



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน	พืชสวน
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง ผลของแหล่งน้ำธรรมชาติและวันปลูกต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง	
Effects of Natural Water Resources and Planting Dates on Growth and Antioxidant Activity of Water Spinach (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsskal)	
นามผู้วิจัย นางสาวพรพรรณ สุรการพินิจ	
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	
(อาจารย์ปริยานุช จุลกะ, Ph.D.)	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	
(อาจารย์พิจิตรา แก้วสอน, Ph.D.)	
หัวหน้าภาควิชา	
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐ พิษกรรม, Ph.D.)	

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของแหล่งน้ำธรรมชาติและวันปลูกต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง

Effects of Natural Water Resources and Planting Dates on Growth and Antioxidant
Activity of Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsskal)

โดย

นางสาวพรพรรณ สุรการพินิจ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พพรพรรณ สุรการพินิจ 2555: ผลของแหล่งน้ำธรรมชาติและวันปลูกต่อการเจริญเติบโต และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักนึ่ง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
อาจารย์ปริยานุช จุลกะ, Ph.D. 69 หน้า

ศึกษาผลของแหล่งน้ำธรรมชาติและวันปลูกต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักนึ่ง ณ อ. ผักไห่ จ. พระนครศรีอยุธยา ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2551 ถึงเดือนพฤษภาคม 2552 โดยแบ่งเป็น 3 การทดลองดังนี้ การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบแหล่งปลูกของผักนึ่ง 3 พันธุ์ คือ ใบไผ่ ใบใหญ่ และไทยแดง ในแหล่งน้ำขังและแปลงปลูก พบว่า การปลูกในแหล่งน้ำขังทำให้ผักนึ่งทั้ง 3 พันธุ์มีความยาวของลำต้น น้ำหนักสดและแห้งส่วนของต้นสูงกว่าการปลูกในแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งผักนึ่งใบใหญ่และไทยแดงมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าใบไผ่ การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบการปลูกผักนึ่งทั้ง 3 พันธุ์ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ต่างกัน ได้แก่ ต้นน้ำ ปลายน้ำ แหล่งน้ำขัง พบว่า ความยาวของลำต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นของผักนึ่งทั้ง 3 พันธุ์มีค่าสูงที่สุดเมื่อปลูกในแหล่งน้ำขัง และการปลูกผักนึ่งทั้ง 3 แหล่งไม่มีผลทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีแตกต่างกัน แต่พบว่าผักนึ่งใบใหญ่และไทยแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณวิตามินซี สูงกว่าผักนึ่งใบไผ่ การทดลองที่ 3 ปลูกผักนึ่ง 2 พันธุ์ คือ ใบใหญ่และไทยแดง ในเดือนเมษายน สิงหาคม และพฤศจิกายน บริเวณแหล่งน้ำขัง พบว่า การปลูกผักนึ่งทั้ง 2 พันธุ์ในเดือนเมษายนทำให้มีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวของลำต้น (114.46 เซนติเมตร) จำนวนใบ (15.40) น้ำหนักสดของต้นและใบ (58.69 และ 16.19 กรัม) และน้ำหนักแห้งของต้นและใบ (4.07 และ 1.48 กรัม) รวมทั้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (85.96 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณวิตามินซี (45.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) สูงกว่าการปลูกในเดือนสิงหาคม ทั้งนี้การปลูกผักนึ่งในเดือนพฤศจิกายนทำให้ผักนึ่งมีจำนวนใบ (15.40) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (83.04 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าการปลูกในเดือนสิงหาคม

Pornpun Surakanpinit 2012: Effects of Natural Water Resources and Planting Dates on Growth and Antioxidant Activity of Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsskal). Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Miss Pariyanuj Chulaka, Ph.D. 69 pages.

The influences of natural water resources and planting dates on growth and antioxidant activity of water spinach were investigated at Amphoe Phak-Hai, Phra Nakhon Si Ayutthaya province during August 2008 to May 2009. There were 3 experiments. Experiment I was done to compare the growing sites of 3 cultivars of water spinach (bamboo-leaf, green- and red-stem types) between upland and swamp. The results showed that the growth of water spinach in swamp was significantly higher in stem length, fresh and dry weights of stem than that of upland site. The antioxidant activity in green- and red-stem type were higher than bamboo-leaf type. Experiment II was studied the growth of 3 cultivars of water spinach in different locations (up-stream, down-stream and swamp). The results showed that the growth of water spinach in terms of swamp was highest in stem length, fresh and dry weight of stem. Antioxidant activity and vitamin C content of water spinach grown in 3 locations were not significantly. Nevertheless, green- and red-stem types showed higher antioxidant activity and vitamin C content than bamboo-leaf type. Experiment III was done in swamp to compare 3 planting dates (April, August and November) of 2 cultivars of water spinach (green- and red-stem types). The results showed that both cultivars grown in April were significantly higher in stem length (114.46 cm), fresh weight of stem and leaf (58.69 and 16.19 g, respectively) and dry weight of stem and leaf (4.07 and 1.48 g, respectively) than grown in August including antioxidant activity (85.96 %) and vitamin C content (45.56 mg/100 g fresh weight). However, the number of leaf (15.40) and antioxidant activity (83.04 %) those grown in November were higher than grown in August.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.ปริยานุช จุลกะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร.พิจิตรา แก้วสอน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างยิ่งที่กรุณาให้คำปรึกษาในเรื่องการเรียน การค้นคว้าวิจัย คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณ รศ.ดร.สุเทวี สุขปรากร ผู้ทรงคุณวุฒิ และ รศ.ดร.อลิศรา มีนะกนิษฐ ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ครอบครัวแสงมณี เจ้าของพื้นที่ทำการวิจัย ซึ่งเอื้อเฟื้อและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง

คุณงามความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคน ที่ได้อบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นิสิตปริญญาโทภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการปฏิบัติงานด้วยดีเสมอระหว่างทำงานวิจัยจนสำเร็จตามความมุ่งหมาย

พรพรรณ สุการพินิจ

เมษายน 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	24
สรุปและข้อเสนอแนะ	52
สรุป	52
ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	54
ภาคผนวก	66
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	69

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าอาหารส่วนที่รับประทานได้ของผักบุ้ง 100 กรัม	5
2	ความยาวของลำต้น จำนวนกิ่งแขนง จำนวนใบของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในแหล่งน้ำขังและแปลง	26
3	จำนวนกิ่งแขนงของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในแหล่งปลูกที่ต่างกัน	27
4	น้ำหนักสดส่วนต้นและใบ และน้ำหนักแห้งส่วนต้นและใบของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในแหล่งน้ำขังและแปลง	30
5	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีของผักบุ้ง 3 พันธุ์ในแหล่งปลูกที่ต่างกัน	31
6	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ	32
7	ผลการวิเคราะห์ดิน	33
8	ความยาวของลำต้น จำนวนกิ่งแขนง และจำนวนใบของผักบุ้ง 3 พันธุ์ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่แตกต่างกัน	37
9	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนต้นและใบของผักบุ้ง 3 พันธุ์ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่แตกต่างกัน	39
10	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณวิตามินซีของผักบุ้ง 3 พันธุ์ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่แตกต่างกัน	41
11	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ บริเวณต้นน้ำ ปลายน้ำ และแหล่งน้ำขัง	42
12	ความยาวของลำต้น จำนวนกิ่งแขนง และจำนวนใบของผักบุ้ง 3 พันธุ์ในวันปลูกที่แตกต่างกัน	45
13	น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนต้นและใบของผักบุ้ง 2 พันธุ์ในวันปลูกที่แตกต่างกัน	48
14	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณวิตามินซีของผักบุ้ง 3 พันธุ์ในวันปลูกต่างกัน	50
15	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ	51

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังการปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขัง	17
2	การปลูกผักบุ้งในกระชังโดยใช้ไม้ไผ่รวกยึดเป็นเสา 4 ด้าน	18
3	ลักษณะพันธุ์ผักบุ้ง ผักบุ้งใบใหญ่ (ก), ผักบุ้งไทยแดง (ข), ผักบุ้งใบไข่ (ค)	18
4	น้ำหนักสดใบของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในแหล่งน้ำขังและแปลง	28

ภาพผนวกที่

1	คุณภูมิเฉลี่ย คุณภูมิสูงสุด และคุณภูมิต่ำสุด ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551- พฤษภาคม พ.ศ. 2552 ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา อ.ท่าเรือ จ. พระนครศรีอยุธยา	67
2	คุณภูมิเฉลี่ย คุณภูมิสูงสุด และคุณภูมิต่ำสุด ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551- พฤษภาคม พ.ศ. 2552 ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา บางนา จ. กรุงเทพมหานคร	67
3	ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา อ.ท่าเรือ จ.พระนครศรีอยุธยา และความเข้มแสง ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา บางนา จ. กรุงเทพมหานคร ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551- พฤษภาคม พ.ศ. 2552	68

ผลของแหล่งน้ำธรรมชาติและวันปลูกต่อการเจริญเติบโต และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง

Effects of Natural Water Resources and Planting Dates on Growth and Antioxidant Activity of Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsskal)

คำนำ

ผักบุ้งเป็นผักพื้นบ้านที่คนไทยบริโภคอยู่เป็นประจำทุกครัวเรือน ในอดีตผักบุ้งที่เจริญเติบโตและขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นเพียงผักที่ชาวบ้านซึ่งอาศัยอยู่ริมแม่น้ำเก็บมาเพื่อรับประทานในครอบครัว แต่ปัจจุบันผักบุ้งที่ปลูกในแม่น้ำนั้นกลายเป็นพืชที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นอย่างมาก (วรรณภา, 2549) ดังจะเห็นได้จากพื้นที่การปลูกผักบุ้งในน้ำเพิ่มขึ้นจาก 28,773 ไร่ เป็น 63,485 ไร่ จาก พ.ศ. 2537 ถึง พ.ศ. 2547 ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา และนครนายก (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ผักบุ้งมีประโยชน์หลายอย่าง สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น แกงเทโพ แกงส้ม ผัดผักบุ้งไฟแดง และเป็นผักเครื่องเคียงกับน้ำพริกหรือส้มตำ เป็นต้น มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะวิตามินเอ ทั้งพบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งไทยสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับผักพื้นบ้านบางชนิด (ลดชาติ และคณะ, 2544) ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Sato (2003) พบว่าผักบุ้งไทยแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผักบุ้งในกลุ่มอื่น อีกทั้งพบว่าส่วนของลำต้นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งสูงกว่าใบ (Huang *et al.*, 2005) นอกจากนี้แล้วการปลูกผักบุ้งยังมีประโยชน์ต่อสภาพแวดล้อม โดยใช้เป็นพืชบำบัดน้ำที่อยู่ในสภาวะ Eutrophication ช่วยลดปริมาณของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโลหะหนักบางชนิด (Rai and Sinha, 2001) และสามารถนำผักบุ้งนั้นมาบริโภคได้เนื่องจากมีปริมาณโลหะหนักสะสมอยู่ในส่วนที่รับประทานได้ไม่เกินระดับที่ FAO และ WHO กำหนด (Hu *et al.*, 2008)

ผักบุ้งเป็นผักที่พบเห็นและเจริญเติบโตได้ง่าย ตามแหล่งน้ำ ในนา หรือบนดินทั่วไป ถ้าหากผักบุ้งได้รับปัจจัยที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต จะทำให้ผลผลิตของผักบุ้งนั้นมีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้นโดยทั่วไปแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำขัง มีปริมาณของธาตุอาหารพืชในระดับที่ผักบุ้ง

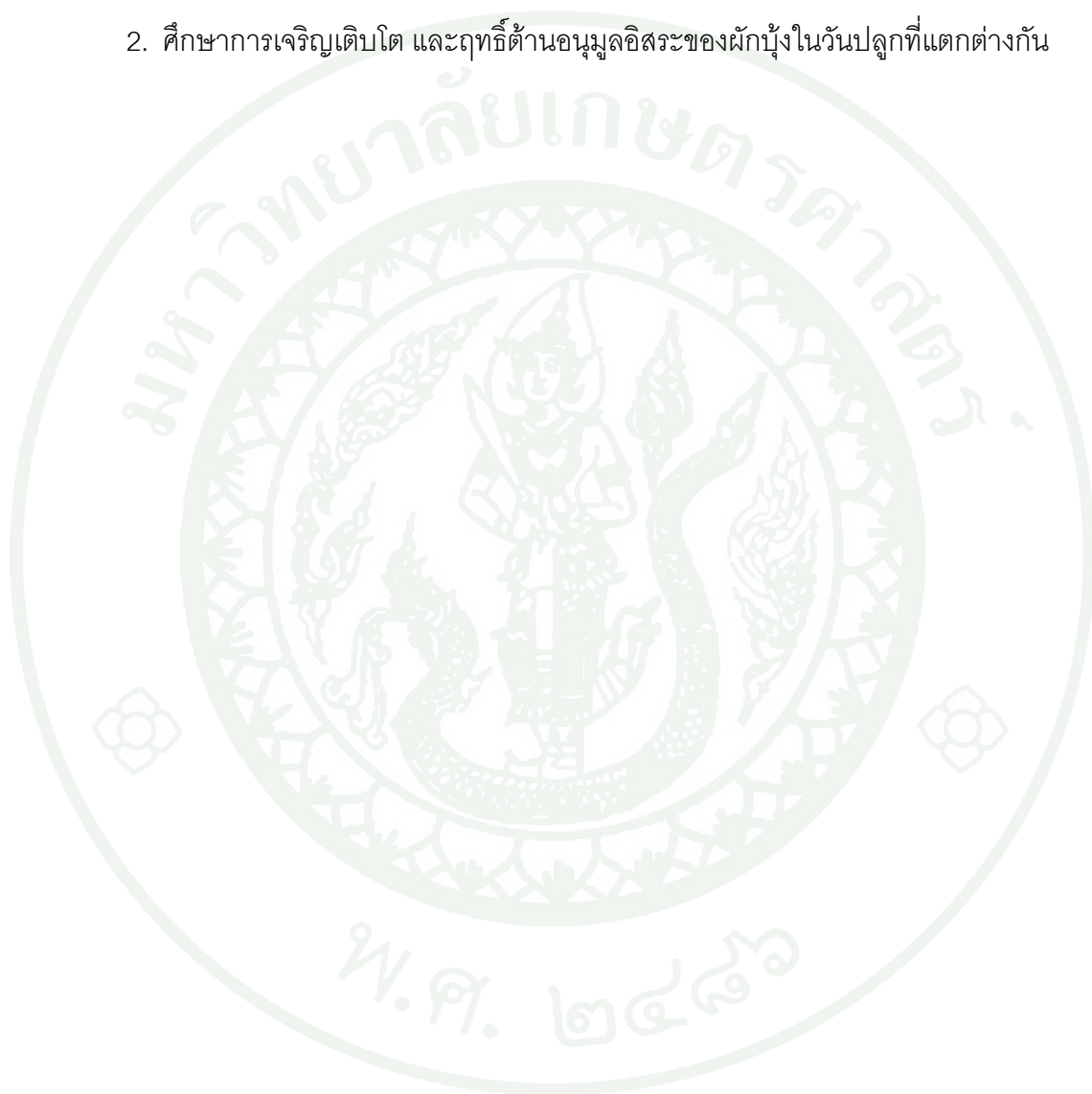
สามารถเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งจะลดปริมาณการใส่ปุ๋ย ช่วยประหยัดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร (ปดาร์ณี, 2548) โดย ธนสรณ์ (2549) ศึกษาการปลูกผักบุ้งในน้ำระหว่างระบบอินทรีย์และอนินทรีย์ ควบคู่ไปกับการเลี้ยงปลาสด ซึ่งพบว่าการปลูกในระบบอินทรีย์ให้ผลผลิตมากกว่าระบบอินทรีย์ เนื่องจากความสามารถในการละลายของปุ๋ยอินทรีย์เร็วกว่าปุ๋ยอินทรีย์ แต่ทั้งนี้พบว่ามีสารพิษตกค้างจากการใช้ยาฆ่าแมลง หากปรับเปลี่ยนการปลูกผักบุ้งในน้ำให้เป็นการผลิตแบบอินทรีย์จะทำให้ได้ผลผลิตที่ปลอดภัยจากสารพิษตกค้างทั้งผู้บริโภค ผู้ผลิต และสิ่งแวดล้อม

อย่างไรก็ตามแหล่งน้ำแต่ละแห่งมีระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของพืช (วัชรวิ, 2549) เช่นเดียวกับชนิดของพืช เพราะพืชแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน เช่น วันปลูก ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอื่น เช่น การปลูกตำลึงในฤดูร้อนทำให้มีจำนวนยอดต่อพื้นที่ น้ำหนักส่วนยอดต่อพื้นที่สูงกว่าฤดูหนาวและฤดูฝน การเจริญเติบโตของตำลึงในสภาพอากาศร้อนและมีความชื้นในดินจากการรดน้ำที่เหมาะสมจะทำให้มีการแตกกิ่งก้านได้ดี (บัวสอน, 2545) อีกทั้ง Iqbal and Bhanger (2006) พบว่าการปลูกมะรุมนในแหล่งปลูกและวันปลูกที่แตกต่างกันมีผลต่อฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ โดยการปลูกมะรุมนในเมือง Mardaan ช่วงเดือนธันวาคมในฤดูหนาวจะมีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ดังที่กล่าวมาข้างต้นพืชสามารถเจริญเติบโตได้แตกต่างกันในแต่ละช่วงฤดูของการปลูกเนื่องจากมีความแตกต่างทางด้านสภาพอากาศ ความเข้มแสง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญ รวมทั้งผลผลิต (พชรดา, 2552) โดยทั่วไปจะพบผักบุ้งตามแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปทั้งในสภาพน้ำขัง (สระน้ำ ทุ่งนา) หรือสภาพน้ำไหล (แม่น้ำ ลำคลอง) ทั้งยังพบเห็นผักบุ้งเหล่านั้นได้ตลอดทั้งปี ทั้งนี้ภายใต้สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่แตกต่างกันอาจส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและคุณภาพของผักบุ้ง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายที่จะศึกษาผลของแหล่งน้ำธรรมชาติและวันปลูกรวมถึงพันธุ์ที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาระบบการผลิตผักบุ้งที่ปลูกในแหล่งน้ำ รวมทั้งสามารถคาดการณ์และวางแผนการผลิตได้อย่างเป็นระบบ ทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีตลอดทั้งปี อีกทั้งยังเป็นการจัดสรรทรัพยากรในการใช้แหล่งน้ำธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการเจริญเติบโต และฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งพันธุ์ใบใหญ่ ใบเฝื่อน และไทยแดงที่ปลูกในแหล่งน้ำธรรมชาติที่แตกต่างกัน
2. ศึกษาการเจริญเติบโต และฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งในวันปลูกที่แตกต่างกัน



การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทั่วไป

ผักนึ่งเป็นพืชฤดูเดียวหรือสองฤดูขึ้นไป มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว พบได้ทั้งบนดินและในน้ำ มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศเอเชียเขตร้อน บริเวณประเทศอินเดียรวมถึงแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ แถบประเทศทางแอฟริกาเขตร้อน และบริเวณตอนกลางและตอนใต้ของทวีปอเมริกา ทั้งยังพบตามหมู่เกาะต่าง ๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก (Westphal, 1994)

