัติในการดูดแสงต่างจากผลของปฏิกิริยา

หอสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ในการปลูกผัก
    - กระถางสำหรับปลูกพืชขนาด 10x10 นิ้ว
    - ดิน ตราสีดา
    - ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15
    - เมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้ง
    - เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการเกษตร เช่น ช้อนพรวน บัวรดน้ำ เป็นต้น
2. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
    - เครื่องปั่น (blender)
    - เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (balance)
    - เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)ยี่ห้อ MILTON ROY รุ่น Genesis II
    - เครื่องผสมสารให้เข้ากัน (vortex mixer)
    - อ่างควบคุณอุณหภูมิ (water bath)
    - ตู้อบ (hot air oven)
    - แท่งแก้ว (stirring rod)
    - กรวยแก้ว (funnel)
    - บีกเกอร์ (beaker)
    - ใยแก้ว (glass wool)
    - หลอดทดลอง (test tube)
    - ขาตั้ง (stand)
    - ปิเปต (pipette)
    - กระดาษกรองเบอร์ 42 (filter paper No.42)
    - อะลูมิเนียมฟลอยด์ (aluminium foil)
    - ขวดรูปชมพู่ (conical flask)
    - ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask)
    - ขวดสีชา (amber bottle)

3. สารเคมี

- distilled water
- hydrochloric acid
- N- 1 –naphthyl ethylene diamine dihydrochloride
- salicylic acid
- sodium hydroxide
- sulfanilamide
- sulfuric acid

วิธีการ

1. สถานที่ดำเนินการ

1.1 ซื้อผักคะน้าจากตลาดหัวตะเข้

1.2 ปลูกผักคะน้าในพื้นที่ด้านหน้าโรงเรือนเพาะชำของภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

2.1 การตรวจวิเคราะห์ไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ซื้อจากตลาดหัวตะเข้ ดำเนินการทดลองระหว่าง เดือนสิงหาคม - พฤศจิกายน 2548

2.2 การตรวจวิเคราะห์ไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ปลูกในแปลงทดลองหน้าโรงเรือนเพาะชำของภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม 2548

3.วิธีการปลูกผักคะน้าและการสุ่มเก็บตัวอย่าง

3.1 วิธีการปลูกผักคะน้าและการสุ่มเก็บตัวอย่าง

ทำการปลูกผักคะน้าโดยที่ใช้กระถางขนาด 10X10 นิ้ว จำนวน 30 กระถางบรรจุดินร่วนลงในกระถาง จนเกือบเต็มและเกลี่ยหน้าดินให้เรียบเสมอกัน จัด วางกระถางเป็น 3 แถว แถวละ 10 กระถาง ทำการหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้งลงดินในกระถางที่เตรียมไว้กระถางละ 3 – 5 เมล็ด แล้วกลบดินให้หนาประมาณ 0.5 ซม. รดน้ำให้ทั่วทุกกระถาง ถอนต้นกล้าให้เหลือกระถางละ 5 ต้นเมื่อต้นกล้าอายุ 15 วัน ปฏิบัติดูแลรักษาโดยรดน้ำวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) กำจัดวัชพืชโดยการถอนทิ้ง กำจัดแมลงศัตรู

รบกวนโดยการเก็บทำลายและฉีดพ่นด้วยสารสกัดจากสะเดาชนิดน้ำ และใส่ปุ๋ยทุก ๆ 7 วัน ใส่ปุ๋ยครั้งสุดท้ายเมื่อผักอายุได้ 43 วัน

3.2 การสุ่มเก็บตัวอย่างและการตรวจวิเคราะห์

3.2.1 ซื้อผักคะน้าจากตลาดหัวตะเข้โดยสุ่มซื้อจากแม้ค้าจำนวน 3 คน

3.2.2 เก็บผักคะน้าทุกต้นจากแปลงทดลองเมื่อผักคะน้าอายุ 45 วัน

3.2.3 สุ่มเก็บผักคะน้าจากข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 แล้วนำผักคะน้ามาทำการสกัดเพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บรักษาในตู้เย็น 1, 3, 5, 7, 9, 11 ,13 และ 15 วัน

4. การเตรียม reagent และสารละลายมาตรฐาน

4.1 การเตรียม reagent

- NED reagent : ละลาย N—naphthyl ethylene diamine dihydrochloride 0.3 กรัม ใน 0.12 N HCL 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา
- Sulfanilamide reagent : ละลาย sulfanilamide 0.5 กรัม ใน 2.4 N HCL 100 มิลลิลิตรเก็บไว้ในขวดสีชา
- Salicylic acid : ละลาย salicylic acid 5 มิลลิกรัม ใน H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 100 มิลลิลิตรเก็บไว้ในขวดสีชา
- Sodium hydroxide 4M :ละลาย NaOH 160 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

