



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน

พืชสวน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

Effect of Nitrogen, Potassium and Calcium on Growth and Nutritional Values of Chinese Kale Grown in Hydroponics

นามผู้วิจัย นางสาวพรณี เอี่ยมละออ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลพ ภาณุदानนท์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์พุทธพร ส่องศรี, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์กฤษณา กฤษณพุกต์, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าที่
ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

Effect of Nitrogen, Potassium and Calcium on Growth and Nutritional Values of Chinese Kale Grown in
Hydroponics

โดย

นางสาวรพรรณี เอี่ยมละออ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2552

วพรณิ เอี่ยมละออ 2552: ผลของไนโตรเจน โปแทสเซียม และแคลเซียมต่อการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการของต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, Ph.D. 116 หน้า

การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นไนโตรเจน โปแทสเซียม และแคลเซียม ต่อการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการของต้นคะน้า โดยปลูกต้นคะน้าในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แบบน้ำลึกหมุนเวียน แบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ขนาด 1.2 x 2.4 m (200 ต้น/โต๊ะ) แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง ทุกการทดลองทำใน 2 สภาพอากาศ และวางแผนการทดลองแบบ CRD ระหว่างเดือน มิถุนายน 2551 ถึง เมษายน 2552 ณ ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นไนโตรเจนที่ 150 225 และ 300 mg/l ครั้งที่ 1 ในช่วงวันที่ 2 มิ.ย.-30 มิ.ย. 51 และมีการพรางแสง และครั้งที่ 2 ช่วงวันที่ 10 ต.ค.-7 พ.ย. 51 ไม่มีการพรางแสง พบว่า ไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้น 300 mg/l ให้การเจริญเติบโต ปริมาณไฟเบอร์ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์มากที่สุด การเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจน ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและใบเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณแคลเซียมในต้นและใบของคะน้า และการเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนเฉพาะในสภาพที่มีการพรางแสงทำให้ปริมาณวิตามินซีในคะน้าลดลง และมีปริมาณไนเตรทในต้นคะน้าเพิ่มขึ้น การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของโปแทสเซียมที่ 150 250 และ 350 mg/l ให้ระดับความเข้มข้นไนโตรเจนคงที่เท่ากับ 180 mg/l ครั้งที่ 1 ช่วงวันที่ 7 ก.ค.-4 ส.ค. 51 และครั้งที่ 2 ในช่วงวันที่ 3 ก.พ.-5 มี.ค. 52 พบว่า ในสภาพอากาศร้อน (อุณหภูมิสูงสุด 34-44 °C) ต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อให้โปแทสเซียมที่ในสารละลายที่ความเข้มข้น 250 mg/l และในสภาพอากาศร้อนจัด (อุณหภูมิสูงสุด 38-47 °C) ที่ความเข้มข้น 150 mg/l ให้ผลดีที่สุด และการเพิ่มระดับความเข้มข้นโปแทสเซียมไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี ไฟเบอร์ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แคโรทีนอยด์ ปริมาณฟอสฟอรัสและแคลเซียมในต้นและใบของคะน้า การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของแคลเซียมใช้ความเข้มข้นที่ 120 140 และ 160 mg/l ครั้งที่ 1 ในช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51 ให้ความเข้มข้นไนโตรเจน และโปแทสเซียมคงที่เท่ากับ 150 และ 250 mg/l ตามลำดับ และครั้งที่ 2 ในช่วงวันที่ 12 มี.ค.-9 เม.ย. 52 ให้ความเข้มข้นไนโตรเจน และโปแทสเซียมคงที่เท่ากับ 150 และ 150 mg/l ตามลำดับ พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ปริมาณวิตามินซี ไฟเบอร์ และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและใบของคะน้า แต่ทำให้ปริมาณแคลเซียมสะสมในต้นและใบเพิ่มขึ้น และแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้น 140 mg/l ทำให้ใบคะน้ามีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์มากที่สุด

Worapannee Eamla-or 2009: Effect of Nitrogen, Potassium and Calcium on Growth and Nutritional Values of Chinese Kale Grown in Hydroponics. Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Assistant Professor Thammasak Thongket, Ph.D. 116 pages.

Three experiments in Completely Randomized Design were conducted at the Department of Horticulture, Kasetsart University, Nakhon Pathom to investigate the effects of N, K and Ca concentrations in the nutrient solution on growth and nutritional values of Chinese kale during June 2008 and April 2009. Chinese kale were grown hydroponically in Dynamic Root Floating Technique (DRFT) tables of 2.4 x 1.2 m (200 plants/table). Each experiment was conducted two times in two different weather conditions and consisted of 3 treatments with 3 replications (DRFT tables). In the experiment 1, plants were grown in the modified Enshi's nutrient solutions with different N concentrations of 150, 225 and 300 mg/l during 2 Jun.–30 Jun. 08 (Exp. 1.1) and during 10 Oct.–7 Nov. 08 (Exp. 1.2). The results showed that N concentration of 300 mg/l gave the highest growth, fiber, chlorophyll a and b and carotenoid contents. Increasing N concentrations in nutrient solution increased phosphorus content in the stem and leaves but had no significant effect on calcium content in the stem and leaves. Increasing N concentrations in nutrient solution decreased vitamin C and increased nitrate contents in the stem only when plants were subjected to shading on Exp. 1.1. In experiment 2, plants were grown in the nutrient solutions with constant N concentration 180 mg/l and different K concentrations of 150, 250 and 350 mg /l during 7 Jul.–4 Aug. 08 (Exp. 2.1) and during 3 Feb.–5 Mar. 09 (Exp. 2.2). K concentration of 250 mg/l gave the highest growth under warm weather condition (high temperature 34-44°C) and K concentration of 150 mg/l gave the highest growth under hot weather condition (high temperature 38-47 °C). Increasing K concentrations had no significant effect on vitamin C, fiber, chlorophyll a and b, carotenoid, phosphorus, calcium and nitrate contents. In the experiment 3, plants were grown in different Ca concentrations of 120 140 and 160 mg/l. In Exp. 3.1, they were grown during 3 Sep.–1 Oct. 08 in the nutrient solutions with constant N and K concentrations at 150 and 250 mg/l, respectively and In Exp. 3.2, plants were grown during 12 Mar.–9 Apr. 09 in the nutrient solutions with constant N and K concentrations at 150 and 150 mg/l, respectively. Increasing Ca concentrations had no significant effect on growth, vitamin C, fiber, and phosphorus contents in the stem and leaves but increased calcium content in the stem and leaves. Ca concentration of 140 mg/l gave the highest chlorophyll a and b and carotenoid.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลัก ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย และ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วย ศาสตราจารย์ ดร. ลพ ภาณุตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ ดร.พุทธพร ส่องศรี อาจารย์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวเอี่ยมละออ ที่เป็นกำลังใจที่ดีที่สุดเสมอมา พร้อมทั้ง คอยผลักดันให้ข้าพเจ้าศึกษาจนถึงวันนี้ และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ตลอดจนคำ ชี้แนะต่างๆ แก่ข้าพเจ้า

วรพรรณิ เอี่ยมละออ

ตุลาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลการทดลอง	23
วิจารณ์	96
สรุป	103
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	105
ภาคผนวก	114

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ของคะน้า	4
2	ปริมาณธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi	13
3	น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)	29
4	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมในใบและต้น ฟอสฟอรัสในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)	32
5	คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)	35
6	ไนเตรทในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)	35
7	น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)	41
8	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมในใบและต้น ฟอสฟอรัสในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)	44

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)	47
10	ไนเตรทไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)	47
11	น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)	53
12	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมไนโบและต้น ฟอสฟอรัสไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ที่มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)	56
13	คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)	59
14	ไนเตรทไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.-5 มี.ค. 52)	65
16	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมในใบและต้น ฟอสฟอรัสในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.-5 มี.ค. 52)	68
17	คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.-5 มี.ค. 52)	71
18	ไนเตรทในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัม) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.-5 มี.ค. 52)	71
19	น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)	77
20	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมในใบและต้น ฟอสฟอรัสในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)	83
22	ไนเตรทไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)	83
23	น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.-9 เม.ย. 52)	89
24	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมไนโบและต้น ฟอสฟอรัสไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.-9 เม.ย. 52)	92
25	คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.-9 เม.ย. 52)	95
26	ไนเตรทไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.-9 เม.ย. 52)	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ปริมาณปุ๋ยแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองผลของธาตุอาหารไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า	115
2	ปริมาณปุ๋ยแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองผลของธาตุอาหารโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า	115
3	ปริมาณปุ๋ยแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองผลของธาตุอาหารแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า	116

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ร่างปลูกระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT)	18
2	โต๊ะปลูกระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT)	18
3	เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ (Data logger) รุ่น HOBO Pro Series	22
4	เครื่องมือ RQ-Flex Reflectometer ยี่ห้อ Merck	22
5	อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโต๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)	25
6	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโต๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)	25
7	ความเข้มแสง (Lux) ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)	26
8	อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโต๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)	37
9	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวัน ภายในโต๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)	37
10	ความเข้มแสง (Lux) ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)	38
11	อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโต๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโถ๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)	49
13	ความเข้มแสง (Lux) ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)	50
14	อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโถ๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.–5 มี.ค. 52)	61
15	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวัน ภายในโถ๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.–5 มี.ค. 52)	61
16	ความเข้มแสง (Lux) ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.–5 มี.ค. 52)	62
17	อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโถ๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.–1 ต.ค. 51)	73
18	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโถ๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.–1 ต.ค. 51)	73
19	ความเข้มแสง (Lux) ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.–1 ต.ค. 51)	74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโตะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.2 ช่วง (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.–9 เม.ย. 52)	85
21	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโตะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.–9 เม.ย. 52)	85
22	ความเข้มแสง (Lux) เฉลี่ย ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.–9 เม.ย. 52)	86

ผลของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการ ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

Effect of Nitrogen, Potassium and Calcium on Growth and Nutritional Values of Chinese Kale Grown in Hydroponics

คำนำ

ในปัจจุบันการขาดสารอาหารยังคงเกิดขึ้นในประเทศที่พัฒนาแล้ว และกำลังพัฒนา ซึ่งมีสาเหตุมาจากพฤติกรรมการบริโภคที่เปลี่ยนมาบริโภคอาหารสำเร็จรูปที่มีส่วนประกอบของแป้ง และโปรตีนเป็นส่วนมาก ทำให้บริโภคผักและผลไม้มีน้อยกว่าปริมาณที่ต้องการในแต่ละวัน Nandi and Bhattacharjee (2005) รายงานว่า การบริโภคผักและผลไม้ของคนไทยต่ำกว่าเกณฑ์ของ FAO ที่กำหนดไว้ที่ 400 กรัมต่อคนต่อวัน และยังพบปัญหาการขาดวิตามินเอ และธาตุเหล็กด้วย (Nath *et al.*, 1999) คะน้าจัดว่าเป็นผักที่นิยมบริโภคชนิดหนึ่งในเมืองไทย และในหลายประเทศในทวีปเอเชีย เช่น ประเทศจีน ไต้หวันฮ่องกง และมาเลเซีย โดยนิยมบริโภคส่วนลำต้นและใบ ในคะน้าน้ำหนัก 100 กรัมมีคาร์โบไฮเดรต 6.8 กรัม โปรตีน 2.85 กรัม ฟอสฟอรัส 58 มิลลิกรัม วิตามินอี 24 มิลลิกรัม และเบต้าแคโรทีน 186.92 เรตินัล โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมและวิตามินซีที่มีปริมาณมากถึง 237.5 มิลลิกรัม และ 93 มิลลิกรัม และมีแคลเซียมชนิดที่ดูดง่ายในนมวัว นอกจากนี้คะน้ายังถูกจัดอยู่ในกลุ่มผักใบเขียวที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (พงษ์ศักดิ์, 2547) ด้วยเหตุนี้แนวทางในการผลิตผักในอนาคตจึงมีการเปลี่ยนจากการผลิตที่เน้นปริมาณและคุณภาพภายนอกมาเป็นการผลิตที่เน้นถึงความปลอดภัยและคุณภาพภายในด้วย (Schnitzler and Gruda, 2003) โดยมีรายงานว่า การเพิ่มโพแทสเซียมในการปลูกผักสลัด ทำให้ปริมาณวิตามินซี แคลโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น (เอกพงศ์, 2547) และการลดปริมาณไนโตรเจนก่อนเก็บเกี่ยวช่วยส่งเสริมการสะสมปริมาณวิตามินซีในผักสลัด (Mozafar, 1996) แต่การได้รับไนโตรเจนน้อยเกินไปก็ทำให้ผักมีปริมาณวิตามินซีต่ำได้เช่นกัน การให้ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมจะทำให้ผักมีคุณค่าทางอาหารสูงตามศักยภาพของผักชนิดแต่ละชนิด ปัจจุบันมีการนำเทคนิคการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร หรือการปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์มาใช้ในการปลูกผัก ซึ่งเป็นระบบการผลิตผักที่มีความปลอดภัยจากสารพิษตกค้างสูง และเป็นระบบที่สามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารให้กับพืชได้ตามที่ต้องการจึงเป็นระบบที่สามารถควบคุมและพัฒนาคุณภาพภายในของผักได้ การปลูกผักโดยไม่ใช้ดินจึงน่าจะเป็นเป็นวิธีที่สะดวกในการผลิตผักให้มีความปลอดภัย และมีคุณค่าทางโภชนาการตามศักยภาพแต่ละชนิดและพันธุ์

ของผักนั้น แต่ปัจจุบันยังไม่มีรายงานถึงอิทธิพลหรือผลกระทบของธาตุอาหารต่อคุณค่าทางโภชนาการของผักต่างๆ รวมทั้งคะน้าที่เป็นผักชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ดังนั้นหากสามารถศึกษาถึงอิทธิพลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าจะช่วยให้สามารถผลิตผักคะน้าด้วยระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและปลอดภัยต่อการบริโภคในคราวเดียวกัน

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอิทธิพลของไนโตรเจน โปแทสเซียม และแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและ
คุณค่าทางโภชนาการของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

การตรวจเอกสาร

คะน้า มีชื่อสามัญว่า Chinese kale มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* L. var *alboglabra* คะน้าถูกจัดอยู่ในกลุ่มผักใบเขียวที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด จากการศึกษาในประชากรจำนวนมากพบว่า การรับประทานอาหารที่มีผักใบเขียว เช่น คะน้าเป็นประจำจะลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะเร็งลำไส้ใหญ่ ปาก กระเพาะอาหาร ปอด และเต้านม นอกจากนี้คะน้ายังมีแคลเซียมชนิดที่ถูกดูดซึมในร่างกายได้ดีอยู่มากต่างจากแคลเซียมในปวยเล้งและนมวัวที่เป็นสารประกอบออกซาเลต ซึ่งยากต่อการดูดซึมเข้าร่างกาย (พงษ์ศักดิ์, 2547)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ของคะน้า

สารอาหาร	ปริมาณ
ไขมัน (กรัม)	0.45
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	6.8
ไฟเบอร์ (กรัม)	1.2
โปรตีน (กรัม)	2.85
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	237.5
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	58
เหล็ก (มิลลิกรัม)	2.0
วิตามินบี1 (มิลลิกรัม)	0.10
วิตามินบี2 (มิลลิกรัม)	0.13
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	93
วิตามินอี (มิลลิกรัม)	24
เบต้าแคโรทีน (RE)*	186.92

RE คือ Retinal Equivalent

ที่มา: ยูวดีและคณะ (2541); ระพีพรรณ (2544)

คุณค่าทางโภชนาการของผัก

ผักมีสารอาหารมากมาย โดยเฉพาะเกลือแร่และวิตามินต่างๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยควบคุมการทำงานของร่างกายให้เป็นไปตามปกติ สารอาหารแต่ละชนิดมีหน้าที่ต่อร่างกายแตกต่างกันไป ดังนี้

1. ไฟเบอร์ (fiber)

ไฟเบอร์ประกอบด้วยสารประกอบที่มีโครงสร้างโพลีแซคคาไรด์ (structural polysaccharide) เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกทิน และมิวซีเลจส์ (mucilages) และสารประกอบที่ไม่มีโครงสร้างเป็นโพลีแซคคาไรด์ เช่น ลิกนิน ไฟเบอร์ที่พบในเปลือกไม้ พืช ผักและผลไม้ ส่วนใหญ่เป็นพวกไฟเบอร์ที่ไม่ละลายน้ำแบ่งออกเป็น 3 ชนิดดังนี้

1.1 เซลลูโลส เป็นส่วนของผนังเซลล์ของพืช แต่ละโมเลกุลจะประกอบด้วยกลูโคสมากกว่า 3,000 หน่วย เกาะกันอยู่ สามารถดูดซับน้ำได้ และเนื่องจากพันธะของแต่ละโมเลกุลของเซลลูโลสแตกต่างจากแป้ง ทำให้น้ำย่อยอะไมเลส (amylase) ไม่สามารถย่อยได้ ดังนั้นเมื่อร่างกายรับเซลลูโลสแล้ว เซลลูโลสจะจับน้ำไว้ทำให้พองตัว เป็นกากอาหารมีลักษณะนิ่มช่วยในการขับถ่าย โยอาหารชนิดนี้มีในพืชทุกชนิด แต่มีมากในผัก (สิริพันธ์, 2542)

1.2 เฮมิเซลลูโลส ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลเชิงเดี่ยว (monosaccharide) ชนิดต่างๆ ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปเป็นจำนวน 100 โมเลกุลที่มีคุณสมบัติในการละลายเหมือนกันคือ ละลายได้ในสารละลายด่าง และมักเกิดรวมอยู่กับเซลลูโลส ช่วยป้องกันท้องผูกได้เช่นกัน (ยูวดี และคณะ, 2541)

1.3 ลิกนิน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแอลกอฮอล์ที่พืชผลิตเมื่อแก่ขึ้น ทำให้ส่วนต่างๆ ของพืชมีโครงสร้างที่แข็งแรง พบมากในข้าว เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ถั่วดอก และกะหล่ำปลี ซึ่งเป็นพืชตระกูลเดียวกับคะน้า (ยูวดี และคณะ, 2541)

ไฟเบอร์มีความสำคัญต่อระบบทางเดินอาหารอย่างมาก เพราะไฟเบอร์จะทำให้การเคลื่อนตัวของๆ เสียในลำไส้ใหญ่เป็นไปอย่างสะดวก คล่องตัว สามารถขับกากอาหารออกมาได้ง่าย ดังนั้นคนจึงต้องการไฟเบอร์เพื่อทำให้ระบบทางเดินอาหารทำงานได้เป็นปกติ (ยูวดี และคณะ, 2541)

2. วิตามินซี (vitamin C)

วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ในร่างกายคนจัดเป็นสาร reducing agent หรือ antioxidant ชนิดหนึ่ง สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยา oxidation จากอนุมูลอิสระ (free-radicle) ได้ รวมทั้งยังมีความสามารถในการสังเคราะห์วิตามินอีขึ้นมาใหม่ (ประณีต, 2539) วิตามินซียังช่วยป้องกันรักษาโรคคลักปิดลักเปิด (scurvy) ซึ่งเป็นโรคที่รู้จักกันมานานตั้งแต่สมัยโบราณ พืชและสัตว์สามารถสังเคราะห์วิตามินซีได้จากซูโครสและโมโนแซ็กคาไรด์อื่นๆ โดยใช้ ดี-กลูโคส เป็นสารตั้งต้นปฏิกิริยา ยกเว้นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง เช่น คน ลิง นก และปลา (สิริพันธ์, 2542)

