สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรด (NO_3^-) และไนไตรต์ (NO_2^-) ในผักคะน้าที่ให้ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก และ ปุ๋ยกท.ม.1

THE STUDY OF NITRATE (NO_3^-) AND NITRITE (NO_2^-) REMAIN IN CHINESE KALE WHICH ARE TREATED WITH UREA FERTILIZER, MANURE AND BANGKOK 1 FERTILIZER

โดย

นางสาวดวงฤทัย รัตนมาลา

(ผศ. ลักขณา อมรสิน)
ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา
19 พ.ค. 2542

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. วรเดช จันทรสร)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
วัน 19 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2542

ปพ.
ต 2126 ก
2542
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32917
วัน, เดือน, ปี 18 มิ.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณไนเตรต (NO^-_3) และไนไตรต์ (NO^-_2) ในผักคะน้าที่ให้ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก และปุ๋ยกท.ม.1

โดย นางสาวดวงฤทัย รัตนมาลา

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา _____

(ผศ. ลักขณา อมรสิน)

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ให้ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ยโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ตรวจวิเคราะห์ไนเตรตและไนไตรต์โดยวิธี สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ พบปริมาณไนเตรต 1105.23, 1021.51, 781.02, 543.36 มก/กก. ตามลำดับและปริมาณไนไตรต์ 134.61, 119.24, 105.72, 87.59 มก/กก. ตามลำดับ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณไนเตรตของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยคอกมีความแตกต่างกับปริมาณไนเตรตของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ P = 0.01 ตามลำดับ ส่วนปริมาณไนไตรต์ของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความแตกต่างกับผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ P = 0.01 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการจัดปัญหาพิเศษฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของ ผศ. ลักขณา อมรสิน ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาและทุกคนในครอบครัวที่ให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษ และได้ให้ความช่วยเหลือด้านกำลังทรัพย์ในการศึกษาตลอดมา

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คุณจรงศักดิ์ พุ่มนวน ที่ได้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ด้วยความกรุณารวมทั้งเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

สุดท้าย หากมีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับด้วยความยินดีแต่เพียงผู้เดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	i
สารบัญภาพ	ii
สารบัญภาคผนวก	iii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลการทดลอง	20
สรุปและวิจารณ์	23
ข้อเสนอแนะ	24
ภาคผนวก	25
บรรณานุกรม	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณไนเตรต (NO^-_3) และไนไตรต์ (NO^-_2) ในผักคะน้า ที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย 20

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย 22

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงไนไตรต์ในผักคะน้า ที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของไนเตรตและการสังเคราะห์สารประกอบไนโตรโซ 13

ภาพที่ 2 กราฟแสดงปริมาณสารไนไตรต์ (NO^-_2)ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย 21

ภาพที่ 3 กราฟแสดงปริมาณสารไนเตรต (NO^-_3)ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

หน้า

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงปริมาณไนเตรต (NO^-_3)ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย 26

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงลำดับและค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย 26

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยกับค่า DMRT 27

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงปริมาณไนไตรต์ (NO^-_2)ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย 27

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงลำดับและค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย 28

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยกับค่าDMRT 28

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงปริมาณผลผลิต (กรัม) ของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันนี้คนส่วนใหญ่นิยมหันมาบริโภคอาหารประเภทพืชผักเป็นส่วนมาก เนื่องจากผักเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์ ประโยชน์ที่ได้รับจากการบริโภคผักก็มีมาก เช่น เยื่อใยของผักช่วยให้การทำงานของระบบขับถ่ายของร่างกายดีขึ้น ลดการเป็นโรคลำไส้อักเสบ และมะเร็งในลำไส้ใหญ่

พืชผักชนิดที่ปลูกเพื่อรับประทานลำต้น และใบ จะมีความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจนในปริมาณสูง เพื่อนำไปสร้างการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว เนื่องจากผักเป็นพืชที่มีอายุสั้น ดังนั้นจึงต้องการใช้ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนในปริมาณมาก ผักจึงนับว่าเป็นพืชที่มีการสะสมไนเตรตและไนไตรต์ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง เมื่อคนหรือสัตว์กินพืชเหล่านั้น ไนเตรตที่อยู่ในเนื้อเยื่อผักก็จะเข้าสู่ทางเดินอาหาร และอาจทำให้ได้รับอันตรายหากได้รับไนเตรตในปริมาณมากเกินไปโดยเฉพาะกับเด็กทารก และสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทำให้เกิดอาการเมธฮีโมโกลบินีเมีย (methaemoglobinemia) และไนไตรต์ยังสามารถทำปฏิกิริยากับสารประเภทไดอัลคิลเอมีน (dialkylamine) บางชนิดเกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในเนื้อเยื่อ ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการใช้เกลือไนเตรต หรือ ไนไตรต์ผสมอยู่ จึงถูกควบคุมให้มีได้ในปริมาณที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้เท่านั้น

ส่วนการทำการเกษตรในปัจจุบันก็มักจะใช้ปุ๋ยในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อต้องการให้ได้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพตามความต้องการของตลาด และเนื่องจากผักก็เป็นอาหารประจำวันแทบทุกมื้อของมนุษย์

การใช้ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืชผักจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมของไนเตรตและไนไตรต์ในเนื้อเยื่อของพืช เช่น การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอนินทรีย์ ต่างก็มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบหาปริมาณสารไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ให้ปุ๋ยต่างชนิดกัน คือ ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก และปุ๋ย ก.ท.ม.1 ว่าปุ๋ยชนิดใดที่ให้ปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ ในระดับที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับพืชผัก และป้องกันอันตรายไม่ให้ผู้บริโภคผักได้รับสารไนเตรตและไนไตรต์ในระดับที่สูงเกินควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาปริมาณการสะสมไนเตรต และไนไตรต์ในผักคะน้าซึ่งปลูกโดยใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกัน คือ ปุ๋ยยูเรีย, ปุ๋ยคอก และปุ๋ยกท.ม.1
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณความแตกต่างของไนเตรต และ ไนไตรต์ในผักคะน้าซึ่งปลูกโดยใส่ ปุ๋ยยูเรีย, ปุ๋ยคอก และปุ๋ยกท.ม. 1 และไม่ใส่ปุ๋ย
3. เพื่อศึกษาความเสี่ยงการเป็นอันตรายจากไนเตรตและไนไตรต์จากการบริโภคผักคะน้าที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยต่างกันดังกล่าวในข้อ 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

พืชผักเป็นแหล่งสำคัญของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งในอาหารชนิดอื่นมีไม่เพียงพอหรือไม่มี โดยอุดมด้วยธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็ก และวิตามินหลายชนิด พืชผักสีเขียวและเหลือง เช่น คะน้า ผักกาดเขียว เป็นแหล่งของธาตุแคลเซียม วิตามินเอ วิตามินซี ไทอามีน ไนอาซีน และกรดโฟลิค