หมายเหตุ ; reagent ทุกตัวต้องเก็บไว้ในขวดสีชาแล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรต ($NaNO_3$)

- Stock solution : ละลาย $NaNO_3$ ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaNO_3$ เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
- Intermediate solution : ใช้ pipette ดูด stock solution จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่ในvolumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 250 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
- Working solution : ใช้ pipette ดูด intermediate solution จำนวน 2.5,3.5,4.5,5.5,6.5,7.5และ8.5 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50

มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 5,7,9,11,13,15 และ17ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

4.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ ($NaNO_2$)

- 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
- Intermediate solution : ใช้ pipette ดูด stock solution จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร
- Working solution : ใช้ pipette ดูด intermediate solution จำนวน 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6และ 0.7 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับ,ปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6และ0.7 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร

5. การสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (standard curve) ของไนเตรตและไนไตรต์

5.1 การสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนเตรต

- ใช้ pipette ดูด working standard solution $NaNO_3$ เข้มข้น 5,7,9,11,13,15 และ 17 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่วนหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น เติม 4% Salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- เติม4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20นาที
- นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงแล้วสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง standard curve จากค่าดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm

5.2 การสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนไตรต์

-ใช้ pipette ดูด working standard solution $NaNO_2$ เข้มข้น 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6และ0.7ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น

- เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
- เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า
- นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงแล้วสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นจากค่าดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้น ของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm

6. วิธีการตรวจวิเคราะห์

6.1 วิธีการสกัดแยกไนเตรตและไนไตรต์จากผักคะน้า

หั่นผักคะน้าเป็นชิ้นเล็กๆแล้วชั่งให้ได้ 10±0.5กรัม ใส่ในโถปั่น เติมน้ำกลั่นในโถปั่น จำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วปั่นผักให้ละเอียด เทผักที่ปั่นละเอียดแล้วลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 150 มิลลิลิตร แล้วนำไปตั้งบนอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ยกออกจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ แล้วคนด้วยแท่งแก้วอีกประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 จะได้สารละลายที่ใส นำสารละลายที่กรองได้ไปพัฒนาสีแล้วตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง

6.2 พัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณ

6.2.1 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต

ใช้ pipette ดูดสารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติม 4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาทีนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง และหาปริมาณความเข้มข้นของไนเตรตจากเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนเตรต โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 410 nm

6.2.2 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์

ใช้ pipette ดูดสารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 2 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติม N- 1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงและหาปริมาณความเข้มข้นของไนไตรต์จากเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนไตรต์ โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm

7. การคำนวนปริมาณไนเตรต/ไนไตรต์ทั้งหมดจากสารสกัดตัวอย่างผัก

นำค่าความเข้มข้นของไนเตรต/ไนไตรต์ที่ได้จากเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง มาคำนวณหาปริมาณการตกค้างดังนี้

$$N = xa / mv$$

N = ปริมาณไนเตรต/ไนไตรต์ หน่วยเป็น ไมโครกรัม/กรัม

x = ปริมาณน้ำกลั่นทั้งหมดที่ใช้สกัด หน่วยเป็นมิลลิลิตร

a = ค่าความเข้มข้นของไนเตรต/ไนไตรต์ที่ได้จากเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงหน่วยเป็นไมโครกรัม

m = ปริมาณผักที่นำมาสกัด หน่วยเป็นกรัม

v = ปริมาตรของสารสกัดที่ใช้ในการพัฒนาสีเพื่อนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงโดยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง หน่วยเป็น มิลลิลิตร

