1993 15878

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

เรื่อง

การศึกษาปริมาณไนเตรต [NO_3^-] และไนไตรต์ [NO_2^-] ในผักกวางตุ้งที่ปลูกโดยใช้ ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก และปุ๋ย กท.ม. 1

THE STUDY OF NITRATE [NO_3^-] AND NITRITE [NO_2^-] REMAIN IN GREEN KUANG FUTSAI WHICH ARE TREATED WITH UREA FERTILIZER MANURE AND BANGKOK 1 FERTILIZER.

T099161

โดย

นางสาวสิรินทิพย์ ชื่นวิรัชสกุล

[ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน]
ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา
19 พ.ค. 2542

ปก.
ส732ก
2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 99161
วัน.เดือน.ปี.....

ภาควิชารับรองแล้ว

[รองศาสตราจารย์วรเดช จันทรสร]
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
วัน — เดือน — พ.ศ. —

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : การศึกษาปริมาณไนเตรต [NO_3^-] และไนไตรต์ [NO_2^-] ในผักกวางตุ้งที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก และ ปุ๋ย กท.ม. 1

โดย : นางสาวสิรินทิพย์ ชื่นวิรัชสกุล

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต [เกษตรศาสตร์]

สาขาวิชา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ประธานกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนักศึกษา : _____

[ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน]

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ที่สะสมในผักกวางตุ้ง ซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ตรวจวิเคราะห์ไนเตรต และไนไตรต์ โดยวิธีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ พบปริมาณไนเตรต 1120.32 , 958.74 , 732.60 และ 573.42 มก./กก. ตามลำดับ และปริมาณไนไตรต์ 142.21 , 115.78 , 102.81 และ 89.03 มก./กก. ตามลำดับ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณไนเตรตของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย และ ปุ๋ยคอก มีความแตกต่างกับปริมาณไนเตรตของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p = 0.01$ สำหรับปริมาณไนไตรต์ของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย มีความแตกต่างกับปริมาณไนไตรต์ของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p = 0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : The study of nitrate [NO_3^-] and nitrite [NO_2^-] remain in Green Kuang Futsai which are treated with Urea fertilizer , Manure and Bangkok 1 fertilizer.

By : Sirintip Chuenvirutsakul

Degree : Bachelor of Science [Agriculture]

Major Field : Plant Pest Management Technology.

Project Advisor :

Luckana Amonsin

[Luckana Amonsin]

Abstract

The study of nitrate and nitrite remain in Green Kuang Futsai which are treated with Urea fertilizer , Manure , Bangkok 1 fertilizer and not treated with fertilizer is designed as CRD and analyzed by Spectrophotometric method. It is found that the amount of nitrate and nitrite are 1120.32 , 958.74 , 732.60 , 573.42 mg/kg and 142.21 , 115.78 , 102.81 , 89.03 mg/kg respectively. Nitrate in Green Kuang Futsai which are treated with Urea fertilizer and Manure have significant difference from Green Kuang Futsai which are treated with Bangkok 1 fertilizer and not treated with fertilizer at $p = 0.01$. Nitrite in Green Kuang Futsai which are treated with Urea fertilizer have significant difference from Green Kuang Futsai which are treated with Manure Bangkok 1 fertilizer and not treated with fertilizer at $p = 0.01$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการจัดทำและรวบรวมปัญหาพิเศษฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง ในความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจแก้ ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ ทำให้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณจรงศักดิ์ พุมนวน ที่ได้ให้คำแนะนำในการใช้เครื่อง SPECTROPHOTOMETER และช่วยเหลือในด้านเครื่องมือต่าง ๆ รวมทั้งเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ มารดา บิดา ที่ให้ความอุปการะทั้งทางด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์ในการศึกษาอย่างดีตลอดมา

สิรินทิพย์ ชื่นวิรัชสกุล

พฤษภาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	i
สารบัญรูป	ii
สารบัญภาคผนวก	iii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลการทดลอง	23
สรุปและวิจารณ์	26
ข้อเสนอแนะ	27
ภาคผนวก	28
บรรณานุกรม	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณไนเตรต [NO_3^-] และไนไตรต์ [NO_2^-] ในผักกวางตุ้ง ซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของไนเตรต และการสังเคราะห์สารประกอบไนโตรโซ	9
รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรต , ไนไตรต์ของผักกวางตุ้งซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

		หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 1	แสดงปริมาณไนเตรต [NO_3^-] ในผักกวางตุ้งซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย	29
ตารางภาคผนวกที่ 2	แสดงปริมาณไนไตรต์ [NO_2^-] ในผักกวางตุ้งซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย	29
ตารางภาคผนวกที่ 3	แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรต [มก./กก.] ในผักกวางตุ้งซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย	30
ตารางภาคผนวกที่ 4	แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ [มก./กก.] ในผักกวางตุ้งซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย	30
ตารางภาคผนวกที่ 5	แสดงปริมาณผลผลิต [กรัม] ของผักกวางตุ้งซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันมีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพอนามัย เช่น ปัญหาทางด้านมลพิษทางสิ่งแวดล้อม สารพิษที่เป็นปัญหาต่อสุขภาพอนามัย ที่สำคัญ คือ สารก่อมะเร็ง ไนโตรซามีน [nitrosamine] เป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่งซึ่งพบในปลาร้า ควันบุหรี่ สุรา และผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการใช้เกลือไนเตรต หรือเกลือไนไตรต์ ซึ่งเป็นที่นิยมทั่วไปในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อเป็นสารคงสี ปรุงรส และป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด ไนโตรซามีนอาจถูกสังเคราะห์ขึ้นในร่างกายเมื่อบริโภคอาหารที่มีไนเตรต [nitrate , NO_3^-] หรือไนไตรต์ [nitrite , NO_2^-] เข้าไป ดังนั้นอาหารที่มีไนเตรตหรือไนไตรต์เจือปนอยู่ จึงเป็นอาหารที่ถูกควบคุมให้มีไนเตรต และไนไตรต์ได้ในปริมาณที่กำหนด

ไนเตรต และไนไตรต์ มีอยู่ในพืชผักแทบทุกชนิด การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ปริมาณไนเตรต และไนไตรต์สะสมในพืชผัก ทั้งนี้นอกจากปุ๋ยไนโตรเจนแล้วยังมีปุ๋ยชนิดอื่นทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยอนินทรีย์ ที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจน โดยพืชจะมีการควบคุมการดูดซับไนเตรตตามความต้องการไนโตรเจนของพืช

การทำการเกษตรในปัจจุบันมักใช้ปุ๋ย เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืชและเพิ่มผลผลิต ซึ่งปริมาณการใช้ก็เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาปริมาณ ไนเตรต และไนไตรต์ ที่สะสมในผักกวางตุ้ง ที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ย กท.ม. 1 และ ปุ๋ยคอก เพื่อใช้เป็นแนวทางพิจารณาถึงความเหมาะสมในการปลูกผักเพื่อให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาปริมาณการสะสมไนเตรต และไนไตรต์ ในผักกวางตุ้งซึ่งปลูกโดยใช้ปุ๋ยแตกต่างกันคือ ปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ยคอก และปุ๋ย กท.ม. 1
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณความแตกต่างของไนเตรต และไนไตรต์ในผักกวางตุ้งซึ่งปลูกโดยใส่ปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ยคอก และปุ๋ย กท.ม. 1
3. เพื่อศึกษาความเสี่ยงการเป็นอันตรายจากไนเตรต และไนไตรต์จากการบริโภคผักกวางตุ้งที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

พืชผักเป็นอาหารประกอบที่มีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์มาก เนื่องจากเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง คือ เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ [Locascio *et al.*,1984.] นอกจากนี้ ยังมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์ ทำให้ประชากรโดยเฉพาะในแถบทวีปเอเชียนิยมบริโภคพืชผักเป็นอาหารหลัก [สมภพ , 2527]

พืชผักเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งในอาหารชนิดอื่นมีไม่เพียงพอหรือไม่มี โดยอุดมด้วยธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็ก เป็นแหล่งที่ให้วิตามินหลายชนิด พืชผักสีเขียวเป็นแหล่งที่ดีของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น คะน้า บร็อคโคลี ผักกาดเขียว เป็นแหล่งของธาตุแคลเซียม ถั่วต่าง ๆ เป็นแหล่งของธาตุเหล็กและโปรตีน พืชผักสีเขียว และเหลืองเป็นแหล่งของวิตามินเอ วิตามินซี ไทอามีน ไนอาซีน และกรดโฟลิค [ฐานเกษตรกรรม, 2529]