ผักนึ่งเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม ประกอบด้วย น้ำ 90.2 กรัม โปรตีน 3.0 กรัม ไขมัน 0.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 5.0 กรัม วิตามินเอ 4,000-10,000 IU และพลังงาน 134 กิโลจูล (Westphal, 1994) อีกทั้งยังมีกรดอะมิโน เช่น แอสปาดิก ทรีโอนีน เซอรีน ไลซีน ลิวซีน เป็นต้น (Rao and Vijay, 2002) กรดอินทรีย์ เช่น กรดมาลิก กรดซิตริก และกรดออกซาลิก (Will *et al.*, 1984) สารในกลุ่มของโพลีฟีนอล เช่น เมอร์ไรซีติน (myricetin) ควานซีติน (quercetin) ลูทีโอลิน (luteolin) อะพิจีนิน (apigenin) และแคมเฟอร์โรล (kaempferol) (Chu *et al.*, 2000) นอกจากนี้ผักนึ่งยังเป็นแหล่งของธาตุโพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และเหล็กในปริมาณที่มากเพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ (Umar *et al.*, 2007) ทางแพทย์ของประเทศศรีลังกาพบว่าผักนึ่งมีสารคล้ายฮอร์โมนอินซูลิน ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด บรรเทาหรือรักษาโรคเบาหวานได้ (Malalavidhane *et al.*, 2001) อีกทั้งมีสรรพคุณในการดูดซับไขมันได้ดี และลดอาการร้อนใน (พรพิมล, 2544) ซึ่งผักนึ่งแต่ละพันธุ์จะมีคุณค่าทางอาหารแตกต่างกัน (ตารางที่ 1) โดยผักนึ่งจีนจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ

ตารางที่ 1 คุณค่าอาหารส่วนที่รับประทานได้ของผักบุ้ง 100 กรัม

พันธุ์	แคลเซียม (mg)	ฟอสฟอรัส (mg)	เหล็ก (mg)	วิตามิน (mg)			เบต้า- แคโรทีน (RE)	ใย- อาหาร (g)
				บี 1	บี 2	ซี		
ผักบุ้งจีน	51*	31*	3.30*	0.02*	0.14*	9**	420.32**	2.4*
ผักบุ้งไทยต้นขาว	3	22	3	0.03	0.44	16	203.7**	-
ผักบุ้งไทยต้นแดง	2	14	2.6	0.06	0.17	12**	99**	3.8**

หมายเหตุ * กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข
 ** วิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
 - ไม่มีการวิเคราะห์
 RE ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัล

ที่มา: กองโภชนาการ (2535)

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ผักบุ้งเป็นพืชในวงศ์ Convolvulaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea aquatica* Forsskal มีชื่อสามัญหลายชื่อ เช่น water convulvulus, water spinach, swamp cabbage ฟิลิปปีนส์และมาเลเซียเรียก kangkong บางส่วนของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เรียก kangkung (Knott and Deanon, 1967; Shinohara, 1980) และ สาธารณรัฐประชาชนจีนเรียก wengtsai (Shinohara, 1980) สำหรับประเทศไทยเรียกผักบุ้งหรือผักทอดยอด

ราก เป็นระบบรากแก้วและมีรากแขนงแตกออกมาจากรากแก้ว บางครั้งอาจพบรากแขนงตามข้อซึ่งมักจะแตกออกมาจากข้อของลำต้นที่มีอายุมาก (นนท์, 2505)

ลำต้น มีข้อปล้องชัดเจน ลำต้นกลมกลวง เลื้อยทอดไปตามที่ล้มหรือที่มีความชื้นหรือดิน และ ลักษณะเป็นแบบ creeping stem ทั้งนี้เพราะลำต้นอ่อนไม่สามารถตั้งตรงอยู่ได้ ดังนั้นตามข้อจึงมีรากงอกออกมา เพื่อช่วยยึดลำต้น (นันทนา, 2555) ในระยะแรกของการเจริญเติบโตจะมี

ลำต้นตั้งตรง ระยะต่อไปเลื้อยทอดยอดไปตามพื้นดินหรือน้ำ (Knott and Deanon, 1967) บริเวณข้อมีตาอยู่ 2 ชนิด คือ ตาใบ (vegetative bud) อยู่ด้านนอก ส่วนตาดอก (floral bud) จะอยู่ด้านในลำต้น ลำต้นมียางสีขาว (Core, 1955; Bailey, 1957) ส่วนการแตกแขนง เป็นการแตกหน่อออกมาจากตาที่เจริญอยู่บริเวณโคนต้น โดยมีตารอบต้น 3-5 ตา (นนท์, 2505) เมื่อแตกแขนงออกแล้วจะเจริญทอดยาวไปเป็นลำต้น มีข้อปล้อง และทุก ๆ ข้อจะมีใบและดอกเจริญออกมา (เรวัตต์, 2522)

ใบ เป็นใบเดี่ยว รูปร่างใบเป็นรูปหอก (lanceolate) รูปหัวใจ (cordate) รูปคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า (oblong) รูปไข่ (ovate) รูปกลม (orbicular) ขอบใบเรียบ ปลายใบแหลมมีฐานมนฐานใบเว้าเป็นรูปหัวใจ ซึ่งการเว้ามีหลายแบบ ขนาดของใบและความยาวก้านใบแตกต่างกัน ใบจะเกิดระหว่างข้อ ตามในข้อนั้นจะมีใบเพียงใบเดียว (เรวัตต์, 2522) การจัดเรียงตัวของใบเป็นแบบสลับ (Bailey, 1957)

ดอก เป็นช่อแบบ simple dichasium รูปกรวย ดอกออกที่ซอกใบ แต่ละช่อมีดอกย่อย 2-7 ดอก กลีบเลี้ยงสีเขียวมี 5 กลีบแยกออกจากกัน กลีบดอกมีทั้งสีขาวหรือสีชมพูอยู่ที่ฐานเชื่อมติดกันเป็นรูปกรวย เกสรตัวผู้มี 5 อัน ความยาวไม่เท่ากัน 3 อันสั้น 2 อันยาวเรียงอยู่ในวงเดียวกัน โดยอับละของเกสรจะแตกตามยาว ส่วนเกสรตัวเมียมีก้านชูเกสร 1 อัน ยอดเกสรตัวเมียรวมกันแน่น ลักษณะคล้ายกระบอง เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) และเป็นพืชวันสั้น (Shinohara, 1980) โดยจะเริ่มออกดอกเมื่อได้รับแสงสั้นกว่าช่วงวันวิฤต คือเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน (มัลลิกา, 2524)

ผลและเมล็ด เป็นผลเดี่ยว (simple fruit) มีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยมฐานมนสีดำ มี 2-4 เมล็ดต่อผล ผลแก่จะไม่แตกเมื่อแห้ง (indehiscent) มีจำนวนโครโมโซม $2n=30$ (Westphal, 1994) เมล็ดมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมฐานมน เปลือกหุ้มเมล็ดมี 3 สี ได้แก่ ดำ น้ำตาลแก่ และน้ำตาลอ่อน ซึ่งอาจสังเกตการเกิดเมล็ดแข็ง (hard seed) ได้จากระดับสีของเมล็ด โดยเมล็ดที่มีสีเข้มกว่าจะมีเปอร์เซ็นต์ของการเกิด hard seed สูงกว่า (มัลลิกา, 2524)

3. การจัดจำแนก

Westphal (1994) ได้จำแนกฝักนึ่งในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ผักบุ้งแดง (Red kangkong) ลำต้นมีสีเขียวเข้มออกแดงหรือมีสีม่วง มีขนาดเล็ก และเหนียวกว่าผักบุ้งขาว ใบมีสีเขียวเข้มอาจพบว่าก้านใบหรือเส้นใบมีสีม่วง ส่วนดอกมีสีม่วงอ่อนถึงสีขาว ผักบุ้งชนิดนี้เป็นพันธุ์พื้นเมืองหรือพันธุ์ป่าที่พบในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ออกดอกและติดเมล็ดยาก มักปลูกในน้ำหรือพื้นที่ชื้นแฉะ ในประเทศไทยเรียกผักบุ้งชนิดนี้ว่า ผักบุ้งไทย ส่วนอินโดนีเซียและมาเลเซียเรียกว่า kangkung air

2. ผักบุ้งดอกสีขาว (White-flowering kangkong) ลำต้นมีสีขาวหรือเขียวอ่อน กรอบไม่เหนียว ใบมีสีเขียวถึงเขียวอ่อน ก้านใบมีสีเขียวอ่อน ดอกมีสีขาว เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยเรียกผักบุ้งชนิดนี้ว่า ผักบุ้งจีน ส่วนอินโดนีเซียเรียกว่า kangkung darat มาเลเซียเรียกว่า kankung putih และ kankung darat ในประเทศฟิลิปปินส์ และได้ค้นพบผักบุ้งที่มีดอกสีขาว 2 ชนิด ซึ่งจำแนกตามลักษณะของใบ โดยออกแบ่งเป็น ใบกว้างและใบแคบแหลม ในประเทศไทยมีการปรับปรุงพันธุ์เป็นพันธุ์ปลูก เช่น 'Bai Phai nr. 5' มีลำต้นและใบมีสีเขียวเข้ม ลักษณะของใบคล้ายใบไผ่ 'Prachan nr. 9' มีลำต้นและใบสีเขียวออกเหลืองอ่อน และ 'Loet Phan nr. 1' มีลำต้นสีเขียว เจริญเติบโตเร็วและมีความสม่ำเสมอ

อย่างไรก็ตาม ผักบุ้งจัดเป็นพืช self-incompatibility เกิดการผสมข้ามตามธรรมชาติได้ง่าย (Shinohara, 1980) จึงทำให้ผักบุ้งมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมหรือกลายพันธุ์ เมื่อนำไปปลูกจะได้ลักษณะและรูปร่างที่แตกต่างออกไปจากเดิม

4. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

1. ลักษณะและคุณสมบัติของดิน

ผักบุ้งสามารถปลูกได้ทั้งบนดินและในน้ำ ปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิด แต่จะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ได้แก่ ดินร่วนเหนียว (Satpathy, 1964) และดินเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุสูง ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5.3-6.0 (Westphal, 1994)

2. น้ำและความชื้น

ถ้ามีปริมาณน้ำมากผักบุ้งจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าหากปริมาณน้ำไม่เพียงพอ การเจริญเติบโตของผักบุ้งจะหยุดชะงัก และลำต้นจะแข็งกระด้าง (Knott and Deanon, 1967) เมล็ดผักบุ้งเมื่อได้รับความชื้นที่เหมาะสมจะงอกได้ภายใน 48 ชั่วโมง ลักษณะการงอกเป็นแบบ epigeal germination หลังจากงอกได้ 5-7 วัน จะเห็นใบเลี้ยงมีลักษณะเป็น 2 แฉก คล้ายรูปเกือกม้า (Westphal, 1994) มีการเจริญเติบโตรวดเร็วมากในระยะ 2 สัปดาห์แรก อย่างไรก็ตาม ผักบุ้งไทย (Red kangkong) มีความต้องการปริมาณน้ำมากกว่าผักบุ้งจีน (White-flowering kangkong) จึงสามารถตัดลำต้นที่แก่แล้วนำไปปลูกในที่ลุ่ม ชื้นแฉะ หรือในหนองน้ำได้ (ยี่แยงและคณะ, 2548) ส่วนผักบุ้งจีนนิยมปลูกด้วยเมล็ด มักปลูกที่ดอนเพราะต้องการน้ำในปริมาณที่น้อยกว่า (สุนทร, 2540)

3. อุณหภูมิและแสง

ผักบุ้งเป็นผักเขตร้อนและเป็นพืชวันสั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ผักบุ้งจะไม่เจริญเติบโต (Palada and Chang, 2003) ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการปลูกผักบุ้งบนพื้นที่สูงกว่า 700 เมตร ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส ดังนั้นการปลูกผักบุ้งในเขตพื้นที่ละติจูดสูง เช่น ทางตอนเหนือของประเทศไทยและเวียดนาม และฮ่องกง จำเป็นต้องปลูกในช่วงฤดูร้อน (Westphal, 1994) หรืออาจจะต้องปลูกในโรงเรือนที่มีการควบคุม แสง อุณหภูมิและความชื้นเพื่อส่งเสริมคุณภาพและปริมาณผลผลิต (Larkcom, 2007) นอกจากนี้แล้วผักบุ้งยังต้องการแสงแดดเต็มที่ ซึ่งประเทศไทยสามารถปลูกได้ตลอดปี

4. ธาตุอาหาร

วีรพงศ์ (2528) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N) อัตราส่วน 15 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปของ P_2O_5 อัตราส่วน 10 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้ความยาวของลำต้นและผลผลิตผักบุ้งจีนเพิ่มขึ้น ซึ่งผักบุ้งจีนต้องการธาตุไนโตรเจนในการเจริญเติบโตทางด้านการงอก (vegetative growth) โดยพบว่าผักบุ้งจีนมีการสะสมไนโตรเจนได้มากถึงร้อยละ 4.65-5.95 ของน้ำหนักแห้ง (จิตรวรัตน์ และ สมเจตน์, 2524) ส่วนการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะเพิ่มจำนวนของรากฝอยที่แตกออก

ตามบริเวณข้อของลำต้น เพื่อใช้ในการดูดซึมธาตุอาหารจากดิน โดยเนื้อเยื่อเจริญบริเวณปลายรากจะมีการสะสมของฟอสฟอรัสอยู่มาก

Preston and Luyen (2004) เปรียบเทียบผลของการให้น้ำปุ๋ยยูเรียในผักบุ้งที่ปลูกในดินและในน้ำ พบว่าการให้น้ำปุ๋ยยูเรียเพียงชนิดเดียวจะทำให้ผลผลิตชีวมวลของผักบุ้งที่ปลูกในน้ำสูงกว่าการปลูกในดิน โดยให้ผลผลิตชีวมวลสูงสุดประมาณ 30 กิโลกรัม ยูเรีย-ไนโตรเจน/เฮกตาร์ ส่วนน้ำหนักแห้งและปริมาณไนโตรเจนในส่วนของใบผักบุ้งสูงกว่าในลำต้น และเพิ่มขึ้นตามระดับของการให้น้ำปุ๋ยยูเรีย

5. การปลูกและการเก็บเกี่ยว

การปลูกผักบุ้งในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ปลูกในที่ดอน (upland type) มีวิธีการปลูกดังนี้

1.1 หว่านเมล็ดลงในแปลง ก่อนที่จะปลูกต้องนำเมล็ดแช่น้ำประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อช่วยให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น หลังจากนั้นนำเมล็ดไปหว่านลงแปลงที่เตรียมไว้ โดยใช้เมล็ดประมาณ 30 ลิตรต่อไร่ (นนท์, 2505; สุเทวี, 2522)

1.2 โรยเมล็ดเป็นแถว โดยมีระยะระหว่างแถว 10-15 เซนติเมตร กลบเมล็ดลึก 2 เซนติเมตร ใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 15 ลิตรต่อไร่ (นนท์, 2505; สุเทวี, 2522)

การปลูกผักบุ้งบนที่ดอน ถ้าปลูกโดยการหว่านเมล็ดจะมีการแตกแขนงน้อยมาก ส่วนมากเป็นการเจริญเติบโตทางยอด ซึ่งผักบุ้งที่ปลูกห่างกันจะมีการแตกแขนงได้ดี (นนท์, 2505) ผักบุ้งที่ปลูกบนที่ดอนสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ที่อายุ 20-30 วันหลังจากปลูก โดยเก็บเกี่ยวทั้งต้น หรืออาจตัดให้เหลือข้อของลำต้นไว้ 1 ข้อ เพื่อให้แตกแขนงเป็นต้นใหม่และสามารถเก็บเกี่ยวได้อีกครั้งใช้เวลา 21 วันหลังจากตัดในครั้งแรก (สุวรรณ, 2520)

2. ปลุกในที่ลุ่ม (low land type หรือ paddy field type) มีวิธีการปลุกดังนี้

2.1 ปลุกในนา โดยใช้ท่อนพันธุ์ (stem cutting) ยาวประมาณ 50-70 เซนติเมตร เตรียมพื้นที่ด้วยการไถคราดเพื่อทำเทือก แล้วปักดำลงในดิน ระยะห่างประมาณ 50-70 เซนติเมตร กอละ 5-6 ต้น เมื่อผักบุ้งเริ่มมีรากและตั้งตัวได้แล้ว ปล่อยน้ำเข้าแปลงสูงประมาณ 30 เซนติเมตร หลังจากนั้นผักบุ้งจะมีการแตกยอด ให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 ปุ๋ยทางใบหรือฮอร์โมนเพื่อเร่งให้แตกยอดมากขึ้น หลังจากปล่อยน้ำเข้าแปลงประมาณ 1 สัปดาห์ ผักบุ้งจะเริ่มทยอยตัดยอดได้ สามารถเก็บผลผลิตได้ทุกสัปดาห์ แต่ต้องหมั่นตัดยอดบ่อย ๆ เพราะถ้าไม่ตัดจะแตกยอดช้า และถ้าต้นหนาแน่นจนเกินไปต้องคอยตัดออกหรือถอนทิ้งบ้างเพื่อให้มีการแตกยอดมากขึ้น หากผักบุ้งเริ่มมีอายุมากจะมีการแตกยอดน้อยหรือปลุกใหม่ ผักบุ้งจะมีอายุประมาณ 5-6 เดือนต่อการปลุก 1 รอบ (วรรณภา, 2549)

2.2 ปลุกโดยจัดที่ปลุกให้ลอยน้ำหรือติดกับขอบตลิ่ง พบมากในแถบภาคกลางบริเวณริมแม่น้ำลำคลอง ซึ่งปลุกเป็นพืชข้ามฤดู สามารถเก็บเกี่ยวได้ตลอดปี โดยนำท่อนพันธุ์ผักบุ้งหรือยอดที่ลอยมาตามน้ำ มาปักตามแนว และล้อมหรือปักไม้ไผ่ที่มีความสูงกว่าระดับน้ำ เพื่อเป็นหลักให้ผักบุ้งลอยเป็นแถวตามยาว และป้องกันไม่ให้ต้นผักบุ้งหายไปตามกระแสน้ำ และต้องมีการตัดแต่งผักบุ้งเพื่อให้แตกยอดใหม่ หลังจากนั้นจะสามารถเก็บเกี่ยวผักบุ้งได้อีกภายใน 15-20 วัน แต่ข้อจำกัดของการปลุกผักบุ้งในแม่น้ำคือ หากเป็นช่วงลมแรงหรือกระแสน้ำไหลเชี่ยว ผักบุ้งจะเจริญเติบโตช้า และบางครั้งอาจพัดพาหลักและผักบุ้งลอยตามกระแสน้ำไป และในช่วงน้ำหลากระดับน้ำลึกมากทำให้น้ำท่วมหลักจึงต้องเปลี่ยนใช้ไม้หลักที่ยาวขึ้น ส่วนในฤดูหนาวจะแตกยอดน้อย และถ้าน้ำบริเวณแม่น้ำที่ปลุกผักบุ้งเริ่มเน่าเสีย จะทำให้ผักบุ้งเจริญเติบโตช้า ผักบุ้งจะใช้ระยะเวลานานเพื่อปรับตัว (วรรณภา, 2549)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตระหว่างการปลุกผักบุ้งในน้ำและบนที่ดอน พบว่าการปลุกผักบุ้งในแม่น้ำและในนามีค่าใช้จ่ายและให้ผลผลิตน้อยกว่าการปลุกบนที่ดอน โดยเฉลี่ย 500 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ แต่สามารถเก็บได้ตลอดทั้งปี ในขณะที่การปลุกบนที่ดอนต้องวางแผนการผลิตแบบปีต่อปีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงถึงจะสามารถเก็บผลผลิตได้ตลอดปี โดยเฉลี่ย 4-5 ต้นต่อวันต่อพื้นที่ 5 ไร่ อีกทั้งมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าเนื่องจากต้องใช้แรงงานคน ปุ๋ยและสารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชมากกว่าการปลุกผักบุ้งในแม่น้ำ (วรรณภา, 2549, 2550)