3. แคลเซียม (Ca)

แคลเซียมเป็นธาตุที่พบมากในร่างกาย ประมาณร้อยละ 99 อยู่ที่กระดูกและฟันในรูปของแคลเซียมไตรฟอสเฟต จึงจัดได้ว่าเป็นธาตุที่มีความสำคัญอย่างมาก คนจะได้รับแคลเซียมจาก นม เนื้อสัตว์ แต่ในเนื้อสัตว์จะมีปริมาณแคลเซียมน้อย ยกเว้นสัตว์ที่รับประทานทั้งกระดูก หรือเปลือก เช่น กุ้ง (ควัน, 2522) และพืชผัก เช่น ผักใบเขียว และเมล็ดพืช ซึ่งจัดว่าเป็นแหล่งของแคลเซียมที่ดี เพราะแคลเซียมในพืชจะมีปริมาณออกซาเลตต่ำ ทำให้ถูกดูดซึมดีกว่าแคลเซียมที่ได้จากนมวัวที่มีออกซาเลตสูง (ประณีต, 2539)

4. ฟอสฟอรัส (P)

ฟอสฟอรัสเป็นเกลือแร่ที่มีความสำคัญเป็นอันดับสองรองจากแคลเซียม และอยู่ร่วมกับแคลเซียมรวมเป็นกระดูกและฟัน ในเนื้อเยื่อก็มีฟอสฟอรัสรวมอยู่ด้วย จึงมักจะพบแคลเซียมควบคู่ไปกับฟอสฟอรัสเสมอ เพราะต้องทำงานร่วมกัน (ควัน, 2522)

รงควัตถุในพืช

รงควัตถุในพืช คือ สารสีที่ทำหน้าที่จับพลังงานแสง เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีในกระบวนการสังเคราะห์แสง ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์ เบต้าแคโรทีน และแอนโทไซยานิน เป็นต้น

1. คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) (กฤษณี, 2541)

เป็นสารที่ทำให้พืชผักต่าง ๆ มีสีเขียว ยิ่งผักที่มีสีเขียวเข้มมากก็ยิ่งมีคลอโรฟิลล์มาก เช่น ตำลึง คะน้า บล๊อคโคลี่ ชะพลู ใบบัวบก เป็นต้น Vogel *et al.* (2005) รายงานว่า คลอโรฟิลล์จากธรรมชาติมีผลในการยับยั้ง heme-induced colonic cytotoxicity ซึ่งเป็นปัจจัยในการเกิดเซลล์มะเร็งในหนู คลอโรฟิลล์ในธรรมชาติมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ อะซีโตน และอีเทอร์ เป็นต้น ทำหน้าที่ดูดกลืนแสง โดยคลอโรฟิลล์ที่สำคัญมี 2 ชนิดคือ คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี

1.1 คลอโรฟิลล์เอ เป็นสารสีเขียวแกมเหลือง พบในพืชเกือบทุกชนิดที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ และมีปริมาณมากกว่าชนิดอื่นๆ มีสูตรโมเลกุล $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$ สามารถดูดกลืนคลื่นแสงที่ 680 และ 700 นาโนเมตร (P_{680} และ P_{700}) ได้ดี

1.2 คลอโรฟิลล์บี เป็นสารที่มีสีเขียวแกมเหลือง พบในพืชเกือบทุกชนิด สาหร่ายสีเขียว และยูกลีนา มีสูตรโมเลกุล $C_{55}H_{70}N_4O_6Mg$ ในใบพืชมีปริมาณคลอโรฟิลล์บี ประมาณ 1 ใน 3 ของคลอโรฟิลล์เอ และสามารถดูดกลืนแสงได้ดีในหลายช่วงความยาวคลื่น คือ 480 640 และ 650 นาโนเมตร

2. เบต้าแคโรทีน

เป็นรงควัตถุสีเหลือง ส้ม พบมากในพืชใบเขียวเข้ม ผักและผลไม้สีเหลือง เช่น มะม่วงสุก มะละกอ แครอท สารแคโรทีนจัดเป็นโปรวิตามินเอ ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ ได้ในร่างกาย ส่วนพืชผักสีเขียวที่มีโปรวิตามินเอสูง ได้แก่ บล๊อคโคลี่ ผักบุ้ง คะน้า ผักโขม (ลิริพันธ์, 2542) นอกจากนี้เบต้าแคโรทีนยังจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญชนิดหนึ่ง

3. แอนโทไซยานิน (Alscher and Hess, 1993)

เป็นรงควัตถุที่มีสีแดง น้ำเงิน จนถึงสีม่วง อยู่ในแวคิวโอล (vacuole) สีของแอนโทไซยานิน ขึ้นกับความเข้มข้นของ cell sap เป็นรงควัตถุหลักที่ทำให้เกิดสีของดอกไม้ และอาจพบในส่วนอื่นๆ เช่น ใบ ผล ต้นกล้า แอนโทไซยานินมีหน้าที่สำคัญ คือ สามารถดูดซับแสงอัลตราไวโอเล็ตได้ โดยแสงอัลตราไวโอเล็ตสามารถทำให้ออกซิเจนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ active oxygen ได้ โดยการที่แอนโทไซยานินสามารถดูดซับแสงอัลตราไวโอเล็ตได้ นับเป็นการช่วยป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเปลี่ยนไปอยู่ในรูป active oxygen ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ โดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นสามารถก่อให้เกิดอันตรายในเซลล์สิ่งมีชีวิต จึงจัดว่าแอนโทไซยานินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญชนิดหนึ่ง

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ

คุณภาพของผักซึ่งรวมถึงคุณค่าทางอาหารหลังการเก็บเกี่ยวขึ้นกับ พันธุกรรมแล้วยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในระหว่างการปลูก ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ แสง และธาตุอาหาร (Beverly *et al.*, 1993; Salunkhe *et al.*, 1991)

1. แสงเป็นปัจจัยหลักในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโต และสารอาหารของผัก โดยปกติการสะสมวิตามินซีจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณแสงที่เพิ่มขึ้น (Weston and Brath, 1997) เพราะการเพิ่มแสงเป็นการส่งเสริมการสังเคราะห์แสงจึงทำให้มีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Schreiner *et al.*, 2002) และพืชจะนำน้ำตาลที่ได้จากการสังเคราะห์แสงมาสังเคราะห์วิตามินซี (Lee and Kader, 2000) ดังนั้นในสภาพที่มีความเข้มแสงต่ำส่งผลให้มีวิตามินซีในผักและผลไม้ต่ำ (Nagy and Wardowski, 1988 ; Shewfelt, 1990)

Mark *et al.* (2006) รายงานว่า การเพิ่มปริมาณแสงให้กับต้น Kale ทำให้มีการสะสม ลูทีน เบต้าแคโรทีน คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีเพิ่มขึ้น แต่บางรายงานพบว่า การเพิ่มความเข้มแสงทำให้ ต้นกล้าของบีชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นและมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง (Minotta and Zautis, 1996)

Winsor (1979) รายงานว่า มะเขือเทศที่ได้รับการพรางแสงจะมีปริมาณน้ำตาล และน้ำหนักรวม น้อยกว่ามะเขือเทศที่ไม่พรางแสง

2. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลอย่างมากต่อกระบวนการต่างๆ ของสรีรวิทยาของพืช เช่น การสังเคราะห์แสง และการหายใจ ส่งผลให้ผักที่ได้รับอุณหภูมิสูงระหว่างการเจริญเติบโตจะเก็บเกี่ยวได้เร็ว และยังมีผลต่อมวลชีวภาพของพืช (สัมฤทธิ์, 2544)

คมขวัญ (2543) รายงานว่า การปลูกคะน้าในช่วงฤดูหนาวจะให้ต้นคะน้าที่มีจำนวนใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความยาวของลำต้น ความแน่นเนื้อ และสีเข้ม ดีกว่าปลูกในช่วงฤดูร้อน

Shewfelt (1990) รายงานว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสะสม ascorbic acid คือที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส แต่มีข้อยกเว้นในบางพืช สอดคล้องกับ Islam and Kan (2000) ที่กล่าวว่า พืชที่ได้รับอุณหภูมิต่ำจะมีการสังเคราะห์วิตามินซีมากกว่าพืชที่ได้รับอุณหภูมิสูง

Sheldrick *et al.* (1981) รายงานว่า สภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงมีอิทธิพลด้านลบต่อโปรตีนในต้นผัก

รสสุคนธ์ (2547) รายงานว่า คะน้าที่ปลูกในช่วงฤดูร้อนมีไนเตรทสะสมสูงกว่าคะน้าที่ปลูกในฤดูฝนและฤดูหนาว สอดคล้องกับ สุภาพร (2547) ที่รายงานว่ ต้นคะน้าที่ปลูกในฤดูร้อนมีธาตุอาหารสะสมมากที่สุด รองลงมาคือฤดูหนาว และฤดูฝน

3. ธาตุอาหารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญโดยตรงต่อพืช เพราะพืชจำเป็นต้องนำธาตุอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโตและสังเคราะห์สารอาหารต่างๆ ซึ่งธาตุอาหารที่จัดเป็นธาตุหลักและมีอิทธิพลมากที่สุดประกอบทางเคมีในผักอย่างเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม เป็นต้น

ไนโตรเจน (N)

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชจะนำไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมนพืช กรดนิวคลีอิก และสารประกอบไนโตรเจนต่างๆ ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่จำเป็นในการเพิ่มจำนวนเซลล์ ดังนั้นการให้ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจะช่วยให้ต้นพืชมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อวิตามินหลายชนิด เนื่องจากต้องแย่งกันใช้กลูโคสที่สังเคราะห์ได้จากการสังเคราะห์แสง จึงทำให้ต้นพืชมีปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ เปลี่ยนไป (ยงยุทธ, 2546)

Sorensen (1984) และ Muller and Hippe (1987) รายงานว่า ปริมาณวิตามินซีในใบของกะหล่ำดอก ผักสลัด และปวยเล้ง มีความสัมพันธ์ในแง่ลบกับปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น

Mozafar (1996) รายงานว่า การลดปริมาณไนโตรเจนก่อนเก็บเกี่ยวจะช่วยส่งเสริมการสะสมปริมาณวิตามินซีในผักสลัด สอดคล้องกับ นันทินี (2546) ที่รายงานว่าการงดการให้สารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยว 1-2 วัน เพื่อลดความเข้มข้นของอนุมูลไนเตรท (NO_3^-) ทำให้ผักมีวิตามินซีเพิ่มขึ้น

Chewya (1984) และ Elkner and Kaniszewski (1995) รายงานว่า การให้ปริมาณไนโตรเจนสูงทำให้ปริมาณไฟเบอร์ในคะน้า และกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้น แต่บางรายงานพบว่า การเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทำให้ปริมาณไฟเบอร์ลดลง (Sorenson, 1984)

Babik *et al.* (1996) รายงานว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนจาก 100 ถึง 200 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในการปลูก Brussels sprouts ทำให้น้ำหนักแห้ง วิตามินซี total sugars เพิ่มขึ้น แต่ถ้าให้ระดับไนโตรเจนมากกว่า 200 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ จะทำให้ปริมาณน้ำตาล และวิตามินซีลดลง และทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Babik and Elkner (2002) ที่รายงานว่าการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนจาก 100–400 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ให้กับ บล๊อคโคลี พบว่าการให้ไนโตรเจนมากกว่า 200 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงเช่นกัน

โพแทสเซียม (K)

โพแทสเซียมเป็นอีกธาตุหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะโพแทสเซียมมีความสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมในพืช เช่น กิจกรรมเอนไซม์ ช่วยให้เอนไซม์เร่งปฏิกิริยาด้วยอัตราสูงสุด เช่น pyruvate kinase และ 6-phosphofructokinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้ง การควบคุมการออสโมซิส การผลิตคาร์โบไฮเดรต การรักษาสมดุลของประจุบวกและลบในเซลล์ Krauss (2000) กล่าวว่า โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับผักและผลไม้ เพราะมีหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายสารละลายต่างๆ ภายในต้น นอกจากนี้โพแทสเซียมยังมีบทบาทในการสังเคราะห์แสงและส่งเสริมการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงอีกด้วย (ขงยุทธ, 2546)

Xiao-feng *et al.* (2007) รายงานว่า การปลูกผักกาดหอมที่ให้โพแทสเซียมมากกว่า 4 มิลลิโมลต่อลิตร จะทำให้น้ำหนักแห้งลดลง และการเพิ่มระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมทำให้ปริมาณไนเตรทลดลงและปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

Muller and Hippe (1987) รายงานว่า ปุ๋ยโพแทสเซียมมีความสัมพันธ์ในแง่บวกกับการสะสมปริมาณวิตามินซีในกะหล่ำดอก และปวยเล้ง สอดคล้องกับ Balliu and Ibro (2002) รายงานว่า ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมมีความสัมพันธ์กับปริมาณวิตามินซีในมะเขือเทศ แต่บางรายงานพบว่า การเพิ่มระดับโพแทสเซียมทำให้ต้น kidney bean มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับปริมาณวิตามินซี (Zhao-Hui *et al.*, 2008)

เอกพงษ์ (2547) รายงานว่า การเพิ่มโพแทสเซียมในสารละลายในการปลูกผักสลัด ทำให้ปริมาณวิตามินซี แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นได้

Khosla (2001) รายงานว่า การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมต่อในโตรเจนอัตราส่วน 2:1 ทำให้ต้นมะเขือเทศมีน้ำหนักรากผลสูงที่สุด

Lester (2005) รายงานว่า การพ่นโพแทสเซียมไปที่ใบและผลของเคลตาปลูกทำให้ปริมาณน้ำตาลวิตามินซี และเบต้าแคโรทีน มากกว่าผลที่ไม่ได้พ่นโพแทสเซียม

แคลเซียม (Ca)

ปริมาณแคลเซียมของพืชอยู่ระหว่าง 0.1–0.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ความเข้มข้นของแคลเซียมในพืชแตกต่างกันตามสภาพการปลูกและส่วนต่างๆ ของพืช ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการแคลเซียมแตกต่างกัน ในพืชใบเลี้ยงคู่ต้องการแคลเซียมที่เหมาะสมมากกว่าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น ความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหมาะสมสำหรับหญ้าไรด์คือ 2.5 ไมโครโมลาร์ แต่ในมะเขือเทศใช้ถึง 100 ไมโครโมลาร์ (Loneragan and Snowball, 1969) และการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารมีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุนี้ในใบเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ, 2546)

Subbianh and Perumal (1990) รายงานว่า การฉีดพ่นแคลเซียมให้กับมะเขือเทศมีผลทำให้ผลมะเขือเทศมีปริมาณวิตามินซีและไลโคปีนเพิ่มขึ้น แต่ในบางรายงานพบว่า การเพิ่มแคลเซียมในมะเขือเทศทำให้ปริมาณแคโรทีนและไลโคปีนลดลง (Paiva *et al.*, 1998)

Makita (1994) รายงานว่า ปริมาณแคลเซียมมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าความแน่นเนื้อของผลกีวี

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (soilless culture)

องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) สรุปว่า ความหมายของ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture) กว้างกว่าคำว่า ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) โดยให้ระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน หมายถึง การปลูกพืชในสารละลาย และวัสดุปลูกที่เป็นสารเนื้อเยื่อ เช่น ทราย กรวด ร็อควูลล์ และสารอินทรีย์ธรรมชาติ เช่น ปุ๋ยหมัก ขี้เลื่อย ส่วนระบบ Hydroponics หมายถึง การปลูกพืชในสารละลาย และวัสดุปลูกที่เป็นสารเนื้อเยื่อ แต่ไม่รวมถึงสารอินทรีย์วัตถุ (อานันท์, 2547)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นมีการพัฒนารูปแบบและวิธีการต่างๆ ในการที่จะให้น้ำ และธาตุอาหารแก่รากพืช การเพิ่มออกซิเจนให้แก่ราก และในการยึดเกาะแก่ต้นและรากพืช ทำให้เกิดวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมากมาย ซึ่งสามารถจัดกลุ่มประเภทของการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยพิจารณาจากที่อยู่ของรากพืชแล้ว สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ

1. ประเภทการปลูกในน้ำ (Water culture)
2. ประเภทการปลูกในวัสดุปลูก (Substrate culture)
3. ประเภทการปลูกในอากาศ (Aeroponics)

ระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) (อานันท์, 2547)

ในปัจจุบันการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินประเภทปลูกในน้ำ (water culture) จัดเป็นระบบที่นิยมใช้ในการผลิตผักไฮโดรโปนิกส์เพื่อการค้า โดยเฉพาะระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ซึ่งเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้กันอย่างมากในประเทศไทย เพราะเป็นระบบที่มีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ และมีต้นทุนถูกกว่าเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ

ระบบ DRFT เป็นระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชและอากาศไหลวนผ่านรากในถาดปลูกเป็นระบบแบบ Water Culture โดยปลูกพืชให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งสร้างรากอากาศเพื่อช่วยในการหายใจ และให้รากพืชคร่อมอยู่บนสันของถาดปลูก แล้วปล่อยให้สารละลายไปตามแนวด้านข้าง โดยมีท่อที่สามารถปรับระดับน้ำสูงขึ้นหรือลดลงได้ตามความต้องการของพืช ในระบบนี้จะมีการปรับระดับน้ำให้สูงเพียงพอที่จะทำให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำได้ประมาณ 4 เซนติเมตร ซึ่งรากส่วนนี้เป็นรากที่ใช้ดูดอาหาร (Nutrient root) และรากที่เหนือกว่านี้จะเป็นที่ใช้หายใจและดูดออกซิเจนเข้าราก จึงเรียกราก

ส่วนนี้ว่า รากอากาศ (Aero root) ดังนั้นระบบ DRFT ก็คือระบบที่สามารถปรับความสูงต่ำของน้ำในกระเพาะปลูกได้ตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด

สารละลายธาตุอาหารพืช

สูตรสารละลายธาตุอาหารสำหรับไฮโดรโปนิกส์ส่วนมากมีการพัฒนามาจากสูตรของ Hogland & Arnon ในปีค.ศ. 1950 ซึ่งแต่ละสูตรจะแตกต่างกันที่สัดส่วนของธาตุ และการเติมฮอร์โมนหรือสารบางอย่างที่เพิ่มการเจริญเติบโตลงไป อย่างไรก็ตามสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชไฮโดรโปนิกส์เพื่อปลูกเป็นการค้านั้น จะต้องได้รับการทดสอบและทดลองในแปลงปลูกจริงบ่อยๆ เพื่อสามารถเลือกใช้ได้เหมาะสมกับชนิดพืชต่างๆ อายุพืช ฤดูกาลในรอบปี และปัจจัยอื่นๆ นอกจากนี้การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์เพื่อการค้าจะต้องปลูกพืชจำนวนมาก เพื่อให้มีกำไรจำเป็นจะต้องเลือกใช้สูตรอาหารที่เหมาะสม และให้มีความเข้มข้นของธาตุอาหารน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำแต่ได้ผลกำไรสูงที่สุด

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi (Maruo *et al.*, 2004)

ธาตุอาหาร	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ไนโตรเจน (N)	
- ไนเตรท (NO_3^-)	224.00
- แอมโมเนียม (NH_4^+)	18.00
ฟอสฟอรัส (P)	42.00
โพแทสเซียม (K)	312.00
แคลเซียม (Ca)	160.00
แมกนีเซียม (Mg)	48.00
ซัลเฟอร์ (S)	64.00
เหล็ก (Fe)	23.60
โบรอน (B)	0.50
แมงกานีส (Mn)	0.50
สังกะสี (Zn)	0.05
ทองแดง (Cu)	0.02
โมลิบดีนัม (Mo)	0.01