ผักมีคุณสมบัติช่วยให้ระบบย่อยอาหารของร่างกายลดสภาพความเป็นกรด โดยสาเหตุมาจากการย่อยอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เนย ฯลฯ เยื่อใยของผักช่วยให้ระบบขับถ่ายของร่างกายเป็นไปอย่างปกติ ลดการเป็นโรคลำไส้อักเสบ และมะเร็งลำไส้ใหญ่ ผักประเภทที่เป็นแหล่งของเยื่อใย คือ พวกใบผักต่าง ๆ เช่น คื่นฉ่าย กะหล่ำ และผักกาดต่าง ๆ [ประสิทธิ์ , 2529]

พืชผักชนิดที่ปลูกเพื่อรับประทานลำต้นและใบ ได้แก่ พืชผักตระกูล Cruciferae เช่น กะหล่ำปลี ผักคะน้า ผักกาดเขียว เป็นต้น พืชพวกนี้ต้องการธาตุไนโตรเจนในปริมาณสูง เพื่อนำไปสร้างการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และเพื่อให้ลำต้นและใบอ่อนมีความกรอบ ดังนั้น ในการปลูกพืชพวกนี้จึงต้องใส่ปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุไนโตรเจนแก่พืช ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรต [NH_4NO_3] ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต [$(NH_4)_2SO_4$] ปุ๋ยยูเรีย [$(NH_2)_2CO$] เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีการให้ปุ๋ยไนเตรตทางใบโดยการพ่น ซึ่งการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่มากเกินความจำเป็นนี้ ทำให้เกิดปัญหากับสิ่งแวดล้อม [พิมล และชัยวัฒน์ , 2525] และยังเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ เนื่องจากมีสารไนเตรตตกค้างในพืชผักมากหลังการเก็บเกี่ยว [ไมตรี , 2531]

ในบรรยากาศประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจนในปริมาณที่สูงถึง 78% แต่พบว่าพืชมักขาดไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากพืชจะใช้ไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์ โดยส่วนใหญ่พืชจะดูดไนเตรต [NO_3^-] และแอมโมเนียม [NH_4^+] ที่อยู่ในดินเข้าทางรากพืช และจากการตรึงไนโตรเจน [nitrogen fixation] อย่างไรก็ตาม ในดินที่มีการระบายอากาศ มีความชื้น อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เหมาะสม แอมโมเนียม [NH_4^+] จะถูกจุลินทรีย์บางพวกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรต์ [NO_2^-] และไนเตรต [NO_3^-] ตามลำดับ โดยกระบวนการที่เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

nitrification โดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่ม Chemoautotrophic microorganisms ซึ่งจุลินทรีย์พวกนี้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรีย ได้แก่ *Nitosomonas* เป็นแบคทีเรียที่สามารถเพิ่มออกซิเจนแก่แอมโมเนียม ให้เป็นไนไตรต์ กิจกรรมของแบคทีเรียในกลุ่มนี้ จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ " การสะสมไนไตรต์ " ซึ่งมีผลกระทบกระเทือนต่อการเกษตรเป็นอย่างยิ่ง เพราะไนไตรต์เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ การสะสมไนไตรต์ในจุลินทรีย์พวกนี้มีสาเหตุอยู่สองประการ คือ เมื่อดินมีสภาพความเป็นด่างสูงเกินไป และเมื่อมีปริมาณแอมโมเนียมสูง และ *Nitrobactor* เป็นแบคทีเรียที่เพิ่มออกซิเจนแก่ไนไตรต์เป็นไนเตรต และจุลินทรีย์กลุ่มที่สอง คือ กลุ่ม Heterotrophic microorganism ซึ่งจุลินทรีย์พวกนี้จะได้พลังงานจากการเพิ่มออกซิเจนให้กับอินทรียสาร แต่ไม่ได้พลังงานจากแอมโมเนียม และสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ผลที่ได้จากกระบวนการ คือ ไนไตรต์ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้คือ แบคทีเรียแอคติโนมัยซีท [actinomycetes] และรา [สมศักดิ์, 2528]

การตรึงไนโตรเจน [nitrogen fixation] หมายถึง การรีดิวส์ก๊าซไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียม ซึ่งพืชไม่สามารถทำปฏิกิริยานี้ได้ เพราะไม่มีเอนไซม์ไนโทรจีเนส [nitrogenase] แต่จุลิทรีย์บางชนิดสามารถทำปฏิกิริยาได้ โดยแบ่งกลุ่มของสิ่งมีชีวิตตามความสามารถในการตรึงไนโตรเจน ได้ดังนี้

กลุ่มซิมไบโอซีส [Symbiotic nitrogen fixation] เป็นสิ่งมีชีวิตที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกันระหว่างพืชและจุลินทรีย์โดยมีการสร้างปม ได้แก่ พืชตระกูลถั่วกับไรโซเบียม และพืชมีดอก [angiosperm] ที่ไม่ใช่ตระกูลถั่ว เช่น *Alnus rubra* กับจุลินทรีย์พวก actinomycetes เป็นต้น

กลุ่มแอสโซซิเอทีฟ [Associative nitrogen fixation] เป็นสิ่งมีชีวิตที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกันระหว่างพืชและจุลินทรีย์แต่ไม่สร้างปม ได้แก่ อ้อยและแหนแดง [Azolla] กับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

กลุ่มอิสระ [Free-living หรือ Non-symbiotic nitrogen fixation] เป็นสิ่งมีชีวิตที่ตรึงไนโตรเจนได้อิสระ มีเฉพาะจุลินทรีย์ ได้แก่ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Nostoc Tolypothrix* , ยีสต์ *Phodotorula* และแบคทีเรีย *Aztobacter* sp., *Clostridium* sp. [วงจันทร์, 2535]

ไนโตรเจนในดินมีการเปลี่ยนรูปอยู่เสมอ จากสารอนินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ หรืออยู่ในรูปก๊าซ และมีการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างสารต่าง ๆ เหล่านี้ตลอดเวลา โดยมีจุลินทรีย์บางชนิดเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการเปลี่ยนรูปนั้น ๆ ก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศจะรวมกับไฮโดรเจนโดยกระบวนการตรึงไนโตรเจน ซึ่งเกิดโดยกรรมวิธีทางโรงงานอุตสาหกรรม หรือโดยการตรึงของจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้ เปลี่ยนไปเป็นสารประกอบไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต เมื่อสัตว์กินพืชก็จะได้รับสารประกอบไนโตรเจนจากพืช ภายหลังที่พืชและสัตว์ตายลง เกิดการสลายตัวของซากพืช และสัตว์ พร้อมกับมีการปลดปล่อยสารประกอบไนโตรเจนออกมา ซึ่งจะถูกย่อยสลายไปเป็นแอมโมเนียม โดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน [ammonification] จุลินทรีย์บางชนิดสามารตรึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย [NH_3] แอมโมเนียที่เกิดขึ้นเหล่านี้พืชอาจนำไปใช้ หรือถูกออกซิไดซ์โดยจุลินทรีย์บางชนิดในกระบวนการไนตริฟิเคชัน [nitrification] ให้เป็นสารพวกไนเตรต ไนเตรตละลายน้ำได้ดี พืชจะดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย โดยขบวนการรีดิวส์ไนเตรต [nitrate reduction] ไนเตรตบางส่วนจะถูกชะล้างสูญหายไป ไหลลงสู่ดินชั้นล่าง หรือสู่ลำคลอง แม่น้ำ และทะเล ในส่วนที่ไหลลงสู่น้ำนี้อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชน้ำ หรืออาจเปลี่ยนรูปไปอีกโดยกระบวนการดิไนตริฟิเคชัน [denitrification] เป็นก๊าซไนโตรเจนหรือไนทรัสออกไซด์ [N_2O] ส่วนแอมโมเนียมไอออน [NH_4^+] ซึ่งมีประจุบวกจะถูกดูดยึดโดยอนุภาคดินเหนียว ทำให้ถูกชะล้างไปได้ยาก ในสภาพที่มีการระบายอากาศไม่ดี น้ำขัง อุณหภูมิสูง อาจเกิดการระเหยเปลี่ยนรูปแอมโมเนียไปเป็นก๊าซไนโตรเจน และก๊าซไนทรัสออกไซด์ กลับคืนสู่บรรยากาศได้ ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ เรียกว่า วัฏจักรไนโตรเจน [Nitrogen Cycle] [ศุภมาศ , 2529 , สมบุญ , 2535]

ไนเตรตที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่เหลือยังคงเป็นไนเตรตไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืชนั้น ถ้าสภาพแวดล้อมในดินเหมาะแก่การสะสมไนเตรต พืชจะดูดไนเตรตจากดินเข้าไปมาก และถ้าพืชมีความสามารถในการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นอินทรียสารได้น้อย หรือสภาพแวดล้อมไม่อำนวยต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะมีไนเตรตสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น โดยทั่วไปการสะสมไนเตรตในพืชเกิดขึ้นเพียงชั่วคราว และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืชนั้น ปริมาณที่สะสมจะลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่