6. โรคและแมลงที่สำคัญ

1. โรคราสนิมขาว (white rust) สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Albugo ipomoea pandurate* เชื้อจะเจริญอยู่ใต้ใบในชั้นของ epidermis (นุชนารถ, 2523) อาการของโรค คือ ใบมีจุดเล็ก ๆ สีขาวปรากฏอยู่ใต้ใบ เมื่อสปอร์แก่จะดันผิวใบทะลุทำให้ใบเป็นรู (ภัทรา, 2526) พบมากในช่วงฤดูฝนหรือช่วงที่แปลงปลูกมีความชื้นสูง (สุนทร, 2540) ป้องกันโดยคลุมเมล็ดก่อนปลูกด้วยสารเมทาแลคซิล เช่น เอพรอน 35 อัตรา 7 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม หรือจะใช้สารไดเทนเอ็ม 45 อัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นในช่วงที่โรคระบาด (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน, 2553)

2. โรคใบไหม้ (leaf blight) หรือโรคราดำ สาเหตุเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas compestris* pv. เกิดจุดดุ่มใสเล็ก ๆ ใต้ใบ ต่อมาจุดแผลจะขยายออกกลายเป็นสีน้ำตาลดำ ใบจะเหลืองซีดและแห้งเหี่ยวร่วงหล่นจากต้น ระบาดมากในช่วงฝนตกหนัก และพบในการปลูกแบบร่องจีน หากใช้น้ำไม่สะอาดรด (วรรณภา, 2550) ป้องกันโดยการใช้ปูนขาวอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ คลุกดินแล้วตากดินไว้อย่างน้อย 1 เดือน หรือใช้ผงกำมะถันพ่น และปลูกพืชชนิดอื่นหมุนเวียน (เฉลิมเกียรติ และ ภัทรา, 2539)

3. แมลงที่สำคัญ ได้แก่ หนอนกระทู้ผัก เต่าทองผักบุ้ง และเต่าเงินผักบุ้ง วิธีการป้องกันหรือกำจัด ก่อนปลูกควรมีการไถดินตากแดด 10-15 วัน และทำความสะอาดบริเวณรอบแปลง คอยเก็บตัวอ่อนไปทำลายหรือใช้กับดักกาฬสีเหลือง ส่วนสารเคมีที่ใช้กำจัด ได้แก่ เมวินฟอสอัตรา 20-30 มิลลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นทุก ๆ 5 วัน (สุนทร, 2540)

7. สารต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้ง

อนุมูลอิสระ (free radical) คือ โมเลกุลหรืออนุภาคที่มีอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่อยู่เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากการรับหรือขาดอิเล็กตรอนไปหนึ่งตัว ทำให้โมเลกุลนั้นไม่เสถียรและมีความว่องไวสูง (วัชรวิ, 2549) สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นที่อยู่ข้างเคียงอย่างรวดเร็ว เพื่อให้โมเลกุลของอนุมูลอิสระเสถียรขึ้น ทำให้โมเลกุลนั้นเกิดเป็นอนุมูลอิสระ และทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่น ๆ ต่อไป โดยทั่วไปร่างกายของมนุษย์จะเกิดอนุมูลอิสระในกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจน อนุมูลอิสระและอนุพันธ์ของออกซิเจนรวมเรียกว่า reactive oxygen species (ROS) ในสภาวะของคนปกติอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะสมดุลกับการทำงานของสารต้านการเกิดอนุมูลอิสระ หากผิดปกติจะทำลายดีเอ็นเอ โปรตีน ไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและเนื้อเยื่อต่าง ๆ และทำลายโครงสร้างของเซลล์ เป็นสาเหตุของการเกิด

เซลล์มะเร็ง (สุพร, 2549) ส่วนพืชจะเกิดอนุมูลอิสระ (ROS) ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ในสภาวะปกติพืชจะมีระบบเอนไซม์หลายชนิดที่ควบคุมกลไกเพื่อลดความเป็นพิษของ ROS เช่น superoxide dismutase (SOD), catalase, ascorbate และ glutathione (Cassells and Curry, 2001)

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) คือ สารประกอบที่สามารถยับยั้งหรือต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยมีกลไกต่าง ๆ กัน ปกติร่างกายจะมีกลไกปรับสมดุลของการผลิตอนุมูลอิสระ โดยใช้สารต้านอนุมูลอิสระไปจับกับอนุมูลอิสระที่เป็นปัญหา เรียกว่า antioxidant defense system แล้วเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่เสถียรกว่า ส่งผลให้หยุดวงจรการเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ขึ้นมาอีก เพราะอนุมูลอิสระจะรวมกันเองกลายเป็นโมเลกุลที่เสถียร สารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายคนเรามี 2 ประเภท คือ ประเภทเอนไซม์ (Enzymatic antioxidants) ได้แก่ superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx) และ catalase และสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์ (Non enzymatic antioxidants) โดยทั่วไปในร่างกายมีสารต้านอนุมูลอิสระอย่างจำกัด จึงจำเป็นต้องอาศัยสารต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งภายนอกที่มาจากธรรมชาติ (natural antioxidants) ได้แก่ วิตามินซี (ascorbic acid) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และโทโคฟีรอล (tocopherol) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สังเคราะห์ขึ้น (synthetic antioxidants) ได้แก่ tert-butyl-4-hydroxytoluene (BHT) และ tert-butylthioquinone (TBHQ) เป็นต้น การรับประทานผักและผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งได้ดีกว่าการรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระโดยตรง (วัชรวิ, 2549) ตัวอย่างของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในผักบุ้ง เช่น

1. วิตามินซี (Ascorbic acid) เป็นกรดอินทรีย์ที่มีโครงสร้าง 2 ลักษณะ คือ L- Ascorbic acid ในรูปแบบรีดิวส์ กับ Dehydroascorbic acid ในรูปออกซิไดส์ วิตามินซีมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมของกรดอะมิโนและทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ของปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ ในร่างกาย ทั้งยังช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย และสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระโดยการทำปฏิกิริยารีดักชัน (Le Prell *et al.*, 2007) ช่วยลดปริมาณการเกิดไนโตรซามีน (Nitrosamines) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในระบบทางเดินอาหาร แหล่งของวิตามินซี ได้แก่ ผักใบเขียวทั่วไป ผลไม้รสเปรี้ยว เป็นต้น (ดำเกิง, 2541) ในผักบุ้งสดมีปริมาณวิตามินซีประมาณ 20-50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Ismail and Fun, 2003)

2. แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) เป็นรงควัตถุที่มีสีเหลืองจนถึงส้มแดง อยู่ในกลุ่มของ tetraterpenoids มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสง ช่วยทำหน้าที่ดูดแสงและส่งพลังงานไปยัง คลอโรฟิลล์ซึ่งอยู่ในคลอโรพลาสต์ (นิตย, 2542) สารในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ ได้แก่ ลูเทอิน (lutein) ซีแซนทีน (zeaxanthin) เบต้าแคโรทีน (β -carotene) ไลโคปีน (lycopene) และคริปโตแซนทีน (cryptoxanthin) เป็นต้น เมื่อแคโรทีนอยด์เข้าสู่ร่างกายจะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ สามารถลดแสงสี น้ำเงินที่ทำอันตรายต่อโครงสร้างของ retinal ช่วยในการซ่อมแซมและบำรุงสายตา (Ribaya and Blumberg, 2004) อีกทั้งกำจัดหรือต้านอนุมูลอิสระ โดยไปยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (อัญญา, 2544) ในผักนึ่งสด 100 กรัม พบว่ามีปริมาณโปรวิตามินเอ 492 RE เมื่อทำให้สุกจะมี ปริมาณสูงขึ้น 595 RE และพบว่าส่วนของใบมีโปรวิตามินเออยู่ในรูปของ all-trans- β -carotene มาก ที่สุด (Hulshof *et al.*, 1997)

3. สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) เป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป มีโครงสร้างหลักเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) และมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) อยู่ในโมเลกุล อย่างน้อย 1 หมู่ ส่วนมากพบรวมกับโมเลกุลของน้ำตาลในรูปสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) สารประกอบฟีนอลิกในธรรมชาติมีหลายกลุ่ม และมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ลิกนิน (lignin) เมลานิน (melanin) และแทนนิน (tannin) เป็นต้น สารประกอบ ฟีนอลิกทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอนุมูลเพอรอกซิล (peroxyl) โดยทำให้อนุมูลอิสระ กลายเป็นสารที่มีความเสถียร อีกทั้งยังช่วยทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ ทำหน้าที่ให้ไฮโดรเจน และกำจัด ROS (อัญญา, 2544) ในผักนึ่ง Prasad *et al.* (2005) ได้ทำการทดลองแยกสารต้านอนุมูลอิสระใน ส่วนของใบด้วยวิธี UV, 2D-NMR และ gas chromatography/mass spectroscopy พบว่าเป็นสาร 7-O- β -D-glucopyranosyl-dihydroquercetin-3-O- α -D-glucopyranoside ซึ่งจัดเป็นสารประกอบ ฟีนอลิครวมกับโมเลกุลของน้ำตาลในรูปสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside)

นอกจากนี้ Huang *et al.* (2005) สกัดหาปริมาณฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของผักนึ่ง พบว่าเมื่อสกัดด้วยเอทานอล 95% ในส่วนของใบจะมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด และ เมื่อสกัดด้วยเอทานอล 95% ด้วยวิธี DPPH colorimetric พบว่าในส่วนของลำต้นมีฤทธิ์ต้านอนุมูล อิสระสูงกว่าใบ อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับกรยับยั้งเซลล์มะเร็ง พบว่าส่วนของลำต้นที่สกัดด้วยน้ำ มีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งสูงสุด ($EC_{50} = 661.40 \pm 3.36$ ไมโครกรัม น้ำหนักแห้ง/มิลลิลิตร)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สาร DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) เป็นวิธีที่ง่ายใช้เวลาในการวิเคราะห์น้อย นอกจากนั้นยังสามารถใช้ทดสอบได้ทั้งสารต้านอนุมูลอิสระที่มีสถานะเป็นของแข็งและเป็นของเหลว สารสกัดหรือสารออกฤทธิ์สามารถทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระ (DPPH) หลักการของวิธี DPPH คือ อิเล็กตรอนที่ไม่ได้จับคู่ (unpaired electron) ในโมเลกุลของอนุมูล DPPH สามารถดูดกลืนพลังงานแสงได้ที่ความยาวคลื่นสูงสุด 517 นาโนเมตร ทำให้มองเห็นเป็นสีม่วง และเมื่ออนุมูล DPPH ถูกรีดิวซ์โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณสมบัติเป็น hydrogen donor อนุมูล DPPH จะเปลี่ยนเป็น DPPH-H ซึ่งการสูญเสียอิเล็กตรอนดังกล่าวจะทำให้อนุมูลของ DPPH ดูดกลืนพลังงานแสงได้น้อยลง จึงเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (Aruna, 2001; Kulisic *et al.*, 2004)

8. ปัจจัยที่มีผลต่อบทบาทหรือการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ

1. พันธุกรรม

Howard *et al.* (2002) พบว่าปวยเล้งที่ถูกปรับปรุงพันธุ์จะมีปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าพันธุ์ทางการค้า ส่วนในพืชวงศ์ Brassicaceae ที่มี cultivars และ species ต่างกัน จะพบว่ามีประเภทยของฟลาโวนอยด์ที่คล้ายคลึงกัน แต่มีปริมาณที่แตกต่างกัน (Krumbein *et al.*, 2007) ซึ่งในผักบั้งพบว่า กลุ่มผักบั้งที่มีลำต้นสีแดงและใบสีเขียวปนม่วงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากลุ่มที่มีลำต้นและใบสีเขียว ภายใต้อากาศแวดล้อมที่ปลูกในเขตร้อนและมีฝน (Sato, 2003)

2. สภาพแวดล้อมและการเกษตรกรรม

2.1 แสง

ในสภาพที่มีความเข้มแสงสูงจะมีผลต่อผักกาดหอมชนิด head ซึ่งส่วนของใบที่ได้รับแสงโดยตรงจะมีปริมาณของฟลาโวนอยด์สูงกว่าด้านของใบที่ไม่ได้รับแสง (Hohl *et al.*, 2001) เช่นเดียวกับการปลูกต้นหอมในสภาพที่มีความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ทำให้มีการสังเคราะห์ฟีนอลิกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะฟลาโวนอยด์ซึ่งมีบทบาทในการกรองรังสี UV ฟลาโวนอยด์จะเพิ่มขึ้นเมื่อพืชได้รับรังสี UV ที่เพิ่มขึ้น (Levine and Pare, 2009)

2.2 อุณหภูมิและฤดูกาล

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ไลโคปีนอยู่ระหว่าง 21-24 องศาเซลเซียส ซึ่งไลโคปีนจะถูกยับยั้งที่อุณหภูมิสูงกว่า 32 องศาเซลเซียส ดังนั้นการปลูกมะเขือเทศที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ปริมาณไลโคปีนลดลง (Tomes, 1963) ทั้งนี้ Howard *et al.* (2002) พบว่า การปลูกพวยหลังในรัฐอาร์คันซอ ประเทศสหรัฐอเมริกา ในช่วงฤดูหนาวจะมีปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการปลูกพวยหลังในช่วงใบไม้ร่วง ซึ่งเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของ phenylpropanoid ที่พืชสามารถผลิตออกมาเพื่อต้านทานต่อสภาวะ biotic stress และ abiotic stress นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกผักกาดขวางตั้งในช่วงฤดูแล้งของประเทศไต้หวัน (อุณหภูมิเฉลี่ย 18.4 องศาเซลเซียส) มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าฤดูฝน (อุณหภูมิเฉลี่ย 28.6 องศาเซลเซียส) แต่การปลูกในช่วงฤดูฝนทำให้มีปริมาณของวิตามินซีและกลูโคซิโนเลตสูงกว่าในฤดูแล้ง (Hanson *et al.*, 2009) เป็นต้น

2.3 ธาตุอาหาร

Lee and Kader (2000) รายงานว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไปจะเกิดการสะสมไนเตรต ทำให้วิตามินซีในกะหล่ำดอกลดลง ส่วนการให้ปุ๋ยโพแทสเซียม ทำให้พืชมีการสังเคราะห์วิตามินซีเพิ่มขึ้นในมะเขือเทศ และถั่วแขก เนื่องจากการลำเลียงน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการสังเคราะห์ในใบให้ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช จึงทำให้พืชมีการสังเคราะห์วิตามินซีเพิ่มขึ้นเนื่องจากกลูโคสเป็นสารตั้งต้นของวิตามินซี (Liu *et al.*, 2008)

2.4 แหล่งปลูก

Reyes *et al.* (2004) พบว่า การปลูกมันฝรั่งเนื้อสีแดงและม่วง ในรัฐ Colorado มีปริมาณแอนโทไซยานิน และฟีนอลิครวมสูงกว่าการปลูกมันฝรั่งในรัฐ Texas ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่ง Giusti *et al.* (1998) พบว่า แหล่งปลูก แสง รวมทั้งอุณหภูมิ มีความเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในเรดิชิสีแดง

อย่างไรก็ตาม ปริมาณ ความสามารถหรือฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระยังขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำหรือความชื้น อายุ ฤดูกาลและวิธีการเก็บเกี่ยว กระบวนการแปรรูป และวิธีการเก็บ

รักษา เป็นต้น (Schreiner, 2005) เช่น ใบผักนึ่งแก่จะมีปริมาณของโปรวิตามินเอสูงกว่าใบอ่อน และเมื่อเปรียบเทียบผักนึ่งที่เก็บมาโดยตรงจากแปลงกับที่วางจำหน่ายตามตลาด พบว่าผักนึ่งที่เก็บโดยตรงจากแปลงมีปริมาณของโปรวิตามินเอสูงกว่าที่วางจำหน่ายตามตลาด (Hulshof *et al.*, 1997)



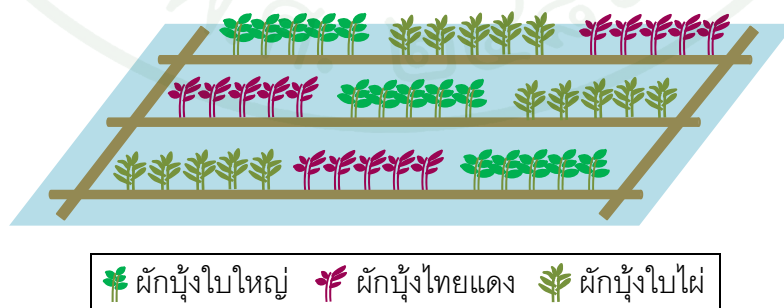
อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของแหล่งน้ำธรรมชาติและวันปลูกต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ผลของแหล่งปลูกต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง 3 พันธุ์

เพาะเมล็ดผักบุ้ง 3 พันธุ์ คือ ใบเฝื่อน ใบใหญ่ และไทยแดง ลงในวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมคือ ดิน และขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1 ใส่ลงในถุงพลาสติกสีดำขนาด 2.5 นิ้ว ย้ายกล้าเมื่ออายุ 6 สัปดาห์ หลังจากเพาะเมล็ด (Westphal, 1994) วางแผนการทดลองแบบ Split-plot in Randomized Complete Block Design ประกอบด้วยปัจจัยการทดลอง 2 ปัจจัย จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น โดยปัจจัยหลัก (main plot) คือ แหล่งปลูก มี 2 แหล่ง ได้แก่ แหล่งน้ำขังและแปลง ปัจจัยรอง (sub plot) คือ พันธุ์ ได้แก่ ใบใหญ่ ไทยแดง และใบเฝื่อน