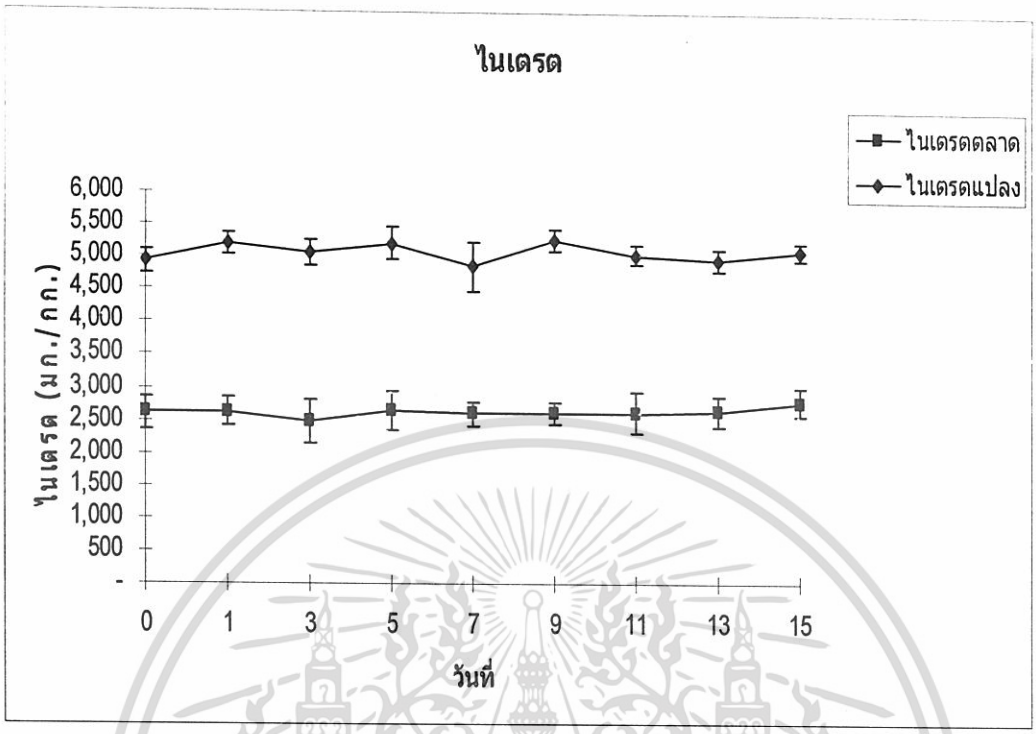
ผลการทดลอง

ผักคะน้าที่ซื้อจากตลาดมีความอวบ สด และสีสดใสน้อยกว่าผักคะน้าจากแปลงทดลอง การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและแปลงทดลอง พบว่า ผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดในวันที่ซื้อจากตลาดและวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11 ,13 และ 15 วัน หลังจากเก็บรักษาในตู้เย็น มีปริมาณไนเตรตเท่ากับ 1812.29, 2762.93, 2278.20, 2894.90, 2846.93, 2198.63, 2817.86, 2300.58 และ 3517.80 มก./กก.ตามลำดับ ผักคะน้าจากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 วันหลังจากเก็บรักษาในตู้เย็นมีปริมาณไนเตรตเท่ากับ 4255.73, 4512.80, 5135.13, 5526.96, 4327.73, 5257.49, 4925.96, 4655.53 และ 4941.76 มก./กก. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1 และผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดในวันที่ซื้อจากตลาดและวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11 ,13 และ 15 วัน หลังจากเก็บรักษาในตู้เย็นมีปริมาณไนไตรต์เท่ากับ 0.65, 0.36, 0.26, 0.58, 0.61, 0.17, 0.50, 0.52 และ 0.78 มก./กก. ตามลำดับ ผักคะน้าจากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 และ 15 วันหลังจากเก็บรักษาในตู้เย็นมีปริมาณไนไตรต์เท่ากับ 0.33, 0.44, 0.95, 0.12, 0.40, 0.32, 0.50, 0.38 และ 0.51 มก./กก. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 2 เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดมีความแตกต่างกับปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากแปลงทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและในแปลงทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ดังแสดงในตารางที่ 2 ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในแต่ละวันตั้งแต่วันที่ซื้อ/วันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บรักษาในตู้เย็น 1-15 วันในผักคะน้าที่ซื้อจากตลาด/จากแปลงทดลองพบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางที่1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและแปลงทดลองในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยว และหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน

วันที่	ปริมาณไนเตรต(มก./กก.)		ทดสอบความแตกต่างด้วย F-test
	ผักคะน้าจากตลาด	ผักคะน้าจากแปลงทดลอง	
0[1/]	1812.29	4255.73	*
1	2762.93	4512.80	*
3	2278.20	5135.13	*
5	2894.90	5526.96	*
7	2846.93	4327.73	*
9	2198.63	5257.49	*
11	2817.86	4925.96	*
13	2300.58	4655.53	*
15	3517.80	4941.76	*
ทดสอบความแตกต่างด้วย F-test	ns	ns	-

- [1/] วันที่ซื้อจากตลาดสด/ในวันที่เก็บเกี่ยว
- * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
- ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

