



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัด น้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม

โดย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตุลาคม 2545

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รศ.ดร.เสนีย์ กาญจนวงศ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์
2. ผศ.ดร.ขจรศักดิ์ โสภารจารย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์
3. ผศ.วิไลลักษณ์ กิจชนะพานิช	คณะวิศวกรรมศาสตร์
4. ผศ.ทรงเชาว์ อินสมพันธ์	คณะเกษตรศาสตร์
5. นายโชคชัย ไชยมงคล	คณะเกษตรศาสตร์
6. นายอดุง ศิลป์ประเสริฐ	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ
7. ดร.ทิพวรรณ ประภาณกุล	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ
8. นายรัศมี แก้ววิชิต	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ
9. นางสุรีย์ บุญญานุพงศ์	สถาบันวิจัยสังคม

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
ชุดโครงการวิจัยด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ

Executive Summary

บทนำและวัตถุประสงค์

ในปัจจุบันพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่ของประเทศไทยอยู่นอกเขตชลประทาน และบางแห่งประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะในฤดูแล้ง การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำ ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมารัฐบาลมีนโยบายส่งเสริม สนับสนุน ให้เทศบาลต่าง ๆ จัดสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียส่วนกลางขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหามลพิษทางน้ำ ระบบบำบัดน้ำเสียที่เปิดดำเนินงานในปี พ.ศ. 2545 มี 59 แห่ง และอยู่ระหว่างก่อสร้างอีก 17 แห่ง คาดว่าในอนาคต 10 ปีข้างหน้าจะมีระบบบำบัดน้ำเสียเปิดใช้งานไม่น้อยกว่า 250 แห่ง ระบายน้ำทิ้งออกไม่ต่ำกว่า 350×10^6 ม³/ปี ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตชานเมืองและมีความเป็นไปได้ที่จะผันน้ำทิ้งไปใช้ในการเกษตรกรรม การใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรมนี้มีดำเนินงานในต่างประเทศหลายแห่งมาเป็นเวลานานแล้ว แต่เป็นเรื่องค่อนข้างใหม่สำหรับประเทศไทย เนื่องจากระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียชุมชนของเทศบาลต่าง ๆ ส่วนใหญ่ได้เปิดเดินระบบมาไม่เกิน 5 ปี

เพื่อยืนยันความเป็นไปได้ของการใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรม จึงได้จัดทำโครงการวิจัยการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม ขึ้น โดยเป็นโครงการศึกษาวิจัยในลักษณะสหสาขาวิชา และมีระยะเวลาทดลองนานพอเพียง (2½ ปี) ที่จะยืนยันถึงความเป็นไปได้ดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- หาเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง 4 ชนิด คือ น้ำเสีย (Raw Wastewater, RW) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment Effluent, PE) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบเอเอส (Activated Sludge, AS) และน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) เพื่อใช้ในการเกษตรสำหรับพืช 4 ชนิด คือ ข้าว ผักคะน้า กะหล่ำปลี และดอกแอสเตอร์ โดยการทดลองในแปลงเพาะปลูกระดับห้องปฏิบัติการ

- ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองแบบบ่อเติมอากาศ (AL) เทศบาลนครเชียงใหม่ มาใช้ในการเกษตรสำหรับพืช 5 ชนิดคือ ข้าว ผักคะน้า กะหล่ำปลี ผักกาดหัว และดอกแอสเตอร์ โดยทดลองในพื้นที่เกษตรกรรมจริง

- ศึกษาถึงระดับการปนเปื้อนต่อสภาพแวดล้อม (น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ดิน) และต่อผลิตผลทางการเกษตรในการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตร

- ศึกษาถึงการยอมรับของเกษตรกรในการนำน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้ในการเกษตรกรรมและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลผลิตที่ได้จากการใช้น้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียในการเพาะปลูก
- เพื่อสาธิต (Demonstration) และเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตรกรรมแก่เกษตรกร ผู้บริโภค และหน่วยงานวางแผนของรัฐ อันจะนำไปสู่การกำหนดนโยบายการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อการเกษตรของประเทศไทยในที่สุด

วิธีการวิจัย

การวิจัยได้แบ่งแปลงเพาะปลูกเป็น 2 ระดับคือ แปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการและแปลงเกษตรกรรมจริง แปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการทำจากท่อคอนกรีต เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 ม. สูง 0.5 ม. ใส่ดินปลูกสูง 0.45 ม. (0.70 ม. สำหรับแปลงปลูกข้าว) จำนวนรวมทั้งสิ้น 20 แปลง ตั้งอยู่ในภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพาะปลูกพืช 4 ชนิดคือ ผักคะน้า (2 ครั้ง) ดอกแอสเตอร์ (3 ครั้ง) กะหล่ำปลี (2 ครั้ง) ข้าว (3 ครั้ง) ใช้น้ำรด 5 ชนิดคือ น้ำเสีย (RW) จากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น (PE) โดยนำน้ำ RW มาตกตะกอน 1 ชั่วโมง น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบเอเอส (AS) จากโรงบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองแบบบ่อเติมอากาศ (AL) จากโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ น้ำธรรมชาติจากคลองชลประทาน (IW) แปลงทดลองที่ใช้ปลูกผักและดอกแอสเตอร์บางส่วนจะมีพื้นแปลงที่ทึบตัน เพื่อรวบรวมน้ำซึมได้แปลงทำการศึกษปริมาตรและลักษณะน้ำซึม (รูป ก) สำหรับแปลงปลูกข้าวจะไม่มีน้ำซึมออกซึ่งเป็นลักษณะของนาข้าวโดยทั่วไป ทำการทดลองในช่วงเดือนมีนาคม 2543 – สิงหาคม 2544



ก.1 แปลงเพาะปลูกดอกแอสเตอร์



ก.2 ถังเก็บน้ำซึมใต้แปลง

รูปที่ ก รูปถ่ายแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ

แปลงเกษตรกรรมจริงปลูกผักและดอกไม้ใช้น้ำรด 2 ชนิดคือ AL และน้ำบาดาล (GWpd) ตั้งอยู่ในตำบลป่าแดด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะเป็นแปลงขรอกกว้าง 1.5 ม. ยาว 10 ม. รวมทั้งสิ้น 24 แปลง โดยมี 8 แปลงที่ปูแผ่น PVC และมีระบบรวบรวมน้ำซึมใต้แปลงที่ระดับ 0.3 ม. จากผิวดิน เพื่อศึกษาปริมาณและลักษณะน้ำซึม สำหรับนาข้าวตั้งอยู่ในตำบลสันผักหวาน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ใช้น้ำรด 2 ชนิดคือ AL และน้ำบาดาล (GWsw) แปลงนาที่ใช้น้ำ AL มี 5 กระทบนา รวมเนื้อที่ 2.3 ไร่ แปลงที่ใช้น้ำบาดาลมี 6 กระทบนา รวมเนื้อที่ 2.0 ไร่ พืชที่เพาะปลูกมีดังนี้ ผักคะน้า (5 ครั้ง) ดอกแอสเตอร์ (4 ครั้ง) กะหล่ำปลี (3 ครั้ง) ผักกาดหัว (2 ครั้ง) ข้าว (4 ครั้ง) ทำการเพาะปลูกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2543 – มกราคม 2545 แปลงเกษตรกรรมจริง ทั้ง 2 แห่ง อยู่ใกล้กับโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ ซึ่งเป็นแนวแบ่งเขตอำเภอเมืองและอำเภอหางดง ลักษณะแปลงได้แสดงในรูป ข.1 และ ข.2 การเพาะปลูกในแปลงระดับห้องปฏิบัติการ และแปลงเกษตรกรรมจริงใช้สารเคมีการเกษตร (ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง) พันธุ์พืช และปริมาณน้ำรดเหมือนกันทุกประการ มีเพียงชนิดน้ำรดเท่านั้นที่ไม่เหมือนกัน



ข.1 แปลงปลูกผักคะน้า



ข.2 นาข้าวระหว่างจัดดูงานครั้งที่ 1

รูปที่ ข รูปถ่ายแปลงเกษตรกรรมจริง

ในการเพาะปลูกได้เก็บตัวอย่างดินที่ระดับ 0.15 ม. จากผิวดิน เพื่อหาธาตุอาหาร (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) ก่อนและหลังการปลูก มีการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับ 0.125 ม. จากผิวดิน เพื่อตรวจวิเคราะห์โลหะหนักก่อนและหลังการเพาะปลูกแต่ละครั้ง โลหะหนักที่ศึกษา คือ แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ซึ่งมีโอกาสปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารได้ ในการเพาะปลูกผักที่ใช้บริโภคมีการเก็บตัวอย่างผิวดินเพื่อหาพยาธิก่อนและหลังการเพาะปลูก สำหรับ

ผลผลิตทุกชนิดมีการตรวจหาโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี) กรณีข้าวมีการหาในข้าวกล้องและข้าวขาว สำหรับผักที่ใช้บริโภคมีการหาพยาธิและแบคทีเรีย (เป็นครั้งคราว) ในผักช่วงเก็บเกี่ยวด้วย การเก็บตัวอย่างดินและผลผลิตทำทั้งแบบจ้าง (Grab) และแบบผสม (Composite)

ในการศึกษาด้านการเจริญเติบโตกรณีข้าว มีการวัดความสูงทุกสัปดาห์และหาผลผลิตที่ระยะออกรวง สำหรับดอกแอสเตอร์มีการวัดความสูงและหาจำนวนดอก/ต้นทุกสัปดาห์ กรณีผักจะวัดผลผลิตรวม (เฉพาะส่วนที่ขายได้) ในขณะเก็บเกี่ยว

การศึกษาลักษณะน้ำรดได้วิเคราะห์โลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี) พยาธิ และแบคทีเรีย น้ำรดทุกชนิดในช่วงปีแรก (กุมภาพันธ์ 2543 – มกราคม 2544) โดยเก็บตัวอย่างแบบจ้วง เดือนละ 2 ครั้ง ส่วนลักษณะทางเคมีน้ำรด น้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก หรือน้ำขังในแปลงเพาะปลูก (กรณีข้าว) จะเก็บตัวอย่างทุกสัปดาห์

ปริมาณน้ำรดได้บันทึกโดยใช้ภาชนะตวงหรือมาตรวัดน้ำ ปริมาณน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก บันทึกโดยภาชนะตวง ปริมาณน้ำฝนที่ตกในแปลงทดลองวัดโดยเครื่องวัดน้ำฝนแบบ Tipping Bucket

การศึกษาด้านทัศนคติและการยอมรับของประชาชนได้สุ่มตัวอย่างเกษตรกรอาสาสมัครที่ร่วมโครงการ เกษตรกรใกล้เคียงแปลงทดลอง เกษตรกรทั่วไป ผู้รับซื้อผลผลิต ผู้บริโภค และเจ้าหน้าที่หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัยในแปลงระดับห้องปฏิบัติการ

ผลการวิจัยด้านคุณภาพน้ำรด (โลหะหนัก พยาธิ และแบคทีเรีย) ในรอบ 1 ปี พบว่า โลหะหนักในน้ำรดทุกชนิดมีค่าอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าปลอดภัยสูงสุด ตามมาตรฐานน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเลประเภท 3 แต่น้ำบาดาลมีระดับตะกั่วที่ค่อนข้างสูงกว่าน้ำชนิดอื่น ผลการตรวจพยาธิพบว่า น้ำ AL และน้ำบาดาลไม่พบพยาธิ น้ำ IW และ AS พบในปริมาณต่ำ ขณะที่น้ำ RW และ PE ค่อนข้างสกปรก พบไข่หรือหนอนพยาธิปริมาณสูงซึ่งอาจเป็นอันตรายติดต่อสู่คนได้ พยาธิที่พบมี Hookworm และ Unidentified Free Living Nematode (UFLN) ซึ่งเป็นพยาธิทั่วไปที่พบในดินและน้ำตามธรรมชาติ สำหรับการตรวจแบคทีเรียในน้ำพบว่า น้ำบาดาลและน้ำ AS ไม่มีเชื้อโรคใด ๆ ส่วนน้ำ AL และน้ำ IW พบแบคทีเรียที่พบทั่วไปตามธรรมชาติ และอาจทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารได้ แต่พบในปริมาณต่ำ สำหรับน้ำ RW และ PE พบแบคทีเรียที่อาจทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารร้ายแรงได้หลายชนิด เช่น เชื้อ *Salmonella enteritidis* gr B และ gr D *Vibrio cholerae* Type 0139 (เดือนมิถุนายน 2543) *Vibrio cholerae* serotype Inaba, biotype Eltor (เดือนกันยายน 2543)

เป็นต้น ผลวิเคราะห์แร่ธาตุที่ขัดขวางการเจริญเติบโตของพืชในน้ำทุกชนิดพบว่ามิโบรอนในช่วง 0.006-0.081 มก/ล ของแข็งละลายน้ำรวมในช่วง 86-379 มก/ล และ Sodium Absorption Ratio ในช่วง 0.18-2.15 ซึ่งค่าทั้งหมดอยู่ในระดับที่ไม่ขัดขวางการเจริญเติบโตของพืช

ผลการวิจัยในแปลงระดับห้องปฏิบัติการปลูกข้าว 3 ครั้ง (นาปรัง 2543 พันธุ์คลองหลวง 1 นาปี 2543 พันธุ์ กข.6 นาปรัง 2544 พันธุ์หอมสุพรรณ) ในแง่การเจริญเติบโต ข้าวที่ใช้น้ำ RW มีลักษณะส่วนใหญ่ของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (ความสูงเฉลี่ย จำนวนหน่อตอกอ พื้นที่ใบ ตอกอ น้ำหนักแห้งตอกอ) สูงที่สุด รองลงมาคือข้าวที่ใช้น้ำ PE ส่วนข้าวที่ใช้น้ำอื่น ๆ ไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้คาดว่าเนื่องมาจากไนโตรเจนในน้ำ RW และ PE ทำให้ข้าวในแปลงดังกล่าวได้รับไนโตรเจนมากกว่าแปลงอื่น ๆ (ทุกแปลงใส่ปุ๋ยอัตราเท่ากัน) ในกรณีของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ฯลฯ การปลูกครั้งที่ 1 ไม่แตกต่างทางสถิติจากการใช้น้ำชนิดต่าง ๆ แต่ในการปลูกครั้งที่ 2 และ 3 ข้าวที่ใช้น้ำ RW และ PE มีการให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าน้ำชนิดอื่น และข้าวที่ใช้น้ำ IW ให้ผลผลิตต่ำที่สุด การใช้น้ำทั้ง 5 ชนิดไม่เกิดอาการเป็นพิษ (Toxicity) ต่อข้าว ในด้านการใช้น้ำของการปลูกทั้ง 3 ครั้ง มีน้ำเข้าแปลงทดลอง (น้ำรด+น้ำฝน) ในช่วง 2,293-3,229 ม³/(ไร่.ฤดูปลูก) ระยะเวลาปลูก 4 เดือน โดยมีน้ำฝนในสัดส่วนประมาณ 23-30% และไม่แตกต่างกันมากนักในฤดูปลูกข้าวนาปีและข้าวนาปรัง ข้าวนาปีมีฝนในช่วงแรกของการเพาะปลูกและข้าวนาปรังมีฝนมากในช่วงท้ายของการเพาะปลูก ลักษณะน้ำรดและน้ำขังในแปลงนาพบว่า น้ำ RW และ PE จะมีระดับสารมลพิษบางพารามิเตอร์ เช่น BOD, TKN, ฟิคัลโคลิฟอร์ม ฯลฯ ที่สูง และน้ำขังในแปลงนามีระดับมลพิษที่ต่ำกว่าน้ำรดประมาณ 60-80% แต่ก็อยู่ในระดับที่สูง แต่แปลงที่รดโดยน้ำ AS, AL, IW ไม่มีความแตกต่างของระดับสารมลพิษในน้ำรดและน้ำขังในแปลงมากนัก สำหรับการสะสมโลหะหนักในดินก่อนและหลังการเพาะปลูกพบว่า ไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และระดับโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี) ในดินอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุด 4-5 เท่า ยกเว้นแคดเมียมต่ำกว่าระดับค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 10 เท่า ผลการตรวจสอบระดับการปนเปื้อนโลหะหนักในข้าวพบว่า ระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมกับตะกั่วตรวจไม่พบถึงพบน้อยมากและต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดหลายเท่าตัว ขณะที่การปนเปื้อนของทองแดงพบในระดับต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 3-8 เท่า และการปนเปื้อนสังกะสีพบว่าต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 6-10 เท่า โดยระดับการปนเปื้อนในข้าวกล้องสูงกว่าข้าวขาวเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) ก่อนและหลังการเพาะปลูกพบว่าไม่ได้แตกต่างกันอย่างเด่นชัด รวมทั้งตัวอย่างดินที่รดโดยน้ำชนิดต่าง ๆ ก็พบว่าไม่ได้แตกต่างกันอย่างเด่นชัด เนื่องจากการปลูกข้าวไม่ได้ระบายน้ำออกนอกแปลงนาและดินเป็นดินเหนียว มีอัตราการซึมน้ำต่ำ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากน้ำซึมจึงถือว่าน้อยมาก

