บทที่ 4

วิจารณ์

1. สมบัติของดินในพื้นที่ทดสอบ

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่สำคัญบางประการของดินในพื้นที่ปลูกผักแบบการค้าของเกษตรกรตำบลบางเหรียง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา พบว่าตัวอย่างดินทั้ง 3 แปลง ค่อนข้างมีความสม่ำเสมอกันในแง่คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ (ตารางที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่รายงานโดย พจนีย์ มอญเจริญ (2544); เอิบ เขียวรื่นรมณ์ (2533); Landon (1991) พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย เป็นดินกรดมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.78-5.21 มีค่า EC_e ต่ำมาก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.12-0.18 dS m^{-1} ซึ่งจัดว่าไม่มีความเค็มหรือเกลือสะสมแต่อย่างใด มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก คือมีค่าอยู่ระหว่าง 119.32-337.95 mg kg^{-1} และมีแนวโน้มเช่นเดียวกับดินปลูกผักแบบการค้าบริเวณเขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร (สมเกียรติ ขำเอี่ยม, 2535) และสวนทุเรียนในจังหวัดจันทบุรี (สุมิตรา ภู่วโรดม และคณะ, 2544) ขณะที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.14-0.27 $cmol_c$ kg^{-1} และมีค่า C.E.C. ค่อนข้างต่ำ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 5.38-7.21 $cmol_c$ kg^{-1} สำหรับปริมาณไนโตรเจนในดิน พบว่ามีอินทรียวัตถุซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนในดินปานกลาง คือมีค่าอยู่ระหว่าง 19.34-25.12 g kg^{-1} และมีไนโตรเจนทั้งหมดในดินต่ำ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.98-1.26 g kg^{-1} อาจมีสาเหตุมาจากภาคใต้ของประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น และฝนตกชุกตลอดทั้งปี ทำให้ไนโตรเจนในรูปไนเทรตถูกชะล้าง (leaching) และสูญหายไปจากดินโดยกระบวนการต่างๆ ทางเคมี และชีวเคมี ได้ง่าย (สุมาลี สุทธิประดิษฐ์, 2536; Pierzynski *et al.*, 2000) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำให้พืชปลูกมีการเจริญเติบโตสูง และชดเชยไนโตรเจนที่สูญเสียไปจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต

2. การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกร

จากผลการศึกษาการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกรทั้ง 3 แปลงทดลอง พบว่าเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยมูลไก่ ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และปุ๋ยยูเรียผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณการใช้อยู่ในช่วง 52.00-63.00 kg N/ไร่ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของเกษตรกรแต่ละรายเป็นหลัก (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ ศุภมาศ

พนิชศักดิ์พัฒนา (2538) ที่รายงานว่ามีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 kg N/ไร่ Hong (1992) ทำการทดลองในผักกาดขาวปลีซึ่งเป็นพืชผักตระกูลเดียวกับผักกวางตุ้ง รายงานว่ามีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอยู่ในช่วง 12.80-32.00 kg N/ไร่ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินไป (nitrogen input surpluses) สามารถวัดได้จากความแตกต่างระหว่างปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่และปริมาณไนโตรเจนในผลผลิตที่เคลื่อนย้ายออกจากแปลงปลูก (Kücke and Kleeberg, 1997) จากการวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืช พบว่าปริมาณไนโตรเจนในผลผลิตที่เคลื่อนย้ายออกจากแปลงปลูกอยู่ในช่วง 15.25-15.92 kg N/ไร่ ดังนั้นเกษตรกรจึงใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินไปอยู่ในช่วง 36.75-47.65 kg N/ไร่ มีรายงานที่เกษตรกรใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินไปในการปลูกผักทางตอนเหนือของประเทศจีน โดย Zhang และคณะ (1996) ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่าได้ปริมาณผลผลิตสูง คุณภาพดี ตรงตามความต้องการของตลาด การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินไปนี้ทำให้เกษตรกรเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น และไนโตรเจนในรูปไนเทรตอาจถูกชะล้างลงสู่น้ำใต้ดิน ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำและสุขภาพของมนุษย์ได้ โดยมักเกิดขึ้นกับบริเวณที่มีฝนตกชุกและดินมีเนื้อหยาบหรือดินทราย (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540; Addiscott *et al.*, 1992; Pierzynski *et al.*, 2000)

3. ผลของการลดปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้โดยเกษตรกรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้ง

การลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกรลงเหลือ 75 เปอร์เซ็นต์ ในทุกแปลงทดลอง และลด 50 เปอร์เซ็นต์ ในแปลงทดลองที่ 1 และ 3 ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต (ภาพที่ 6, 7, 8, 9, 10 และ 11) และผลผลิตของผักกวางตุ้งลดลง (ตารางที่ 4, 5 และ 6) เนื่องจากระดับปุ๋ยดังกล่าวเพียงพอต่อความต้องการของพืช ในระบบการปลูกพืชแบบเข้มข้น (intensive) มักพบเสมอว่าเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณสูง และสามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิต เช่น การทดลองของ Hong (1992) ที่รายงานว่าสามารถการลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลทำให้ผลิตผักกาดขาวปลีลดลง เช่นเดียวกับการทดลองของ Asadi และคณะ (2002) ที่รายงานว่าสามารถลดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลง เนื่องจากมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเกินความจำเป็น การลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกรลงเหลือ 50 เปอร์เซ็นต์ ในแปลงทดลองที่ 2 ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลง ซึ่งเห็นได้จากพืชมีน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 7) และค่า CGR (ภาพที่ 10) ลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ค่อนข้างต่ำ (26.0 kg N/ไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงทดลองที่ 1 (31.5 kg N/ไร่) และ 3 (29.6 kg N/ไร่) ทำให้ปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช นอกจากการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลงแล้วยังพบลักษณะใบเหลืองจาก

การลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในกรณีนี้ด้วย เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นสารสีเขียวในใบพืชและมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงทั้งนี้เพราะคลอโรฟิลล์จะทำหน้าที่ดูดซับพลังงานแสง เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนไม่พอเพียงจึงแสดงอาการใบเหลือง และชะงักการเจริญเติบโต (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; สุมาลี สุทธิประดิษฐ์, 2536; Tisdale and Nelson, 1975) จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเกษตรกรสามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้ 25-50 เปอร์เซ็นต์ โดยที่การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชไม่แตกต่างกัน

4. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้โดยเกษตรกรต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของผักกวางตุ้ง

จากข้อมูลการดูดไนโตรเจน น้ำหนักสดของผลผลิต และปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เมื่อนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (Nitrogen use efficiency, NUE) ของผักกวางตุ้ง (ภาพที่ 12, 13, 14 และ 15) ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช 2 กระบวนการ คือ กระบวนการดูดไนโตรเจน และกระบวนการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจน (Moll *et al.*, 1982) โดยค่าต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย Yield efficiency (YE) เป็นดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่เป็นผลผลิตของพืช Nitrogen recovery efficiency (NRE) เป็นดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการดูดไนโตรเจนจากปุ๋ยของพืช และ Physiological efficiency (PE) เป็นดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่พืชดูดไปใช้เป็นผลผลิต พบว่าค่า YE และ NRE มีความสัมพันธ์เชิงลบกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($r = -0.92^{**}$) และ ($r = -0.90^{**}$) ตามลำดับ ส่วนค่า PE พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ ($r = -0.14$) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงเหลือ 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การดูดไนโตรเจนและการสร้างผลผลิตต่อหน่วยปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่า YE และ NRE มีความสัมพันธ์เชิงลบกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ จากผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณสูงเกินความจำเป็น และเมื่อเกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (ค่า YE และ NRE) ของพืชได้ ขณะที่ค่า PE พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ ส่วนใหญ่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินเพียงพอต่อความต้องการของพืช ในภาพรวมจึงไม่มีผลทำให้การดูดไนโตรเจนและผลผลิตของพืชแตกต่างกัน นอกจากการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในสถานการณ์ที่เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณสูงแล้ว จากรายงานการศึกษาวิจัยหลายๆ แหล่งพบว่ามีแนวทางในการปฏิบัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนหลายประการเช่น การใช้พันธุ์พืชที่มีประสิทธิภาพในการดูดไนโตรเจน วิธีการและระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้า และการใช้สารยับยั้งกระบวนการ

