

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบผลผลิต ปริมาณไนเตรต (NO_3) และไนไตรต์ (NO_2) ในผักบุ้งจีน
ที่ให้ปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

A Study on Production, Nitrate (NO_3) and Nitrite (NO_2) Remain in Water Convolvulus
which was Treated with Various Rate of Urea Fertilizer

โดย

นายมานิชย์ คงเล็ก

น.ส.ชนิษฐา ผาสุข

ร/พ.
ม 456 ก
เลขหน.....
เลขทะเบียน..... 44455
วัน, เดือน, ปี 16 S.P. 2545

b.....
i.....

เสนอ

ภาควิชาพืชสวน

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พุทธศักราช 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำใช้

611256010

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาพืชสวน

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบผลผลิต ปริมาณไนเตรต (NO_3) และไนไตรต์ (NO_2) ในผักบุ้งจีน
ที่ให้ปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

A Study on Production, Nitrate (NO_3) and Nitrite (NO_2) Remain in Water Convolvulus
which was Treated with Various Rate of Urea Fertilizer

โดย

นายมานิชย์ คงเล็ก

น.ส.ชนิตฐา ผาสุข

ได้รับพิจารณาโดย

.....

(รศ.ภัญชณา มีแก้วกฤษกร)

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ศศ.สมภพ สฐิตะวสันต์)

หัวหน้าภาควิชาพืชสวน

วันที่ 14 เดือน 11 พ.ศ. 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : การศึกษาเปรียบเทียบผลผลิต ปริมาณไนเตรต (NO₃) และไนไตรต์ (NO₂)
ในผักนึ่งจีนที่ให้ปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

โดย : นายมานิชย์ คงเล็ก
น.ส.ชนิตฐา ผาสุข

สาขา : เทคโนโลยีการผลิตพืช

ภาควิชา : พืชสวน

คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ภัญชณา มีแก้วกฤษกร

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ลักขณา อมรสิน

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณผลผลิต ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักนึ่งจีนที่ให้ปุ๋ยยูเรีย 10, 20 และ 30 กิโลกรัม/ไร่ และไม่ให้ปุ๋ยยูเรีย โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ผลปรากฏว่า การให้ปุ๋ยยูเรีย 20 กิโลกรัม/ไร่ มีปริมาณผลผลิตต่อแปลงมากที่สุด คือ 2,000 กรัม/แปลงย่อย และปริมาณไนเตรต ไนไตรต์ พบว่า ผักนึ่งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงสุด คือ 3,900.68 และ 4.74 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และให้ผลผลิตต่ำสุด 1,475 กรัม/แปลง แปลงที่ไม่ให้ปุ๋ย (control) มีไนเตรตต่ำสุดคือ 1,542.94 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และไนไตรต์ 4.15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : A Study on Production, Nitrate (NO₃) and Nitrite(NO₂) Remain in Water Convolvulus which was Treated with Various Rate of Urea Fertilizer

By : Mr.Manoch Kongleak
Miss Khanittha Phasuk

Major : Horticulture

Department : Horticulture

Faculty : Agricultural Technology
King Mongkut's Institute of Technology Chaokuntaham Ladkrabang

Advisor : Assoc.Prof.Punchana Meekaewkunchorn

Co-Advisor : Asst. Prof.Luckana Amonsin

Abstract

A study on production, nitrate and nitrite remain in water convolvulus which was treated with urea fertilizer in different rate : 10, 20 and 30 kg/rai and control (no fertilizer). The experimental design was CRD (Completely Randomized Design) 4 replications. The results showed that urea fertilizer 20 kg/rai gave the highest yield, 2,000 g/plot. Urea fertilizer 30 kg/rai gave the most of nitrate and nitrite, 3,900.68 and 4.75 mg/kg respectively and gave the lowest yield, 1,475 g/plot. Control gave the least number of nitrate, 1,542.94 mg/kg and nitrite 4.19 mg/kg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการศึกษาทดลองและจัดทำปัญหาพิเศษ เรื่องผลของปุ๋ยยูเรียต่อผลผลิตและปริมาณไนเตรต ในไตรต์ที่ตรวจพบในผักบึงจีน เป็นผลสำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและอนุเคราะห์จาก รศ.ภัญชณา มีแก้วคุณชร และผศ.ลักขณา อมรสิน อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำต่างๆ และตรวจทานแก้ไขปัญหาพิเศษเล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการใช้เครื่อง spectrophotometer และ ขอขอบคุณ คุณจรงค์ศักดิ์ พุมนวน ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และวิธีการทดลองต่างๆ

สุดท้ายขอขอบพระคุณ มารดา บิดา ที่ช่วยสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นกำลังใจตลอดมา และขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือให้การทดลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(1)
สารบัญภาพ	(2)
สารบัญภาคผนวก	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	23
การตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์	25
ผลการทดลอง	29
วิจารณ์ผลการทดลองและเสนอแนะ	32
สรุปผลการทดลอง	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

1. ปริมาณไนเตรต ไนไตรต์และผลผลิตของผักบ่งจันที่ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน 30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กราฟแสดงปริมาณผลผลิตของผักบั้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน	30
2	กราฟแสดงปริมาณไนเตรตในผักบั้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน	31
3	กราฟแสดงปริมาณไนโตรเจนในผักบั้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน	31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1. แสดงปริมาณผลผลิต (น้ำหนักต้นสด) ของผักบุงจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน	38
2. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณผลผลิตของผักบุงจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน	38
3. แสดงปริมาณไนเตรตที่ตรวจพบในผักบุงจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน	39
4. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไนเตรตในผักบุงจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน	39
5. แสดงปริมาณไนไตรต์ที่ตรวจพบในผักบุงจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน	40
6. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไนไตรต์ในผักบุงจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเปรียบเทียบผลผลิต ปริมาณไนเตรต (NO₃) และไนไตรต์ (NO₂) ในผักบุ้งจีน
 ที่ให้น้ำปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

A Study on Production, Nitrate (NO₃) and Nitrite(NO₂) Remain in Water Convolvulus
 which was Treated with Various Rate of Urea Fertilizer

คำนำ

ผักบุ้งเป็นพืชผักที่รับประทานโดยทั่วไปมีคุณค่าทางอาหารสูง ปลูกได้ทุกฤดูกาล และนิยมปลูกทั่วประเทศ การปลูกผักบุ้งให้ได้คุณภาพดีต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แสง น้ำ อุณหภูมิ และธาตุอาหาร ซึ่งส่วนของธาตุอาหารมีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของผักบุ้งจีน เนื่องจากผักบุ้งจีนมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นและผักบุ้งจีนยังเป็นพืชที่บริเวณส่วนของใบและลำต้น ดังนั้นธาตุอาหารที่ต้องการมากต่อการเจริญเติบโตก็คือธาตุไนโตรเจน ซึ่งปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นหลักก็คือปุ๋ยยูเรีย และในปัจจุบันได้มีผู้ทำการศึกษาถึงผลตกค้างของปุ๋ยยูเรียที่มีในผัก พบว่าในผักที่มีการให้น้ำปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก จะทำให้เกิดการตกค้างของปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผัก ซึ่งการบริโภคผักที่มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในปริมาณมากจะทำให้เป็นพิษต่อร่างกายได้ กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดปริมาณไนเตรตในผักให้มีไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และปริมาณไนไตรต์ 125 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค, 2535)

ดังนั้นในการศึกษาปัญหาพิเศษครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาอัตราของปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักบุ้งจีน เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาถึงความปลอดภัยในการบริโภคผัก

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลปุ๋ยยูเรีย 3 ระดับ ต่อผลผลิตของผักบุ้งจีน
2. ศึกษาปริมาณสารตกค้างของไนเตรตและไนไตรต์ในผักบุ้งจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ผักบุ้งจีน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ipomoea aquatica* Forsk. Var. REPTANS

ตระกูล : Convolvulaceae

ชื่อสามัญ : water convolvulus, kang-kong

ถิ่นกำเนิด เขตร้อนในแอฟริกาและเอเชียเขตร้อน มาเลเซียและออสเตรเลีย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก

ผักบุ้งจีนมีรากเป็นแบบรากแก้วมีรากแขนง แตกกอออกทางด้านข้างของรากแก้ว และยัง
สามารถแตกรากฝอยออกมาจากข้อของลำต้น โดยมักจะเกิดตามข้อที่อยู่แถวๆ โคนเถา

ลำต้น

ผักบุ้งจีนเป็นพืชล้มลุก ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจะมีลำต้นตั้งตรง ระยะต่อไปจะ
เลื้อยทอดยอดไปตามพื้นดินหรือน้ำ ลำต้นมีสีเขียว มีข้อและปล้องข้างในกลวง รากจะเกิดที่ข้อ
ทุกข้อที่สัมผัสกับพื้นดินหรือน้ำ ที่ข้อมักมีตาแตกออกมา ทั้งตาใบและตาดอก โดยตาดอกจะอยู่
ด้านใน ส่วนตาใบจะอยู่ด้านนอก

ใบ

เป็นใบเดี่ยว มีขอบใบเรียบ รูปใบคล้ายหอกโคนใบกว้างค่อยๆเรียวเล็กไปตอนปลาย
ปลายใบแหลม ที่โคนใบเป็นรูปหัวใจ ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ใบมีความยาวประมาณ 7-15
เซนติเมตร ก้านใบยาว 3 – 8 เซนติเมตร

ดอกและช่อดอก

ดอกเป็นดอกสมบูรณ์ มีลักษณะเป็นช่อ มีดอกตรงกลาง 1 ดอก และดอกด้านข้างอีก
2 ดอก โดยดอกกลางจะเจริญก่อน แต่ละดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยงสีเขียว 5 อัน กลีบดอกเชื่อม
ติดกันเป็นรูปกรวย ด้านนอกมีสีขาว ด้านในมีสีม่วง ในฤดูวันสั้น (วันละ 10-12 ชั่วโมง) จะออก
ดอกมีฝักและเมล็ด ในฤดูวันยาวจะเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ผักบุ้งจีนมีการผสมเกสรเป็น
แบบผสมตัวเอง และมีการผสมข้ามดอกบ้างเนื่องจากลมและแมลง ดอกผักบุ้งจีนจะเริ่มบานใน
เวลาเช้า ละของเกสรตัวผู้และยอดเกสรตัวเมียพร้อมที่จะผสมเวลา 10.00 – 15.00 น. ระยะเวลา
หลังผสมจนผสมติดประมาณ 3 – 4 วัน และจากผสมติดจนเมล็ดแก่ประมาณ 40 – 50 วัน

ผล

เป็นผลเดี่ยวรูปร่างค่อนข้างกลมมีขนาดใหญ่ที่สุดอายุประมาณ 30 วัน หลังดอกบาน
มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.45 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะมีขนาดเล็กลง ลักษณะผิวภายนอกเขียว
ปน ขรุขระ ไม่แตก เมื่อแห้งสีของผลจะมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม ใน 1 ผลมีเมล็ด 4 – 5 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ด

มีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมฐานมน มีสีน้ำตาล เปลือกหุ้มเมล็ดมีสี 3 ระดับ คือ สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลแก่ และสีน้ำตาลดำ มีขนาดเล็ก ความกว้างโดยเฉลี่ย 0.4 เซนติเมตร ยาว 0.5 เซนติเมตร ผักบุงจิ้นเป็นพืชที่มีอัตราการพักตัวสูง โดยจะพักตัวในลักษณะของเมล็ดแข็ง (hard seed) หรือ ที่เรียกว่าเมล็ดหิน จากการศึกษาพบว่าเมล็ดมีสีเข้มกว่าจะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็งสูงกว่า

ลักษณะการเจริญเติบโต

ผักบุงจิ้นใช้เวลาในการงอกเพียง 48 ชั่วโมง ระยะแรกของการเจริญเติบโตจะให้ลำต้นตั้งตรง หลังจากงอกได้ 5-7 วัน จะมีใบเลี้ยงโผล่ออกมา 2 ใบ มีลักษณะปลายใบเป็นแฉก ไม่เหมือนกับใบจริงเมื่อต้นโตในระยะสองสัปดาห์แรกจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งอายุประมาณ 30-45 วัน การเจริญเติบโตจะเปลี่ยนไปในทางทอดยอดและแตกกอ

สำหรับผักบุงจิ้นที่หว่านด้วยเมล็ด การแตกกอจะมีน้อยมาก การแตกกอเป็นการแตกหน่อออกมาจากตาที่อยู่บริเวณโคนต้นที่ติดกับราก มีตาอยู่รอบต้น 3-5 ตา เมื่อแตกแถวออกมาแล้ว จะเจริญทอดยอดยาวออกไปเป็นลำต้น มีปล้องข้อและทุกข้อจะให้ดอกและใบ

การปลูกผักบุงจิ้นเพื่อบริโภคสด

1. การเลือกพื้นที่ปลูก การปลูกผักบุงจิ้นเพื่อการบริโภคสดเป็นการปลูกผักบุงจิ้นแบบหว่าน หรือโรยเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรง เมื่อถึงอายุเก็บเกี่ยว 20 - 25 วัน จะถอนต้นผักบุงจิ้นทั้งต้นและรากออกจากแปลงปลูกไปบริโภคหรือไปจำหน่ายต่อไปในการปลูกนั้นควรเลือกในที่ที่มีการคมนาคมขนส่งสะดวก สภาพที่ดอน น้ำไม่ท่วม หรือเป็นแบบสวนผักแบบยกร่อง เช่น เขตภาษีเจริญ บางแค กรุงเทพฯ บางบัวทอง นนทบุรี และราชบุรี เป็นต้น ลักษณะดินปลูกควรเป็นดินร่วนหรือร่วนปนทราย เพื่อถอนต้นผักบุงจิ้นได้ง่าย และควรอยู่ใกล้แหล่งน้ำ เพื่อสะดวกในการรดน้ำในช่วงการปลูกและทำความสะอาดต้นและรากผักบุงจิ้นในช่วงการเก็บเกี่ยว

2. การเตรียมดิน ผักบุงจิ้นเป็นพืชผักที่มีระบบรากตื้น ในการเตรียมดินควรไถตากดินไว้ประมาณ 15 - 30 วัน แล้วดำเนินการไถพรวนและขึ้นแปลงปลูก ขนาดแปลงกว้าง 0.5 - 2 เมตร ยาว 10 - 15 เมตร เว้นทางเดินระหว่างแปลง 40 - 50 เซนติเมตร เพื่อสะดวกในการปฏิบัติดูแลรักษา ใส่ปุ๋ยคอก (มูลสุกร เป็ด ไก่ วัว ควาย) หรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้ว คลุกเคล้าลงไปดิน พรวนย่อยผิวหน้าดินให้ละเอียดพอสมควรปรับหลังแปลงให้เรียบเสมอกัน อย่าให้เป็นหลุมเป็นบ่อ เมล็ดพันธุ์ผักบุงจิ้นจะขึ้นไม่สม่ำเสมอทั้งแปลง ถ้าดินปลูกเป็นกรด ควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับระดับพีเอชของดินให้สูงขึ้น