พืชผักชนิดที่ปลูกเพื่อรับประทานลำต้นและใบ เช่น พืชผักตระกูลกะหล่ำ ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ฯลฯ พืชพวกนี้ต้องการธาตุไนโตรเจนในปริมาณสูง เพื่อการเจริญเติบโตที่รวดเร็วเพื่อให้ลำต้นและใบอ่อนมีความกรอบ ดังนั้นในการปลูกพืชพวกนี้จึงต้องใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนสูง

ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มมหธาตุ (macronutrient elements) และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบในเซลล์พืชหลายชนิด ได้แก่ โปรตีน, กรดนิวคลิอิก, กรดอะมิโนชนิดต่างๆ, โคเอนไซม์, ฮอร์โมนบางชนิด และรงควัตถุหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลด์, บอร์ไฟลิน เป็นต้น

โดยทั่วไปไนเตรตมิได้เป็นอันตรายโดยตรง แต่หากถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ และเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตในปริมาณมากพอก็จะก่อให้เกิดโทษได้

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตในพืช

การสะสมไนเตรตในพืชเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมาก ๆ ไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่ทำให้ปริมาณไนไตรต์ในพืชสูงขึ้นแต่มีปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น

1. **แสง** มีอิทธิพลต่อ nitrate reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่แปรสภาพไนเตรตให้เป็นไนไตรต์ ได้แม้ในที่มืดไนเตรตก็กระตุ้นให้เอนไซม์ทำงานได้ แต่กิจกรรมที่เกิดขึ้นจะไม่สูงเท่าเมื่อมีแสงสว่างเพียงพอ กล่าวกันว่าแสงมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โดยทางอ้อม คือ ช่วยให้ไนเตรตซึมผ่านเซลเมมเบรนเข้าไปสู่บริเวณที่มีเอนไซม์ได้สะดวก nitrate reductase มีทั้งในรากและในใบพืช และจากการศึกษาพบว่าเมื่อลดความเข้มข้นของแสงที่ผิวใบลง กิจกรรมของเอนไซม์นี้จะลดลงอย่างมาก พืชจึงสะสมไนเตรตมากขึ้นหากได้รับแสงสว่างน้อยลง

2. **อุณหภูมิ** มีอิทธิพลต่อการดูด การเคลื่อนย้ายและการใช้ไนเตรตของพืชแต่การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิระดับหนึ่งจะมีผลต่อขบวนการเหล่านี้ไม่เท่ากัน (Lim *et al.* 1990) สำหรับพืชที่เจริญเติบโตโดยธรรมชาติจะพบว่าในเวลาเที่ยงวันอุณหภูมิของเรือนยอดจะสูงกว่าอุณหภูมิของราก ทำให้เรือนยอดมีการสะสมของไนเตรตได้น้อยกว่าที่ราก ส่วนในเวลากลางคืนอุณหภูมิของรากจะสูงกว่าเรือนยอดเนื่องจากดินยังมีความอบอุ่นอยู่ ผลของอุณหภูมิที่ลดต่ำลงจะทำให้อัตราการดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนเตรตของรากพืชจะลดลงในสัดส่วนที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการรีดิวซ์ไนเตรตไปเป็นไนไตรต์ เนื่องจากขบวนการหลังแทบจะหยุดชะงักในที่มืด ในเวลากลางคืนพืชจะสะสมไนเตรตในเรือนยอดได้มาก ดั้งนั้นสรุปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำจะทำให้มีการสะสมของไนไตรต์สูงกว่าไนเตรต

3. **ความชื้นของดินและความชุ่มชื้นของอากาศ** พืชอาหารสัตว์ที่กระทบแล้งหรือดินมีความชื้นต่ำมักสะสมไนเตรตไว้ในเนื้อเยื่อมากกว่าปกติ เนื่องจากในสภาวะที่พืชขาดน้ำกิจกรรมของ nitrate reductase จะลดลงและการสังเคราะห์แสงของพืชก็ลดลงด้วย ยิ่งกว่านั้นในช่วงเวลาที่อากาศแห้งแล้งจะมีการเคลื่อนย้ายของเกลือต่าง ๆ รวมทั้งไนเตรตจากดินล่างขึ้นมากับน้ำซับ (capillary water) มาสะสมในดินบน ปรากฏการณ์เช่นนี้มักเกิดกับพืชในทุ่งหญ้า และทุ่งหญ้ามักกระทบแล้งในบางช่วงของปี ความชุ่มชื้นของอากาศก็มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตเช่นเดียวกัน เมื่ออากาศมีความชื้นสัมพันธ์สูงพืชจะสะสมไนเตรตได้มาก คือ เอนไซม์ nitrate reductase จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีไนเตรตเข้ามากระตุ้นหากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำลงอัตราการคายน้ำก็สูงขึ้น ไนเตรตจึงเคลื่อนย้ายตามท่อน้ำสู่เนื้อเยื่อที่มีเอนไซม์ และกระตุ้นเอนไซม์ดังกล่าวให้มีกิจกรรมสูงพอที่จะแปรสภาพไนเตรตให้เหลือในเนื้อเยื่อเพียงเล็กน้อย

4. **ธาตุอาหารที่พืชได้รับ** โดยเฉพาะไนโตรเจนรูปของไนโตรเจนในดินมี อยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สำหรับในรูปของสารอนินทรีย์ก็จะอยู่ในรูปของ molecular nitrogen ในอากาศและในดิน (soil and air) แต่ไนโตรเจนในรูปนี้จะไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชยกเว้นพืชตระกูลถั่วในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไนเตรต (NO_3^-) ไนไตรต์ (NO_2^-) แอมโมเนียม (NH_4^+) ไนตริก และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งไนโตรเจนในรูปของไนเตรตและแอมโมเนียมจะมีอยู่มากที่สุด โดยทั่วไปไนเตรตและแอมโมเนียมจะมีอยู่ในดินน้อยกว่า 2% และมักจะมีปริมาณที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอภายในระยะเวลาอันสั้นเนื่องจากสารประกอบไนเตรต ละลายน้ำได้ง่ายและมักจะถูกชะล้างให้สูญหายไปได้อย่างรวดเร็ว ส่วนแอมโมเนียมถึงแม้ว่าจะมีประจุบวกและถูกยึดที่ผิวอนุภาคของดินได้ก็ตามแต่มักจะไม่อยู่ในสภาพเช่นนี้ในดินได้นานนัก เพราะจะถูกเปลี่ยนเป็น ไนเตรต โดยขบวนการ Nitrification อย่างรวดเร็ว และจะสูญเสียไปได้ง่ายโดยขบวนการชะล้างของน้ำและการถูกพืชดูดเอาไปใช้ของพืช