ผลการวิจัยในแปลงปลูกดอกแอสเตอร์รวม 3 ครั้ง พบว่า ความสูงเฉลี่ยในระยะ 6 สัปดาห์แรกจะไม่แตกต่างกันมากนัก แต่หลังจากนั้นจะเกิดความแตกต่าง และแปลงที่รดโดยน้ำ RW จะมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือแปลงที่รดโดยน้ำ PE ในด้านของผลผลิต จำนวนดอกต่อต้น ก็พบว่าแปลงที่รดโดยน้ำ RW มีค่าสูงสุด รองลงมาคือแปลงที่รดโดยน้ำ PE และแปลงที่รดโดยน้ำ IW มีค่าต่ำสุด จากการปลูก 3 ครั้งพบว่า ดอกแอสเตอร์มีแนวโน้มความสูงเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนครั้งที่ปลูก ขณะที่จำนวนดอกต่อต้นของการปลูกทั้ง 3 ครั้งพบว่าแตกต่างกัน ซึ่งอาจขึ้นกับฤดูกาลที่เพาะปลูก โดยไม่พบอาการเป็นพิษต่อพืชจากการใช้น้ำชนิดต่าง ๆ ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง (น้ำรด+น้ำฝน) อยู่ในช่วง 743-1,318 ม³/(ไร่.ฤดูปลูก) ระยะเวลาปลูก 2½ - 3 เดือน ในช่วงฤดูปลูกที่ 1 และ 2 มีน้ำฝนเข้าแปลงค่อนข้างมากประมาณ 45% แต่ในฤดูปลูกที่ 3 มีน้ำฝนเข้าเพียงประมาณ 1% มีน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก (ที่ระดับ 0.45 ม.) ในช่วง 14.9-42.9% ของน้ำเข้า ลักษณะน้ำตรึงน้ำ RW และ PE มีค่า BOD, COD, TKN ที่สูง แต่ในน้ำซึมค่า BOD และ COD ถูกกำจัดออกไปในชั้นดิน (โดยกลไกทางกายภาพและชีวภาพ) ประมาณ 95% และ 60% ตามลำดับ สำหรับแปลงทดลองอื่น ๆ น้ำเข้ามีสารอินทรีย์ไม่สูงมากจึงไม่เกิดการกำจัดอย่างเด่นชัด โดยภาพรวมพบว่าน้ำซึมออกได้แปลงทดลองมีค่า BOD ที่ไม่แตกต่างกันมากนักในช่วง 2.3-3.6 มก/ล ไม่ว่าใช้น้ำรดชนิดใด สำหรับไนโตรเจนเนื่องจากการใช้ปุ๋ยอัตราสูง น้ำซึมออกมีไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนสูงมาก (ค่าเฉลี่ย 20-46 มก/ล) โดยไม่พบความแตกต่างจากแปลงที่รดโดยน้ำทั้งชนิดต่าง ๆ สำหรับแอมโมเนียไนโตรเจนพบว่ามีค่าค่อนข้างสูงได้แปลงที่รดโดยน้ำ RW และ PE โดยสรุปน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกก่อให้เกิดการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดินในรูปของไนโตรเจน คิดเป็นค่าอัตราภาระบรรทุกไนโตรเจนรวม (TN Loading Rate) ในช่วง 35.1-235 กรัม/(วัน.ไร่) โดยมีค่าสูงสุดได้แปลงที่รดโดยน้ำ RW และ PE ตามลำดับ ทั้งนี้อัตราภาระบรรทุกไนโตรเจนในแต่ละการทดลองทั้ง 3 ครั้งมีค่าแตกต่างกัน โดยการทดลองครั้งที่ 3 ซึ่งมีน้ำเข้า (น้ำรด+น้ำฝน) ต่ำสุด มีปริมาณน้ำซึมน้อยที่สุดและมีอัตราภาระบรรทุกสารปนเปื้อน (BOD, COD, NO_{2,3}-N, NH₃-N, TN) ต่ำสุด สำหรับฟอสฟอรัสในน้ำซึมนั้นมีความเข้มข้นต่ำมากและไม่แตกต่างกันในแปลงทดลองที่รดโดยน้ำทั้งชนิดต่าง ๆ ผลการตรวจโลหะหนักในดินก่อนและหลังการเพาะปลูกไม่ได้พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้น้ำรดชนิดต่าง ๆ รวมทั้งไม่เกิดการสะสมโลหะหนักตามระยะเวลาเพาะปลูก ระดับแคดเมียมตรวจไม่พบถึงมีค่าต่ำกว่าระดับความปลอดภัยสูงสุด 6 เท่า ขณะที่ตะกั่วต่ำกว่าระดับความปลอดภัยสูงสุด 2½ - 3 เท่า ทองแดงและสังกะสีมีค่าต่ำกว่าระดับความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 4.5 เท่า และ 4.2 เท่า ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินพบการลดลงของฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมหลังการปลูกครั้งที่ 1 และ 2 แต่ก็ลดลงในสัดส่วนไม่แตกต่างกันในทุกแปลงที่ใช้น้ำรดชนิดต่าง ๆ ในการปลูกครั้งที่ 3 ค่าธาตุอาหารในดินได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากปุ๋ยที่ใส่ระหว่างการเพาะปลูก

ผลการวิจัยในแปลงปลูกกะหล่ำปลีพบว่า ผลผลิต (ส่วนที่ขายได้) ในการเพาะปลูกครั้งที่ 1 ไม่ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ในการปลูกครั้งที่ 2 แปลงที่รดโดยน้ำ RW ให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากขณะเก็บเกี่ยวกะหล่ำปลีในแปลงดังกล่าวยังไม่ห่อหัวเต็มที่ โดยสรุปผลผลิตเมื่อนำน้ำชนิดต่าง ๆ ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก และไม่เกิดสภาพเป็นพิษต่อพืช ในด้านการใช้น้ำมีน้ำเข้า (น้ำรด+น้ำฝน) ในการปลูกครั้งที่ 1 $688-692 \text{ ม}^3/(\text{ไร่} \cdot \text{ฤดูปลูก})$ ระยะเวลาปลูก $2\frac{1}{2}$ เดือน น้ำเข้าเป็นน้ำฝนประมาณ 17.6% และไม่มีน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก ในการปลูกครั้งที่ 2 มีน้ำเข้า $1,257 \text{ ม}^3/(\text{ไร่} \cdot \text{ฤดูปลูก})$ เป็นน้ำฝน 42.9% และมีน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก 1.2-10.1% ของน้ำเข้ารวม ลักษณะสมบัติของน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกก็คล้ายคลึงกับแปลงปลูกดอกแอสเตอร์ คือเกิดการกำจัดสารอินทรีย์ (BOD, COD) ในกรณีน้ำ RW, PE และน้ำออกมีไนโตรเจนในไตรโทไนโตรเจนสูงมาก ลักษณะน้ำซึมจากแปลงเพาะปลูกที่รดโดยน้ำชนิดต่าง ๆ พบว่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดินสูงสุดในรูปไนโตรเจน ขณะที่ฟอสฟอรัสรวมในน้ำซึมมีค่าน้อยมาก ผลการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดินก่อนและหลังการเพาะปลูกไม่พบแคดเมียม (ค่าต่ำกว่า Detection Limit) ขณะที่พบตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 5 เท่า ในทุกกลุ่มโลหะหนัก และไม่พบการสะสมโลหะหนักเพิ่มขึ้นหลังการเพาะปลูกแต่อย่างใด ในการเพาะปลูกกะหล่ำปลีได้ตรวจสอบพยาธิในผิวดินด้วย ในการปลูกครั้งที่ 1 ได้ตรวจสอบเฉพาะหลังการปลูก แต่ในการปลูกครั้งที่ 2 ได้ตรวจสอบทั้งก่อนและหลังการปลูก ผลการตรวจสอบพบพยาธิ UFLN ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในดินและในน้ำในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันจากแปลงที่ใช้น้ำรดชนิดต่าง ๆ การตรวจพยาธิในผลผลิตก็ตรวจไม่พบถึงพบ UFLN น้อยมาก ซึ่งบ่งชี้ว่าระดับการปนเปื้อนของพยาธิอยู่ในระดับต่ำ และไม่แตกต่างกันเมื่อนำน้ำชนิดต่าง ๆ แต่ทั้งนี้อาจขึ้นกับวิธีการรดน้ำด้วย เนื่องจากเป็นแปลงขนาดเล็กจึงรดน้ำโดยใช้ขันตักรดที่โคนต้น โอกาสปนเปื้อนในพืชจึงมีน้อย สำหรับการตรวจโลหะหนักในกะหล่ำปลีตรวจไม่พบแคดเมียมและตะกั่ว โดยพบทองแดงและสังกะสีในอัตราส่วนต่ำกว่าค่าความปลอดภัยประมาณ 52 เท่า และ 80 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของโลหะหนักจากกะหล่ำปลีที่ปลูกโดยใช้น้ำชนิดต่าง ๆ

ผลการวิจัยในแปลงปลูกผักคะน้า 2 ครั้ง พบว่า ครั้งที่ 1 แปลงที่ปลูกโดยใช้น้ำ IW และ AS มีผลผลิต (ส่วนที่ขายได้) ต่ำกว่าแปลงอื่น ๆ ที่เหลือ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 แปลงที่ใช้น้ำ IW มีผลผลิตต่ำกว่าแปลงอื่น ๆ ที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ไม่พบสภาพเป็นพิษต่อพืชจากการใช้น้ำชนิดต่าง ๆ ปริมาณน้ำเข้า (น้ำฝน+น้ำรด) แปลงเพาะปลูกครั้งที่ 1 มีอัตรา $481-488 \text{ ม}^3/(\text{ไร่} \cdot \text{ฤดูปลูก})$ เป็นน้ำฝนประมาณ 16% มีน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก 34.1-52.4% ของน้ำเข้ารวม ในการปลูกครั้งที่ 2 มีอัตราน้ำเข้ารวม $839-861 \text{ ม}^3/(\text{ไร่} \cdot \text{ฤดูปลูก})$ เป็นน้ำฝนประมาณ 52% และน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก 21.8-35.3% ของน้ำเข้ารวม ระยะเวลาปลูก $1\frac{1}{2}$ เดือน

ลักษณะสมบัติของน้ำเข้าและน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกก็คล้ายคลึงกับแปลงปลูกกะหล่ำปลีและดอก
 แอสเตอร์คือ น้ำ PE, RW มี BOD, COD สูง (ค่า BOD เฉลี่ยของน้ำ RW 49.8-111 มก/ล และของ
 น้ำ PE 29.7-63.0 มก/ล) BOD จะถูกกำจัดในชั้นดินโดยกระบวนการทางกายภาพและชีวภาพ 80-
 90% ขณะที่น้ำชนิดอื่น ๆ มีค่า BOD น้ำซึมไม่แตกต่างจากน้ำเข้ามากนัก โดยลดลงเล็กน้อย น้ำซึมมี
 ในโตรทไนโตรทไนโตรเจนสูงมาก (11.6-74.9 มก/ล) โดยในการเพาะปลูกครั้งที่ 2 มีค่าสูงกว่าครั้งที่
 ที่ 1 ประมาณ 3-4 เท่าตัว ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในน้ำเข้าและน้ำซึมมีค่าต่ำ ในแปลงทดลองที่รด
 โดยน้ำชนิดต่าง ๆ โดยทั่วไปไม่พบว่ามีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นค่าแอมโมเนีย
 ไนโตรเจนและฟัลโคลิฟอร์มที่แปลง RW, PE มีค่าสูงกว่าแปลงอื่น ๆ เนื่องจากการเพาะปลูกครั้งที่
 2 มีการใช้น้ำมาก น้ำซึมได้แปลงก็มีปริมาณสูงกว่าการปลูกครั้งที่ 1 (แม้ว่าจะมี % น้ำซึมเมื่อเทียบ
 กับน้ำเข้าลดลง) ทำให้เกิดการชะล้างไนโตรเจนออกมามาก จึงทำให้มีอัตราการระบรทุกสาร
 อินทรีย์โดยเฉพาะไนโตรเจนในน้ำซึมของการปลูกครั้งที่ 2 สูงกว่าการปลูกครั้งที่ 1 สำหรับการ
 การศึกษาการสะสมโลหะหนักในดินตรวจไม่พบแคดเมียม ขณะที่ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีใน
 ดินมีค่าต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 2.8, 4.5 และ 4.3 เท่า ตามลำดับ โดยไม่พบความ
 แตกต่างของโลหะหนักก่อนและหลังการปลูกและไม่พบความแตกต่างดินจากแปลงที่ใช้น้ำรด
 ชนิดต่าง ๆ การตรวจหาพยาธิในดินก่อนและหลังการปลูกก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
 พยาธิที่พบคือ UFLN ที่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติและตรวจพบในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันในแปลงที่
 ใช้น้ำชนิดต่าง ๆ ผลผลิตที่ได้ตรวจไม่พบแคดเมียมและตะกั่ว (ค่าต่ำกว่า Detection Limit) ในผัก
 คะน้า มีทองแดงและสังกะสีต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 28 และ 50 เท่า ตามลำดับ และ
 ตรวจไม่พบพยาธิที่เป็นอันตรายต่อคนในผัก รวมทั้งไม่พบความแตกต่างของจำนวนพยาธิ UFLN
 ในผักจากแปลงที่รดโดยน้ำชนิดต่าง ๆ

โดยสรุปการใช้น้ำ RW, PE, AS, AL, IW เพาะปลูกผักคะน้า กะหล่ำปลี ดอกแอสเตอร์
 และข้าว ไม่พบอาการเป็นพิษของพืชเนื่องจากการใช้น้ำทั้ง 5 ชนิด ผลผลิตที่ได้โดยทั่วไปไม่
 แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นข้าวและดอกแอสเตอร์ที่ตอบสนองต่อน้ำ RW และ PE ทำให้มีการ
 เจริญเติบโตที่ดีกว่า น้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกผักชนิดต่าง ๆ และดอกแอสเตอร์พบว่ามีไนโตรท-
 ไนโตรทไนโตรเจนสูงมากเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ย ทำให้เกิดการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดิน (น้ำบ่อดิน) ได้
 สำหรับแปลงที่รดโดยน้ำ RW และ PE จะมีแอมโมเนียไนโตรเจนที่สูงกว่าแปลงอื่น ๆ และสาร
 อินทรีย์ (BOD, COD) จะถูกกำจัดในชั้นดินมากกว่าแปลงที่รดโดยน้ำชนิดอื่น ๆ การสะสมโลหะ
 หนักในดินพบว่าแคดเมียมและตะกั่วมีค่าต่ำมาก ขณะที่ทองแดงและสังกะสีจะมีค่าต่ำกว่าค่าความ
 ปลอดภัยสูงสุดหลายเท่าตัว ในช่วงเวลาที่เพาะปลูกพืชต่าง ๆ (ซึ่งค่อนข้างสั้น) ไม่พบการสะสม
 ของโลหะหนักในดินและไม่พบความแตกต่างของโลหะหนักในดินจากแปลงเพาะปลูกที่รดโดยน้ำ

ชนิดต่าง ๆ การตรวจพยาธิในดิน (เฉพาะแปลงผัก) ก็ไม่พบความแตกต่างในแปลงที่รดโดยน้ำชนิดต่าง ๆ ผลการตรวจธาตุอาหารในดินก็ไม่พบความแตกต่างจากการใช้น้ำชนิดต่าง ๆ เช่นกัน ผลผลิตที่ได้มีโลหะหนัก แคดเมียม และตะกั่ว ปนเปื้อน อยู่ในระดับต่ำมาก มีทองแดงและสังกะสีต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดหลายเท่า กรณีผักก็ตรวจไม่พบพยาธิที่เป็นอันตรายต่อคน โดยที่โลหะหนักและพยาธิในผลผลิตไม่ได้แตกต่างกันในแปลงที่รดโดยน้ำชนิดต่าง ๆ

ผลการวิจัยในแปลงเกษตรกรรมจริง

การเพาะปลูกในนาข้าวได้ดำเนินการรวม 4 ครั้ง (นาปรัง 2543 พันธุ์คลองหลวง 1 นาปี 2543 พันธุ์ กข.6 นาปรัง 2544 พันธุ์หอมสุวรรณ นาปี 2544 พันธุ์สันป่าตอง 1) ผลการเพาะปลูกในแง่การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (ความสูงเฉลี่ย จำนวนหน่อตอกอ ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งรวมต่อหน่วยพื้นที่) พบว่าไม่แตกต่างกันในแปลงที่ใช้น้ำ AL และน้ำบาดาล GWsw แม้ว่าในการปลูกบางครั้งแปลงที่ใช้น้ำ AL จะมีแนวโน้มการเจริญเติบโตสูงกว่าแปลงที่ใช้น้ำ GWsw สำหรับผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว พบว่าไม่ได้แตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และไม่พบสภาพเป็นพิษของข้าวจากการใช้น้ำ AL ทำการเพาะปลูก ผลผลิตเฉลี่ยของการปลูกครั้งที่ 1-3 อยู่ในช่วง 558.4-964.7 กก./ไร่ ขึ้นกับพันธุ์ข้าวและฤดูปลูก ขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยของการปลูกครั้งที่ 4 ก่อนข้างต่ำคือ 291.5-337.4 กก./ไร่ เนื่องจากการปลูกครั้งแรกน้ำท่วมนา จึงได้เปลี่ยนพันธุ์และปลูกเสริมในเวลาทีล่าช้ากว่าฤดูปลูกทั่วไป และในช่วงออกรวงเกิดโรคใบสีส้มระบาด ทำให้เมล็ดข้าวลีบไปบางส่วน

ในการปลูกครั้งที่ 1-3 มีน้ำเข้านา (น้ำรด+น้ำฝน) ในช่วง 2,189-2,888 ม³/(ไร่.ฤดูปลูก) ขณะที่การปลูกครั้งที่ 4 มีน้ำท่วมนาอยู่ก่อนบางส่วน จึงใช้น้ำน้อยกว่าฤดูปลูกอื่น ๆ ปริมาณน้ำเข้านาเป็นน้ำฝนในช่วง 22.2-30.0% โดยไม่แตกต่างกันมากนักในฤดูนาปรังหรือนาปี (ฤดูนาปรังจะมีฝนในช่วงท้ายของการปลูก ขณะที่ฤดูนาปีจะมีฝนประปรายตลอดระยะเวลาการปลูก 4 เดือน ลักษณะน้ำรดและน้ำข้างพบว่า แปลงที่รดโดยน้ำ AL มีสารอินทรีย์ (BOD, COD) เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ขณะที่แปลงที่รดโดยน้ำ GWsw (ซึ่งมีสารอินทรีย์ต่ำ) เกิดการละลายสารอินทรีย์ ทำให้มีค่าในน้ำข้างสูงขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับพารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน ไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในน้ำข้างส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ และไม่มี ความแตกต่างกันมากนักในน้ำข้างที่รดโดยน้ำทั้ง 2 ชนิด เนื่องจากการปลูกข้าวไม่ได้ระบายน้ำออกจากแปลง แต่จะเติมน้ำเข้าเป็นระยะ ๆ เมื่อน้ำแห้ง และดินท้องนาเป็นดินเหนียว น้ำซึมได้น้อยมาก ผลกระทบของน้ำข้างในแปลงนาต่อน้ำใต้ดินจึงมีน้อยมาก ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดินก่อนและหลังการปลูก ตรวจไม่พบแคดเมียม พบตะกั่ว ทองแดง สังกะสี ต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ

5 เท่า 6.5 เท่า และ 7.5 เท่า ตามลำดับ โดยไม่พบการสะสมเพิ่มขึ้นของโลหะหนักหลังการเพาะปลูก และไม่พบความแตกต่างของโลหะหนักในดินที่รดโดยน้ำทั้ง 2 ชนิด การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินก็ไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจนก่อนและหลังการปลูก และในดินจากแปลงที่รดโดยน้ำทั้ง 2 ชนิด ผลวิเคราะห์โลหะหนักในข้าวพบระดับการปนเปื้อนแคดเมียมตั้งแต่ไม่พบจนอยู่ในระดับต่ำมาก ๆ การปนเปื้อนตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 25 เท่า 5 เท่า และ 7.5 เท่า ตามลำดับ โดยมีข้อสังเกตว่าการปนเปื้อนของทองแดงและสังกะสีเพิ่มสูงขึ้นมากในการเพาะปลูกครั้งที่ 4 แต่เพิ่มทั้งในแปลงที่รดโดยน้ำ AL และน้ำบาดาลตามธรรมชาติ

ผลการวิจัยในแปลงปลูกดอกแอสเตอร์รวม 4 ครั้ง พบว่า ความสูงและจำนวนดอกต่อต้นของแปลงที่รดโดยน้ำ AL และ GWpd ไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่เกิดอาการเป็นพิษของพืชจากการใช้น้ำทั้ง ปริมาณน้ำเข้าแปลงเพาะปลูก (น้ำรด+น้ำฝน) อยู่ในช่วง 788-1,268 ม³/(ไร่.ฤดูปลูก) ระยะเวลาปลูก 2½ - 3 เดือน น้ำเข้ามีน้ำฝนในสัดส่วน 37.6-64.8% (ยกเว้นการปลูกครั้งที่ 3 เป็นการปลูกช่วงฤดูหนาวซึ่งไม่มีน้ำฝนเข้าเลย) ปริมาณน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกอยู่ในช่วง 2.8-19.5% ของน้ำเข้า ลักษณะน้ำรดและน้ำซึมในแปลงที่รดด้วยน้ำ AL เกิดการกำจัด BOD ไประดับหนึ่ง ขณะที่แปลงที่ใช้น้ำ GWpd เกิดการชะละลายสารอินทรีย์ลงมาทำให้น้ำซึมมีค่า BOD เพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับน้ำซึมจากแปลงที่รดโดยน้ำ AL เนื่องจากการใช้ปุ๋ยในการเพาะปลูก ทำให้น้ำซึมมีไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนความเข้มข้นสูงมาก (เฉลี่ย 19-52 มก/ล) แต่มีฟอสฟอรัสรวมความเข้มข้นต่ำ เมื่อพิจารณาผลกระทบต่อน้ำใต้ดิน (บ่อตื้น) พบว่าเกิดจากไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนค่อนข้างสูง โดยมีอัตราภาระบรรทุกไนโตรเจนรวมในช่วง 7.8-75 กรัม/(ไร่.วัน) ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในดินก่อนและหลังการเพาะปลูกไม่พบการปนเปื้อนของแคดเมียม (ต่ำกว่า Detection Limit) ขณะที่การปนเปื้อนตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 3 เท่า 5 เท่า และ 4.1 เท่า ตามลำดับ โดยไม่พบการสะสมโลหะหนักเพิ่มขึ้นในดิน และไม่พบความแตกต่างของโลหะหนักในดินที่รดโดยน้ำ AL และน้ำ GWpd แต่อย่างใด การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินก็ไม่พบความแตกต่างจากแปลงที่ใช้น้ำทั้ง 2 ชนิดเช่นเดียวกัน