3. วิธีการปลูก ก่อนปลูกนำเมล็ดพันธุ์ผักบุงจิ้นไปแช่น้ำนาน 6 - 12 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ผักบุงจิ้นดูดซับน้ำเข้าไปในเมล็ด มีผลให้เมล็ดผักบุงจิ้นงอกเร็วขึ้น และสม่ำเสมอขึ้น เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักบุงจีนที่ลอยน้ำจะเป็นเมล็ดพันธุ์ผักบุงจีนที่ไม่สมบูรณ์ ไม่ควรนำมาเพาะปลูก ถึงแม้จะขึ้นได้บ้าง แต่จะไม่สมบูรณ์แข็งแรงอาจจะเป็นแหล่งทำให้เกิดโรคราบาดได้ง่าย นำเมล็ดพันธุ์ผักบุงจีนที่ดี ไม่ลอยน้ำมาหว่านให้กระจายทั่วทั้งแปลงให้เมล็ดห่างกันเล็กน้อย ต่อจากนั้นนำดินร่วนหรือขี้เถ้ากลบดำหว่านกลบเมล็ดพันธุ์ผักบุงจีนหนาประมาณ 2 – 3 เท่าของความหนาของเมล็ดหรือประมาณ 0.5 เซนติเมตร แต่ถ้าแหล่งที่ปลูกนั้นมีเศษฟางข้าว จะใช้ฟางข้าวคลุมแปลงปลูกบางๆ เพื่อช่วยเก็บรักษาความชื้นในดิน หรือทำให้หน้าดินปลูกผักบุงจีนไม่แน่นเกินไป รดน้ำด้วยบัวรดน้ำหรือใช้สายยางฉีดผักบัวรดน้ำให้ความชื้น แปลงปลูกผักบุงจีนทุกวัน ๆ ละ 1 – 2 ครั้ง ประมาณ 2 – 3 วัน เมล็ดพันธุ์ผักบุงจีนจะงอกเป็นต้นผักบุงจีนต่อไป

4. การดูแลรักษา การปฏิบัติดูแลรักษาผักบุงจีนเพื่อการบริโภคสด

4.1 การให้น้ำ ผักบุงจีนเป็นพืชที่ชอบดินปลูกที่ชุ่มชื้น แต่ไม่แฉะจนมีน้ำขัง ฉะนั้นควรรดน้ำผักบุงจีนอยู่เสมอทุกวัน ๆ ละ 1 – 2 ครั้ง ยกเว้นช่วงที่ฝนตกไม่ต้องรดน้ำ ปล่อยให้แปลงปลูกขาดน้ำได้ จะทำให้ผักบุงจีนชะงักการเจริญเติบโต คุณภาพไม่ดี ต้นแข็งกระด้างเหนียว ไม่น่ารับประทาน และเก็บเกี่ยวได้ช้ากว่าปกติ

4.2 การใส่ปุ๋ย ผักบุงจีนเป็นพืชผักที่บริโภคใบและต้นมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ถ้าดินปลูกมีความอุดมสมบูรณ์ หรือมีการใส่ปุ๋ยคอก เช่น มูลสุกร มูลเป็ด ไก่ เป็นต้น ซึ่งปุ๋ยคอกดังกล่าวเป็นปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีก็ได้ แต่ถ้าดินปลูกไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ นอกจากต้องให้ปุ๋ยคอกแล้ว ควรมีการใส่ปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูง โดยหว่านปุ๋ยกระจายทั่วทั้งแปลงก่อนปลูกและหลังปลูกผักบุงจีนได้ประมาณ 7 – 10 วัน ซึ่งมีการให้ปุ๋ยครั้งที่ 2 นั้น หลังจากหว่านผักบุงจีนลงแปลงแล้ว จะต้องมีการรดน้ำแปลงปลูกผักบุงจีนทันที ปล่อยให้ปุ๋ยเกาะอยู่ที่ซอกใบ จะทำให้ใบใหม่ ในการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 นั้น จะใช้วิธีการละลายน้ำรด 3-5 วันต่อครั้งก็ได้ โดยใช้อัตราส่วน ปุ๋ยยูเรีย 10 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร จะเป็นการช่วยให้ผักบุงจีนเจริญเติบโต และเก็บเกี่ยวได้รวดเร็วขึ้น

4.3 การพรวนดินและกำจัดวัชพืช ถ้ามีการเตรียมดินดีมีการใส่ปุ๋ยคอกก่อนปลูกและมีการหว่านผักบุงจีนขึ้นมาเสมอทันที ไม่จำเป็นต้องพรวนดิน เว้นแต่ในแหล่งปลูกผักบุงจีนดังกล่าวมีวัชพืชขึ้นมาก ควรมีการถอนวัชพืชออกจากแปลงปลูกอยู่เสมอ 7 – 10 วัน ต่อครั้ง ในแหล่งปลูกผักบุงจีนเพื่อการบริโภคสดเป็นการค้าปริมาณมาก ควรมีการพ่นสารคลุมวัชพืชก่อนปลูก 2 – 3 วัน ต่อจากนั้น จึงค่อยหว่านผักบุงจีน จะประหยัดแรงงานในการกำจัด วัชพืชในแปลงปลูกได้มากวิธีหนึ่ง

4.4 การเก็บเกี่ยว หลังจากหว่านเมล็ดพันธุ์ผักบุงจีนลงแปลงปลูกได้ 20-25 วัน ผักบุงจีนจะเจริญเติบโต มีความสูงประมาณ 30-35 เซนติเมตร ให้ถอนต้นผักบุงจีนออกจากแปลงปลูกทั้งต้นและราก ควรรดน้ำก่อนถอนต้นผักบุงจีนขึ้นมาจะถอนได้ง่ายและสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รากไม่ขาดมาก หลังจากนั้นล้างรากให้สะอาด เด็ดใบและแขนงที่โคนต้นออก นำมาฝังไว้
ไม่ควรไว้กลางแดดฝักบัวจีนจะเหี่ยวเขาได้ง่าย จัดเรียงต้นฝักบัวจีนเป็นมัด เตรียมบรรจุ
ภาชนะเพื่อจัดส่งตลาดต่อไป

สภาพแวดล้อมที่ต้องการ

ฝักบัวจีนสามารถปลูกได้ทั้งบนบกและในน้ำ และสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด
ดินที่เหมาะสมในการปลูกฝักบัวจีนเพื่อการบริโภคสดเป็นดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย ฝักบัวจีน
ชอบชื้นและต้องการความชื้นในดินสูงมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงที่
สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ต้องการแสงแดดเต็มที่ ซึ่งประเทศไทยสามารถปลูกได้ดีตลอดปี
แมลงศัตรูฝักบัว และการป้องกันกำจัด

1. เพลี้ยอ่อน Aphid

Aphis gossypii (Aphididae)

ลักษณะ ตัวอ่อนที่มีสีต่างๆ กัน ส่วนใหญ่สีเขียวเข้มจนเกือบดำ แต่ถ้าหากตัวอ่อนเกิด
ได้กลุ่มใบที่หนาแน่นมาก และอุณหภูมิสูง ตัวอ่อนอาจมีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร และสีซีด
เหลืองหรือเกือบขาว

ชีพจักร ในเขตร้อนบ้านเราจะไม่ออกเป็นไข แต่ออกลูกเป็นตัวตามใบของพืชและช่อดอก
ตัวอ่อนจะแก่ใน 4-20 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และจะให้ตัวอ่อนประมาณ 20 - 140 ตัวต่อครั้ง
ทุก 2 - 9 วัน

การทำลาย ดูดกินน้ำเลี้ยงพืช

การป้องกัน ใช้สารเคมี พืชตกค้างน้อยที่สุด หรือไม่ควรใช้เลย

2. ผีเสื้อหัวกะโหลก (Death's head Moth)

Acherontia lachesis (Sphingidae)

ลักษณะ ตัวหนอนมีสีเขียวมีแถบสีเหลืองขอบฟ้าข้างลำตัวขนาดโตเต็มที่ 10 - 12 ซม.

การทำลาย ตัวหนอนกัดกินใบ

ชีพจักร ผีเสื้อวางไข่สีเขียวเป็นใบเดี่ยวตามใบพืชอาศัยระยะไข่ฟักประมาณ 5 วัน
ออกเป็นตัวหนอนกัดกินใบประมาณ 3 สัปดาห์ เข้าดักแด้ในระยะดักแด้ประมาณ 2 สัปดาห์ ตัว
แก่เป็นผีเสื้อสีน้ำตาล

การป้องกัน ใช้สารเคมีพืชตกค้างน้อยที่สุด

โรคผักบุ้งและการป้องกันกำจัด

1. โรคราสนิมขาว White Rust

สาเหตุ เชื้อรา *Albugo ipomoea-aquaticae* Sawada เป็นเชื้อราชั้นต่ำ

อาการ จุดสีเหลืองซีดด้านบนใบ ด้านใต้ใบตรงกันข้ามจะเป็นตุ่มนูนเล็กๆ ขนาด 1-2 มม. อาจพบลักษณะปุ่มปม หรือบวมพองโตขึ้นในส่วนของก้านใบและลำต้น

การป้องกันรักษา

1. เมื่อมีโรคระบาดให้ฉีดพ่นใต้ใบด้วย เมตาแล็กซิล (metalaxyl) สลับกับแมนโคเซ็บ (mancozeb) ตามอัตราที่แนะนำบนฉลาก หากมีฝนตกชุกให้ผสมสารจับใบ
2. คลุกเมล็ดก่อนปลูกด้วย เมตาแล็กซิล (metalaxyl) และเลือกใช้เมล็ดจากแหล่งที่ไม่มีโรคระบาดมาก่อน
3. ดูแลระบบการให้น้ำในแปลงปลูก อย่าให้ชื้นแฉะจนเกินไป

2. โรคใบไหม้ Leaf blight

สาเหตุ เชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas compestris* pv. (pathovar กำลังอยู่ในขั้นตอนของการทดสอบ)

อาการ เกิดจุดตุ่มใสเล็กๆ ใต้ใบ ต่อมาจุดแผลจะขยายออกกลายเป็นสีน้ำตาล-สีดำ ฉ่ำน้ำ ใบจะเหลืองซีดและแห้งเหี่ยวร่วงหล่นจากต้น

การป้องกันรักษา

1. เก็บรวบรวมพืชที่เป็นโรค เผาทำลาย
2. ใช้ปูนขาวอัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ คลุกดินแล้วตากดินไว้อย่างน้อย 1 เดือน
3. ปลูกพืชชนิดอื่นหมุนเวียน

พันธุ์ผักบุ้งจีนที่นิยมปลูกเป็นการค้า

พันธุ์ผักบุ้งจีนที่ปลูกในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเป็นพันธุ์การค้า ทั้งที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ในประเทศไทยและนำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น ใต้หวัน ซึ่งมีการตั้งชื่อพันธุ์ตามบริษัทต่างๆ กันไป เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนในประเทศที่ได้รับการคัดเลือกและปรับปรุง พันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร ศูนย์วิจัยพันธุ์พืชพิจิตร คือ พันธุ์พิจิตร 1 ซึ่งมีลักษณะดีเด่น คือ ผลผลิตโดยเฉลี่ย 3,415 กก./ไร่ มีใบแคบเรียวยาว ตรงกับความต้องการของตลาดและมีลักษณะใบชูตั้ง ลำต้นสีเขียวอ่อน ไม่มีการทอดยอดก่อนการเก็บเกี่ยวไม่มีการแตกแขนงที่โคนต้น ลักษณะลำต้นสม่ำเสมอกัน ทำให้สะดวกและประหยัดแรงงานในการตัดแต่งใบและแขนงที่โคนต้นก่อนนำส่งตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีน

- สีน้ำตาลออกดำ
- ลักษณะ สามเหลี่ยมฐานมน
- จำนวน 7-8 เมล็ดต่อ 1 กรัม
- จำนวนเมล็ดที่ใช้หว่านสำหรับแปลงปลูก 1 ไร่ ประมาณ 13 - 15 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 30 ลิตรต่อไร่

ผักบุ้งที่ปลูกในประเทศไทย

ผักบุ้งที่ปลูกในประเทศไทย มี ประเภท ผักบุ้งไทย (*Ipomoea aquatic* Var.aquatica) มีดอกสีม่วงอ่อน ก้านสีเขียวหรือม่วงอ่อน ใบสีเขียวเข้ม และก้านใบสีม่วง และผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatic* Var.reptans) ซึ่งมีใบสีเขียว ก้านสีเหลืองหรือขาว ก้านดอกและดอกสีขาว ผักบุ้งจีน นิยมนำมาประกอบอาหารกว่าผักบุ้งไทย จึงนิยมปลูกเป็นการค้าอย่างแพร่หลาย ทั้งการปลูกเพื่อบริโภคสด และการผลิตเมล็ดพันธุ์ ปัจจุบันผักบุ้งจีนได้พัฒนาเป็นพืชผักส่งออกที่มีความสำคัญ โดยส่งออกทั้งในรูปผักสด และเมล็ดพันธุ์ การส่งออกเฉพาะผักบุ้งจีนเพื่อบริโภคสดไม่มีตัวเลขแน่นอน เพราะรวมผักบุ้งจีนในหมวดผักสดอื่นๆ ซึ่งได้แก่ผักสดชนิดต่างๆ ตลาดที่สำคัญ คือฮ่องกง มาเลเซีย และสิงคโปร์ สำหรับเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีน ประเทศไทยสามารถส่งออกเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนในปี 2538 ปริมาณ 540.6 ตัน มูลค่าการส่งออก 19.8 ล้านบาท

จากสถิติการปลูกผักของกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2536/2537 มีพื้นที่ปลูกผักบุ้งจีนถึง 54,302 ไร่ ผลผลิตสด 50,237 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 925 กิโลกรัม แหล่งปลูกผักบุ้งจีนเพื่อบริโภคสด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี นครปฐม ปทุมธานี ราชบุรี นครนายก พิจิตร นครสวรรค์ ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา และสงขลา เป็นต้น สำหรับแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนเป็นการค้าที่สำคัญ ได้แก่ นครปฐม สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี

ผักบุ้งจีนเป็นพืชผักที่นิยมรับประทานกันมาก มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะวิตามินเอ ซึ่งเชื่อว่าช่วยบำรุงสายตา มีปริมาณสูงถึง 9,550 หน่วยสากล ในส่วนที่รับประทานได้สด 100 กรัม หรือ 6,750 หน่วยสากล ในส่วนที่รับประทานได้เมื่อสุกแล้ว 100 กรัม นอกจากนี้ยังมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินซีเป็นองค์ประกอบสำคัญด้วย

คุณค่าทางอาหาร ผักบั้งจีนสดและสุกแล้ว

ผักบั้งจีน	% คาร์โบ							แคลอรี	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	S (mg)	K (mg)
	% กาก	% น้ำ	% เถ้า	% โปรตีน	% ไขมัน	% ไฟเบอร์	% รวมไฟเบอร์						
สด	28	90	1.3	2.7	0.4	1.1	5.6	30	30	42	2.5	44	469
สุก	-	90.5	1.0	2.4	0.2	0.8	3.9	21	21	44	1.4	-	-

ผักบั้งจีน	วิตามินซี	วิตามินเอ	วิตามินบี 1	วิตามินบี 2	ไนอาซิน
สด	47	9550	0.09	0.16	0.8
สุกแล้ว	10	6750	0.05	0.13	0.7

ที่มา : FAO, 1980

หมายเหตุ : คำนวณจาก ผักบั้งสด 100 กรัม ในส่วนที่รับประทานได้

คุณภาพผักบั้งจีนส่งออก

- ต้องมีความสด มีเยื่อติดอยู่ ลำต้นอวบ แต่ไม่ยาวเกินไป ความยาวมาตรฐานประมาณ 10-12 นิ้ว (วัดจากโคนถึงยอด)
- ใบและลำต้นสีเขียวไม่เหลืองซีดและเหี่ยวเฉา ใบต้องไม่มีรู
- ตัดรากให้หมด ไม่มีดินหรือทรายปนมา และต้องปราศจากยาฆ่าแมลงหรือสารเคมีหลงเหลืออยู่ อันอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ส่วนใหญ่ตลาดฮ่องกงนิยมพันธุ์ไต้หวัน ซึ่งให้ลักษณะต้นสีเขียวสด ใบไม่เหี่ยวง่าย (เฉลิมเกียรติ, 2539)

บทบาทและความสำคัญของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช

สมภพ (2534) รายงานว่าธาตุไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญต่อพืช ในการช่วยเร่งส่วนที่เป็นลำต้นและใบ ให้มีการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ และทำให้พืชผักหลายชนิดมีลักษณะอวบน้ำ (succulence) ใบจะโตและเขียวสดขึ้นทันที เพราะไนโตรเจนเป็นตัวช่วยทำให้พืชสร้างโปรตีน (protein) ได้อย่างเพียงพอ ความสำคัญและหน้าที่ของไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช อากกล่าวได้ ดังนี้

1. หน้าที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของสารประกอบหลายชนิดในพืช ซึ่งพบว่าโปรตีนมีส่วนสำคัญในเชิงปริมาณอย่างใกล้ชิดกับระดับไนโตรเจนที่พืชได้รับ ในองค์ประกอบของโปรตีนมีไนโตรเจนอยู่ถึง 18% โดยไนโตรเจนเป็นธาตุสำคัญ ในกรดอะมิโน นิวคลีโอไทด์ โคเอนไซม์ นอกจากนี้ส่วนของคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ในใบพืชก็มีไนโตรเจนอยู่สูงถึง 70% นอกจากนี้ธาตุไนโตรเจนยังเป็นธาตุที่เป็นส่วนของโปรโตพลาสซึม (protoplasm) วิตามิน (vitamins) และสาร adenosine triphosphate (ATP) (สุดใจ, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน้าที่เกี่ยวกับเอนไซม์ พบว่าโปรตีนหลายชนิดในพืช จะทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ (enzyme) ทั้งนี้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และตัวควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ภายในเซลล์พืช โดยที่เอนไซม์เหล่านั้นมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (วิเชียร, 2536)

3. หน้าที่ในกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช เนื่องจากไนโตรเจนมีหน้าที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหลายอย่างในพืช ฉะนั้นเมื่อพืชได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่ไม่เพียงพอความผิดปกติทางสรีระก็จะปรากฏให้เห็นได้ชัดเจน เช่น ใบเหลือง (chlorosis) เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในคลอโรฟิลล์ ถ้ามีไนโตรเจนจำกัดการสร้างคลอโรฟิลล์ก็ถูกจำกัด ความเข้มของสีเขียวของใบพืชลดลง ทำให้สีเขียวซีดไปจนถึงเหลือง อาการที่ปรากฏได้ชัดเจนมากอีก คือพืชจะมีขนาดเล็ก ใบเล็ก ก้านผอม กิ่งก้านน้อย สีใบผิดปกติ มีสีเขียวปนเหลือง ใบล่างของพืชจะมีสีเหลืองปนส้ม ปลายใบและขอบใบจะค่อยๆแห้ง และลุกลามเข้าไปเรื่อยๆ และร่วงหล่นจากกิ่งก้านก่อนกำหนด ให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำ (สรสิทธิ์และคณะ, 2535)

สุดใจ (2539) รายงานว่า เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสม ไนโตรเจนจะมีหน้าที่สำคัญต่อพืชดังนี้

1. ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของใบและลำต้น โดยทำให้ใบของพืชมีสีเขียวและใบใหญ่ ลำต้น จะมีสีเขียวและอวบ ทั้งนี้เพราะว่าไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ และไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขนาดของเซลล์พืช ได้แก่ กรดอะมิโน และโปรตีน

2. ส่งเสริมคุณภาพของพืช โดยเฉพาะพืชสวนครัว ที่ใช้ลำต้นและหัวเป็นอาหาร

3. ส่งเสริมให้พืชตั้งตัวได้เร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต

4. เพิ่มปริมาณให้แก่พืช เช่น ข้าว หรือหญ้าเลี้ยงสัตว์

5. ควบคุมการออกดอก และออกผลของพืช

6. ช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น โดยเฉพาะพืชที่ให้ผลและเมล็ดเป็นอาหาร

พฤติกรรมของพืชที่มีต่อปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ

สมภพ (2534) และสุดใจ (2539) รายงานว่า ปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับพืชจะแสดงพฤติกรรม ดังนี้

1. ลักษณะอาการของพืชเมื่อได้รับธาตุไนโตรเจนไม่เพียงพอ พืชโดยทั่วไปเมื่อได้รับธาตุไนโตรเจนไม่เพียงพอ จะทำให้พืชแสดงอาการขาดไนโตรเจน ซึ่งมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1.1 พืชจะปราศจากสีเขียว เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนมีไม่เพียงพอในการสร้างคลอโรฟิลล์ของพืช โดยทำให้ส่วนใบของพืชมีสีเหลือง ซึ่งเริ่มจากใบแก่สู่ใบอ่อน หรือจากใบส่วนล่างสู่ใบส่วนบน ในบางครั้งปลายใบของใบล่างอาจมีสีเหลืองปนส้ม และขอบใบจะแห้งโดยจะค่อยๆ ลุกลามเข้าไปเรื่อยๆจนในที่สุดจะร่วงหล่นจากต้นพืชก่อนกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ลำต้นของพืชมีลักษณะผอม สืบเล็ก มีการแตกใบส่วนยอด หรือกิ่งก้านน้อยกว่าปกติ ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าปกติ

1.3 ผลผลิตไม่มีคุณภาพและปริมาณน้อยกว่าปกติ

1.4 พืชจะไม่เจริญเติบโต หรือเจริญเติบโตช้า การแตกยอดและกิ่งก้านช้า

2. เมื่อได้รับธาตุไนโตรเจนมากเกินไป พืชจะแสดงออกเชิงพฤติกรรมในลักษณะต่างๆ คือ

2.1 การใช้คาร์โบไฮเดรตของพืช (carbohydrate utilization) เมื่อได้รับไนโตรเจนในปริมาณสูง จะพบว่าคาร์โบไฮเดรตในพืชมีแนวโน้มลดลง เพราะพืชจะนำคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงมารวมกันกับไนโตรเจน ที่พืชได้รับจากดินเปลี่ยนไปเป็นโปรตีนในเนื้อต่างๆของพืช (วิเชียร, 2536)

2.2 อาการจมน้ำหรืออบน้ำของพืช สภาพที่พืชจมน้ำและอบน้ำ คือลักษณะของพืชที่มีผนังเซลล์บาง ขนาดใหญ่มีโปรโตพลาสซึมภายในเซลล์มาก มีสัดส่วนของน้ำสูง (วิเชียร, 2536) เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนปริมาณมาก จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative growth) มากกว่าปกติ มีการสร้างโปรตีนที่เป็นโปรโตพลาสซึมมากทำให้มีผนังเซลล์บางและมีน้ำหนักรวม เรียกว่า อบน้ำ จะส่งผลต่อการหักล้ม และการเข้าทำลายของแมลง (สุดใจ, 2539)

2.3 การเจริญเติบโตของราก (root growth) เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่สูงมาก พบว่าการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดิน จะมีมากกว่าการเจริญเติบโตของราก ทำให้สัดส่วนของส่วนเหนือดินต่อส่วนของรากมีค่าสูงขึ้น กล่าวคือ กรณีที่กำหนดปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชมีเพียงไนโตรเจนเท่านั้น พืชจะมีคาร์โบไฮเดรตอยู่มากทั้งในส่วนเหนือดินและราก เพราะการใช้คาร์โบไฮเดรตไปสร้างโปรตีนถูกจำกัด เมื่อให้ไนโตรเจนกับพืชในปริมาณค่อยๆเพิ่มขึ้น ในระยะแรกไนโตรเจน ที่พืชได้รับจะนำไปสร้างโปรตีนในส่วนราก แต่เมื่อไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ไนโตรเจนจะถูกส่งไปยังเหนือดินเพิ่มขึ้น และถูกนำไปรวมกับคาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างโปรตีนของส่วนเหนือดิน การเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินจะปรากฏอย่างชัดเจน ขณะเดียวกันคาร์โบไฮเดรตที่พืชสร้างขึ้นจะสังเคราะห์แสงเหลือไม่เพียงพอที่จะเคลื่อนย้ายลงไปยังราก การสร้างโปรตีนของรากจะลดลง การเจริญเติบโตของรากก็จะลดน้อยลงเป็นลำดับ ยิ่งพืชได้รับไนโตรเจนมากขึ้นเท่าใด ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ส่งไปยังรากก็จะถูกจำกัดมากขึ้นเท่านั้น ทำให้อัตราการเพิ่มการเจริญเติบโตของรากไม่ได้สัดส่วนกับอัตราการเพิ่มการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดิน (วิเชียร, 2536)

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับไนโตรเจนกับการหักล้มของพืช (lodging) การหักล้มจะมีมากขึ้น ถ้าระดับของไนโตรเจนที่พืชได้รับสูงเกินไป เนื่องจากไนโตรเจนจะช่วยสร้างโปร

โตพลาสซึมในขณะที่ไม่มีการสร้างผนังเซลล์ (cell wall) ทำให้ผนังเซลล์ของพืชบาง ไม่แข็งแรง จึงทำให้ต้นพืชหักล้มได้ง่าย (สุดใจ, 2539)

2.5 การถ่ายต่อการเป็นโรค วิเชียร (2536) รายงานว่า นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป พืชจะถ่ายต่อการเป็นโรค เพราะมีผนังเซลล์ที่บางถ่ายต่อการเจาะเข้าทำลายของแมลง แล้วโรคก็จะเข้าทำความเสียหายได้ง่าย แต่เท่าที่พบพฤติกรรมนี้ยังไม่แน่นอน มักจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ที่มีต่อธรรมชาติของพืชและธรรมชาติของโรคมากกว่า บางกรณีจึงพบว่าพืชที่ได้รับไนโตรเจนมากมีเปอร์เซ็นต์การเป็นโรคสูง แต่ในบางกรณีอาจให้ผลในทางตรงกันข้าม

2.6 คุณภาพของเมล็ด ผล ใบ อาจเสื่อมคุณภาพลงได้

2.7 ทำให้พืชแก่ช้ำกว่าปกติ เพราะไนโตรเจนส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตอยู่เรื่อยๆ (สมภาพ, 2534)

ข้อควรระวัง ถ้าให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากขึ้น ควรเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัส (phosphorus : P) และโปแตสเซียม (potassium : K) ให้เพียงพอด้วยเช่นกัน (ฐานเกษตรกรรม, 2534)

ไนโตรเจน

เป็นที่ทราบกันดีว่า ไนโตรเจนเป็นธาตุสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของชีวิต ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน (amino acid) อันเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) นอกจากนั้น ยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ในพืช ทั้งยังมีความสำคัญต่อการใช้คาร์โบไฮเดรตในพืช ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ การสังเคราะห์โปรตีนในพืชก็จะหยุดชะงัก ทำให้พืชสะสมคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น ดังนั้น ไนโตรเจนจึงเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในแง่เป็นธาตุอาหารพืชที่สำคัญที่ขาดแคลนง่าย และยังคงใส่เพิ่มในดินในรูปปุ๋ยไนโตรเจน จะอย่างไรก็ตามในแง่สารมลพิษ ไนโตรเจนก็จัดเป็นธาตุที่ก่อให้เกิดสภาพมลพิษได้เช่นกัน

ผลเสียของไนโตรเจน ต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม

ไนโตรเจนสามารถก่อให้เกิดผลเสียต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมดังต่อไปนี้

1. ยูโทรฟิเคชัน
2. โรคเมทฮีโมโกลบิน
3. สารก่อมะเร็งไนโตรซามีน (carcinogenic nitrosamines)
4. ผลเสียต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
5. ผลเสียต่อพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนกับยูโทรฟิเคชัน

ไนโตรเจนในรูปสารมลพิษที่ทำให้เกิดภาวะมลพิษในน้ำได้จะอยู่ในรูปแอมโมเนียมและไนเตรต ซึ่งแอมโมเนียมโดยส่วนใหญ่จะได้รับการนำเปื้อยของอินทรีย์สารในน้ำ ขณะที่ไนเตรตในน้ำมีแหล่งที่มาจากหลายแหล่งด้วยกัน