ในทริฟิเคชัน (Moll *et al.*, 1982; Prasad and Power, 1997; Raun and Johnson, 1999; Pierzynski *et al.*, 2000) ทั้งนี้ความเป็นไปได้หรือความเหมาะสมของแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนยังขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพดินฟ้าอากาศ วิธีการในการเพาะปลูก และระบบชลประทาน ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

จากผลการวิเคราะห์ค่า YE ของผักกวางตุ้ง (ภาพที่ 15A) พบว่าตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 27.33-57.81 kg kg $N_{applied}^{-1}$ แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไป 1 กิโลกรัม สามารถสร้างผลผลิตได้ 27.33-57.81 กิโลกรัม และจากค่าการลาดเทของกราฟ (slope) ของภาพที่ 15A ทำให้ทราบว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกร 1 กิโลกรัม ทำให้ค่า YE ของพืชลดลง 0.81 กิโลกรัม ชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกรมีประสิทธิภาพ (ค่า YE) ลดลง แต่เมื่อเกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงเหลือ 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มค่า YE ได้

สำหรับเปอร์เซ็นต์ NRE ของผักกวางตุ้ง (ภาพที่ 15B) พบว่าตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 13.33-28.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ สาเหตุอาจเกิดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกรในปริมาณสูงนอกจากพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้แล้วไนโตรเจนส่วนที่เหลือคือ 71.69-86.67 เปอร์เซ็นต์ จะสูญหายไปจากดินโดยกระบวนการต่างๆ ทางเคมี และชีวเคมี เช่น กระบวนการ volatilization denitrification leaching และ surface runoff (สุมาลี สุทธิประดิษฐ์, 2536; Prasad and Power, 1997; Pierzynski *et al.*, 2000) และจาก slope ของภาพที่ 15B ทำให้ทราบว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกร 1 กิโลกรัม ทำให้เปอร์เซ็นต์ NRE ของพืชลดลง 0.38 เปอร์เซ็นต์ ชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกรมีประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์ NRE) ลดลง แต่เมื่อเกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงเหลือ 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ NRE ได้

ส่วนค่า PE ของผักกวางตุ้ง (ภาพที่ 15C) พบว่าตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในในช่วง 175.34-218.17 kg kg N_{uptake}^{-1} แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยไนโตรเจนที่พืชดูด 1 กิโลกรัม สามารถสร้างผลผลิตได้ 175.34-218.17 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในพืชชนิดอื่นๆ เช่น Hartemink และคณะ (2000) ทำการศึกษาในเผือก และ มันเทศ พบว่ามีค่า PE ประมาณ 400 และ 300 kg kg N_{uptake}^{-1} ตามลำดับ ในเชิงเปรียบเทียบแล้วค่า PE ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ค่อนข้างต่ำ มีรายงานความแตกต่างของค่า PE จากการทดลองอื่นๆ ตัวอย่างเช่น Sage และ Pearcy (1987) รายงานว่าพืช C4 จะมีค่า PE สูงกว่าพืช C3 เนื่องจากพืช C4 มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงสูง ทำให้สามารถสร้างมวลชีวภาพได้สูงกว่าพืช C3 ขณะที่ Ankumah และคณะ (2003) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนโดยวิธีใส่ครั้งเดียว และแบ่งใส่ ทำให้ มันเทศพันธุ์เบา (early maturing cultivars) มีค่า