ผลการวิจัยในแปลงปลูกผักคะน้ารวม 5 ครั้ง พบว่า ผลผลิต (ส่วนที่ขายได้) ไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแปลงที่รดโดยน้ำ AL และ GWpd และไม่พบอาการเป็นพิษของพืชจากการใช้น้ำทั้ง ปริมาณน้ำเข้า (น้ำรด+น้ำฝน) ตลอดการเพาะปลูก 1½ เดือน อยู่ในช่วง 309-490 ม³/(ไร่.ฤดูปลูก) โดยมีน้ำฝนในสัดส่วน 19.4-88.7% ยกเว้นการปลูกครั้งที่ 1 ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาวและไม่มีน้ำฝนเข้าเลย ลักษณะน้ำรดและน้ำซึมพบว่า แปลงที่รดโดยน้ำ GWpd จะมีสารอินทรีย์ (BOD, COD) เพิ่มขึ้นจากการชะละลายชั้นดินและปุ๋ย ขณะที่แปลงที่รดโดยน้ำ AL จะมีค่า BOD

ลดลง ในการเพาะปลูกครั้งที่ 1 และ 2 น้ำซึมมีค่าไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนที่ต่ำกว่า 3.5 มก/ล แต่ในการปลูก 3 ครั้งที่เหลือก็มีค่าไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนที่สูงมาก (34-43 มก/ล) คล้ายคลึงกับแปลงปลูกดอกแอสเตอร์ ในภาพรวมน้ำซึมจากแปลงเพาะปลูกที่รดโดยน้ำ AL และ GWpd ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก และไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนก็เป็นสารมลพิษหลักที่อาจปนเปื้อนต่อน้ำบ่อต้นบริเวณใกล้เคียงพื้นที่การเพาะปลูกได้ สำหรับการปนเปื้อนโลหะหนักในดินก่อนและหลังการเพาะปลูกพบว่า การปนเปื้อนจากแคดเมียมมีต่ำมาก ขณะที่การปนเปื้อนของตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 2.8 เท่า 4.5 เท่า และ 4.3 เท่า ตามลำดับ โดยไม่พบการสะสมโลหะหนักเพิ่มขึ้นจากการเพาะปลูก และไม่พบความแตกต่างในดินที่รดโดยน้ำทั้ง 2 ชนิด สำหรับการปนเปื้อนในดินจากพยาธิพบว่าไม่ได้แตกต่างกันมากนักทั้งก่อนและหลังการปลูก และในแปลงที่รดโดยน้ำทั้ง 2 ชนิด ก็ไม่ได้แตกต่างกัน พยาธิที่พบเป็นพยาธิที่ไม่เป็นอันตรายต่อคน ซึ่งพบได้ทั่วไปในดินและน้ำ การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินก็พบในรูปแบบคล้ายคลึงกันคือ ไม่แตกต่างกันมากนักในแปลงที่รดโดยน้ำทั้ง 2 ชนิด ในด้านความปลอดภัยผลิต ผลตรวจสอบโลหะหนักในผักคะน้าพบตะกั่วในระดับต่ำมาก ขณะที่แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี มีค่าต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 5 เท่า 33 เท่า และ 42 เท่า ตามลำดับ สำหรับการตรวจพยาธิในผักจากการปลูกทั้ง 5 ครั้ง ไม่พบพยาธิที่เป็นอันตรายต่อคน ในการปลูกครั้งที่ 4 ได้ตรวจสอบแบคทีเรียในผักคะน้าก็ไม่พบเชื้อที่ทำให้เกิดท้องร่วงร้ายแรง แต่พบเชื้อที่อาจทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารที่ไม่ร้ายแรงในผักทั้งจากแปลงที่รดโดยน้ำ AL และ GWpd

ผลการวิจัยปลูกกะหล่ำปลี 3 ครั้ง พบว่า ผลผลิต (ส่วนที่ขายได้) ไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงที่รดโดยน้ำ AL และ GWpd แต่การปลูกครั้งที่ 3 ให้ผลผลิตที่ต่ำกว่าการปลูก 2 ครั้งแรก เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนและต้องรีบเก็บเกี่ยวผลผลิต ขณะที่กะหล่ำปลีอยู่ในระยะห่อหัวเท่านั้น (ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่) เพราะเกิดน้ำท่วมขังบริเวณแปลงเพาะปลูก ซึ่งจะทำให้กะหล่ำปลีเน่าเสียได้ ในการเพาะปลูกมีน้ำเข้าแปลงเพาะปลูก (น้ำรด+น้ำฝน) ในช่วง 355-1,158 ม³/(ไร่.ฤดูปลูก) ระยะเวลาปลูก 2 เดือน โดยมีน้ำฝนในอัตราส่วน 22-38% ของน้ำเข้าในการปลูก 2 ครั้งแรก สำหรับการปลูกครั้งที่ 3 มีน้ำฝนเข้าในอัตราส่วน 91% ของน้ำเข้า น้ำซึมออกมีสัดส่วนในช่วง 5.2-20.2% ของน้ำรด ลักษณะน้ำรดและน้ำซึมมีรูปแบบคล้ายคลึงกับน้ำรดและน้ำซึมของแปลงปลูกผักคะน้าและดอกแอสเตอร์ โดยน้ำซึมมีไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนความเข้มข้นสูง (4.1-21.5 มก/ล) ลักษณะน้ำซึมไม่ได้แตกต่างกันมากนักในแปลงที่รดโดยน้ำ AL หรือ GWpd การปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดินจากแปลงเพาะปลูกกะหล่ำปลีก็เกิดจากไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการสะสมโลหะหนักในดินก่อนและหลังการเพาะปลูกตรวจไม่พบการปนเปื้อนของแคดเมียม สำหรับการปนเปื้อนในดินจากตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าความ

ปลอดภัยสูงสุด 2.8 เท่า 4.5 เท่า และ 4.3 เท่า ตามลำดับ โดยไม่พบการสะสมเพิ่มขึ้นของโลหะหนัก รวมทั้งไม่พบความแตกต่างของโลหะหนักในแปลงที่ปลูกโดยใช้ น้ำ AL และ GWpd ผลการตรวจพยาธิในดินก่อนและหลังการเพาะปลูกก็เช่นเดียวกันคือ ไม่เกิดการสะสมพยาธิเพิ่มขึ้น และไม่ได้พบจำนวนพยาธิที่แตกต่างกันในแปลงที่รดโดย น้ำ AL และ GWpd การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินก็พบว่าไม่ได้แตกต่างกันในแปลงที่รดโดย น้ำ AL และ GWpd สำหรับความปลอดภัยในผลผลิตได้ตรวจสอบโลหะหนักในกะหล่ำปลีพบว่า การปนเปื้อนของแคดเมียมและตะกั่วมีค่าน้อยมากจนถึงตรวจไม่พบ (ต่ำกว่า Detection Limit) ขณะที่การปนเปื้อนของทองแดงและสังกะสีมีค่าต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดประมาณ 33 เท่า และ 71 เท่า ตามลำดับ การปนเปื้อนโลหะหนักของกะหล่ำปลีไม่ได้แตกต่างกันระหว่างผักจากแปลงที่รดโดย น้ำ AL และ GWpd ผลการตรวจพยาธิก็พบว่าไม่ได้แตกต่างกันในแปลงที่รดโดย น้ำทั้ง 2 ชนิดนี้ พยาธิที่พบคือ UFLN ซึ่งไม่ได้เป็นอันตรายต่อคน จากการตรวจแบคทีเรียในกะหล่ำปลีจากการปลูกครั้งที่ 2 ไม่พบเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารชนิดใด ๆ

ผลการวิจัยการปลูกผักกาดหัว 2 ครั้ง ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ศึกษาเพิ่มเติมนอกเหนือจากข้อเสนอโครงการ เนื่องจากเห็นว่าเป็นพืชหัวที่อยู่ในดินที่มีการบริโภคโดยแพร่หลาย ผลผลิตจากการปลูกครั้งแรกพบว่าไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในแปลงที่รดโดย น้ำ AL และ GWpd แต่ในการปลูกครั้งที่ 2 แปลงที่รดโดย น้ำ AL ให้ผลผลิตที่สูงกว่าแปลงที่รดโดย น้ำ GWpd อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในการเพาะปลูกมีน้ำเข้า (น้ำรด+น้ำฝน) ในช่วง 789-956 ม³/(ไร่.ฤดูปลูก) ระยะเวลาปลูก 1½ เดือน น้ำฝนที่เข้าแปลงทดลองมีสัดส่วน 78-80% ของน้ำเข้ารวม และมีน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก 4.9-8.3% ของน้ำเข้ารวม ลักษณะน้ำรดและน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกก็มีรูปแบบคล้ายคลึงกับแปลงปลูกผักอื่น ๆ คือ มีไนโตรเจนในดินสูง น้ำซึมไม่ได้แตกต่างกันมากนักในแปลงที่รดโดย น้ำ AL และ GWpd การปนเปื้อนต่อน้ำได้ดินจากน้ำซึมเกิดจากไนโตรเจนในดินเป็นหลัก สำหรับการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินพบว่าไม่ได้แตกต่างกันมากนักในแปลงที่รดโดย น้ำ AL และ GWpd จากการตรวจสอบผลผลิตพบว่าการปนเปื้อนแคดเมียมและตะกั่วอยู่ในระดับต่ำกว่า Detection Limit ขณะที่การปนเปื้อนทองแดงและสังกะสีต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุด 55 เท่า และ 60 เท่า ตามลำดับ

โดยสรุป จากการทดลองนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (AL) ของเทศบาลนครเชียงใหม่ มาเพาะปลูกข้าว ดอกแอสเตอร์ ผักคะน้า กะหล่ำปลี และผักกาดหัว พบว่าพืชเจริญเติบโตได้เป็นปกติและให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการเพาะปลูกโดยใช้น้ำบาดาล (GWpd) ตามธรรมชาติ โดยไม่พบสภาพเป็นพิษของพืชจากการใช้น้ำ AL แต่อย่างใด ในแปลงผักและดอกแอสเตอร์ซึ่งมีการศึกษาน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกพบว่า น้ำซึมได้แปลงที่รดโดยน้ำ AL และ GWpd มีลักษณะที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และมีไนโตรเจนในดินสูง (เนื่องจากปุ๋ยที่เติม) ซึ่งอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดิน (บ่อตื้น) ในพื้นที่การเกษตรได้ ผลวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี) ในดิน พบว่าแปลงที่รดโดยน้ำ AL และ GWpd ไม่ได้แตกต่างกันและไม่เกิดการสะสมโลหะหนักในแปลงเพาะปลูกแต่อย่างใด รวมทั้งมีค่าโลหะหนักต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดหลายเท่า ผลการตรวจพยาธิในดิน (เฉพาะแปลงผัก) ก็ไม่พบความแตกต่างของจำนวนพยาธิในแปลงที่รดด้วยน้ำทั้ง 2 ชนิด รวมทั้งไม่พบการสะสมพยาธิเพิ่มขึ้นในดินแต่อย่างใด การตรวจสอบธาตุอาหารในดินก็ไม่พบความแตกต่างในแปลงที่รดโดยน้ำ AL และ GWpd สำหรับผลผลิตพบว่าการปนเปื้อนของแคดเมียมและตะกั่วค่อนข้างต่ำจนถึงตรวจไม่พบ ขณะที่การปนเปื้อนของทองแดงและสังกะสีพบว่าต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดหลายเท่า รวมทั้งไม่พบความแตกต่างของระดับโลหะหนักในผลผลิตจากแปลงที่รดโดยน้ำ AL และ GWpd แต่อย่างใด ผลการตรวจพยาธิ (เฉพาะในผักคะน้าและกะหล่ำปลี) ก็ไม่พบพยาธิที่เป็นอันตรายต่อคน และไม่พบความแตกต่างของพยาธิในแปลงที่รดโดยน้ำ AL และ GWpd แต่อย่างใด

จากผลการวิจัยในสนามและในแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการยืนยันได้ว่าน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (AL, AS) ปลอดภัยที่จะนำมาใช้ในการเกษตรกรรม โดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (น้ำใต้ดินและดิน) ไม่แตกต่างจากการเพาะปลูกโดยใช้น้ำตามธรรมชาติ (IW, GWsw, GWpd) ผลผลิตที่ได้ก็นำไปปรุงอย่างถูกหลักสุขลักษณะ มีความปลอดภัยในการบริโภคทั้งในแง่ของโลหะหนัก พยาธิ และแบคทีเรีย

ทัศนคติและการยอมรับของประชาชนต่อการนำน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรกรรม

เกษตรกรที่ร่วมโครงการทดลองเพาะปลูกในแปลงเกษตรกรรมจริงมี 2 รายคือ ปลูกข้าวกับปลูกผักและดอกแอสเตอร์ เกษตรกรทั้งสองรายมีความเห็นตรงกันว่า การใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย (AL) ทำให้พืชเจริญเติบโตกว่าการใช้น้ำบาดาลตามธรรมชาติ โดยเฉพาะพืชผักและดอกไม้ หากใช้เมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมกับฤดูกาลเพาะปลูก จะเห็นความแตกต่างในด้านการเจริญเติบโตชัดเจน สำหรับการเพาะปลูกข้าว เกษตรกรเห็นว่าการเจริญเติบโตของข้าวดีมากและผลผลิตเป็นที่

น่าพอใจ ส่วนเกษตรกรที่ปลูกผักมีความเห็นว่าผลผลิตยังไม่ดีเท่าที่ควร เพราะวิธีการปลูก (ที่มีระยะแปลงยกร่องห่างกันมากทำให้ปลูกผักได้น้อยลง) และการดูแลรักษาแปลงยังไม่ดีพอ เกษตรกรทั้ง 2 ราย รับทราบผลการวิเคราะห์ผลผลิตว่าปลอดภัยต่อการบริโภคและพอใจกับข้อมูลดังกล่าว ทำให้มั่นใจในการใช้น้ำทิ้งในการเพาะปลูก และหวังว่าจะสามารถเพิ่มรายได้จากการเพาะปลูกโดยใช้น้ำทิ้งต่อไปในอนาคต สำหรับการจำหน่ายผลผลิต เกษตรกรสามารถจำหน่ายได้ตามปกติ เนื่องจากไม่ได้แจ้งผู้ซื้อว่าผลิตมาจากน้ำทิ้ง และมีความเห็นว่าถ้าผลผลิตมีสภาพดี การจำหน่ายไม่เป็นปัญหาต่อเกษตรกรแต่อย่างใด

ทัศนคติเกษตรกรที่อยู่ใกล้เคียงกับแปลงทดลองเพาะปลูกจำนวน 4 ราย ซึ่งได้ติดตามดูการทดลองอย่างใกล้ชิด มีความเห็นว่าการใช้น้ำทิ้งในการเพาะปลูกมีประโยชน์และสมควรส่งเสริมให้แพร่หลายมากขึ้น เพราะไม่ได้ใช้เทคโนโลยีใหม่ใด ๆ สามารถทำได้ทันที ส่วนชนิดพืชควรเลือกที่ใช้ใบในการบริโภค เพราะสังเกตว่าเจริญเติบโตได้ดีมาก ส่วนการจำหน่ายไม่น่าจะเป็นปัญหา เพราะคนซื้อไม่ได้สนใจว่าปลูกโดยใช้น้ำชนิดใด ทัศนคติเกษตรกรทั่วไปที่เยี่ยมชมโครงการวิจัยจำนวนประมาณ 50 คน มีความเห็นว่าการใช้น้ำทิ้งเป็นประโยชน์ แต่ยังไม่มั่นใจเรื่องความปลอดภัยของผลผลิต ส่วนการจำหน่ายผลผลิตถ้าคุณภาพดีไม่น่าจะเป็นปัญหา

ทัศนคติและการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 95 คน จากกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ที่เกษตรกรนำผลผลิตไปจำหน่าย และทัศนคติผู้รับซื้อผลผลิต (พ่อค้าคนกลาง) จำนวน 56 คน พบว่า 80% เห็นด้วยกับการใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรม ส่วนการยอมรับผลผลิตของผู้บริโภคจะขึ้นกับชนิดของผลผลิต โดยยอมรับพืชที่ใช้กินผล (มะนาว, ผลไม้) และข้าว สูงสุด รองลงมาคือพืชที่ใช้ใบหรือหัวในการบริโภค ส่วนผลผลิตสัตว์น้ำ (ปลา กุ้ง หอย) ยอมรับน้อยที่สุด สำหรับผู้รับซื้อผลผลิตนั้นยอมรับทุกชนิดถ้ามีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานและความต้องการของตลาด ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในตลาดจริง โดยการนำถุงบรรจุผลผลิตที่มีรายละเอียดของชนิดน้ำที่ใช้เพาะปลูกและข้อมูลระบุความปลอดภัยของผลผลิตไปวางจำหน่ายในตลาด 3 กลุ่ม ตามระดับตลาด และสัมภาษณ์ข้อมูลพบว่าตลาดระดับสูง (สำรวจ 19 คน) ผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อทันทีโดยเชื่อมั่นในข้อมูลที่ได้และเชื่อมั่นในการคัดเลือกลินค้ามาจำหน่ายในตลาด สำหรับตลาดระดับกลาง (สำรวจ 22 คน) พบว่าผู้ซื้อจะดูสินค้าและเปรียบเทียบผลผลิตของผู้ขายรายอื่น ๆ รวมทั้งสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากผู้ขายก่อนซื้อ เหตุผลที่ซื้อเพราะเชื่อมั่นในข้อมูลจากส่วนราชการ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) ว่ามีคุณภาพและปลอดภัยจริง ในส่วนของตลาดระดับล่าง (สำรวจ 25 คน) ผู้ซื้อจะตัดสินใจจากราคาว่าราคาถูกและคุณภาพดี

ทัศนคติและการยอมรับของเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น เทศบาล สำนักงานสาธารณสุข สำนักงานชลประทาน ฯลฯ รวม 140 คน ส่วนใหญ่ (64.2%) เห็นว่าควรส่งเสริมการใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรมต่อเกษตรกร ขณะที่อีก 35.8% เห็นว่าระยะเวลาทดลอง 2 ปี ยังไม่พอเพียงที่จะยืนยันด้านความปลอดภัยของผลผลิต สำหรับพืชที่ควรส่งเสริม ส่วนใหญ่เห็นว่าควรเป็นไม้ดอก เพราะไม่มีการนำไปบริโภคโดยตรง ในส่วนของการส่งน้ำทิ้งสู่พื้นที่ส่วนใหญ่เห็นว่าควรวางท่อส่งถึงแปลงเกษตรกรรม หรือระบายลงคลองชลประทานที่มีใกล้เคียง