ในขณะที่สารอินทรีย์เน่าเปื้อยสลายตัว การเน่าเปื้อยนี้เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตโดยการย่อยสลายซากอินทรีย์สาร ซึ่งขณะที่กระบวนการยังคงดำเนินอยู่ จะเกิดการแย่งแก๊สออกซิเจนจากบริเวณข้างเคียง และเมื่อมีการถ่ายเทแก๊สไม่ทัน จะทำให้เกิดการขาดแก๊สออกซิเจนในน้ำบริเวณนั้น นอกจากนั้นแล้วการขาดออกซิเจนในน้ำในกระบวนการเน่าเปื้อยดังกล่าว ยังอาจเกิดกรดอินทรีย์ และเกิดการสะสมแก๊สแอมโมเนีย อันเป็นสารพิษ เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำชั้นสูง เช่น ปลา จนถึงตายได้ การถ่ายเทแก๊สออกซิเจนไม่ทันเช่นนี้ แอมโมเนียมในน้ำอาจถูกออกซิไดส์ได้บางส่วนเกิดเป็นไนไตรต์ ซึ่งเป็นสารพิษต่อสัตว์น้ำเช่นกัน จะอย่างไรก็ตาม เมื่อมีแก๊สออกซิเจนในน้ำชั้นสุดท้าย ไนโตรเจนทั้งในรูปแอมโมเนียมหรือไนไตรต์ ก็จะถูกออกซิไดส์ให้เปลี่ยนรูปเป็นไนเตรตในที่สุด

ดังนั้น ในการวัดหรือติดตาม (monitoring) ไนโตรเจนที่มีกิจกรรม (active N) ต่อชีวิต หรือสภาพแวดล้อมในดินและในน้ำ จึงพิจารณาที่ไนเตรตเป็นสำคัญ

โรคเมทฮีโมโกลบิน (Methemoglobinemia, MetHb)

โรคเมทฮีโมโกลบิน เป็นภาวะโรคของเลือดอันเนื่องมาจากฮีโมโกลบิน ถูกเปลี่ยนไปเป็นเมทฮีโมโกลบิน (MetHb) ซึ่งเป็นชนิดของฮีโมโกลบิน (Hb) ที่ไม่สามารถนำออกซิเจนได้ สารเคมีที่เป็นตัวการ ทำให้ Hb เปลี่ยนเป็น MetHb มีอยู่หลายชนิด เช่น ไนเตรต เปอร์คลอเรต (perchlorate) อะมิโนฟีนอล อะนิลีน (anillin) ซัลโฟนามิด (sulphonamid)

ไนโตรเจนในรูปไนเตรต ในน้ำดื่ม เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิด MetHb โดยที่เมื่อคนหรือสัตว์ดื่มน้ำที่มีไนเตรตเข้าไป ไนเตรตจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมไม่สามารถมีกลไกที่ทำให้เกิดขึ้นได้ แต่เป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในน้ำลายและในกระเพาะที่สามารถรีดิวส์ไนเตรตได้ แบคทีเรียดังกล่าวนี้เป็นชนิดที่ไม่ทนกรด สามารถเจริญได้ดีในกระเพาะของเด็กอ่อนที่อายุไม่เกิน 3 เดือน และในสัตว์สี่กระเพาะ รายงานของผู้ป่วยเป็นโรคดังกล่าวจึงมักพบในกลุ่มเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 1 ขวบ ทั้งนี้เนื่องจากเด็กเหล่านี้มีสภาวะเหมาะสมต่อโรคดังกล่าวมาก กล่าวคือ กระเพาะยังมีความเป็นกรดไม่มากเกินไป ค่าความเป็นกรดในน้ำย่อยจะไม่สูงมาก โดยทั่วไปจะมีค่าสูงกว่าพีเอช 4 ทำให้แบคทีเรียยังสามารถเจริญได้ดี และการดูดซับน้ำของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก็สูงแบคทีเรียที่เป็นตัวการก็เป็นชนิดที่พบได้ทั่วไป เช่น แบคทีเรียในวงศ์ Enterocacteriaceae ทุกชนิดสามารถรีดิวส์ไนเตรตได้ ตัวอย่างเช่น *E. coli*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ *B. subtilis* ซึ่งอาศัยอยู่ตามกระเพาะ และลำไส้ตอนบน ประสิทธิภาพในการรีดิวส์ไนเตรตจะเป็นชนิดขึ้นต่อ พีเอช (pH dependent)

ฮีโมโกลบิน ประกอบด้วยส่วนที่เป็นโปรตีน มีค่าน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 68,000 มี subunit ที่ประกอบด้วยส่วนโพลีเปปไทด์ และ haeme group โดยมี Fe^{2+} เป็น center of haeme เมื่อ Hb รับออกซิเจน จะเปลี่ยนเป็นออกซีฮีโมโกลบิน ซึ่งเหล็กจะอยู่ในรูป Fe^{2+} แต่ในสภาพของ MetHb เหล็กจะอยู่ในรูป Fe^{3+} ทำให้ไม่สามารถจับแก๊ส O_2 ได้

ชนิดของฮีโมโกลบินที่สามารถเปลี่ยนเป็น MetHb ได้ง่ายคือ Hb ซึ่งเป็นชนิดของฮีโมโกลบินที่มีมากในเด็กอ่อนถึง 80% ของ Hb ทั้งหมด และโดยทั่วไป ในร่างกายของมนุษย์จะมี MetHb อยู่ระหว่าง 1% ถึง 2% ซึ่งเป็นระดับปกติ เมื่อระดับ MetHb มีมากกว่า 3% ถือได้ว่าเป็นโรคเมทฮีโมโกลบินขึ้น

สารก่อมะเร็งไนโตรซามีน (carcinogenic nitrosamine)

ในทางการแพทย์มีผู้ให้ความสนใจกับสารไนโตรซามีนเป็นอย่างมาก อันเนื่องมาจากมีงานทดลองมากมายในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ปรากฏผลว่า ไนโตรซามีนเป็นทั้งสารก่อมะเร็ง (carcinogen) สารที่ทำให้ทารกพิการแต่กำเนิดและเป็นสารทำให้เกิดการกลายพันธุ์

โดยทางทฤษฎีไนไตรต์ที่เปลี่ยนรูปมาจากไนเตรตในกระเพาะอาหารจะทำปฏิกิริยากับ secondary amine ซึ่งอาจจะได้มาจากการแตกตัวของเนื้อสัตว์ที่กินเข้าไป ทำให้ได้ N-nitroso compound ซึ่งสารประกอบที่เกิดขึ้นนี้สามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้ เพราะสามารถเข้าไปเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของ DNA ได้

บรรพสารของไนโตรซามีน ได้แก่ ไนเตรต ไนไตรต์ secondary และ tertiary amines ซึ่งบรรพสารเหล่านี้จะเปลี่ยนเป็นไนโตรซามีนในกระเพาะของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

รายงานโดยตรงเกี่ยวกับการบริโภคไนโตรซามีนแล้วก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์นั้น มีน้อยมาก มีตัวอย่างในประเทศแซมเบีย ได้มีรายงานพบมะเร็งในหลอดอาหาร ในบรรดาคนพื้นเมืองที่ดื่มเหล้าพื้นบ้านเรียกว่า Kachasu ซึ่งมี dimethylnitrosamine อยู่ 1-3 ppm ซึ่งพบว่า ในระดับความเข้มข้นดังกล่าวสามารถก่อมะเร็งในสัตว์ทดลองได้

โดยทางทฤษฎีแล้ว การบริโภคไนเตรตในปริมาณที่สูง สามารถเกิดไนไตรต์และเปลี่ยนเป็นไนโตรซามีนอันเป็นสาเหตุที่จะก่อให้เกิดมะเร็งในร่างกายหลายแห่ง เช่น ที่กระเพาะ ลำไส้ใหญ่ กระเพาะปัสสาวะ และในปากนั้น มีทางเป็นไปได้ แต่โดยข้อเท็จจริงก็ยังไม่เห็นเหตุการณียืนยันได้โดยชัดเจนในมนุษย์

ผลเสียบางประการต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ในเตตรามีผลกระทบต่อคุณค่าอาหารของมนุษย์ กล่าวคือ เมื่อพืชได้รับไนเตรตมากเกินไป จะช่วยส่งเสริมให้พืชมีการสะสมโซเดียมในปริมาณที่สูง แต่ในขณะเดียวกันก็ลดการดูดกินโพแทสเซียม ทำให้พืชมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ นอกจากนั้น จากการทดลองในหนู พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเกลือแกงในอาหารจะมีผลทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น และยังทำให้ปริมาณโคเลสเตอรอลเพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้หัวใจเต้นผิดปกติอีกด้วย และเมื่ออัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมกับโซเดียมเปลี่ยนแปลงไป จะมีผลต่ออายุของหนู

นอกจากนั้น การบริโภคพืชผักที่มีปริมาณไนเตรตสูง จะยังมีผลต่อเมทาบอลิซึมของต่อมไทรอยด์และยังมีผลต่อปริมาณวิตามินต่างๆ เช่น แครโรทีน (carotene) วิตามินเอ และวิตามินอี

ผลเสียบางประการต่อพืช

ธาตุอาหารพืช

การให้ปุ๋ยไนเตรตในปริมาณที่มากเกินไป จะส่งเสริมให้พืชดูดกินธาตุโซเดียมในปริมาณที่สูงตามไปด้วย นอกจากนั้น ไนเตรตจะมีผลในการยับยั้งการดูดกินแมกนีเซียม และโพแทสเซียม ทำให้พืชมีปริมาณธาตุทั้งสองต่ำ

ปริมาณไนเตรตที่มากเกินไปในพืช ยังมีผลต่อกรดอะมิโนที่สำคัญบางตัวในพืช ตัวอย่างเช่นเมื่อพืชได้รับไนเตรตเป็นปริมาณมาก จะทำให้เมทไทโอนีน (methionine) ในผักโขม มีปริมาณลดลง นอกจากนั้นแล้ว ก็ยังทำให้กรดอะมิโนบางตัวที่ไม่ต้องการมีปริมาณมากขึ้น ผลที่ตามมาจากมีปริมาณไนโตรเจนที่มากเกินไปในพืชเช่นนี้ก็คือ พืชจะมีการเจริญเติบโตระยะสร้างต้นสร้างใบ (vegetative) มากเกินไป ทำให้ออวน้ำ จึงอ่อนแอต่อโรคและแมลง

การลดลงของวิตามินซี

มีการทดลองที่ชี้ให้เห็นว่า เมื่อพืชได้รับปริมาณธาตุไนโตรเจนที่มากเกินไปแล้วจะทำให้พืชมีปริมาณวิตามินซีลดลง ศุภมาศ ,2539 อ้างถึงงานทดลองของ Hornich เมื่อปี 1989 ว่าเขาได้ทดลองใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงคือ 60 ปอนด์ไนโตรเจน/เอเคอร์แก่ถั่วประเภทรับประทานฝักสด (green beans) และ 75 ปอนด์ ไนโตรเจน/เอเคอร์แก่ swiss chard พบว่า ใบ chard ที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนจะมีวิตามินซี 81.4 มก. เท่านั้น และเมื่อได้รับไนโตรเจน ไม่ว่าจะ เป็นปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ก็ตาม ปริมาณวิตามินซีจะลดลงเหลือเพียง 54 มก. นอกจากนี้ยังได้ทดลองกับผักกาดหอม ซึ่ง เป็นพืชผักที่มีผู้นิยมรับประทานกันมากอีกทั้งยังเป็นพืชที่มีวิตามินซีและธาตุเหล็กในปริมาณสูง ก็พบเช่นเดียวกันว่าเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไปจะทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงได้มากที่สุดถึง 50% ทั้งที่ผลผลิตของพืชเหล่านี้ก็ไม่ได้ลดลง สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากผลการเจือจาง (dilution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวโน้มการใช้ปุ๋ยเคมีในปัจจุบัน

ปัจจุบันการเกษตรทั่วไปยอมรับว่า ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญและจำเป็นอย่างต่อเนื่อง ต่อการผลิตพืชเป็นการค้า ดังจะเห็นได้จากสถิติการใช้ปุ๋ยเคมีในการเกษตรของประเทศไทย มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในช่วงปี 2520 - 2533 ปริมาณอัตราในการใช้ปุ๋ยเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 9.90 ต่อปี และถ้าพิจารณาการใช้ปุ๋ยเคมีในช่วงเดียวกันนี้ ในรูปของธาตุอาหาร N, P₂O₅ และ K₂O จะมีอัตราเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 11.87, 9.12 และ 10.84 ตามลำดับ นอกจากนี้ถ้าจะแยกพิจารณาการใช้ปุ๋ยเคมีออกตามกลุ่มต่างๆ คือ ข้าว พืชไร่ ไม้ผล ไม้ยืนต้น พืชผัก และ ไม้ดอกไม้ประดับ ช่วงปี 2525 - 2533 ปริมาณการใช้ปุ๋ยที่ใช้ในการผลิตร้อยละ 13.42 - 26.41 แม้ว่าจะมีชนิดปุ๋ยสูตรเคมีที่ใช้ในการเกษตรมีจำหน่ายในตลาดท้องถื่นมากมายหลายสูตรก็ตาม แต่จากการศึกษาของกองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตรเมื่อปี 2532 พบว่ามีเพียง 6 สูตรเท่านั้นที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดคือ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (20-0-0) ปุ๋ยสูตร 16-16-16 ปุ๋ยสูตร 15-15-15 , 16-20-0 และ 13-13-21 (กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร,2535)

ยูเรีย เป็นปุ๋ยอีกชนิดหนึ่งที่มีความนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เกษตรกรชาวเอเชียใช้ปุ๋ยยูเรียประมาณร้อยละ 85 ของปุ๋ยไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณการใช้แถบอื่นๆ ก็มีแนวโน้มมากขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากยูเรียเป็นปุ๋ยขาวที่ดี ตลาดของปุ๋ยยูเรียในทวีปเอเชียจึงกว้าง ปุ๋ยยูเรียสามารถแปรสภาพในดินและเป็นประโยชน์แก่พืชได้เร็ว เมื่อใช้ในดินแถบร้อนชื้น กิ่งร้อนและแถบอบอุ่น มีไนโตรเจนสูงถึง 46% ซึ่งสูงกว่าปุ๋ยอื่นๆ ต้นทุนการผลิตไม่สูงนัก อย่างไรก็ตามปุ๋ยยูเรียจะใช้ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อใช้ถูกวิธีเท่านั้น ปุ๋ยยูเรียที่มีไบยูเรตมากกว่า 1% อาจเป็นอันตรายแก่พืชบางชนิดได้เมื่อฉีดพ่นทางใบ ดังนั้นการผลิตปุ๋ยยูเรียจึงต้องควบคุมสภาพการผลิตให้เกิดไบยูเรตน้อยที่สุด ปุ๋ยยูเรียที่ใช้ในปัจจุบันมีสารดังกล่าวต่ำกว่า 0.3% ซึ่งปลอดภัยที่จะใช้ทางใบหรือใส่ทางดิน ปุ๋ยยูเรียเป็นสารประกอบอินทรีย์ เมื่อละลายน้ำแล้วไม่แตกตัวเป็นไอออนเหมือนปุ๋ยไนโตรเจนชนิดอื่นๆ ปุ๋ยยูเรียละลายน้ำได้ง่ายมาก กล่าวคือ สามารถละลายได้ 66.7 กรัมในน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และละลายได้ถึง 733.3 กรัม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปุ๋ยยูเรียในรูปของแข็งจะอยู่ในรูปผลึกสีขาว มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.335 เป็นของแข็งที่ดูความชื้นได้ง่ายมาก ถ้าเก็บปุ๋ยไว้ในที่ชื้นแล้วจะกลายเป็นน้ำได้ (hygroscopic fertilizer) ปุ๋ยยูเรียที่จำหน่ายในท้องตลาดจะเป็นเม็ดเล็กๆ เหมือนเม็ดสาคุและเคลือบด้วยวัสดุกันความชื้นได้ ปกติปุ๋ยยูเรียเป็นปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 46% และถ้าบริสุทธิ์จะมีไนโตรเจนที่เป็นของแข็ง ดังนั้นเมื่อคิดเปรียบเทียบราคาจึงถูกกว่าปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและแอมโมเนียมคลอไรด์ และเป็นปุ๋ยที่สามารถนำมาเป็นปุ๋ยให้ทางใบ (foliage application) ได้เป็นอย่างดี เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถ ดูดซึมเข้าทางใบพืชได้อัตราความเข้มข้นของปุ๋ยยูเรียที่ใช้ฉีดพ่นให้ทางใบที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.5 – 2 %