ย้ายกล้าลงปลูกในแปลงที่มีขนาด 1 x 3 เมตร ระยะปลูกระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ระหว่างแถว 20 เซนติเมตร จำนวน 3 แปลง ณ แปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ และย้ายลงในแหล่งน้ำขัง ต.ลาดชิด อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา ในช่วงเดือนเมษายน ยึดต้นกล้าผักบุ้งที่ย้ายลงแหล่งน้ำขังด้วยไม้ไผ่รูกยาว 3 เมตร ผ่าครึ่งแล้วขนานกับลำต้นผักบุ้ง เรียงผักบุ้งตามแผนผังภาพที่ 1 และมีกระชังล้อมรอบ (ภาพที่ 2) เพื่อป้องกันหอยเชอรี่และปลาที่มาทำอันตรายยอดผักบุ้ง ทั้งยังป้องกันการสูญหายไปตามกระแสน้ำ



ภาพที่ 1 แผนผังการปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขัง



ภาพที่ 2 การปลูกผักบุ้งในกระชังโดยใช้ไม้ไผ่รวกยึดเป็นเสา 4 ด้าน

เก็บเกี่ยวผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ (ภาพที่ 2) หลังย้ายปลูก 30 วัน นำมาบันทึกข้อมูลดังนี้



ภาพที่ 3 ลักษณะพันธุ์ผักบุ้ง ผักบุ้งใบใหญ่ (ก), ผักบุ้งไทยแดง (ข), ผักบุ้งใบไข่ (ค)

1. การเจริญเติบโต

1.1 ความยาวของลำต้น วัดความยาวของลำต้นจากข้อแรกของต้นจนถึงจุดเจริญของ
กิ่งหลัก

1.2 จำนวนกิ่งแขนง นับจำนวนกิ่งแขนงที่แตกออกจากข้อแรกของลำต้น

1.3 จำนวนใบ นับจำนวนใบที่มีพื้นที่ใบมากกว่า 1 ตารางเซนติเมตร

1.4 น้ำหนักสด ชั่งน้ำหนักสดโดยแยกเป็นส่วนต้นและใบ

1.5 น้ำหนักแห้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง หรือจนกระทั่ง น้ำหนักแห้งคงที่ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งแยกเป็นส่วนต้นและใบ

2. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity)

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งด้วยวิธี DPPH method ซึ่งดัดแปลงมาจาก Yamaguchi *et al.* (1998)

เตรียมสารละลายตัวอย่างพืช โดยนำผักบุ้งสด (ส่วนของต้นและใบ)หนัก 5 กรัม มา บดจนละเอียด เติมเอทานอลกลั่นบริสุทธิ์ 95เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำมากรองด้วย กระดาษกรองเบอร์ 4 เจือจางสารสกัดที่ได้ด้วยเอทานอลกลั่นบริสุทธิ์ 95 เปอร์เซ็นต์ ขนาด 1-10 เท่า เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

หลังจากนั้นเตรียมสารละลาย DPPH (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) แบบใช้วันต่อวันโดยเก็บในที่มืด ทดสอบสารสกัดแต่ละความเข้มข้นโดยใช้ 3 ซ้ำ ดูดสารสกัดจากพืชซ้ำละ 0.5 มิลลิลิตรใส่หลอดทดลอง เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมล ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปิดฝาหลอดแล้วเก็บในที่มืด 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดซับแสง (ค่า O.D.) ด้วย เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ณ เวลา 10 นาทีของทุกตัวอย่างและ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ดังสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{517} \text{ control} - A_{517} \text{ sample}) / A_{517} \text{ control}] \times 100$$

ค่า A₅₁₇ control คือ ค่าการดูดซับแสงของสารละลาย DPPH ในเอทานอลกลั่นบริสุทธิ์ 95 เปอร์เซ็นต์ และ ค่า A₅₁₇ sample คือ ค่าการดูดซับแสงของสารสกัดจากพืช

3. ปริมาณวิตามินซี

เตรียมสารละลายตัวอย่างพืช โดยนำผักบั้งสด (ส่วนของต้นและใบ)หนัก 5 กรัม มาบดจนละเอียด นำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 150 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นนำแผ่นทดสอบวิตามินซีมาจุ่มในสารสกัดที่ถูกเจือจางด้วยน้ำ แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง reflectometer RQ-flex ยี่ห้อ Merck (เกศศิริรินทร์ และปริยานุช, 2552) คำนวณหาปริมาณวิตามินซีจากสูตร

$$\text{ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด)} = \frac{150 \times (\text{ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง reflectometer RQ-flex})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)} \times 5}$$

4. การวิเคราะห์คุณภาพ/คุณสมบัติของแหล่งปลูก

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ ตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำดังต่อไปนี้

1. pH ของน้ำ โดยใช้ pH meter ยี่ห้อ Index รุ่น INDEX ID-1040

2. Electrical conductivity (EC) วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า ด้วยเครื่อง EC meter ยี่ห้อ HACH

3. ปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ และ $\text{PO}_4\text{-P}$ ในน้ำ โดยเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร ด้วยเครื่อง Pack-Test Kit โดยหลักการของเครื่องคือ การออกซิเดชันของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่อุณหภูมิห้อง สภาวะเป็นเบส (มูลนิธิศูนย์สิ่งแวดล้อมโลก, 2545)

4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

สุ่มตัวอย่างดิน 9 จุด ในแต่ละแปลง ที่ความลึก 15 เซนติเมตร แล้วนำมารวมเป็นกองเดียวกัน และสุ่มดินไปวิเคราะห์ 1 กิโลกรัม (โครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ยและสิ่งแวดล้อม,

2550) โดยวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณ $\text{NH}_4\text{-N}$ และ $\text{NO}_3\text{-N}$

การทดลองที่ 2 ผลของแหล่งน้ำที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง 3 พันธุ์

เพาะเมล็ดผักบุ้ง 3 พันธุ์ คือ ใบเฝ้าย ใบใหญ่ และไทยแดง ลงในวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมคือ ดินและขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1 ใส่ลงในถุงพลาสติกสีดำขนาด 2.5 นิ้ว ย้ายกล้าเมื่ออายุ 6 สัปดาห์หลังจากเพาะเมล็ด (Westphal, 1994) วางแผนการทดลองแบบ Split-plot in Randomized Complete Block Design ประกอบด้วยปัจจัยการทดลอง 2 ปัจจัย จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น โดยปัจจัยหลัก (main plot) คือ แหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ ต้นน้ำ ปลายน้ำ และแหล่งน้ำขัง ปัจจัยรอง (sub plot) คือ พันธุ์ ได้แก่ ใบใหญ่ ไทยแดง และใบเฝ้าย

ย้ายกล้าลงปลูกในแหล่งน้ำธรรมชาติ 3 แหล่ง คือ

1. ต้นน้ำของแม่น้ำน้อย ต.ลาดชิด อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา เป็นบริเวณที่น้ำไหลแยกจากแม่น้ำน้อยสายหลัก โดยยังไม่ผ่านชุมชน
2. ปลายน้ำของแม่น้ำน้อย ต.ลาดชิด อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา เป็นบริเวณน้ำที่ไหลแยกผ่านจากแม่น้ำน้อยสายหลัก ผ่านชุมชน และบ้านเรือน
3. บริเวณแหล่งน้ำขัง ต.ลาดชิด อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับนาข้าวและใกล้กับบริเวณปลายน้ำของแม่น้ำน้อย โดยน้ำมีการไหลเวียนน้อย

ปลูกในช่วงเดือนเมษายน โดยปลูกผักบุ้งเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 บันทึกอุณหภูมิอากาศระหว่างทำการทดลองด้วยเครื่อง thermorecorder รุ่น TR-52 ยี่ห้อ T&D

เก็บเกี่ยวผักบุ้ง 3 พันธุ์ทั้งต้นและราก หลังย้ายปลูก 30 วัน นำมาบันทึกข้อมูล ดังนี้

1. การเจริญเติบโต บันทึกข้อมูลความยาวของลำต้น จำนวนกิ่งแขนง จำนวนใบ น้ำหนักสดต้นและใบ น้ำหนักแห้งต้นและใบ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) โดยวิธี DPPH method ซึ่งดัดแปลงมาจาก Yamaguchi *et al.* (1998) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. ปริมาณวิตามินซี เตรียมสารละลายตัวอย่างพืช และวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีด้วยวิธีการเดียวกับการทดลองที่ 1

4. การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ ตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำทั้ง 3 แหล่ง บันทึก pH ของน้ำ, ค่าการนำไฟฟ้า (EC), ปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ และ $\text{PO}_4\text{-P}$ ในน้ำ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การทดลองที่ 3 ผลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง 2 พันธุ์

เพาะเมล็ดผักบุ้ง 2 พันธุ์ คือ ใบใหญ่ และไทยแดง ลงในวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมคือ ดิน และขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1 ใส่ลงในถุงพลาสติกสีดำขนาด 2.5 นิ้ว ย้ายกล้าเมื่ออายุ 6 สัปดาห์หลังจากเพาะเมล็ด (Westphal, 1994) วางแผนการทดลองแบบ Split-plot in Randomized Complete Block Design ประกอบด้วยปัจจัยการทดลอง 2 ปัจจัย จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น โดยปัจจัยหลัก (main plot) คือ วันปลูก ได้แก่ เมษายน สิงหาคม พฤศจิกายน ปัจจัยรอง (sub plot) คือ พันธุ์ ได้แก่ ใบใหญ่ และไทยแดง ย้ายกล้าลงปลูกในแหล่งน้ำขัง ต.ลาดชิด อ.ผักไห่ จ. พระนครศรีอยุธยา ในช่วงเดือนสิงหาคม พฤศจิกายน และเมษายน ปลูกผักบุ้งโดยยัดลำต้นด้วยการขนาบกับไม้ไผ่เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

เก็บเกี่ยวผักบุ้ง 2 พันธุ์ทั้งต้นและราก หลังย้ายปลูก 30 วัน นำมาบันทึกข้อมูล ดังนี้

1. การเจริญเติบโต บันทึกข้อมูลความยาวของลำต้น จำนวนกิ่งแขนง จำนวนใบ น้ำหนักสดต้นและใบ น้ำหนักแห้งต้นและใบ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) โดยวิธี DPPH method ซึ่งดัดแปลงมาจาก Yamaguchi *et al.* (1998) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3. ปริมาณวิตามินซี เตรียมสารละลายตัวอย่างพืช และวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีด้วยวิธีการเดียวกับการทดลองที่ 1

4. การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ ตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำ บันทึกรหัส pH ของน้ำ, ค่าการนำไฟฟ้า (EC), ปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ และ $\text{PO}_4\text{-P}$ ในน้ำ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

วิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เพื่อหาความแตกต่างและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Different ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลองที่ ต.ลาดชิด อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา แปลงปลูกพืชทดลองภาควิชาพืชสวนและห้องปฏิบัติการ ก 411 และ ก 505 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2551 – พฤษภาคม 2552

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของแหล่งน้ำธรรมชาติและวันปลูกต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง ระหว่างเดือนสิงหาคม 2551 – พฤษภาคม 2552 ได้ผลดังนี้

การทดลองที่ 1 ผลของแหล่งปลูกต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง 3 พันธุ์

1. การเจริญเติบโต

1.1 ความยาวของลำต้น

ความยาวของลำต้นผักบุ้งที่ปลูกในแหล่งน้ำขังและแปลงมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกในแหล่งน้ำขังทำให้ผักบุ้งมีความยาวของลำต้นสูงกว่าการปลูกในแปลง (113.27 และ 38.17 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 2) เนื่องจากลักษณะการเจริญเติบโตของผักบุ้งเป็นพืชน้ำหรือกึ่งน้ำ (Yamaguchi, 1990) มีลำต้นกลมกลวงและรากออกตามข้อ (นนท์, 2505) โดยลักษณะดังกล่าวเป็นกลไกการปรับตัวของพืชลอยน้ำ (floating plant) คือ รากจะเจริญอยู่ใต้น้ำ ส่วนของลำต้นใบและดอกชูขึ้นเหนือระดับน้ำ หรือเจริญอยู่ที่ระดับน้ำลอยไปมาได้อย่างอิสระ หากเจริญบริเวณน้ำตื้นส่วนของรากจะยึดติดกับพื้นดินใต้น้ำได้ (ณัฐพล, 2553) ด้วยเหตุนี้ผักบุ้งจึงสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งบนดินและในน้ำ หรือผิวน้ำ ซึ่ง McCann *et al.* (1996) พบว่าผักบุ้งที่อาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำต่าง ๆ ของรัฐฟลอริดา มีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความยาวลำต้นอย่างรวดเร็ว คือ 10 เซนติเมตรต่อวัน (Florida DEP, 2003) แสดงให้เห็นว่าการปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำจะทำให้การเจริญเติบโตทางด้านความยาวของลำต้นเป็นไปอย่างรวดเร็ว อีกทั้งพบว่าผักบุ้งที่ปลูกในแหล่งน้ำขังมีลำต้นอ่อนนุ่มและขนาดใหญ่กว่าในแปลง เป็นไปได้ว่าในสภาพแปลงอาจได้รับน้ำหรือความชื้นน้อยกว่า จึงทำให้ลำต้นผักบุ้งแข็งกระด้างและมีขนาดเล็กกว่าในแหล่งน้ำขัง (Knott and Deanon, 1967)

ความยาวลำต้นของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ต่อความยาวของต้นผักบุ้ง พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 2)

1.2 จำนวนกิ่งแขนง

จำนวนกิ่งแขนงของการปลูกผักบุ้งทั้ง 2 แหล่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ การปลูกผักบุ้งในแปลงมีจำนวนกิ่งแขนงมากกว่าการปลูกในแหล่งน้ำขัง (3.42 และ 1.42 กิ่งแขนงต่อต้น ตามลำดับ) (ตารางที่ 2) โดยทั่วไปกิ่งแขนงของผักบุ้งจะเจริญจากตาที่โคนต้น ผักบุ้งที่ปลูกบนแปลงที่มีระยะห่างจะแตกแขนงได้ดี (นนท์, 2505) ส่วนการปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังจำเป็นต้องยัดส่วนโคนของลำต้นให้ติดกันเพื่อป้องกันการสูญหายไปตามกระแสน้ำ จึงทำให้มีระยะห่างระหว่างต้นน้อยกว่าการปลูกในแปลง การแตกแขนงจึงเป็นไปได้ยากกว่า

จำนวนกิ่งแขนงของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ต่อจำนวนกิ่งแขนง พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 2) การปลูกผักบุ้งใบใหญ่ ไทยแดงและใบไผ่ในแปลงทำให้มีจำนวนกิ่งแขนงมากกว่าการปลูกแหล่งน้ำขัง (3.80, 3.73 และ 2.73 กิ่งแขนงต่อต้น ตามลำดับ) (ตารางที่ 3) เป็นไปได้ว่าการเกิดกิ่งแขนงของผักบุ้งขึ้นอยู่กับพันธุ์ (เฉลิมเกียรติ และ ภัสรา, 2539) และสภาพแวดล้อม ซึ่งการแตกแขนงเป็นการแตกหน่อออกมาจากตาที่เจริญบริเวณโคนต้น การปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังแบบขนาบลำต้นไปกับไม้ไผ่ในระยะชิดมากเกินไปอาจทำให้เกิดการรบกวนตา (vegetative bud) จึงทำให้มีการแตกแขนงน้อยกว่าการปลูกในแปลงปลูก

1.3 จำนวนใบ

การปลูกผักบุ้งทั้ง 2 แหล่งทำให้จำนวนใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ การปลูกผักบุ้งในแปลงมีจำนวนใบมากกว่าการปลูกในแหล่งน้ำขัง (64.47 และ 12.31 ใบต่อต้น ตามลำดับ) (ตารางที่ 2) เนื่องจากใบของผักบุ้งจะเกิดระหว่างข้อ (เรวัตต์, 2522) ซึ่งจำนวนใบจะสอดคล้องกับจำนวนกิ่งแขนง หากผักบุ้งมีจำนวนกิ่งแขนงมากจำนวนใบจะมากขึ้นด้วย (Singh and Singh, 1978) อย่างไรก็ตามลักษณะใบของผักบุ้งที่ปลูกในแปลงและในแหล่งน้ำขังมีความแตกต่างกัน โดยผักบุ้งที่ปลูกในแปลงจะมีขนาดของใบเล็กกว่าผักบุ้งที่ปลูกในแหล่งน้ำขัง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ Larkcom (2007) รายงานว่าลักษณะใบของผักบุ้งที่ปลูกในแหล่งน้ำจะมีขนาดค่อนข้างกว้างและฉ่ำน้ำ ส่วนผักบุ้งที่ปลูกบนแปลงลักษณะใบจะค่อนข้างแคบแหลม และมีขนาดเล็กกว่า อีกทั้งวรรณภา (2549) รายงานว่าผักบุ้งที่ปลูกในแม่น้ำจะมีขนาดยอใหญ่กว่าผักบุ้งที่ปลูกในนา ผักบุ้งนาจะมียอดที่เล็กและเรียวกว่า ซึ่งที่ผ่านมามีผักบุ้งที่ปลูกในนาจะเป็นที่นิยมและจำหน่ายได้

มากกว่า แต่ในปัจจุบันคนส่วนใหญ่นิยมรับประทานผักบุ้งในเมนูน้ำมากขึ้น เนื่องจากปลอดภัยจากสารพิษ และมีความสดกว่า

จำนวนใบของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ต่อจำนวนใบ พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความยาวของลำต้น จำนวนกิ่งแขนง จำนวนใบ ของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในแหล่งน้ำขังและแปลง

ปัจจัย	ความยาวของลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่งแขนง	จำนวนใบ
แหล่งปลูก (A)			
แหล่งน้ำขัง	113.27 a ^{1/}	1.42 b	12.31 b
แปลง	38.17 b	3.42 a	62.47 a
LSD _{0.05}	4.90	1.47	13.70
พันธุ์ (B)			
ใบใหญ่	77.40	2.37	40.37
ไทยแดง	73.80	2.43	34.27
ใบไผ่	75.95	2.47	37.53
LSD _{0.05}	ns	ns	ns
AxB	ns	*	ns
CV. %	7.18	25.60	15.13

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Different

* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 3 จำนวนกิ่งแขนงของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในแหล่งปลูกที่ต่างกัน

แหล่งปลูก	พันธุ์	จำนวนกิ่งแขนง
แหล่งน้ำขัง	ใบใหญ่	0.93 d ^{1/}
	ไทยแดง	2.13 bc
	ใบไข่	1.20 cd
แปลง	ใบใหญ่	3.80 a
	ไทยแดง	2.73 ab
	ใบไข่	3.73 a
	CV.%	24.62
	F-test	*

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test
* มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