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยเทคนิค Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน ณ แปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัด นครปฐม

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองๆ ละ 2 ครั้ง แต่แต่ละการทดลองมีระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ต้องการศึกษา 3 ระดับๆ ละ 3 ซ้ำ (โตะปลูก) ใช้สารละลายสูตร Enshi ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สนใจคือ ไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมที่ระดับที่ต้องการศึกษา โดยนำสูตรสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างๆ มาเปรียบเทียบกับ และเลือกระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ต่ำที่สุด กำหนดเป็นระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดในการทดลอง และกำหนดระดับความเข้มข้นสูงสุดในการทดลองโดยไม่กระทบต่อระดับความเข้มข้นของธาตุอื่น

การทดลองที่ 1 ผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า

ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ ดังนี้

ทริทเมนต์ 1 ความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทริทเมนต์ 2 ความเข้มข้นของไนโตรเจน 225 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทริทเมนต์ 3 ความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทำการทดลอง 2 ครั้ง คือ การทดลองที่ 1.1 ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.-30 มิ.ย. 51 พรางแสงด้วยแสลน 50% ในช่วงเวลา 10.00-15.00 น. และ การทดลองที่ 1.2 ช่วงวันที่ 10 ต.ค.-7 พ.ย. 51 ไม่มีการพรางแสง

การทดลองที่ 2 ผลของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า

ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ ดังนี้

ทริทเมนต์ที่ 1 ความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทริทเมนต์ที่ 2 ความเข้มข้นของโพแทสเซียม 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทริทเมนต์ที่ 3 ความเข้มข้นของโพแทสเซียม 350 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทำการทดลอง 2 ครั้ง คือ การทดลองที่ 2.1 ช่วงวันที่ 7 ก.ค.-4 ส.ค. 51 และการทดลองที่ 2.2 ช่วงวันที่ 3 ก.พ.-5 มี.ค. 52 และพรางแสงด้วยแสลน 50% ในช่วงเวลา 10.00-15.00 น. ทั้ง 2 การทดลอง

การทดลองที่ 3 ผลของแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า

ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ ดังนี้

ทริทเมนต์ที่ 1 ความเข้มข้นของแคลเซียม 120 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทริทเมนต์ที่ 2 ความเข้มข้นของแคลเซียม 140 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทริทเมนต์ที่ 3 ความเข้มข้นของแคลเซียม 160 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทำการทดลอง 2 ครั้ง คือ การทดลองที่ 3.1 ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51 ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi โดยใช้ระดับความเข้มข้นของไนโตรเจน และโพแทสเซียม ที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลอง 1.1 และ 2.1 และเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของแคลเซียมตามทริทเมนต์ที่กำหนด และเปลี่ยนอัตราส่วนแอมโมเนียมต่อไนเตรท เป็น 0 : 100 เพื่อให้ได้ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารตามที่กำหนด โดยไม่เปลี่ยนระดับความเข้มข้นของธาตุอื่น และการทดลองที่ 3.2 ช่วงวันที่ 12 มี.ค.-9 เม.ย. 52 ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi โดยใช้ระดับความเข้มข้นของไนโตรเจน และโพแทสเซียม ที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลอง 1.2 และ 2.2 และเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของแคลเซียมตามทริทเมนต์ที่กำหนด โดยไม่เปลี่ยนระดับความเข้มข้นของธาตุอื่น และไม่เปลี่ยนอัตราส่วนแอมโมเนียมต่อไนเตรทจากสูตร Enshi และทั้ง 2 การทดลองพรางแสงด้วยแสลน 50% ในช่วงเวลา 10.00-15.00 น.

ในการทดลองนี้เลือกใช้เทคนิคการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) เป็นเทคนิคในการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารในการทดลองนี้

การเตรียมระบบ DRFT

ระบบ DRFT ในการทดลองนี้ประกอบด้วยรางปลูกที่ทำจากโฟมขนาด 1.2 x 2.4 เมตร ด้านในพื้นรางเป็นร่องปลูกปลูกสลับกับร่องน้ำวางอยู่บนโต๊ะที่ทำจากเหล็กขนาด 1.2 x 2.5 x 1 เมตร พื้นรางปูด้วยพลาสติกสีดำเพื่อรองรับสารละลายธาตุอาหาร (ภาพที่ 1) บริเวณหัวรางมีท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว วางตามความกว้างของราง เจาะท่อ PVC ด้านที่หันเข้าหารางให้รูตรงกับร่องน้ำบนรางโฟมเพื่อเป็นหัวจ่ายน้ำเข้าสู่ระบบ บริเวณท้ายรางฝั่งท่อและข้อต่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว เพื่อเป็นช่องไหลกลับลงสู่ถังสารละลายธาตุอาหารขนาด 50 ลิตรที่อยู่ด้านล่างของโต๊ะ ภายในถังมีปั๊มขนาด 32 วัตต์ เพื่อดูดสารละลายธาตุอาหารไปยังหัวรางโดยผ่านท่อ PE ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว ด้านบนของโต๊ะคลุมด้วยโครงเหล็กสูงจากพื้นโต๊ะ 1.2 เมตร ด้านบนปูด้วยพลาสติก PE ด้านข้างโดยรอบ 4 ด้านมุงด้วยมุ้งขนาด 32 mesh (ภาพที่ 2)

การเตรียมสารละลายเข้มข้น (Stock solution)

ในการทดลองครั้งนี้ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi เป็นสารละลายธาตุอาหารตั้งต้น โดยในแต่ละการทดลองทำการตัดแปลงสูตรให้มีความเข้มข้นของธาตุอาหารในโตรเจน โปแทสเซียม และแคลเซียม ตามกรรมวิธีการทดลองที่วางไว้ (ตารางผนวกที่ 1, 2 และ 3)

โดยในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร ทำโดยการเตรียมเป็นสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น 50 เท่าของความเข้มข้นปกติ นำไปเจือจางให้มีความเข้มข้นตามกรรมวิธีที่กำหนด

การปลูกและดูแลรักษา

เมื่อเริ่มต้นในแต่ละการทดลอง ทำการเพาะเมล็ดคละน้ำชนิด open pollinated variety ของบริษัท อีสเวสต์ซีดี พันธุ์บางบัวทอง 35 ลงในฟองน้ำที่กรีดเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 2.5 X 2.5 X 2.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยวางเมล็ด 3-5 เมล็ดลงในรอยกรีดกากบาทของฟองน้ำ แล้วจึงนำฟองน้ำไปใส่ในตะกร้าพลาสติกสำหรับเพาะกล้า ให้สารละลายสูตร Enshi ที่ความเข้มข้น 0.6 mS/cm จนอายุครบ 2

สัปดาห์ จึงย้ายต้นกล้าลงปลูกในระบบ DRFT ที่มีสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับความเข้มข้นในโตรเจน โปแทสเซียม หรือแคลเซียมที่แตกต่างกันในแต่ละการทดลอง โดยสอดต้นกล้าลงในช่องบนแผ่นโฟม ขนาด 1.2 x 0.6 เมตรที่เจาะไว้ จำนวน 50 หลุมต่อแผ่น จำนวน 4 แผ่นต่อ 1 ราง วางแผ่นโฟมบนราง หลังจากย้ายกล้า 3 วัน ทำการถอนแยกต้นกล้าให้เหลือฟองน้ำละ 2 ต้น ควบคุมและปรับค่าการนำไฟฟ้า (EC) ซึ่งขึ้นอยู่กับทริทเมนต์ที่กำหนด (ตารางผนวกที่ 1, 2 และ 3) และ pH ให้อยู่ในช่วง 5.5-6.2 ตลอดการทดลองด้วยกรดไนตริกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 หลังย้ายกล้า เมื่อคะน้ำอายุครบสัปดาห์ 4 หลังย้ายกล้าจึงทำการเก็บผลการทดลอง



ภาพที่ 1 รางปลูกระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT)



ภาพที่ 2 โถ้ปลูกระบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT)

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกสภาพแวดล้อมภายในโถ้ปลูก การเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าเมื่ออายุครบ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก ดังนี้

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโถ้ปลูก DRFT

บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขณะที่ทำการทดลองด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ (Data logger) รุ่น HOBO Pro Series (ภาพที่ 3) โดยตั้งค่าบันทึกทุกชั่วโมง เพื่อหาอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละวันในช่วงทำการทดลอง

2. ความเข้มแสง

ทำการบันทึกความเข้มแสง (ลักซ์) ด้วยเครื่องวัดความเข้มแสง (Lux meter) สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ที่เวลา 8.00 10.00 12.00 14.00 และ 16.00 น

3. การเจริญเติบโต

ทำการสุ่มต้นคะน้าเมื่ออายุครบ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก 6 ต้นต่อซ้ำ (โถ้ปลูก) มาทำการวัดจำนวนใบ พื้นที่ใบ ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (Leaf area meter) รุ่น LI-3000 บริษัท LI-COR Lincoln, Nebraska, U.S.A. และทำการชั่งน้ำหนักสด โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ น้ำหนักสดส่วนยอด (ส่วนยอดถึงโคนต้น) และน้ำหนักสดราก นำส่วนที่ผ่านการชั่งน้ำหนักสดแล้วมาทำการอบในตู้อบร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วจึงชั่งหาน้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก

4. คุณค่าทางอาหารของผัก

ทำการสุ่มต้นคะน้าเมื่ออายุครบ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก 6 ต้นต่อซ้ำ (โถ้ปลูก) นำมาวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ไฟเบอร์ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แคลโรทีนอยด์ และไนเตรท (NO_3^-) สะสม และนำตัวอย่างแห้งที่ได้จากการอบตัวอย่างเพื่อหาน้ำหนักแห้งมาบด และนำไปวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัส ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ค่าต่างๆ เป็นดังนี้

4.1 ปริมาณวิตามินซี

นำส่วนใบที่ 2 และ 3 นับจากยอดของคะน้า มาหั่นแล้วสับตัวอย่างละ 2 กรัม ใส่น้ำ ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร มาบดด้วยเครื่องปั่น Homogenizer ยี่ห้อ Ika-werke รุ่น T 25 basic และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ปรับปริมาตรเป็น 15 มิลลิลิตร นำไปตรวจวัดปริมาณวิตามินซีด้วยวิธี Reflertototechnique โดยใช้เครื่องมือ RQ-Flex Reflectometer ยี่ห้อ Merck (ภาพที่ 4) อ่านค่าเป็น มิลลิกรัม ต่อลิตร แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณวิตามินซีตามสูตรด้านล่าง มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมวิตามินซีต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (Xu *et al.*, 2003)

$$\text{ปริมาณวิตามินซี} = \frac{15 \times (\text{ค่าที่อ่านจากเครื่อง RQ flex})}{10 \times \text{น้ำหนักตัวอย่างผัก (กรัม)}}$$

4.2 ปริมาณไฟเบอร์

นำส่วนของลำต้นนับจากยอดลงมา 10 เซนติเมตรจากคะน้า 2 ต้น มาทำการวิเคราะห์ไฟเบอร์ สุ่มตัวอย่างที่ใช้ (ไม่เกิน 25 กรัม) และนำมาต้มในน้ำ Deionize water ปริมาตร 50 ml นาน 10 นาที จากนั้นเติม Sodium hydroxide 50% ลงไป 12.5 มิลลิลิตร ต้มต่ออีก 5 นาที นำมาล้างต่างออก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จึงนำมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณไฟเบอร์ หน่วยเป็น กรัมต่อ 100 น้ำหนักสด (Gould, 1997)

$$\text{ปริมาณไฟเบอร์} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนต้ม (กรัม)}}$$

4.3 ปริมาณแคลเซียม

นำตัวอย่างแห้งส่วนต้นและใบที่ได้จากการอบในตู้อบร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง มาทำการสกัดด้วยกรดผสมระหว่างไนตริกและเปอร์คลอริก เพื่อได้สารละลายตัวอย่าง และนำมาหาความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 422.7 นาโนเมตร แล้วนำมาคำนวณหาระดับความเข้มข้น หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (ศรีสม, 2547)

4.4 ปริมาณฟอสฟอรัส

นำตัวอย่างแห้งส่วนต้นและใบที่ได้จากการอบในตู้อบร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง มาทำการสกัดด้วยกรดผสมระหว่างไนตริกและเปอร์คลอริก เพื่อได้สารละลายตัวอย่าง และนำมาหาความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร แล้วนำมาคำนวณหาระดับความเข้มข้น หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (ศรีสม, 2547)

5. รงควัตถุ (ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และบี และแคโรทีนอยด์)

นำส่วนใบของคะน้ามาเจาะให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร นำมาสกัดคลอโรฟิลล์ เอ และบี และ แคโรทีนอยด์ ด้วย N,N-dimethylsulfoxide (DMF) ปริมาณ 4 มิลลิลิตร เก็บในที่มืดเป็นเวลา 2 วันแล้วนำมาวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 480 647 และ 664 นาโนเมตร (Wellburn, 1994) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

6. ปริมาณสารไนเตรท (NO₃⁻)

นำต้นของคะน้า 2 ต้น หั่นส่วนใบ และส่วนก้านแยกกัน และสุ่มตัวอย่างๆ ละ 2 กรัม มาทำการบดด้วยเครื่องปั่น และมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ปรับปริมาตรเป็น 15 มิลลิลิตรนำไปตรวจสอบปริมาณไนเตรทด้วยวิธี Reflexototechnique โดยใช้เครื่องมือ RQ-Flex Reflectometer ยี่ห้อ Merck ไปคำนวณตามสูตรข้างล่าง มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด (Xu *et al.*, 2003)

$$\text{ปริมาณสารไนเตรท} = \frac{15 \times (\text{ค่าที่อ่านจากเครื่อง RQ flex})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างผัก (กรัม)}}$$



ภาพที่ 3 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ (Data logger) รุ่น HOBO Pro Series



ภาพที่ 4 เครื่องมือ RQ-Flex Reflectometer

ผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาผลของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า มีผลการศึกษาดังนี้

การทดลองที่ 1 ผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า
โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1.1 ผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าครั้งที่ 1 ในช่วงวันที่ 2 มิ.ย.-30 มิ.ย. 51

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

จากการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายใน โต้ะปลูก DRFT ตลอดอายุปลูก ด้วยเครื่อง Data logger ได้ผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังนี้

1.1 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

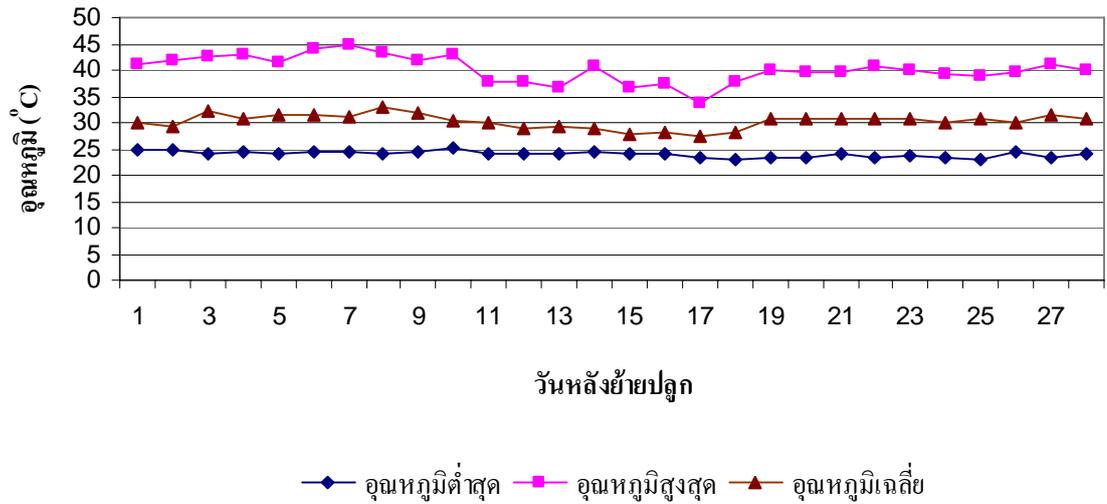
อุณหภูมิภายในโต้ะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าสูงสุดในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 34-45 องศาเซลเซียส และต่ำสุดในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 23-25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 28-33 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 5)

1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

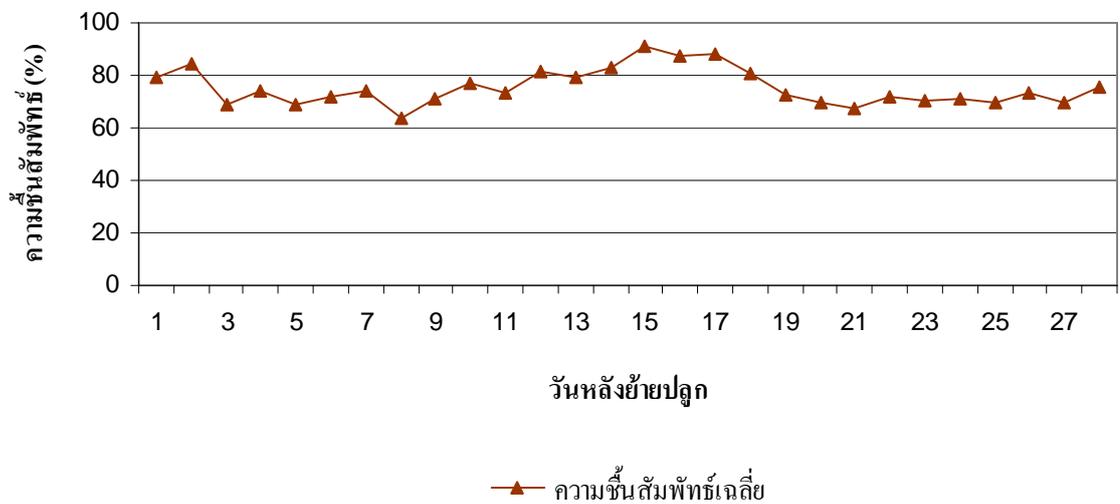
ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโต้ะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ คิดเป็นความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 64-91 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 6)

2. ความเข้มแสง (ลักซ์)

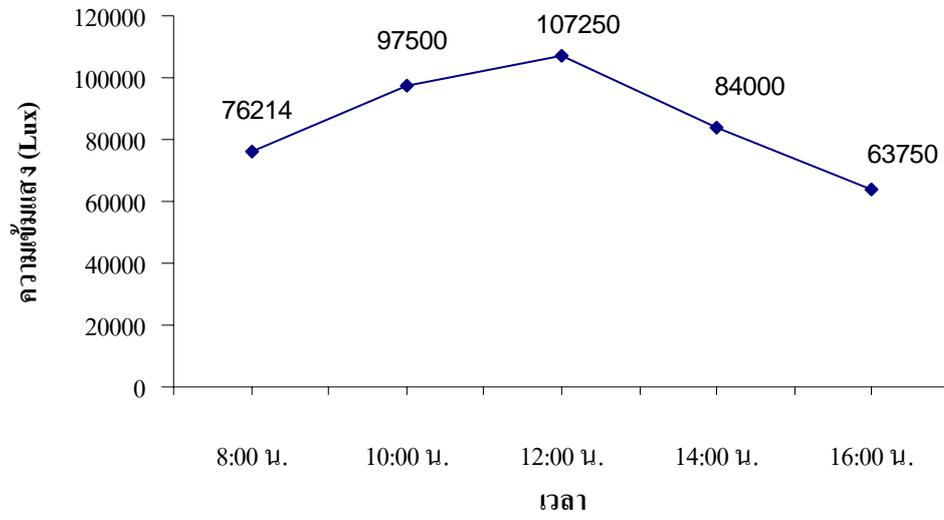
ความเข้มแสงภายในโต๊ะปลูก DRFT เฉลี่ยตลอดอายุการปลูก 4 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองที่เวลา 16.00 น. เท่ากับ 63,750 ลักซ์ และสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองที่เวลา 12.00 น. เท่ากับ 107,250 ลักซ์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งวันตลอดการทดลอง เท่ากับ 85,742 ลักซ์ (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 5 อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายใน โต้ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)