สำหรับขั้นตอนที่ไนเตรตจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม ซึ่งต่อไปจะเป็นโปรตีนในพืชนั้นเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ [enzyme] หลายชนิด เช่น ไนเตรตรีดักเทส [nitrate reductase] และไนไตรต์รีดักเทส [nitrite reductase] [Viets and Hageman, 1971] ดังสมการ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขบวนการดังกล่าว ถ้ารีดักชัน [reduction] ของไนเตรตเกิดเร็วกว่าการรีดักชันของไนไตรต์ จะทำให้ไนไตรต์สะสมอยู่ในพืช ซึ่งไนไตรต์เป็นพิษกับเซลล์พืชมาก [วงจันทร์ , 2535] ในทางตรงกันข้ามถ้าขบวนการรีดักชันของไนเตรตเกิดช้า จะทำให้ไนเตรตสะสมในพืชในปริมาณมากขึ้น

โดยทั่วไปแล้วพืชผักที่เก็บเกี่ยวแล้วจะต้องมีการเก็บรักษา ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ คือ การใช้ความเย็น เพราะในพืชผักที่เก็บเกี่ยวจะมีความร้อนสะสมอยู่ เนื่องจากบรรยากาศและความร้อนที่พืชคายออกมา ดังนั้นการลดอุณหภูมิ หรือความร้อนภายในพืชผักหลังการเก็บเกี่ยวโดยเร็วที่สุด เพื่อลดเมแทบอลิซึม [metabolism] การหายใจ การทำงานของเอนไซม์ ปฏิกิริยาทางชีวเคมี และลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ให้ช้าลง เป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล แต่ถึงอย่างไรในพืชผักก็ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เพราะพืชยังมีการหายใจ ทำให้เกิดการสลายตัวของอินทรียสารที่สะสมอยู่ในพืช ดังนั้นไนเตรตที่สะสมในผักที่มีการเก็บรักษาไว้ในที่เย็นจึงสามารถเปลี่ยนเป็นไนเตรต์ได้โดยเอนไซม์ภายในพืช [จิรา , 2535 ,ประสิทธิ์ , 2529]

โดยส่วนใหญ่แล้วพบว่า คนจะได้รับไนเตรตจากอาหารพวกเนื้อสัตว์ และพืชผัก หรือจากการเติมดินประสิว [KNO_3] เพื่อปรุงแต่งสีสันของอาหารให้สวยงามน่ารับประทาน และเพื่อการถนอมอาหาร

ในสมัยสงคราม ดินประสิวใช้เป็นส่วนประกอบของวัตถุระเบิด และในสมัยนี้ก็มีการนำดินประสิวมาทำดอกไม้ไฟ ดินปืน ไม้ขีดไฟ และในอุตสาหกรรมทำแก้วหรือชุบเหล็กกล้า แต่ในปัจจุบันดินประสิวหรือเกลือไนเตรตนำมาใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร ทั้งโดยเจตนาหรือไม่เจตนาของผู้ผลิตหรือผู้ปรุงก็ได้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ดินประสิวหรือเกลือไนเตรตที่ใส่ลงในอาหารมักจะใส่เพื่อรักษาสภาพ หรือถนอมอาหารประเภทเนื้อ เช่น เนื้อกระป๋อง ปลากระป๋อง หมูแฮม หมูเบคอน แหนม กุนเชียง หมูยอ เนื้อเค็มแห้ง ไส้กรอกชนิดต่าง ๆ และปลาร้า รวมทั้งอาหารจำพวกผักดองชนิดต่าง ๆ ด้วย [สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค , 2535.] เพราะ เกลือโซเดียม หรือโปแตสเซียมไนเตรต และเกลือไนไตรต์เป็นสารกัดบูด สามารถป้องกันการเจริญเติบโตและการสร้างสารพิษของแบคทีเรีย *Clostridium botulinum* นอกจากนี้ การเติมเกลือไนเตรตใส่ในอาหารประเภทเนื้อ จะทำให้เนื้อเปื่อยยุ่ย มีสีแดงเข้มทนทาน และรสชาติดีขึ้นชวนรับประทาน [สุรภี , 2526] ทั้งนี้เนื่องจากไนไตรต์สามารถเปลี่ยนเป็นไนทรัสออกไซด์ ซึ่งทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน [myoglogin] ซึ่งเป็นเม็ดสีในเนื้อ ได้เป็นไนโตรซิลไมโอโกลบิน [nitrosyl myoglobin] ซึ่งมีสีแดงที่อยู่ตัว [Shahidi and Pegg , 1933] โดยทั่วไป ดินประสิวหรือเกลือไนเตรตที่ใช้ใส่อาหารไม่เป็นอันตราย ถ้าใช้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าใช้มากเกินไป ทำให้เกิดอาการอาเจียน ปวดท้องอย่างมากและถ่ายท้องอย่างรุนแรง ถ้าบริโภคอาหารผสมดินประสิวบ่อย ๆ เป็นประจำ แม้ในปริมาณเล็กน้อยอาจทำให้เป็นโรคโลหิตจาง มีอาการอ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย และความดันเลือดต่ำ [สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค , 2535]

ไนเตรตในระดับที่ร่างกายได้รับจากการรับประทานอาหารมักจะไม่เป็นโทษกับร่างกายเพราะส่วนใหญ่ร่างกายจะกำจัดไนเตรตออกทางปัสสาวะ [Fudge and ruman,1973] แต่ไนเตรตอาจเป็นโทษต่อร่างกายได้หากถูกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรต์ การเปลี่ยนไนเตรตเป็นไนไตรต์อาจเกิดได้โดยเชื้อจุลินทรีย์ [Addiscott *et al.*, 1993] หรือในกระเพาะอาหารของเด็กทารกวัยต่ำกว่า 6 เดือน ซึ่งมีความเป็นกรดน้อย และในที่ชื้น เป็นต้น ในสภาวะดังกล่าวนี้ เชื้อจุลินทรีย์พวก nitrifying bacteria ซึ่งมีเอนไซม์ nitrate reductase จะช่วยเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นไนไตรต์ได้ดี แม้ว่าไนเตรตเองจะไม่เป็นพิษ แต่เนื่องจากไนเตรตอาจถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดอาการพิษได้ ดังนั้นไนเตรตจึงจัดได้ว่าเป็นสารที่มีพิษต่อร่างกายทางอ้อม

สำหรับไนไตรต์ ทำให้เกิดความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน คือ ทำให้เกิดอาการเมธฮีโมโกลบินีเมีย [methaemoglobinemia] หรืออาการที่เรียกว่า " blue-baby syndrome " ซึ่งร่างกายจะเกิดการขาดออกซิเจน ที่ผิวหนังและปากเป็นสีเขียวคล้ำ อาการนี้เกิดจากการที่ไนไตรต์ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิต เข้าไปทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับเฟอรัสไอออน [ferrous ion , Fe^{2+}] ทำให้ฮีมของฮีโมโกลบิน [haemoglobin] ถูกเปลี่ยนเป็นเฟอริคไอออน [ferric ion , Fe^{3+}] ทำให้ฮีโมโกลบินเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เรียกว่า " เมธฮีโมโกลบิน " [methaemoglobin] ซึ่งไม่สามารถจับกับออกซิเจนได้ ทำให้ขาดความสามารถที่จะนำออกซิเจนไปยังเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกายได้ ถ้าปริมาณเมธฮีโมโกลบินเพิ่มมากกว่า 50-80 % ของฮีโมโกลบินทั้งหมด ผู้ป่วยจะมีอาการไม่สบายเนื่องจากการขาดออกซิเจนอย่างเห็นได้ชัด เช่น อาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบถี่ ปวดศรีษะ หัวใจเต้นแรง และมีจังหวะเร็วกว่าปกติ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ร่างกายก็พยายามจะปรับระดับฮีโมโกลบินให้สูงขึ้น โดยเปลี่ยนมาจากเมธฮีโมโกลบินนั่นเอง โดยในเม็ดเลือดแดงของผู้ใหญ่จะมีเอนไซม์ เอ็น เอ ดี เอช เมทฮีโมโกลบิน รีดักเทส [NADH-methaemoglobin reductase] ซึ่งสามารถเปลี่ยนเมทฮีโมโกลบินให้คือกลับเป็นฮีโมโกลบินอย่างเดิม [ไมตรี , 2531, Addiscott *et al*, 1991, Manahan, 1992] เนื่องจากความเป็นพิษในเด็กจะรุนแรงกว่าในผู้ใหญ่ ดังนั้น จึงควรระวังพิษของไนเตรต และไนไตรต์ที่ปะปนในอาหารและน้ำดื่มที่ใช้เลี้ยงเด็กทารก ควรจะให้มีปริมาณไนเตรตให้น้อยที่สุด ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้กำหนดปริมาณไนเตรตในน้ำดื่มไม่ควรเกิน 10 ppm. [Duffus,1980]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นพิษแบบเรื้อรังของไนเตรตและไนไตรต์ อาการที่พบส่วนใหญ่เกิดกับสัตว์เคี้ยวเอื้องพวกวัว ควาย และผลของไนเตรตที่เกิดขึ้นจะไปยับยั้งการเจริญเติบโต ลดการผลิตนมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และทำให้เกิดการแท้ง [abortion] [Hubbert and Hagstad , 1991]