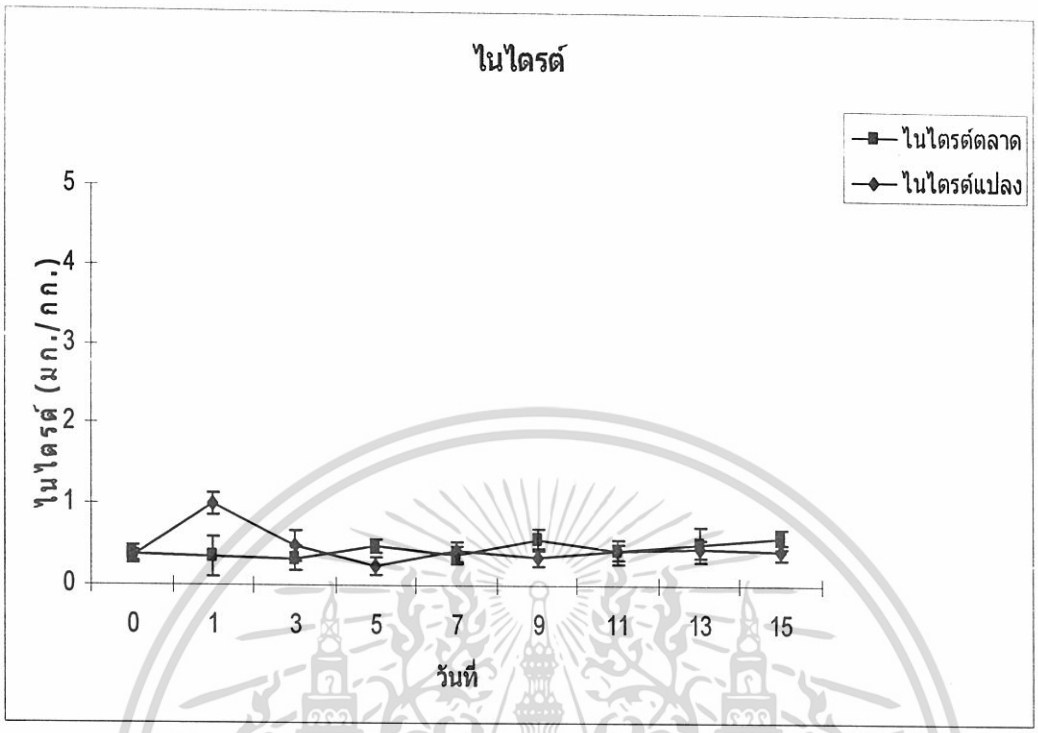


ภาพที่ 1 ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและแปลงทดลองในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยว และหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน

ตารางที่2. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและแปลงทดลองในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยว และหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน

วันที่	ปริมาณไนไตรต์(มก./กก.)		ทดสอบความแตกต่างด้วย F-test
	ผักคะน้าจากตลาด	ผักคะน้าจากแปลงทดลอง	
0[1/]	0.65	0.33	ns
1	0.36	2.12	ns
3	0.26	0.95	ns
5	0.58	0.12	ns
7	0.61	0.40	ns
9	0.17	0.32	ns
11	0.50	0.50	ns
13	0.52	0.38	ns
15	0.78	0.51	ns
ทดสอบความแตกต่างด้วย F-test	ns	ns	-

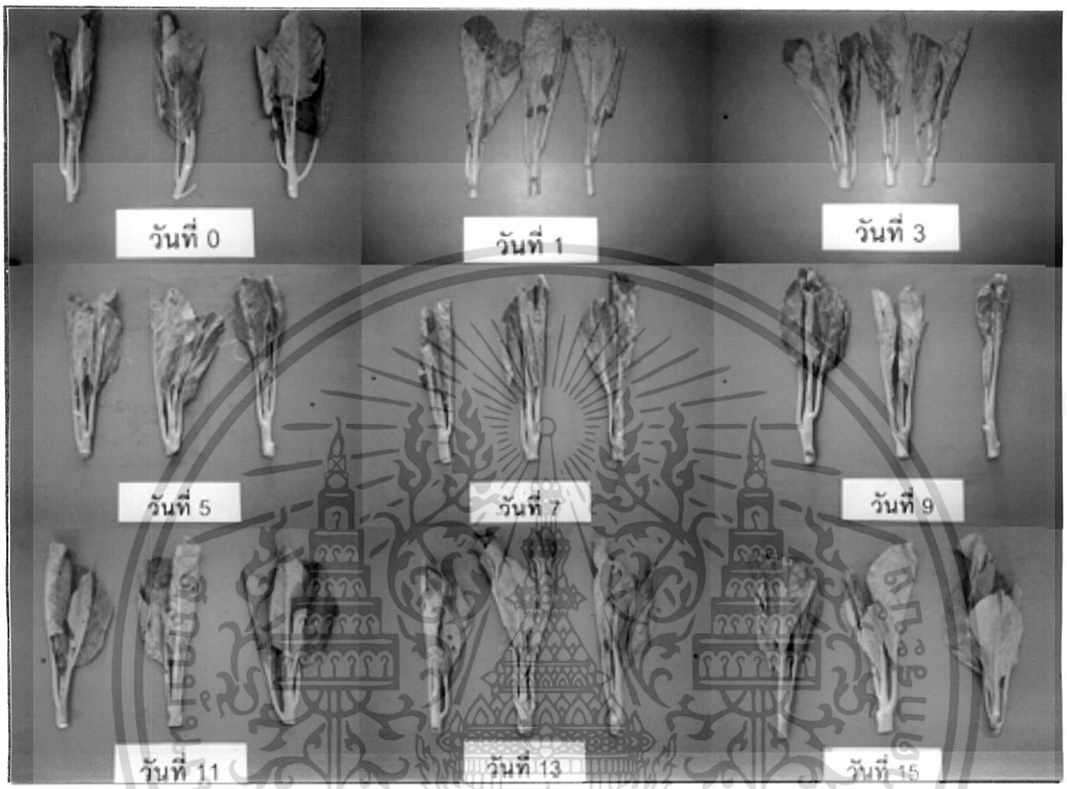
- [1/] วันที่ซื้อจากตลาดสด/ในวันที่เก็บเกี่ยว
- * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99%
- ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99%