ความเป็นไปได้ในการใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรม

การใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรมมีการดำเนินงานอย่างแพร่หลายในต่างประเทศที่มีปัญหามลพิษน้ำในการเกษตร เช่น ออสเตรเลีย ประเทศแถบตะวันออกกลาง สหรัฐอเมริกา (บางรัฐ) ฯลฯ ปัจจุบันมีแนวทาง (Guideline) กำหนดคุณภาพน้ำทิ้งที่ใช้ในการเกษตรกรรมที่กำหนดโดยหน่วยงานทั้งระดับนานาชาติและระดับชาติในหลายประเทศ สำหรับประเทศไทยยังไม่มีแนวทางหรือมาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ในการเกษตรกรรม ปัจจุบันมีมาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางชลประทานในเขตพื้นที่ชลประทาน (ตามคำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 เรื่องการป้องกันและการแก้ไขการระบายน้ำทิ้งที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน พ.ศ. 2532) โดยที่มาตรฐานดังกล่าวไม่ได้ระบุพารามิเตอร์หลักหลายประการที่เกี่ยวข้องกับน้ำทิ้งชุมชน แต่จะอ้างอิงกับมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เพื่อเปิดโอกาสให้โรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งในเขตชลประทานสามารถระบายน้ำทิ้งลงทางน้ำของกรมชลประทานได้ โครงการวิจัยได้จัดประชุมระดมความเห็นกับนักวิชาการจากส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง ในวันที่ 13 ธันวาคม 2544 และสรุปแนวทางคุณภาพน้ำทิ้งที่ใช้ในการเกษตรกรรมดังตารางต่อไปนี้

ตาราง ก แนวทางคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการเกษตรกรรม

ดัชนีคุณภาพ	หน่วย	คุณภาพน้ำทิ้ง สำหรับพืชทุกชนิด	เหตุผลที่มา
พีเอช	-	6.5-8.4	ใช้ตาม WPCF (1989) มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ปัจจุบันกำหนดที่พีเอช 5-9
BOD	มก/ล	50	ในทางปฏิบัติ BOD 80 มก/ล ก็ใช้เพาะปลูกได้ ผลการใช้น้ำ PE ในต่างประเทศ (BOD > 80 มก/ล) ก็ใช้ได้ แต่ระบุ 50 มก/ล เพราะเป็นมาตรฐาน ก ของน้ำทิ้งชุมชน (ซึ่งบังคับกับชุมชนขนาดเล็ก)
ของแข็งละลาย	มก/ล	500 (ค่าเพิ่มจากในน้ำใช้)	ใช้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ซึ่งกำหนดค่า 500 มก/ล เพิ่มจากค่าในน้ำใช้
SAR		< 3	ใช้ตาม WPCF (1989)
โบรอน	มก/ล	< 0.7	ใช้ตาม WPCF (1989)
ไนโตรเจนรวม	มก/ล	30	ค่าไนโตรเจนรวมของน้ำ RW 32 มก/ล พืชไม่มี สภาพเป็นพิษ ในทางปฏิบัติน้ำทิ้งที่ผ่านระบบ บำบัดน้ำเสียจะมีไนโตรเจนต่ำกว่านี้ ส่วนค่าตาม มาตรฐาน ค และ ง ของน้ำทิ้งชุมชนกำหนด 40 มก/ล TKN/ล ตามมาตรฐาน ก และ ข กำหนด 35 มก. TKN/ล
ไข่และหนอนพยาธิ (Ascaris, Trichuris, Hookworm)	ตัว/ล	≤ 1	ใช้ตาม WHO (1989)
Fecal Coliforms	MPN/100 มล	≤ 4,000	ใช้ตามมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล ประเภท 3 ซึ่งจัดว่าเหมาะสมที่จะใช้เป็นน้ำดิบ ผลิตน้ำประปาโดยกระบวนการปกติ

ทั้งนี้คาดว่าส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น กรมควบคุมมลพิษ ฯลฯ จะได้นำแนวทาง
คุณภาพน้ำทิ้งดังกล่าวไปพิจารณา ปรับปรุง และประกาศเป็นข้อกำหนดของทางราชการต่อไปใน
อนาคต

โครงการวิจัยได้จัดเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารการใช้น้ำทั้งในการเกษตรกรรมหลายรูปแบบ เช่น การจัดดูงานแปลงเพาะปลูก (รวม 3 ครั้ง) จัดแสดงข่าวผ่านสื่อมวลชน (วิทยุ หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์) เผยแพร่ข้อมูลวิชาการผ่านการประชุมสัมมนา (3 ครั้ง) และการประชุมวิชาการ โดยมีบทความวิชาการที่เผยแพร่รวม 10 บทความ การขยายผลการดำเนินงาน โครงการวิจัยได้จัดบรรยายและเสนอข้อมูลกับเกษตรกรรอบพื้นที่โรงบำบัดน้ำเสีย 2 แห่งคือ เทศบาลเมืองพะเยาและเทศบาลเมืองกำแพงเพชร เทศบาลเมืองพะเยามีเกษตรกร 1 รายที่ทดลองเอาน้ำทิ้งมาใช้เพาะปลูก ส่วนที่เทศบาลเมืองกำแพงเพชรได้ระบายน้ำทิ้งลงคลองชลประทาน ซึ่งเกษตรกรได้สูบน้ำใช้ในการทำนาอยู่แล้ว

จากผลการวิจัยที่ดำเนินงานมา 2½ ปี และมีข้อมูลมาพอเพียงที่จะยืนยันได้ว่าการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในการเกษตรกรรมมีความเป็นไปได้ทั้งในด้านเกษตรกรรม สิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยในผลผลิต และการยอมรับของเกษตรกรและผู้บริโภค เพื่อให้การใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรมเกิดขึ้นอย่างกว้างขวางแพร่หลาย และยังประโยชน์ต่อเกษตรกรที่อยู่รอบโรงบำบัดน้ำเสีย หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น กรมชลประทาน กรมควบคุมมลพิษ กรมส่งเสริมการเกษตร องค์การบริหารส่วนจังหวัด องค์การบริหารส่วนตำบล เทศบาล ฯลฯ จะต้องร่วมมือ ส่งเสริม และสนับสนุนโครงการต่อไป ภาระกิจที่สมควรดำเนินงานมีอาทิเช่น

- จัดทำแนวทางหรือมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการเกษตรกรรม และผลักดันให้การใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรมเป็นนโยบายระดับชาติ รวมทั้งกำหนดนโยบายให้โรงบำบัดน้ำเสียที่อยู่ระหว่างการศึกษาคู่มือที่เหมาะสม หรือออกแบบรายละเอียดทางวิศวกรรม ให้พิจารณาการใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรมเข้าไว้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ ถ้ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ก็ให้ทำการก่อสร้างระบบส่งน้ำทิ้งเข้าพื้นที่เกษตรกรรมไปพร้อมกับการก่อสร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียชุมชน

- สำหรับโรงบำบัดน้ำเสียที่เปิดดำเนินงานแล้ว รัฐควรสนับสนุนงบประมาณในการศึกษาความเหมาะสม ถ้าพบว่ามีค่าคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ก็ให้สนับสนุนงบประมาณในการออกแบบรายละเอียดและก่อสร้างระบบส่งน้ำทิ้งเข้าสู่พื้นที่การเกษตรกรรมต่อไป

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG4330002

ชื่อโครงการ : การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม

ชื่อนักวิจัย : เสนีย์ กาญจนวงศ์¹, ขจรศักดิ์ โสภการีย์¹, วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช¹,

ทรงเชาว์ อินสมพันธ์², นายโชคชัย ไชยมงคล², อุดง ศิลป์ประเสริฐ³,

ทิพวรรณ ประภามณฑล³, รัศมี แก้ววิชิต³, สุรีย์ บุญญานพวงศ์⁴

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ ²คณะเกษตรศาสตร์ ³สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ

⁴สถาบันวิจัยสังคม, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

email address : seni@eng.cmu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : ตุลาคม 2542 – เมษายน 2545

การวิจัยปลูกพืชโดยใช้น้ำทิ้ง ได้ศึกษาในแปลงเพาะปลูก ระดับห้องปฏิบัติการ ใช้ น้ำรด 5 ชนิด คือน้ำเสีย (RW) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (PE) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดแบบเอเอส (AS) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดแบบบ่อเติมอากาศ (AL) และน้ำคลองชลประทาน (IW) พืชที่เพาะปลูกคือ ผักคะน้า (2 ครั้ง) ดอกแอสเตอร์ (3 ครั้ง) กะหล่ำปลี (2 ครั้ง) ข้าว (3 ครั้ง) สำหรับการศึกษาในแปลงเกษตรกรรมจริงใช้น้ำรด 2 ชนิดคือ น้ำ AL และน้ำบาดาล ปลูกผักคะน้า (5 ครั้ง) ดอกแอสเตอร์ (4 ครั้ง) กะหล่ำปลี (3 ครั้ง) ผักกาดหัว (2 ครั้ง) ข้าว (4 ครั้ง) ในการเพาะปลูกทั้งหมดได้รดน้ำ ใส่ปุ๋ยและสารเคมีการเกษตรเหมือนกันทุกประการ แตกต่างเพียงชนิดน้ำรดเท่านั้น

ผลการศึกษาในแปลงระดับห้องปฏิบัติการ ไม่พบอาการเป็นพิษของพืช ผลผลิตผัก ไม่แตกต่างกัน จากการใช้น้ำทั้ง 5 ชนิด ส่วนการปลูกดอกแอสเตอร์และข้าว การใช้น้ำ RW และ PE ให้การเจริญเติบโตที่สูงกว่าการใช้น้ำชนิดอื่นๆ น้ำซึมได้แปลงเพาะปลูกที่รดโดยน้ำ RW และ PE จะมีค่าบีโอดีและซีโอดีที่สูงกว่า น้ำซึมจากแปลงที่รดโดยน้ำชนิดอื่นเล็กน้อย น้ำซึมโดยรวมจะมีไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนสูงกว่าในน้ำรดมาก ไม่พบการปนเปื้อนพยาธิในผักคะน้าและกะหล่ำปลี สำหรับโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี) ในผักทุกชนิดและข้าว พบว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าความปลอดภัยสูงสุดหลายเท่า และไม่พบความแตกต่างของโลหะหนักในผลผลิตที่ใช้น้ำรดชนิดต่างๆ

ผลการศึกษาในแปลงเกษตรกรรมจริงพบว่า ผลผลิตไม่ได้แตกต่างกันจากการใช้น้ำทั้ง 2 ชนิด ลักษณะน้ำซึมได้แปลงเพาะปลูก (ยกเว้นนาข้าวไม่มีน้ำซึม) ไม่ได้แตกต่างกันมากนักไม่ว่าจะใช้น้ำรดชนิดใด และมีไนโตรเจนในเตรทไนโตรเจนสูงมาก การปนเปื้อน (โลหะหนัก พยาธิ) ในผักมีค่าต่ำมากและอยู่ในระดับปลอดภัยต่อการบริโภค ส่วนการปนเปื้อนในดินมีค่าต่ำและไม่ได้แตกต่างกันจากการใช้น้ำทั้ง 2 ชนิด โดยสรุปการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยเฉพาะจากระบบบำบัดขั้นที่สอง (AL, AS) เพาะปลูกพืช ผลผลิตที่ได้ ปลอดภัยในการบริโภค ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (โลหะหนัก พยาธิ มลสารต่างๆ ในน้ำซึม และดิน) อยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างจากการใช้น้ำตามธรรมชาติ

ผลการสำรวจทัศนคติ เกษตรกรและผู้รับซื้อผลผลิต ยอมรับการใช้น้ำทิ้งเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่ผู้บริโภคมองรับผลผลิตที่เป็นไม้ผลและข้าวสูงสุด รองลงมาคือพืชที่บริโภคใบและหัว สำหรับความเห็นเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เห็นควรสนับสนุนให้ส่งเสริมการใช้น้ำทิ้ง แต่ควรเน้นปลูกไม้ดอก

โครงการวิจัยได้ประชุมระดมความเห็น และจัดทำแนวทางคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการเกษตรขึ้น รวมทั้งได้เผยแพร่ผลงานวิจัยสู่หน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง และสาธารณชน โดยการจัดสัมมนา ดูนาน และแถลงข่าวผ่านสื่อต่างๆ

คำหลัก : น้ำทิ้ง เกษตรกรรม โลหะหนัก พยาธิ

Abstract

Project Code : RDG4330002

Project Title : Reuse of Effluent from Domestic Wastewater Treatment Plant in Agriculture

Investigators : Karnchanawong S.¹, Sopajaree K.¹, Kijjanapanich V.¹, Insomphun S.²,
Chaimongkol C.², Silprasert A.³, Prapamontol T.³, Keawvichit R.³,
Boonyanupong S.⁴

¹Faculty of Engineering ²Faculty of Agriculture ³Research Institute for
Health Sciences ⁴Social Research Institute, Chiang Mai University

email address : seni@eng.cmu.ac.th

Project Duration : October 1999 - April 2002

The research had been conducted in laboratory-scale plots, using 5 types of irrigated water, i.e. raw wastewater (RW), primary treatment effluent (PE), effluent by activated sludge process (AS), effluent by aerated lagoon (AL) and irrigation canal water (IW). The crops investigated were kale (2 crops), aster (3 crop), cabbage (2 crops) and rice (3 crops). The study on pilot-scale plots employed AL and groundwater to irrigate kale (5 crops), aster (4 crops), cabbage (3 crops), turnip (2 crops) and rice (4 crops). All plots were similarly treated (water, fertilizer, agricultural chemicals, etc.) except the types of irrigated water.

Throughout these experiments, toxicity effects on crops were not observed. In laboratory-scale plots, the yields of vegetables were not significantly different with respect to types of irrigated water. However, aster and rice had better growth rates in plots irrigated with RW and PE. The infiltrate from plots irrigated with RW and PE had slightly higher BOD and COD concentrations than those from other plots. The nitrite and nitrate nitrogen in infiltrate were found to be much higher than the irrigated water in all plots. The parasitic contaminations in kale and cabbage were found to be minimal while heavy metals (cadmium, lead, copper, zinc) in vegetables and rice were significantly lower than permissible levels, with no difference among various plots.

In pilot-scale plots study, the yields of all crops were not significantly different between plots irrigated with AL or groundwater. The contamination levels (heavy metal, parasite) in crops were found to be minimal and be within permissible standard. Soil contaminations are minimal and not different between both plots. It can be concluded that secondary treatment effluents (AL, AS) are suitable as irrigated water. The crops are safe for consumption while environmental impacts (heavy metals, parasite and other pollutants in infiltrate and soil) are in the same ranges as using natural water.

The attitude study indicates that farmers and traders are positive towards effluent reuse. The consumers are more favourable with fruit and rice, irrigated by effluent, than vegetables. The government officials are willing to have water reuse promotion but emphasis should be paid on ornamental flower cultivation.

The brainstorming meeting was held to draft the water quality guideline of effluent from domestic wastewater treatment plant for agriculture. The research outputs had been disseminated to government and public sectors via symposia, field visits and mass media.

Keywords : effluent, agriculture, heavy metal, parasite

สารบัญ

	หน้า
Executive Summary	ก
บทคัดย่อ	ต
Abstract	ท
บทที่ 1 บทนำ	1-1
1.1 ที่มาของการวิจัย	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1-2
1.3 วิธีวิจัยและแผนการทดลอง	1-3
1.3.1 แปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ	1-3
1.3.1.1 น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก	1-3
1.3.1.2 ชนิดพืช	1-5
1.3.1.3 แปลงเพาะปลูก	1-5
1.3.1.4 รายละเอียดการเพาะปลูก	1-12
1.3.2 แปลงทดลองเกษตรกรรมจริง	1-16
1.3.2.1 น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก	1-16
1.3.2.2 ชนิดพืช	1-17
1.3.2.3 แปลงเพาะปลูกผักและดอกแอสเตอร์	1-17
1.3.2.4 นาข้าว	1-17
1.3.2.5 รายละเอียดการเพาะปลูก	1-27
1.3.2.6 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์	1-33
1.3.3 การศึกษาด้านทัศนคติและการยอมรับของประชาชน	1-38
1.3.3.1 วิธีการศึกษา	1-38
1.3.3.2 การประมวลผลข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	1-39
1.3.3.3 ตัวแปร	1-39
1.3.3.4 ประชากรตัวอย่าง	1-39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 2 ผลการวิจัยในแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ	2-1
2.1 โลหะหนักและจุลินทรีย์ในน้ำรด	2-1
2.1.1 โลหะหนัก	2-1
2.1.2 จุลินทรีย์และพยาธิ	2-3
2.1.2.1 พยาธิในน้ำ	2-4
2.1.2.2 แบคทีเรียในน้ำ	2-4
2.1.3 แร่ธาตุที่ขัดขวางการเจริญเติบโตของพืช	2-8
2.2 ผลการวิจัยในการปลูกข้าว	2-10
2.2.1 ด้านเกษตรกรรม	2-10
2.2.1.1 การเจริญเติบโต	2-10
2.2.1.2 ผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว	2-16
2.2.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-20
2.2.2.1 ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	2-20
2.2.2.2 คุณภาพน้ำรดและน้ำในนาข้าว	2-23
2.2.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-36
2.2.3.1 ภาระบรรทุจากการระบายน้ำทิ้งก่อนการเก็บเกี่ยว	2-36
2.2.3.2 การสะสมโลหะหนักในดิน	2-39
2.2.3.3 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	2-40
2.2.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	2-43
2.3 ผลการวิจัยในการปลูกดอกแอสเตอร์	2-44
2.3.1 ด้านเกษตรกรรม	2-44
2.3.1.1 การเจริญเติบโต	2-44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-50
2.3.2.1 ปริมาณน้ำเข้าและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	2-50
2.3.2.2 คุณภาพน้ำรดและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	2-61
2.3.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-78
2.3.3.1 ภาระบรรทุกของน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	2-78
2.3.3.2 การสะสมโลหะหนักในดิน	2-81
2.3.3.3 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	2-83
2.4 ผลการวิจัยในการปลูกกะหล่ำปลี	2-85
2.4.1 ด้านเกษตรกรรม	2-85
2.4.1.1 ผลผลิต	2-85
2.4.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-86
2.4.2.1 ปริมาณน้ำเข้าและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	2-86
2.4.2.2 คุณภาพน้ำรดและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	2-93
2.4.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-110
2.4.3.1 ภาระบรรทุกของน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	2-110
2.4.3.2 การสะสมของโลหะหนักในดิน	2-111
2.4.3.3 การสะสมพยาธิในดิน	2-112
2.4.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	2-114
2.4.4.1 โลหะหนัก	2-114
2.4.4.2 พยาธิ	2-115
2.5 ผลการวิจัยในการปลูกผักคะน้า	2-115
2.5.1 ด้านเกษตรกรรม	2-115
2.5.1.1 ผลผลิต	2-115
2.5.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	2-117
2.5.2.1 ปริมาณน้ำเข้าและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	2-117
2.5.2.2 คุณภาพน้ำรดและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	2-124