นอกจากนี้ ไนไตรต์ยังทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารประกอบประเภทเอมีน [amines] โดยเฉพาะพวก Dimethylamine Diethylamine และ Piperidine ในสภาวะที่เป็นกรดสูง เช่น ในกระเพาะอาหารของมนุษย์และสัตว์ เกิดเป็นสารประกอบ nitrosodimethylamine nitrosodiethylamine และ nitrosopiperidine ตามลำดับ ซึ่งสารเหล่านี้เรียกว่า " สารประกอบไนโตรโซ " [nitroso-compounds] หรือ " สารไนโตรซามีน " [nitrosamine] ซึ่งจัดว่าเป็นพิษต่อร่างกายอย่างรุนแรง เพราะเป็นสารก่อมะเร็ง [carcinogen] ทำให้เกิดมะเร็งตับ ไต หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร กระเพาะปัสสาวะ และระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น และอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่าง ๆ ทางพันธุกรรม [ไมตรี , 2531, อำนวยพร , 2533 , Shahidi and Hong , 1993] สารต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งหรือส่งเสริมให้เกิดโรคมะเร็งนั้น เป็นเพียงส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ ซึ่งร่างกายต้องได้รับเข้าไปทีละน้อย ๆ อย่างสม่ำเสมอ เป็นเวลานาน และสิ่งที่สำคัญคือการที่จะเป็นมะเร็งได้นั้น ขึ้นอยู่กับภูมิต้านทานต่อการเกิดมะเร็งของแต่ละบุคคลซึ่งมีไม่เท่ากัน อีกทั้งยังต้องอาศัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเกิดโรคอีกด้วย [ไพรัช , 2524] สารไนโตรซามีน เป็นสารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กและเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ง่าย จึงถูกทำลายความเป็นพิษได้โดยความร้อน ดังนั้นการบริโภคอาหารที่ปรุงสุก จึงเป็นการช่วยลดอัตราเสี่ยงจากสารไนโตรซามีน [ประสงค์ , 2534]

การที่ไนเตรตอาจถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ที่เป็นพิษต่อร่างกายได้ กระทรวงสาธารณสุขจึงได้มีประกาศการกำหนดปริมาณไนเตรตในอาหารว่าไม่ควรสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนไนไตรต์นั้น เนื่องจากตัวมันเองเป็นพิษต่อร่างกายโดยตรงระดับปริมาณไนไตรต์ในอาหารจึงถูกกำหนดให้ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม [สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค , 2535]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ

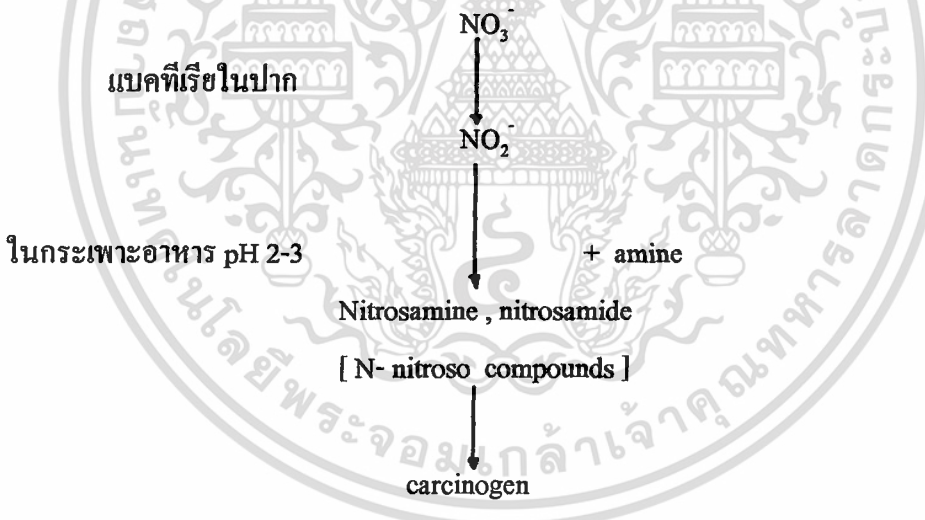
การค้นคว้าด้านโภชนาการของสัตว์เลี้ยง ชี้ให้เห็นความผิดปกติของสัตว์ทดลองที่ได้รับไนเตรต หรือไนไตรต์มาก ดังต่อไปนี้

1. สัตว์มีอาการขาดวิตามินเอ เนื่องจากความเป็นพิษของไนเตรตที่มีต่อเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมตาโบลิซึมของวิตามินเอ นอกจากนี้ไนไตรต์ยังทำลายคาโรทีนขณะที่สารดังกล่าวอยู่ในระบบทางเดินอาหารอีกด้วย

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

3. ไนไตรต์ยังอาจเป็นสาเหตุของความผิดปกติในร่างกายอีกหลายอย่าง เช่น หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติ

4. ไนไตรต์ทำปฏิกิริยากับ amine ในร่างกายได้ nitrosamine ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นสารชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดมะเร็งในสิ่งมีชีวิต



รูปที่ 1 แสดงปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของไนเตรตและการสังเคราะห์สารประกอบไนโตรโซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของธาตุอื่น ๆ ต่อการสะสมไนเตรตในพืช

1. การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ถึงแม้พืชจะขาดฟอสฟอรัสก็ไม่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตอย่างเด่นชัด

2. พืชที่ขาดกำมะถันกิจกรรมของ nitrate reductase จะลดลง เนื่องจากเอนไซม์ดังกล่าวจะทำงานได้ต้องมี sulfhydryl group ดังนั้นเมื่อพืชขาดกำมะถันจึงมักสะสมไนเตรตมากขึ้นกว่าปกติ

3. แคลเซียมมีอิทธิพลต่อการดูดไนเตรตของรากพืช และอาจมีผลกระทบต่อขบวนการรีดิวส์ไนเตรตด้วย นอกจากนี้รากพืชที่ขาดแคลเซียมมักไม่ค่อยเจริญเติบโตและดูดไนเตรตจากดินได้อย่างจำกัด [Wadleigh and shive , 1939] สำหรับแมกนีเซียมนั้นยังไม่มีหลักฐานที่บ่งชี้ถึงอิทธิพลของธาตุนี้ต่อ ระดับไนเตรตของพืช

4. โมลิบดินัม เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของ nitrate reductase พืชที่ขาดโมลิบดินัมอาจสะสมไนเตรตถึง 3% ของน้ำหนักแห้ง

5. แม้ว่าบทบาทของแมงกานีสต่อขบวนการรีดิวส์ไนเตรตยังไม่ทราบแน่นอน แต่มีผู้รายงานว่าแมงกานีสมีความสำคัญต่อขบวนการนี้ในข้าวสาลี

6. คลอไรด์จัดเป็นอิออนประจุลบที่เป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดไนเตรตของรากพืช หากสารละลายของดินมีคลอไรด์พอประมาณการดูดไนเตรตก็จะน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ย

ปุ๋ย หมายถึงสารที่เราใส่ลงไปในดิน เพื่อวัตถุประสงค์ให้ปลดปล่อยธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่พืชยังขาดอยู่ ให้ได้รับอย่างเพียงพอ พืชสามารถเจริญเติบโตงอกงามดีขึ้น และให้ผลผลิตสูงขึ้น

แหล่งที่ได้มาของปุ๋ย สองแหล่ง กล่าวคือ

ก. แหล่งที่เป็นอินทรีย์สาร ซึ่งได้แก่ มูลสัตว์ต่าง ๆ ที่เรียกว่าปุ๋ยคอก จากการกองสุมเศษพืชและขยะ แล้วหมักให้สลายตัวจนหมด เรียกว่าปุ๋ยหมัก และจากการปลูกพืชบำรุงดินพวกพืชตระกูลถั่ว และไถกลบ เรียกว่าปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยเหล่านี้เรียกรวม ๆ กันว่า " ปุ๋ยอินทรีย์ "

ข. แหล่งที่เป็นอนินทรีย์สาร ซึ่งได้แก่ สารที่ผลิตหรือสังเคราะห์จากวัตถุดิบที่เป็นหิน แร่ และ ก๊าซ โดยกระบวนการทางอุตสาหกรรมเคมีให้เป็นสารประกอบทางเคมีที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นปุ๋ย เรียกว่า ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ หรือปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยอินทรีย์