ภาพที่ 2 ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและแปลงทดลองในวันที่ซื้อจากตลาด/วันที่เก็บเกี่ยว และหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็น 1-15 วัน

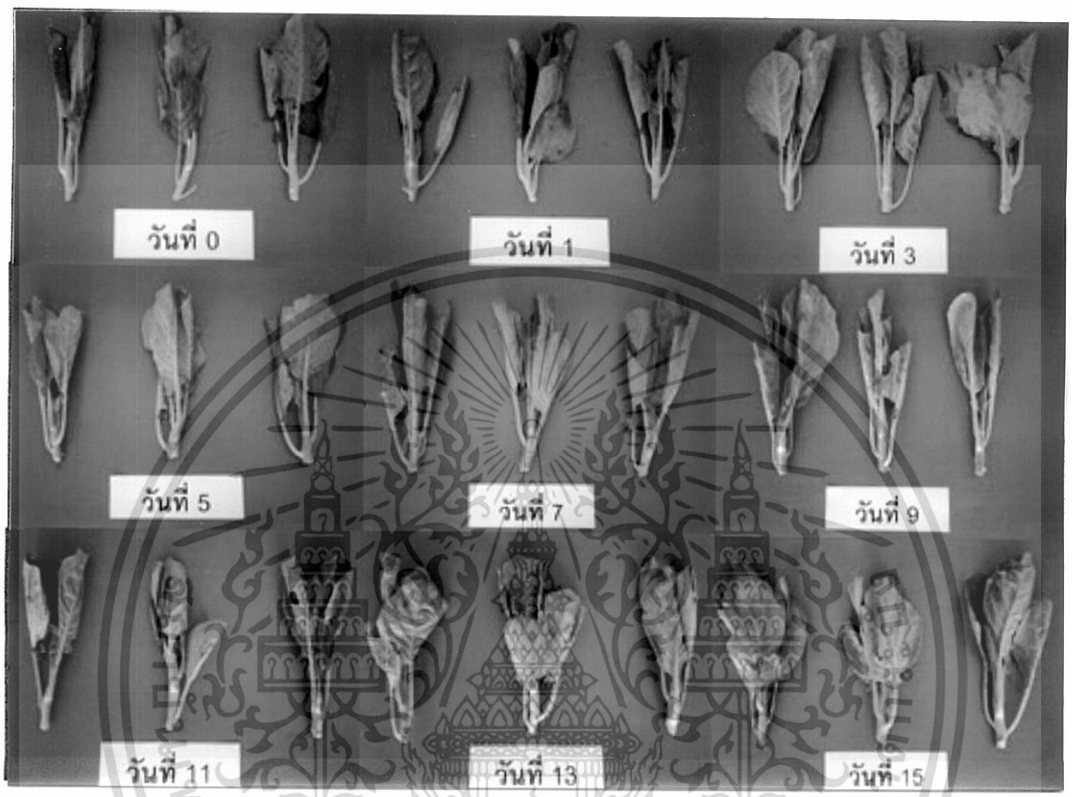
ภาพที่ 3 ผักคะน้าจากตลาด

ภาพที่ 4 ผักคะน้าจากแปลงทดลอง



ภาพที่ 5 ผักคะน้าในวันที่ซื้อจากตลาดและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ภาพที่ 6 ผักคะน้าจากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วันหลังการเก็บเกี่ยว