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	2-141
2.5.3.1 ภาระบรรทุกของน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	2-141
2.5.3.2 การสะสมโลหะหนักในดิน	2-141
2.5.3.3 การสะสมพยาธิในดิน	2-143
2.5.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	2-146
2.5.4.1 โลหะหนัก	2-146
2.5.4.2 พยาธิ	2-147
บทที่ 3 ผลการวิจัยในแปลงเกษตรกรรมจริง	3-1
3.1 ผลการวิจัยในการปลูกข้าว	3-1
3.1.1 ด้านเกษตรกรรม	3-1
3.1.1.1 การเจริญเติบโต	3-1
3.1.1.2 ผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว	3-7
3.1.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	3-10
3.1.2.1 ปริมาณน้ำเข้าแปลงทดลอง	3-10
3.1.2.2 คุณภาพน้ำรดและน้ำในแปลงทดลอง	3-14
3.1.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	3-20
3.1.3.1 ภาระบรรทุกจากการระบายน้ำทิ้งก่อนการเก็บเกี่ยว	3-20
3.1.3.2 การสะสมของโลหะหนักในดิน	3-20
3.1.3.3 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	3-23
3.1.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	3-25
3.1.4.1 โลหะหนักในข้าว	3-25
3.2 ผลการวิจัยในการปลูกดอกแอสเตอร์	3-26
3.2.1 ด้านเกษตรกรรม	3-26
3.2.1.1 การเจริญเติบโต	3-26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	3-29
3.2.2.1 ปริมาณน้ำเข้าและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-29
3.2.2.2 คุณภาพน้ำรดและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-31
3.2.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	3-41
3.2.3.1 ภาระบรรทุกของน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-41
3.2.3.2 การสะสมโลหะหนักในดิน	3-41
3.2.3.3 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	3-43
3.3 ผลการวิจัยในการปลูกผักคะน้า	3-45
3.3.1 ด้านเกษตรกรรม	3-45
3.3.1.1 ผลผลิต	3-45
3.3.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	3-46
3.3.2.1 ปริมาณน้ำเข้าและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-46
3.3.2.2 คุณภาพน้ำรดและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-50
3.3.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	3-64
3.3.3.1 ภาระบรรทุกของน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-64
3.3.3.2 การสะสมโลหะหนักในดิน	3-65
3.3.3.3 การสะสมพยาธิในดิน	3-68
3.3.3.4 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	3-68
3.3.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	3-72
3.3.4.1 โลหะหนัก	3-72
3.3.4.2 พยาธิ	3-72
3.4 ผลการวิจัยในการปลูกกะหล่ำปลี	3-75
3.4.1 ด้านเกษตรกรรม	3-75
3.4.1.1 ผลผลิต	3-75

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	3-76
3.4.2.1 ปริมาณน้ำเข้าและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-76
3.4.2.2 คุณภาพน้ำรดและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-79
3.4.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	3-89
3.4.3.1 ภาระบรรทุกของน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-89
3.4.3.2 การสะสมโลหะหนักในดิน	3-89
3.4.3.3 การสะสมพยาธิในดิน	3-90
3.4.3.4 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	3-92
3.4.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	3-94
3.4.4.1 โลหะหนัก	3-94
3.4.4.2 พยาธิ	3-94
3.5 ผลการวิจัยในการปลูกผักกาดหัว	3-96
3.5.1 ด้านเกษตรกรรม	3-96
3.5.1.1 ผลผลิต	3-96
3.5.2 ด้านการใช้น้ำและคุณภาพน้ำ	3-97
3.5.2.1 ปริมาณน้ำเข้าและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-97
3.5.2.2 คุณภาพน้ำรดและน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-98
3.5.3 ด้านการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อม	3-104
3.5.3.1 ภาระบรรทุกของน้ำซึมออกจากแปลงทดลอง	3-104
3.5.3.2 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน	3-105
3.5.4 ด้านการปนเปื้อนต่อผลผลิต	3-106
3.5.4.1 โลหะหนัก	3-106

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ทัศนคติและการยอมรับของประชาชนต่อการนำน้ำทิ้งมาใช้ในการเกษตรกรรม	4-1
4.1 เกษตรกร	4-1
4.1.1 เกษตรกรอาสาสมัครร่วมโครงการ	4-1
4.1.1.1 การมีส่วนร่วมในโครงการและความคาดหวังต่อโครงการ	4-1
4.1.1.2 ทัศนคติเกี่ยวกับการทดลองปลูกพืชชนิดต่าง ๆ	4-2
4.1.1.3 ทัศนคติและการยอมรับน้ำทิ้งในการเกษตรกรรม	4-12
4.1.2 เกษตรกรอื่น ๆ	4-13
4.1.2.1 เกษตรกรใกล้เคียงแปลงทดลอง	4-13
4.1.2.2 เกษตรกรทั่วไป	4-14
4.2 ผู้บริโภคผลผลิต	4-18
4.3 ผู้บริโภค	4-21
4.4 เจ้าหน้าที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	4-31
4.5 ทัศนคติของประชาชนต่อการส่งเสริมการใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรม	4-33
บทที่ 5 ความเป็นไปได้ในการใช้น้ำทิ้งในการเกษตรกรรม	5-1
5.1 แนวทางคุณภาพ/มาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ในการเกษตรกรรม	5-1
5.1.1 ประสิทธิภาพการใช้น้ำทิ้งในต่างประเทศ	5-1
5.1.2 แนวทางคุณภาพ/มาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้ในการเกษตรกรรมที่มี	5-3
5.1.3 ข้อเสนอแนะแนวทางคุณภาพน้ำทิ้งที่ใช้ในการเกษตรกรรม	5-7
สำหรับประเทศไทย	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 การเผยแพร่ผลงานวิจัย	5-10
5.2.1 การเผยแพร่โดยการประชุมสัมมนาผลงานและแถลงข่าว	5-10
5.2.1.1 การจัดดูงานแปลงเกษตรกรรมจริง	5-10
5.2.1.2 การจัดแถลงข่าวต่อสื่อมวลชน	5-10
5.2.1.3 การเผยแพร่ผลงานสู่ส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง	5-11
5.2.1.4 การประชุมวิชาการ	5-11
5.2.2 การขยายผลโครงการวิจัย	5-13
5.2.2.1 เทศบาลเมืองพะเยา	5-13
5.2.2.2 เทศบาลเมืองแพงเซร	5-16
5.3 ข้อพิจารณาในการใช้น้ำทิ้ง	5-17
5.3.1 ข้อดีและข้อจำกัดของการใช้น้ำทิ้ง	5-17
5.3.2 ความคุ้มค่าของการลงทุน	5-19
เอกสารอ้างอิง	อ-1
ภาคผนวก ก	
รายละเอียดวิธีการเก็บและเตรียมตัวอย่างพืชสำหรับการวิเคราะห์โลหะหนัก	ผ-1
ภาคผนวก ข	
วิธีการเก็บตัวอย่างดินและการควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์โลหะหนัก	ผ-4
ภาคผนวก ค	
รายละเอียดวิธีการเก็บและเตรียมตัวอย่างดินสำหรับวิเคราะห์ไข่และหนอนพยาธิ	ผ-14
ภาคผนวก ง	
ค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำรดที่ใช้ในการทดลอง (กุมภาพันธ์ 2543 – มกราคม 2544)	ผ-15
ภาคผนวก จ	
ข้อมูลการวิจัยด้านเกษตรกรรมปลูกข้าวในแปลงทดลองระดับ ห้องปฏิบัติการ	ผ-20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลการวิจัยด้านเกษตรกรรมปลูกดอกแอสเตอร์ในแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ	ผ-23
ภาคผนวก ช ข้อมูลการวิจัยด้านเกษตรกรรมปลูกข้าวในแปลงเกษตรกรรมจริง	ผ-26
ภาคผนวก ซ ปริมาณน้ำเข้านาข้าวเกษตรกรรมจริง	ผ-34
ภาคผนวก ฌ ข้อมูลการเจริญเติบโตของดอกแอสเตอร์ในแปลงเกษตรกรรมจริง	ผ-38
ภาคผนวก ญ ข้อมูลการสำรวจทางด้านทัศนคติและการยอมรับของประชาชน	ผ-42
ภาคผนวก ฎ เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย	ผ-61
ภาคผนวก ฏ ข้อมูลการสำรวจทัศนะผู้ร่วมประชุมการขยายผลโครงการวิจัย	ผ-98
ภาคผนวก ฐ ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และกิจกรรมที่ดำเนินมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ	ผ-100

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาของการวิจัย

เนื่องจากปัจจุบันพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศหลายแห่งประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง ดังนั้นการศึกษานำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม นอกจากจะเป็นการช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำแล้ว ยังเป็นการนำทรัพยากรน้ำกลับมาใช้ให้คุ้มค่ายิ่งขึ้น รวมทั้งเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรนอกและในฤดูเพาะปลูกตามธรรมชาติ นอกจากนี้ในน้ำทิ้งจะมีสารอาหารที่มีคุณค่าต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ไนโตรเจน อยู่ในรูปแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) และไนเตรท ($\text{NO}_3\text{-N}$) ความเข้มข้น 5-20 มก/ล ฟอสฟอรัส ความเข้มข้น 0.5-2 มก/ล เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ลดอัตราการใช้น้ำปุ๋ยลง ทำให้ลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศลงได้

ปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายที่จะให้เทศบาลเมืองและเทศบาลตำบลขนาดใหญ่ สร้างระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง (Central Wastewater Treatment Plant) ขึ้น โดยหลักพื้นฐานของการออกแบบแล้ว น้ำทิ้งหลังการบำบัดจะถูกระบายสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ฯลฯ ซึ่งขณะนี้ยังไม่มีแนวความคิดที่จะนำน้ำดังกล่าวกลับมาใช้ เช่น เทศบาลนครเชียงใหม่ อัตราการบำบัดน้ำเสียชุมชนประมาณ 25,000 ม³/วัน ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงถ้าคิดเฉพาะการเพาะปลูกข้าว (การปลูกข้าวต้องการน้ำประมาณ 2,000-2,500 ม³/ไร่.ฤดูการปลูก (4 เดือน)) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียนี้สามารถรองรับการเพาะปลูกข้าวได้ประมาณ 2,400-3,000 ไร่/ปี เมื่อคิดที่เวลา 8 เดือน/ปี เป็นต้น

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนส่วนกลางในประเทศไทยมี 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

ก) ระบบที่ใช้พื้นที่น้อย : ระบบบำบัดน้ำเสียกลุ่มนี้จะมีใช้ในเขตชุมชนหนาแน่นที่มีที่ดินจำกัด ที่ดินราคาแพง หรือถูกบังคับด้วยสภาพการระบายน้ำจนต้องสร้างระบบบำบัดในพื้นที่อื่นจำกัด ระบบบำบัดกลุ่มนี้จะทำการควบคุมการทำงานค่อนข้างยากและต้องใช้เทคโนโลยีในระดับกลาง-สูงในการบำบัด อาทิเช่น ระบบเอเอส (Activated Sludge) มีใช้ที่กรุงเทพมหานคร เทศบาลตำบลปาดอง เทศบาลเมืองชลบุรี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ขนาด 5,000 ม³/วัน) ฯลฯ ระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor) มีใช้ที่เทศบาลตำบลหัวหิน เป็นต้น ระบบเหล่านี้ น้ำทิ้งจากระบบจะใสและมีการเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรคก่อนปล่อยออก เนื่องจากโรงบำบัดน้ำทิ้งตั้งอยู่ในเขตเมือง แนวทางการนำน้ำทิ้งมาใช้ใหม่อาจใช้เพื่อกิจกรรมในเมือง เช่น รดน้ำสวนสาธารณะ สวนหย่อม ล้างถนน หรือใช้ในการล้างโถชักโครก (Toilet Flushing)

ข) ระบบที่ใช้พื้นที่ปานกลาง : ระบบบำบัดน้ำเสียกลุ่มนี้ประกอบด้วย ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ซึ่งมีเครื่องเติมอากาศแบบทุ่นลอยและบ่อตกตะกอน (Polishing Pond) น้ำทิ้งขั้นสุดท้ายจะเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ปัจจุบันมีใช้หลายแห่ง อาทิเช่น เทศบาลนครเชียงใหม่ (ออกแบบที่อัตราบำบัดสูงสุด 55,000 ม³/วัน) เทศบาลเมืองนครราชสีมา เทศบาลนครเชียงราย (ระหว่างก่อสร้าง) ฯลฯ น้ำทิ้งจะมีสีเขียวอ่อนเนื่องจากสาหร่าย (Algae) ในบ่อตกตะกอน ระบบเหล่านี้จะอยู่ในเขตชานเมืองในทุ่งนาเป็นส่วนใหญ่

ค) ระบบที่ใช้พื้นที่มาก : ระบบบำบัดน้ำเสียกลุ่มนี้ประกอบด้วยระบบบ่อฝั่ง (Facultative Pond) ซึ่งเป็นระบบที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมให้นโยบายว่ามีความเหมาะสมเป็นอันดับแรก เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการเดินระบบต่ำและง่ายต่อการควบคุม ทำให้ท้องถิ่นไม่ต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในการเดินระบบมากนัก ประกอบด้วยบ่อฝั่งและบ่อฆ่าเชื้อโรค (Maturation Pond) จำนวนหลายบ่อต่อเนื่องกัน ปัจจุบันมีใช้ในเทศบาลเมืองนครปฐม เทศบาลเมืองสกลนคร เทศบาลเมืองพะเยา เทศบาลเมืองตาก และอยู่ในขั้นตอนออกแบบรายละเอียดใน เทศบาลต่าง ๆ จำนวนมาก เช่น เทศบาลเมืองลำปาง เทศบาลนครพิษณุโลก ฯลฯ น้ำทิ้งที่ได้จากระบบชนิดนี้จะมีสีเขียวอ่อนถึงเขียวแก่เนื่องจากสาหร่าย (Algae) พื้นที่ก่อสร้างจะเป็นทุ่งนาอยู่ชานเมือง

ปัจจุบัน (2545) มีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เปิดดำเนินงานแล้ว 59 แห่ง อยู่ระหว่างก่อสร้าง 17 แห่ง และมีระบบเดิมที่หยุดใช้งานถาวร 4 แห่ง (สวสท., 2545) เมื่อพิจารณาถึงนโยบายของรัฐที่จะให้มีการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวมในเขตเทศบาลเมืองทุกแห่งและใน เทศบาลตำบลขนาดใหญ่ คาดว่าในอนาคต 10 ปีข้างหน้าจะมีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนอยู่ไม่น้อยกว่า 250 แห่งทั่วประเทศ มีน้ำทิ้งระบายออกไม่น้อยกว่า 350 ล้าน ม³/ปี โดยกว่า 85% จะอยู่ในเขตชานเมือง ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และมีความเป็นไปได้ที่จะผันน้ำทิ้งไปใช้ในการเกษตร โดยเฉพาะในบางภูมิภาคที่มีการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร เช่น จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 หาเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง 4 ชนิด คือ น้ำเสีย (Raw Wastewater, RW) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้น (Primary Treatment Effluent, PE) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบเอเอส (Activated Sludge, AS) และน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) เพื่อใช้ในการเกษตรสำหรับพืช 4 ชนิด คือ ข้าว ผักคะน้า กะหล่ำปลี และดอกแอสเตอร์ โดยการทดลองในแปลงเพาะปลูกระดับห้องปฏิบัติการ

1.2.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองแบบบ่อเติมอากาศ (AL) เทศบาลนครเชียงใหม่ มาใช้ในการเกษตรสำหรับพืช 5 ชนิดคือ ข้าว ผักคะน้า กะหล่ำปลี ผักกาดหัว และดอกแอสเตอร์ โดยทดลองในพื้นที่เกษตรกรรมจริง

1.2.3 ศึกษาถึงระดับการปนเปื้อนต่อสภาพแวดล้อม (น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ดิน) และต่อผลิตผลทางการเกษตรในการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตร

1.2.4 ศึกษาถึงการยอมรับของเกษตรกรในการนำน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้ในการเกษตรกรรมและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลผลิตที่ได้จากการใช้น้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียในการเพาะปลูก

1.2.5 เพื่อสาธิต (Demonstration) และเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตรกรรมแก่เกษตรกร ผู้บริโภค และหน่วยงานวางแผนของรัฐ อันจะนำไปสู่การกำหนดนโยบายการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อการเกษตรของประเทศไทยในที่สุด

1.3 วิธีวิจัยและแผนการทดลอง

1.3.1 แปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ

1.3.1.1 น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก

น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกมี 5 ชนิดดังนี้

ก) น้ำเสีย (Raw Wastewater, RW) ได้ติดตั้งปั๊มจุ่มขนาด 0.5 แรงม้า สูบน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากบ่อสูบน้ำเสียหมายเลข 3 น้ำเสียดังกล่าวมาจากพื้นที่ฝั่งเชิงคดเป็นน้ำเสียจากที่พักอาศัยข้าราชการ อาคารเรียน หอพัก ห้องปฏิบัติการ สำนักงาน ฯลฯ กรณีเป็นที่ยู้อาศัย น้ำเสียจากโถส้วมจะระบายลงบ่อเกรอะก่อน น้ำล้นออกจากบ่อเกรอะจึงระบายลงท่อน้ำจากการอาบชักล้าง ส่วนใหญ่จะระบายลงท่อโดยตรง สำหรับน้ำเสียจากอาคาร สำนักงาน และห้องปฏิบัติการ จะระบายลงบ่อเกรอะก่อน น้ำล้นจากบ่อเกรอะจึงไหลลงท่อระบายน้ำเสีย น้ำเสีย RW จะสูบใส่ถังพลาสติกขนาด 25 ลิตร ขนส่งไปยังแปลงทดลอง โดยสูบใหม่ทุกครั้งที่ต้องการใช้งาน

ข) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น (Primary Treatment Effluent, PE) เตรียมโดยเปิดวาล์วให้น้ำเสีย (RW) จากปั๊มจุ่ม ไหลเข้าถัง Polyethylene ขนาด 115 ลิตร (สูง 0.92 ม.) ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 2 นาที จากนั้นจะปล่อยให้เกิดการตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งพอเพียงที่จะทำให้ตะกอนของแข็งแขวนลอยจมตัวลงไม่น้อยกว่า 50 ซม. ในถังพักน้ำเสียได้เจาะท่อติดประตูลอยน้ำที่ระดับ 0.20 ซม. และ 0.50 ซม. จากผิวน้ำ โดยจะเปิดวาล์วระบายน้ำที่ระดับดังกล่าว

ใส่ถังพลาสติกขนาด 25 ลิตร นำไปรดแปลงทดลอง น้ำ RW และน้ำ PE จะเก็บใหม่ทุกครั้งเมื่อต้องการใช้งาน ลักษณะดังได้แสดงในรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 ถังตกตะกอนขั้นต้น

ค) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบเอส (Activated Sludge, AS)
เตรียมโดยใช้ถังตกจากจุดน้ำล้นออกของถังเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรค ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เนื่องจากข้อจำกัดของการขนส่งน้ำเสียและปริมาณที่ใช้แต่ละครั้งมีน้อย จึงเก็บตัวอย่างน้ำ AS ในถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร สัปดาห์ละครั้ง แล้วนำมาแช่เย็นในห้องควบคุมอุณหภูมิ $0^{\circ}\text{--}4^{\circ}\text{C}$ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อจะใช้งานแต่ละครั้งจะนำน้ำ AS ออกจากห้องเย็นในปริมาณที่ต้องการใช้งาน แล้วปล่อยให้หมีอุณหภูมิสูงเท่าอุณหภูมิห้องก่อนนำไปรดพืชผัก เพื่อลดผลกระทบจากอุณหภูมิของน้ำต่อพืช