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด

ข้อได้เปรียบของปุ๋ยอินทรีย์

- ช่วยปรับปรุงดินให้ดีขึ้น โดยเฉพาะคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน เช่น ความโปร่ง ความร่วนซุย ความสามารถในการอุ้มน้ำ และธาตุอาหารพืชของดินดีขึ้น ข้อดีข้อนี้ปุ๋ยอินทรีย์ทำได้แต่ผู้เดียว ปุ๋ยเคมีทำไม่ได้
- อยู่ในดินได้นาน และค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างช้า ๆ
- เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี จะส่งเสริมปุ๋ยเคมีให้เป็นประโยชน์แก่พืชอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
- ส่งเสริมให้จุลชีพในดินโดยเฉพาะพวกที่มีประโยชน์ต่อการบำรุงดินให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ข้อเสียเปรียบของปุ๋ยอินทรีย์

- มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำ
- ใช้เวลานานกว่าปุ๋ยเคมีในการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้แก่พืช
- ราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมีเมื่อคิดเทียบในแง่ราคาต่อหน่วยน้ำหนักของธาตุอาหารพืช
- หายาก พิจารณาในแง่เมื่อต้องการเป็นปริมาณมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาจากมูลสัตว์ต่าง ๆ เช่น เป็ด ไก่ หมู วัว ควาย เป็นต้น

ปุ๋ยคอก โดยทั่วไปจะมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ค่อนข้างต่ำ โดยเฉลี่ยคือ ไนโตรเจนประมาณ 0.5% N , ฟอสฟอรัส 0.25 % P_2O_5 และโพแทสเซียม 0.5% K_2O

มูลเป็ดและไก่ จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่ามูลหมู ส่วนมูลของหมูจะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่ามูลวัวและควาย ปริมาณของธาตุอาหารในปุ๋ยคอกเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์เหล่านี้กินเข้าไปเป็นอาหาร กล่าวคือ สัตว์ที่กินอาหารที่มีโปรตีนสูงเป็นหลัก ปุ๋ยคอกที่ได้จะมีธาตุอาหารสูงกว่าสัตว์ที่กินหญ้าหรือเป็นอาหารหลัก

ปุ๋ยคอกใหม่ ๆ จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยคอกที่เก่า และเก็บไว้นาน ทั้งนี้เนื่องจากส่วนของธาตุอาหารที่ละลายได้ง่ายจะถูกชะล้างออกไปหมดจากการที่กองปุ๋ยไว้กลางแจ้ง บางส่วนก็จะระเหิดกลายเป็นก๊าซสูญหายไป

ดังนั้น จึงควรเก็บรักษาปุ๋ยคอกไว้ด้วยความระมัดระวัง เช่น โดยการกองสุมรวมกันไว้เป็นรูปฝาชีแล้วอัดให้แน่น ให้อยู่ภายใต้หลังคาหรือที่กันแดด และฝนได้ เป็นต้น

ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมักเศษหญ้าแห้ง ใบไม้ ฟางข้าว เศษอาหาร และอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ให้เน่าเปื่อยสลายตัว กลายเป็นสารสีดำหรือที่เรียกว่า “ฮิวมัส”

ปริมาณธาตุอาหารที่ตกค้าง สะสมอยู่ในปุ๋ยหมัก จะมากน้อยแค่ไหนจึงขึ้นอยู่กับอินทรีย์วัตถุที่นำมาหมักทำเป็นปุ๋ยนั้น และขึ้นอยู่กับสารเร่งการหมัก เช่น เชื้อจุลินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่ใช้ในกระบวนการหมักนั้นด้วย ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักมีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 – 2 % N , 0.08 – 1.0 % P_2O_5 และ 0.6 – 1.35 % K_2O

ปุ๋ยหมักนั้นเกษตรกรสามารถทำเองได้โดยการกองสุมเศษพืช เช่น หญ้า ฟาง หรือผักตบชวาเป็นชั้นสูงตกพื้นดิน 30 เซนติเมตร เหยียบให้แน่นแล้วโรยปุ๋ยคอกบาง ๆ และปุ๋ยเคมี เช่น N-P-K สูตร 15-15-15 ลงด้วยประมาณ 1.5-2 กิโลกรัม ต่อเศษพืชหนักหนึ่งตัน รดน้ำพอชุ่ม แล้วทำการกองสุมเศษพืชชั้นที่สอง ทับลงไปอีก โรยปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีลงให้เช่นเดียวกับการกองชั้นแรก

ทำเช่นนี้เรื่อยไปเป็นชั้น ๆ จนสูงประมาณ 1.5 เมตร กว้างสัก 2 เมตร ชั้นบนสุดใส่ดินปิดทับไว้ รดน้ำพอชุ่มแล้วใช้หญ้า-ฟางปิดคลุมกองหมักทิ้งไว้ให้เกิดการสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้ในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากปุ๋ยหมักมีค่า ในการช่วยปรับปรุงบำรุงดิน โดยเฉพาะทำให้โครงสร้างของดินโปร่งและร่วนซุย เกษตรกรจึงควรเก็บรวบรวมเศษพืช หญ้า และฟางข้าวทำเป็นปุ๋ยหมักจะดีกว่าที่จะเผาทิ้งไป

ปุ๋ยพืชสด

ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยอินทรีย์อีกประเภทหนึ่ง ซึ่งได้จากการปลูกพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วพุ่ม โสม และปอเทือง ลงบนพื้นที่ปล่อยให้เจริญเติบโตจนมีอายุ 7-8 อาทิตย์ ซึ่งเป็นช่วงที่พืชเจริญเติบโตมากที่สุด และกำลังออกดอก แล้วทำการไถกลบพืชเหล่านั้นลงไปในดินปล่อยให้เน่าสลายเป็นปุ๋ย แล้วทำการปลูกพืชหลังการไถกลบประมาณ 7-10 วัน

พืชตระกูลถั่วที่ใช้ปลูกทำปุ๋ยพืชสดโดยทั่วไปจะมีปริมาณไนโตรเจนประมาณ 2.5-3 % เมื่อไถกลบและเน่าสลายต่อไปจะปลดปล่อยไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในต้นและใบ ออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชที่ปลูกตามมาได้

การปลูกพืชตระกูลถั่วในพื้นที่หนึ่งไร่ ถ้าได้น้ำหนักแห้งของปุ๋ยพืชสดนั้นครึ่งตันต่อไร่ เมื่อไถกลบลงในดินสามารถเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดินได้จำนวน 12-15 กก. ซึ่งจะเพียงพอสำหรับการปลูกข้าวโพด โดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้อีกเลย

คุณสมบัติที่ดีของพืชตระกูลถั่ว ที่เหมาะสมใช้ปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดควรจะโตเร็ว อายุสั้น มีใบ ต้น และกิ่งก้าน แน่นและแผ่คลุมดินไปได้ไกล และวัชพืชขึ้นแข่งไม่ได้ อีกทั้งควรเป็นพืชที่มีระบบรากที่แข็งแรงสามารถไชชอนลึกลงไปในดินได้ดีด้วย

<u>ปุ๋ยอนินทรีย์</u>

ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยประเภทอนินทรีย์ กล่าวคือ ได้มาจากการผลิตหรือสังเคราะห์ทางอุตสาหกรรมจากแร่ธาตุ และก๊าซที่ได้ตามธรรมชาติ ดังนั้น ปุ๋ยเคมีจึงเป็นสารประกอบทางเคมี ที่มีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่ประกอบด้วยธาตุอาหารเดิมที่เคยมีอยู่ในดิน

<u>ข้อได้เปรียบของปุ๋ยเคมี</u>

- มีปริมาณธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักของปุ๋ยสูงใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อยก็พอ
- ราคาถูกเมื่อคิดเป็นราคาต่อหน่วยน้ำหนักของธาตุอาหาร ประกอบกับการขนส่งและเก็บรักษาสะดวกมาก
- หาได้ง่าย ถ้าต้องการเป็นปริมาณมากก็สามารถหามาได้ เพราะผลิตได้จากโรงงาน
- ให้ผลทางด้านธาตุอาหารเร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียเปรียบของปุ๋ยเคมี

- **ปุ๋ยเคมีไม่มีคุณสมบัติปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน กล่าวคือไม่ทำให้ดินโปร่งร่วนซุยเหมือนปุ๋ยอินทรีย์**
- **ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ถ้าใช้เป็นปริมาณมากและติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ๆ จะทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องใช้ปูนช่วยแก้ความเป็นกรดของดิน**
- **ปุ๋ยเคมีทุกชนิดมีความเค็ม ถ้าใช้ในอัตราสูง หรือใส่โคนต้นพืชจะเกิดอันตรายแก่พืชและการงอกของเมล็ด การใช้จึงต้องระมัดระวัง**
- **ผู้ใช้ต้องมีความรู้ ความเข้าใจเรื่องปุ๋ยเคมีพอสมควร มิฉะนั้นอาจมีผลเสียหายต่อพืชและต่อภาวะเศรษฐกิจของผู้ใช้ [ทำให้ขาดทุนได้]**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อไนเตรตในพืชดังนี้คือ

1. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในรูปไนเตรต แอมโมเนีย หรือยูเรีย มีแนวโน้มที่จะเพิ่มไนเตรตในพืช ปุ๋ยสองรูปหลังแม้จะมิได้อยู่ในรูปไนเตรต แต่เมื่อใส่ลงไปในดินที่มีการระบายอากาศดีก็ถูกจุลินทรีย์ในดินแปรสภาพให้เป็นไนเตรตได้ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปใด ๆ ก็ตามแม้จะเพิ่มผลผลิตพืชแต่พืชเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะสะสมไนเตรตมากขึ้นด้วย

2. การใส่ปุ๋ยไนเตรตกับผัก ทำให้ผักสะสมไนเตรตได้มากกว่าใช้ในรูปแอมโมเนียมหรือยูเรีย

3. การโรยปุ๋ยไนเตรตเป็นแถบข้างแถวของต้น spinach ปรากฏว่าพืชดูดไนเตรตได้มากกว่าการหว่านก่อนปลูก และยิ่งรากพืชสัมผัสอยู่กับดินที่มีปุ๋ยไนเตรตนานขึ้นการสะสมก็ยิ่งเพิ่มพูนขึ้น

4. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกลือไนเตรตชนิดต่าง ๆ คือ แอมโมเนียมไนเตรต แคลเซียมไนเตรต และโปแตสเซียมไนเตรต ปรากฏว่าพืชดูดไนเตรตจากเกลือชนิดแรกน้อยที่สุด

5. ไนเตรตเป็นไอออนที่กระตุ้นให้ nitrate reductase ทำงาน ส่วนแอมโมเนียเป็นตัวขัดขวางการทำงานของเอนไซม์นี้

6. การผสมสารชะงักขบวนการไนตริฟิเคชั่น [nitrification inhibitors] ในปุ๋ยแอมโมเนียมจะช่วยลดการสะสมไนเตรตในพืชได้อย่างมาก เนื่องจากสารดังกล่าวช่วยระงับหรือชลอการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียมในดินไปเป็นไนเตรตและพืชคงใช้แอมโมเนียมได้ตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจายตัวของไนเตรตในพืช

ปริมาณไนเตรตในพืชไม่สม่ำเสมอกันทั้งต้น โดยทั่วไปการสะสมจะพบมากที่ต้น หรือก้านใบรองลงไปคือ ราก แผ่นใบ ดอก ผลและเมล็ด ตามลำดับ

sugar beet ที่ใช้เลี้ยงสัตว์มีไนเตรตในใบแก่มากกว่าใบอ่อนและก้านใบมีมากกว่าแผ่นใบหลายเท่า พืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุต่างกันก็สะสมไนเตรตได้แตกต่างกันด้วย คือเมื่อเป็นกล้าอ่อนจะมีไนเตรตน้อย เมื่อต้นโตขึ้นก็จะสะสมได้มากขึ้น และสูงสุดเมื่อพืชเริ่มออกดอกแล้วจะเริ่มลดลงเมื่อพืชเจริญเต็มวัย ความสัมพันธ์ระหว่างอายุพืชกับการสะสมไนเตรตในเนื้อเยื่ออาจเกี่ยวข้องกับระดับไนโตรเจนในดินด้วย กล่าวคือ ในปลายฤดูปลูกระดับไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินอาจลดลงมากพืชจึงหันมาใช้ไนเตรตที่เคยสะสมไว้เป็นการชดเชย

สำหรับแอมโมเนียมนั้นพืชนำไปสร้างกรดอะมิโนและอินทรียสารอื่นๆ ได้โดยตรง ส่วนไนเตรตที่ถูกดูดเข้าไปในพืชจะต้องผ่านขบวนการที่จะรีดิวส์ให้ได้แอมโมเนียมเสียก่อนจึงจะใช้ได้ ขบวนการดังกล่าวมีเอนไซม์หลายชนิดเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่สำคัญคือ nitrate reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่รีดิวส์ไนเตรตในเนื้อเยื่อพืชให้กลายเป็นไนไตรต์ อย่างไรก็ตามจะยังมีไนเตรตบางส่วนไม่ถูกรีดิวส์ก็คงอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้คือ พันธุกรรมของพืช ปริมาณไนเตรตที่พืชได้รับจากดิน สภาพแวดล้อมในขณะที่พืชนั้นเจริญเติบโต อายุของพืช และส่วนของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

<u>อุปกรณ์การปลูก</u>

- ดินสีดา มีส่วนประกอบดังนี้ ดินผา 1 ส่วน , ปุ๋ยอินทรีย์อย่างดี 2 ส่วน , ทราย ¼ ส่วน พร้อมด้วยแร่ธาตุอื่น ๆ ครบถ้วน
- ถุงพลาสติกปลูกขนาด 10 นิ้ว
- เมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้ง

<u>ปุ๋ยที่ใช้ในการทดสอบ</u>

- ปุ๋ยยูเรีย
- ปุ๋ยคอก
- ปุ๋ย กท.ม.1

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

- retort stand
- vortex mixer
- hot air oven
- water bath
- balance
- hot plate
- filter paper " Whatman " เบอร์ 42 ขนาด 11 ซ.ม.
- glass wool
- test tube
- beaker ขนาด 10 , 25 , 250 และ 1,000 ml.
- funnel
- cylender ขนาด 10 ,100 , 250 ml.
- volumetric flask ขนาด 10 , 250 , 500 และ 1,000 ml.
- pipette ขนาด 1 , 2 , 5 และ 10 ml.
- test tube rack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99161

- erlenmeyer flask ขนาด 250 ml.
- blender
- amber bottle

<u>สารเคมี</u>

- activated carbon , FLUKA , A.R. GRADE
- Sodium hydroxide , MERCK , A.R. GRADE
- Hydrochloric acid
- Conc. Sulfuric acid , MERCK , A.R. GRADE
- Sodium nitrite , MERCK , A.R. GRADE
- Sodium nitrate , FLUKA , A.R. GRADE
- Salicylic acid , MERCK , A.R. GRADE
- Sulfanilamide , FLUKA , A.R. GRADE
- N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride , FLUKA , A.R. GRADE
- Distilled water

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. การเตรียม reagent และสารละลายมาตรฐาน

1.1 การเตรียม reagent

1.1.1 NED reagent : ละลาย N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride 0.3 กรัม ใน 0.12 N HCl 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

1.1.2 Sulfanilamide reagent : ละลาย sulfanilamide 0.5 กรัม ใน 2.4 N HCl 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

1.1.3 Salicylic acid : ละลาย salicylic acid 5 กรัม ใน H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 95 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

1.1.4 Sodium hydroxide 4 M : ละลาย NaOH 160 กรัมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

หมายเหตุ : reagent ทุกตัวต้องใส่ขวดสีชา [amber bottle] แล้วแช่เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.2 การเตรียมสารละลายมาตราฐาน

1.2.1 สารละลายมาตรฐานไนเตรต [$NaNO_3$]

1.2.1.1 stock solution : ละลาย $NaNO_3$ ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaNO_3$ เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

1.2.1.2 intermediate solution : pipette stock solution จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 250 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

1.2.1.3 Working solution : pipette intermediate solution จำนวน 2.5 3.5 , 4.5 , 5.5 , 6.5 , 7.5 และ 8.5 มิลลิลิตรใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 5 , 7 , 9 , 11, 13 , 15 , 17 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

1.2.2 สารละลายมาตรฐานไนไตรต์ [$NaNO_2$]

1.2.2.1 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2.2 intermediate solution : pipette stock solution จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 50 ไมโครกรัม / มิลลิลิตร

1.2.2.3 Working solution : pipette intermediate solution จำนวน 0.1 0.2 , 0.3 , 0.4 , 0.5 , 0.6 และ 0.7 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้นปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 0.1 , 0.2 , 0.3 , 0.4 , 0.6 และ 0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

1.3 การสร้าง Standard curve

1.3.1 Standard curve ของไนเตรต

1.3.1.1 pipette working standard solution $NaNO_3$ เข้มข้น 5, 7, 9, 11, 13 15 และ 17 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น

1.3.1.2 เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

1.3.1.3 เติม 4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

1.3.1.4 นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curveจากค่า absorbance และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm.