ในดินที่มีการระบายอากาศ มีความชื้น อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ เหมาะสม แอมโมเนียม (NH^+_4) จะถูกจุลทรีย์บางพวกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรต์ (NO^-_2) และไนเตรต (NO^-_3) ตามลำดับ โดยกระบวนการที่เรียกว่า ไนตริฟิเคชัน (nitrification) เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์สองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. Chemoautotrophic microorganisms : จุลินทรีย์พวกนี้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียจำนวน 7 genus มีเพียง 2 genus เท่านั้นที่มักพบมีอยู่ในดินโดยทั่วไป คือ ***Nitrosomonas*** เป็นแบคทีเรียที่สามารถเพิ่มออกซิเจนให้แก่แอมโมเนียมเป็นไนไตรต์ เช่น ***Nitrosomonas europaea, N. monocella*** และ ***N. digocarbagenes*** กิจกรรมของแบคทีเรียในกลุ่มนี้ จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ "การสะสมไนไตรต์" ซึ่งมีผลกระทบต่อการเกษตรเป็นอย่างยิ่ง เพราะไนไตรต์เป็นพิษต่อพืชและจุลทรีย์ซึ่งมีสาเหตุของการสะสมไนไตรต์อยู่ 2 ประการ คือ เมื่อดินมีสภาพความเป็นด่างสูงเกินไป และเมื่อมีปริมาณของแอมโมเนียมสูง ส่วน ***Nitrobactor*** ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เพิ่มออกซิเจนแก่ไนไตรต์เป็นไนเตรต มีอยู่ 2 species คือ ***Nitrobacter winogradskyii*** เช่น ***Nitrobacter agilis*** แบคทีเรียในกลุ่มนี้ทั้งหมดเป็นพวกที่อาศัยอนินทรีย์ไนโตรเจนเป็นแหล่งของพลังงาน โดยการเพิ่มออกซิเจนให้กับอนินทรีย์ไนโตรเจนนั้น

$$2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O + \text{energy (66 Kcal)}$$

$$2NO_2^- + 1O_2 \rightarrow 2NO_3^- + \text{energy (18 Kcal)}$$

2. Heterotrophic microorganisms : จุลทรีย์พวกนี้จะได้รับพลังงานจากการเพิ่มออกซิเจนให้กับอินทรียสาร แต่ไม่ได้พลังงานจากแอมโมเนียม และสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน ผลที่ได้จากกระบวนการคือ ไนไตรต์ จุลทรีย์ที่มีความสามารถกระตุ้นให้เกิดกระบวนการ Nitrification นี้มีอยู่หลายพวกด้วยกัน เช่น แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท (Cactinomycetes) และราที่อาศัยในดินและน้ำ

ไนโตรเจนในดินมีการเปลี่ยนรูปอยู่เสมอ จากสารอนินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ หรืออยู่ในรูปก๊าซและมีการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างสารต่างๆ เหล่านี้ตลอดเวลา โดยมีจุลทรีย์บางชนิดเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการเปลี่ยนรูปนั้นๆ ก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศจะรวมกับไฮโดรเจนโดยกระบวนการตรึงไนโตรเจน ซึ่งจะเกิดโดยกรรมวิธีทางโรงงานอุตสหกรรม หรือโดยการตรึงของจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้เปลี่ยนไปเป็นสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต เมื่อสัตว์กินพืชก็จะได้รับสารประกอบไนโตรเจนจากพืชภายหลังที่พืชและสัตว์ตายลง เกิดการสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์พร้อมกับมีการปลดปล่อยสารประกอบไนโตรเจนออกมา ซึ่งจะถูกย่อยสลายไปเป็นแอมโมเนีย โดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชั่น (Ammonification) จุลินทรีย์บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย (NH_3) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นเหล่านี้พืชอาจนำไปใช้ หรือถูกออกซิไดซ์โดยจุลินทรีย์บางชนิด ในกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ให้เป็นพวกไนเตรต ไนเตรตละลายน้ำได้ดี พืชจะดูดไปใช้ในการเจริญเติบโต และเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย โดยกระบวนการรีดิวซ์ไนเตรต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Nitrate Reduction) ไนเตรตบางส่วนจะถูกชะล้างสูญหายไป ไหลลงสู่ดินชั้นล่าง หรือ แม่น้ำลำคลอง และทะเล ในส่วนที่ไหลลงสู่น้ำนี้อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชน้ำ หรืออาจเปลี่ยนรูปไปอีกโดยกระบวนการดิไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) เป็นก๊าซไนโตรเจนหรือไนทรัสออกไซด์ (NO) ส่วนแอมโมเนียมไอออน (NH^+_4) ซึ่งมีประจุบวกจะถูกยึดโดยอนุภาคดินเหนียว ทำให้ถูกชะล้างไปได้ยาก ในสภาพที่มีการระบายอากาศไม่ดี น้ำขัง อุณหภูมิสูง อาจเกิดการระเหยเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซไนโตรเจน และก๊าซไนทรัสออกไซด์กลับคืนสู่บรรยากาศได้ ซึ่งกระบวนการต่างๆ ดังกล่าวนี้เรียกว่า วัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen cycle)

ไนเตรตที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่เหลือยังคงเป็นไนเตรตไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืชนั้น ถ้าสภาพแวดล้อมในดินเหมาะแก่การสะสมไนเตรต พืชจะดูดไนเตรตจากดินเข้าไปมาก และถ้าพืชมีความสามารถในการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นอินทรียสารได้น้อยหรือสภาพแวดล้อมไม่อำนวยต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะมีไนเตรตสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น โดยทั่วไปการสะสมไนเตรตในพืชเกิดขึ้นเพียงชั่วคราว และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืชนั้น ปริมาณที่สะสมจะลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่

สำหรับขั้นตอนที่ไนเตรตจะเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งต่อไปจะกลายเป็นโปรตีนในพืชนั้นเกี่ยวข้องกับเอนไซม์หลายชนิด เช่น ไนเตรตรีดักเทส (Nitrate reductase) และไนไตรต์รีดักเทส (Nitrite reductase) ดังสมการ

$$NO_3^- + 2e^- \xrightarrow[\text{Re ductase}]{\text{Nitrate}} NO_2^- + 6e^- \xrightarrow[\text{Re ductase}]{\text{Nitrite}} NH_4^+$$

ในกระบวนการดังกล่าว ถ้ากระบวนการรีดักชั่น (Reduction) ของไนเตรตเกิดเร็วกว่ากระบวนการรีดักชั่นของไนไตรต์ จะทำให้ไนไตรต์สะสมอยู่ในพืช ซึ่งไนไตรต์จะเป็นพิษกับเซลล์ของพืชมาก ในทางตรงกันข้ามถ้ากระบวนการรีดักชั่นของไนเตรตเกิดช้า ก็จะทำให้ไนเตรตสะสมในพืชในปริมาณมากขึ้น

อิทธิพลของธาตุอื่น ๆ ต่อการสะสมไนเตรตในพืช

1. การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ถึงแม้พืชจะขาดฟอสฟอรัสก็ไม่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตอย่างเด่นชัด

2. พืชที่ขาดกำมะถันกิจกรรมของ nitrate reductase จะลดลง เนื่องจากเอนไซม์ดังกล่าวจะทำงานได้ต้องมี sulfhydryl group ดังนั้นเมื่อพืชขาดกำมะถันจึงมักสะสมไนเตรตมากขึ้นกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แคลเซียมมีอิทธิพลต่อการดูดไนเตรตของรากพืช และอาจมีผลกระทบต่อขบวนการรีดิวซ์ไนเตรตด้วย นอกจากนี้รากพืชที่ขาดแคลเซียมมักไม่ค่อยเจริญเติบโตและดูดไนเตรตจากดินได้อย่างจำกัด (Wadleigh and shive , 1939) สำหรับแมกนีเซียมนั้นยังไม่มีหลักฐานที่บ่งชี้ถึงอิทธิพลของธาตุนี้ต่อระดับไนเตรตของพืช