ง) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL)
เป็นน้ำทิ้งจากบ่อตกตะกอน (Polishing Pond) ของระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ (ที่ไม่ผ่านการเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรค และเทศบาลไม่ได้เดินระบบเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรค) เตรียมโดยใช้ถังตกจากถังเก็บน้ำ AL ของแปลงเกษตรกรรมจริงที่ใช้ปลูกผักและดอกแอสเตอร์ โดยทำการเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละครั้งในถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร และนำมาแช่เย็นในห้องควบคุมอุณหภูมิ $0^{\circ}\text{--}4^{\circ}\text{C}$ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกับน้ำ AS

จ) คลองชลประทาน (Irrigation Canal Water, IW) ได้ติดตั้งปั๊มจุ่มขนาด 0.5 แรงม้า ในคลองชลประทานแม่แตง ซึ่งไหลชิดกับเขตที่ดินมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คลองชลประทานนี้เป็นแหล่งน้ำดิบของการประปาเชียงใหม่ (โรงประปาอุโมงค์) โดยสูบน้ำชลประทานมาใส่ถังพลาสติกขนาด 25 ลิตร แล้วขนส่งไปรดแปลงทดลอง และทำการสูบน้ำใหม่ทุกครั้งเมื่อต้องการใช้งาน

1.3.1.2 ชนิดพืช

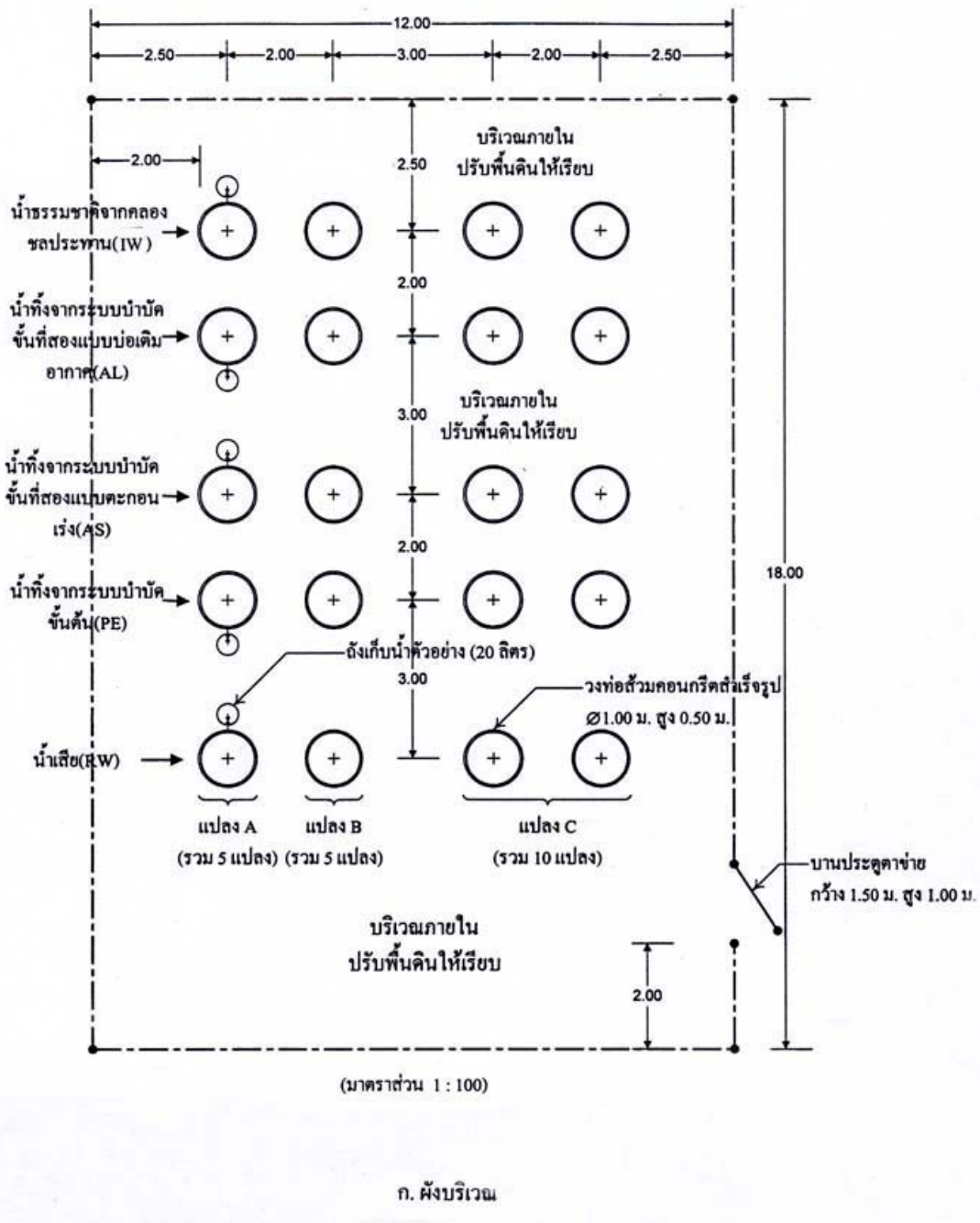
พืชที่ใช้ในการเพาะปลูกมีดังนี้

- ก) ข้าว เป็นพืชหลักที่ใช้บริโภค โดยต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอน ทดลองเพาะปลูก 3 ครั้ง
- ข) ดอกแอสเตอร์ เป็นไม้ประดับ ทดลองเพาะปลูก 3 ครั้ง
- ค) กะหล่ำปลี เป็นผักที่ห่อหุ้ม บริโภคสดได้ ทดลองเพาะปลูก 2 ครั้ง
- ง) ผักคะน้า เป็นผักที่ใช้บริโภคทั่วไป ต้องปรุงให้สุก ทดลองเพาะปลูก 2 ครั้ง

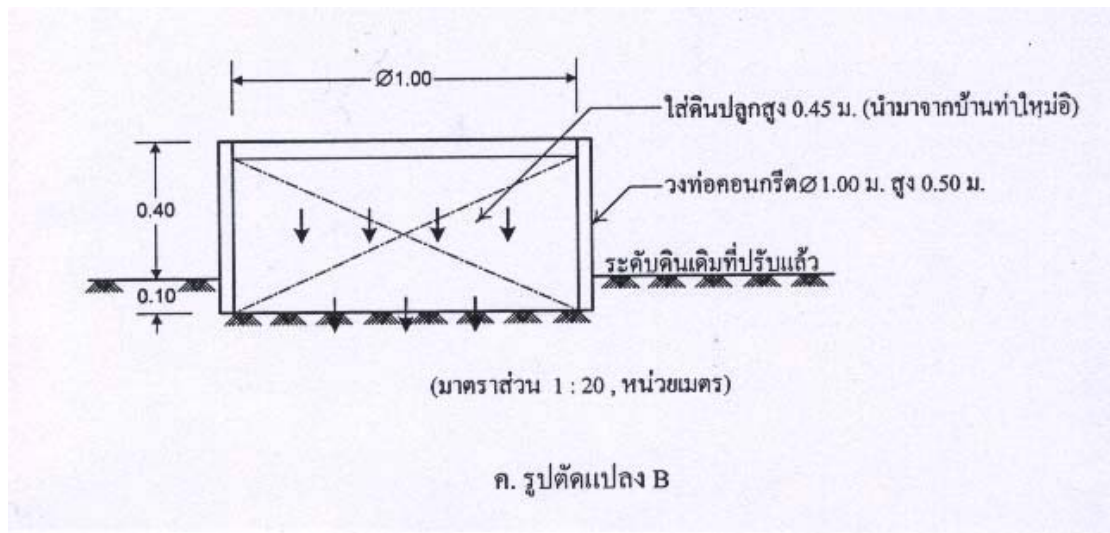
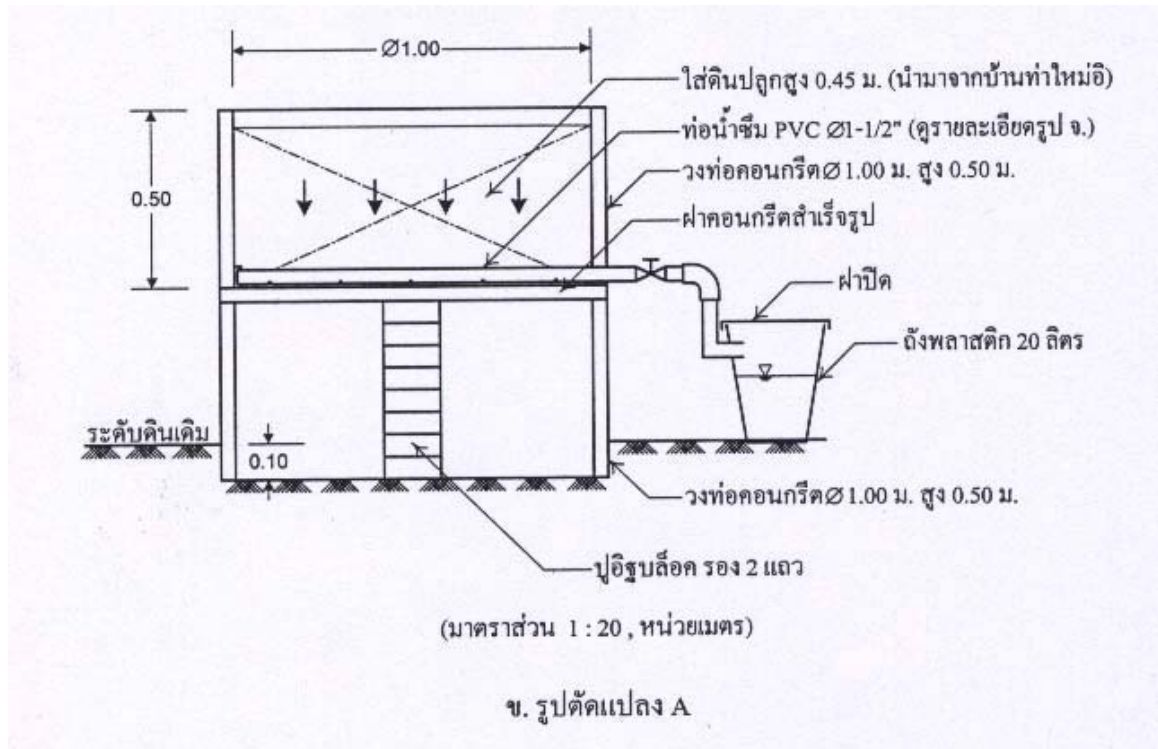
1.3.1.3 แปลงเพาะปลูก

แปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการระยะแรกมีทั้งหมด 20 แปลง แต่ละแปลงทำด้วยท่อส้วมคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 ม. สูง 0.5 ม. ก่อสร้างบริเวณแปลงเพาะปลูกภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้แบ่งแปลงทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 สำหรับปลูกดอกแอสเตอร์และผักมี 10 แปลง (แปลง A สามารถเก็บตัวอย่างน้ำซึมได้แปลงได้ และแปลง B วางบนพื้นดิน) และกลุ่มที่ 2 สำหรับปลูกข้าว 10 แปลง (แปลง C) ซึ่งไม่มีน้ำซึมออก รายละเอียดของแปลงทดลองได้แสดงในรูปที่ 1-2 และมีรูปถ่ายแสดงในรูปที่ 1-3 ตามลำดับดินปลูกในแปลง A และ B นำมาจากบริเวณแปลงทดลองเกษตรกรรมจริงที่ใช้ปลูกผักของเกษตรกรที่ร่วมโครงการ ต.ป่าแดด อ.เมือง จ.เชียงใหม่ และดินปลูกในแปลง C นำมาจากท้องนาบริเวณ ต.สันผักหวาน อ.หางดง จ.เชียงใหม่ ใกล้เคียงกับพื้นที่นาข้าวเกษตรกรรมจริงที่ร่วมโครงการ ในแปลงทดลองใส่ดินปลูกสูง 0.45 ม.

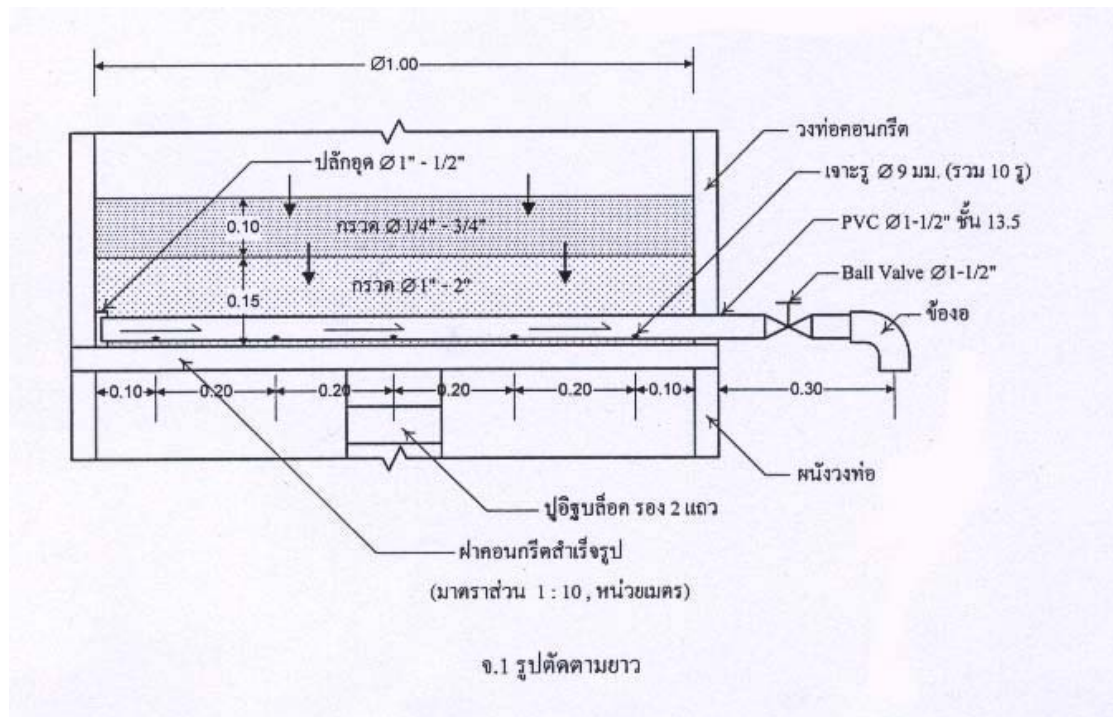
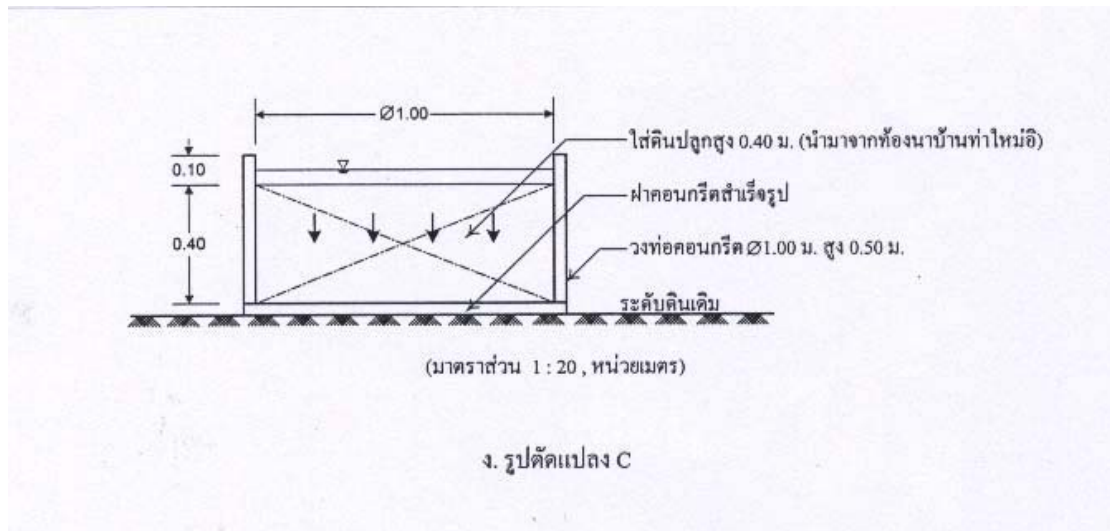
เนื่องจากการเพาะปลูกข้าวครั้งที่ 1 (ข้าวนาปรัง) เกิดการผิพลาตตัวอย่างข้าวหาย ไม่ได้วิเคราะห์โลหะหนักในข้าว จึงต้องปลูกข้าวใหม่ครั้งที่ 3 (ข้าวนาปรัง) และต้องทำแปลงทดลองแบบ C ขึ้นมาใหม่อีก 10 แปลง นอกเขตไร่เพื่อปลูกข้าว สำหรับแปลง C ในเขตไร่เดิม (10 แปลง) หลังจากปลูกข้าวครั้งที่ 2 ได้แก้ไขให้มีลักษณะเป็นแปลง A (5 แปลง) และแปลง B (5 แปลง) เพื่อปลูกผักตามแผนการทดลอง