ปุ๋ยยูเรีย มีปฏิกิริยาเป็นต่างแต่เมื่อใส่อยู่ในดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนียมไอออนที่เกิดยูเรียแปรสภาพจะถูกออกซิไดส์เป็นกรดไนตริกในลักษณะเดียวกันกับปุ๋ยแอมโมเนียมทั้งหลาย แต่ความเป็นกรดที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์ ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารจำเป็น (essential element) ต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชส่วนใหญ่ต้องการในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าธาตุ C, H และ O (Berger, 1962 : Geus, 1973)

ไนโตรเจนมีหน้าที่เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของโปรตีน คลอโรฟิลล์ และสารอื่นๆ อีกเมื่อพืชขาดไนโตรเจนจะเกิดอาการ chlorosis โดยปรากฏใบแก่ที่อยู่ส่วนล่างก่อน ถ้าได้รับมากเกินไปพืชจะมีการเจริญทางด้านวัฒนาการ (vegetative growth) คือใบจะมีสีเขียวเข้ม มีการเพิ่มและขยายขนาดของเซลล์ทำให้ใบมีขนาดใหญ่ ปริมาณใบมาก และออกดอกช้า

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตในพืช

การสะสมไนเตรตในพืชเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากๆ ไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่ทำให้ปริมาณไนเตรตในพืชสูงขึ้นแต่มีปัจจัยอื่นๆร่วมด้วย เช่น

1. แสง มีอิทธิพลต่อ nitrate reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่แปรสภาพไนเตรตให้เป็นไนไตรต์ได้ ลักษณะที่นำสนใจบางประการ คือ ต้องมีไนเตรตมากกระตุ้นจึงทำงานได้ แม้ในที่มืดไนเตรตก็กระตุ้นให้เอนไซม์ทำงานได้ แต่กิจกรรมที่เกิดขึ้นจะไม่สูงเท่าเมื่อมีแสงสว่างเพียงพอ กล่าวกันว่าแสงมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเอนไซม์โดยทางอ้อม คือ ช่วยให้ไนเตรตซึมผ่านเซลล์เมมเบรนเข้าไปสู่บริเวณที่มีเอนไซม์ได้สะดวก nitrate reductase มีทั้งในรากและในใบพืช และจากการศึกษาพบว่าเมื่อลดความเข้มของแสงที่ผิวใบลง กิจกรรมของเอนไซม์นี้จะลดลงอย่างมาก พืชจึงสะสมไนเตรตมากขึ้นมากได้รับแสงสว่างน้อยลง

2. อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการดูด การเคลื่อนย้าย และการใช้ไนเตรตของพืชแต่การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิระดับหนึ่งจะมีผลต่อขบวนการเหล่านี้ไม่เท่ากัน (Lim et al, 1990) สำหรับพืชที่เจริญเติบโตโดยธรรมชาติจะพบว่าในเวลาเที่ยงวันอุณหภูมิของเรือนยอดจะสูงกว่าอุณหภูมิของราก ส่วนในเวลากลางคืนอุณหภูมิของรากจะสูงกว่าเรือนยอดเนื่องจากดินยังมีความอบอุ่น ผลของการลดอุณหภูมิจะทำให้อัตราการดูดไนเตรตของรากพืชจะลดลง ในสัดส่วนที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการรีดิวส์ไนเตรต เนื่องจากขบวนการหลังแพบจะหยุดชะงักในที่มืด ในเวลากลางคืนพืชจะสะสมไนเตรตในเรือนยอดได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความชื้นของดินและความชื้นของอากาศ พืชอาหารสัตว์ที่กระทบแล้งหรือดินมีความชื้นต่ำมักสะสมไนเตรตไว้ในเนื้อเยื่อมากกว่าปกติ เนื่องจากในสภาวะที่พืชขาดน้ำกิจกรรมของ nitrate reductase จะลดต่ำลงและการสังเคราะห์แสงของพืชก็ลดลงด้วย ยิ่งกว่านั้นในช่วงเวลาที่อากาศแห้งแล้งจะมีการเคลื่อนย้ายของเกลือต่างๆ รวมทั้งไนเตรตจากดินล่างขึ้นมากับน้ำซึบ (capillary water) มาสะสมในดินบน ปรากฏการณ์เช่นนี้มักเกิดกับพืชในทุ่งหญ้า และทุ่งหญ้ามักกระทบแล้งในบางช่วงของปี ความชุ่มชื้นของอากาศก็มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตเช่นกัน เมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงพืชจะสะสมไนเตรตได้มาก คือ เอนไซม์ nitrate reductase จะทำงานได้ดีต่อเมื่อมีไนเตรตเข้ามากระตุ้นหากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำลงอัตราการคายน้ำที่สูงขึ้น ไนเตรตจึงเคลื่อนย้ายตามท่อน้ำเข้าสู่เนื้อเยื่อที่มีเอนไซม์ และกระตุ้นเอนไซม์ดังกล่าวให้มีกิจกรรมสูงพอที่จะแปรสภาพไนเตรตให้เหลือในเนื้อเยื่อเพียงเล็กน้อย

4. ธาตุอาหารที่พืชได้รับ โดยเฉพาะไนโตรเจนรูปของไนโตรเจนในดินมีอยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สำหรับในรูปของสารอนินทรีย์ก็จะอยู่ในรูปของ molecular nitrogen ในอากาศในดิน (soil air) แต่ไนโตรเจนในรูปนี้จะไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชยกเว้นพืชตระกูลถั่ว ถูกใช้ไป (assimilate) โดยจุลินทรีย์ เมื่อขาดไนโตรเจนคงมีจุลินทรีย์พวก *Aspergillus flavus* เท่านั้นที่เปลี่ยนต่อไปเป็น ไนเตรตแต่ก็เป็นบางส่วนเป็นส่วนน้อยเท่านั้น

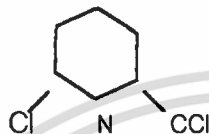
ปัจจัยที่ควบคุมกระบวนการ Nitrification

คุณสมบัติของดินที่ควบคุมกระบวนการมากที่สุด ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ดินที่เป็นกรดสูงจะทำให้มีการสะสมไนเตรต (Hageman, 1984) ที่ pH 6.0 อัตราการเกิดจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ที่ pH 5.0 โดยทั่วไปแทบจะไม่เกิดการแปรสภาพเลยหรือเกิดในอัตราที่ต่ำมาก ถ้ากระบวนการเกิดขึ้นได้ที่ pH 4.0 จะมีการสะสมไนเตรตเกิดขึ้น ในดินบางชนิดแม้ pH ลดลงถึง 4.5 อาจเกิดกระบวนการดังกล่าวได้พอสมควร ทั้งนี้เนื่องมาจากมีสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ปรับตัวเข้ากับสภาพที่เป็นกรดได้แต่ปกติมีโอกาสน้อยมาก pH ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการ nitrification คือ 6.5 - 7.8 ในดินโดยทั่วไปแม้ว่า pH จะอยู่ในช่วงดังกล่าวแต่ถ้าดินมี buffering capacity ต่ำก็อาจเกิดกระบวนการได้ไม่ดี ทั้งนี้เพราะในขณะที่มีการเพิ่มออกซิเจนแก่แอมโมเนียมเป็นไนเตรตนั้นมีการเกิดขึ้น กรดที่เกิดขึ้นนี้ถ้าเกิดมากๆ ในอัตราที่สูงจะทำให้กระบวนการหยุดชะงักได้และถ้ากระบวนการขาดออกซิเจนก็จะเกิดช้ามากหรือไม่เกิดเลย ปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมก็คือ partial pressure ของออกซิเจนในดินจะต้องเท่ากับของบรรยากาศ

ความชื้นที่เหมาะสมที่สุดอยู่ระหว่าง $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ ของ water - holding capacity (whe) ของดินและอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดอยู่ระหว่าง 30-35 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารยับยั้งในการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียม บางครั้งถ้ารักษาปุ๋ยให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียมได้ เมื่อใส่ลงไปในดินก็จะทำให้พืชใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นเพราะถ้าเปลี่ยนเป็นไนไตรต์หรือไนเตรตแล้วจะสูญเสียไปจากดินได้หลายทางเช่นละลายไปกับน้ำ (leaching) เปลี่ยนเป็นก๊าซระเหยจากดินไป (volatilization) ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีผู้คิดค้น สารยับยั้งเพื่อใช้ระงับการเปลี่ยนจากแอมโมเนียมเป็นไนไตรต์หรือไนเตรต สารยับยั้งที่ใช้กันมากในปัจจุบันได้แก่ N-serve หรือ 2-chloro-6 (trichloromethyl)pyridine



สารยับยั้งนี้เป็นสารที่ยับยั้งกิจกรรมของ *Nitrosomonas* sp. และจุลินทรีย์บางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มออกซิเจนให้แก่แอมโมเนียม (สมศักดิ์, 2528)

นอกจากนี้ยังมีกระบวนการแปรสภาพจากไนไตรต์หรือไนเตรตเป็นก๊าซ (denitrification) ไนโตรเจนในดินที่อยู่ในรูปของไนไตรต์หรือไนเตรตแปรสภาพเป็นก๊าซ และสูญเสียไปจากดิน (volatilization) ได้ ไม่ว่าจะทางเคมีหรือชีวภาพ ในทางชีวภาพนั้น ไนเตรตหรือไนไตรต์ถูกลดออกซิเจนโดยการกระตุ้นจุลินทรีย์ซึ่งเกิดขึ้นเป็นขั้นๆ จนกลายเป็น nitrogen gas or molecular nitrogen หรือบางทีมีก๊าซอื่นๆ รวมทั้ง nitrous oxide (N_2O) เกิดขึ้นด้วย

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อไนเตรตในพืชดังนี้ คือ

1. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในรูปไนเตรต แอมโมเนีย หรือยูเรีย มีแนวโน้มที่จะเพิ่มไนเตรตในพืช ปุ๋ยสองรูปหลังแม้จะมีได้อยู่ในรูปไนเตรต แต่เมื่อใส่ลงไปในดินที่มีการระบายอากาศดีก็ถูกจุลินทรีย์ในดินแปรสภาพให้เป็นไนเตรตได้ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปใดๆก็ตามแม้จะเพิ่มผลผลิตพืชแต่พืชเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะสะสมไนเตรตมากขึ้นด้วย
2. การโรยปุ๋ยไนเตรตกับผัก ทำให้ผักสะสมไนเตรตได้มากกว่าใช้ในรูปแอมโมเนียมหรือยูเรีย
3. การโรยปุ๋ยไนเตรตเป็นแถบข้างแถวของต้น spinach ปรากฏว่าพืชดูดไนเตรตได้มากกว่าหว่านก่อนปลูก และยังรากพืชสัมผัสอยู่กับดินที่มีปุ๋ยไนเตรตนานขึ้นการสะสมก็จะยิ่งเพิ่มพูนขึ้น
4. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกลือไนเตรตชนิดต่างๆ คือ แอมโมเนียมไนเตรต แคลเซียมไนเตรต และโปแตสเซียมไนเตรต ปรากฏว่าพืชดูดไนเตรตจากเกลือชนิดแรกน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไนเตรตเป็นไอออนที่กระตุ้นให้ nitrate reductase ทำงานส่วนแอมโมเนียเป็นตัวขัดขวางการทำงานของเอนไซม์นี้

6. การผสมสารชะงักขบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification inhibitors) ในปุ๋ยแอมโมเนียจะช่วยลดการสะสมไนเตรตในพืชได้อย่างมาก เนื่องจากสารดังกล่าวช่วยระงับหรือชะลอการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียในดินไปเป็นกรดไนเตรต และพืชคงใช้แอมโมเนียได้ตามปกติ

อิทธิพลของธาตุอื่น ๆ ต่อการสะสมไนเตรตในพืช

1. การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ถึงแม้พืชจะขาดฟอสฟอรัสก็ไม่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนเตรตอย่างเด่นชัด

2. พืชที่ขาดกำมะถันกิจกรรมของ nitrate reductase จะลดลงเนื่องจากเอนไซม์ดังกล่าวจะทำงานได้ต้องมี sulfhydryl group ดังนั้น เมื่อพืชขาดกำมะถันจึงมักสะสมไนเตรตมากขึ้นกว่าปกติ

3. แคลเซียมมีอิทธิพลต่อการดูดไนเตรตของรากพืช และอาจมีผลกระทบต่อขบวนการรีดิวซ์ไนเตรตด้วย นอกจากนี้รากพืชที่ขาดแคลเซียมมักไม่ค่อยเจริญเติบโตและดูดไนเตรตจากดินได้อย่างจำกัด (Wadleigh and Shive, 1939) สำหรับแมกนีเซียมนั้นยังไม่มีหลักฐานที่บ่งชี้ถึงอิทธิพลของธาตุนี้อัตราไนเตรตของพืช

4. โมลิบดีนัม เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการทำงานของ nitrate reductase พืชที่ขาดโมลิบดีนัมอาจสะสมไนเตรตถึง 3% ของน้ำหนักแห้ง

1. แม้ว่าบทบาทของแมงกานีสต่อขบวนการรีดิวซ์ไนเตรตยังไม่ทราบแน่นอน แต่มีผู้รายงานว่าแมงกานีสมีความสำคัญต่อขบวนการนี้ในข้าวสาลี