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากตลาดต่ำกว่าผักคะน้าจากแปลงทดลองอาจเนื่องมาจากผักคะน้าจากตลาดเป็นผักที่เก็บเกี่ยวมาหลายวันแล้วโดยไม่มีการเก็บรักษาไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งอาจมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และมีการนำไนเตรตไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ต่าง ๆ ทำให้ปริมาณไนเตรตลดลง นอกจากนี้การทดลองนี้ผักคะน้าที่ปลูกในแปลงทดลองมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรียในปริมาณสูงซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณไนเตรตสูงกว่าผักคะน้าที่ซื้อจากตลาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผักคะน้าที่เก็บรักษาในตู้เย็นแล้วมีปริมาณไนเตรตเปลี่ยนแปลงน้อยทั้งในผักคะน้าที่ซื้อจากตลาดและจากแปลงทดลอง แสดงว่าการเก็บรักษาผักคะน้าในที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนเตรตน้อย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่จำหน่ายในตลาดสดและจากแปลงทดลองพบว่า ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดมีปริมาณไนเตรตต่ำกว่าผักคะน้าจากแปลงทดลองและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนไนไตรต์ในผักคะน้าที่จำหน่ายในตลาดสดและจากแปลงทดลองมีค่าใกล้เคียงกันและแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การเก็บรักษาผักไว้ในตู้เย็นทำให้ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในแต่ละวันแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผักมีความกรอบสด กรอบ น่ารับประทานแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาผักคะน้าไว้ในตู้เย็นแม้จะทำให้ผักคะน้าคงความสดไว้ แต่ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ก็ไม่ได้ลดลง แต่อย่างไรก็ตามผู้ที่ชอบรับประทานผักเป็นอาหารก็ไม่ควรกังวลเพราะในผักมีวิตามินอี และวิตามินซี ซึ่งเป็นตัวยับยั้งการสร้างไนโตรซามีน ทำให้เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งน้อยกว่าการบริโภคอาหารพวก cured meat เช่น ไส้กรอก แฮม เบคอน เป็นต้น ทั้งนี้ข้อมูลจากการทดลองพบว่าผักที่ซื้อจากตลาดอาจจะปลอดภัยจากไนเตรตและไนไตรต์มากกว่าผักจากแปลงทดลองเพราะมีปริมาณไนเตรตอยู่ในระดับที่ปลอดภัยกว่าผักจากแปลงทดลองซึ่งปลูกผักคะน้าโดยการใส่ปุ๋ยยูเรียในปริมาณสูงและใส่บ่อยทุก 7 วัน

บรรณานุกรม

เกษตรยั่งยืน. 2534. เกษตรกรรมกับธรรมชาติ. เอกสารวิชาการ, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองบรรณาธิการฐานเกษตรกรรม. 2541. รวมเรื่องผักในฐานเกษตรกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี 90 หน้า.

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

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

ไมตรี สุทธิจิตต์. 2531. สารพิษรอบตัวเรา. โรงพิมพ์ดาว คอมพิวกราฟิค, กรุงเทพมหานคร. 250 หน้า.

เมืองทอง ทวนทวี. 2532. สวนผัก. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ทั่งสัว, กรุงเทพมหานคร. 317 หน้า.

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

ยงยุทธ โอสถสภา. 2524. ไนเตรตในต้นพืชกับสุขภาพของผู้บริโภค. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 13 หน้า.

ลักขณา อมรสิน. 2534. อนุมูลพิษ ในพิษวิทยาวิเคราะห์. ภาควิชาเภสัชวิทยา, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์. หน้า 37-39.

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.

ลักขณา อมรสิน, ภัญชนา มีแก้วกุญชร, จรงศักดิ์ พุมนวน. 2544. การปลูกผักกวางตุ้งให้ได้ผลผลิตสูงสุดและลดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 9(2):19-24.

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

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

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2537. หลักการผลิตผัก. สำนักพิมพ์รั้วเขียว. โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซท:112-130.

สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค. 2535. หนังสือรวบรวมบทความเผยแพร่ความรู้เรื่องการคุ้มครองผู้บริโภค. สำนักพิมพ์สามเจริญพาณิชย์, กรุงเทพมหานคร. 35 หน้า.

Andrade, R., O. Viana, C., G. Guadegnin, S., G.R.Reyes, F., Rath,S. 2002.A flow injection spectrophotometric method for nitrate and nitrite determination through nitric oxide generation. Food chemistry. 80(2003):597-602.

Binkered, E.F., &Kolari, O.E. 1975. The history and use of nitrite and nitrate in the curing of meat. Food and Cosmetics Toxicolcgy. 13, 655-661.

Leoppsky R.N.,Yen T. Bao.,Jaeyong Bae.,Li Yu., and Shelin G., "Blocking Nitrosamine Formation; Understanding of Chemistry of Rapid Nitrosation "In Leoppsky R.N., and Related N-Nitroso Compounds; Chemistry and Biochemistry., ACS symposium Series 553. American Chemical Society. Washington DC., 1994.pp.52-56.