1.4 น้ำหนักสด

1.4.1 ต้น

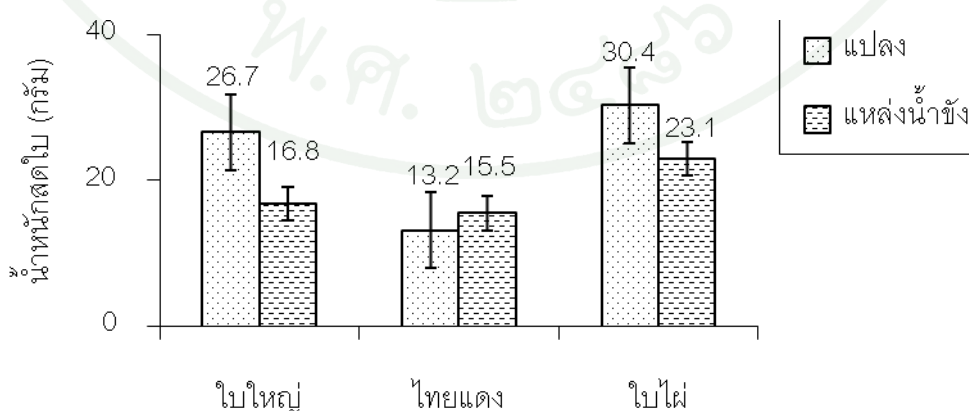
การปลูกผักบุ้งทั้ง 2 แหล่งทำให้น้ำหนักสดของต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกในแหล่งน้ำขังทำให้น้ำหนักสดต้นสูงกว่าในแปลง (64.54 และ 24.03 กรัม ตามลำดับ) (ตารางที่ 4) ซึ่งให้ผลไปในทางทิศเดียวกับความยาวของลำต้น (ตารางที่ 2) น้ำหนักสดจะมีมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำภายในเซลล์ และการสังเคราะห์ด้วยแสง การสร้างอาหารเพื่อให้ได้เนื้อเยื่อ เส้นใยและโครงสร้างอื่น ๆ (จริงแท้, 2541) แสดงให้เห็นว่าการปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขัง ผักบุ้งได้รับปัจจัยในการเจริญเติบโตอย่างเพียงพอ ได้แก่ แสง น้ำ และธาตุอาหารเป็นต้น จึงมีการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก ส่งผลให้ต้นมีการสะสมอาหารได้มาก และมีน้ำหนักมากกว่าการปลูกในแปลง

น้ำหนักสดในส่วนต้นของทั้ง 3 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักสดของต้น พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 4)

1.4.2 ใบ

น้ำหนักสดของใบผักบุ้งที่ปลูกทั้ง 2 แหล่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) แต่พบว่าจำนวนใบของผักบุ้งที่ปลูกในแปลงมากกว่าการปลูกในแหล่งน้ำขัง (ตารางที่ 2) อาจเป็นเพราะขนาดของใบผักบุ้งที่ปลูกในแหล่งน้ำขังมีขนาดใหญ่กว่าในแปลง จึงทำให้น้ำหนักสดในส่วนของใบที่ปลูกทั้ง 2 แหล่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผักบุ้งใบเฒ่าและใบใหญ่มีน้ำหนักสดของใบมากกว่าผักบุ้งไทยแดง (26.73, 21.75 และ 14.37 กรัม ตามลำดับ) (ตารางที่ 4) อาจเป็นเพราะความต้องการสภาพแวดล้อมของการเจริญเติบโตในแต่ละพันธุ์ต่างกัน หรืออาจเป็นลักษณะประจำพันธุ์ที่มีความแตกต่างกัน โดยพบว่าผักบุ้งไทยแดงเมื่อปลูกบนที่ดอน ลักษณะของใบจะมีขนาดเล็กและเรียกว่าผักบุ้งใบใหญ่ และใบเฒ่า ซึ่งผักบุ้งไทยแดงที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในที่ชื้นหรือแหล่งน้ำนั้น (Yamaguchi, 1990) เมื่อนำไปปลูกในแหล่งน้ำจึงทำให้มีใบที่ใหญ่ขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของใบน้อยกว่าอีก 2 พันธุ์ ซึ่งมีการเจริญเติบโตได้ดีทั้งในสภาพแหล่งน้ำขังและแปลงปลูก (ภาพที่ 3) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักสดของใบ พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 4 น้ำหนักสดใบของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในแหล่งน้ำขังและแปลง

1.5 น้ำหนักแห้ง

1.5.1 ต้น

การปลูกผักบุ้งทั้ง 2 แหล่ง ทำให้น้ำหนักแห้งในส่วนของต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ การปลูกในแหล่งน้ำขังทำให้น้ำหนักแห้งของต้นมากกว่าการปลูกในแปลง (4.36 และ 2.74 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับน้ำหนักสดของต้น (ตารางที่ 4)

น้ำหนักแห้งในส่วนต้นของทั้ง 3 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักแห้งของต้น พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 4)

1.5.2 ใบ

น้ำหนักแห้งของใบที่ปลูกทั้ง 2 แหล่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ การปลูกในแปลงทำให้น้ำหนักแห้งส่วนใบมากกว่าในแหล่งน้ำขัง (2.63 และ 1.64 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนใบและจำนวนกิ่งแขนง (ตารางที่ 4) เนื่องจากใบเป็นส่วนที่เจริญมาจากเนื้อเยื่อเจริญของตาใบ (vegetative bud) ซึ่งมีอยู่ตามข้อของลำต้นหรือกิ่งแขนง ถ้ามีจำนวนกิ่งแขนงมากย่อมทำให้น้ำหนักแห้งของใบเพิ่มขึ้น (เรวัตต์, 2522) น้ำหนักแห้งของใบจึงเพิ่มขึ้นตามจำนวนของใบที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ผักบุ้งใบเฒ่าและใบใหญ่มีน้ำหนักแห้งใบมากกว่าผักบุ้งไทยแดง (2.17, 2.62 และ 1.63 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับน้ำหนักสดของใบ (ตารางที่ 4)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักแห้งของใบ พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 น้ำหนักสดส่วนต้นและใบ และน้ำหนักแห้งส่วนต้นและใบของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในแหล่งน้ำขังและแปลง

ปัจจัย	น้ำหนักสด (กรัม)		น้ำหนักแห้ง (กรัม)	
	ต้น	ใบ	ต้น	ใบ
แหล่งปลูก (A)				
แหล่งน้ำขัง	64.54 a ^{1/}	18.47	4.36 a	1.64 b
แปลง	24.03 b	23.41	2.74 b	2.63 a
LSD _{0.05}	17.70	ns	1.59	0.70
พันธุ์ (B)				
ใบใหญ่	40.37	21.75 ab	3.17	2.17 ab
ไทยแดง	40.10	14.37 b	3.43	1.63 b
ใบไผ่	52.39	26.73 a	4.04	2.62 a
LSD _{0.05}	ns	8.58	ns	0.69
AxB	ns	ns	ns	ns
CV. %	27.87	30.75	22.51	24.36

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Different ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
 ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังและแปลงทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า 81.10 และ 76.42 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 5) โดยทั่วไปฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม เช่น การเขตรกรรม การให้น้ำปุ๋ยไนโตรเจน ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว และเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น (Schreiner, 2005)

3. ปริมาณวิตามินซี

การปลูกผักบุ้งทั้ง 2 แหล่งไม่มีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีในผักบุ้งแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าผักบุ้งใบใหญ่และไทยแดงมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าใบไผ่ (44.31, 46.56 และ 37.02 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ) (ตารางที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับ กองโภชนาการ (2535) รายงานว่า ผักบุ้งไทยต้นขาว และผักบุ้งไทยต้นแดงมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผักบุ้งจีน (ตารางที่ 1) โดยปัจจัยทางพันธุกรรมมีผลต่อปริมาณวิตามินซี (Lee and Kader, 2000) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณวิตามินซี พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 อิทธิต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีของผักบุ้ง 3 พันธุ์ ในแหล่งปลูกที่ต่างกัน

ปัจจัย	อิทธิต้านอนุมูลอิสระ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100กรัม น้ำหนักสด)
แหล่งน้ำ (A)		
แหล่งน้ำขัง	81.10	43.28
แปลง	76.42	41.98
LSD _{0.05}	ns	ns
พันธุ์ (B)		
ใบใหญ่	78.19	44.31 a ^{1/}
ไทยแดง	80.47	46.56 a
ใบไผ่	77.62	37.02 b
LSD _{0.05}	ns	3.70
AxB	ns	ns
CV. %	14.83	6.51

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Different ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4. การวิเคราะห์คุณภาพ/คุณสมบัติของแหล่งปลูก

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

พืชต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่แตกต่างกัน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและพัฒนา แต่หากพืชได้รับธาตุอาหารเหล่านั้นเกินความต้องการ อาจเกิดอันตรายต่อพืชและสิ่งมีชีวิตในน้ำและบริเวณใกล้เคียงได้ ทั้งนี้การมีธาตุอาหารในแหล่งน้ำที่มากเกินไป อาจทำให้น้ำในแหล่งน้ำนั้นไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค การประมง และการเกษตรกรรม (กรมชลประทาน, 2552)

การวิเคราะห์น้ำที่ได้จากแหล่งน้ำข้าง พบว่าคุณสมบัติของน้ำและธาตุอาหารที่พบอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (ตารางที่ 6) ซึ่งสามารถปลูกผักบึงได้ โดยเปรียบเทียบกับ Patnaik (1976) ที่วัดคุณสมบัติทางเคมีของแหล่งน้ำแห่งหนึ่งในประเทศอินเดียที่มีผักบึงเจริญเติบโตอยู่ในแหล่งน้ำนั้น โดยมีความเป็นกรดต่าง (pH) อยู่ในช่วงระหว่าง 6.9-8.2 ไนเตรท 0.04-2.3 ppm ฟอสเฟต 0-2.5 ppm

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

การวิเคราะห์	ค่าที่วัดได้	เกณฑ์การวิเคราะห์ ^{1/}
ความเป็นกรดต่าง (pH)	7.3	ต่ำอ่อน
ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (mS/cm)	0.32	น้อย
ไนเตรท NO ₃ -N (ppm)	0.20	น้อย
แอมโมเนียม NH ₄ -N (ppm)	0.77	น้อย
ฟอสเฟต PO ₄ -P (ppm)	0.03	น้อย

หมายเหตุ ^{1/} กรมชลประทาน (2552)

4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

สุ่มตัวอย่างดิน 9 จุด ในแต่ละแปลง ที่ความลึก 15 เซนติเมตร แล้วนำมารวมเป็นกองเดียวกัน และสุ่มดินไปวิเคราะห์ 1 กิโลกรัม (โครงการพัฒนามหาวิชาการดิน ปุ๋ยและสิ่งแวดล้อม, 2550) ก่อนการปลูกผักบุ้ง ซึ่งดินที่นำไปวิเคราะห์มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังตารางที่ 7 สรุปได้ว่าดินที่ปลูกมีคุณสมบัติของดินและธาตุอาหารที่เหมาะสมแก่การปลูกผักบุ้ง (โกสินทร์, 2531)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ดิน

การวิเคราะห์	ค่าที่วัดได้	เกณฑ์การวิเคราะห์ ^{1/}
ประกอบด้วย		
- ดินร่วน	26 เปอร์เซ็นต์	มีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย
- ดินเหนียว	22 เปอร์เซ็นต์	
- ดินทราย	54 เปอร์เซ็นต์	
อินทรีย์วัตถุ	1.8 เปอร์เซ็นต์	ระดับปานกลาง
ความเป็นกรดต่าง (pH)	7.2	ด่างอ่อน
ฟอสฟอรัส (mg/kg)	344	สูงมาก
โพแทสเซียม (mg/kg)	250	สูงมาก
แคลเซียม (mg/kg)	4800	สูง
แมกนีเซียม (mg/kg)	240	สูง
ไนเตรท NO ₃ -N (mg N kg ⁻¹)	5.6	ปานกลาง
แอมโมเนียม NH ₄ -N (mg N kg ⁻¹)	19.6	ปานกลาง

หมายเหตุ ^{1/} โครงการพัฒนามหาวิชาการดิน ปุ๋ยและสิ่งแวดล้อม (2550)

จากงานทดลองที่ 1 ถึงแม้ว่าการปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังและแปลงปลูกไม่มีการใส่ปุ๋ยตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว แต่ผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้ง 2 แหล่งปลูก โดยพบว่าการปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังทำให้ความยาวของลำต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนต้นสูงกว่าการปลูกในแปลงปลูก โดยการปลูกผักบุ้งในแปลงปลูกจะทำให้มีจำนวนกิ่งแขนง จำนวนใบและน้ำหนักแห้งของใบสูงกว่าการปลูกในแหล่งน้ำขัง ส่วนในเรื่องของพันธุ์ พบว่าผักบุ้ง

ใบใหญ่ ใบไผ่และไทยแดง มีจำนวนกิ่งแขนงมากที่สุดเมื่อปลูกในสภาพแปลงปลูก และพบว่า ผักบุ้งใบใหญ่และใบไผ่ มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งใบสูงกว่าผักบุ้งไทยแดง นอกจากนี้การปลูก ผักบุ้งในแหล่งปลูกทั้ง 2 แหล่ง ไม่มีความแตกต่างกันในด้านของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณ วิตามินซี แต่พบว่าผักบุ้งใบใหญ่และไทยแดงมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผักบุ้งใบไผ่

อย่างไรก็ตามผักบุ้งแต่ละพันธุ์ต้องการสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตที่ต่างกัน โดยทั่วไปผักบุ้งไทยแดงมีความต้องการปริมาณน้ำมากกว่าผักบุ้งจีน (ยิงยง และคณะ, 2548) ซึ่ง ผักบุ้งใบไผ่จัดอยู่ในกลุ่มของผักบุ้งจีน ถูกปรับปรุงพันธุ์ให้ปลูกบนที่ดอนเพราะต้องการน้ำใน ปริมาณที่น้อยกว่า (สุนทร, 2540) แต่จากงานทดลองผักบุ้งใบไผ่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในแหล่ง น้ำขังนั้น อาจเป็นเพราะโดยทั่วไปผักบุ้งมีลักษณะการเจริญเติบโตเป็นพืชน้ำหรือกึ่งน้ำ (Yamaguchi, 1990) เมื่อนำไปปลูกในแหล่งน้ำจึงมีการปรับตัวได้ดี โดยลักษณะผักบุ้งใบไผ่ที่ปลูก ในแหล่งน้ำขังจะมีลำต้นขนาดใหญ่และยาว ใบอบน้ำและมีขนาดใหญ่กว่าผักบุ้งจีนที่ปลูกบนที่ ดอน ส่วนลักษณะของผักบุ้งไทยแดงและใบใหญ่เมื่อปลูกในแหล่งน้ำขังจะมีลำต้นและใบเป็นที่น่า รับประทานกว่าการปลูกบนที่ดอน ทั้งนี้ลักษณะของผักบุ้งในแต่ละพันธุ์อาจขึ้นอยู่กับรสนิยม และ ความเคยชินของผู้บริโภค ทำให้เกิดความต้องการของตลาดในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น หากผู้บริโภคต้องการนำผักบุ้งไปประกอบอาหารเป็นผัดไฟแดงหรือสุกี้ ควรเลือกผักบุ้งใบไผ่เพราะ ใบมีลักษณะแคบเรียวยาว ลำต้นไม่เหนียว ถ้าหากนำไปรับประทานกับน้ำพริกหรือส้มตำ ควร เลือกเป็นผักบุ้งไทยแดงเพราะลำต้นเหนียวและรสชาติเข้ากันได้ดี ส่วนแกงส้ม แกงเทโพและ ก๋วยเตี๋ยว ควรเลือกเป็นผักบุ้งใบใหญ่เพราะมีลำต้นกรอบ อบอุ่นและมีสีสนช้วนให้น่า รับประทาน

ดังนั้นผักบุ้งใบใหญ่ควรปลูกในแหล่งน้ำเพราะจะทำให้ได้ลักษณะตามความ ต้องการของผู้บริโภคและตลาด คือ ลำต้นยาว อบอุ่น น่ารับประทาน ส่วนผักบุ้งไทยแดงควร ปลูกในน้ำเช่นเดียวกัน เพราะจะทำให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นสูงกว่าการปลูกบนที่ดอน ส่วนผักบุ้งใบไผ่ควรปลูกบนที่ดอนเพราะจะได้ใบที่มีลักษณะแคบเรียวยาว ลำต้นไม่อบอุ่น หาก ปลูกในแหล่งน้ำควรมีการตัดยอดอยู่เป็นประจำ เพื่อให้ได้ยอดใหม่ที่มีขนาดที่เหมาะสมและเป็นที่ เคยชินกับผู้บริโภค ทั้งนี้การปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำธรรมชาติน่าจะเป็นอีกทางเลือกของการผลิตที่ ประหยัดต้นทุนการผลิตและปลอดภัยจากสารเคมีทั้งผู้ผลิต และผู้บริโภค

การทดลองที่ 2 ผลของแหล่งน้ำธรรมชาติที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง 3 พันธุ์

จากการทดลองที่ 1 พบว่าผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ มีการเจริญเติบโตและสามารถปลูกในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ดีในแหล่งที่มีธาตุอาหารระดับหนึ่ง ในการทดลองนี้จึงศึกษาผลของแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีธาตุอาหารและสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ณ บริเวณต้นน้ำ ปลายน้ำของแม่น้ำน้อย และบริเวณแหล่งน้ำขัง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ ผลปรากฏดังนี้

1. การเจริญเติบโต

1.1 ความยาวของลำต้น

ความยาวของลำต้นผักบุ้งที่ปลูกในแต่ละแหล่งน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกในแหล่งน้ำขังทำให้มีความยาวลำต้นสูงที่สุด รองลงมาคือ ต้นน้ำ และปลายน้ำ (113.27, 93.13 และ 79.48 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 8) เนื่องจากแหล่งน้ำขังมีปริมาณ $\text{NH}_4\text{-N}$ สูงกว่าต้นน้ำและปลายน้ำ (ตารางที่ 11) อาจเป็นเพราะบริเวณแหล่งน้ำขังอยู่ใกล้ลำน้ำขาว เมื่อฝนตกจึงเกิดการชะล้างของปุ๋ยจากนาข้าวลงสู่แหล่งน้ำขัง ทำให้มี $\text{NH}_4\text{-N}$ ซึ่ง $\text{NH}_4\text{-N}$ เป็นอนุมูลประกอบของธาตุไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เลย ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อที่กำลังพัฒนา และเพิ่มจำนวนหรือการขยายขนาดของเซลล์ (ยงยุทธ, 2546) อีกทั้งไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีนใน protoplasm ในเซลล์ของผักบุ้งจีน และ chlorophyll ที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง (จิตรรัตน์ และ สมเจตน์, 2524) ดังนั้นการปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังจึงทำให้ความยาวลำต้นของผักบุ้งสูงกว่าต้นน้ำและปลายน้ำ

ความยาวส่วนลำต้นของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ ที่ปลูกในแหล่งน้ำต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งน้ำและพันธุ์ต่อความยาวของต้นผักบุ้ง พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 8)