ภาพที่ 6 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายใน โต้ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)



ภาพที่ 7 ความเข้มแสง (Lux) ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูก จนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.-30 มิ.ย. 51)

3. การเจริญเติบโต

3.1 น้ำหนักสดส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดส่วนยอดคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดสูงสุดเท่ากับ 25.14 กรัมต่อต้น รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 22.14 และ 19.85 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

3.2 น้ำหนักสดราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดรากคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักสดรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1.59 1.90 และ 2.01 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

3.3 น้ำหนักแห้งส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งส่วนยอดของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักแห้งส่วนยอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1.54 1.64 และ 1.91 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

3.4 น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งรากคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ที่ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักแห้งรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.15 0.18 และ 0.15 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

3.5 จำนวนใบ (ใบต่อต้น)

จำนวนใบคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ที่ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบสูงสุดเท่ากับ 4.5 ใบต่อต้น รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบ 4.1 และ 4.0 ใบต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

3.6 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

พื้นที่ใบคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบสูงสุดเท่ากับ 309.48 ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบเท่ากับ 257.06 และ 232.21 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่คัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.-30 มิ.ย. 51)

ไนโตรเจน (มก./ลิตร)	น้ำหนักสด	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง	จำนวนใบ (ใบ)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)
	ส่วนยอด	ราก	ส่วนยอด	ราก		
	(กรัมต่อต้น)					
150	19.85 b ^{1/}	1.59	1.54	0.15	4.0 b ^{1/}	232.21 b ^{1/}
225	22.14 ab	1.90	1.64	0.18	4.1 ab	257.06 b
300	25.14 a	2.01	1.91	0.15	4.5 a	309.48 a
F-test	*	ns	ns	ns	*	**
CV%	18.38	30.29	19.91	30.10	10.92	18.66

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

*,** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4. คุณค่าทางโภชนาการ

4.1 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ไฟเบอร์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณไฟเบอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณไฟเบอร์ 0.71 0.82 และ 0.96 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

4.2 วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

วิตามินซีในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณวิตามินซีสูงสุดเท่ากับ 60.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดรองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณวิตามินซี 48.2 และ 45.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

4.3 แคลเซียม

4.3.1 แคลเซียมในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียม 258.8 268.0 และ 250.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

4.3.2 แคลเซียมในต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแคลเซียมในต้นมีแนวโน้มลดลง โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียม 78.4 76.6 และ 70.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

4.4 ฟอสฟอรัส

4.4.1 ฟอสฟอรัสในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัส 55.6 60.9 และ 63.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

4.4.2 ฟอสฟอรัสในต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในต้นของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัส 29.9 27.3 และ 28.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมในใบและต้น ฟอสฟอรัสในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.-30 มิ.ย. 51)

ไนโตรเจน (มก./ลิตร)	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)	วิตามินซี	แคลเซียม		ฟอสฟอรัส	
			ในใบ	ในต้น	ในใบ	ในต้น
			(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)			
150	0.71	60.4 a ^{1/}	258.8	78.4	55.6	29.9
225	0.82	48.2 b	268.0	76.6	60.9	27.3
300	0.96	45.3 b	250.6	70.8	63.8	28.9
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns
CV%	30.77	21.84	13.33	15.13	15.84	17.52

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

5. รงควัตถุ

5.1 คลอรอฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

คลอรอฟิลล์เอของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอรอฟิลล์เอสูงสุดเท่ากับ 118.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอรอฟิลล์เอเท่ากับ 115.97 และ 102.69 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

5.2 คลอรอฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

คลอรอฟิลล์บีของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอรอฟิลล์บีสูงสุดเท่ากับ 41.49 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอรอฟิลล์บีเท่ากับ 39.14 และ 34.95 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

5.3 แคลโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลโรทีนอยด์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลโรทีนอยด์เท่ากับ 21.35 23.63 และ 23.37 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

6. ไนเตรท

6.1 ไนเตรทในใบ (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในใบคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในใบ 2,107 1,966 และ 2,380 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

6.2 ไนเตรทในต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในต้นคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทสูงสุดเท่ากับ 3,537 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในต้นเท่ากับ 2,760 และ 3,537 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 กลอโรฟิลล์เอ กลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของ
 หน่ออายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้น
 ของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)

ไนโตรเจน (มก./ลิตร)	กลอโรฟิลล์เอ	กลอโรฟิลล์บี	แคโรทีนอยด์
	(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)		
150	102.69 b ^L	34.95 b ^L	21.35
225	115.97 a	39.14 a	23.63
300	118.71 a	41.49 a	23.37
F-test	*	*	ns
CV%	11.18	12.04	12.93

ตารางที่ 6 ไนเตรทไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของหน่ออายุ 4 สัปดาห์ที่
 ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจน
 แตกต่างกันใน การทดลองที่ 1.1 (ช่วงวันที่ 2 มิ.ย.–30 มิ.ย. 51)

ไนโตรเจน (มก./ลิตร)	ไนเตรทไนโบ	ไนเตรทไนต้น
	(มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)	
150	2,107	1,390 b ^L
225	1,966	2,760 a
300	2,380	3,537 a
F-test	ns	**
CV%	26.39	4.87

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*,** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

^L ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95

เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

การทดลองที่ 1.2 ผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าครั้งที่ 2 ในช่วงวันที่ 10 ต.ค.-7 พ.ย. 51

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

จากการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโถะปลูก DRFT ตลอดอายุปลูก ด้วยเครื่อง Data logger ได้ผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังนี้

1.1 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

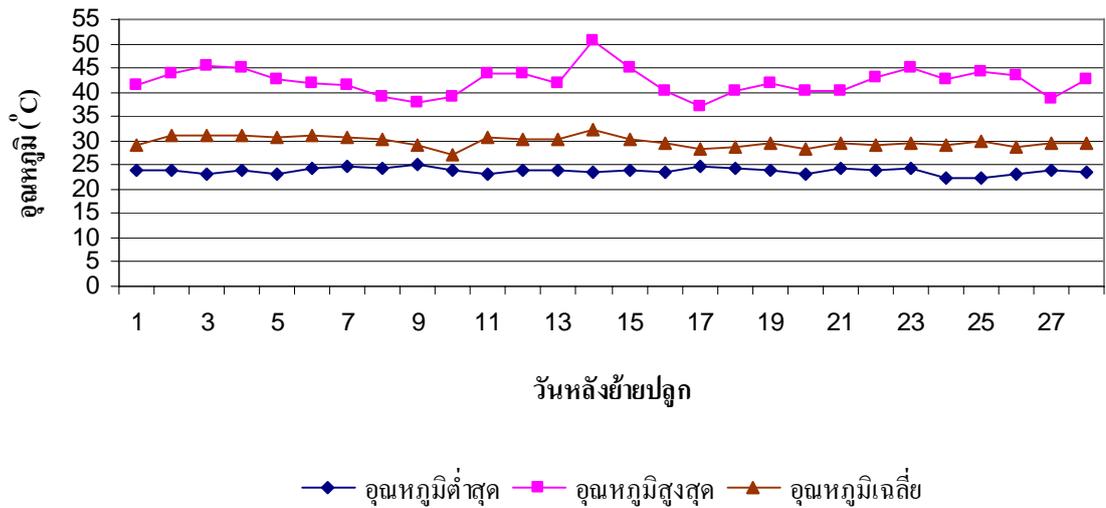
อุณหภูมิภายในโถะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าสูงสุดในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 37-45 องศาเซลเซียส และค่าต่ำสุดในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 23-25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 27-32 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 8)

1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโถะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ คิดเป็นความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง เท่ากับ 74-92 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 9)

2. ความเข้มแสง (ลักซ์)

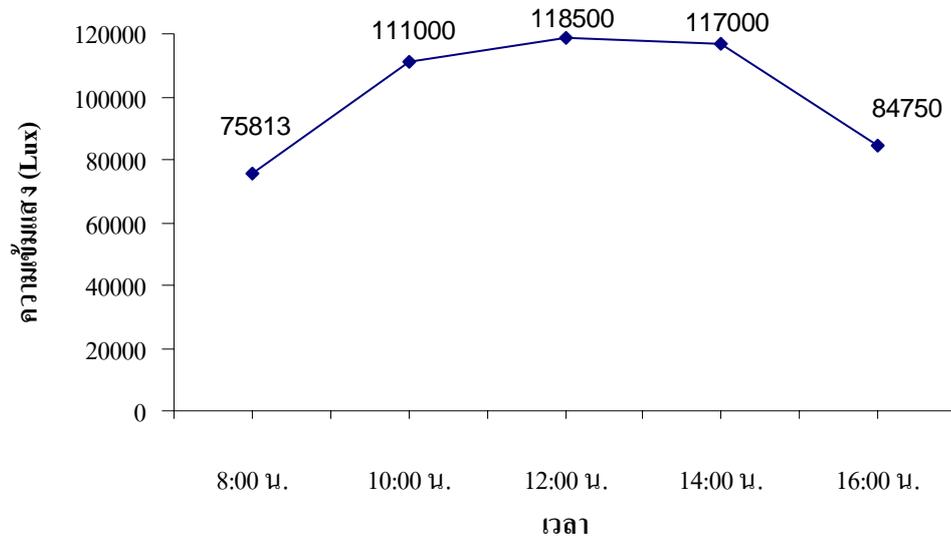
ความเข้มแสงภายในโถะปลูก DRFT เฉลี่ยตลอดอายุการปลูก 4 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองที่เวลา 8.00 น. เท่ากับ 75,813 ลักซ์ และสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองที่เวลา 12.00 น. เท่ากับ 118,500 ลักซ์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งวันตลอดการทดลอง เท่ากับ 101,413 ลักซ์ (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 8 อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโต๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)



ภาพที่ 9 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโต๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)



ภาพที่ 10 ความเข้มแสง (Lux) ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกลงถึง
เก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.-7 พ.ย. 51)

3. การเจริญเติบโต

3.1 น้ำหนักสดส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดส่วนยอดค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักสดส่วนยอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 24.85 25.78 และ 26.49 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

3.2 น้ำหนักสดราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดรากค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 2.03 1.74 และ 2.24 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

3.3 น้ำหนักแห้งส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งส่วนยอดค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักแห้งส่วนยอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1.76 1.76 และ 1.98 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

3.4 น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งรากคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.18 0.15 และ 0.19 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

3.5 จำนวนใบ (ใบต่อต้น)

จำนวนใบคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบ 3.7 3.8 และ 4.1 ใบต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

3.6 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

พื้นที่ใบคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่ใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบเท่ากับ 264.55 274.90 และ 310.12 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่คัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.-7 พ.ย. 51)

ไนโตรเจน (มก./ลิตร)	น้ำหนักสด	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง	จำนวนใบ (ใบ)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)
	ส่วนยอด	ราก	ส่วนยอด	ราก		
	(กรัมต่อต้น)					
150	24.85	2.03	1.76	0.18	3.7	264.55
225	25.78	1.74	1.76	0.15	3.8	274.90
300	26.49	2.24	1.98	0.19	4.1	310.12
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	25.81	23.06	27.80	27.14	16.36	29.10

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. คุณค่าทางโภชนาการ

4.1 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ไฟเบอร์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณไฟเบอร์สูงสุดเท่ากับ 0.80 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณไฟเบอร์ 0.78 และ 0.49 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

4.2 วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

วิตามินซีในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณวิตามินซี 88.37 97.72 และ 88.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

4.3 แคลเซียม

4.3.1 แคลเซียมในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียม 250.0 270.2 และ 265.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

4.3.2 แคลเซียมในดิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในดินค้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียม 77.0 89.7 และ 79.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

4.4 ฟอสฟอรัส

4.4.1 ฟอสฟอรัสในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในใบค้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุดเท่ากับ 71.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัส 57.9 และ 57.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

4.4.2 ฟอสฟอรัสในดิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในดินค้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุดเท่ากับ 41.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัส 30.7 และ 28.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมในใบและต้น ฟอสฟอรัสในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.-7 พ.ย. 51)

ไนโตรเจน (มก./ลิตร)	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)	วิตามินซี	แคลเซียม		ฟอสฟอรัส	
			ในใบ	ในต้น	ในใบ	ในต้น
			(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)			
150	0.49 b ^L	88.37	250.7	77.0	57.7 b ^L	28.7 b ^L
225	0.78 a	97.72	270.2	89.7	57.9 b	30.7 b
300	0.80 a	88.70	265.1	79.5	71.1 a	41.1 a
F-test	*	ns	ns	ns	*	*
CV%	36.45	18.72	25.63	20.12	15.06	28.99

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^L ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

5. รงควัตถุ

5.1 คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

คลอโรฟิลล์เอของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงสุดเท่ากับ 95.95 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 84.11 และ 78.82 และ มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

5.2 คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

คลอโรฟิลล์บีของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีสูงสุดเท่ากับ 30.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด รองลงมาคือที่ความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 27.96 และ 25.30 และ มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

5.3 แครโทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แครโทีนอยด์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแครโทีนอยด์สูงสุดเท่ากับ 20.17 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด รองลงมาคือที่ความเข้มข้น 225 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแครโทีนอยด์เท่ากับ 17.58 และ 16.78 และ มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

6. ไนเตรท

6.1 ไนเตรทในใบ (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในใบ 2,325 2,662 และ 1,805 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

6.2 ไนเตรทในต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน 150 225 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในต้นเท่ากับ 2,800 3,212 และ 2,940 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 กลอโรฟิลล์เอ กลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของ
 หน่ออายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้น
 ของระดับไนโตรเจนแตกต่างกันในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)

ไนโตรเจน (มก./ลิตร)	กลอโรฟิลล์เอ	กลอโรฟิลล์บี	แคโรทีนอยด์
	(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)		
150	78.82 b ^u	25.30 b ^u	16.78 b ^u
225	84.11 b	27.96 ab	17.58 b
300	95.95 a	30.63 a	20.17 a
F-test	**	*	**
CV%	10.25	12.83	9.41

ตารางที่ 10 ไนเตรทไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของหน่ออายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูก
 ในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับไนโตรเจน
 แตกต่างกันในในการทดลองที่ 1.2 (ช่วงวันที่ 10 ต.ค.–7 พ.ย. 51)

ไนโตรเจน (มก./ลิตร)	ไนเตรทไนโบ	ไนเตรทไนต้น
	(มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)	
150	2,325	2,800
225	2,662	3,212
300	1,805	2,940
F-test	ns	ns
CV%	21.97	19.42

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*,** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

^u ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

การทดลองที่ 2 ผลของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 2.1 ผลของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า
ครั้งที่ 1 ในช่วงวันที่ 7 ก.ค.-4 ส.ค. 51

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

จากการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโถะปลูก DRFT ตลอดอายุปลูก
ด้วยเครื่อง Data logger ได้ผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังนี้

1.1 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

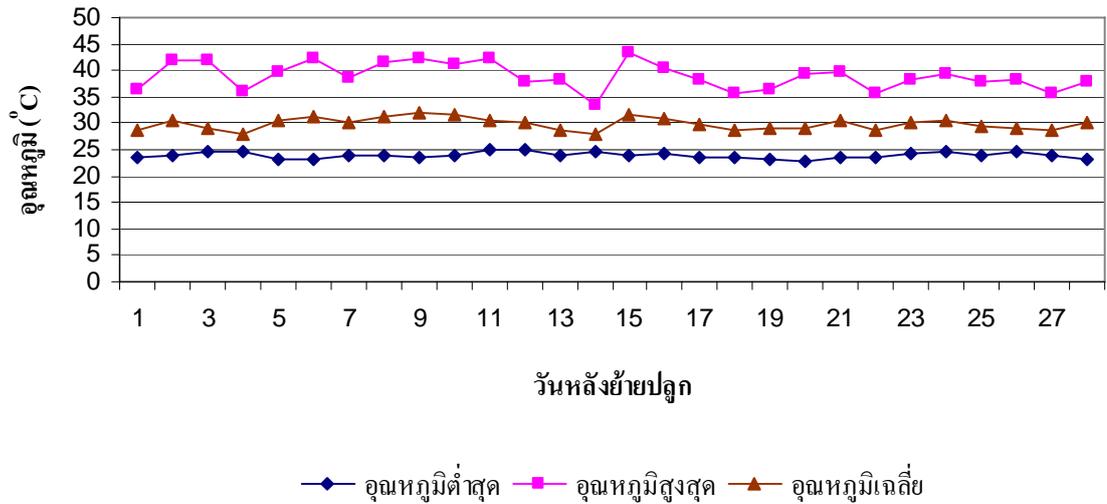
อุณหภูมิภายในโถะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว
เป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าสูงสุดในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 34-44 องศาเซลเซียส และค่าต่ำสุดในแต่ละวันอยู่
ระหว่าง 23-25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 28-32 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 11)

1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโถะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึง
เก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ คิดเป็นความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 74-92 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ
ที่ 12)

2. ความเข้มแสง (ลักซ์)

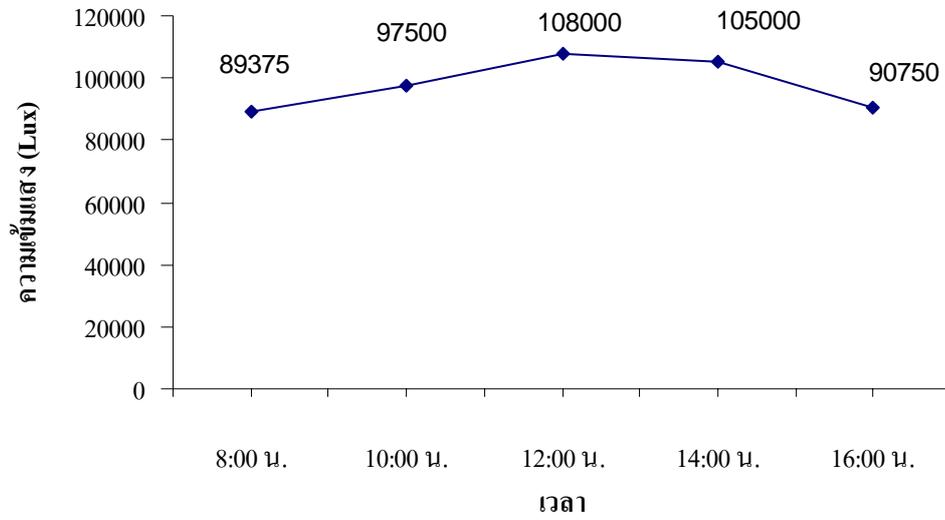
ความเข้มแสงเฉลี่ยภายในโถะปลูก DRFT เฉลี่ยตลอดอายุการปลูก 4 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเฉลี่ย
ตลอดการทดลองที่เวลา 8.00 น. เท่ากับ 89,375 ลักซ์ และสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองที่เวลา 12.00 น.
เท่ากับ 108,00 ลักซ์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งวันตลอดการทดลอง เท่ากับ 98,125 ลักซ์ (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 11 อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโตะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)