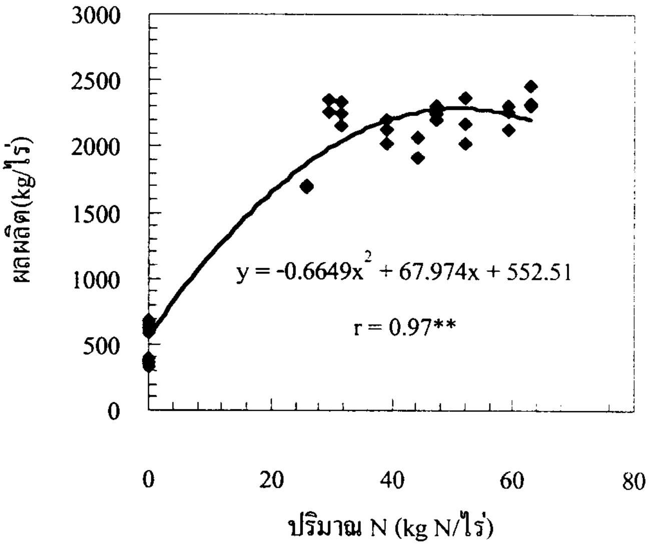
PE สูงกว่ามันเทศพันธุ์หนัก (late maturing cultivars) เนื่องจากมันเทศพันธุ์เบาสามารถสร้างผลผลิต (marketable yield) ได้สูงกว่ามันเทศพันธุ์หนัก เป็นต้น

5. ระดับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกรที่เหมาะสม

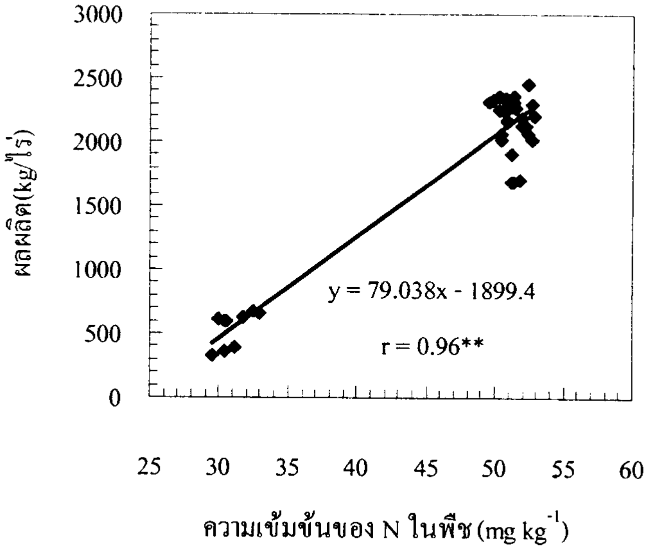
การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งสามารถแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ตามความต้องการไนโตรเจนได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะต้นกล้า (0-11 วันหลังจากปลูก) ระยะถอนแยก (12-17 วันหลังจากปลูก) และระยะใกล้เก็บเกี่ยว (18-35 วันหลังจากปลูก) จากผลการศึกษาการดูดไนโตรเจนของพืช (ภาพที่ 16, 17 และ 18) พบว่าระยะต้นกล้าถึงระยะถอนแยกพืชมีความต้องการไนโตรเจนต่ำ (0.22-1.09 kg N/ไร่) และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างๆ (0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของเกษตรกรปฏิบัติ) ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนดังที่เกษตรกรปฏิบัติกันอยู่ทั่วไป ขณะที่ระยะใกล้เก็บเกี่ยวพืชมีความต้องการไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (2.12-15.92 kg N/ไร่) และสูงสุดในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งเป็นช่วงที่การสะสมน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 6, 7 และ 8) และค่า CGR (ภาพที่ 9, 10 และ 11) สูงสุดเช่นกัน การศึกษาในพืชผักชนิดอื่นๆ เช่น กะหล่ำดอก (Everaarts, 2000) และผักกาดขาวปลี (Oyamada *et al.*, 1974 อ้างโดย ไฉน ยอดเพชร, 2542) พบว่ามีแนวโน้มเดียวกันกับการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะเวลาดังกล่าวจึงเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม พบว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ในแปลงทดลองที่ 1 (31.50 kg N/ไร่) และ 3 (29.6 kg N/ไร่) และระดับ 75 เปอร์เซ็นต์ ในแปลงทดลองที่ 2 (39.0 kg N/ไร่) เป็นระดับที่เหมาะสม เนื่องจากระดับปุ๋ยดังกล่าวไม่มีผลทำให้การดูดไนโตรเจน การเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชมีความแตกต่างกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าระดับปุ๋ยดังกล่าวเพียงพอต่อความต้องการของพืช ขณะที่การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ในแปลงทดลองที่ 2 (26.0 kg N/ไร่) ทำให้การดูดไนโตรเจนของพืชลดลงส่งผลให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชลดลง เนื่องจากระดับปุ๋ยดังกล่าวไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกร และปริมาณไนโตรเจนในพืช พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง (quadratic function) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างผลผลิตกับปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกร (r = 0.97**) (ภาพที่ 25) และความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear function) ระหว่างผลผลิตกับปริมาณไนโตรเจนในพืช (r = 0.96**) (ภาพที่ 26) โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้สามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีของ Macy (1936) อ้างโดย เฉลิมพล แซมเพชร (2542) คือ Critical Percentage Theory กล่าวคือความต้องหรือตอบสนองของปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตของผักกวางตุ้งนั้นจะตอบสนองสูง