1.2 จำนวนกิ่งแขนง

การปลูกผักบุ้งทั้ง 3 แหล่ง ทำให้จำนวนกิ่งแขนงมีความแตกต่างกันทางสถิติ การปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังทำให้เกิดกิ่งแขนงมากกว่าการปลูกที่ต้นน้ำและปลายน้ำ (1.42, 0.91 และ 0.96 กิ่งแขนงต่อต้น ตามลำดับ) (ตารางที่ 8) การปลูกผักบุ้งโดยให้ผักบุ้งเจริญเติบโตในแหล่งน้ำนั้น มีการสำรวจจาก Florida DEP (2003) ว่าผักบุ้งสามารถแตกกิ่งแขนงกว้างได้ถึง 70 ฟุต ซึ่งการปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังที่มี $\text{NH}_4\text{-N}$ ละลายอยู่ ผักบุ้งจึงได้รับ $\text{NH}_4\text{-N}$ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและแตกกิ่งแขนงเพิ่มขึ้น

จำนวนกิ่งแขนงของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกทั้ง 3 แหล่งน้ำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8) อาจเนื่องจากผักบุ้งที่ปลูกในแหล่งน้ำทั้ง 3 แหล่ง มีการปลูกแบบหนาแน่นไม่ไผ่ ทำให้มีระยะชิดเช่นเดียวกัน จึงทำให้เกิดการแตกแขนงได้น้อย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่ 1 (ตารางที่ 2) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งน้ำธรรมชาติทั้ง 3 แหล่ง และพันธุ์ต่อจำนวนกิ่งแขนง พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 8)

1.3 จำนวนใบ

จำนวนใบของการปลูกผักบุ้งทั้ง 3 แหล่งและทั้ง 3 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8) และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ต่อจำนวนใบ โดยพบว่าผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในแหล่งน้ำทั้ง 3 แหล่งมีจำนวนใบประมาณ 11-13 ใบ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ความยาวของลำต้น จำนวนกิ่งแขนง และจำนวนใบของผักบุ้ง 3 พันธุ์ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	ความยาวของลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่งแขนง	จำนวนใบ
แหล่งน้ำ (A)			
ต้นน้ำ	93.13 b ^{1/}	0.91	11.76
ปลายน้ำ	79.48 c	0.96	12.53
แหล่งน้ำขัง	113.27 a	1.42	12.31
LSD _{0.05}	13.08	ns	ns
พันธุ์ (B)			
ใบใหญ่	95.11	0.80	11.64
ไทยแดง	101.19	1.38	12.51
ใบไผ่	89.65	1.11	12.44
LSD _{0.05}	ns	ns	ns
AxB	ns	ns	ns
CV. %	9.16	66.94	53.96

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Different ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

1.4 น้ำหนักสด

1.4.1 ต้น

การปลูกผักบุ้งในบริเวณแหล่งน้ำขัง ทำให้ผักบุ้งมีน้ำหนักสดต้นมากที่สุด รองลงมาคือต้นน้ำ และปลายน้ำ (64.54, 37.14 และ 33.70 กรัม ตามลำดับ) (ตารางที่ 9) ผักบุ้งจัดเป็นผักกินใบที่ต้องการธาตุไนโตรเจนสูงเพื่อการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านใบ (Bautista and

Mabesa, 1977) อีกทั้ง จิตราวัฒน์ และ สมเจตน์ (2524) พบว่าในต้นผักบุ้งจีนมีไนโตรเจนสูงถึง 4.65-5.95 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง แสดงว่าผักบุ้งมีการสะสมไนโตรเจนอยู่ค่อนข้างสูง จึงมีความต้องการไนโตรเจนสูงด้วย ซึ่งในบริเวณแหล่งน้ำซึ่งมี $\text{NH}_4\text{-N}$ (ตารางที่ 11) ทำให้ผักบุ้งมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว การสะสมอาหารของต้นจึงเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักสดของต้นที่ปลูกในแหล่งน้ำซึ่งเพิ่มสูงขึ้น

น้ำหนักสดต้นของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งน้ำและพันธุ์ต่อน้ำหนักสดต้น พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 9)

1.4.2 ใบ

น้ำหนักสดใบของผักบุ้งที่ปลูกในแหล่งน้ำทั้ง 3 แหล่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) และน้ำหนักสดใบของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งน้ำทั้ง 3 แหล่งและพันธุ์ต่อน้ำหนักสดใบ พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 9)

1.5 น้ำหนักแห้ง

1.5.1 ต้น

การปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำซึ่งทำให้ผักบุ้งมีน้ำหนักแห้งต้นสูงที่สุด คือ 4.36 กรัม รองลงมาคือ ต้นน้ำ 2.46 กรัม และปลายน้ำ 2.32 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักสดของต้น (ตารางที่ 9) น้ำหนักแห้งต้นของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งน้ำและพันธุ์ต่อน้ำหนักแห้งต้น (ตารางที่ 9)

1.5.2 ใบ

น้ำหนักแห้งใบของผักบุ้งที่ปลูกในแหล่งน้ำทั้ง 3 แหล่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักสดใบ (ตารางที่ 9) และน้ำหนักแห้งใบของผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์ไม่มี

ความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) รวมทั้งเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งน้ำทั้ง 3 แหล่งและพันธุ์ต่อน้ำหนักสดใบ พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนต้นและใบของผักบุ้ง 3 พันธุ์ ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	น้ำหนักสด (กรัม)		น้ำหนักแห้ง (กรัม)	
	ต้น	ใบ	ต้น	ใบ
แหล่งน้ำ (A)				
ต้นน้ำ	37.14 b ^{1/}	15.26	2.46 b	1.49
ปลายน้ำ	33.70 b	10.43	2.32 b	0.97
แหล่งน้ำขัง	64.54 a	18.48	4.36 a	1.64
LSD _{0.05}	22.84	ns	1.83	ns
พันธุ์ (B)				
ใบใหญ่	43.29	15.16	2.82	1.37
ไทยแดง	40.93	12.37	2.98	1.25
ใบไผ่	51.16	16.64	3.33	1.47
LSD _{0.05}	ns	ns	ns	ns
AxB	ns	ns	ns	ns
CV. %	24.19	44.60	23.74	41.28

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Different ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากส่วนที่รับประทานได้ของผักบั้งที่เจริญเติบโตในแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10) แต่พบว่าผักบั้งทั้ง 3 พันธุ์ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันทางสถิติ โดยผักบั้งใบใหญ่และไทยแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์ใบไผ่ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Sato (2003) พบว่าผักบั้งในกลุ่มผักบั้งที่มีลำต้นสีแดง ใบสีเขียวปนม่วงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากลุ่มที่มีลำต้นและใบสีเขียวที่ปลูกในที่ดอน ปริมาณสารสำคัญในพืชแต่ละพันธุ์จะมีความแตกต่างกัน ซึ่ง วิไลพร (2552) เปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพืชพื้นบ้านที่มีสีม่วง ได้แก่ มะเขือม่วงเล็ก มะเขือเปราะม่วง และมะเขือเปราะเจ้าพระยา พบว่า มะเขือม่วงเล็กที่มีสีม่วงทั้งผลจะมีเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด รองลงมาคือ มะเขือเปราะม่วง และมะเขือเปราะเจ้าพระยาจะมีเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด เนื่องจากในมะเขือที่มีสีม่วงจะมีสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าในมะเขือที่ไม่สีม่วง นอกจากนี้ในพืชวงศ์ Brassicaceae ที่มี cultivars และ species ต่างกัน จะพบว่า มีประเภทของฟลาโวนอยด์ที่คล้ายคลึงกัน แต่มีปริมาณที่แตกต่างกัน (Krumbein *et al.*, 2007)

แหล่งน้ำทั้ง 3 แหล่งและพันธุ์ ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ตารางที่ 10) การปลูกผักบั้งทั้ง 3 พันธุ์ในทุกแหล่งน้ำที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3. ปริมาณวิตามินซี

การปลูกผักบั้งบริเวณต้นน้ำ ปลายน้ำ และแหล่งน้ำขัง ไม่มีความแตกต่างกันทางฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ตารางที่ 10) แต่พบว่าปริมาณวิตามินซีของผักบั้งแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าผักบั้งไทยแดงมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด (46.97 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) รองลงมาคือผักบั้งใบใหญ่ (43.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) และต่ำสุดคือผักบั้งใบไผ่ (37.45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) (ตารางที่ 10) ซึ่งพันธุ์มีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงต่อปริมาณวิตามินซีเช่นเดียวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Lee and Kader, 2000) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งน้ำธรรมชาติทั้ง 3 แหล่งและพันธุ์ต่อปริมาณวิตามินซีพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ และปริมาณวิตามินซีของผักบุง 3 พันธุ์ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักสด)
แหล่งน้ำ (A)		
ต้นน้ำ	76.34	45.46
ปลายน้ำ	81.90	38.95
แหล่งน้ำขัง	81.10	43.28
LSD _{0.05}	ns	ns
พันธุ์ (B)		
ใบใหญ่	86.99 a ^{1/}	43.27 b
ไทยแดง	85.96 a	46.97 a
ใบไผ่	66.39 b	37.45 c
LSD _{0.05}	14.20	2.8
AxB	ns	ns
CV. %	17.37	6.42

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Different ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

จากการนำน้ำทั้ง 3 แหล่งมาวิเคราะห์ พบว่าแหล่งน้ำทั้ง 3 แหล่งมีคุณสมบัติของน้ำและมีธาตุอาหารเหมาะสมที่จะปลูกผักบุงได้ ซึ่งเปรียบเทียบกับ Patnaik (1976) ที่วัดคุณสมบัติทางเคมีของน้ำในแหล่งน้ำแห่งหนึ่งในประเทศอินเดียที่มีผักบุงเจริญเติบโตอยู่ในแหล่งน้ำนั้น โดยมี pH อยู่

ในช่วงระหว่าง 6.9-8.2 ไนเตรท 0.04-2.3 ppm ฟอสเฟต 0-2.5 ppm ทั้งนี้จะพบว่าในแหล่งน้ำซึ่งมีปริมาณ $\text{NH}_4\text{-N}$ สูงสุด (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำบริเวณ ต้นน้ำ ปลายน้ำ และแหล่งน้ำขัง

การวิเคราะห์	ค่าที่วัดได้			เกณฑ์การวิเคราะห์ ^{1/}
	ต้นน้ำ	ปลายน้ำ	แหล่งน้ำขัง	
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	7.9	8	7.3	เป็นด่างอ่อน
ค่าการนำไฟฟ้า EC (mS/cm)	0.21	0.20	0.32	น้อย
แอมโมเนียม $\text{NH}_4\text{-N}$ (ppm)	0.20	0.27	0.77	น้อย
ไนเตรท $\text{NO}_3\text{-N}$ (ppm)	0.03	0.03	0.03	น้อย
ฟอสเฟต $\text{PO}_4\text{-P}$ (ppm)	0.20	0.20	0.20	น้อย

หมายเหตุ ¹ กรมชลประทาน (2552)

จากการทดลองที่ 2 การปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังทำให้มีความยาวลำต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งในส่วนของต้นสูงกว่าทุกแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าผักบุ้งใบใหญ่และไทยแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีสูงกว่าพันธุ์ใบไข่ ดังนั้นเกษตรกรสามารถเลือกปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำใดก็ได้ที่มีระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักบุ้ง อาจเลือกเน้นปลูกผักบุ้งพันธุ์ไทยแดงและใบใหญ่เนื่องจากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีสูงกว่าในกลุ่มของผักบุ้งใบไข่ได้ในทุกแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อเป็นจุดขายให้กับกลุ่มลูกค้าที่รักสุขภาพ หรือในกลุ่มของ niche market เป็นต้น

การทดลองที่ 3 ผลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้ง 2 พันธุ์

จากการทดลองที่ 2 ทำให้ทราบว่าผักบุ้งไทยแดง และใบใหญ่ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผักบุ้งพันธุ์ใบไผ่ ซึ่งผักบุ้งใบไผ่จัดอยู่ในกลุ่มของผักบุ้งจีนเมื่อปลูกในแหล่งน้ำ ทำให้มีลักษณะใบและลำต้นไม่เป็นที่ต้องการของตลาด คือ มีลำต้นใหญ่ยาวและเหนียว และใบที่อวบน้ำกว่าผักบุ้งจีนที่ปลูกบนดอน ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกศึกษาการเจริญเติบโตและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งพันธุ์ใบใหญ่และไทยแดงที่ปลูกในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน คือ ปลูกในช่วงเดือนสิงหาคมถึงกุมภาพันธ์เดือนกันยายน ปลูกในเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์เดือนธันวาคม และปลูกในเดือนเมษายนถึงกุมภาพันธ์เดือนพฤษภาคม โดยปลูกในแหล่งน้ำขัง ได้ผลดังนี้

1. การเจริญเติบโต

1.1 ความยาวของลำต้น

ความยาวของลำต้นผักบุ้งที่ปลูกในแต่ละวันปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกในช่วงเดือนเมษายนทำให้มีความยาวของลำต้นสูงที่สุด (114.46 เซนติเมตร) รองลงมาคือเดือนสิงหาคมและพฤศจิกายน (34.31 และ 30.88 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 12) เนื่องจากผักบุ้งเป็นพืชในเขตร้อนจะมีการเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส (Palada and Chang, 2003) ทั้งนี้ในช่วงการปลูกเดือนเมษายนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.4 องศาเซลเซียสเป็นช่วงเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าทุกเดือน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551, 2552) (ภาพผนวกที่ 1) จึงทำให้ผักบุ้งมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ส่วนการปลูกในช่วงเดือนสิงหาคม เป็นช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าเดือนพฤศจิกายนและเดือนเมษายน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551, 2552) (ภาพผนวกที่ 3) ระดับน้ำตามแม่น้ำหรือในแหล่งน้ำนั้นสูง และไหลเชี่ยว ทำให้ผักบุ้งที่ปลูกลอยน้ำอยู่นั้นสูญหายไปตามกระแสน้ำ อีกทั้งระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำจึงท่วมหลักยึดของผักบุ้ง ทำให้ผักบุ้งที่ปลูกติดกันเป็นกอเน่าตายเนื่องจากไม่สามารถเจริญเติบโตและปรับตัวได้ทันตามระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนการปลูกในเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงของฤดูหนาวมีอุณหภูมิเฉลี่ย 24.4 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551, 2552) (ภาพผนวกที่ 1) จึงทำให้ผักบุ้งมีการเจริญเติบโตช้า แตกยอดน้อย (วรรณภา, 2549)

ความยาวลำต้นของผักนึ่งทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12) และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อความยาวของต้นผักนึ่ง (ตารางที่ 12)

1.2 จำนวนกิ่งแขนง

การปลูกผักนึ่งในเดือนเมษายน สิงหาคม และพฤศจิกายน ทำให้จำนวนกิ่งแขนง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยการปลูกผักนึ่งในทุกเดือนจะให้กิ่งแขนงประมาณ 1-3 กิ่งแขนงต่อต้น (ตารางที่ 12) แต่พบว่าในเดือนพฤศจิกายนจำนวนกิ่งแขนงมีแนวโน้มสูงกว่าในเดือนอื่น อาจมีความต้องการให้เกิดกิ่งแขนงเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากดอกจะออกตามข้อของเถาที่เลื้อย จึงพอคาดเดาได้ว่ายังมีการเจริญของเถาหรือกิ่งแขนงมากเท่าไรจะติดดอกและเมล็ดมากขึ้นเท่านั้น (สุวรรณา, 2520)

จำนวนกิ่งแขนงของผักนึ่งทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12) และพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อจำนวนกิ่งแขนงของผักนึ่ง

1.3 จำนวนใบ

การปลูกผักนึ่งในช่วงเดือนพฤศจิกายนและเดือนเมษายนทำให้มีจำนวนใบสูงสุด (15.40 และ 11.67) ต่ำสุดคือการปลูกในช่วงเดือนสิงหาคม (6.60) (ตารางที่ 12) การปลูกผักนึ่งในช่วงเดือนพฤศจิกายนนอกจากจะทำให้ผักนึ่งมีจำนวนใบมากแล้ว ยังพบว่ามีการสร้างดอกและผลเกิดขึ้นในช่วงนี้ สอดคล้องกับ มัลลิกา (2524) ที่รายงานว่าผักนึ่งเป็นพืชวันสั้นจะเริ่มออกดอกในเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน โดยทั่วไปการเกิดดอกของผักนึ่งจะออกตามซอกใบ (Shinohara, 1980) ซึ่งใบจะเป็นส่วนที่รับรู้การชักนำของช่วงแสง เมื่อได้รับแสงที่เหมาะสมจะสังเคราะห์สารชนิดหนึ่งซึ่งสามารถกระตุ้นให้เกิดดอกได้ เรียกว่า Florigen (สมบุญ, 2548) จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ผักนึ่งมีการสร้างใบเป็นจำนวนมากเพื่อชักนำให้เกิดการสร้างดอก ส่วนการปลูกในช่วงเดือนเมษายนเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.4 องศาเซลเซียส (กรมอุตุฯ, 2551, 2552) (ภาพผนวกที่ 1) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักนึ่งที่เป็นพืชในเขตร้อนที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส (Palada and Chang, 2003) จึงทำให้มีการสร้างใบมากขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างและสะสมอาหารไว้ใช้ในการเจริญเติบโต ส่วนการปลูกผักนึ่งในเดือนสิงหาคมทำให้มีจำนวนใบน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงของ

ฤดูฝน จึงเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551, 2552) (ภาพผนวกที่ 3) เมื่อฤดูฝนตกลงมากระทบใบที่มีลักษณะฉ่ำน้ำของผักนึ่งที่ปลูกในน้ำ (Palada and Crossman, 1999) จึงเกิดความเสียหาย ทำให้การปลูกผักนึ่งในช่วงเดือนนี้มีจำนวนใบน้อยที่สุด

จำนวนใบของผักนึ่งทั้ง 2 พันธุ์ ไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อจำนวนใบ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ความยาวของลำต้น จำนวนกิ่งแขนง และจำนวนใบของผักนึ่ง 2 พันธุ์ ที่ปลูกในวันปลูกที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	ความยาวของลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่งแขนง	จำนวนใบ
วันปลูก (A)			
เมษายน	114.46 a ^{1/}	1.53	11.67 b
สิงหาคม	34.31 b	1.50	6.60 c
พฤศจิกายน	30.88 b	2.50	15.40 a
LSD _{0.05}	4.51	ns	2.52
พันธุ์ (B)			
ใบใหญ่	60.44	1.67	10.80
ไทยแดง	59.33	2.02	11.64
LSD _{0.05}	ns	ns	ns
AxB	ns	ns	ns
CV. %	8.72	31.04	17.21

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Different ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

1.4 น้ำหนักสด

1.4.1 ต้น

การปลูกผักบุ้งในช่วงเดือนเมษายนทำให้มีน้ำหนักสดส่วนต้นสูงสุด (58.69 กรัม) รองลงมาคือเดือนพฤศจิกายนและสิงหาคม (11.77 และ 7.54 กรัม ตามลำดับ) (ตารางที่ 13) เนื่องจากในเดือนเมษายนเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงที่สุด 29.4 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551, 2552) (ภาพผนวกที่ 1) จึงทำให้ผักบุ้งที่เป็นพืชเขตร้อนมีการเจริญเติบโต และทอดยอดได้ดี ทำให้ต้นมีการสะสมน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับความยาวของลำต้น (ตารางที่ 12) และสอดคล้องกับ Palada and Crossman (1999) รายงานว่าผักบุ้งที่ปลูกในช่วงฤดูร้อนบนหมู่เกาะเวอร์จิน (Virgin Island) ของประเทศอังกฤษ มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นสูง จึงพบว่าในช่วงฤดูร้อนมีการวางจำหน่ายผักบุ้งในตลาดเป็นจำนวนมาก