ภาพที่ 12 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโตะ DRFT ปลูกในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)



ภาพที่ 13 ความเข้มแสง (Lux) ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูก จนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)

3. การเจริญเติบโต

3.1 น้ำหนักสดส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดส่วนยอดคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดสูงสุดเท่ากับ 39.83 กรัมต่อต้น รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 150 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 35.92 และ 30.51 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

3.2 น้ำหนักสดราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดรากคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักสดรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 2.41 2.77 และ 3.32 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

3.3 น้ำหนักแห้งส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งส่วนยอดคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 2.78 กรัมต่อต้น รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 150 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2.58 และ 2.04 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

3.4 น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งรากค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักแห้งรากมีแนวโน้มลดลง โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.25 0.24 และ 0.22 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

3.5 จำนวนใบ (ใบต่อต้น)

จำนวนใบค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้อาณาใบมีแนวโน้มลดลง โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบเท่ากับ 4.0 3.9 และ 3.6 ใบต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

3.6 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

พื้นที่ใบค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบเท่ากับ 331.20 396.25 และ 302.99 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)

โพแทสเซียม (มก./ลิตร)	น้ำหนักสด ส่วนยอด	น้ำหนักสด ราก	น้ำหนักแห้ง ส่วนยอด	น้ำหนักแห้ง ราก	จำนวนใบ (ใบ)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)
	(กรัมต่อต้น)					
150	35.92 ab ^L	2.41	2.58 ab ^L	0.25	4.0	331.20
250	39.83 a	2.77	2.78 a	0.24	3.9	396.25
350	30.51 b	3.32	2.04 b	0.22	3.6	302.99
F-test	*	ns	*	ns	ns	ns
CV%	19.05	46.62	22.63	41.23	13.10	29.24

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

^L ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4. คุณค่าทางโภชนาการ

4.1 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ไฟเบอร์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณไฟเบอร์ 0.51 0.48 และ 0.66 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

4.2 วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

วิตามินซีในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลง โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 63.1 55.8 และ 50.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

4.3 แคลเซียม

4.3.1 แคลเซียมในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 246.9 265.6 และ 227.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

4.3.2 แคลเซียมในต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 74.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 150 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 67.9 และ 60.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

4.4 ฟอสฟอรัส

4.4.1 ฟอสฟอรัสในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 53.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 150 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 46.3 และ 45.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

4.4.2 ฟอสฟอรัสในต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 25.0 25.1 และ 23.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมในใบและต้น ฟอสฟอรัสในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.-4 ส.ค. 51)

โพแทสเซียม (มก./ลิตร)	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)	วิตามินซี	แคลเซียม		ฟอสฟอรัส	
			ในใบ	ในต้น	ในใบ	ในต้น
			(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)			
150	0.51	63.1	246.9	67.9 a ^u	46.3 b ^u	25.0
250	0.48	55.8	265.6	74.8 a	53.8 a	25.1
350	0.66	50.1	227.9	60.6 b	45.0 b	23.3
F-test	ns	ns	ns	**	**	ns
CV%	36.11	27.07	12.87	12.86	10.75	10.30

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*,** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

^u ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

5. รงควัตถุ

5.1 คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อ 100 น้ำหนักสด)

คลอโรฟิลล์เอของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 99.09 104.90 และ 108.00 มิลลิกรัมต่อ 100 น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

5.2 คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อ 100 น้ำหนักสด)

คลอโรฟิลล์บีของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 33.79 36.21 และ 37.12 มิลลิกรัมต่อ 100 น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

5.3 แคลโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 น้ำหนักสด)

แคลโรทีนอยด์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแคลโรทีนอยด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลโรทีนอยด์เท่ากับ 20.69 21.29 และ 22.11 มิลลิกรัมต่อ 100 น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

6. ไนเตรท

6.1 ไนเตรทในใบ (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณไนเตรทมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในใบ 1,950 2,000 และ 2,160 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

6.2 ไนเตรทในต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในต้น 1,970 2,380 และ 1,900 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 13 กลอโรฟิลล์เอ กลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของค่น้ำอายุ 4 สัปดาห์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)

โพแทสเซียม (มก./ลิตร)	กลอโรฟิลล์เอ	กลอโรฟิลล์บี	แคโรทีนอยด์
	(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)		
150	99.09	33.79	20.69
250	104.90	36.21	21.29
350	108.00	37.12	22.11
F-test	ns	ns	ns
CV%	12.70	13.95	12.29

ตารางที่ 14 ไนเตรทไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของค่น้ำอายุ 4 สัปดาห์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.1 (ช่วงวันที่ 7 ก.ค.–4 ส.ค. 51)

โพแทสเซียม (มก./ลิตร)	ไนเตรทไนโบ	ไนเตรทไนต้น
	(มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)	
150	1,950	1,970
250	2,000	2,380
350	2,160	1,900
F-test	ns	ns
CV%	18.50	13.83

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2.2 ผลของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าครั้งที่ 2 ในช่วงวันที่ 3 ก.พ.-5 มี.ค. 52

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

จากการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโถะปลูก DRFT ตลอดอายุปลูกด้วยเครื่อง Data logger ได้ผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังนี้

1.1 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

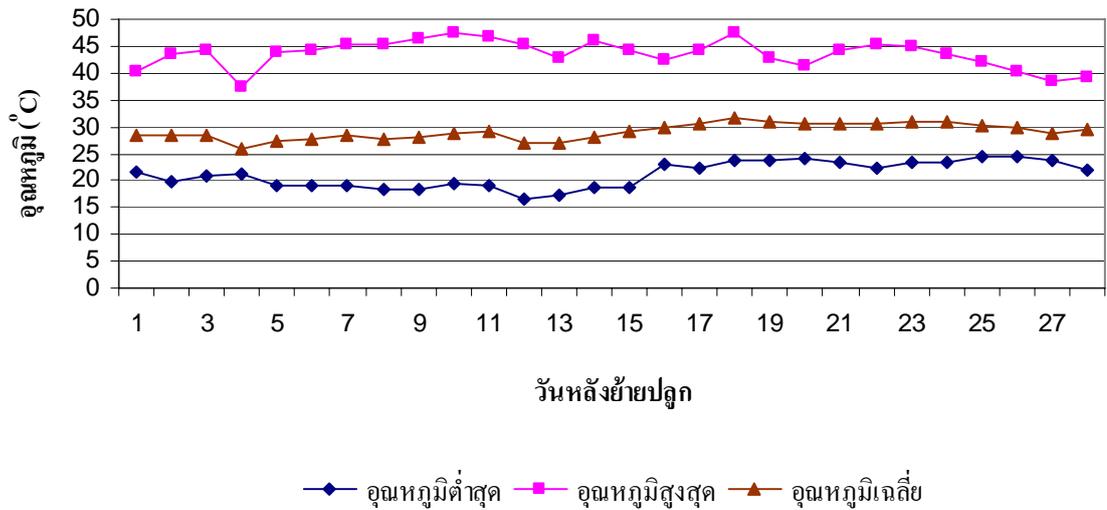
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโถะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าสูงสุดในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 38-47 องศาเซลเซียส และค่าต่ำสุดในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 16-24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 26-32 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 14)

1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

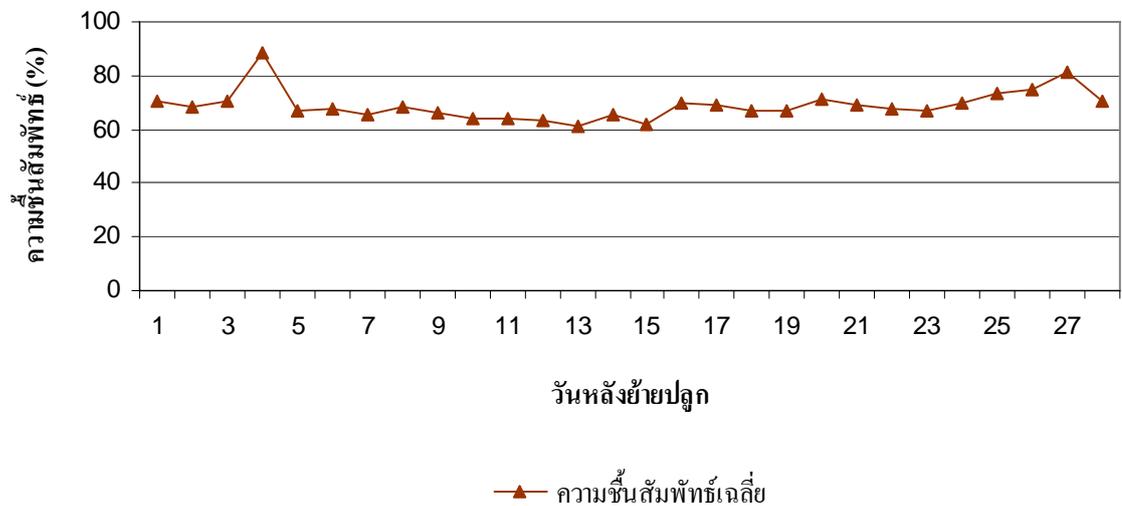
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโถะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ คิดเป็นความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 61-89 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 15)

2. ความเข้มแสง (ลักซ์)

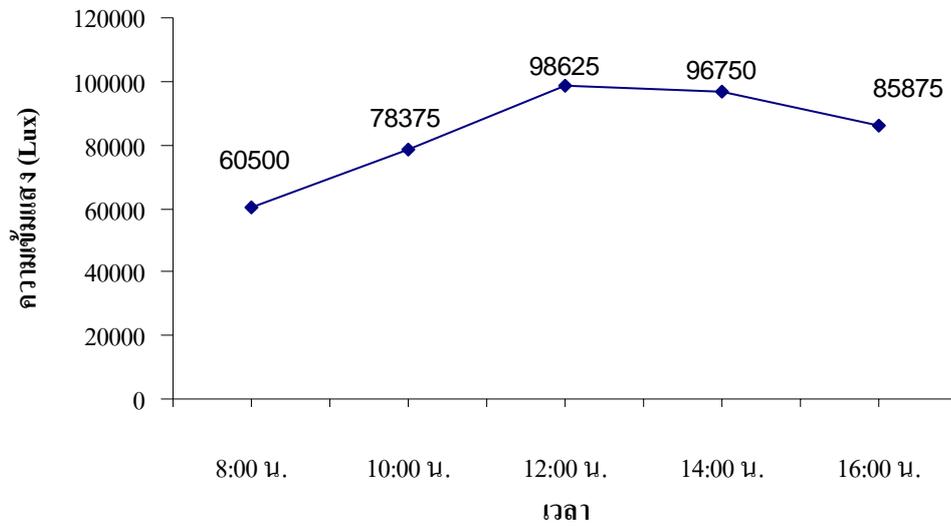
ความเข้มแสงเฉลี่ยภายในโถะปลูกในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึง 4 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองที่เวลา 8.00 น. เท่ากับ 60,500 ลักซ์ และสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองที่เวลา 12.00 น. เท่ากับ 98,625 ลักซ์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งวันตลอดการทดลอง เท่ากับ 84,025 ลักซ์ (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 14 อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโต๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.–5 มี.ค. 52)



ภาพที่ 15 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวัน ภายในโต๊ะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.–5 มี.ค. 52)



ภาพที่ 16 ความเข้มแสง (Lux) ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกลงถึง
เก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.–5 มี.ค. 52)

3. การเจริญเติบโต

3.1 น้ำหนักสดส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดส่วนยอดคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดสูงสุดเท่ากับ 22.39 กรัมต่อต้น รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 16.80 และ 17.29 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

3.2 น้ำหนักสดราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดรากคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักสดรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 1.66 1.66 และ 1.73 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

3.3 น้ำหนักแห้งส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งส่วนยอดคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 1.61 กรัมต่อต้น รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1.21 และ 1.24 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

3.4 น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งรากค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.17 0.15 และ 0.16 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

3.5 จำนวนใบ (ใบต่อต้น)

จำนวนใบค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบสูงสุดเท่ากับ 4.3 ใบต่อต้น รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบเท่ากับ 3.6 และ 3.8 ใบต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

3.6 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

พื้นที่ใบค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบสูงสุดเท่ากับ 251.54 ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบเท่ากับ 190.26 และ 192.61 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.–5 มี.ค. 52)

โพแทสเซียม (มก./ลิตร)	น้ำหนักสด	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง	จำนวนใบ (ใบ)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)
	ส่วนยอด	ราก	ส่วนยอด	ราก		
	(กรัมต่อต้น)					
150	22.39 a ^L	1.66	1.61 a ^L	0.17	4.3 a ^L	251.54 a ^L
250	16.80 b	1.66	1.21 b	0.15	3.6 b	190.26 b
350	17.29 b	1.73	1.24 b	0.16	3.8 b	192.61 b
F-test	*	ns	**	ns	*	*
CV%	21.60	30.90	20.44	23.83	13.03	20.98

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*,** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

^L ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95

เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4. คุณค่าทางโภชนาการ

4.1 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ไฟเบอร์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณไฟเบอร์เท่ากับ 0.81 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 350 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณไฟเบอร์ 0.64 และ 0.41 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

4.2 วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

วิตามินซีในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 40.8 41.0 และ 44.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

4.3 แคลเซียม

4.3.1 แคลเซียมในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแคลเซียมในใบมีแนวโน้มลดลง โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 286.1 279.4 และ 274.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

4.3.2 แคลเซียมในดิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในดินค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแคลเซียมในดินมีแนวโน้มลดลง โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 103.9 96.0 และ 92.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

4.4 ฟอสฟอรัส

4.4.1 ฟอสฟอรัสในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในใบค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 57.9 64.5 และ 57.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

4.4.2 ฟอสฟอรัสในดิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในดินค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 31.2 34.9 และ 32.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ใยไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมในใบและต้น ฟอสฟอรัสในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.–5 มี.ค. 52)

โพแทสเซียม (มก./ลิตร)	ใยไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)	วิตามินซี	แคลเซียม		ฟอสฟอรัส	
			ใบ	ต้น	ใบ	ต้น
			(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)			
150	0.41 b ^{uv}	40.8	286.1	103.9	57.9	31.2
250	0.86 a	41.0	279.4	96.0	64.5	34.9
350	0.64 b	44.3	274.0	92.4	57.9	32.2
F-test	**	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	38.45	14.57	25.63	23.06	17.40	28.22

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*,** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

^{uv} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95

เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

5. รงควัตถุ

5.1 คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

คลอโรฟิลล์เอของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 84.47 85.63 และ 79.61 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

5.2 คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

คลอโรฟิลล์บีของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บีมีแนวโน้มลดลง โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 28.04 28.03 และ 26.90 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

5.3 แครโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แครโรทีนอยด์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแครโรทีนอยด์มีแนวโน้มลดลง โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแครโรทีนอยด์เท่ากับ 18.31 18.02 และ 17.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

6. ไนเตรท

6.1 ไนเตรทในใบ (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในใบ 3,217 3,090 และ 3,217 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

6.2 ไนเตรทในต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 250 และ 350 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในต้น 3,015 3,195 และ 3,015 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 17 กลอโรฟิลล์เอ กลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของค่น้ำอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.-5 มี.ค. 52)

โพแทสเซียม (มก./ลิตร)	กลอโรฟิลล์เอ	กลอโรฟิลล์บี	แคโรทีนอยด์
	(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)		
150	84.47	28.04	18.31
250	85.63	28.03	18.02
350	79.61	26.90	17.07
F-test	ns	ns	ns
CV%	11.78	11.66	11.42

ตารางที่ 18 ไนเตรทไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของค่น้ำอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ที่มีความเข้มข้นของระดับโพแทสเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 2.2 (ช่วงวันที่ 3 ก.พ.-5 มี.ค. 52)

โพแทสเซียม (มก./ลิตร)	ไนเตรทไนโบ	ไนเตรทไนต้น
	(มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)	
150	3,217	3,015
250	3,090	3,195
350	3,217	3,015
F-test	ns	ns
CV%	9.80	11.15

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3 ผลของแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 3.1 ผลของแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าครั้งที่ 1
ในช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

จากการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโถะปลูก DRFT ตลอดอายุปลูก
ด้วยเครื่อง Data logger ได้ผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังนี้

1.1 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

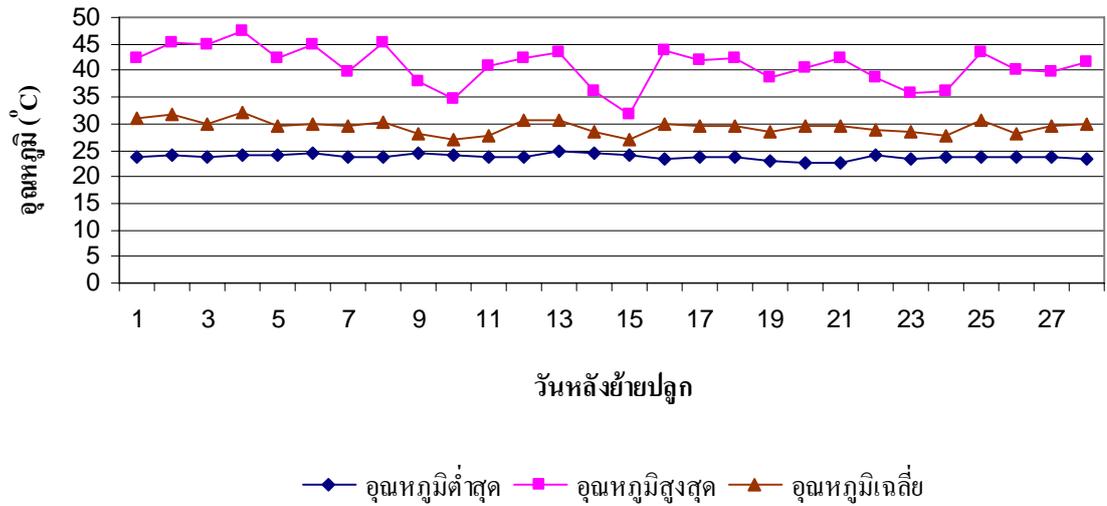
อุณหภูมิภายในโถะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว
เป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าสูงสุดในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 32-47 องศาเซลเซียส และค่าต่ำสุดในแต่ละวันอยู่
ระหว่าง 23-25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 27-32 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 17)