Wang, G. F., Horita, K., and Masatada. S. 1998. Simultaneous Spectrophotometric Determination of Nitrate and Nitrite in water and some vegetable samples by Column Preconcentration. Microchemical Journal. 58, 162-174.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าในวันที่ซื้อจากตลาดและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน

วัน	ปริมาณไนเตรต (มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
0	1,812.30	3,252.14	2,745.70	7,810.14	2,603.38
1	2,762.93	2,855.81	2,280.45	7,899.19	2,633.06
3	2,278.20	2,507.30	2,657.01	7,442.51	2,480.84
5	2,894.90	2,739.10	2,297.23	7,931.23	2,643.74
7	2,846.94	2,294.53	2,675.44	7,816.91	2,605.64
9	2,198.64	3,077.37	2,543.92	7,819.92	2,606.64
11	2,817.87	2,394.41	2,692.65	7,904.93	2,634.98
13	2,300.59	2,888.63	2,757.69	7,946.91	2,648.97
15	3,517.80	2,378.23	2,493.39	8,389.43	2,796.48

ตารางวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าในวันที่ซื้อจากตลาดและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15

Descriptives

VAR00002

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95 % Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
.00	3	2603.3800	730.3944	421.6934	788.9796	4417.7804
1.00	3	2633.0633	308.8831	178.3338	1865.7551	3400.3716
3.00	3	2480.8367	190.7865	110.1506	2006.8968	2954.7766
5.00	3	2643.7433	310.0355	178.9991	1873.5724	3413.9143
7.00	3	2605.6367	282.7430	163.2417	1903.2642	3308.0091
9.00	3	2606.6433	442.7101	255.5988	1506.8904	3706.3963
11.00	3	2634.9767	217.5414	125.5976	2094.5739	3175.3794
13.00	3	2648.9700	308.7277	178.2440	1882.0479	3415.8921
15.00	3	2796.4733	627.3353	362.1922	1238.0861	4354.8606
Total	27	2628.1915	356.4866	68.6059	2487.1701	2769.2129

Descriptives

VAR00002

	Minimum	Maximum
.00	1812.30	3252.14
1.00	2280.45	2855.81
3.00	2278.20	2657.01
5.00	2297.23	2894.90
7.00	2294.53	2846.94
9.00	2198.64	3077.37
11.00	2394.41	2817.87
13.00	2300.59	2888.63
15.00	2378.23	3517.80
Total	1812.30	3517.80

ANOVA

VAR00002

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	157092.77	8	19636.596	.112	.998
Within Groups	3147057.6	18	174836.535		
Total	3304150.4	26			

VAR00002

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha=.05
		1
3.00	3	2480.8367
.00	3	2603.3800
7.00	3	2605.6367
9.00	3	2606.6433
1.00	3	2633.0633
11.00	3	2634.9767
5.00	3	2643.7433
13.00	3	2648.9700
15.00	3	2796.4733
Sig.		.426

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 2. ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน

วัน	ปริมาณไนเตรต (มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
0	4,255.73	4,935.00	5,593.17	14,783.91	4,927.97
1	4,512.80	5,341.20	5,755.50	15,609.51	5,203.17
3	5,135.13	4,799.17	5,312.48	15,246.78	5,082.26
5	5,526.97	4,987.43	5,126.50	15,640.89	5,213.63
7	4,327.73	4,857.47	5,400.40	14,585.61	4,861.87
9	5,257.50	4,775.96	5,796.17	15,829.62	5,276.54
11	4,970.04	4,799.30	5,394.70	15,164.04	5,054.68
13	4,655.53	4,810.40	5,425.10	14,891.04	4,963.68
15	4,941.77	4,935.30	5,478.87	15,355.92	5,118.64

ตารางวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15

Descriptives

VAR00002

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95 % Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
.00	3	4927.9667	668.7477	386.1017	3266.7052	6589.2281
1.00	3	5203.1667	632.7446	365.3153	3631.3420	6774.9914
3.00	3	5082.2600	260.7071	150.5193	4434.6275	5729.8925
5.00	3	5213.6333	280.1250	161.7302	4517.7643	5909.5024
7.00	3	4861.8667	536.3485	309.6610	3529.5031	6194.2302
9.00	3	5276.5433	510.3715	294.6631	4008.7102	6544.3765
11.00	3	5054.6800	306.5913	177.0106	4293.0649	5816.2951
13.00	3	4963.6767	407.0378	235.0034	3952.5386	5974.8147
15.00	3	5118.6467	311.9793	180.1214	4343.6470	5893.6463
Total	27	5078.0489	405.3650	78.0125	4917.6918	5238.4060

Descriptives

VAR00002

	Minimum	Maximum
.00	4255.73	5593.17
1.00	4512.80	5755.50
3.00	4799.17	5312.48
5.00	4987.43	5526.97
7.00	4327.73	5400.40
9.00	4775.96	5796.17
11.00	4799.30	5394.70
13.00	4655.53	5425.10
15.00	4935.30	5478.87
Total	4255.73	5796.17

ANOVA

VAR00002

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	473970.28	8	59246.285	.281	.964
Within Groups	3798370.9	18	211020.607		
Total	4272341.2	26			

VAR00002

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha=.05
		1
7.00	3	4861.8667
.00	3	4927.9667
13.00	3	4963.6767
11.00	3	5054.6800
3.00	3	5082.2600
15.00	3	5118.6467
1.00	3	5203.1667
5.00	3	5213.6333
9.00	3	5276.5433
Sig.		.344