เมื่อปริมาณไนโตรเจนในดินมีไม่เพียงพอ (deficient หรือ minimum level) ในที่นี้คืออยู่ในช่วงประมาณ 0-30 kg N/ไร่ โดยให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 500-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการตอบสนองจะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนของผลผลิตที่ลดน้อยถอยลงตามกฎของ Mitscherlich (1909) อ้างโดย เฉลิมพล แซมเพชร (2542) คือ Law of Diminishing Return เมื่อมีการเพิ่มแต่ละหน่วยของไนโตรเจน และหลังจากนั้นอัตราส่วนของผลผลิตต่อการเพิ่มไนโตรเจนแต่ละหน่วยจะค่อนข้างคงที่ ในที่นี้จะมีผลผลิตสูงสุดอยู่ในช่วง 2,220-2,230 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมีการให้ไนโตรเจนในช่วง 40-50 kg N/ไร่ โดยประมาณ ซึ่งเป็นช่วงที่มีไนโตรเจนเพียงพอ (optimum level) เมื่อให้ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นต่อไปผลผลิตจะลดลง เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนที่ให้ไปนั้นมากเกินไปจะไม่ไปสร้างผลผลิตแต่จะถูกเก็บไว้ในเนื้อเยื่อพืชดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 26 ซึ่งพืชอยู่ในภาวะรับไว้เกินจำเป็น (luxury consumption) และอาจเกิดภาวะเป็นพิษ (toxic) ต่อพืชเองได้



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่



ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปริมาณไนโตรเจนในพืช

6. ความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน

จากผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน ซึ่งเป็นไนโตรเจนในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ คือ แอมโมเนียม และไนเทรต พบว่าหลังจากที่เกษตรกรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะต้นกล้าและระยะถอนแยกทำให้ความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากระยะเวลาดังกล่าวพืชมีความต้องการไนโตรเจนต่ำทำให้มีการสะสมของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินในปริมาณสูง (211.79-256.12 mg kg^{-1}) (ภาพที่ 19, 20 และ 21) ขณะที่ระยะใกล้เก็บเกี่ยวความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินจะลดลงเนื่องจากพืชมีการดูดไนโตรเจนในปริมาณสูงดังได้กล่าวมาแล้ว ส่วนแปลงทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินจะต่ำกว่า 44.24 mg kg^{-1} ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง

7. ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ และความคิดเห็นของเกษตรกร