1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

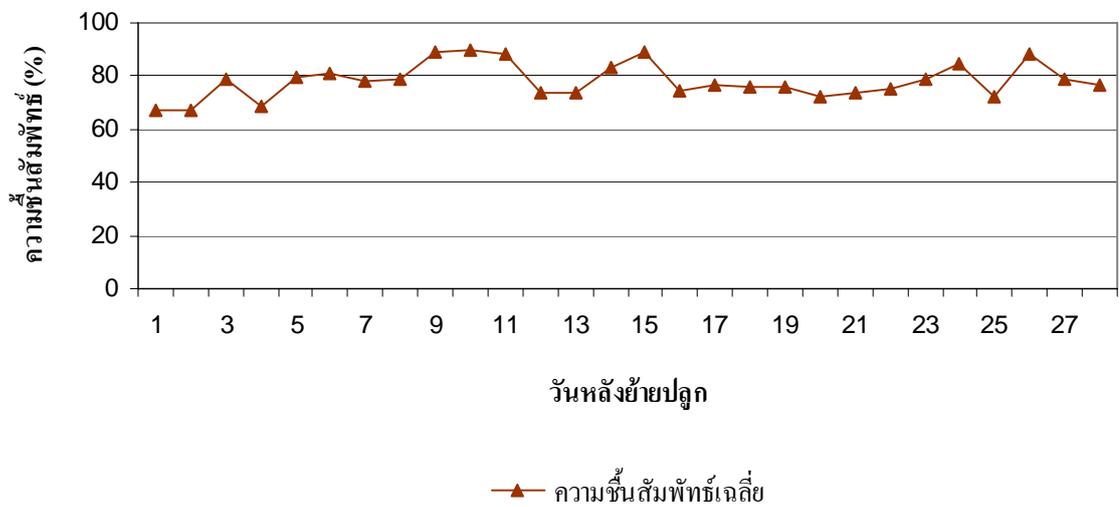
ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโถะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึง
เก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ คิดเป็นความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 67-90 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ
ที่ 18)

2. ความเข้มแสง (ลักซ์)

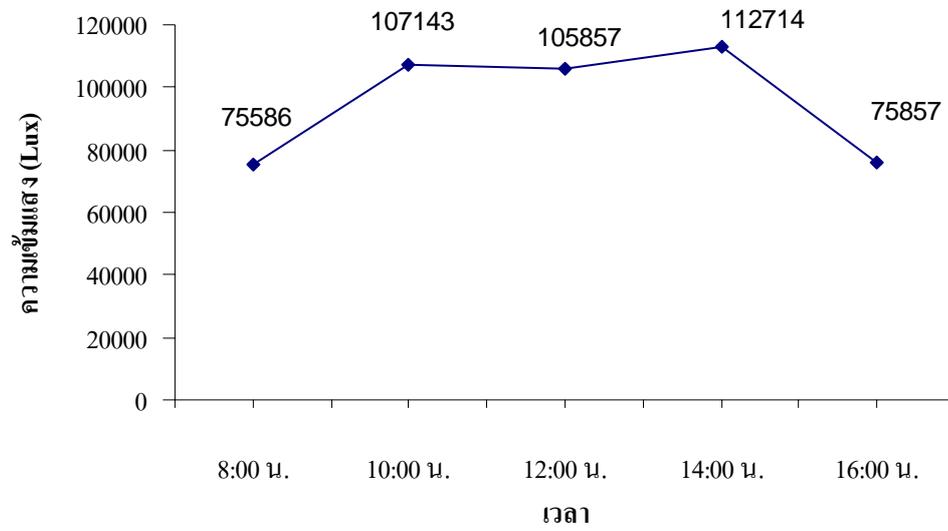
ความเข้มแสงภายในโถะปลูก DRFT เฉลี่ยตลอดอายุการปลูก 4 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเฉลี่ยตลอด
การทดลองที่เวลา 8.00 น. เท่ากับ 75,586 ลักซ์ และสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองที่เวลา 14.00 น. เท่ากับ
112,714 ลักซ์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งวันตลอดการทดลอง เท่ากับ 95,431 ลักซ์ (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 17 อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโถะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)



ภาพที่ 18 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโถะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)



ภาพที่ 19 ความเข้มแสง (Lux) ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูก จนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)

3. การเจริญเติบโต

3.1 น้ำหนักสดส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดส่วนยอดคะแน้นที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะแน้นที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 140 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดสูงสุดเท่ากับ 35.56 กรัมต่อต้น รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 160 และ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 33.84 และ 26.58 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

3.2 น้ำหนักสดราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดรากคะแน้นที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะแน้นที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 2.26 2.94 และ 2.76 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

3.3 น้ำหนักแห้งส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งส่วนยอดคะแน้นที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะแน้นที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1.88 2.43 และ 2.28 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

3.4 น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งรากคะแน้นที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะแน้นที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.22 0.25 และ 0.22 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

3.5 จำนวนใบ (ใบต่อต้น)

จำนวนใบค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบเท่ากับ 3.8 4.1 และ 3.8 ใบต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

3.6 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

พื้นที่ใบค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบเท่ากับ 298.51 398.30 และ 351.49 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่คัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)

แคลเซียม (มก./ลิตร)	น้ำหนักสด	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง	จำนวนใบ (ใบ)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)
	ส่วนยอด	ราก	ส่วนยอด	ราก		
	(กรัมต่อต้น)					
120	26.58 b ^L	2.26	1.88	0.22	3.8	298.51
140	35.56 a	2.94	2.43	0.25	4.1	398.30
160	33.84 a	2.76	2.28	0.22	3.8	351.49
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	22.20	31.10	22.33	26.16	12.74	23.49

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

*,** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

^L ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4. คุณค่าทางโภชนาการ

4.1 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ไฟเบอร์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณไฟเบอร์ 0.55 0.56 และ 0.43 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

4.2 วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

วิตามินซีในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณวิตามินซีของคะน้ามีแนวโน้มลดลง โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 62.1 58.0 และ 56.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

4.3 แคลเซียม

4.3.1 แคลเซียมในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแคลเซียมในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 257.24 267.41 และ 267.57 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

4.3.1 แคลเซียมในดิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในดินค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 85.57 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 120 และ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 75.51 และ 71.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

4.4 ฟอสฟอรัส

4.4.1 ฟอสฟอรัสในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในใบค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบมีแนวโน้มลดลง โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 55.19 53.89 และ 52.95 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

4.4.2 ฟอสฟอรัสในดิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในดินค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 27.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 160 และ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 26.93 และ 25.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมในใบและต้น ฟอสฟอรัสในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคอกะเน้ออายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)

แคลเซียม (มก./ลิตร)	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)	วิตามินซี	แคลเซียม		ฟอสฟอรัส	
			ในใบ	ในต้น	ในใบ	ในต้น
			(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)			
120	0.55	62.1	257.24	75.51 ab ^L	55.19	27.64 a ^L
140	0.56	58.0	267.41	71.25 b	53.89	25.27 b
160	0.43	56.1	267.57	85.57 a	52.95	26.93 a
F-test	ns	ns	ns	*	ns	*
CV%	27.70	13.55	9.17	13.56	11.77	6.34

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^L ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

5. รงควัตถุ

5.1 คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

คลอโรฟิลล์เอของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 95.27 104.22 และ 94.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 21)

5.2 คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

คลอโรฟิลล์บีของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์บีของคะน้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 31.24 33.73 และ 35.94 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 21)

5.3 แครโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แครโรทีนอยด์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแครโรทีนอยด์เท่ากับ 19.50 21.09 และ 20.33 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 21)

6. ไนเตรท

6.1 ไนเตรทในใบ (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณไนเตรทในใบมีแนวโน้มลดลง โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในใบ 2,187 2,125 และ 2,062 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 22)

6.2 ไนเตรทในต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในต้น 2,325 2,362 และ 2,350 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)

แคลเซียม (มก./ลิตร)	คลอโรฟิลล์เอ	คลอโรฟิลล์บี	แคโรทีนอยด์
	(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)		
120	95.27	31.24	19.50
140	104.22	33.73	21.09
160	94.38	35.94	20.33
F-test	ns	ns	ns
CV%	20.48	18.71	17.10

ตารางที่ 22 ไนเตรทไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.1 (ช่วงวันที่ 3 ก.ย.-1 ต.ค. 51)

แคลเซียม (มก./ลิตร)	ไนเตรทไนโบ	ไนเตรทไนต้น
	(มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)	
120	2,187	2,325
140	2,125	2,362
160	2,062	2,350
F-test	ns	ns
CV%	13.43	12.60

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3.2 ผลของแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าครั้งที่ 2 ในช่วงวันที่ 12 มี.ค.-9 เม.ย. 52

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

จากการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโถะปลูก DRFT ตลอดอายุปลูก ด้วยเครื่อง Data logger ได้ผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังนี้

1.1 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

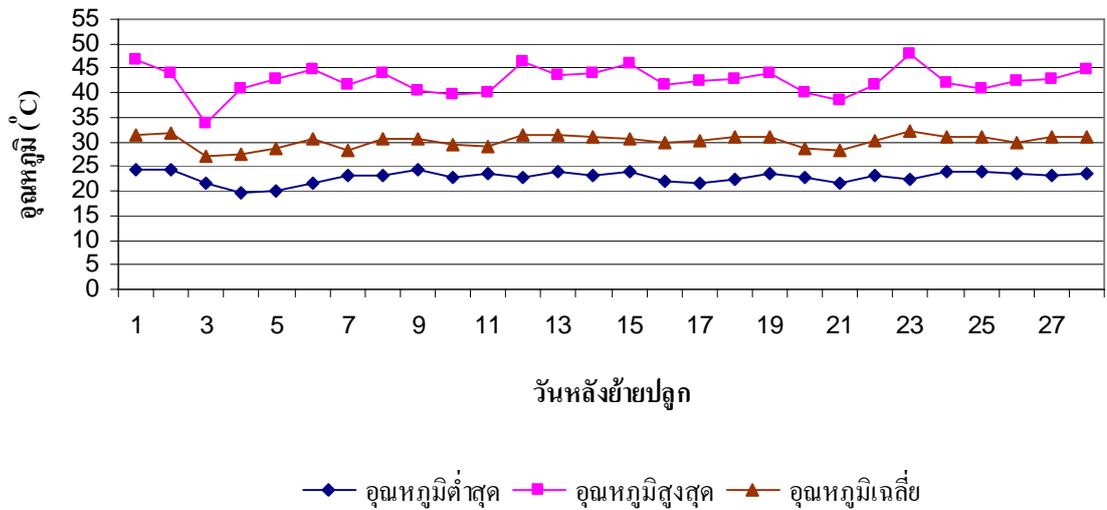
อุณหภูมิภายในโถะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าสูงสุดในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 34-48 องศาเซลเซียส และต่ำสุดในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 20-24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 27-32 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20)

1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

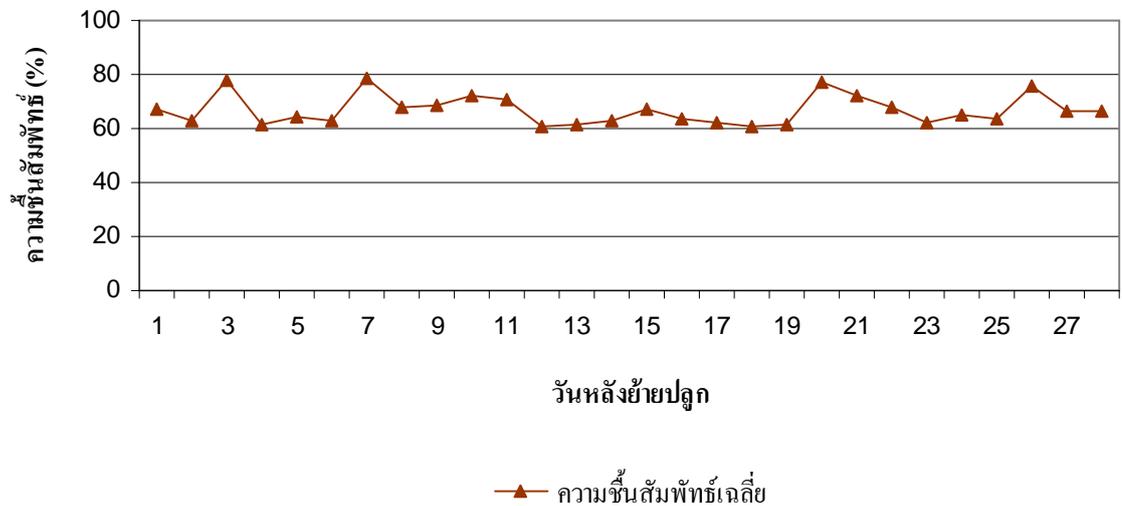
ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโถะปลูก DRFT ในช่วงการปลูกที่มีอายุหลังย้ายกล้าปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ คิดเป็นความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละวันอยู่ระหว่าง 60-78เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 21)

2. ความเข้มแสง

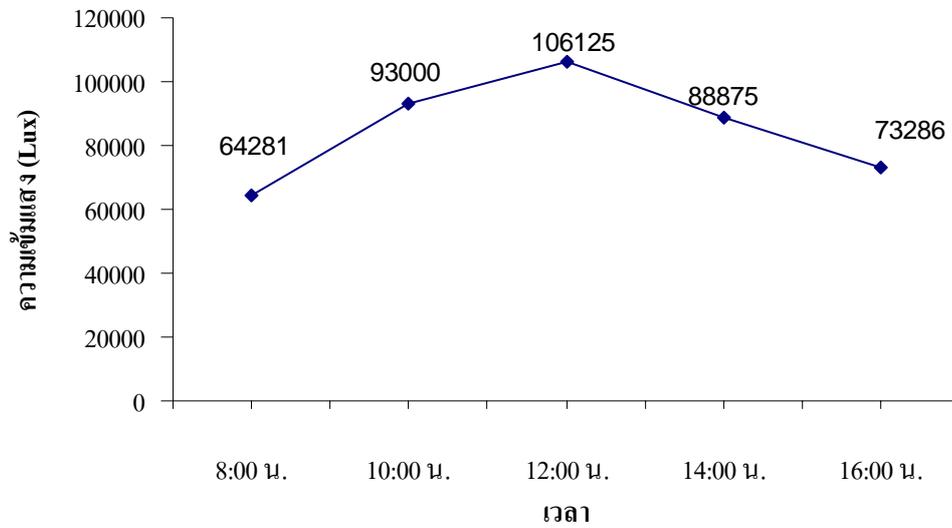
ความเข้มแสงเฉลี่ยภายในโถะปลูก DRFT เฉลี่ยตลอดอายุการปลูก 4 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองที่เวลา 8.00 น. เท่ากับ 58,437 ลักซ์ และสูงสุดเฉลี่ยตลอดการทดลองที่เวลา 12.00 น. เท่ากับ 88,437 ลักซ์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งวันตลอดการทดลอง เท่ากับ 71,901 ลักซ์ (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 20 อุณหภูมิ (°C) สูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโตะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.–9 เม.ย. 52)



ภาพที่ 21 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (%) ค่าเฉลี่ยของแต่ละวันภายในโตะปลูก DRFT ในระหว่างการเจริญเติบโตของคะน้าหลังย้ายปลูจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.–9 เม.ย. 52)



ภาพที่ 22 ความเข้มแสง (Lux) เฉลี่ย ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้ำหลังย้ายปลูกลงถึงเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.-9 เม.ย. 52)

3. การเจริญเติบโต

3.1 น้ำหนักสดส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดส่วนยอดค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักสดส่วนยอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 16.66 18.59 และ 18.59 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 23)

3.2 น้ำหนักสดราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักสดรากค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักสดรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 1.25 1.29 และ 1.77 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 23)

3.3 น้ำหนักแห้งส่วนยอด (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งส่วนยอดค่น้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักแห้งส่วนยอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่น้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1.38 1.47 และ 1.55 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 23)

3.4 น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น)

น้ำหนักแห้งรากคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักแห้งส่วนรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.14 0.17 และ 0.17 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 23)

3.5 จำนวนใบ (ใบต่อต้น)

จำนวนใบคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้อาณาใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบเท่ากับ 4.1 4.1 และ 4.2 ใบต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 23)

3.6 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)

พื้นที่ใบคะน้ำที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้อาณาใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้ำที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบเท่ากับ 187.73 211.29 และ 216.77 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 น้ำหนักสดส่วนยอดและราก น้ำหนักแห้งส่วนยอดและราก (กรัมต่อต้น) จำนวนใบ และพื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ที่มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.–9 เม.ย. 52)

แคลเซียม (มก./ลิตร)	น้ำหนักสด	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักแห้ง	จำนวนใบ (ใบ)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)
	ส่วนยอด	ราก	ส่วนยอด	ราก		
	(กรัมต่อต้น)					
120	16.66	1.25	1.38	0.14	4.1	187.73
140	18.59	1.29	1.47	0.17	4.1	211.29
160	18.59	1.77	1.55	0.17	4.2	216.77
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	17.66	35.58	17.33	24.80	10.66	17.40

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. คุณค่าทางโภชนาการ

4.1 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ไฟเบอร์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณไฟเบอร์ 0.64 0.67 และ 0.57 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 24)

4.2 วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

วิตามินซีในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลง โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 56.8 53.7 และ 53.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 24)

4.3 แคลเซียม

4.3.1 แคลเซียมในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแคลเซียมในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 319.2 328.7 และ 337.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 24)

4.3.2 แคลเซียมในต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แคลเซียมในต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณแคลเซียมในต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 114.2 117.5 และ 123.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 24)

4.4 ฟอสฟอรัส

4.4.1 ฟอสฟอรัสในใบ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 56.0 58.6 และ 58.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 24)

4.5.1 ฟอสฟอรัสในต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ฟอสฟอรัสในต้นคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 31.4 33.3 และ 31.2 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) วิตามินซี แคลเซียมในใบและต้น ฟอสฟอรัสในใบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.–9 เม.ย. 52)

แคลเซียม (มก./ลิตร)	ไฟเบอร์ (กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)	วิตามินซี	แคลเซียม		ฟอสฟอรัส	
			ในใบ	ในต้น	ในใบ	ในต้น
			(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)			
120	0.64	56.8	319.2	114.2	56.0	31.4
140	0.67	53.7	328.7	117.5	58.6	33.3
160	0.57	53.0	337.5	123.5	58.4	31.2
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	40.85	20.29	8.37	11.73	8.36	7.78

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

5. รงควัตถุ

5.1 คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

คลอโรฟิลล์เอของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 140 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอสูงสุดเท่ากับ 90.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 160 และ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอเท่ากับ 81.98 และ 81.96 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 25)

5.2 คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

คลอโรฟิลล์บีของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 140 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีสูงสุดเท่ากับ 32.42 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 120 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีเท่ากับ 28.13 และ 28.00 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 25)

5.3 แครโทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

แครโทีนอยด์ของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 140 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแครโทีนอยด์สูงสุดเท่ากับ 19.40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้น 120 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณแครโทีนอยด์เท่ากับ 18.33 และ 17.57 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 25)

6. ไนเตรท

6.1 ไนเตรทในใบ (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในใบคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้ไนเตรทในใบของคะน้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในใบ 2,387 2,300 และ 2,062 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 26)

6.2 ไนเตรทในต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)

ไนเตรทในต้นของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน 3 ระดับ (120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยคะน้าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียม 120 140 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนเตรทในต้น 2,175 2,375 และ 2,350 มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 25 คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) ของ
 หน่ออายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ให้มีความ
 เข้มข้นของระดับแคลเซียมแตกต่างกันในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.–9 เม.ย. 52)

แคลเซียม (มก./ลิตร)	คลอโรฟิลล์เอ	คลอโรฟิลล์บี	แคโรทีนอยด์
	(มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)		
120	81.96 b ^u	28.13 b ^u	18.33 ab ^u
140	90.27 a	32.42 a	19.40 a
160	81.98 b	28.00 b	17.57 b
F-test	*	**	*
CV%	8.80	9.55	8.68

ตารางที่ 26 ไนเตรทไนโบและต้น (มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด) ของหน่ออายุ 4 สัปดาห์ที่ปลูก
 ในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ที่ดัดแปลงใหม่ที่มีความเข้มข้นของระดับแคลเซียม
 แตกต่างกันในการทดลองที่ 3.2 (ช่วงวันที่ 12 มี.ค.–9 เม.ย. 52)