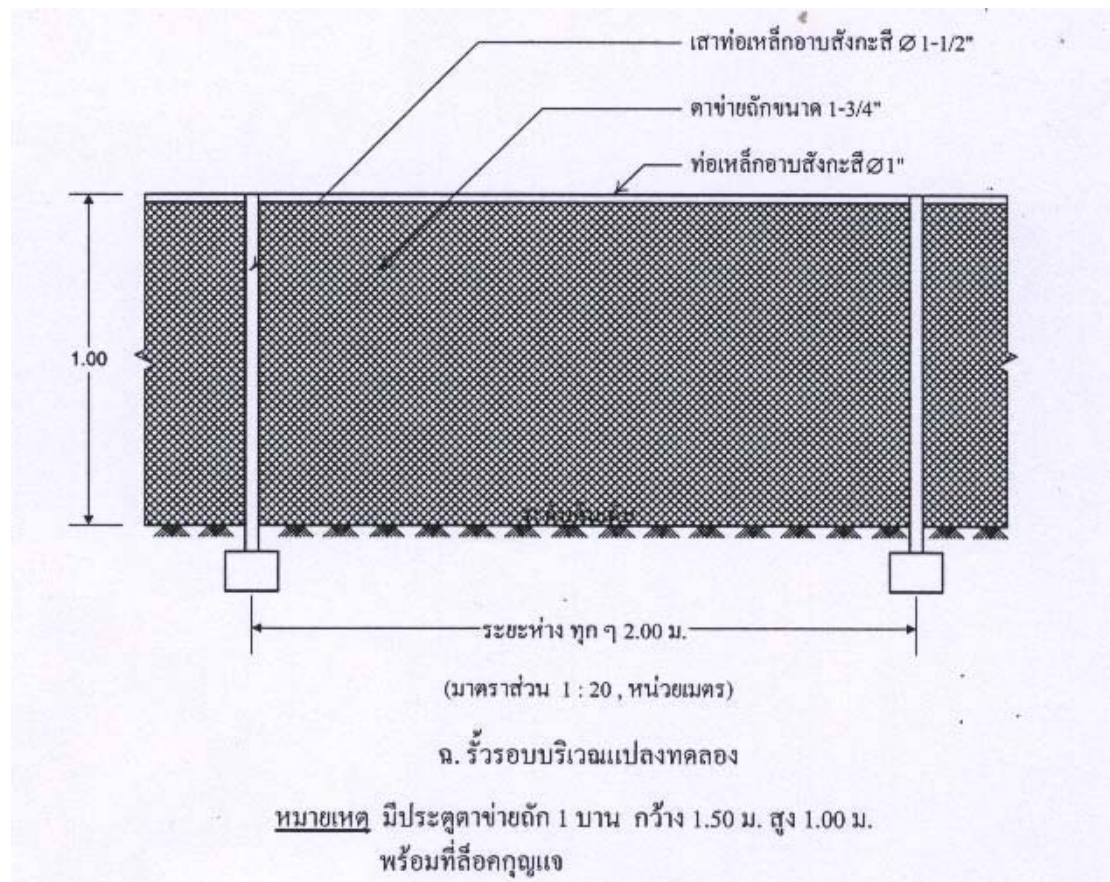
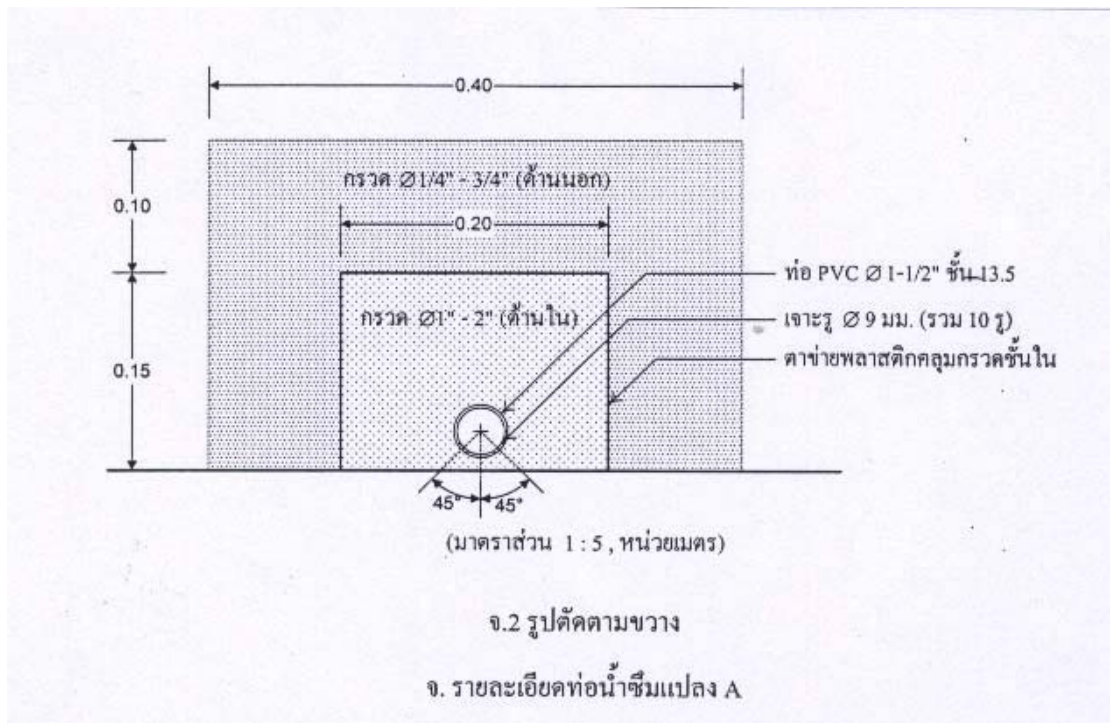
รูปที่ 1-2 แปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ



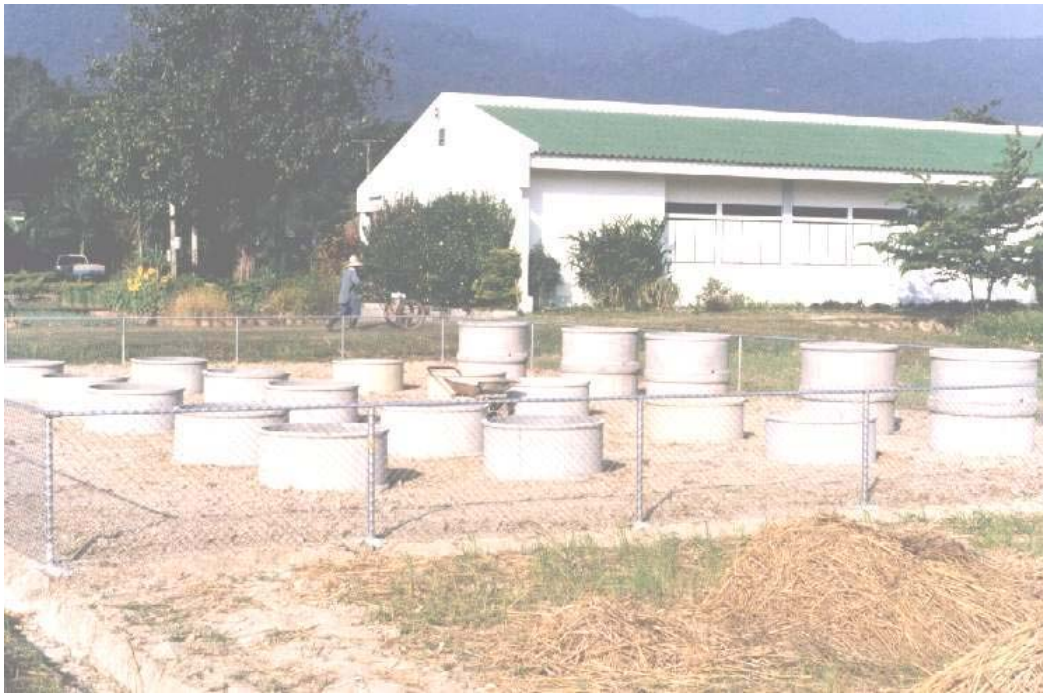
รูปที่ 1-2 แปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ (ต่อ)



รูปที่ 1-2 แปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ (ต่อ)



รูปที่ 1-2 แปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ (ต่อ)



ก. แปลงทดลองระหว่างก่อสร้าง



ข. แปลงปลูกดอกแอสเตอร์

รูปที่ 1-3 รูปถ่ายแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ



ค. ถังเก็บน้ำซึมใต้แปลงเพาะปลูก



ง. แปลงปลูกข้าว

รูปที่ 1-3 รูปถ่ายแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ (ต่อ)

1.3.1.4 รายละเอียดการเพาะปลูก

การเพาะปลูกมีระยะเวลาดังตารางที่ 1-1 มีรายละเอียดการเพาะปลูกดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1-1 การเพาะปลูกในแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ

การทดลองที่	ชนิดพืช	ระยะเวลาทำการทดลอง, เดือน																								
		2542			2543											2544										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	ข้าว						←	(1)	→				←	(2)	→				←	(3)	→					
2	ดอกแอสเตอร์								←	(1)	→		←	(2)	→	←	(3)	→								
3	กะหล่ำปลี																←	(1)	→			←	(2)	→		
4	ผักคะน้า																		←	(1)	→		←	(2)	→	

ก) ข้าว

● ครั้งที่ 1 (ฤดูนาปรัง 2543) ใช้ข้าวพันธุ์คลองหลวง 1 ซึ่งเป็นกล้าชุดเดียวกันกับที่ใช้ปลูกในแปลงเกษตรกรรมจริง ทำการปักดำเมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2543 ใช้ระยะปลูก 20x20 ซม. อัตรา 3 ต้นกล้า/หลุม การจัดการในการดูแลรักษาต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้ การใส่ปุ๋ยใช้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 25 กก./ไร่ หลังปักดำได้ 15 วันและที่ 45 วันหลังปักดำได้ใส่ปุ๋ย 46-0-0 ในอัตรา 15 กก./ไร่ การป้องกันกำจัดแมลงและเชื้อราทำ 3 ครั้งคือที่ 21 วันหลังปักดำฉีดพ่นด้วยโมโนโครโตฟอสอัตรา 20 ซีซี (ผสมกับไดเทนเอ็ม45 10 กรัม) ค่อน้ำ 20 ลิตร และที่ 70 กับ 100 วันหลังปักดำฉีดพ่นด้วยโมโนโครโตฟอสอัตรา 30 ซีซีค่อน้ำ 20 ลิตรอีก 2 ครั้ง การเก็บเกี่ยวใช้ระยะเวลาก่อนข้าวขาวคือตั้งแต่วันที่ 16 มิถุนายน และไปสิ้นสุดในวันที่ 5 กรกฎาคม 2543 ทั้งนี้เพราะการสุกแก่ของข้าวในแต่ละกอและแต่ละรวงไม่พร้อมกันคือมีการทยอยสุกแก่ ซึ่งเป็นจุดอ่อนของข้าวพันธุ์คลองหลวง 1 ซึ่งเคยรายงานไว้โดยพิพัฒน์ แก้วปลั่ง (2542) อย่างไรก็ตามลักษณะดังกล่าวนี้ไม่ได้เกิดขึ้นในแปลงทดลองเกษตรกรรมจริง

- **ครั้งที่ 2** (ฤดูนาปี 2543) โดยใช้ข้าวพันธุ์ กข.6 ซึ่งเป็นกล้าชุดเดียวกันกับที่ใช้ในแปลงเกษตรกรรมจริง ทำการปักดำเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2543 ใช้ระยะปักดำ 20x20 ซม. 3 ต้น/หลุม การจัดการในการดูแลรักษาต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้ การใส่ปุ๋ยใช้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 25 กก./ไร่ หลังปักดำได้ 28 วัน และใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่หลังปักดำได้ 60 วัน การป้องกันกำจัดโรคแมลงและเชื้อราทำเพียงครั้งเดียวคือที่ระยะ 49 วัน โดยฉีดพ่นด้วยโมนิโคร-โตฟอสอัตรา 30 ซีซีผสมกับเบนโนมิลอัตรา 30 กรัมและสารจับใบ 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2543 ทุกกรรมวิธียกเว้นกรรมวิธีที่ใช้น้ำ AL ซ้ำที่ 2 เนื่องจากยังไม่สุกแก่และได้ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม 2543

- **ครั้งที่ 3** (ฤดูนาปรัง 2544) เป็นการปลูกเสริมเนื่องจากครั้งที่ 1 เกิดความผิดพลาด ตัวอย่างข้าวเพื่อวิเคราะห์โลหะหนักหายไป จึงต้องปลูกใหม่เพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก โดยใช้ข้าวพันธุ์หอมสุพรรณซึ่งเป็นกล้าชุดเดียวกันกับที่ปลูกทดลองในแปลงเกษตรกรรมจริง ทำการปักดำเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2544 ระยะปักดำ 20 x 20 ซม. อัตรา 3 ต้นต่อหลุม การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้ การใส่ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 25 กก.ต่อไร่ หลังปักดำได้ 13 วันและใส่ปุ๋ย 46-0-0 ในอัตรา 15 กก.ต่อไร่หลังปักดำได้ 49 วัน การป้องกันกำจัดแมลงและเชื้อราใช้โมนิโคร-โตฟอสอัตรา 30 ซีซี ผสมกับเบนโนมิลอัตรา 30 กรัมและสารจับใบโพลิอัตรา 20 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นที่ระยะ 61 วันหลังปักดำทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 21 มิถุนายน 2544

ข) ดอกแอสเตอร์

- **ครั้งที่ 1** เพาะกล้าวันที่ 30 มีนาคม 2543 และทำการย้ายปลูกวันที่ 18 พฤษภาคม 2543 และเก็บเกี่ยววันที่ 28 กรกฎาคม 2543 ใช้พันธุ์แอสเตอร์จินดอกสีแดงใส่เหลือง การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ ได้แก่ ในระยะต้นกล้า ใช้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร รดทุก ๆ 7 วัน การใส่ปุ๋ยนั้นหลังปลูกได้ 20 วัน ทำการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งอัตรา 500 กก./ไร่ ที่ 30 วันใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และเมื่อดอกแอสเตอร์เริ่มแทงช่อดอกได้ใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 50 กก./ไร่ การป้องกันกำจัดแมลงนั้นในแปลงเพาะกล้าใช้ไคเพนเอ็ม45 ฉีดพ่นทุก ๆ 7 วัน เพื่อป้องกันโรคโคนเน่า ส่วนการป้องกันแมลงนั้นได้ใช้สารกลุ่มคาร์โบซัลเฟน ฉีดพ่นสลับกับสารกลุ่มมาลาไธออนทุก ๆ 7 วัน เพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ และเพลี้ยอ่อน และงดฉีดพ่นก่อนทำการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ อนึ่ง การใส่ปุ๋ยหรือสารเคมีการเกษตรอื่น ๆ จะทำในทุกแปลงทดลองในอัตราเดียวกัน

- **ครั้งที่ 2** เพาะกล้าวันที่ 30 มีนาคม 2543 และทำการย้ายปลูกวันที่ 26 สิงหาคม 2543 และทำการเก็บเกี่ยววันที่ 28 พฤศจิกายน 2543 ใช้พันธุ์แอสเตอร์จินดอกสีแดงใส่เหลือง การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ ได้แก่ ในระยะต้นกล้าใช้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร รดทุก ๆ 7 วัน การใส่ปุ๋ยนั้น หลังปลูกได้ 5 วัน ทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 6 ลิตร/10 ถังปลูก (พื้นที่/1 ถังปลูก = 0.78 ตารางเมตร) ที่ 24 วัน ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง อัตรา 0.25 กก./1 ถัง

ปลูก ทำการพ่นฮอร์โมนซ็อกทัททิม อัตรา 2 ซีซี/น้ำ 2 ลิตร/10 ถังปลูก เมื่อดอกแอสเตอร์เริ่มแทงช่อดอก คือหลังปลูก 32 วัน ใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 25 กรัม/1 ถังปลูก การป้องกันกำจัดแมลงนั้นใช้สารอะไซครินฉีดพ่นในอัตรา 2 ซีซี/น้ำ 2 ลิตร/10 ถังปลูก หลังจากปลูก 25 วัน และ 60 วัน ข้อมูลที่ทำการวัดได้แก่ ความสูงต้นและจำนวนดอกต่อต้น ใช้ตัวอย่าง 5 ต้น/กรรมวิธี/ซ้ำ โดยเริ่มวัดความสูงหลังจากปลูก 19 วัน และเริ่มนับจำนวนดอกได้หลังจากปลูก 48 วัน

- **ครั้งที่ 3** เพาะกล้าวันที่ 13 ตุลาคม 2543 และทำการย้ายปลูกวันที่ 1 ธันวาคม 2543 และทำการเก็บเกี่ยววันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 ใช้พันธุ์แอสเตอร์จินดอกสีแดงไล่เหลือง การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ ได้แก่ ในระยะต้นกล้าใช้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร รดทุก ๆ 7 วัน การใส่ปุ๋ยนั้น หลังปลูกได้ 14 วัน และ 38 วัน ทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 6 ลิตร/10 ถังปลูก (พื้นที่/1 ถังปลูก = 0.78 ตารางเมตร) ทำการพ่นฮอร์โมนซ็อกทัททิม อัตรา 2 ซีซี/น้ำ 2 ลิตร/10 ถังปลูก เมื่อดอกแอสเตอร์เริ่มแทงช่อดอก คือหลังปลูก 33 วัน และทำการพ่นอีกที่ 40 47 และ 54 วัน ใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 25 กรัม/1 ถังปลูกที่ 52 วัน การป้องกันกำจัดแมลงนั้นใช้สารอะไซครินฉีดพ่นในอัตรา 2 ซีซี/น้ำ 2 ลิตร/10 ถังปลูก หลังจากปลูก 15 และ 39 วัน ที่ 41 และ 57 วันทำการฉีดพ่นคาร์บะเต้ 2.5 อัตรา 2 ซีซี/ น้ำ 2 ลิตร/10 ถังปลูก ข้อมูลที่ทำการวัดได้แก่ ความสูงต้นและจำนวนดอกต่อต้น ใช้ตัวอย่าง 5 ต้น/กรรมวิธี/ซ้ำ โดยเริ่มวัดความสูงหลังจากปลูก 14 วัน และเริ่มนับจำนวนดอกได้หลังจากปลูก 48 วัน

ก) กะหล่ำปลี

- **ครั้งที่ 1** ใช้พันธุ์กะหล่ำปลีลูกผสมพันธุ์ TARA ทำการเพาะกล้าในแปลงเพาะภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2543 และย้ายกล้าลงปลูกในแปลงทดลองเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2544 ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 26 มีนาคม 2544 การดูแลแปลงกล้านั้นหลังจากที่ต้นกล้าเริ่มงอกใบจริงขึ้นมาทำการรดด้วยปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทุก ๆ 7 วัน (จำนวน 2 ครั้ง) การป้องกันกำจัดแมลงในระยะต้นกล้าทำการฉีดพ่นด้วยเซฟวิน 85 อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันด้วงหมัดกระโดดและเพลี้ยอ่อนทุก ๆ สัปดาห์ การปลูกถึงปลูกใช้ระยะปลูก 40×40 เซนติเมตร ถึงละ 4 ต้น พื้นที่ถึงปลูกคือ 0.78 ตารางเมตร การใส่ปุ๋ยนั้นใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 80 กิโลกรัม/ไร่ รองพื้นก่อนทำการย้ายปลูก ส่วนปุ๋ยเคมีใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ผสมกับปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 50 กก./ไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือครั้งแรกหลังจากย้ายปลูก 23 วัน และครั้งที่ 2 29 วันหลังทำการย้ายปลูก การป้องกันแมลงพ่นยาคาร์บะเต้ 2.5 อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ที่ระยะ 8 วัน 13 วัน และ 23 วันหลังทำการย้ายปลูก และพ่นยาเมวินฟอส อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ที่ระยะ 35 วัน 46 วัน และ 60 วันหลังทำการย้ายปลูก

● **ครั้งที่ 2** ใช้กะหล่ำปลีลูกผสมพันธุ์ TARA ทำการเพาะกล้าในแปลงภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 10 เมษายน 2544 ทำการย้ายกล้าลงปลูกในถังทดลองวันที่ 14 พฤษภาคม 2544 โดยใช้ระยะปลูกในถังทดลอง คือ 40×40 เซนติเมตร จำนวน 4 ต้น/ถังปลูก (พื้นที่ถังปลูก = 0.78 ตารางเมตร) การดูแลแปลงกล้านั้นหลังจากต้นกล้าเริ่มงอกประมาณ 7 วัน ทำการให้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทุก ๆ 7 วัน จำนวน 2 ครั้ง การป้องกันกำจัดแมลงในระยะต้นกล้า ทำการฉีดพ่นด้วยเซฟวิน 85 อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ทุก ๆ สัปดาห์ สำหรับการดูแลกะหล่ำปลีหลังจากย้ายปลูกลงถังทดลองทำการป้องกันกำจัดโรคและแมลง 5 ครั้งแรก คือ หลังจากย้ายปลูก 11 วัน 32 วัน 38 วัน 43 วัน และ 46 วัน ทำการพ่นยาอีโอดาน อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร หลังจากนั้นพ่นยาพอสซ์ ซึ่งเป็นสารในกลุ่มคาร์โบซัลเฟน อีก 2 ครั้งคือ หลังจากปลูก 60 และ 65 วัน ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตวันที่ 3 สิงหาคม 2544

หมายเหตุ มีการปลูกซ่อมกะหล่ำปลี 2 ครั้ง คือ หลังจากปลูก 22 วัน (บางต้น) และหลังจากปลูก 29 วัน ทำการปลูกซ่อมใหม่ทั้งหมด เนื่องจากต้นกล้าตายสาเหตุจากหนอนกัดกิน โดยใช้ต้นกล้าที่หวานจากชุดเดียวกัน แต่นำไปปลูกในแปลงของภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ง) ผักคะน้า