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 3. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าในวันที่ซื้อจากตลาดและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน

วัน	ปริมาณไนไตรต์ (มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
0	0.650	0.109	0.404	1.164	0.388
1	0.365	0.079	0.614	1.058	0.353
3	0.262	0.246	0.499	1.007	0.336
5	0.587	0.206	0.643	1.435	0.478
7	0.618	0.135	0.404	1.157	0.386
9	0.174	1.149	0.428	1.752	0.584
11	0.507	0.380	0.412	1.300	0.433
13	0.523	0.301	0.706	1.530	0.510
15	0.785	0.571	0.404	1.760	0.587

ตารางวิเคราะห์ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าในวันที่ซื้อจากตลาดและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15

Descriptives

VAR00002

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95 % Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
.00	3	.3877	.2709	.1564	-.2852	1.0605
1.00	3	.3527	.2677	.1546	-.3124	1.0177
3.00	3	.3357	.1417	8.180E-02	-1.6278E-02	.6876
5.00	3	.4787	.2378	.1373	-.1120	1.0694
7.00	3	.3857	.2420	.1397	-.2155	.9869
9.00	3	.5837	.5058	.2920	-.6728	1.8401
11.00	3	.4330	6.605E-02	3.814E-02	.2689	.5971
13.00	3	.5100	.2028	.1171	6.185E-03	1.0138
15.00	3	.5867	.1910	.1103	.1122	1.0611
Total	27	.4504	.2363	4.547E-02	.3569	.5439

Descriptives

VAR00002

	Minimum	Maximum
.00	.11	.65
1.00	.08	.61
3.00	.25	.50
5.00	.21	.64
7.00	.14	.62
9.00	.17	1.15
11.00	.38	.51
13.00	.30	.71
15.00	.40	.79
Total	.08	1.15

ANOVA

VAR00002

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.215	8	2.693E-02	.392	.911
Within Groups	1.236	18	6.867E-02		
Total	1.452	26			

VAR00002

Duncan[a]

VAR00001	N	Subset for alpha=.05
		1
3.00	3	.3357
1.00	3	.3527
7.00	3	.3857
.00	3	.3877
11.00	3	.4330
5.00	3	.4787
13.00	3	.5100
9.00	3	.5837
15.00	3	.5867
Sig.		.317

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางภาคผนวกที่ 4. ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าจากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 วัน

วัน	ปริมาณไนไตรต์ (มก./กก.)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3		
0	0.333	0.373	0.341	1.046	0.349
1	-	0.254	0.626	0.880	0.440
3	0.951	0.404	0.127	1.482	0.494
5	0.127	0.380	0.214	0.721	0.240
7	0.404	0.460	0.404	1.268	0.423
9	0.325	0.452	0.270	1.047	0.349
11	0.531	0.365	0.396	1.292	0.431
13	0.380	0.476	0.547	1.403	0.468
15	0.515	0.468	0.285	1.268	0.423

ตารางวิเคราะห์ปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าจากแปลงทดลองในวันที่เก็บเกี่ยวและหลังจากเก็บไว้ในตู้เย็นในวันที่ 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15

Descriptives

VAR00002

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95 % Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
.00	3	.3480	2.234E-02	1.290E-02	.2925	.4035
1.00	2	.4400	.2630	.1860	-1.9234	2.8034
3.00	3	.4940	.4193	.2421	-.5476	1.5356
5.00	3	.2403	.1285	7.421E-02	-7.8976E-02	.5596
7.00	3	.4227	3.233E-02	1.867E-02	.3424	.5030
9.00	3	.3490	9.334E-02	5.389E-02	.1171	.5809
11.00	3	.4307	8.826E-02	5.096E-02	.2114	.6499
13.00	3	.4677	8.381E-02	4.839E-02	.2595	.6759
15.00	3	.4227	.1215	7.016E-02	.1208	.7245
Total	26	.4002	.1644	3.223E-02	.3338	.4666

Descriptives

VAR00002

	Minimum	Maximum
.00	.33	.37
1.00	.25	.63
3.00	.13	.95
5.00	.13	.38
7.00	.40	.46
9.00	.27	.45
11.00	.37	.53
13.00	.38	.55
15.00	.28	.52
Total	.13	.95

ANOVA

VAR00002

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.142	8	1.772E-02	.565	.792
Within Groups	.534	17	3.139E-02		
Total	.675	25			

VAR00002

Duncan[a,b]

VAR00001	N	Subset for alpha=.05
		1
5.00	3	.2403
.00	3	.3480
9.00	3	.3490
15.00	3	.4227
7.00	3	.4227
11.00	3	.4307
1.00	2	.4400
13.00	3	.4677
3.00	3	.4940
Sig.		.153

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.842.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.