แคลเซียม (มก./ลิตร)	ไนเตรทไนโบ	ไนเตรทไนต้น
	(มิลลิกรัมต่อ 1000 กรัมน้ำหนักสด)	
120	2,387	2,175
140	2,300	2,375
160	2,062	2,350
F-test	ns	ns
CV%	12.64	12.11

ns ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*,** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

^u ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

วิจารณ์

ไนโตรเจน

จากการปลูกคะน้าในสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนที่แตกต่างกัน จำนวน 2 ครั้ง พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนช่วง 150–300 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการทดลองที่ 1.1 ทำให้คะน้ามีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จำนวนใบ พื้นที่ใบ และในการทดลองที่ 1.2 พบแนวโน้มอิทธิพลของความเข้มข้นของไนโตรเจนในทำนองเดียวกับการทดลองที่ 1.1 เพียงแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ ชีรพล และคณะ (2550) ที่รายงานว่า การเพิ่มความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร. ไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนใบของต้นผักกาดขาวปลีญี่ปุ่น แต่มีผลทำให้ขนาดของใบ ขนาดลำต้น ความสูง และน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนทำให้การเจริญเติบโตของต้นคะน้าเพิ่มขึ้น น่าจะเป็นเพราะไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่เป็นส่วนประกอบของโปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และสารควบคุมการเจริญเติบโตจำพวก ออกซิน ซึ่งเป็นสารที่มีหน้าที่ในการแบ่งและขยายขนาดเซลล์ จึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตมากขึ้น โดยเฉพาะใบจะมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีสีเขียวเข้ม (ขงยุทธ, 2546)

จากการทดลองที่ 1.1 และ 1.2 พบว่าการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนยังทำให้ปริมาณไฟเบอร์เพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของไนโตรเจน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chewya (1984) และ Elkner and Kaniszewski (1995) รายงานว่า การให้ระดับไนโตรเจนสูงทำให้ปริมาณไฟเบอร์ในคะน้า และกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้น เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ ซึ่งเป็นตัวไปกระตุ้นการสังเคราะห์ไฟเบอร์ Li and Brown (1993) รายงานว่า การสังเคราะห์เบต้ากลูแคนในไฟเบอร์ของฝ้ายเพิ่มขึ้นเมื่อเอนไซม์ cellobiose เพิ่มขึ้น

จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง พบว่าการเพิ่มระดับไนโตรเจนทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของคลอโรฟิลล์ (ขงยุทธ, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับ Sritontip *et al.* (2008) ที่รายงานว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจน 0-448 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลำไยเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในการทดลองที่ 1.2 พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ลดลงกว่าการทดลองที่ 1.1 อย่างชัดเจน น่าจะเป็นเพราะในการทดลองที่ 1.2 ได้รับความเข้มแสงสูงกว่า Minotta and Zautis (1996) รายงานว่า การเพิ่มความเข้มแสงทำให้ต้นกล้าของพืชการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นและมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง สอดคล้องกับ

Issarakraisila and Settapakdee (2008) ที่รายงานว่า การเพิ่มความเข้มข้นแสงจาก 20-100% ให้กับต้นกล้า มังคุดทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง และมีการเจริญเติบโตดีที่สุดที่ความเข้มแสง 40% เพราะภายใต้สภาวะที่ความเข้มแสงต่ำ การจัดเรียงตัวของคลอโรพลาสต์บริเวณระนาบของใบจะเรียงตัวแนวตั้งฉากกับแสงที่ตกกระทบ ซึ่งแตกต่างกับการเรียงตัวของคลอโรพลาสต์ที่อยู่ภายใต้สภาวะความเข้มแสงสูง โดยคลอโรพลาสต์เรียงตัวในแนวขนานกับแสงที่ตกกระทบ เพื่อหลีกเลี่ยงการดูดกลืนแสงที่มากเกินไป (Anderson, 1986)

จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนไม่ทำให้ปริมาณแคลเซียมในใบและต้น ทั้ง 2 การทดลองมีความแตกต่างทางสถิติ นอกจากนี้ในการทดลองที่ 1.1 และ 1.2 พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหาร มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและใบเพิ่มขึ้น โดยพบความแตกต่างทางสถิติในการทดลองที่ 1.1 ซึ่งขัดแย้งกับ Sorensen (1999) รายงานว่า การเพิ่มไนโตรเจนทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในแครอตและกะหล่ำปลีลดลง แต่ก็พบแนวโน้มเพิ่มขึ้นในบร็อคโคลี่แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและวิตามินซีในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง พบว่า ในการทดลองที่ 1.1 การเพิ่มไนโตรเจนทำให้ปริมาณไนเตรตสะสมในต้นเพิ่มขึ้น และมีปริมาณวิตามินซีลดลง อย่างมีความแตกต่างทางสถิติ แต่ในการทดลองที่ 1.2 พบว่าปริมาณไนเตรตสะสมในใบและต้นคะน้าที่ได้รับความเข้มข้นไนโตรเจน 150-300 มิลลิกรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบความสัมพันธ์แบบผกผันระหว่างปริมาณวิตามินซีและไนเตรต Shinohara (1981) และ Worthington (2001) ได้อธิบายว่าวิตามินซีเป็นอนุพันธ์หนึ่งของน้ำตาลถูกสร้างขึ้นจากกลูโคส หรือ คาร์โบไฮเดรตที่เหลือจากการสังเคราะห์แสงและไม่ได้ถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และพืชจะสร้างวิตามินซีมากขึ้นเพียงใดขึ้นกับสมดุลของไนโตรเจนกับคาร์โบไฮเดรตภายในต้นพืช หากพืชได้รับธาตุไนโตรเจนสูงๆ จะส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตด้านลำต้นมากขึ้น พืชจึงใช้คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปในการเจริญเติบโตมากขึ้น ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตสำหรับการเปลี่ยนเป็นวิตามินซีลดลง ซึ่งในการทดลองที่ 1.1 พบว่า การเพิ่มระดับไนโตรเจนทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง แต่ในการทดลองที่ 1.2 กลับพบว่าการเพิ่มระดับไนโตรเจนไม่มีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง อาจเป็นเพราะในการทดลองที่ 1.2 ไม่มีการพรางแสงจึงได้รับปริมาณแสงสูงถึง 101,413 ลักซ์ ซึ่งมากกว่าการทดลองครั้งที่ 1.1 ที่มีการพรางแสงและได้รับปริมาณแสงเพียง 85,742 ลักซ์ และมีการเจริญเติบโตดีกว่าในการทดลองครั้งที่ 1.1 จึงอาจเป็นไปได้ว่าคะน้ามีการเจริญเติบโตได้ดีภายใต้สภาวะความเข้มแสงสูง ทำให้มีความต้องการใช้ไนโตรเจนในการเจริญเติบโตมากขึ้น ระดับไนโตรเจนที่ให้คือ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงไม่เกินสมดุลที่พืชต้องการ Babik *et al.* (1996) รายงานว่า การปลูก Brussels sprout ที่ระดับไนโตรเจน 200 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้ปริมาณ

วิตามินซีสูงที่สุด และถ้าระดับไนโตรเจนที่สูงหรือต่ำกว่า 200 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ จะทำให้มีปริมาณวิตามินซีลดลง ซึ่งการได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอก็ทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงได้ และ Zhao-Hui *et al.* (2008) พบว่า ไนโตรเจนมีความสัมพันธ์เชิงบวกเล็กน้อยกับปริมาณวิตามินซีในต้น Kidney bean และแสงยังมีผลต่อปริมาณไนเตรทสะสม เพราะเมื่อพืชอยู่ภายใต้สภาวะที่มีความเข้มแสงต่ำกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทสที่เป็นตัวควบคุมปริมาณไนเตรทจะทำงานลดลง (Buczek 1985; Hewitt 1975) และการเพิ่มไนโตรเจนที่ความเข้มข้น 150-300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อไนเตรทสะสมในต้นในการทดลองที่ 1.1 แต่ไม่มีผลในใบและต้นในการทดลองที่ 1.2 อาจเป็นเพราะในการทดลองครั้งที่ 1.2 ต้นคะน้ำมีการนำไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างกลูตามีนในสภาพที่สมดุลจึงทำให้มีปริมาณไนเตรทสะสมในใบและต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ

โพแทสเซียม

จากการปลูกคะน้ำในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน จำนวน 2 ครั้ง ในการทดลองที่ 2.1 พบว่า โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และในการทดลองที่ 2.2 โพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จำนวนใบ และพื้นที่ใบสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ เอกพงษ์ 2547 ที่รายงานว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียม 200-300 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักแห้งส่วนยอดเพิ่มขึ้น เพราะการเพิ่มโพแทสเซียมถึงจุดที่เพียงพอจะช่วยส่งเสริมการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นไปถึง 3 เท่า รวมถึงการสังเคราะห์แสงและกิจกรรมของเอนไซม์ RuBP คาร์บอกซิเลสที่สูงขึ้น (Peoples and Koch, 1979)

จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมไม่ทำให้ปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นในการทดลองที่ 2.1 แต่ในการทดลองที่ 2.2 ไม่พบแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น และมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ น้อยกว่าการทดลองที่ 2.1 ซึ่งสอดคล้องกับ Zhao-Hui *et al.* (2008) ที่รายงานว่า การเพิ่มโพแทสเซียมไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณวิตามินซีในต้น Kidney bean แต่ขัดแย้งกับ Soresen (1984) ที่รายงานว่า การเพิ่มโพแทสเซียมทำให้ปริมาณวิตามินซีในกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียม พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และจากรายงานของ เอกพงษ์ (2547) พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในผักกาดหอมทำให้

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น ซึ่งการขาดโพแทสเซียมในพืชทำให้การสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ต่ำลง (Dumas *et al.*, 2003)

ในการทดลองที่ 2.2 พบว่า ระดับโพแทสเซียมที่ 250 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณไฟเบอร์มากที่สุด แต่ในการทดลองที่ 2.1 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณไฟเบอร์ น่าจะเป็นเพราะต้นคะน้ามีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นแต่คาร์โบไฮเดรตที่สังเคราะห์ได้ไม่ถูกนำไปใช้ในการเจริญเติบโต จึงถูกนำไปสะสมในรูปของไฟเบอร์เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าต้นคะน้าที่ได้รับความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งขัดแย้งกับ Malhi *et al.* (2004) ที่รายงานว่า การเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลต่อปริมาณไฟเบอร์ในต้นหญ้า Timothy Hay

ในการทดลองที่ 2.1 พบว่า การให้โพแทสเซียมที่ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสในใบและแคลเซียมในต้นคะน้าสูงที่สุด แต่ในการทดลองที่ 2.2 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณฟอสฟอรัสและแคลเซียมในต้นและใบ น่าจะเป็นเพราะที่ระดับความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด จึงมีการสะสมธาตุอาหารมากที่สุด โดย El-Bassiony (2006) ได้รายงานว่า การเพิ่มโพแทสเซียมไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสในหอมหัวใหญ่ และปริมาณฟอสฟอรัสและแคลเซียมในเมล่อน (Ali and Turgut, 2005)

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 การทดลอง พบว่า ค่ะน้าที่ปลูกในการทดลองที่ 2.1 มีความต้องการระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียม 250 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีการเจริญเติบโตมากกว่าการทดลองที่ 2.2 แต่ในการทดลองที่ 2.2 มีความต้องการระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่กลับมีปริมาณแคลเซียม ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนมากกว่าการทดลองที่ 2.1 และยังมีปริมาณไนโตรเจนระดับมาตรฐานที่ทาง European Commission (EU) กำหนดไว้ที่ 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (EU, 1997) อาจเป็นเพราะในการทดลองที่ 2.2 ได้รับสภาพอากาศร้อนมากกว่าและมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า การทดลองที่ 2.1 โดยการทดลองที่ 2.1 ได้รับอุณหภูมิกลางวันสูงสุด 34-44 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 28-32 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ย 66-90 เปอร์เซ็นต์ และการทดลองที่ 2.2 ที่ได้รับอุณหภูมิกลางวันสูง 38-47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 38-32 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ย 61-90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต จึงอาจทำให้มีการคายน้ำมาก และมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้พืชมีความต้องการน้ำมากกว่าธาตุอาหาร และอุณหภูมิที่สูงเกินไปทำให้ปากใบปิด จึงส่งผลให้การสังเคราะห์แสงลดลง (สมบุญ, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับ สุภาพร (2547) รายงานว่า การดูดธาตุอาหารของคะน้าในฤดูร้อนมีแนวโน้มน้อยกว่าฤดูหนาว และฝน และปรีชาดิ (2550) พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในสภาพอากาศร้อนมีความต้องการธาตุอาหารน้อยกว่าสภาพอากาศเย็น

และรสสุคนธ์ (2547) พบว่าคะน้าที่ปลูกในฤดูร้อนการสะสมธาตุอาหารและไนเตรทมากที่สุด อิทธิสุนทร (2542) กล่าวว่า ในสภาพเครียดจะทำให้พืชมีการสะสมไนเตรทมาก

แคลเซียม

จากการทดลองปลูกคะน้าในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกัน จำนวน 2 ครั้ง พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในช่วง 120-160 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต พบเพียงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ ชีระศักดิ์ (2546) ที่รายงานว่า การเพิ่มแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 125-175 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม แต่พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมมีแนวโน้มทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เพราะแคลเซียมสามารถเพิ่มการดูดซึมแอมโมเนียม โปแทสเซียม และฟอสฟอรัส กระตุ้นการสังเคราะห์แสง และเพิ่มขนาดของเซลล์ (Sam and Fenn, 1998)

จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี และไฟเบอร์ของคะน้า และการเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมทำให้ปริมาณวิตามินซีของคะน้ามีแนวโน้มลดลง ซึ่งขัดแย้งกับ Subbiah and Perumal (1990) ที่รายงานว่า การฉีดพ่นแคลเซียมให้กับมะเขือเทศมีผลทำให้ผลมะเขือเทศมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น และ Dong *et al.* (2009) รายงานว่า การพ่นแคลเซียมที่ผลของส้มพันธุ์ Cara Cara ทำให้มีปริมาณไฟเบอร์ในผลเพิ่มขึ้น น่าจะเป็นเพราะแคลเซียมมีผลปริมาณวิตามินซีและไฟเบอร์ในระยะที่พืชมีการสะสมอาหารที่ผล มากกว่าระยะที่พืชมีการเจริญเติบโตทางต้น

ในการทดลองที่ 3.2 พบว่า แคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 140 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีมากที่สุดและมีความแตกต่างทางสถิติ ในการทดลองที่ 3.1 แคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 140 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และแคโรทีนอยด์มากที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ Tanaka and Tsuji (1980) ที่รายงานว่า การเพิ่มแคลเซียมที่ 10 มิลลิโมลาร์ทำให้ใบเลี้ยงของแตงกวามีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด แต่ถ้าให้แคลเซียมมากกว่า 10 มิลลิโมลาร์จะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง

ในการทดลองที่ 3.1 การเพิ่มแคลเซียมทำให้มีปริมาณแคลเซียมสะสมในต้นคะน้าเพิ่มขึ้นอย่างมีความแตกต่างทางสถิติ และในการทดลองที่ 3.2 พบว่าปริมาณแคลเซียมในต้นและใบมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.1 แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 การทดลองพบว่า ใน

การทดลองที่ 3.2 ต้นค่น้ำมีการเจริญเติบโตน้อยกว่า แต่กลับมีปริมาณแคลเซียม และฟอสฟอรัสสะสมมากกว่าการทดลองที่ 3.1 น่าจะเป็นเพราะในการทดลองที่ 3.1 ได้รับระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียม 250 มิลลิกรัมต่อลิตร และอุณหภูมิกลางวันสูงสุด 32–47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 27-32 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 67-90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของค่น้ำมากกว่าการทดลองที่ 3.2 ที่ได้รับระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และอุณหภูมิกลางวันสูงสุดที่ 34–48 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 27-32 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 60-78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสภาพอากาศที่ร้อนและแห้งกว่า ค่น้ำที่ได้รับอุณหภูมิสูงจะมีการเจริญเติบโตไม่ดี และมีการสะสมธาตุอาหารมาก เช่นเดียวกับการทดลองระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียม เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 การทดลองคือ การทดลองที่ 3.1 มีการใช้ในโตรเจนในรูปไนเตรทเพียงอย่างเดียว และการทดลองที่ 3.2 ที่ใช้ในโตรเจนจากรูปไนเตรทน้อยกว่าการทดลองที่ 3.1 ที่ระดับความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตรทั้ง 2 การทดลอง กลับพบว่าในการทดลองที่ 3.2 มีการสะสมไนเตรทใกล้เคียงกับการทดลองที่ 3.1 น่าจะเป็นเพราะสภาพอากาศที่ร้อนกว่าจึงทำให้มีการสะสมไนเตรทมากกว่า

จากทั้ง 3 การทดลอง พบว่า ในการทดลองที่ 1 การเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ระดับความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเจริญเติบโต ปริมาณไฟเบอร์ คลอโรฟิลล์เอและบี แคโรทีนอยด์ และฟอสฟอรัสในต้นสูงที่สุด และยังทำให้มีปริมาณไนเตรทสะสมในต้นเกินค่ามาตรฐานที่ทาง EU กำหนดไว้ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด แต่อิทธิพลของไนโตรเจนยังขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและแสงที่ค่น้ำได้รับด้วย ค่น้ำที่ได้รับสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ อากาศร้อนและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมาก ทำให้ต้นค่น้ำมีการเจริญเติบโตไม่ดี และมีการสะสมธาตุอาหารและไนเตรทมากกว่าต้นค่น้ำที่ได้รับสภาพอากาศที่เหมาะสม ดังนั้นจึงควรให้ระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ระดับความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อควบคุมปริมาณไนเตรทในต้นไม่ให้อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ส่วนการสะสมธาตุอาหารในค่น้ำมีการสะสมแคลเซียม และฟอสฟอรัสในส่วนของใบ มากกว่าส่วนต้น ส่วนไนเตรทจะสะสมมากที่สุดในส่วนของลำต้น โดยเฉพาะในบริเวณข้อที่สามนับจากโคนต้น (พัชรภรณ์, 2549) ในการทดลองที่ 2 พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมมีผลต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง แต่ไม่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ โดยในสภาพอากาศร้อนที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดช่วง 38-47 องศาเซลเซียส ควรใช้ระดับความเข้มข้นโพแทสเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และสภาพอากาศที่ไม่ร้อนมีอุณหภูมิสูงที่สุดช่วง 34-44 องศาเซลเซียส ควรใช้ระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียม 250 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อให้ค่น้ำมีการเจริญเติบโตดีที่สุด และในการทดลองที่ 3 พบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของค่น้ำ และในด้านคุณค่าทางโภชนาการพบเพียงว่าที่ระดับความเข้มข้นแคลเซียมที่ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์สูงที่สุด ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าอิทธิพลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต และคุณค่าทางอาหารของต้นคะน้าขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ คือ อุณหภูมิ และแสง