4. โมลิบดินัม เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของ nitrate reductase พืชที่ขาดโมลิบดินัมอาจสะสมไนเตรตถึง 3% ของน้ำหนักแห้ง

5. แม้ว่าบทบาทของแมงกานีสต่อขบวนการรีดิวซ์ไนเตรตยังไม่ทราบแน่นอน แต่มีผู้รายงานว่าแมงกานีสมีความสำคัญต่อขบวนการนี้ในข้าวสาลี

6. คลอไรด์จัดเป็นอิออนประจุลบที่เป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดไนเตรตของรากพืชหากสารละลายของดินมีคลอไรด์พอประมาณการดูดไนเตรตก็จะน้อยลง

ปุ๋ย

ปุ๋ย หมายถึงสารที่เราใส่ลงไปในดิน เพื่อวัตถุประสงค์ให้ปลดปล่อยธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่พืชยังขาดอยู่ ให้ได้รับอย่างเพียงพอ พืชสามารถเจริญเติบโตงอกงามดีขึ้น และให้ผลผลิตสูงขึ้น

แหล่งที่ได้มาของปุ๋ย 2 แหล่ง

1. แหล่งที่เป็นอินทรีย์สาร ซึ่งได้แก่ มูลสัตว์ต่าง ๆ ที่เรียกว่าปุ๋ยคอก จากการกองสุมเศษพืชและขยะ แล้วหมักให้สลายตัวจนหมด เรียกว่าปุ๋ยหมัก และจากการปลูกพืชบำรุงดินพวกพืชตระกูลถั่ว และไถกลบ เรียกว่าปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยเหล่านี้เรียกรวม ๆ กันว่า “ ปุ๋ยอินทรีย์”

2. แหล่งที่เป็นอนินทรีย์สาร ซึ่งได้แก่ สารที่ผลิตหรือสังเคราะห์จากวัตถุดิบที่เป็นหิน แร่ และก๊าซ โดยกระบวนการทางอุตสาหกรรมเคมีให้เป็นสารประกอบทางเคมีที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นปุ๋ย เรียกว่า ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ หรือปุ๋ยเคมี

1. ปุ๋ยอินทรีย์

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อได้เปรียบของปุ๋ยอินทรีย์

1. ช่วยปรับปรุงดินให้ดีขึ้น โดยเฉพาะคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน เช่น ความโปร่ง ความร่วนซุย ความสามารถในการอุ้มน้ำ และธาตุอาหารพืชของดินดีขึ้น ข้อดีข้อนี้ ปุ๋ยอินทรีย์ทำได้แต่ผู้เดียว ปุ๋ยเคมีทำไม่ได้

2. อยู่ในดินได้นาน และค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารพืชอย่างช้า ๆ

3. เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี จะส่งเสริมปุ๋ยเคมีให้เป็นประโยชน์แก่พืชอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

4. ส่งเสริมให้จุลชีพในดินโดยเฉพาะพวกที่มีประโยชน์ต่อการบำรุงดินให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ข้อเสียเปรียบของปุ๋ยอินทรีย์

1. มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำ

2. ใช้เวลานานกว่าปุ๋ยเคมีในการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้แก่พืช

3. ราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมีเมื่อคิดเทียบในแง่ราคาต่อหน่วยน้ำหนักของธาตุอาหารพืช

4. หายาก พิจารณาในแง่เมื่อต้องการเป็นปริมาณมาก

1.1 ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาจากมูลสัตว์ต่าง ๆ เช่น เป็ด ไก่ หมู วัว ควาย เป็นต้นปุ๋ยคอกโดยทั่วไปจะมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมค่อนข้างต่ำ โดยเฉลี่ยคือ ไนโตรเจนประมาณ 0.5% N , ฟอสฟอรัส 0.25 % P_2O_5 และโพแทสเซียม 0.5% K_2O

มูลเป็ดและไก่ จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่ามูลหมู ส่วนมูลของหมูจะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่ามูลวัวและควาย ปริมาณของธาตุอาหารในปุ๋ยคอกเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของหารที่สัตว์เหล่านี้กินเข้าไปเป็นอาหาร กล่าวคือ สัตว์ที่กินอาหารที่มีโปรตีนสูงเป็นหลัก ปุ๋ยคอกที่ได้จะมีธาตุอาหารสูงกว่าสัตว์ที่กินหญ้าหรือเป็นอาหารหลัก

ปุ๋ยคอกใหม่ ๆ จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยคอกที่เก่า และเก็บไว้นาน ทั้งนี้เนื่องจากส่วนของธาตุอาหารที่ละลายได้ง่ายจะถูกชะล้างออกไปหมดจากการที่กองปุ๋ยไว้กลางแจ้ง บางส่วนก็จะระเหิดกลายเป็นก๊าซสูญหายไป

ดังนั้น จึงควรเก็บรักษาปุ๋ยคอกไว้ด้วยความระมัดระวัง เช่น โดยการกองสุมรวมกันไว้เป็นรูปฝาชีแล้วอัดให้แน่น ให้อยู่ภายใต้หลังคาหรือที่กันแดด และฝนได้ เป็นต้น

1.2 ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมักเศษหญ้าแห้ง ใบไม้ ฟางข้าว เศษอาหารและอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ให้เน่าเปื่อยสลายตัว กลายเป็นสารสีดำหรือที่เรียกว่า “ ฮิวมัส ”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณธาตุอาหารที่ตกค้าง สะสมอยู่ในปุ๋ยหมัก จะมากน้อยแค่ไหนจึงขึ้นอยู่กับอินทรีย์วัตถุที่นำมาหมักทำเป็นปุ๋ยนั้น และขึ้นอยู่กับสารเร่งการหมัก เช่น เชื้อจุลินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่ใช้ในกระบวนการหมักนั้นด้วย ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักมีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 – 2 % N, 0.08 – 1.0 % P_2O_5 และ 0.6 – 1.3 5 % 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 ชั้นบนสุดใส่ดินปิดทับไว้รดน้ำพอชุ่มแล้วใช้หญ้า-ฟางปิดคลุมกองหมักทิ้งไว้ให้เกิดการสลายตัวเป็นปุ๋ยหมักได้ในที่สุด

เนื่องจากปุ๋ยหมักมีค่า ในการช่วยปรับปรุงบำรุงดิน โดยเฉพาะทำให้โครงสร้างของดินโปร่งและร่วนซุย เกษตรกรจึงควรเก็บรวบรวมเศษพืช หญ้า และฟางข้าวทำเป็นปุ๋ยหมักจะดีกว่าที่จะเผาทิ้งไป