น้ำหนักสดในส่วนต้นของทั้ง 2 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างแหล่งปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักสดของต้น (ตารางที่ 13)

1.4.2 ใบ

การปลูกผักบุ้งในช่วงเดือนเมษายนทำให้มีน้ำหนักสดส่วนใบสูงสุด (16.19 กรัม) รองลงมาคือเดือนพฤศจิกายน (3.88 กรัม) และการปลูกในช่วงเดือนสิงหาคม (0.36 กรัม) (ตารางที่ 13) จำนวนใบและน้ำหนักสดใบของการปลูกผักบุ้งในเดือนเมษายนมีความสอดคล้องกัน (ตารางที่ 12) ส่วนการปลูกผักบุ้งในเดือนพฤศจิกายนถึงแม้จะทำให้ผักบุ้งมีจำนวนใบมาก แต่พบว่าน้ำหนักสดของใบน้อยกว่าในเดือนเมษายน อาจเป็นเพราะผักบุ้งที่ปลูกในเดือนเมษายนมีขนาดใบใหญ่กว่าการปลูกในเดือนพฤศจิกายน จึงทำให้มีน้ำหนักสดใบมากกว่า เพราะในช่วงเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงที่ผักบุ้งมีการออกดอก การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบจึงลดลงเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตทางด้าน reproductive (Stephen, 2009) ดังนั้นการปลูกผักบุ้งในช่วงเดือนเมษายนซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักบุ้ง ทำให้ผักบุ้งมีการสะสมน้ำหนักสดของใบเพิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักสดของใบ พบว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 13)

1.5 น้ำหนักแห้ง

1.5.1 ต้น

การปลูกผักบุ้งในเดือนเมษายนทำให้มีน้ำหนักแห้งต้นสูงสุด (4.07 กรัม) รองลงมาคือการปลูกในเดือนพฤศจิกายน (1.22 กรัม) และต่ำสุดคือการปลูกในเดือนสิงหาคม (0.47 กรัม) ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับน้ำหนักสดส่วนต้น (ตารางที่ 13)

น้ำหนักแห้งในส่วนต้นของทั้ง 2 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักแห้งของต้น (ตารางที่ 13)

1.5.2 ใบ

การปลูกผักบุ้งในเดือนเมษายนทำให้มีน้ำหนักแห้งใบสูงสุด (1.48 กรัม) รองลงมาคือการปลูกในเดือนพฤศจิกายน (0.56 กรัม) ส่วนการปลูกในเดือนสิงหาคมทำให้มีน้ำหนักแห้งใบน้อยที่สุด (0.12 กรัม) ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับน้ำหนักสดใบ (ตารางที่ 13)

น้ำหนักแห้งใบของผักบุ้งทั้ง 2 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักแห้งของใบ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งส่วนต้นและใบของผักนึ่ง 2 พันธุ์ ในวันปลูกที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	น้ำหนักสด (กรัม)		น้ำหนักแห้ง (กรัม)	
	ต้น	ใบ	ต้น	ใบ
วันปลูก (A)				
เมษายน	58.69 a ^{1/}	16.19 a	4.07 a	1.48 a
สิงหาคม	7.54 b	0.36 c	0.47 b	0.12 c
พฤศจิกายน	11.77 b	3.88 b	1.22 b	0.56 b
LSD _{0.05}	10.02	5.23	0.74	0.36
พันธุ์ (B)				
ใบใหญ่	26.34	7.20	1.78	0.74
ไทยแดง	25.66	6.42	2.06	0.70
LSD _{0.05}	ns	ns	ns	ns
AxB	ns	ns	ns	ns
CV. %	34.75	16.05	12.65	6.02

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Different ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2. ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ

การปลูกผักนึ่งในช่วงเดือนเมษายนและเดือนพฤศจิกายนทำให้ผักนึ่งมีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด (85.96 และ 83.04 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ) ต่ำสุดคือการปลูกในเดือนสิงหาคม (77.4 เปอร์เซนต์) (ตารางที่ 14) ในช่วงเดือนเมษายนประเทศไทยจะมีความเข้มแสงสูง (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551, 2552) (ภาพผนวกที่ 3) ซึ่งความเข้มแสงมีผลต่อฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระในพืชหลายชนิด เช่น การปลูกผักกาดขาวตั้งในช่วงฤดูฝนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.6 องศาเซลเซียส ความเข้มแสงสูงและ

ความยาววันยาวจะทำให้มีปริมาณกลูโคซิโนเลตสูงกว่าในฤดูแล้ง (Hanson *et al.*, 2009) ทั้งนี้ในผักบุ้ง ทาง Prasad *et al.* (2005) ได้วิเคราะห์และแยกสารต้านอนุมูลอิสระออกมาเป็น 7-O-β-D-glucopyranosyl-dihydroquercetin-3-O-α-D-glucopyranoside ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีนอลิครวมกับโมเลกุลของน้ำตาลโดยมีกลูโคสเป็นองค์ประกอบ ทั้งนี้ในสภาวะที่มีความเข้มแสงสูงจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน ทำให้มีปริมาณของกลูโคสมากเพียงพอที่จะเป็นสารตั้งต้นของสารต้านอนุมูลอิสระในผักบุ้ง จึงทำให้ผักบุ้งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง ส่วนการปลูกผักบุ้งในเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ 24.4 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551, 2552) (ภาพผนวกที่ 1) โดย Koç *et al.* (2010) พบว่าอุณหภูมิต่ำจะมีผลต่อปริมาณฟีนอลิก เนื่องจากพืชมีกลไกการต้านทานต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมจากอุณหภูมิต่ำ จึงผลิตสารทุติยภูมิในกลุ่มของฟีนอลิกเพื่อป้องกันความเสียหาย (oxidative stress) จึงอาจเป็นไปได้ว่าการปลูกผักบุ้งซึ่งเป็นพืชเขตร้อนในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ จะไปชักนำให้ผักบุ้งมีกลไกการป้องกันตัวเองจากอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักบุ้งทั้ง 2 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ตารางที่ 14)

3. ปริมาณวิตามินซี

การปลูกผักบุ้งในช่วงเดือนเมษายนทำให้ผักบุ้งมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด (45.56 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) รองลงมาคือการปลูกในเดือนพฤศจิกายนและการปลูกในเดือนสิงหาคม (26.97 และ 22.34 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) (ตารางที่ 14) ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากวิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระประเภท oxygen scavenger สารกลุ่มนี้เข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน กำจัดโมเลกุลของออกซิเจนส่วนเกินในระบบปิด (อัษฎนา, 2544) นอกจากความเข้มแสงจะมีผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแล้วยังมีผลต่อปริมาณวิตามินซีเช่นเดียวกัน โดย Bergquist (2006) พบว่าสภาพที่มีความเข้มแสงสูงจะส่งเสริมให้ Baby spinach มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด แสงจะมีประโยชน์ต่อการสังเคราะห์วิตามินซีในพืช (Dumas *et al.*, 2003) เนื่องจากเมื่อพืชได้รับแสงอย่างเต็มที่พืชจะมีกลไกในการสร้างวิตามินซีเพื่อที่จะป้องกันไม่ให้เซลล์ของพืชเหี่ยวจากการคายน้ำ (Quinn, 1988)

ปริมาณวิตามินซีของผักบั้งทั้ง 2 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณวิตามินซี (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณวิตามินซีของผักบั้ง 2 พันธุ์ในวันปลูกที่แตกต่างกัน

ปัจจัย	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักสด)
วันปลูก (A)		
เมษายน	85.96 a ^{1/}	45.56 a
สิงหาคม	77.41 c	22.34 b
พฤศจิกายน	83.04 ab	26.97 b
LSD _{0.05}	6.01	6.69
พันธุ์ (B)		
ใบใหญ่	82.42	30.96
ไทยแดง	81.84	32.28
LSD _{0.05}	ns	ns
AxB	ns	ns
CV. %	4.08	8.77

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Different ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

จากการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ พบว่าน้ำในแหล่งน้ำนี้มีคุณสมบัติของน้ำและมีธาตุอาหารเหมาะสมที่จะปลูกผักบั้งได้ ซึ่งเปรียบเทียบกับ Patnaik (1976) ที่วัดคุณสมบัติทางเคมีของ

น้ำในแหล่งน้ำแห่งหนึ่งในประเทศอินเดียที่มีผักบุ้งเจริญเติบโตอยู่ในแหล่งน้ำนั้น โดยมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อยู่ในช่วงระหว่าง 6.9-8.2 ไนเตรท 0.04-2.3 ppm ฟอสเฟต 0-2.5 ppm โดยเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละแหล่งน้ำ พบว่าปริมาณแอมโมเนียม $\text{NH}_4\text{-N}$ ในเดือนสิงหาคมมีค่าสูงสุด (ตารางที่ 15) เนื่องจากในช่วงนั้นเป็นฤดูฝน ฝนที่ตกลงมาอาจชะล้างหรือพัดพาธาตุอาหารจากบริเวณนาข้าวใกล้เคียงลงสู่แหล่งน้ำซึ่ง จึงทำให้มีปริมาณแอมโมเนียม $\text{NH}_4\text{-N}$ สูงสุด

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ

การวิเคราะห์	ค่าที่วัดได้			เกณฑ์การวิเคราะห์ ^{1/}
	เม.ย.	ส.ค.	พ.ย.	
ความเป็นกรดต่าง (pH)	7.3	8.5	8	เป็นด่างอ่อน
ค่าการนำไฟฟ้า EC (mS/cm)	0.32	0.20	0.25	น้อย
แอมโมเนียม $\text{NH}_4\text{-N}$ (ppm)	0.77	1.70	0.60	น้อย
ไนเตรท $\text{NO}_3\text{-N}$ (ppm)	0.03	0.03	0.04	น้อย
ฟอสเฟต $\text{PO}_4\text{-P}$ (ppm)	0.20	0.20	0.20	น้อย

หมายเหตุ ^{1/} กรมชลประทาน (2552)

จากการทดลองที่ 3 พบว่าการปลูกผักบุ้งในเดือนเมษายน ทำให้ผักบุ้งมีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวของลำต้น จำนวนใบ น้ำหนักสดและแห้งของทั้งต้นและใบ รวมทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีสูงกว่าการปลูกในเดือนสิงหาคม ส่วนการปลูกผักบุ้งในเดือนพฤศจิกายนทำให้ผักบุ้งมีจำนวนใบ และปริมาณวิตามินซีสูงกว่าการปลูกในเดือนสิงหาคม ดังนั้นการผลิตผักบุ้งตามแหล่งน้ำธรรมชาติในช่วงฤดูร้อน คือปลูกผักบุ้งในช่วงเดือนเมษายนเก็บเกี่ยวเดือนพฤษภาคม จะทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงสุด ส่วนในช่วงฤดูฝนเป็นช่วงที่ฝนตกชุกระดับน้ำหลากน้ำอาจท่วมและพัดพาผักบุ้งไปยังที่อื่นทำให้เกิดการสูญหาย เพื่อให้ได้ผลผลิตอย่างต่อเนื่องอาจต้องเลือกใช้ไม้ไผ่ที่ยาวขึ้นเพื่อทำเป็นหลักป้องกันระดับน้ำที่สูงขึ้นและการสูญหายจากน้ำท่วม ส่วนในช่วงฤดูหนาวผักบุ้งจะมีการเจริญเติบโตช้า แต่ทั้งนี้ราคาขายผักบุ้งในช่วงฤดูหนาวจะมีราคาแพง เพราะในช่วงนี้ผักบุ้งมีการเจริญเติบโตทางด้าน reproductive คือออกดอกติดผล การเจริญทางด้านลำต้นและใบจึงลดลง (Stephen, 2009) เกษตรกรควรตัดแต่งยอดและให้ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่ม โดยการฉีดปุ๋ยพ่นทางใบ จะทำให้ผักบุ้งมีการแตกยอดและมีผลผลิตเพิ่มมากขึ้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังทำให้ผักบุ้งทั้ง 3 พันธุ์มีความยาวของลำต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งส่วนต้นสูงกว่าการปลูกในแปลงปลูก ส่วนการปลูกผักบุ้งในแปลงปลูกจะทำให้มีจำนวนกิ่งแขนง จำนวนใบและน้ำหนักแห้งของใบสูงกว่าการปลูกในแหล่งน้ำขัง และผักบุ้งใบใหญ่ และไทยแดงมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผักบุ้งใบไผ่
2. การปลูกผักบุ้งในแหล่งน้ำขังทำให้มีความยาวลำต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในส่วนของต้นสูงกว่าทุกแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าผักบุ้งใบใหญ่และไทยแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีสูงกว่าพันธุ์ใบไผ่
3. การปลูกผักบุ้งในเดือนเมษายนทำให้ผักบุ้งมีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวของลำต้น จำนวนใบ น้ำหนักสดและแห้งของทั้งต้นและใบ รวมทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณวิตามินซีสูงกว่าการปลูกในเดือนสิงหาคม ส่วนการปลูกผักบุ้งในเดือนพฤศจิกายนทำให้ผักบุ้งมีจำนวนใบ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการปลูกในเดือนสิงหาคม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชถึงระดับเซลล์ในแต่ละพันธุ์ เช่น ราก ใบ ลำต้น และยอด เป็นต้น จะทำให้ทราบถึงความต้องการธาตุอาหารพืชในการเจริญเติบโตและพัฒนาของผักนึ่งได้อย่างชัดเจน
2. ควรทำการแยกสกัดสารสำคัญของผักนึ่งในแต่ละพันธุ์ เพื่อที่จะถึงรู้ชนิดและปริมาณของสารสำคัญในผักนึ่งแต่ละพันธุ์ได้อย่างชัดเจน
3. การปลูกผักนึ่งในแหล่งน้ำธรรมชาติอาจทำให้เกิดการกีดขวางทางน้ำไหล ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาอุทกภัยในเขตพื้นที่ราบลุ่มได้ ดังนั้นการปลูกผักนึ่งในแหล่งน้ำขังจึงเป็นอีกทางเลือกที่ดีกว่าการปลูกในแหล่งน้ำธรรมชาติในช่วงฤดูฝน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2552. **หลักเกณฑ์การกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งในทางน้ำ**

ชลประทาน. แหล่งที่มา: www.rid.go.th/2009/index.php?option=com_content/, 4 ตุลาคม 2554.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **สถิติการปลูกผักบุ้งน้ำ พ.ศ. 2537-2547.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2551. **อุณหภูมิเฉลี่ย ความเข้มแสง ปริมาณน้ำฝนของสภาพ อากาศ ณ บริเวณดอนเมือง และอ.ท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.** กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. **อุณหภูมิเฉลี่ย ความเข้มแสง ปริมาณน้ำฝนของสภาพ อากาศ ณ บริเวณ ดอนเมือง และอ.ท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.** กรมอุตุนิยมวิทยา บางนา, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ. 2535. **ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม.** กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

เกศศิริพันธ์ แสงมณี และปริยานุช จุลกะ. 2552. **อิทธิพลของระยะปลูกและระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่อ ผลผลิตและคุณภาพของผักจอร์, น. 432-439. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 (สาขาพืช).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โกสินทร์ สายจันทร์ 2531. **อาชีพปลูกผัก.** กลุ่มรักเกษตร, กรุงเทพฯ.

โครงการพัฒนานิเวศการดิน ปุ๋ยและสิ่งแวดล้อม. 2550. **การบริการวิเคราะห์และจำหน่าย ผลิตภัณฑ์.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. **สรีรวิทยาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.**

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตราวัฒน์ โพธิ์มามกะ และ สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2524. ส่วนประกอบของธาตุอาหารพืชในผักบางชนิดที่ปลูกในประเทศไทย. **วารสารดินและปุ๋ย** 3 (1): 11-12.

เฉลิมเกียรติ โกศาวัฒนา และ ภัสรา ชวประดิษฐ์. 2539. **ผักบ่งจีน.** แหล่งที่มา:

<http://web.ku.ac.th/agri/vetgett/>, 15 พฤศจิกายน 2554.

ณัฐพล ช่อนปาน. 2553. **การปรับตัวของพืชเมื่อต้องอยู่กับน้ำ.** แหล่งที่มา:

<http://www.evolution.in.th/?p=355/>, 4 พฤศจิกายน 2554.

ดำเกิง ปฐษวาณิชย์. 2541. **อาหารชะลอความแก่ (Anti-aging nutrients).** แหล่งที่มา

http://www.elib-online.com/doctors/health_aging1.html, 2 พฤษภาคม 2554.

ธนสรณ์ รักดนตรี. 2549. **การศึกษาระบบการปลูกผักบ่งน้ำแบบผสมผสานควบคู่กับการเลี้ยงปลาผลิตเปรียบเทียบระหว่างระบบการใส่สารอินทรีย์กับระบบการใส่สารอินทรีย์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นนท์ ล้อสุริยนต์. 2505. **การศึกษาการเก็บเมล็ดพันธุ์ผักบ่งจีนโดยใช้ระยะปลูกต่าง ๆ กัน.**

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทนา ลำเนา. 2555. **ลำต้น (stem).** แหล่งที่มา: <http://www.nana-bio.com/e-learning/plant%20organ/stem.html>, 2 พฤษภาคม 2554.

นิธย์ ศกุนรักษ์. 2542. **สรีรวิทยาของพืช.** ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

นุชนารถ จงเลขา. 2523. **โรคพืชเบื้องต้น.** ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บัวสอน หลวงศักดิ์ดา. 2545. **การศึกษาลักษณะพืชและค้างที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำลิ้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปดาร์ณี ทองใบ. 2548. ผักบุ้งผักพื้นบ้านธรรมดาที่ไม่ธรรมดา. **วารสารส่งเสริมการเกษตร** 37 (207): 15-16.

พชรिता แข่งขัน. 2552. **อิทธิพลของวันปลูกและระยะปลูกต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ฟ้าทะลายโจร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรพิมล เรืองศิริ. 2544. **สวนสวยกินได้**. ซีเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

ภัทรา ขาวสำอางค์. 2526. **การปลูกผักบุ้งเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ ต.ทัพหลวง อ.เมือง จ. นครปฐม**. สัมมนาปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มัลลิกา นพนอม. 2524. **การศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนที่มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดต่าง ๆ กัน**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มูลนิธิศูนย์สิ่งแวดล้อมโลก. 2545. **คู่มือสำหรับการทำกิจกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมแม่น้ำ**. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/water_GEC.htm, 15 พฤศจิกายน 2554.