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของคะน้าจากแหล่งผลิตต่างๆ ที่พบในตลาดไทของกรมวิชาการ (2543) กับคะน้าที่ได้จากทั้ง 3 การทดลอง พบว่าคะน้าที่ได้จากการทดลองมีน้ำหนักสดส่วนยอด 20-36 กรัมต่อต้น ซึ่งมีน้ำหนักสดส่วนยอดน้อยกว่าคะน้าที่พบในตลาดไทที่มีน้ำหนักสดส่วนยอด 64-100 กรัมต่อต้น และเมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าที่ได้รายงานไว้ในเอกสารทางวิชาการของยูวดี และคณะ (2541) (ตารางที่ 1) กับคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าที่ได้จากทั้ง 3 การทดลอง พบว่า คะน้าที่ได้จากการทดลองมีปริมาณไฟเบอร์ 0.41-0.71 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด และวิตามินซี 53-60 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าคะน้าที่ได้รายงานไว้ในเอกสารทางวิชาการ โดยในคะน้า 100 กรัม น้ำหนักสด มีปริมาณไฟเบอร์ 1.2 กรัม และวิตามินซี 93 มิลลิกรัม แต่พบว่าคะน้าที่ได้จากการทดลองมีปริมาณแคลเซียม 250-328 มิลลิกรัมต่อลิตรและฟอสฟอรัส 53-58 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าเท่ากับคะน้าที่ได้รายงานไว้ในเอกสารทางวิชาการ โดยในคะน้า 100 กรัม น้ำหนักสด มีปริมาณแคลเซียม 237.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัส 58 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าคะน้าที่ได้จากการทดลองมีการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการน้อยกว่าที่รายงานไว้ อาจเป็นเพราะคะน้าที่ได้จากการทดลองมีอายุเก็บเกี่ยวที่ 42 วัน ซึ่งน้อยกว่าอายุเก็บเกี่ยวของคะน้าที่ปลูกในดินที่มีอายุเก็บเกี่ยว 45-55 วัน จึงทำให้มีการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการน้อยกว่า เอกพงษ์ (2547) รายงานว่า ผักกาดหอมที่มีอายุ 2 3 และ 4 สัปดาห์ มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นตามอายุปลูก ซึ่งสอดคล้องกับ วรพรรณิ (2550) ที่รายงานว่ คะน้าที่อายุ 21 และ 42 วัน มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น แต่คะน้าที่อายุ 49 วัน มีปริมาณวิตามินซีลดลง

สรุป

ในการศึกษาอิทธิพลของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร พบว่า

1. อิทธิพลของไนโตรเจนต่อคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

1.1 ไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้การเจริญเติบโต ปริมาณไฟเบอร์ คอลโรฟิลล์เอ คอลโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์มากที่สุด

1.2 การเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหาร 150–300 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาพที่มีการพรางแสงทำให้ปริมาณวิตามินซีในคะน้าลดลง แต่ในสภาพที่ได้รับแสงเต็มที่ การเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหาร 150–300 มิลลิกรัมต่อลิตรไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี

1.3 การเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหาร 150–300 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาพที่มีการพรางแสง ทำให้ปริมาณไนเตรทในต้นเพิ่มขึ้น และในสภาพที่ได้รับแสงเต็มที่ การเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหาร 150–300 มิลลิกรัม ไม่มีผลต่อปริมาณไนเตรทในต้นและใบของต้นคะน้า

1.4 การเพิ่มระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหาร 150–300 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ฟอสฟอรัสในต้นและใบเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณแคลเซียมในต้นและใบของต้นคะน้า

2. อิทธิพลของโพแทสเซียมต่อคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

2.1 ในสภาพอากาศร้อน (อุณหภูมิสูงสุด 34-44 °C) โพแทสเซียมที่ในสารละลายที่ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด และในสภาพอากาศร้อนจัด (อุณหภูมิสูงสุด 38-47 °C) และแห้งโพแทสเซียมในสารละลายที่ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด

2.2 การเพิ่มระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหาร 150-300 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อปริมาณวิตามินซี ไฟเบอร์ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ในต้นคะน้า

2.3 การเพิ่มระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมในสารละลายธาตุอาหาร ไม่มีผลต่อปริมาณแคลเซียม ฟอสฟอรัส และไนเตรทสะสมในต้นและใบของคะน้า

3. อิทธิพลของแคลเซียมต่อคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

3.1 การเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหาร 120-160 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ปริมาณวิตามินซี แคโรทีนอยด์ และไฟเบอร์ในต้นคะน้า

3.2 แคลเซียมในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความเข้มข้น 140 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ใบคะน้ามีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีมากที่สุด

3.3 การเพิ่มระดับความเข้มข้นแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหาร ทำให้มีแคลเซียมสะสมในส่วนต้นและใบคะน้าสูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและใบ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤษฎี เกียรติชนก. 2541. **สรุบริชาวิทยาพืช**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพฯ.
- คมขวัญ หนูฤทธิ์. 2543. **การศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของผักคะน้าจากแหล่งต่างๆ ที่พบในตลาดไท**. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ควัน ขาวหนู. 2522. **โภชนศาสตร์**. อักษรบัณฑิต, กรุงเทพฯ.
- ธีรพล พรสวัสดิ์ชัย, หทัย กฤษดาวิชชัย และ โสระยา ร่วมรังสี. 2550. ผลของไนโตรเจนและเหล็กที่เลทต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวญี่ปุ่นในระบบไฮโดรโปนิคส์แบบเทคนิคการให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรางเป็นแบบฟิล์มบาง. **วารสารเกษตร**. 23(3): 207-212.
- ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน. 2546. **สัดส่วนระหว่างไนเตรทต่อแอมโมเนียมและปริมาณแคลเซียมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมชนิด คอส ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร**. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นันทินี ทองคงเหยา. 2549. **อิทธิพลของสัดส่วนระหว่างไนเตรทและแอมโมเนียมและระดับความเข้มข้นในสารละลายธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักบั้งจีน**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปรีชาติ ดิษฐกิจ. 2550. **ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร และระดับ pH ต่อการเจริญเติบโต และการดูดใช้ธาตุอาหาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประณีต ผ่างแผ้ว. 2539. **โภชนศาสตร์ชุมชน: ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงภาวะเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว**. ลิฟวิ้ง ทรานส์ มีเดีย, กรุงเทพฯ.
- พัชรารักษ์ ภูไพบูลย์. 2549. **ภัยของไนเตรทในผัก**. ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง ปีที่ 20(2): 14-17.

พงษ์ศักดิ์ น้อยพยัคฆ์. 2547. **คู่มือดูแลสุขภาพด้วยสุดยอดธัญพืชอาหาร**. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสดสภา. 2546. **ธัญพืชอาหารพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยุวดี จอมพิทักษ์, ทรงชัย สิมะโรจน์, พรชัย สิมะโรจน์, ธวัชชัย สิมะโรจน์ และมยุรี ภิรมย์โสภา.
2541. **ผักอาหารมีพลัง**. รุ่งแสงการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

รสสุคนธ์ ทองศรีอัน. 2547. **ปริมาณไนโตรเจน และไนโตรเจนในผักคะน้าอินทรีย์ ผักคะน้าที่ปลอดภัยจากสารพิษ และคะน้าเคมี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชวิทยาทางอาหารและโภชนาการ. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ

ระพีพรรณ ใจภักดี. 2544. **ผักใบ**. สำนักพิมพ์แสงแดดเพื่อเด็ก, กรุงเทพฯ.

วรพรรณณี เอี่ยมละออ. 2550. **การเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหารของคะน้าที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2547. **การวิเคราะห์ธัญพืชอาหารพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมบัติ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สารวิทยาของพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. **สารวิทยาการพัฒนากาแฟพืช**. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, กรุงเทพฯ.

สิริพันธ์ จุลกรังคะ. 2542. **โภชนศาสตร์เบื้องต้น**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภาพร เรื่องวิชาโชติ. 2547. **การพรางแสงตาข่ายสีขาว สีฟ้า และสีเขียวที่ส่งผลต่อการตอบสนองต่อแสงของใบ และการเจริญเติบโตของคะน้า**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, ภาควิชาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.

อานัฐ ต้นโซ. 2547. เอกสารประกอบการสอน: การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2542. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 2. ภาควิชา
ปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,
กรุงเทพฯ

เอกพงษ์ สิริงาม. 2547. ผลของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ใน
ผักกาดหอมชนิดคอสที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, ภาควิชาพืชสวน,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Ali, D.M. and K.A. Turgut. 2005. Effect of potassium on yield, fruit quality and chemical composition
of greenhouse-grown galia melon. **J. Plant Nutr.** 28: 93-100.

Alscher, R.G. and J.L. Hess. 1993. **Antioxidants in higher plants.** CRC Press, Inc., Florida.

Anderson, J.M. 1986. Photoregulation of thylakoid membranes. **Annu. Rev. Plant. Physiol.** 37: 93-
136.

Babik, I., J. Rumpel and K. Elkner. 1996. The influence of nitrogen fertilization on yield, quality and
senescence of Brussels sprouts. **Acta Hort.** 407: 353-359.

_____. and K. Elkner. 2002. The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield and
quality of broccoli. **Acta Hort.** 571: 33-43.

Balliu, A and V. Ibro. 2002. Influence of different levels of potassium fertilizers on growth, yield
and ascorbic acid content of tomato fruit grown in non-heated greenhouse. **Acta Hort.** 579:
385-388.

- Beverly, R.B., J.G. Latimer and D.A. Smittle. 1993. Preharvest physiological and culture effects on postharvest quality, pp. 73-98 *In* R.L. Shewfelt and S.E. Prussia (eds.). **Postharvest handling: A system approach**. Acad., New York.
- Buczek, J. 1985. Regulation of nitrate and nitrate reductase activities in whole cucumber plant by endogenous level of nitrate supply. **Acta Physiol Plant**. 7: 20-30.
- Chewya, J.A. 1984. Yield and quality of kale as affected by N-side dressing, spacing and supplementary irrigation. **Acta Hort**. 163: 295-301.
- Dong, T., R. Xia, Z. Xiao, P. Wang and W. Song. 2009. Effect of pre-harvest application of calcium and boron on dietary fiber, hydrolases and ultrastructure in 'Cara Cara' navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit. **Sci Hort**. 121: 272-277.
- Dumas, Y., M. Dadomo, G.D. Lucca and P. Grolier. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. **J. Sci. Food Agric**. 83:369-382.
- El-Bassiony, A.M. 2006. Effect of potassium fertilization on growth, yield and quality of onion plant. **J. Appl. Sci. Res**. 2(10) : 780-785.
- Elkner, K. and S. Kaniszewski. 1995. Effect of drip irrigation and mulching on the quality of tomato fruits. **Acta Hort**. 379: 175-180.
- European Commission. 1997. Commission Regulation (EC) No. 194/97 of 31 January 1997. **Official Journal of the European Communities** No.L31/48-50.
- Gould, W.A. 1997. **Food Quality Assurance**. The AVI publishing company, Inc., Connecticut.
- Hewitt, E.J. 1975. Assimilatory nitrate-nitrite reduction. **Ann. Rev. Plant Physiol**. 26: 72-100.

- Issarakraisla, M. and R. Settapakdee. 2008. Effects of light intensity on leaf structure and growth of mangosteen seedlings. **Acta Hort.** 787: 289-291.
- Islam, M. and S. Kan. 2000. Changes in quality characteristics of three tomato cultivars maturing at seven different sowing times. **Trop. Agric.** 77: 236–243.
- Khosla, S. 2001. Influence of K:N ratio and EC on tomato plant raising. **Acta Hort.** 548: 149-156.
- Krauss, A. 2000. **The important part of balanced fertilization for high yield and good quality.** Potashworkshop, Tirana, Albania.
- Lee, S. and A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factor influencing vitamin C content of horticultural crop. **Postharvest Biol. Technol.** 20: 207-220.
- Lester, G.E. 2005. Whole plant applied potassium : effects on cantaloupe fruit sugar content and related human wellness compounds. **Acta Hort.** 682: 487-492.
- Li, L and R.M. Brown, Jr. 1993. □-glucan synthesis in the cotton fiber. **Plant Physiol.** 101: 1143-1148.
- Loneragan, J.F. and K. Snowball. 1969. Calcium requirement of plants. **Aust. J. Agric. Res.** 20 : 465-478.
- Makita, Y. 1994. Relationship between flesh calcium content and fruit firmness in kiwifruit. **Bull. Shizuoka citrus Exp. Sta.** 25: 1-6.
- Malhi, S.S., B. Coulman, K.S. Gill, P. Curry and T. Plews. 2004. Fertilizer nitrogen, phosphorus, potassium and sulphur effect on forage yield and quality of Timothy Hay in the Parkland Region of Saskatchewan, Canada. **J. Plant Nutr.** 27(8): 1341-1360.

- Mark, G. L, D.A. Kopsell and R. M. Augé. 2006. Biomass production and pigment accumulation in Kale grown under increasing photoperiods. **Hort. Sci.** 41(3): 603-606.
- Maruo, T., M. Takagaki and Y. Shinohara. 2004. Critical nutrient concentrations for absorption of some vegetable. **Acta Hort.** 644: 493-499.
- Minotta, G. and P. Zautis. 1996. Effect of light and soil fertility on growth, leaf chlorophyll content and nutrient use efficiency of beech. **Forest Ecol. Manage.** 86 :61-71.
- Mozafar, A. 1996. Decreasing the nitrate and increasing the vitamin c contents in spinach by a nitrogen deprivation method. **Plant Foods Hum. Nutr.** 49: 155-162.
- Muller, K. and Hippe, J. 1987. Influences of differences in nutrition on important quality characteristics of some agricultural crops. **Plant Soil.** 100: 35-45.
- Nagy, S. and W.F. Wardowski. 1988. Effect of agricultural practices, handling and storage on fruits, p.73-100. *In* E. Karmas and R.S. Harris (eds). **Nutritional Evaluation of Food Processing.** Van Nostrand Reinhold, New York.
- Nandi, K.B. and L. Bhattacharjee. 2005. **Why Fruit and Vegetable? Their Contribution to Improve Nutrition in Developing Countries.** Available source: http://www.ftp.fao.org/eslesn/food/meeting/2005/Thailand_annex3.pdf, Fed 2, 2009
- Nath, P., M. Papademetriou, K. Piluek and E.D. Herath. 1999. **The Vegetable Sector in Thailand a Review.** Available source: <http://www.fao.org/docrep/004/ac145e/AC145E02.htm>, Fed 2, 2009.
- Paiva, E. S. A., S. R. Arruda and M. H. E. Prieto. 1998. Composition and quality of tomato fruit cultivated in nutrient solutions containing different calcium concentration. **J. Plant Nutr.** 21(12): 2653-2661.

- Peoples, T.R. and D.W. Koch. 1979. Role of potassium in carbon dioxide assimilation of *Medicago sativa* L. **Plant Physiol.** 63: 878-881.
- Sam, E. F. and L.B. Fenn. 1998. Using soluble calcium to stimulate plant growth. **Texas Agricultural Extension Service.** The Texas A & M University System.
- Salunkhe, D.K., H.R. Bolin and N.R. Reddy. 1991. Preharvest factors on postharvest yield and quality, vol. 1, p. 7-44. *In Storage, Processing, and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables.* CRC Press, Boca Raton.
- Schnitzler, W.H and N. Gruda. 2003. Quality issues of greenhouse production. **Acta Hort.** 614: 663-674.
- Schreiner, M.S., S. Huyskens-Keil, P. Peters, I. Schonhof, A. Krumbein and S. Widell. 2002. Seasonal climate effect on root color and compounds of red radish. **J. Sci. Food Agric.** 82(11): 1325-1333.
- Sheldrick, R.D., J.S. Fenlon and R.H. Lavender. 1981. Variation in forage yield and quality of three cruciferous catch crops grown in southern England. **Grass Forage Sci.** 36: 179-187.
- Shinohara, Y. and Y. Suzuki. 1981. Effect of light and nutritional conditions on the ascorbic acid content of lettuce. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.** 50(2): 239-246.
- Shewfelt, R.L. 1990. Sources of variation in the nutrient content of agricultural commodities from the farm to consumer. **J. Food Qual.** 13 :37-54.
- Sorenson, J.N. 1984. Dietary fiber and ascorbic acid in white cabbage as affected by fertilization. **Acta Hort.** 163: 221-230.

- Sritontip, C., Y. Khaosumain and S. Changjeraja. 2008. Effect of nitrogen concentration on photosynthesis change of longan in lysimeter. **Acta Hort.** 787: 225-258.
- Subbianh, K. and R. Perumal. 1990. Effect of calcium sources, concentration, stages and number of sprays on physicochemical properties of tomato fruits. **South India Hortic.** 38(1): 20-27.
- Tanaka, A. and H. Tsuji. 1980. Effect of calcium on chlorophyll synthesis and stability in the early phase of greening in cucumber cotyledons. **Plant Physiol.** 65: 1211-1215.
- Vogel, D.J., D. S.M.L. Jonker-Termont, M.B. Katan and R. Meer. 2005. Natural chlorophyll but not chlorophyllin prevents heme-induced cytotoxic and hyperproliferative effects in rat colon. **J. Nut.** 135: 1995-2000.
- Winsor, G.W. 1979. Some factors affecting the quality and composition of tomatoes. **Acta Hort.** 93: 335-341.
- Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Plant Physiol.** 144: 307-313.
- Weston, L.A. and M.M. Brath. 1997. Preharvest factors affecting postharvest quality of vegetable. **Hort. Sci.** 32(5):812-816.
- Worthington, V. 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruit, vegetable and grains. **J. CAM.** 7(2): 161-173.
- Xu, H.L., R.Wang, R.Y. Xu, M.A.U. Mridha and S. Goyal. 2003. Yield and quality of leaf vegetable grown with organic fertilization. **Acta Hort.** 627:25-33.

Xiao-feng, Y., B. Zhi-long and X. Jia-lin. 2007. Effect of potassium supply on the growth, photosynthetic characteristic and quality of lettuce. **Acta Hort.** 761: 471-476.

Zhao-Hui, L., J. Li-Hua, L. Xiao-Lin, R. Hardter, Z. Wen-Jun, Z. Yu-Lan and Z. Dong-Feng. 2008. Effect of N and K fertilizers on yield and quality of greenhouse vegetable crops. **Pedosphere** 18(4) : 496-502.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณปุ๋ยแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองผลของธาตุอาหารไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า

ปุ๋ย (มล./ลิตร)	N 150 มล./ลิตร	N 225 มล./ลิตร	N 300 มล./ลิตร
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	820	932	970
KNO ₃	800	657	830
NH ₄ H ₂ PO ₄	150	-	150
MgSO ₄ ·7H ₂ O	490	308	308
NH ₄ NO ₃	-	170	345
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	-	320	260
KH ₂ PO ₄	-	163	-
KSO ₄	-	52	45
EC	1.8	1.95	2.1

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณปุ๋ยแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองผลของธาตุอาหารโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า

ปุ๋ย (มล./ลิตร)	K 150 มล./ลิตร	K 250 มล./ลิตร	K 350 มล./ลิตร
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	1,000	940	940
KNO ₃	200	850	800
NH ₄ H ₂ PO ₄	100	150	-
MgSO ₄ ·7H ₂ O	-	480	480
NH ₄ NO ₃	-	-	100
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	500	-	-
KH ₂ PO ₄	150	-	180
KSO ₄	260	-	90
KCl	-	-	75
EC	1.6	1.7	1.8

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณปุ๋ยแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองผลของธาตุอาหารแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณค่าทางโภชนาการของคะน้า

ปุ๋ย (มล./ลิตร)	Ca 120 มล./ลิตร	Ca 140 มล./ลิตร	Ca 160 มล./ลิตร
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	932	932	1,015
KNO_3	520	520	520
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	150	150	150
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	480	480	480
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-	95	150
EC	1.8	1.85	1.9