1.3 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปุ๋ยอนินทรีย์

2.1 ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยประเภทอนินทรีย์ กล่าวคือ ได้มาจากการผลิตหรือสังเคราะห์ทางอุตสาหกรรมจากแร่ธาตุ และก๊าซที่ได้ตามธรรมชาติ ดังนั้น ปุ๋ยเคมีจึงเป็นสารประกอบทางเคมีที่มีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่ประกอบด้วยธาตุอาหารเดิมที่เคยมีอยู่ในดิน

ข้อได้เปรียบของปุ๋ยเคมี

1. มีปริมาณธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักของปุ๋ยสูงใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อยก็พอ
2. ราคาถูกเมื่อคิดเป็นราคาต่อหน่วยน้ำหนักของธาตุอาหาร ประกอบกับการขนส่งและเก็บรักษาสะดวกมาก
3. หาได้ง่าย ถ้าต้องการเป็นปริมาณมากก็สามารถหามาได้ เพราะเป็นผลิตที่ผลิตได้จากโรงงาน
4. ให้ผลทางด้านธาตุอาหารเร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์

ข้อเสียเปรียบของปุ๋ยเคมี

1. ปุ๋ยเคมีไม่มีคุณสมบัติปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน กล่าวคือไม่ทำให้ดินโปร่งร่วนซุยเหมือนปุ๋ยอินทรีย์
2. ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ถ้าใช้เป็นปริมาณมากและติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ๆ จะทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องใช้ปูนช่วยแก้ความเป็นกรดของดิน
3. ปุ๋ยเคมีทุกชนิดมีความเค็ม ถ้าใช้ในอัตราสูง หรือใส่โดนต้นพืชจะเกิดอันตรายแก่พืช และ การงอกของเมล็ด การใช้จึงต้องระมัดระวัง
4. ผู้ใช้ต้องมีความรู้ ความเข้าใจเรื่องปุ๋ยเคมีพอสมควร มิฉะนั้นอาจมีผลเสียหายต่อพืชและต่อภาวะเศรษฐกิจของผู้ใช้ (ทำให้ขาดทุนได้)

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อไนเตรตในพืชดังนี้

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

2. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนกับผัก ทำให้ผักสะสมไนเตรตได้มากกว่าใช้ในรูปแอมโมเนียม หรือยูเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การโรยปุ๋ยไนโตรเจนเป็นแถบข้างแถวของต้น spinach ปรากฏว่าพืชดูดไนเตรตได้มากกว่าการหว่านก่อนปลูกและยิ่งรากพืชสัมผัสอยู่กับดินที่มีปุ๋ยไนโตรเจนนานขึ้นการสะสมก็ยิ่งเพิ่มพูนขึ้น

4. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกลือไนเตรตชนิดต่างๆ คือ แอมโมเนียมไนเตรต แคลเซียม-ไนเตรต และโปแตสเซี่ยมไนเตรต ปรากฏว่าพืชดูดไนเตรตจากเกลือชนิดแรกน้อยที่สุด

5. ไนเตรตเป็นไอออนที่กระตุ้นให้ nitrate reductase ทำงาน ส่วนแอมโมเนียมเป็นตัวขัดขวางการทำงานของเอนไซม์นี้

6. การผสมสารชะงักขบวนการไนตริฟิเคชั่น (nitrification inhibitors) ในปุ๋ยแอมโมเนียมจะช่วยลดการสะสมไนเตรตในพืชได้อย่างมาก เนื่องจากสารดังกล่าวช่วยระงับหรือชลอการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียมในดินไปเป็นไนเตรตและพืชคงใช้แอมโมเนียมได้ตามปกติ

การกระจายตัวของไนเตรตในพืช

ปริมาณไนเตรตในพืชไม่สม่ำเสมอกันทั้งต้น โดยทั่วไปการสะสมจะพบมากที่ต้นหรือก้านใบรองลงไปคือ ราก แผ่นใบ ดอก ผลและเมล็ด ตามลำดับ

sugar beet ที่ใช้เลี้ยงสัตว์มีไนเตรตในใบแก่มากกว่าใบอ่อนและก้านใบมีมากกว่าแผ่นใบหลายเท่า พืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุต่างกันก็สะสมไนเตรตได้แตกต่างกันด้วย คือเมื่อเป็นกล้าอ่อนจะมีไนเตรตน้อย เมื่อต้นโตขึ้นก็จะสะสมได้มากขึ้น และสูงสุดเมื่อพืชเริ่มออกดอกแล้วจะเริ่มลดลงเมื่อพืชเจริญเต็มวัย ความสัมพันธ์ระหว่างอายุพืชกับการสะสมไนเตรตในเนื้อเยื่ออาจเกี่ยวข้องกับระดับไนโตรเจนในดินด้วย กล่าวคือ ในปลายฤดูปลูกระดับไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินอาจลดลงมากพืชจึงหันมาใช้ไนเตรตที่เคยสะสมไว้เป็นการชดเชย (King, *et al.* 993) พืชดูดแอมโมเนียมและไนเตรตเข้าไปทางรากหรือทางใบเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

สำหรับแอมโมเนียมนั้นพืชนำไปสร้างกรดอะมิโนและอินทรีย์สารอื่นๆ ได้โดยตรง ส่วนไนเตรตที่ถูกดูดเข้าไปในพืชจะต้องผ่านขบวนการที่จะรีดิวซ์ให้ได้แอมโมเนียมเสียก่อนจึงจะใช้ได้ ขบวนการดังกล่าวมีเอนไซม์หลายชนิดเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่สำคัญคือ nitrate reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่รีดิวซ์ไนเตรตในเนื้อเยื่อพืชให้กลายเป็นไนไตรต์ อย่างไรก็ตามจะยังมีไนเตรตบางส่วนไม่ถูกรีดิวซ์ก็คงอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้คือ พันธุกรรมของพืช ปริมาณไนเตรตที่พืชได้รับจากดิน สภาพแวดล้อมในขณะที่พืชนั้นเจริญเติบโต อายุของพืช และส่วนของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิษของไนเตรตและไนไตรต์ต่อคนและสัตว์เลี้ยง

สารที่เป็นพิษโดยตรงต่อร่างกายก็คือไนไตรต์ อย่างไรก็ตามไนเตรตในพืชมีโอกาสเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้โดยขบวนการ reduction ทั้งก่อนบริโภคและหลังจากที่ผักเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารของร่างกายแล้วไนเตรตในผักที่เก็บรักษาไว้ก่อนปรุงอาหารจะเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในน้ำ และพืช หรือเอนไซม์ของพืชเอง

เมื่อบริโภคอาหารที่มีไนเตรต หากคนมีสุขภาพดีลำไส้จะดูดซึมไนเตรตได้อย่างรวดเร็ว ส่วนคนที่ลำไส้ไม่ปกติการดูดซึมไนเตรตจะช้าลงทำให้มีโอกาสถูกรีดิวส์ได้ง่าย นอกจากนี้ความผิดปกติในลำไส้อาจเป็นสาเหตุให้ pH ในส่วนนั้นสูงกว่าปกติ ทำให้บักเตรีบางชนิดที่สามารถรีดิวส์ไนเตรตได้เจริญเติบโตหรือจุลินทรีย์ดังกล่าวอาจขึ้นมาอยู่ในลำไส้ตอนบน แล้วเปลี่ยน ไนเตรตในส่วนนั้นด้วย