ยงยุทธ ไสยธสกา. 2546. **ธาตุอาหารพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยิ่งยง ไพสุขสานติวัฒนา, ปราโมทย์ สฤษดิ์นิรันดร์, อัญมณี อาวุธานนท์, อองอาจ หาญชาญเลิศ, วันชาติ นิตพันธ์, บดินทร สอนสุภาพ, นิวัฒน์ วิฑูรรัตน์, สุภาพร เวชกรรม, ไฉไล กองทอง, ปริญญา พัฒนาวิวัฒน์พร และ ทศนีย์ ชาวนาฟาง. 2548. ผักพื้นบ้านกับการพัฒนาชุมชนเกษตรกรรมในเขตชานเมือง, 133 หน้า ใน **รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ประจำปีงบประมาณ 2546-2548**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เรวัตต์ จันทวิญญูรักษ์. 2522. **การผันแปรของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผักนึ่ง**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลดชาติ แต่พงษ์ไสร, อธิกา จารุโชติกมล, วนิดา ไทรชมภู และปิยะวรรณ กำลังมาก. 2544.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านในเขต จ. มหาสารคาม. แหล่งที่มา:

<http://khoon.msu.ac.th/full61/ladachat4972/titlepage.pdf>, 15 พฤศจิกายน 2554.

วรรณภา เสนาดี. 2549. ล่องแม่น้ำท่าจีนชมการปลูกผักนึ่งลอยน้ำเป็นการค้า ที่อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี. **วารสารเคหการเกษตร** 30 (10): 158, 161-165.

_____. 2550. ผักนึ่งจีนผักสร้างเงินสร้างงานที่หมู่บ้านพระยาบันลือ จ.พระนครศรีอยุธยา. **วารสารเคหการเกษตร** 31 (9): 189-193.

วัชร หาดยี่. 2549. **อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระในกลไกของการเกิดมะเร็ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิไลพร ปองเพียร. 2552. **การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพืชพื้นบ้านที่มีสีม่วง**. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

วีรพงศ์ ศรีผ่องงาม. 2528. **อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักนึ่งจีนในดินชุดกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน. 2553. **ผักนึ่งจีน**. แหล่งที่มา:

http://www.idd.go.th/web_study_center/khoahinson/kazadsub/plant/china.swf, 15 พฤษภาคม 2553.

สมบุญ เดชะปัญญาวัฒน์. 2548. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนทร เรืองเกษม. 2540. **ผักกึ๋นใบ**. วีเคบีค, กรุงเทพฯ

สุพร นุชดำรงค์. 2549. **อนุมูลอิสระ: คุณและโทษต่อมนุษย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวรรณ มณีฉาย. 2520. **การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการผลิตผักบั้งจีน**.
ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุเทวี สุขปรากร. 2522. ผักบั้ง. **วารสารพืชสวน** 13 (4): 23-26.

อัษฎนา เจนวิทีสุข. 2544. **การตรวจหาและบ่งชี้ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้าน และสมุนไพรไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Aruna, P. 2001. Medallion laboratories analytical progress: Antioxidant activity. **Take you to the heart of giant resource** 19 (2): 1-4.

Bailey, L.H. 1957. **Manual of Cultivated Plants**. The Macmillan Co., New York.

Bautista, O.K. and R.C Mabesa. 1977. **Vegetable Production**. University of the Philippines at Los Banos.

Bergquist, S. 2006. **Bioactive Compounds in Baby Spinach (*Spinacia oleracea* L.)**.
Ph.D. Thesis, Swedish University.

Cassells, A.C. and R.F. Curry. 2001. Oxidative stress and physiological, epigenetic and genetic variability in plant tissue culture : implication for micropropagators and genetic engineers. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 64: 145, 157.

Chu, Y.H., C.L. Chang and H.F. Hsu. 2000. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 80: 561-566.

Core, L. Earl. 1955. **Plant Taxonomy**. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs.

Dumas, Y., M. Dadomo, G. Lucca, P. Grolier and G. Lucca. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. **Science of Food and Agriculture** 83: 369-382.

Florida Department of Environmental Protection. 2003. **Florida Department of Environmental Protection Weed Alert: Water-spinach (*Ipomoea aquatica*)**. Available Source: <http://www.dep.state.fl.us/lands/invaspec/2ndlevpgs/pdfs%20for%20pubs/Wtrspnch.pdf>, January 5, 2011.

Giusti M.M., L.E. Rodriguez-Saona, J.R. Baggett, G.L. Reed, R.W. Durst, and R.E. Wrolstad. 1998. Anthocyanin pigment composition of red radish cultivars as potential food colorants. **Journal of Food Science** 63: 219-224.

Hanson, P., L.C. Chang, R.Y. Yang, L. Ledesma and D. Ledesma. 2009. Contents of carotenoids, ascorbic acid, minerals and total glucosinolates in leafy brassica pakchoi (*Brassica rapa* L. *chinensis*) as affected by season and variety. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 89: 906-914.

Hohl, U., B. Neubert, H. Pforte, I. Schonhof and H. Böhm. 2001. Flavonoid concentrations in the inner leaves of head lettuce genotypes. **European food research and technology** 213: 205-211.

- Howard, L.H., N. Panijaitan, T. Morelock and M.I. Gil. 2002. Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and growing season. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 50: 5891-5896.
- Hu, M.H., Y.S. Ao, X.E. Yang and T.Q. Li. 2008. Treating eutrophic water for nutrient reduction using an aquatic macrophyte (*Ipomoea aquatica* Forsskal) in a deep flow technique system. **Agricultural Water Management** 95: 607-615.
- Huang, D.J., H.J. Chen, C.D. Lin and Y.H. Lin. 2005. Antioxidant and antiproliferative activities of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk) constituents. **Bot. Bull. Acad. Sin.** 46: 99-106.
- Hulshof, P.J.M., C. Xu, P. Bovenkamp, P. Muhilal and C.E. West. 1997. Application of a validated method for the determination of provitamin A carotenoid in Indonesian foods of different maturity and origin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 1174-1179.
- Iqbal S. and M.I. Bhanger. 2006. Effect of season and production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan. **Journal of Food Composition and Analysis** 19: 544-551.
- Ismail, A. and C.S. Fun. 2003. Determination of vitamin C, β -carotene and riboflavin contents in five green vegetables organically and conventionally grown. **Malaysian Journal of Nutrition** 9 (1): 31-39.
- Knott, J.E. and J.R. Deanon. 1967. **Vegetable Production in Southeast Asia**. Laguna Philippines, University of the Philippines.

- Koç, E., C. İslek, and A.S. Üstün. 2010. Effect of cold on protein, proline, phenolic compounds and chlorophyll content of two pepper (*Capsicum annuum* L.) Varieties. **Gazi University Journal of Science** 23 (1): 1-6.
- Krumbein, A., H. Saeger-Fink and I. Schonhof. 2007. Changes in quercetin and kaempferol concentrations during broccoli head ontogeny in three broccoli cultivars. **Journal of Applied Botany and Food Quality** 81: 136–139.
- Kuliscic, T., A. Radonic, V. Katalinic and M. Milos. 2004. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. **Food Chemistry** 85: 633-640.
- Larkcom, J. 2007. **Oriental Vegetables: The Complete Guide for Garden and Kitchen**, John Murray (Publisher) Ltd.
- Lee, S.K. and A.A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology** 20: 207-220.
- Le Prell, C.G., L.F. Hughes and J.M. Miller. 2007. Free radical scavengers vitamin A, C and E plus magnesium reduce noise trauma. **Free Radical Biology & Medicine** 42: 1454-1463.
- Levine, L.H. and P.W. Pare. 2009. Antioxidant capacity reduced in scallions grown under elevated CO₂ independent of assayed light intensity. **Advances in Space Research** 44: 887–894.
- Liu, Z.H., J.L. Hua, L.X. Lin, R.H. Ardter, Z.W. Jun, Z.Y. Lan and Z.D. Feng. 2008. Effect of N and K fertilizers on yield and quality of greenhouse vegetable crops. **Pedosphere** 18 (4): 496–502.

- Malalavidhane, T.S., S.M. Wickta~nasinghe and E.R. Jansz. 2001. Anaqueous extract of the green leafy vegetable *Ipomoea aquatica* is as effective as theoral hypoglycaemic drug tolbutamide in reducing the blood sugar levels of Wistar rats. **Phytother. Res.** 5: 635-637.
- McCann, J.A., L.N. Arkin and J.D. Williams. 1996. **Nonindigenous Aquatic and Selected Terrestrial Species of Florida: Status, Pathway and Time of Introduction, Present Distribution, and Significant Ecological and Economic Effects.** Available Source: <http://aquat1.ifas.ufl.edu/mctitle.html> Accessed 5/1/03, May 7, 2010.
- Palada, M.C. and S.M.A. Crossman. 1999. Evaluation of tropical leaf vegetables in the Virgin Islands. p. 388–393. *In*: J. Janick (ed.), **Perspectives on New Crops and New Uses.** ASHS Press, Alexandria, VA.
- Palada, M.C. and L.C. Chang. 2003. Suggested cultural practices for kangkong. **International Cooperator's Guide.** Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan.
- Patnaik, S. 1976. Autecology of *Ipomoea aquatica* Forsk. **Journal of the Inland Fisheries Society of India.** 8: 77-82.
- Prasad, K.N., S. Divakar, G.R. Shivamurthy and S.M. Aradhya. 2005. Isolation of a free radical scavenging antioxidant from water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk). **Journal of the Science of Food and Agriculture** 85: 1461-1468.
- Preston, T.R. and L.T. Luyen. 2004. Effect of level of urea fertilizer on biomass production of water spinach (*Ipomoea aquatica*) grown in soil and in water. **Livestock Research for Rural Development** 16 (10).
- Quinn, P.J. 1988. Effects of temperature on cell membrane. **Biol.** 42: 237-258.

- Rai, U.N. and S. Sinha. 2001. Distribution of metals in aquatic edible plants: *Trapa natans* (Roxb) Makino and *Ipomoea aquatic* Forsk. **Environ. Monitoring Assess.** 70: 241–252.
- Rao, T.V.R.K. and T. Vijay. 2002. Iron, calcium, carotene, ascorbic acid and oxalic acid contents of some less common leafy vegetables consumed by the tribals of purnia district of Bihar. **Journal of Food Science and Technology** 39: 560-562.
- Reyes, L.E, J.C. Miller and L. Cisneros-Zevallos. 2004. Environmental conditions influence the content and yield of anthocyanins and total phenolics in purple- and red-flesh potatoes during tuber development. **Amer. J. Potato Res.** 81: 187-193.
- Ribaya, M.J.D. and J.B. Blumberg. 2004. Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. **Journal of the American College of Nutrition** 23: 567–587.
- Satpathy, B. 1964. Kalamisag a new addition to our greens. **Indian Farming** 14 (8): 12-16.
- Sawyer, C., P. McCarty and G. Parkin. 2003. **Chemistry for Environmental Engineering and Science**. 5th ed., McGraw-hill, Singapore.
- Sato, T. 2003. Diversity in Antioxidant Activity, Ascorbic Acid and Total Phenol Contents of Indigenous Leafy Vegetables. Available Source: http://203.64.245.173/reta6067/RETA6067_TECHREP_2003.pdf, May 7, 2010.
- Schreiner, M. 2005. Vegetable crop management strategies to increase the quantity of phytochemicals. **Eur. J. Nutr.** 44: 85–94.

Shinohara, S. 1980. **Guidebook for Development of Vegetable Horticulture with Capable Seed Production in the Monsoon Subtropics**. Shinohara's authorized agricultural consulting engineering office, Tokyo.

Singh, S.P. and H.N. Singh. 1978. Study of genetic variability and inheritance of certain character in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). **Hayana J. Hort. Sci.** 7 (1/2): 68-73.

Stephen, J.M. 2009. **Kangkong-*Ipomoea aquatica* Forsk., also *Ipomoea reptans* Poir.**
Available Source: <http://edis.ifas.ufl.edu>., May 19, 2010.

Tomes, M.L. 1963. Temperature inhibition of carotene synthesis in tomato. **Bot. Gaz.** 124: 180-185.

Umar, K.J., L.G. Hassan, S.M. Dangoggo and M.J. Ladan. 2007. Nutritional composition of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk.) leaves. **Journal of Applied Science** 7 (6): 803-809.

Westphal, E. 1994. *Ipomoea aquatica* Forsskal, pp. 181-184. *In* J.S. Siemonsma, K. Piluek, comp. **Prosea: Plant Resources of South-East Asia. No.8.** Prosea Foundation. Bogor, Indonesia.

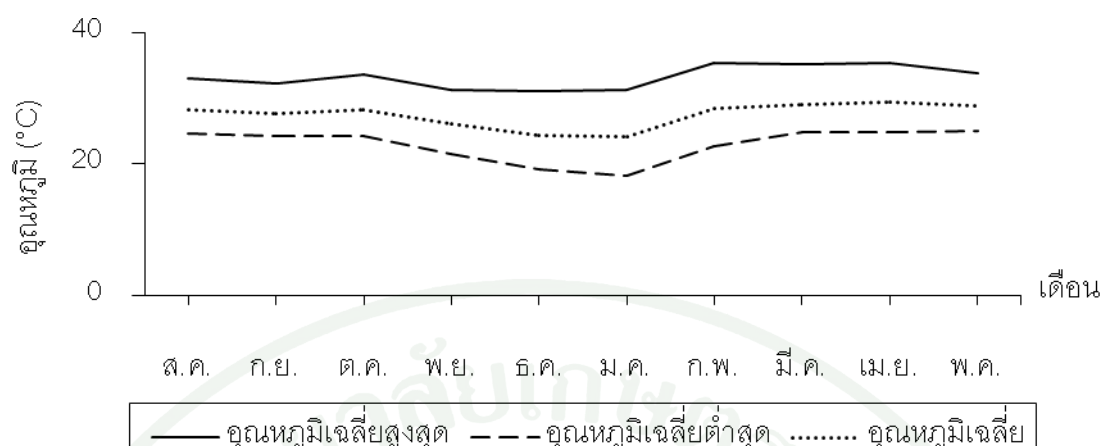
Wills, R.B.H., A.W.K. Wong, F.M. Sciven and H. Greenfield. 1984. Nutrient composition of Chinese vegetable. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 32: 413-416.

Yamaguchi, M. 1990. Asian vegetables, p. 387-390. *In* J. Janick and J.E. Simon (eds.), **Advances in new crops**. Timber Press, Portland, OR.

Yamaguchi, T., H. Takamura, T. Matoba and J. Terao. 1998. HPLC method for evaluation of the free radical- scavenging activity of foods by 1,1- diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 62 (6): 1201-1204.

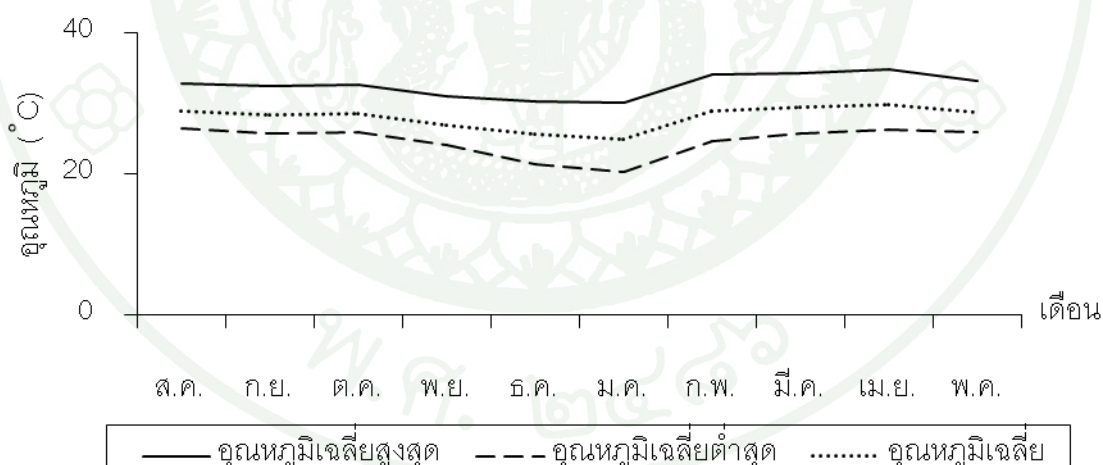






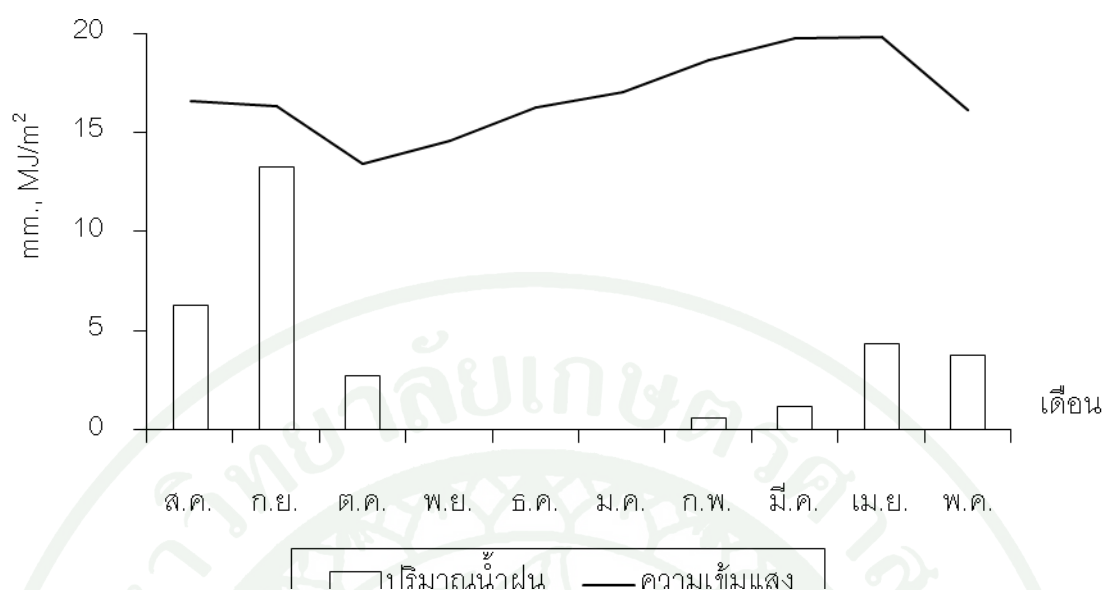
ภาพผนวกที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551- พฤษภาคม พ.ศ.2552 ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา อ.ท่าเรือ จ. พระนครศรีอยุธยา

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2551, 2552)



ภาพผนวกที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551- พฤษภาคม พ.ศ.2552 ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา บางนา จ. กรุงเทพมหานคร

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2551, 2552)



ภาพผนวกที่ 3 ปริมาณน้ำฝน ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา อ.ท่าเรือ จ.พระนครศรีอยุธยา และ ความเข้มแสง ณ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา บางนา จ. กรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2551- พฤษภาคม พ.ศ. 2552

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2551, 2552)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวพรพรรณ สุรการพินิจ
เกิดวันที่	21 พฤศจิกายน 2526
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์เกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	รางวัลชมเชย การนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ สาขาพืชผักสมุนไพร ในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 9 โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยจิบะ ประเทศญี่ปุ่นและ ทุนผู้ช่วยสอนจากภาควิชาพืชสวน บางเขน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์