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้โดยเกษตรกรต่อผลผลิตของผักกวางตุ้ง แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรสามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในแปลงทดลองที่ 1, 2 และ 3 ลงได้ 31.50, 13.00 และ 29.60 kg N/ไร่ ตามลำดับ หรือคิดเป็นเงิน 226-548 บาท (ปุ๋ยยูเรียราคากระสอบละ 400 บาท) ต่อการปลูกผักกวางตุ้ง 1 ครั้ง ในแต่ละรอบปีเกษตรกรจะปลูกผักประมาณ 5 ครั้ง ซึ่งสามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้ 65.00-157.50 kg N/ไร่/ปี หรือคิดเป็นเงิน 1,130-2,740 บาท/ไร่/ปี

เมื่อพิจารณา ค่า VCR (Value : Cost ratio = รายได้/ต้นทุนการผลิต) ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงเงินรายได้ต่อค่าใช้จ่ายในการลงทุน (ตารางที่ 7, 8 และ 9) พบว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 50

ไนโตรเจน และยังมีรายงานว่าสามารถลดปริมาณการชะล้างของไนเทรต-ไนโตรเจนลงสู่น้ำใต้ดินได้อีกด้วย (Jaynes *et al.*, 2001; Kücke and Kleeberg, 1997)

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้โดยเกษตรกรต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของผักกวางตุ้งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรผู้ปลูกผักกวางตุ้งแบบการค้าในพื้นที่ตำบลบางเหรียง อำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณสูงเกินความจำเป็นเพื่อให้มั่นใจว่าได้ปริมาณผลผลิตสูง คุณภาพดี ตรงตามความต้องการของตลาด ประกอบกับผักกวางตุ้งมีผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจสูงเกษตรกรจึงใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณสูงเพราะคุ้มค่าต่อการลงทุน ในภาพรวมพบว่าเกษตรกรสามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้ 25-50 เปอร์เซ็นต์ โดยที่การดูดไนโตรเจน การเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกวางตุ้งไม่แตกต่างกัน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (ค่า YE และ NRE) ของพืชได้ แต่ไม่พบความสัมพันธ์นี้ในกรณีของค่า PE นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มว่าสามารถลดความความเข้มข้นของไนเทรต-ไนโตรเจนในสารละลายดินได้ อย่างไรก็ตามราคาผักจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของเกษตรกร เพื่อให้ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานต่างๆ และสามารถนำไปใช้ได้ มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ควรส่งเสริมและสาธิตการลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในแปลงเกษตรกรโดยเกษตรกรมีส่วนร่วม อบรมให้ความรู้เกษตรกรเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน รวมทั้งผลกระทบจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่สูงเกินความจำเป็นทั้งในแง่เศรษฐกิจ และผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2. วิธีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่นๆ ได้ เพราะเป็นวิธีการที่สะดวก และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ ประกอบกับการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืชในประเทศไทยมีน้อยมาก จึงควรมีการศึกษาในพืชชนิดอื่นๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในระบบการปลูกพืชที่มีประสิทธิภาพต่อไป

3. การวิจัยครั้งนี้ใช้ suction cup ในการเก็บตัวอย่างสารละลายดินเพื่อศึกษาแนวโน้มการปนเปื้อนของไนเทรต-ไนโตรเจนในน้ำใต้ดิน เนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวก และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ จึงไม่ใช่ค่าการปนเปื้อนของไนเทรต-ไนโตรเจนในน้ำใต้ดินที่แท้จริง เพื่อให้ได้ค่าที่น่าเชื่อถือควรใช้วิธีการที่สามารถเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินได้ เช่น การใช้ lysimeter เพื่อเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อม และความปลอดภัยของมนุษย์

4. นอกจากไนโตรเจนแล้ว ประเด็นที่ควรมีการวิจัยต่อไปคือฟอสฟอรัส จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่ามีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก (119.32-337.95 mg kg^{-1}) ซึ่งอาจจะไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ปุ๋ยสูตรที่มีฟอสฟอรัสดังที่เกษตรกรปฏิบัติกันอยู่ทั่วไป