6. คลอไรด์จัดเป็นไอออนประจุลบที่เป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดไนเตรตของรากพืชหากสารละลายของดินมีคลอไรด์พอประมาณการดูดไนเตรตก็จะน้อยลง

การกระจายตัวของไนเตรตในพืช

ปริมาณไนเตรตในพืชไม่สม่ำเสมอทั้งต้น โดยทั่วไปการสะสมจะพบมากที่ต้นหรือก้านใบรองลงไปคือ ราก แผ่นใบ ดอก ผลและเมล็ด ตามลำดับ

sugar beet ที่ใช้เลี้ยงสัตว์มีไนเตรตในใบแก่มากกว่าใบอ่อนและก้านใบมีมากกว่าแผ่นใบหลายเท่า พืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุต่างกันก็สะสมไนเตรตได้แตกต่างกันด้วย คือเมื่อเป็นกล้าอ่อนจะมีไนเตรตน้อย แต่เมื่อโตขึ้นก็จะสะสมได้มากขึ้น และสูงสุดเมื่อพืชเริ่มออกดอกแล้วจะเริ่มลดลงเมื่อเจริญวัยเต็มที่ ความสัมพันธ์ระหว่างอายุพืชกับการสะสมไนเตรตในเนื้อเยื่ออาจเกี่ยวข้องกับระดับไนโตรเจนในดินด้วย กล่าวคือ ในปลายฤดูปลูกระดับไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินอาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงมากพืชจึงหันมาใช้ไนเตรตที่เคยสะสมไว้เป็นการชดเชย (King et.al, 1993) พืชดูดแอมโมเนียมและไนเตรตเข้าไปทางรากหรือทางใบเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

สำหรับแอมโมเนียมนั้นพืชนำไปสร้างกรดอะมิโนและอินทรีย์สารอื่นๆได้โดยตรง ส่วนไนเตรตที่ถูกดูดเข้าไปในพืชจะต้องผ่านกระบวนการที่จะรีดิวส์ให้ได้แอมโมเนียมเสียก่อนจึงจะให้ได้กระบวนการดังกล่าวมีเอนไซม์หลายชนิดเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่สำคัญคือ nitrate reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์รีดิวส์ไนเตรตในเนื้อเยื่อพืชให้กลายเป็นไนไตรต์ อย่างไรก็ตามจะยังมีไนเตรตบางส่วนไม่ถูกรีดิวส์ก็คงอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้คือ พันธุกรรมของพืช ปริมาณไนเตรตที่พืชได้รับจากดิน สภาพแวดล้อมในขณะที่พืชนั้นเจริญเติบโต อายุของพืช และส่วนของพืช

พิษของไนเตรตและไนไตรต์ต่อคนและสัตว์เลี้ยง

สารที่เป็นพิษโดยตรงต่อร่างกายก็คือ ไนไตรต์ อย่างไรก็ตามไนเตรตในพืชมีโอกาสเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้โดยกระบวนการ reduction ทั้งก่อนบริโภคและหลังจากที่ผักเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารของร่างกายแล้ว ไนเตรตในผักที่เก็บรักษาไว้ก่อนปรุงอาหารจะเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ได้โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในน้ำและพืช หรือเอนไซม์ของพืชเอง

เมื่อบริโภคอาหารที่มีไนเตรต หากคนมีสุขภาพดีถ้าได้จะดูดซึมไนเตรตได้อย่างรวดเร็ว ส่วนคนที่ถ้าได้ไม่ปกติการดูดซึมไนเตรตจะช้าลงทำให้มีโอกาสถูกรีดิวส์ได้ง่าย นอกจากนี้ความผิดปกติในลำไส้ อาจเป็นสาเหตุให้ pH ในส่วนนั้นสูงกว่าปกติ ทำให้แบคทีเรียบางชนิดที่สามารถรีดิวส์ไนเตรตได้เจริญเติบโตได้ดีหรือจุลินทรีย์ดังกล่าวอาจขึ้นมาอยู่ในลำไส้ตอนบนแล้วเปลี่ยนไนเตรตในส่วนนั้นได้ด้วย

การเปลี่ยนไนเตรตให้กลายเป็นไนไตรต์เกิดในระบบทางเดินอาหารของเด็กได้ง่ายกว่าผู้ใหญ่ ยิ่งไนไตรต์มีในร่างกายมากเท่าใดก็จะเกิดอันตรายได้มากเพียงนั้น ซึ่งอันตรายโดยตรงจากไนไตรต์ คือ การทำให้เกิดอาการ methemoglobinemia

สาเหตุของอาการ

เมื่อไนไตรต์ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตแล้ว ไนไตรต์จะออกซิไดซ์เหล็กในฮีโมโกลบินซึ่งเป็น ferrous form (Fe^{++}) ให้กลายเป็น ferric form (Fe^{+++}) ฮีโมโกลบินจึงกลายเป็น methemoglobin ซึ่งไม่ขนถ่ายออกซิเจนได้ต่อไปอีก

ในร่างกายคนปกติจะมี methemoglobin เพียงเล็กน้อย กล่าวคือ ผู้ใหญ่มีราวร้อยละ 1 ทารกที่คลอดใหม่จะมีราวร้อยละ 4 ส่วนเด็กอ่อนที่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบหายใจ อาจมีร้อยละ 6 ของฮีโมโกลบิน ทั้งหมดหากมี methemoglobin ในเลือดเพียงเล็กน้อย เอนไซม์บางชนิดที่มีอยู่ในเม็ดเลือดแดงสามารถแปรสภาพให้กลับกลายเป็นฮีโมโกลบินปกติได้อีก การมีอัตราการเพิ่ม

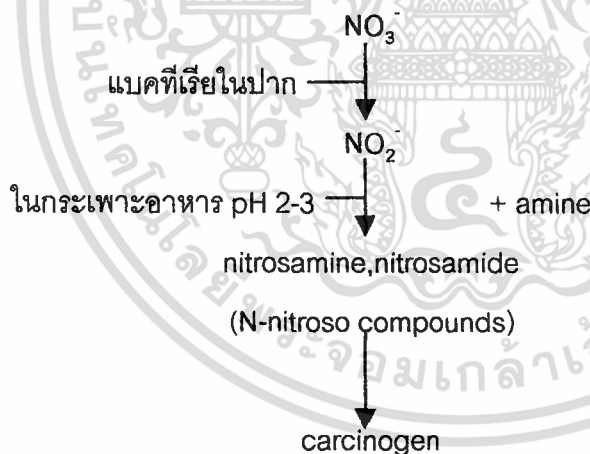
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ methemoglobin สูงกว่าระดับปกติหากมีประมาณร้อยละ 15 ของฮีโมโกลบิน ก็จะเกิดอาการ ซึ่งเรียกว่า methemoglobinemia เมื่อเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 70 ผู้ป่วยจะเสียชีวิตได้

ผลต่อสุขภาพด้านอื่นๆ

การค้นคว้าด้านโภชนาของสัตว์เลี้ยง ชี้ให้เห็นความผิดปกติของสัตว์ทดลองที่ได้รับ ไนเตรต หรือไนไตรต์ ดังต่อไปนี้

1. สัตว์มีอาการขาดวิตามินเอ เนื่องจากความเป็นพิษของไนเตรตที่มีต่อเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของวิตามินเอ นอกจากนี้ไนไตรต์ยังทำลายแคโรทีนขณะที่สารดังกล่าวอยู่ในระบบทางเดินอาหารอีกด้วย
2. สัตว์มีความต้องการไอโอดีนมากขึ้น แต่เดิมเคยต้องการเพียง 35 ppb หากร่างกายได้รับไนเตรตมากๆ ความต้องการไอโอดีนของสัตว์จะเพิ่มเป็น 200 ppb
3. ไนไตรต์ยังอาจเป็นสาเหตุของความผิดปกติในร่างกายอีกหลายอย่าง เช่น หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติ
4. ไนไตรต์ทำปฏิกิริยากับ amine ในร่างกายได้ nitrosamine ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นสารชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดมะเร็งในสิ่งมีชีวิต



ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของไนเตรตและการสังเคราะห์สารประกอบไนโตรโซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการหุงต้มต่อระดับไนเตรตและไนไตรต์ในผัก

อาหารโดยเฉพาะผักเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้มนุษย์ได้รับไนเตรต ไนเตรตเป็นพิษเนื่องจาก การเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ ความเป็นพิษที่สำคัญของไนไตรต์คือทำให้เกิดภาวะ methaemoglobinemia ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดผิวหนังสีเขียวคล้ำจากการขาดออกซิเจน โดยเฉพาะ ในทารกอายุต่ำกว่า 3 เดือน นอกจากนั้นไนไตรต์ยังทำปฏิกิริยากับสารประกอบ nittrosatable ทำให้เกิดสารประกอบ N-nitroso ซึ่งก่อให้เกิดมะเร็งได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมารายงานว่า มีการลดลงของปริมาณไนเตรตในผักหลังจากผ่านกระบวนการหุงต้ม ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการ ทดสอบถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักภายหลังวิธีการหุงต้มด้วยระยะเวลา ที่แตกต่างกันไป ผักที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ ผักกาดขาวปลี ผักคะน้าและผักบุ้งจีน วิธีการหุง ต้มประกอบด้วย การต้ม ผัดและนึ่ง หลังจากนั้นนำผักและน้ำซึ่งได้จากการหุงต้มมาวิเคราะห์หา ความเข้มข้นของไนเตรตและไนไตรต์เพื่อเปรียบเทียบกับผักสดโดยวิธี colorimetric ผลการศึกษา พบว่า การต้มจะมีการสูญเสียปริมาณไนเตรตมากที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับความเชื่อมั่น .05 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการหุงต้มอื่นในผักทุกชนิด ปริมาณไนเตรตที่สูญเสีย ไปจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการหุงต้มและจะไปอยู่ในน้ำที่ใช้หุงต้ม ผักคะน้ามีการลดลงของ ปริมาณไนเตรตมากที่สุดซึ่งมีค่าเฉลี่ย 47.9% ไม่พบแนวโน้มการเกิดไนไตรต์ในการหุงต้มทั้งสาม วิธี ดังนั้น จากการศึกษาข้างกล่าวได้ว่าการต้มผักก่อนที่จะบริโภคเป็นวิธีการที่ดีที่จะลดปริมาณ ไนเตรตและช่วยให้ผู้บริโภคได้รับพิษจากไนเตรตและไนไตรต์ลดลง (ประภาพร, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แปลงปลูกผักทดลอง ขนาด 1.5 x 1.2 เมตร
2. เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีน
3. ดินผสม อัตราส่วน 1 : 2 : 2 : 2 ดิน : ปุ๋ยคอก : ปุ๋ยหมัก : ชุยมะพร้าว
4. เทปวัดระยะ
5. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคแมลง
6. อุปกรณ์สำหรับดูแลรักษา ได้แก่ บัวรดน้ำ เครื่องพ่นสารเคมีป้องกันแมลง
7. ป้าย

อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

1. เครื่องแก้วชนิดต่างๆ เช่น บีกเกอร์ กระจกตวง หลอดทดลอง
2. เครื่องตรวจวิเคราะห์ spectrophotometer รุ่น Genesis II
3. เครื่องปั่นผัก (blender)
4. Waterbath ชนิดควบคุมอุณหภูมิได้
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก

สารเคมี

1. N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride
2. Sulfanilamide
3. Salicylic acid
4. Sodium hydroxide
5. Sulfuric acid

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 4 วิธีการ (treatments) วิธีการละ 4 ซ้ำ (replication) โดยปลูกผักในแปลงขนาด 1.5 x 1.2 เมตร แต่ละแปลงมีสภาพแวดล้อมและวิธีการดูแลเหมือนกันทุกประการ โดยให้ปุ๋ย 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งแต่ละวิธีการใส่ปุ๋ยต่างกัน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (วิธีการควบคุม)

วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่

วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่

วิธีการที่ 4 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่

วิธีการดำเนินงาน

1. เตรียมแปลงปลูก โดยแบ่งออกเป็น 16 แปลงย่อย ขนาด 1.5×1.5 เมตร
2. ใส่ปุ๋ยคอก, ปุ๋ยหมัก, ซุยขี้วัว และดิน ผสมคลุกเคล้าในอัตราส่วน 2 : 2 : 2 : 1
3. หยอดเมล็ดบึงจั้นเป็นแถวโดยมีระยะห่างระหว่างแถว 10 เซนติเมตร ทั้ง 16 หน่วยทดลอง เขียนป้ายบอกทรีทเมนต์
4. ปฏิบัติดูแลรักษา
 - 4.1 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 ตามที่กำหนดไว้ หลังจากผักบึงจั้นเริ่มมีใบจริง 2-4 ใบ
 - วิธีการที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย
 - วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ย อัตรา 14.06 กรัม/น้ำ 10 ลิตร
 - วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ย อัตรา 28.12 กรัม/น้ำ 10 ลิตร
 - วิธีการที่ 4 ใส่ปุ๋ย อัตรา 42.18 กรัม/น้ำ 10 ลิตร
 - 4.2 การให้น้ำ: ใช้บัวรดน้ำทุกวัน เช้าและเย็น
 - 4.3 การให้ปุ๋ย 1 ครั้งต่อสัปดาห์จนกระทั่งเก็บเกี่ยว

การบันทึกข้อมูล

เมื่อครบอายุเก็บเกี่ยว 20-25 วัน เก็บผักบึงจั้นแต่ละแปลงมาชั่งน้ำหนักหาผลผลิต/ไร่ และวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรท์

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

2. Sulfanilamide reagent : ละลาย sulfanilamide 0.5 กรัม ใน 2.4 N HCL 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

3. Salicylic acid : ละลาย salicylic acid 5 กรัม ใน H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 95 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา (ใช้ได้ภายใน 7 วัน)

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

5. สารละลายมาตรฐาน

5.1 สารละลายมาตรฐานไนเตรต ($NaOH_3$)

5.1.1 Stock solution : ละลาย $NaOH_3$ ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1,000 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaOH_3$ เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

5.1.2 Intermediate solution : pipette stock solution จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 250 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

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

5.2 สารละลายมาตรฐานไนไตรท์ ($NaOH_2$)

5.2.1 Stock solution : ละลาย $NaOH_2$ ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1,000 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaOH_2$ เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

5.2.2 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

5.2.3 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 ขวดละความ เข้มข้นปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6 และ 0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การสร้าง standard curve

6.1 Standard curve

6.1.1 pipette working standard solution NaOH_3 เข้มข้น 5, 7, 9, 11, 13, 15 และ 17 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองละความเข้มข้น