1.3.2 Stand curve ของไนไตรต์

1.3.2.1 pipette working standard solution $NaNO_2$ เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 2 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น

1.3.2.2 เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

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

1.3.2.4 นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curve จากค่า absorbanceและค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มเข้นโดยใช้เครื่อง spectrophotomer ที่ความยาวคลื่น 520 nm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15878

2. การทดลอง

2.1 การปลูกผัก

เตรียมดินสีดา ที่มีส่วนประกอบดังนี้ ดินเผา 1 ส่วน ปุ๋ยอินทรีย์อย่างดี 2 ส่วน ทราย ¼ ส่วน พร้อมด้วยแร่ธาตุอื่น ๆ ครบถ้วน ลงในถุงพลาสติกขนาด 10 นิ้ว แล้วทำการปลูกผักกวางตุ้ง [Green Kuang Futsai] โดยปลูกบนดาดฟ้าที่บ้านเลขที่ 598 / 128 ถ. สาธุประดิษฐ์ แขวงบางโพงพาง เขต ยานนาวา กรุงเทพ ฯ โดยปลูกผักกวางตุ้งที่ใช้ปุ๋ยแตกต่างกันดังนี้

2.1.1 ปุ๋ยยูเรีย โดยมีการใส่ปุ๋ยยูเรีย 2 ครั้ง หลังจากผักกวางตุ้งอายุ 20 และ 30 วัน ในอัตรา 1-2 ช้อนชา ต่อน้ำ 10 ลิตร

2.1.2 ปุ๋ยคอก โดยมีการใส่ปุ๋ยคอก 250 กรัม 2 ครั้ง หลังจากผักกวางตุ้งอายุ 20 และ 30 วัน

2.1.3 ปุ๋ย กท.ม. 1 โดยมีการใส่ปุ๋ย กท.ม.1 250 กรัม 2 ครั้ง หลังจากผักกวางตุ้งอายุ 20 และ 30 วัน

2.2 การเก็บตัวอย่างผักกวางตุ้ง

ทำการเก็บผักกวางตุ้ง เมื่อผักอายุ 45 วัน

2.3 การแยกสารออกจากตัวอย่าง [isolation]

นำผักกวางตุ้งที่เก็บเกี่ยวมาล้างน้ำให้สะอาดโดยเฉพาะล้างดินตามกาบใบให้เกลี้ยงแล้วผึ่งลมให้แห้ง หั่นให้ละเอียดแล้วนำไปชั่งให้ได้ตัวอย่างผักละ 100 กรัม แล้วนำผักตัวอย่างไปปั่นกับน้ำกลั่นจำนวน 50 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องปั่นจนละเอียดแล้วเทใส่บีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 150 มิลลิลิตร นำไปตั้งบน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ๆ นาน 30 นาที แล้วยกออกจาก water bath แล้วคนด้วยแท่งแก้วประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นเติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร แล้วกรองผ่านใยแก้ว [glass wool] จะได้สารละลายสีเขียว นำสารละลายที่กรองได้มาเติมผงถ่านกัมมันต์ [activated carbon] ซึ่งผ่านการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จำนวน 1.5 กรัม คนด้วยแท่งแก้วนาน 5 นาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง No. 42 จะได้สารละลายที่ใส แล้วนำสารละลายที่กรองได้ไปพัฒนาสีแล้วตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer

หมายเหตุ - ในการเก็บผักจะต้องเก็บพร้อมกันหมด เมื่อผักอายุ 45 วัน แต่ต้องทำการสกัดสาร 2 วัน ผักที่ไม่สามารถสกัดสารได้ทันในวันแรก จะเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต

1. pipette สารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง

2. เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

3. เติม 4 M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

4. นำไปวัดค่า absorbance และหาปริมาณความเข้มข้นจาก standard curve โดยใช้ เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm.

การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์

1. pipette สารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

2. เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้กันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

3. เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

4. นำไปวัดค่า absorbance และหาปริมาณความเข้มข้นจาก standard curve โดยใช้เครื่องspectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 nm.

<u>หมายเหตุ</u> - ในการทำ dilution ของผักนั้นจะต้องใช้ระดับความเข้มข้นของสารให้อยู่ระหว่างระดับต่ำสุดและสูงสุดของ standard

- การเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน ขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของสารในตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต [NO_3^-] และไนไตรต์ [NO_2^-] ในผักกวางตุ้ง ที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ยคอก , ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ยคอก , ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณไนเตรต 1120.32 , 958.74 , 732.60 และ 573.42 มก./กก. ตามลำดับ และมีปริมาณไนไตรต์ 142.21 , 115.78 , 102.81 และ 89.03 มก./กก. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อนำปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปริมาณไนเตรตของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยคอก มีความแตกต่างกับปริมาณไนเตรตของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p = 0.01$ สำหรับปริมาณไนไตรต์ที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย มีความแตกต่างกับปริมาณไนไตรต์ของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p = 0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

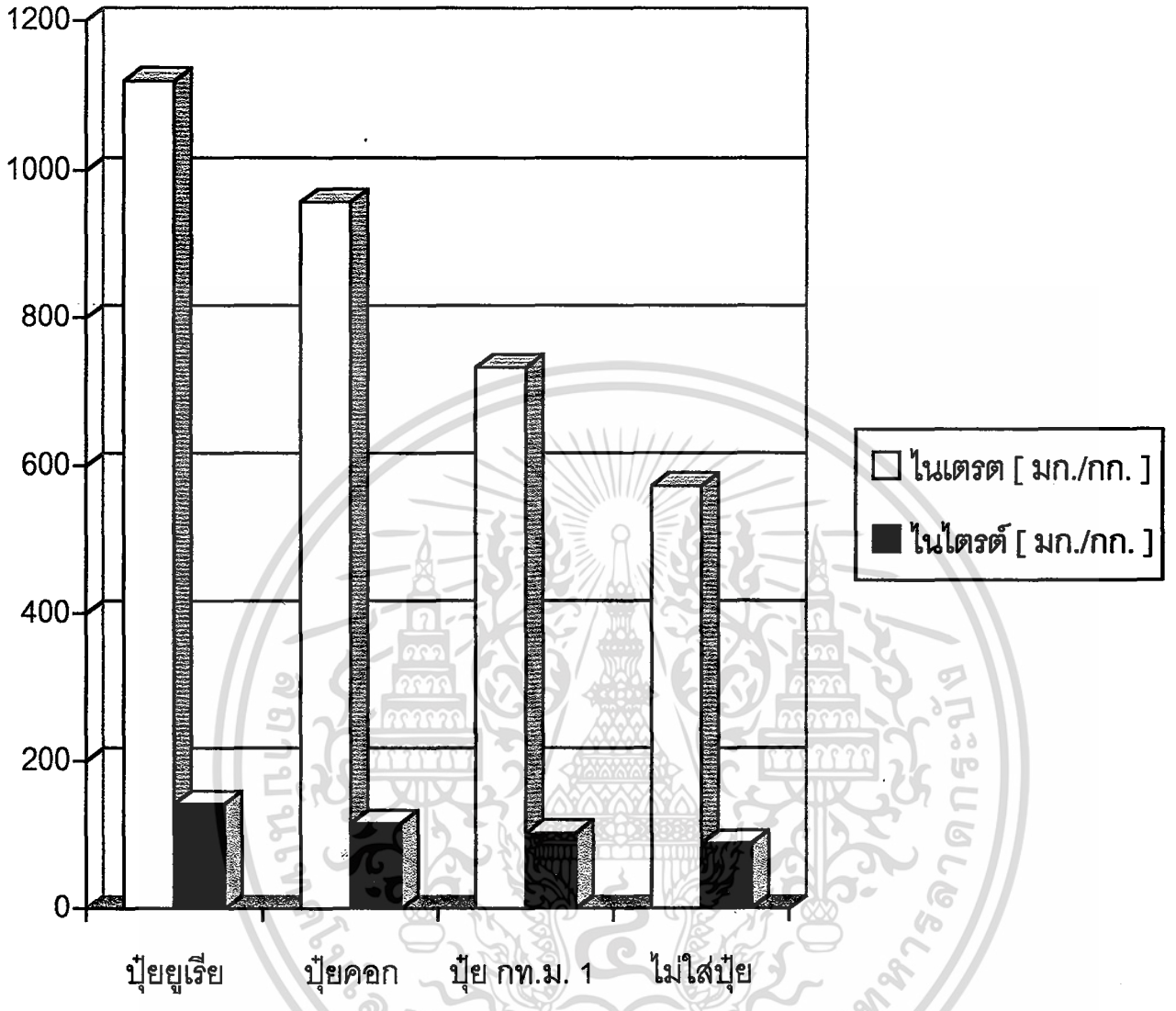
ตารางที่ 1 แสดงปริมาณไนเตรต (NO^-_3) และไนไตรต์ (NO^-_2) ในผักกวางตุ้งซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย

สิ่งทดลอง	ปริมาณ (มก./ก.ก.)	
	ไนเตรต (NO^-_3)	ไนไตรต์ (NO^-_2)
ปุ๋ยยูเรีย	1120.32 a	142.21 a
ปุ๋ยคอก	958.74 a	115.78 b
ปุ๋ย กท.ม. 1	732.60 b	102.81 b
ไม่ใส่ปุ๋ย	573.42 b	89.03 b

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $p = 0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรต , ไนไตรต์ของผักกวางตุ้งซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์

จากผลการศึกษาหาปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ในผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีปริมาณไนเตรต และไนไตรต์สูงสุด รองลงมาเป็นผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า ปริมาณไนเตรตของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยคอก มีความแตกต่างกับปริมาณไนเตรตของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p = 0.01$ สำหรับปริมาณไนไตรต์ของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย มีความแตกต่างกับปริมาณไนไตรต์ของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p = 0.01$ แสดงว่าผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีผลทำให้เกิดสารไนเตรต และไนไตรต์ตกค้างในผักกวางตุ้งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนปุ๋ยที่ใส่แล้วทำให้เกิดสารไนเตรต และไนไตรต์ตกค้างน้อยที่สุดคือ ปุ๋ย กท.ม. 1

ปริมาณไนเตรตของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยคอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณไนไตรต์ของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย มีความแตกต่างกับปริมาณไนไตรต์ของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยคอก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ $p = 0.01$ ซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด ควรทำการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ ของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย มีปริมาณไนเตรต และไนไตรต์สูงสุด รองลงมาเป็นผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ ส่วนผลผลิตของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 ไม่แตกต่างกันมากนัก ผักกวางตุ้งที่ปลูกโดยไม่ใส่ปุ๋ยจะมีผลผลิตต่ำสุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าเกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ย กท.ม. 1 แทนปุ๋ยยูเรีย จะได้ผลผลิตไม่ต่างกัน ทั้งนี้เกษตรกรอาจจะใช้ต้นทุนในการซื้อปุ๋ย กท.ม. 1 สูงกว่าปุ๋ยยูเรีย แต่ผู้บริโภคจะลดความเสี่ยงอันตรายจากไนเตรต และไนไตรต์ จากการบริโภคผัก อย่างไรก็ตามผู้ที่ชอบรับประทานผักไม่ควรกังวลมากนัก เพราะผักที่รับประทานแม้จะมีปริมาณไนเตรตสูง แต่ไนเตรตก็สามารถถูกกำจัดออกจากร่างกายได้โดยทางปัสสาวะ และในผักมีวิตามินซี และวิตามินอี ซึ่งเป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาของไนไตรต์กับเอมีนในการสร้างสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้ด้วย และการบริโภคผักย่อมให้ประโยชน์มากกว่าโทษ เพราะผักมีวิตามิน เกลือแร่ และสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ทำให้มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงปริมาณไนเตรต (NO_3^-) ในผักกวางตุ้ง ซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม.1 , และไม่ใส่ปุ๋ย

สิ่งทดลอง	ปริมาณไนเตรต (มก./กก.)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
ไม่ใส่ปุ๋ย	664.03	532.67	523.56	573.42
ปุ๋ย กท.ม. 1	845.63	716.53	635.64	732.60
ปุ๋ยคอก	1025.29	998.45	852.48	958.74
ปุ๋ยยูเรีย	1348.18	1017.24	995.54	1120.32

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงปริมาณไนไตรต์ (NO_2^-) ในผักกวางตุ้ง ซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย

สิ่งทดลอง	ปริมาณไนไตรต์ (มก./กก.)			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	เฉลี่ย
ไม่ใส่ปุ๋ย	101.78	86.72	78.59	89.03
ปุ๋ย กท.ม. 1	106.15	103.56	98.72	102.81
ปุ๋ยคอก	138.56	109.21	99.57	115.78
ปุ๋ยยูเรีย	163.32	139.78	123.53	142.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรต [มก./กก.] ใน ผักกวางตุ้งซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ยคอก , ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย

Source	df.	Sum of Square	Mean Square	Computed F	F- ratio
Block	2	101319.40	50659.70	10.52*	5.14
Treatment	3	525362.68	175120.89	36.38**	9.78
Error	6	28885.61	4814.27		
Total	11	655567.39			

C.V. = 8.2 %

* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ p = 0.05

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ p = 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ [มก./กก.] ใน ผักกวางตุ้งซึ่งได้รับปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ยคอก , ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย

Source	df.	Sum of Square	Mean Square	Computed F	F - ratio
Block	2	1537.86	768.93	11.75 **	10.92
Treatment	3	4614.52	1538.17	23.49 **	9.78
Error	6	392.81	65.47		
Total	11	6545.19			

C.V. = 7.19 %

** = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ p = 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงปริมาณผลผลิต [กรัม] ของผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ย กท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย

สิ่งทดลอง	ปริมาณผลผลิต [กรัม]			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ปุ๋ยยูเรีย	171.25	169.41	165.83	506.49	168.83
ปุ๋ยคอก	163.94	161.81	159.52	485.27	161.76
ปุ๋ย กท.ม.	160.12	157.67	155.69	473.48	157.83
ไม่ใส่ปุ๋ย	145.58	141.43	140.17	427.18	142.39

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กองพืชไร่. 2523. เอกสารวิชาการ เล่ม 3 รายชื่อพืชทั่วไป. กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 306 หน้า.

จิรา ณ หนองคาย. 2535. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผัก ผลไม้ และดอกไม้. แมส พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 272 หน้า.

ฐานเกษตรกรรม. 2529. รวมเรื่องผัก. ฐานเกษตรกรรม. กรุงเทพฯ. 78 หน้า.

ประสงค์ คุณานุวัตน์ชัยเดช. 2534. สารก่อมะเร็งในอาหาร. วารสารวิทยาศาสตร์. 45 : 53-56.

ประสิทธิ์ โนรี. 2529. หลักการผลิตผักเบื้องต้น. คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. เชียงใหม่. 226 หน้า.

พิมล เรียนวัฒนา และ ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2525. เคมีสภาวะแวดล้อม. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 215 หน้า.

ไพรัช เทพมงคล. 2524. ความรู้เรื่องโรงมะเร็ง. สำนักพิมพ์เมดิคัล มีเดีย. กรุงเทพฯ. 208 หน้า.

ไมตรี สุทธจิตต์. 2531. สารพิษรอบตัวเรา. โรงพิมพ์คาว คอมพิวกราฟิค. กรุงเทพฯ. 250 หน้า.

ลักขณา อมรสิน. 2534. อนุมูลพิษ ใน พิษวิทยาวิเคราะห์. ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะเภสัชศาสตร์: มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์. หน้า 37-39.

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

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

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2535. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 239 หน้า.

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2527. หลักการผลิตผัก พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซท. กรุงเทพฯ. 217 หน้า.

สมศักดิ์ วังใน. 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพฯ. 193 หน้า.

สุรภี โรจน์อารยานนท์. 2526. สภาวะแวดล้อมของเรา ตอน มลพิษสภาวะแวดล้อม. เดียร์บุ๊ค. กรุงเทพฯ. 123 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค. 2535. หนังสือรวบรวมบทความเผยแพร่ความรู้เรื่องการคุ้มครองผู้บริโภค. สำนักพิมพ์สามเจริญพาณิชย์. กรุงเทพฯ. หน้า 46-48.

สมาคมการค้าปุ๋ยและธุรกิจการเกษตรไทย. 2531. โรจน์กสิกิจเฟอร์ติไลเซอร์. กรุงเทพฯ. 180 หน้า.

อุดม โกสัยสุก. 2530. การปลูกผักกินใบ. อักษรบัณฑิต. 34 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Addiscott, T.M., A.P. Whitmore and D.S. Powlson. 1991. Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem. Rewood Press Ltd., London. 170 pp.

Burt T.P., A.L. Heathwaite and S.T. Trudgill. 1993. Nitrate Processes,Patterns and Management : Nitrate in Groundwater. New York. 214 pp.

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

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

Hubbert, W.T. and H. V. Hagstad. 1991. Food Safety and Quality Assurrance: foods of Animal origin. IOWA state University press, USA. 152 pp.

Locascio, S.J., W.J. Wiltbank, D.D. Gull and D.N.Maynard. 1984. Fruit and vegetable quality As affected by nitrogen nutrition. *In* Roland D. Hauck (editor) Nitrogen in Crop Production. American Society of Agronomy Inc., Madison. p. 617-626.

Manahan, S.E. 1992. Toxixological Chemistry 2nd ed. Lewis Publishers, Inc., Michigan. 449 pp.

Shahidi F. and C. Hong. 1993. Nitrite-binding properties of dietary fibers. *In* K.W. Waldron, I.T. Johnson and G.R. Fenwick (editors) Food and Cancer Prevention: Chemical and Biological Aspects. Bookcraft (Bath) Ltd., New York. p 374-378.

Shahidi F. and R.B. Pegg. 1993. Nitrite-free meat curing systems and the N-nitrosamine Problem. *In* K.W. Waldron, I.T. Johnson and G.R. Fenwick (editors) Food and Cancer Prevention: Chemical and Biological Aspects. Bookcraft (Bath) Ltd., New York. p. 82-86.

Viets, F.G. and R. H. Hageman. 1971. Factors Affecting the Accumulation of Nitrate in Soil, Water, and Plants. Agriculture Handbook no. 413. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. 63 pp.

Wadleigh, C.H. and J.W. Shire. 1939. Base content of complants as influenced by pH of substrate And from of N supply. Soil Science 47:273-283.

William, C.N. 1991. Vegetable Production in the tropics. Vinlin Press Sdn. Bhd., Malaysia. 179 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้