การเปลี่ยนไนเตรตให้กลายเป็นไนไตรต์เกิดในระบบทางเดินอาหารของเด็กได้ง่ายกว่าของผู้ใหญ่ ยิ่งไนไตรต์มีในร่างกายมากเท่าใดก็จะเกิดอันตรายได้มากเพียงนั้น ซึ่งอันตรายโดยตรงจากไนไตรต์ คือ การทำให้เกิดอาการ methemoglobinemia

สาเหตุของอาการ

เมื่อไนไตรต์ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตแล้วไนไตรต์จะออกซิไดซ์เหล็กฮีโมโกลบินจึงกลายเป็น methemoglobin ซึ่งไม่ขนถ่ายออกซิเจนได้ต่อไปอีก

ในร่างกายคนปกติจะมี methemoglobin เพียงเล็กน้อย กล่าวคือ ผู้ใหญ่มีราวร้อยละ 1 ทารกที่คลอดใหม่ ๆ มีราวร้อยละ 4 ส่วนเด็กอ่อนที่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบหายใจ อาจมีร้อยละ 6 ของฮีโมโกลบินทั้งหมด หากมี methemoglobin ในเลือดเพียงเล็กน้อยเอนไซม์บางชนิดที่มีอยู่ในเม็ดเลือดแดงสามารถเปลี่ยนให้กลับกลายมาเป็นฮีโมโกลบินปกติได้อีก การมีอัตราการเพิ่มของ methemoglobin เป็นอาการที่แสดงเนื่องจากมีปริมาณ methemoglobin สูงในเลือด ทั้งนี้เมื่อ methemoglobin มีระดับสูงถึงร้อยละ 15 จะแสดงอาการ methemoglobinemia เมื่อเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 70 ผู้ป่วยจะเสียชีวิตได้

ผลต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ

การค้นคว้าด้านโภชนาการของสัตว์เลี้ยง ชี้ให้เห็นความผิดปกติของสัตว์ทดลองที่ได้รับไนเตรต หรือไนไตรต์มาก ดังต่อไปนี้

1. สัตว์มีอาการขาดวิตามินเอ เนื่องจากความเป็นพิษของไนเตรตที่มีต่อเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของวิตามินเอ นอกจากนี้ไนไตรต์ยังทำลายคาโรทีนขณะที่สารดังกล่าวอยู่ในระบบทางเดินอาหารอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัตว์มีความต้องการไอโอดีนมากขึ้น แต่เดิมเคยต้องการเพียง 35 ppb หากร่างกายได้รับไนเตรตมาก ๆ ความต้องการไอโอดีนของสัตว์จะเพิ่มเป็น 200 ppb

3. ไนไตรต์ยังอาจเป็นสาเหตุของความผิดปกติในร่างกายอีกหลายอย่าง เช่น หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติ

4. ไนไตรต์ทำปฏิกิริยากับ amine ในร่างกายได้ nitrosamine ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นสารชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดมะเร็งในสิ่งมีชีวิต

ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของไนเตรตและการสังเคราะห์สารประกอบไนโตรโซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์การปลูก

1. ดินสีดา
2. ถุงพลาสติกปลูกขนาด 10 นิ้ว
3. เมล็ดพันธุ์ผักคะน้า

ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

1. ปุ๋ยยูเรีย
2. ปุ๋ยคอก
3. ปุ๋ยกท.ม.1

อุปกรณ์และเครื่องแก้ว

1. Retort stand
2. Vortex mixer
3. Hot air oven
4. Water bath
5. Balance
6. Hot plate
7. Filter paper whatman เบอร์ 42 ขนาด 11 cm.
8. Glass wool
9. Test tube
10. Beaker ขนาด 10 , 25 , 250 และ 1,000 ml.
11. Funnel
12. Cylender ขนาด 10 ,100 , 250 ml.
13. Volumetric flask ขนาด 10 , 250 , 500 และ 1,000 ml.
14. Pipette ขนาด 1 , 2 , 5 และ 10 ml.
15. Test tube rack
16. Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. Blender

18. Amber bottle

สารเคมี

1. activated carbon
2. Sodium hydroxide MERCK A.R. Grade
3. Hydrochloric acid ความเข้มข้น 1.2 N และ 2.4 N
4. Conc. Sulfuric acid MERCK A.R. Grade
5. Sodium nitrite MERCK A.R. Grade
6. Salicylic acid MERCK A.R. Grade
7. Sulfanilamide FLUKA A.R. Grade
8. N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride FLUKA A.R. Grade
9. Distilled water
10. Sodium nitrate FLUKA A.R. Grade

วิธีการทดลอง

1. การเตรียม reagent

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

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

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

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

หมายเหตุ : reagent ทุกตัวต้องใส่ขวดสีชา (amber bottle) แล้วแช่เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมสารละลายมาตราฐาน

2.1 สารละลายมาตรฐานไนเตรต ($NaNO_3$)

2.1.1 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

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

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 wording solution เข้มข้น 5 , 7 , 9 , 11, 13 , 15 , 17 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

2.2 สารละลายมาตรฐานไนไตรต์ ($NaNO_2$)

2.2.1 stock solution: ละลาย $NaNO_2$ ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1 กรัมด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตรจะได้ stock solution $NaNO_2$ เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

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

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 wording solution เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6 และ 0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

3. การสร้าง Standard curve

3.1 Standard curve ของไนเตรต

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

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

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

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

3.2 Stand curve ของไนไตรต์

3.2.1 pipette working standard solution $NaNO_2$ เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 2 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น

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

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

3.2.4 นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curve จากค่า absorbance และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มเข้นโดยใช้เครื่อง spectrophotomer ที่ความยาวคลื่น 520 nm.

4. 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 โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm.

5. การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์

1. pipette สารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32917

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 โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 nm.

6. การปลูกผักเพื่อนำมาศึกษาทดลอง

เตรียมดินโดยใช้ดินสำเร็จรูปคือดินสีดา ที่มีส่วนประกอบดังนี้ ดินเผา 1 ส่วน ปุ๋ยอินทรีย์อย่างดี 2 ส่วน ทราย ¼ ส่วน พร้อมด้วยแร่ธาตุ แล้วทำการปลูกผักคะน้าลงในถุงพลาสติกขนาด 10 นิ้ว โดยให้ปุ๋ยแตกต่างกันดังนี้

6.1 ปุ๋ยยูเรีย โดยมีการใส่ปุ๋ยยูเรีย 2 ครั้ง หลังจากผักคะน้าอายุ 20 และ 30 วัน ในอัตรา 1-2 ช้อนชา ต่อน้ำ 10 ลิตร

6.2 ปุ๋ยคอก โดยมีการใส่ปุ๋ยคอก 250 กรัม 2 ครั้ง หลังจากผักคะน้าอายุ 20 และ 30 วัน