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

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

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

6.2 Standard curve ของไนไตรต์

6.2.1 pipette working standard solution NaOH_3 เข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.6 และ 0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 2 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองละความเข้มข้น

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

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

6.2.4 นำไปวัดค่า absorbance แล้วสร้าง standard curve จากค่า absorbance และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 nm

7. กระดาษกรอง No.42: วิเคราะห์หาไนเตรตและไนไตรต์โดยสุ่มเลือกกระดาษกรอง 3 – 4 แผ่นจากแต่ละกล่อง แช่ในน้ำกลั่น จำนวน 40 มิลลิลิตร นาน 30 นาที นำน้ำกลั่นที่ผ่านการแช่กระดาษกรองแล้วนำมาพัฒนาสี นำไปตรวจวิเคราะห์หาไนเตรตและไนไตรต์โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 และ 520 nm ตามลำดับ

การสกัดแยกไนเตรตและไนไตรต์จากตัวอย่างผัก

1. หั่นผักตัวอย่างแล้วชั่งให้ได้ 10 ± 0.5 กรัม ใส่ในโถปั่น
2. ใส่ในน้ำกลั่นในโถปั่นจำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วปั่นผักให้ละเอียด
3. เทผักที่ปั่นละเอียดแล้วลงในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิลิตร แล้วนำไปตั้งบน water bath ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที พร้อมทั้งคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะๆ

4. ยกออกจาก water bath แล้วคนด้วยแท่งแก้วอีกประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร
5. กรองผ่านใยแก้ว (glass wool) จะได้สารละลายสีเขียว
6. นำสารละลายที่กรองได้มาเติมผงถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ซึ่งผ่านการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงแล้ว จำนวน 1.5 กรัม คนด้วยแท่งแก้วนาน 5 นาที
7. กรองผ่านกระดาษกรอง No.42 จะได้สารละลายที่ใส
8. นำสารละลายที่กรองได้ไปพัฒนาสีแล้วตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer

การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต

1. pipette สารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง
2. เติม 5% Salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
3. เติม 4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
4. นำไปวัดค่า absorbance และหาปริมาณความเข้มข้นจาก standard curve โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm

การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์

1. pipette สารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 2 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง
2. เติม Sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
3. เติม N-1-naphththyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
4. นำไปวัดค่า absorbance และหาปริมาณความเข้มข้นจาก standard curve โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Rang Test (DMRT)

สถานที่ทำการทดลอง

แปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

เริ่มทำการปลูกวันที่ 20 มกราคม 2544 ถึง 8 มีนาคม 2544 รวมระยะเวลาทั้งสิ้นในการทำการทดลอง 45 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอัตราปุ๋ยยูเรียต่อปริมาณผลผลิตและปริมาณไนเตรตในเนื้อของผักบุงจีน โดยให้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) 4 ระดับ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 4 วิธีการ (treatment) วิธีการละ 4 ซ้ำ (replication) ผลปรากฏว่า

1. ผลผลิตเฉลี่ยต่อแปลงของผักบุงจีน (ตารางแสดงผลการทดลอง)

น้ำหนักต้นสดต่อแปลงของผักบุงจีนวิธีการที่ 3 (20 กก./ไร่) มีน้ำหนักต้นสดต่อแปลงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 2,000 กรัม/แปลงย่อย รองลงมาคือ วิธีการที่ 2 (10 กก./ไร่) น้ำหนักสดต่อแปลง 1,975 กรัม/แปลงย่อย, วิธีการที่ 1 (0 กก./ไร่) น้ำหนักสดต่อแปลง 1,700 กรัม/แปลงย่อย และวิธีการที่ 4 (30 กก./ไร่) น้ำหนักสดต่อแปลงต่ำสุด 1,475 กรัม/แปลงย่อย ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับวิธีการที่ 2 (10 กก./ไร่) และวิธีการที่ 3 (20 กก./ไร่) แต่ไม่แตกต่างกับ control

2. ปริมาณไนเตรตในผักบุงจีน (ตารางแสดงผลการทดลอง)

ปริมาณไนเตรตในผักบุงจีนที่ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกันของวิธีการที่ 4 (30 กก./ไร่) มีปริมาณไนเตรตสูงที่สุดคือ 3,900.68 มก./กก. รองลงมาคือ วิธีการที่ 3 (20 กก./ไร่), วิธีการที่ 2 (10 กก./ไร่), และวิธีการที่ 1 (0 กก./ไร่) มีปริมาณไนเตรต เท่ากับ 3,222.59, 3,208.70 และ 1,542.94 มก./กก. ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติปรากฏว่า ทุกวิธีการที่ให้ปุ๋ยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับ control และการใช้ปุ๋ย 30 กก./ไร่ ก็มีความแตกต่างทางสถิติกับวิธีการที่ให้ปุ๋ยลงมาทั้ง 2 วิธีการ

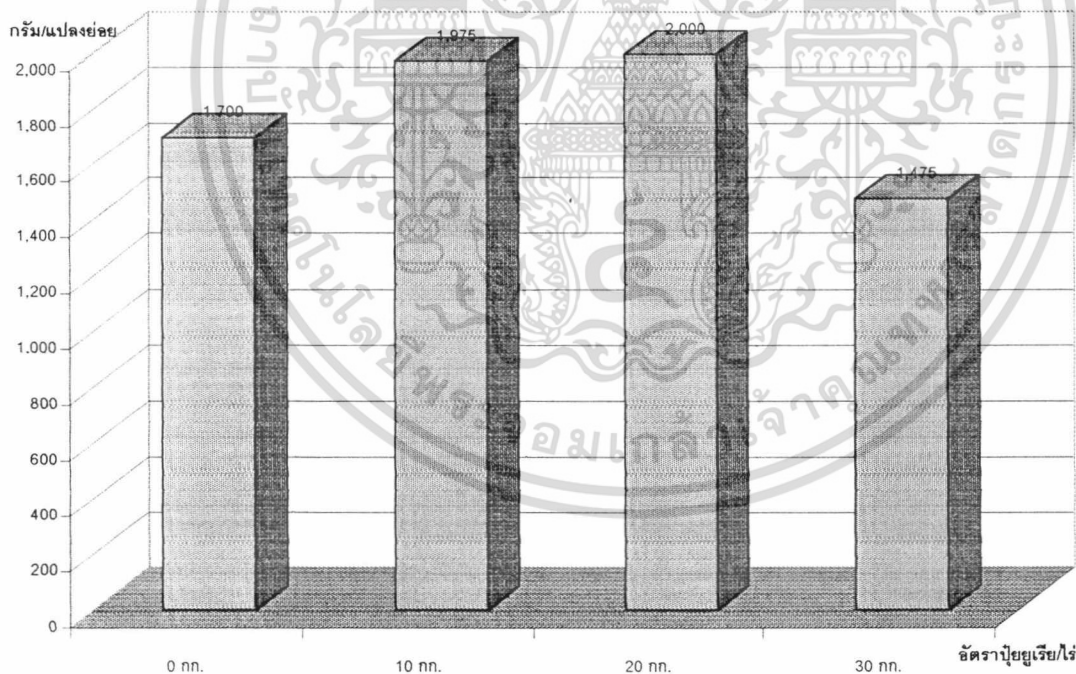
3. ปริมาณไนโตรเจนในผักบุงจีน (ตารางแสดงผลการทดลอง)

ปริมาณไนโตรเจนในผักบุงจีนที่ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกันของวิธีการที่ 4 มีปริมาณไนเตรตสูงที่สุดคือ 4.75 มก./กก. รองลงมาคือ วิธีการที่ 3 (20 กก./ไร่), วิธีการที่ 2 (10 กก./ไร่), และวิธีการที่ 1 (0 กก./ไร่) มีปริมาณไนเตรต เท่ากับ 4.63, 4.43 และ 4.15 มก./กก. ตามลำดับ ทุกวิธีการ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางแสดงผลการทดลอง ปริมาณผลผลิต ไนเตรตและไนโตรเจนของผักบุ้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย
อัตราต่างกัน

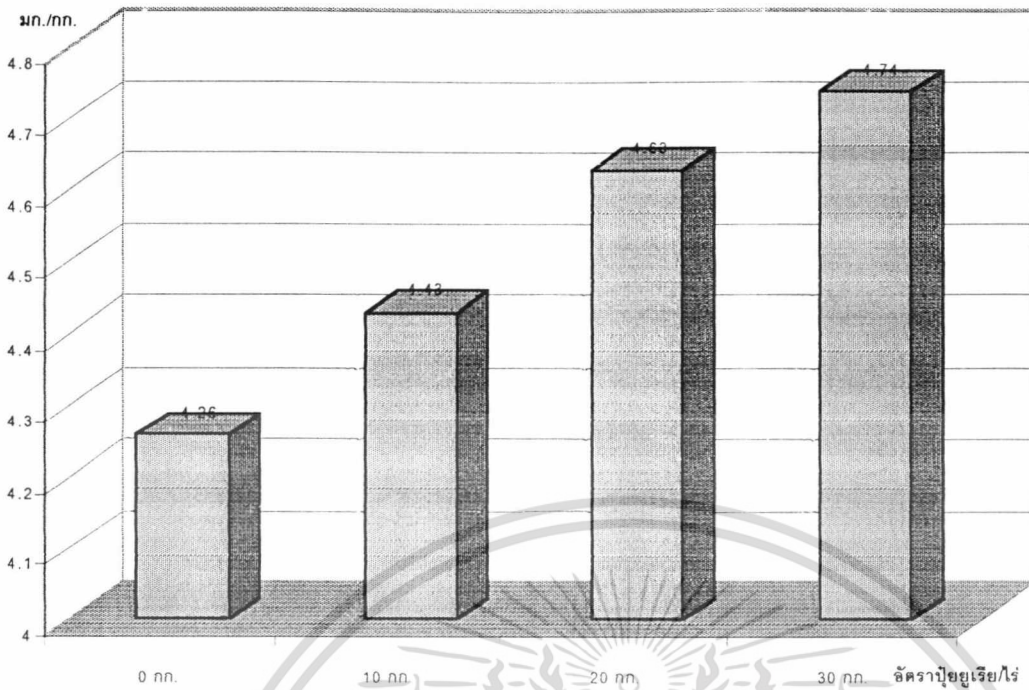
อัตราปุ๋ยยูเรีย (กก./ไร่)	ปริมาณ		
	ผลผลิต (กรัม/แปลง)	ไนเตรต (มก./กก.)	ไนโตรเจน (มก./กก.)
วิธีการควบคุม = 0	1,700 ab ^{1/}	1,542.94 c ^{1/}	4.15 a
วิธีการที่ 2 = 10	1,975 a	3,208.70 b	4.43 a
วิธีการที่ 3 = 20	2,000 a	3,222.59 b	4.63 a
วิธีการที่ 4 = 30	1,475 b	3,900.68 a	4.75 a

^{1/} = ตัวอักษรที่ตามหลังตัวเลขที่ไม่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัย
สำคัญ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น
95%

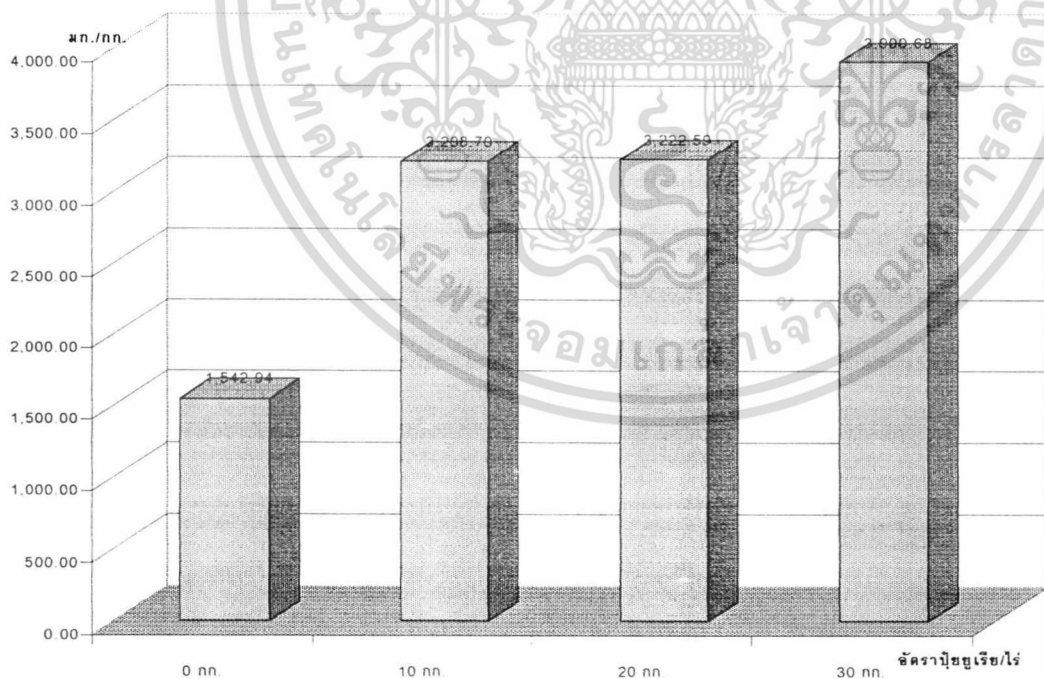


ภาพที่ 1 กราฟแสดงปริมาณผลผลิตของผักบุ้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 กราฟแสดงปริมาณไนโตรเจนในผักบุงจีนที่ได้รับอัตราปุ๋ยยูเรียต่างกัน



ภาพที่ 3 กราฟแสดงปริมาณไนโตรเจนในผักบุงจีนที่ได้รับอัตราปุ๋ยยูเรียต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลองและเสนอแนะ

ผลของอัตราปุ๋ยยูเรียต่อปริมาณผลผลิต

ผลของอัตราปุ๋ยยูเรียต่อปริมาณผลผลิตของผักบุงจีน แสดงให้เห็นว่าผักบุงจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียของวิธีการที่ใส่ปุ๋ย 20 กก./ไร่, 10 กก./ไร่ และ 0 กก./ไร่ ให้ปริมาณผลผลิตของผักบุงจีนไม่แตกต่างกัน คือ มีน้ำหนักสดเท่ากับ 2000, 1975 และ 1700 กรัม/แปลง แต่แตกต่างกันกับวิธีการที่ใส่ปุ๋ย 30 กก./ไร่ มีน้ำหนักสดน้อยที่สุด เท่ากับ 1475 กก./แปลง ซึ่งอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมที่สุดในการปลูกผักบุงจีนคือ การใส่ปุ๋ย 20 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณผลผลิตต่อแปลงสูงที่สุด และอัตราปุ๋ย 30 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณผลผลิตผักบุงจีนต่ำที่สุด

ผลของอัตราปุ๋ยยูเรียต่อปริมาณไนเตรตและปริมาณไนโตรเจน

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณไนเตรตและปริมาณไนโตรเจนในผักบุงจีนมีปริมาณไนเตรตและไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราที่เพิ่มขึ้นของปุ๋ยยูเรียที่ได้รับ และปริมาณไนเตรตมีปริมาณสูงกว่าปริมาณไนโตรเจนมาก โดยปริมาณไนเตรตของผักบุงจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย 30 กก./ไร่ จะมีปริมาณไนเตรตสูงที่สุด คือ 3,900.68 มก./กก. และผักบุงจีนที่มีปริมาณไนเตรตน้อยที่สุด คือ อัตราปุ๋ย 0 กก./ไร่ มีปริมาณไนเตรต เท่ากับ 1542.94 มก./กก. สำหรับปริมาณไนโตรเจนในผักบุงจีน พบว่า อัตราปุ๋ยยูเรียที่ 30 กก./ไร่ ทำให้ผักบุงจีนมีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 4.75 มก./กก. แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับวิธีการอื่นๆ ทุกวิธีการ อย่างไรก็ตามอัตราปุ๋ยยูเรียที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุด คือ ไม่ให้ปุ๋ยยูเรีย (0 กก./ไร่) มีปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 4.15 มก./กก.

จากผลการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า การปลูกผักบุงจีนโดยการใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ผักบุงจีนมีปริมาณการเพิ่มของไนเตรตและไนโตรเจนในผักบุงจีนเพิ่มขึ้นในปริมาณมาก เมื่อเทียบกับวิธีการควบคุมซึ่งไม่ได้ใส่ปุ๋ยยูเรีย เช่นเดียวกับผลผลิตของผักบุงจีนวิธีการที่ใส่ปุ๋ยยูเรียผลผลิตจะเพิ่มขึ้นตามอัตราที่เพิ่มของปุ๋ยยูเรีย แต่เมื่อใส่ปุ๋ยอัตราสูงขึ้นคือ 30 กก./ไร่ จะทำให้ปริมาณผลผลิตของผักบุงจีนลดลงต่ำกว่าวิธีการที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียเลย ดังนั้นการปลูกผักบุงจีนสภาพแปลงปลูกของการทดลองนี้วิธีการที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีการที่ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 20 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณผลผลิตผักบุงจีนสูงที่สุด และมีปริมาณไนเตรตและไนโตรเจน ต่ำกว่าวิธีการที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย 40 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างกับวิธีการที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย 20 กก./ไร่และ วิธีการควบคุม (0 กก./ไร่)

อย่างไรก็ตามการที่ไนเตรตอาจถูกเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อร่างกายได้ กระทรวงสาธารณสุขจึงได้มีการประกาศการกำหนดปริมาณไนเตรตในอาหารว่าไม่ควรสูงกว่า 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนไนโตรเจนนั้น เนื่องจากตัวมันเองเป็นพิษต่อร่างกายโดยตรงระดับปริมาณใน

อาหารจึงถูกกำหนดให้ไม่เกิน 125 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค, 2535) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณไนเตรตที่พบในผักบุงจีน มีปริมาณเกินอัตราที่กำหนดทุกวิธีการรวมทั้งวิธีการที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยยูเรีย และปริมาณไนเตรตที่เป็นพิษโดยตรงต่อร่างกายจะมีระดับปริมาณที่ต่ำกว่าอัตราที่กำหนดไว้ทุกวิธีการ

ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองพบว่า หากพิจารณาเฉพาะความปลอดภัยจากความเสี่ยงต่อการเป็นพิษจากไนเตรต/ไนไตรต์ ควรบริโภคผักกาดเขียววางตุ้งที่ไม่ใส่ปุ๋ยยูเรียหรือมีการรองพื้นด้วยปุ๋ยคอกเพียงอย่างเดียวเพราะมีปริมาณไนเตรต/ไนไตรต์ต่ำกว่าผักกาดเขียววางตุ้งที่ได้ปุ๋ยยูเรียระดับอื่นๆ และถ้าหากพิจารณาถึงปริมาณผลผลิตจะพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทุกวิธีการและการให้ปุ๋ยอัตราสูงผลผลิตจะลดลงด้วย และจากการศึกษาของประภาพร (2541) รายงานว่า การต้มจะมีการสูญเสียปริมาณไนเตรตมากที่สุด เมื่อเทียบกับการผัดและการนึ่ง ซึ่งปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่สูญเสียไปจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการหุงต้มและจะไปอยู่ในน้ำที่ใช้หุงต้ม ผักคะน้ามีการลดลงของปริมาณไนเตรตมากที่สุดซึ่งมีค่าเฉลี่ย 47.9% ไม่พบแนวโน้มการเกิดไนไตรต์ในการหุงต้มทั้งสามวิธี ดังนั้นจากการศึกษานี้จึงกล่าวได้ว่าการต้มผักก่อนที่จะบริโภคเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะลดปริมาณไนเตรตและช่วยให้ผู้บริโภคได้รับพิษจากไนเตรตและไนไตรต์ลดลง นอกจากนี้ เกสร และดวงพร (2537) แนะนำว่าควรระวังเรื่องการใช้น้ำต้มผักเป็นอาหารเสริม สำหรับทารกวัยต่ำกว่า 3 เดือน ซึ่งยังไม่มีเอนไซม์ NADH-methemoglobin reductase ที่จะเปลี่ยน Methemoglobin-Fe⁺³ เป็น Hemoglobin-Fe⁺² และในทารกคลอดใหม่มี Hb-F อยู่ถึง 60-80% Hb ชนิดนี้จะถูกออกซิไดส์ด้วยไนเตรตเป็น Methemoglobin ได้ง่ายกว่า Hb-A จึงอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบอัตราปุ๋ยยูเรียที่มีผลต่อผลผลิต ปริมาณไนเตรต และไนโตรเจนของผักบุงจีน ทำการทดลองที่แปลงทดลองภาควิชาที่สวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร ระหว่างวันที่ 20 มกราคม พ.ศ. 2544 ถึงวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2544 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 4 วิธีการ วิธีการละ 4 ซ้ำ ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณผลผลิตของผักบุงจีนวิธีการที่ 3 (20 กก./ไร่) ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อแปลงสูงที่สุด คือ 2000 กรัม รองลงมาคือ วิธีการที่ 2 (10 กก./ไร่), วิธีการควบคุม (0 กก./ไร่) และ วิธีการที่ 4 (30 กก./ไร่) มีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อแปลง เท่ากับ 1975, 1700 และ 1475 กรัม/แปลง ตามลำดับ
2. ปริมาณไนเตรตที่ตรวจพบในผักบุงจีนวิธีการที่ 4 (30 กก./ไร่) สูงที่สุดคือ 3,900.68 มก./กก. รองลงมาคือ วิธีการที่ 3 (20 กก./ไร่), วิธีการที่ 2 (10 กก./ไร่) และวิธีการควบคุม (0 กก./ไร่) มีปริมาณไนเตรต เท่ากับ 3,222.59, 3,208.70 และ 1,542.94 มก./กก ตามลำดับ ซึ่งเกินมาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขให้มีปริมาณไนเตรตไม่ควรเกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม
3. ปริมาณไนโตรเจนที่ตรวจพบในผักบุงจีนวิธีการที่ 4 (30 กก./ไร่) สูงที่สุดคือ 4.75 มก./กก. รองลงมาคือ วิธีการที่ 3 (20 กก./ไร่), วิธีการที่ 2 (10 กก./ไร่) และวิธีการควบคุม (0 กก./ไร่) มีปริมาณไนเตรต เท่ากับ 4.63, 4.43 และ 4.15 มก./กก ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขให้มีปริมาณไนเตรตไม่ควรเกิน 125 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

เอกสารอ้างอิง

- เกษตรกรรม. 2534. **คู่มือเกษตรการปลูกผักและผลไม้**. รุ่งวัฒนาการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 312 น.
- เกษร นันทจิต และดวงพร วินิจกุล. 2537. **การตรวจหาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักสดที่พบในจังหวัดเชียงใหม่**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กองบรรณาธิการ สำนวนเกษตรกรรม. 2534. **รวมเรื่องผัก**. มิตรสยาม, กรุงเทพฯ. 143 น.
- กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2535. **ความต้องการใส่ปุ๋ยเคมีในการเกษตรของไทย พ.ศ.2535 – 2540**. เอกสารเศรษฐกิจทางการเกษตรเล่มที่ 48. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์.
- ขวัญจิตร์ ลันตีประชา และสายัณห์ สดุดี. 2526. **หลักการผลิตผัก**. ภาควิชาพืชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 194 น.
- เฉลิมเกียรติ โกศาวัฒนา และภัสรา ชาวประดิษฐ์. 2539. **ผักบุ้งจีน**. กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร : สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2529. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 152 น.
- ถวิล ครุฑกุล. 2540. **เกษตรยั่งยืนการใช้ดิน-ปุ๋ย**. สหมิตรออฟเซ็ท, นนทบุรี. 12 น.
- ประภาพร สวราชย์. 2541. **ผลของการหุงต้มต่อระดับไนเตรตและไนไตรต์ในผัก**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (โภชนศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล.
- เมืองทอง, สุริรัตน์ ทวนทวี. 2532. **สวนผัก (ผักบ้านเรา)**. ท้าวฮั่วซิ่น, กรุงเทพฯ. 456 น.
- ยงยุทธ โอสถสภา. 2524. **ไนเตรตในพืชกับสุขภาพของผู้บริโภค**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : เอกสารวิชาการฉบับที่ 9 . 13 น.
- ลักขณา อมรสิน. 2534. **อนุมูลพิษ ใน พืชวิทยาวิเคราะห์**. ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์. 37 –39 น.
- วิเชียร ฝอยพิกุล. 2536. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสุรินทร์, สุรินทร์. 230 น.
- สมศักดิ์ วัจโน. 2528. **จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 193 น.
- สุดใจ เกตุเดชา. 2539. **คู่มือการเรียนการสอนวิชาดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. คณะวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรกรรมเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์. 156 น.
- สมภาพ ฐิตะวสันต์. 2534. **หลักการผลิตผัก**. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 217 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สมศิริ แสงโชติ. 2532. โรคของพืชเศรษฐกิจ. ชื่องนนทรี, กรุงเทพฯ. 74 น.
- สรสิทธิ์ วัชโรทยาน และคณะ. 2535. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 730 น.
- สุรชัย มัจฉาชีพ. 2534. พืชเศรษฐกิจประเทศไทย. แพรววิทยา, กรุงเทพฯ. 275 น.
- สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค. 2535. หนังสือรวบรวมบทความเผยแพร่ความรู้เรื่องการคุ้มครองผู้บริโภค. สำนักพิมพ์สามเจริญพาณิชย์, กรุงเทพฯ. หน้า 46-48.
- ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2539. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 78 -110 น.
- อุดม โกสัยสุก. 2534. การปลูกผักกินใบ. อักษรบัณฑิต, กรุงเทพฯ. 32 น.
- Berger, J. 1962. Maize Production and the Manuring of Maize. Conzett and Huber, Zurich. 315 pp.
- Geus, J.G. 1973. Fertilizer Guide for the tropicals and Subtropicals. Centred' Etude L' Azote, Zurich. 774 pp.
- Hageman .1984. Nitrogen in Crop Production. Published by American Society of Agronomy. Crop science Society of America. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin USA . 804 p.
- King B.J, Siddigi M.Y, Ruth T.J, Warner R.H, and Glass A D M. 1993. Feedback Regulation of Nitrate influx in Barley roots by Nitrate, Nitrate and Ammonium Plant Physiol 102 : 1277-1286.
- Lim J.T, Wilkerson GG, 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.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงผลผลิต (น้ำหนักต้นสด) ของผักบุ้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

อัตราปุ๋ยยูเรีย (ก.ก./ไร่)	ซ้ำที่				รวม	เฉลี่ย
	1	2	3	4		
0	1,700	1,700	1,900	1,500	6,800	1,700 ab ^{1/}
10	2,000	1,900	2,200	1,800	7,900	1,975 a
20	2,100	2,200	2,200	1,500	8,000	2,000 a
30	1,400	1,400	1,700	1,400	5,900	1,475 b

^{1/} = ตัวอักษรที่ตามหลังตัวเลขที่ไม่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณผลผลิตของผักบุ้งจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	3	742500	247500	5.165*	3.49	5.95
Ex.Error	12	575000	47916.67			
Total	15	1317500				

GRAN MEAN = 1787.50

CV = 12.25%

* = significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงปริมาณไนเตรตที่ตรวจพบในผักบึงจันทน์ที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

อัตราปุ๋ยยูเรีย (ก.ก./ไร่)	ซ้ำที่				รวม	เฉลี่ย
	1	2	3	4		
0	1,652.92	1,815.74	1,490.14	1,212.97	6,171.76	1,542.94 c ^{1/}
10	3,813.00	2,647.00	3,053.00	3,321.80	12,834.80	3,208.70 b
20	3,447.93	3,098.73	3,021.90	3,321.80	12,890.36	3,222.59 b
30	3,779.73	3,952.40	3,875.10	3,995.50	15,602.72	3,900.68 a

^{1/} = ตัวอักษรที่ตามหลังตัวเลขที่ไม่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไนเตรตในผักบึงจันทน์ที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	3	12093744	4031248	45.676**	3.49	5.95
Ex.Error	12	1059091	88257.54			
Total	15	13152834				

GRAN MEAN = 4504.375

CV = 3.426%

** = highly significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงปริมาณไนโตรดที่ตรวจพบในผักบุงจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

อัตราปุ๋ยยูเรีย (ก.ก./ไร่)	ซ้ำที่				รวม	เฉลี่ย
	1	2	3	4		
0	4.40	3.85	3.85	4.49	16.60	4.15 a ^{1/}
10	3.65	5.05	4.79	4.24	17.72	4.43 a
20	5.26	4.26	4.42	4.58	18.52	4.63 a
30	5.23	4.21	5.10	4.44	19	4.75 a

^{1/} = ตัวอักษรที่ตามหลังตัวเลขที่ไม่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ตามการเปรียบเทียบแบบ Duncan's Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไนโตรดในผักบุงจีนที่ได้รับปุ๋ยยูเรียอัตราต่างกัน

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	3	0.820925	0.273642	1.157 ^{ns}	3.49	5.95
Ex.Error	12	2.83745	0.236454			
Total	15	3.658375				

GRAN MEAN = 4.488

CV = 10.833%

ns = non-significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้