6.3 ปุ๋ยกท.ม. 1 โดยมีการใส่ปุ๋ย ก.ท.ม.1 25 กรัม 2 ครั้ง หลังจากผักคะน้าอายุ 20 และ 30 วัน

7. การเก็บตัวอย่างผักคะน้า (Kale) *Brassica alboglabra* Bailey

เก็บผักคะน้าอายุ 45 วัน จากแหล่งปลูกบนดาดฟ้าของบ้านเลขที่ 598/128 ถ.สาธุประดิษฐ์ แขวงบางโพงพาง เขตยานนาวา กรุงเทพฯ 10120

หมายเหตุ : ในการเก็บผักจะต้องเก็บพร้อมกันหมดเมื่อผักอายุได้ 45 วัน แต่ต้องทำการสกัด 2 วัน ผักที่ไม่สามารถทำการสกัดสารได้ทันในวันแรกจะต้องเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

8. การแยกสารออกจากตัวอย่าง (isolation)

นำผักคะน้าที่เก็บเกี่ยวมาล้างน้ำให้สะอาดโดยเฉพาะล้างดินตามกาบใบให้เกลี้ยงแล้วผึ่งลมให้แห้ง หั่นให้ละเอียดแล้วนำไปชั่งให้ได้ตัวอย่างผักละ 100 กรัม แล้วนำผักตัวอย่างไปปั่นกับน้ำกลั่นจำนวน 50 มล. ด้วย blender จนละเอียดแล้วเทใส่ปีกเกอร์ขนาด 1,000 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 150 มล. นำไปตั้งบน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ๆ นาน 30 นาที ยกออกจาก water bath แล้วคนด้วยแท่งแก้วประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เย็นเติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มล. 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต (NO^-_3) และไนไตรต์ (NO^-_2) ในผักคะน้าซึ่งปลูกโดยการใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1และไม่ใส่ปุ๋ย พบว่ามีปริมาณไนเตรต 1105.23, 1021.51, 781.02, 543.36 มก./กก. ตามลำดับ และมีปริมาณไนไตรต์ 134.61, 119.24, 105.72, 87.59 มก./กก. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

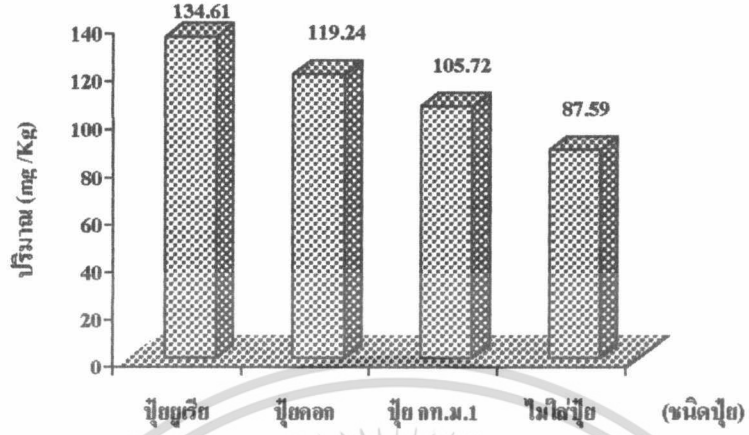
เมื่อนำปริมาณไนไตรต์และไนเตรตที่วิเคราะห์ได้ไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติพบว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรียกับปุ๋ยคอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย จะมีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สำหรับปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าจะมีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณไนเตรต (NO^-_3) และไนไตรต์ (NO^-_2) ในผักคะน้าที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย

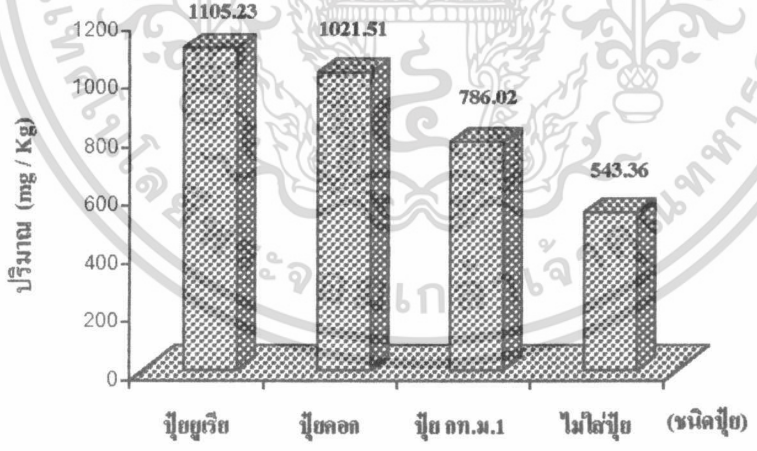
ผักคะน้า	ปริมาณ (มก./กก.)	
	ไนเตรต (NO^-_3)	ไนไตรต์ (NO^-_2)
ปุ๋ยยูเรีย	1105.23 a	134.61 a
ปุ๋ยคอก	1021.51 a	119.24 b
ปุ๋ยก.ท.ม.	786.02 b	105.72 c
ไม่ใส่ปุ๋ย	543.36 c	87.59 d

ค่าที่กำกับด้วยอักษรเดียวกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
ค่าที่กำกับด้วยอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 กราฟแสดงปริมาณไนไตรต์ (NO_2^-) ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย



ภาพที่ 3 กราฟแสดงปริมาณไนเตรต (NO_3^-) ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงไนเตรต ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และ ไม่ใส่ปุ๋ย

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	Computed F	Tabular F 0.05	Tabular F 0.01
Block	2	109.95	54.98	0.01^{ns}	5.14	10.92
Treatment	3	575676.60	191892.20	24.61**	4.76	8.78
Error	6	46789.43	7798.25			
Total	11	622576.03				

ns คือ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ

** คือ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

CV = 2.56 %

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงไนไตรต์ ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และ ไม่ใส่ปุ๋ย

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	Computed F	Tabular F 0.05	Tabular F 0.01
Block	2	72.55	36.28	4.09^{ns}	5.14	10.92
Treatment	3	3596.22	1198.74	134.99**	4.76	8.78
Error	6	53.26	8.88			
Total	11	3722.03				

ns คือ แตกต่างทางสถิติอย่างไม่มีนัยสำคัญ

** คือ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ 0.01

CV = 0.67 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์

จากผลการศึกษาหาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ปลูกโดยให้ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าปุ๋ยยูเรียมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สะสมอยู่ในผักคะน้าสูงที่สุด รองลงมา คือ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ p = 0.01 แสดว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียมีผลทำให้เกิดสารไนเตรตและไนไตรต์ตกค้างในผักคะน้าสูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนปุ๋ยที่ใส่แล้วทำให้เกิดสารตกค้างในผักคะน้าน้อยที่สุด คือ ปุ๋ยกท.ม.1

ปริมาณไนเตรตของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยคอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณไนไตรต์ของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีความแตกต่างกับปริมาณไนไตรต์ของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ P = 0.01 ซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด ควรทำการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงสุด รองลงมาเป็นผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ ส่วนผลผลิตของผักคะน้าที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก และปุ๋ยกท.ม.1ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนผักคะน้าที่ปลูกโดยไม่ใส่ปุ๋ยจะมีผลผลิตต่ำสุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าเกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ยกท.ม.1แทนปุ๋ยยูเรีย จะได้ผลผลิตที่ไม่ต่างกัน ทั้งที่เกษตรกรจะใช้ต้นทุนในการซื้อปุ๋ยกท.ม.1สูงกว่าปุ๋ยยูเรียแต่ผู้บริโภคจะลดความเสี่ยงอันตรายจากไนเตรตและไนไตรต์จากการบริโภคผัก

อย่างไรก็ตามผู้ที่ชอบรับประทานผักไม่ควรกังวลมากนัก เพราะผักที่รับประทานแม้จะมีปริมาณไนเตรตสูง แต่ไนเตรตก็สามารถถูกกำจัดออกจากร่างกายได้โดยทางปัสสาวะ และในผักมีวิตามินซีและวิตามินอีซึ่งเป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาของไนไตรต์กับเอมีน ในการสร้างสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้ด้วย และการบริโภคผักย่อมให้ประโยชน์มากกว่าโทษ เพราะมีวิตามิน เกลือแร่ และสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ทำให้มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงปริมาณไนเตรต (NO_3^-) ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย

สิ่งทดลอง	บลอค			รวม	เฉลี่ย
(ชนิดปุ๋ย)	1	2	3		
ไม่ใส่ปุ๋ย (control)	554.02	628.35	447.71	1630.08	543.36
ปุ๋ยยูเรีย	1087.43	994.87	1233.39	3315.69	1105.23
ปุ๋ยคอก	1018.01	1046.59	999.93	3064.53	1021.51
ปุ๋ยกท.ม.1	782.14	801.43	774.49	2358.06	786.02
รวม	3441.6	3471.24	3455.52	10368.36	3456.12

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงลำดับและค่าเฉลี่ยของปริมาณไนเตรตในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และ ไม่ใส่ปุ๋ย

ลำดับที่	สิ่งทดลอง (ชนิดของปุ๋ย)	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรต
1	ปุ๋ยยูเรีย	1105.23
2	ปุ๋ยคอก	1021.51
3	ปุ๋ยกท.ม.1	786.02
4	ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	543.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ย กับ ค่า DMRT

สิ่งทดลองนำมาเปรียบเทียบ	ผลต่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลอง	ค่า P	ค่า $LSD_{0.05}$	ค่า $LSD_{0.01}$	ผลของการเปรียบเทียบ
1 กับ 4	1105.23-543.36=561.87	4	185.58	288.06	**
1 กับ 3	1105.23-786.02=319.21	3	182.52	280.92	**
1 กับ 2	1105.23-1021.51=83.49	2	176.41	276.16	ns
2 กับ 4	1021.51-543.36=478.15	3	182.52	280.92	**
2 กับ 3	1021.51-786.02=235.49	2	176.41	276.16	*
3 กับ 4	786.02-543.36=242.66	2	176.41	276.16	*

ns แทนผลการเปรียบเทียบสิ่งทดลองที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** แทนผลการเปรียบเทียบสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

* แทนผลการเปรียบเทียบสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงปริมาณไนไตรต์ (NO_2^-) ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และ ไม่ใส่ปุ๋ย

สิ่งทดลอง	บลอค			รวม	เฉลี่ย
(ชนิดปุ๋ย)	1	2	3		
ไม่ใส่ปุ๋ย (control)	84.56	92.06	86.15	262.77	87.59
ปุ๋ยยูเรีย	129.72	136.01	138.10	403.83	134.61
ปุ๋ยคอก	117.14	124.83	115.75	357.72	119.24
ปุ๋ยกท.ม.1	103.48	106.08	107.6	317.16	105.72
รวม	434.9	458.98	447.6	1341.48	447.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงลำดับและค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และ ไม่ใส่ปุ๋ย

ลำดับที่	สิ่งทดลอง (ชนิดของปุ๋ย)	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรต์
1	ปุ๋ยยูเรีย	134.61
2	ปุ๋ยคอก	119.24
3	ปุ๋ยกท.ม.1	105.72
4	ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)	87.59

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ย กับ ค่า DMRT

สิ่งทดลอง นำมาเปรียบเทียบ	ผลต่างค่าเฉลี่ย ของสิ่งทดลอง	ค่า P	ค่า $LSD_{0.05}$	ค่า $LSD_{0.01}$	ผลของการเปรียบเทียบ
1 กับ 4	134.61-87.59 = 47.02	4	6.26	9.72	**
1 กับ 3	134.61-105.72 = 28.89	3	6.16	9.48	**
1 กับ 2	134.61-119.24 = 15.37	2	5.95	9.02	*
2 กับ 4	119.24-87.59 = 31.65	3	6.16	9.48	**
2 กับ 3	119.24-105.72 = 13.52	2	5.95	9.02	**
3 กับ 4	105.72-87.59 = 18.13	2	5.95	9.02	**

** แทนผลการเปรียบเทียบสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

* แทนผลการเปรียบเทียบสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงปริมาณผลผลิต (กรัม) ของผักคะน้าที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยคอก ปุ๋ยกท.ม.1 และไม่ใส่ปุ๋ย

สิ่งที่ทดลอง	ปริมาณผลผลิต (กรัม)			รวม	เฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
ปุ๋ยยูเรีย	183.21	178.32	172.69	534.22	178.07
ปุ๋ยคอก	171.42	170.81	169.12	511.35	170.45
ปุ๋ยกท.ม.1	171.59	167.82	165.83	505.24	168.41
ไม่ใส่ปุ๋ย	157.18	155.23	153.42	466	155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

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

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

สมศักดิ์ วังใน. 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 193 หน้า.

สมาคมการค้าปุ๋ยและธุรกิจการเกษตรไทย. 2531. กรุงเทพฯ: โรจน์กสิกิจเฟอร์ติไลเซอร์. 180 หน้า.

สรสิทธ์ วัชโรทยาน. มมป. กรุงเทพฯ. มูลนิธิมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 225 หน้า.

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

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

Douglas M. Considine, P.E. Glenn D. Considine. 1984. Van NostrandReinhold Encycopedia of Chemistry. New York. P. 22-24.

George L. Clark and Gessner G.Hawley. 1966. The Encyclopedia of Chemistry. Reinhold Publishing Corporation: New York. P.166-167.

Ikeda, H. 1991. Utilization of Nitrogen by Vegetable Crops. Japan Agricultural Research Ceuarterly Vol.25 No. 2

Imsande, J. and Touraine, B. 1994. Demand and the Regulation of Nitrate Uptake Plant Physiol 105: 3-7.

King B.J., M.Y. Ruth T.J. Warner R.H., and Glass ADM. 1993. Feedback Regulation of Nitrate Inflex in Barley Roots by Nitrate, Nitrate and Ammonium Plant Physiol 102:1277-1286.

Lim J.T., Wilkerson G.G., Raper CD and Gold HJ. 1990. A dynamic model of vegetative soybean plants. Model structure and behaviour under varying root temperature and nitrogen concentration. J Exp Bot 41: 221-241.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้