● **ครั้งที่ 1** ใช้พันธุ์คะน้าตราช้าง ทำการเพาะกล้าในแปลงเพาะภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2544 การดูแลรักษาแปลงกล้านั้น หลังจากต้นกล้าอายุได้ 14 วัน ให้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 100 กก./ไร่ และให้สารป้องกันกำจัดแมลงคือ สารในกลุ่มเมวินฟอส อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร เมื่อต้นกล้าอายุได้ 30 วัน ทำการย้ายกล้าลงถังปลูก ในวันที่ 12 มีนาคม 2544 โดยใช้ระยะปลูก 15×30 ซม. จะได้จำนวน 13 ต้น/ถังปลูก หลังจากนั้น 1 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 200 กรัม/น้ำ 10 ลิตร/ถังปลูก และหลังจากย้ายปลูก 17 วัน ทำการป้องกันกำจัดแมลงโดยการฉีดพ่นพอสซ์ ซึ่งเป็นสารในกลุ่มคาร์โบซัลเฟน อัตรา 60 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร เมื่อต้นกล้าอายุได้ 30 วันหลังการย้ายปลูก คือวันที่ 11 เมษายน 2544 ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต

● **ครั้งที่ 2** ใช้คะน้าตราช้างเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยเพาะกล้าในแปลงเพาะภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 5 เมษายน 2544 การดูแลรักษาแปลงกล้าก็เช่นเดียวกับการปลูกครั้งที่ 1 เมื่อต้นกล้าอายุได้ 27 วัน ทำการย้ายกล้าลงถังปลูก ในวันที่ 2 พฤษภาคม 2544 โดยใช้ระยะปลูก 15×30 ซม. เช่นเดิม การป้องกันกำจัดแมลงนั้นหลังการย้ายปลูก 9 วัน และ 23 วัน ทำการพ่นยาพอสซ์ อัตรา 60 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ส่วนการให้ปุ๋ยนั้น หลังการย้ายปลูก 9 วัน 28 วัน และ 37 วัน ใส่ปุ๋ย 46-0-0 ร่วมกับ 15-15-15 อัตราส่วน

อย่างละ 200 กรัม/น้ำ 10 ลิตร/ถังปลูก และทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตวันที่ 11 มิถุนายน 2544 โดยมีอายุ 41 วัน หลังการย้ายปลูก

1.3.2 แปลงทดลองเกษตรกรรมจริง

1.3.2.1 น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก

ก) น้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นที่สองแบบบ่อเติมอากาศ (AL) ได้ติดตั้งปั๊ม หอยโข่งขนาด 1.5 แรงม้า 2 ชุด สูบน้ำจากจุดน้ำล้นออกบ่อตกตะกอน (Polishing Pond) ก่อนเข้าถังเติมคลอรีนฆ่าเชื้อโรค (ซึ่งปัจจุบันไม่ได้ใช้งาน) ของระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ ผ่านท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ผ่านมาตรวัดน้ำในท่อไปยังนาข้าว และสูบน้ำผ่านท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว และลดขนาดเป็น 1½ นิ้ว ไปยังถังเก็บน้ำของแปลงปลูกผักและดอกแอสเตอร์ จากนั้นจะใช้ปั๊มจุ่มขนาด 0.5 แรงม้า ที่มีมาตรวัดน้ำ สูบจากถังพักน้ำรดแปลงทดลองต่อไป ลักษณะปั๊มหอยโข่งที่ติดตั้งได้แสดงในรูปที่ 1-4



รูปที่ 1-4 ระบบสูบน้ำ AL ไปใช้ในแปลงเกษตรกรรมจริง

ข) น้ำธรรมชาติ

- แปลงปลูกข้าว ได้เจาะบ่อบาดาลท่อกรู PVC ขนาด 4 นิ้ว ลึก 28 ม. ติดตั้งปั๊มบาดาล (Deep Well Submersible Pump) ขนาด 1 แรงม้า 1 ชุด สูบน้ำผ่านท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว ผ่านมาตรวัดน้ำไปยังนาข้าว บ่อบาดาลนี้คือ GWsw

- แปลงปลุกผักและดอกแอสเตอร์ ได้เจาะบ่อบาดาลท่อกรุนขนาด 2 นิ้ว ลึก 28 ม. ติดตั้งปั๊มหอยโข่ง (แบบดูดน้ำลึก Jet Pump) ขนาด 250 Watt 1 ชุด สูบน้ำผ่านท่อ PVC ขนาด 1½ นิ้วและลดขนาดเป็น 1 นิ้ว ไปยังถังเก็บน้ำแปลงปลุกผักและดอกแอสเตอร์ จากนั้นใช้ปั๊มจุ่มขนาด 0.5 แรงม้า ที่มีมาตรวัดน้ำ สูบจากถังพักน้ำรดแปลงทดลองต่อไป น้ำบาดาลนี้คือ GWpd

1.3.2.2 ชนิดพืช

พืชที่ใช้เพาะปลูกมีดังนี้

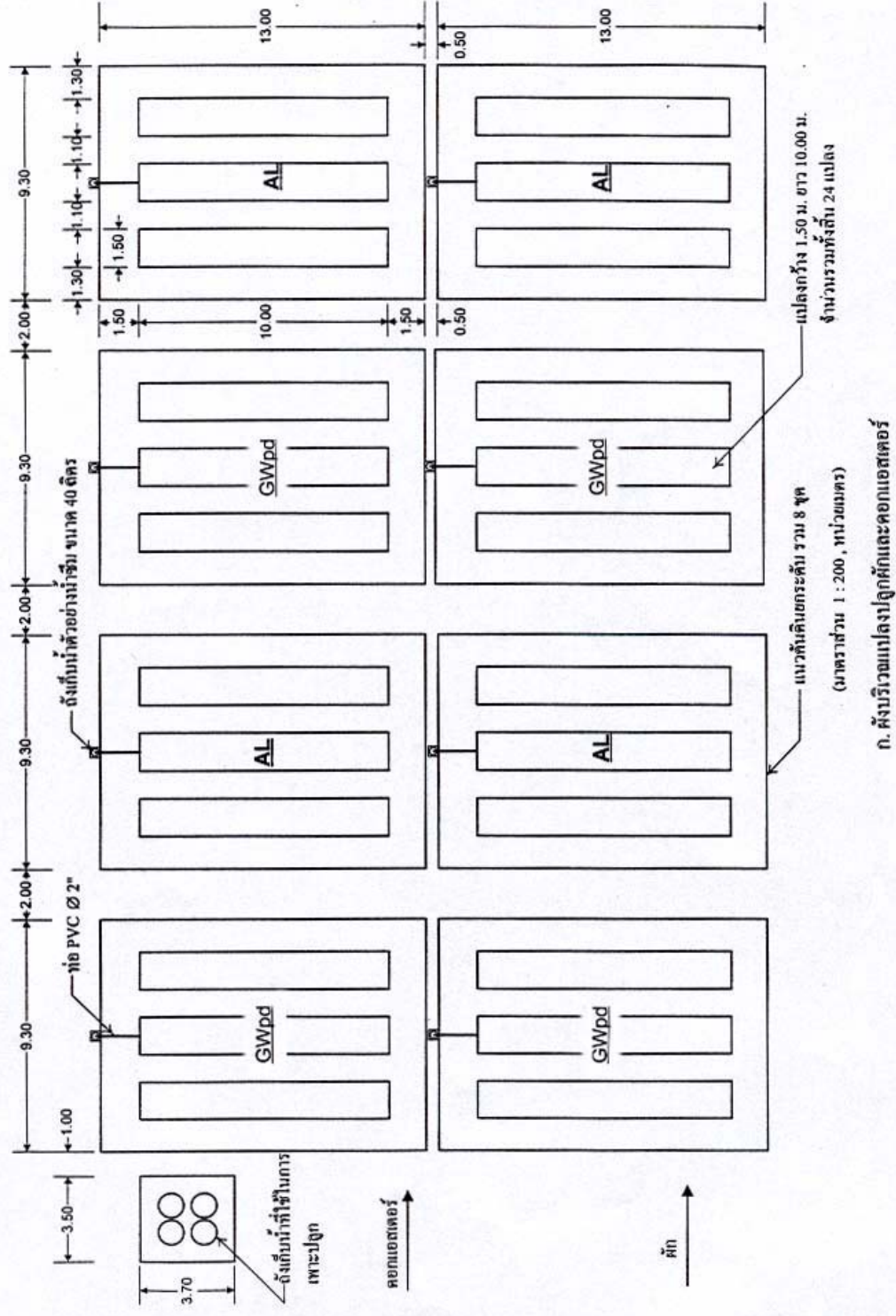
- ก) ข้าว ทดลองเพาะปลูก 4 ครั้ง
- ข) ดอกแอสเตอร์ ทดลองเพาะปลูก 4 ครั้ง
- ค) กระหล่ำปลี ทดลองเพาะปลูก 3 ครั้ง
- ง) ผักคะน้า ทดลองเพาะปลูก 5 ครั้ง
- จ) ผักกาดหัว เป็นพืชหัวอยู่ในดิน การบริโภคต้องปรุงให้สุก ทดลองเพาะปลูก 2 ครั้ง (ศึกษาเพิ่มเติมจากแผนการทดลองเดิมที่เสนอ สกว.)

1.3.2.3 แปลงเพาะปลูกผักและดอกแอสเตอร์

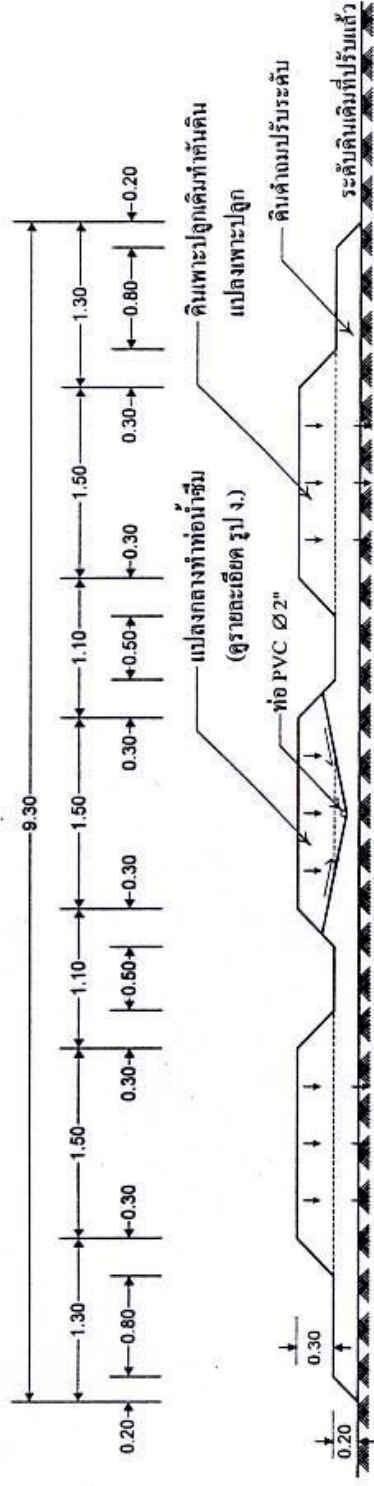
แปลงปลุกผักและดอกแอสเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาเป็นแปลงขนาดกว้าง 1.5 ม. ยาว 10 ม. จำนวน 8 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมี 3 แปลงทดลอง โดยแปลงกลางได้ปูแผ่น PVC หนา 0.2 มม. และวางท่อระบายน้ำใต้แปลง (รวม 8 แปลง) ลักษณะแปลงทดลองได้แสดงในรูปที่ 1-5 และรูปถ่ายได้แสดงในรูปที่ 1-6 แปลงทดลองสร้างบนพื้นที่รวมประมาณ 1 ไร่ ของนายวิลาส หินหนูน หมู่ที่ 5 ต.ป่าแดด อ.เมือง จ.เชียงใหม่ เป็นพื้นที่ซึ่งนายวิลาสเช่าต่อมาจากเจ้าของที่ดินอีกทีหนึ่ง (ไม่อาจสืบหารายชื่อเจ้าของที่ดินได้) พื้นที่ดังกล่าวอยู่ในกลุ่มสวนผักของเกษตรกรจำนวนหลายราย

1.3.2.4 นาข้าว

ใช้แปลงนาที่มีอยู่เดิมของเกษตรกรที่ร่วมโครงการ นายดวงดี คำสิงห์ หมู่ที่ 3 ต.สันผักหวาน อ.หางดง จ.เชียงใหม่ แปลงนาที่ใช้ลักษณะเป็นกระตังย้อย ๆ พื้นที่เพาะปลูกที่ใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) ของเทศบาลนครเชียงใหม่ มี 5 กระตังยอย รวม 3688 ม² (2.3 ไร่) พื้นที่เพาะปลูกที่ใช้น้ำบาดาลมี 6 กระตังยอย รวม 3252 ม² (2.0 ไร่) ลักษณะแปลงเพาะปลูกและหลุมเก็บตัวอย่างน้ำในแปลงนาได้แสดงในรูปที่ 1-7 และรูปที่ 1-8 ตามลำดับ รูปถ่ายนาข้าวได้แสดงในรูปที่ 1-9 อนึ่ง พื้นที่โรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่อยู่คร่อมระหว่าง ต.สันผักหวาน อ.หางดง จ.เชียงใหม่ และ ต.ป่าแดด อ.เมือง จ.เชียงใหม่

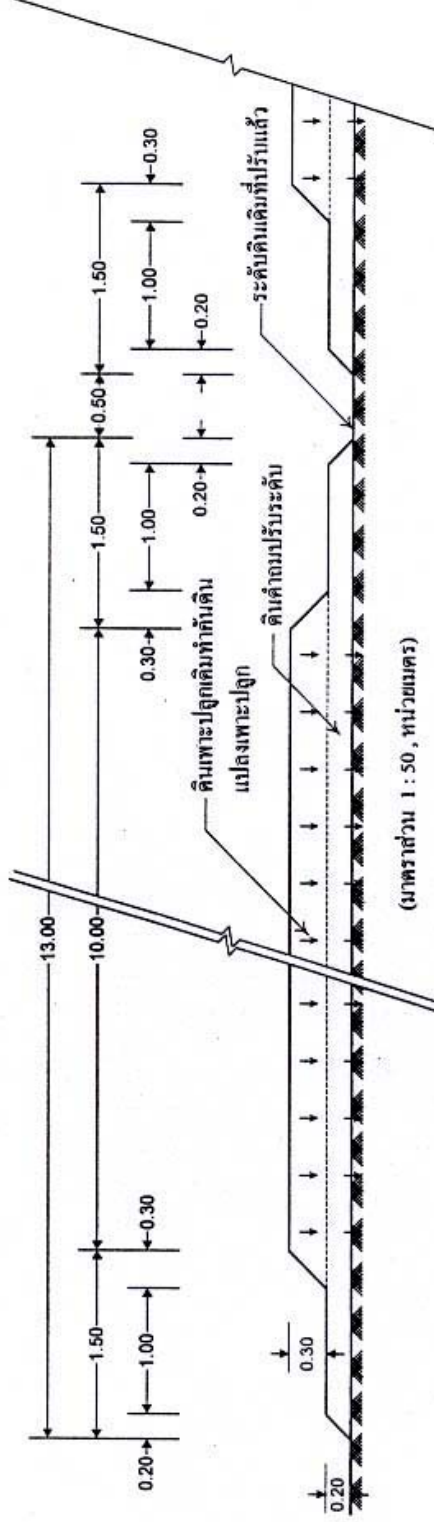


รูปที่ 1-5 แปลงเกษตรกรรมจริงที่ใช้ปลูกผักและดอกแอสเตอร์



(มาตราส่วน 1 : 50, หน่วยเมตร)

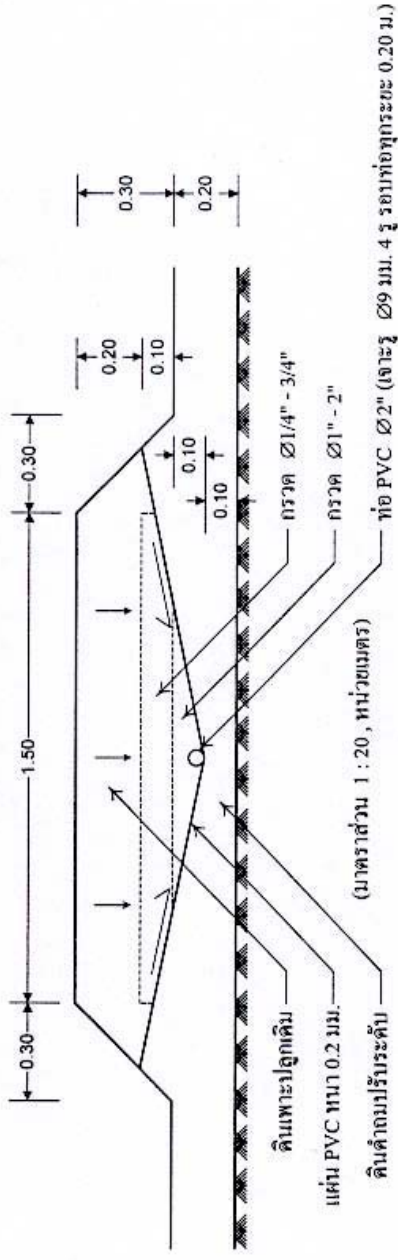
ข. รูปตัดแปลงด้านขวา



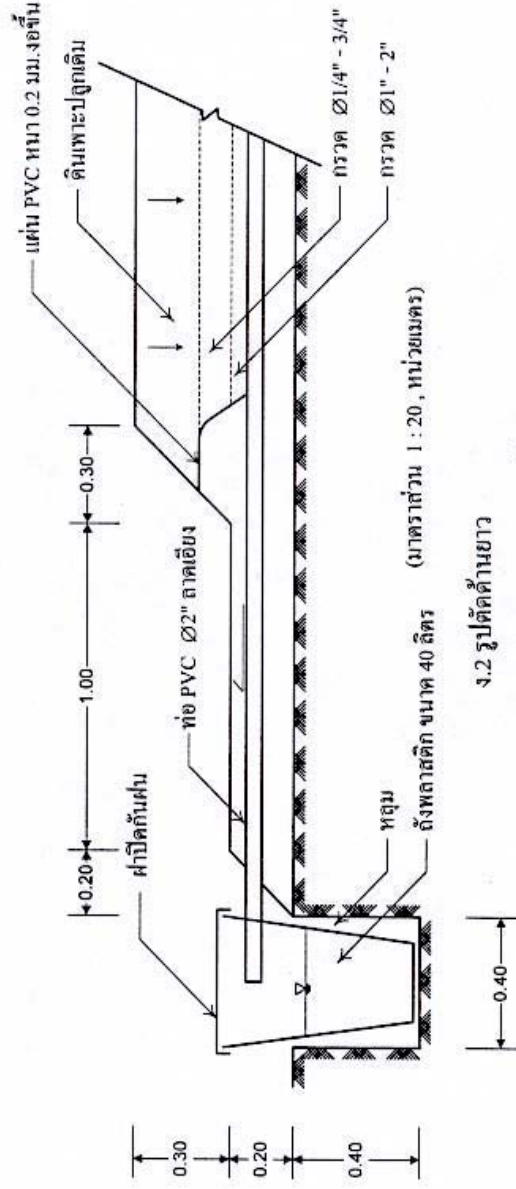
(มาตราส่วน 1 : 50, หน่วยเมตร)

ค. รูปตัดแปลงด้านยาว

รูปที่ 1-5 แปลงเกษตรกรรมจริงที่ใช้ปลูกผักและดอกแอสเตอร์ (ต่อ)

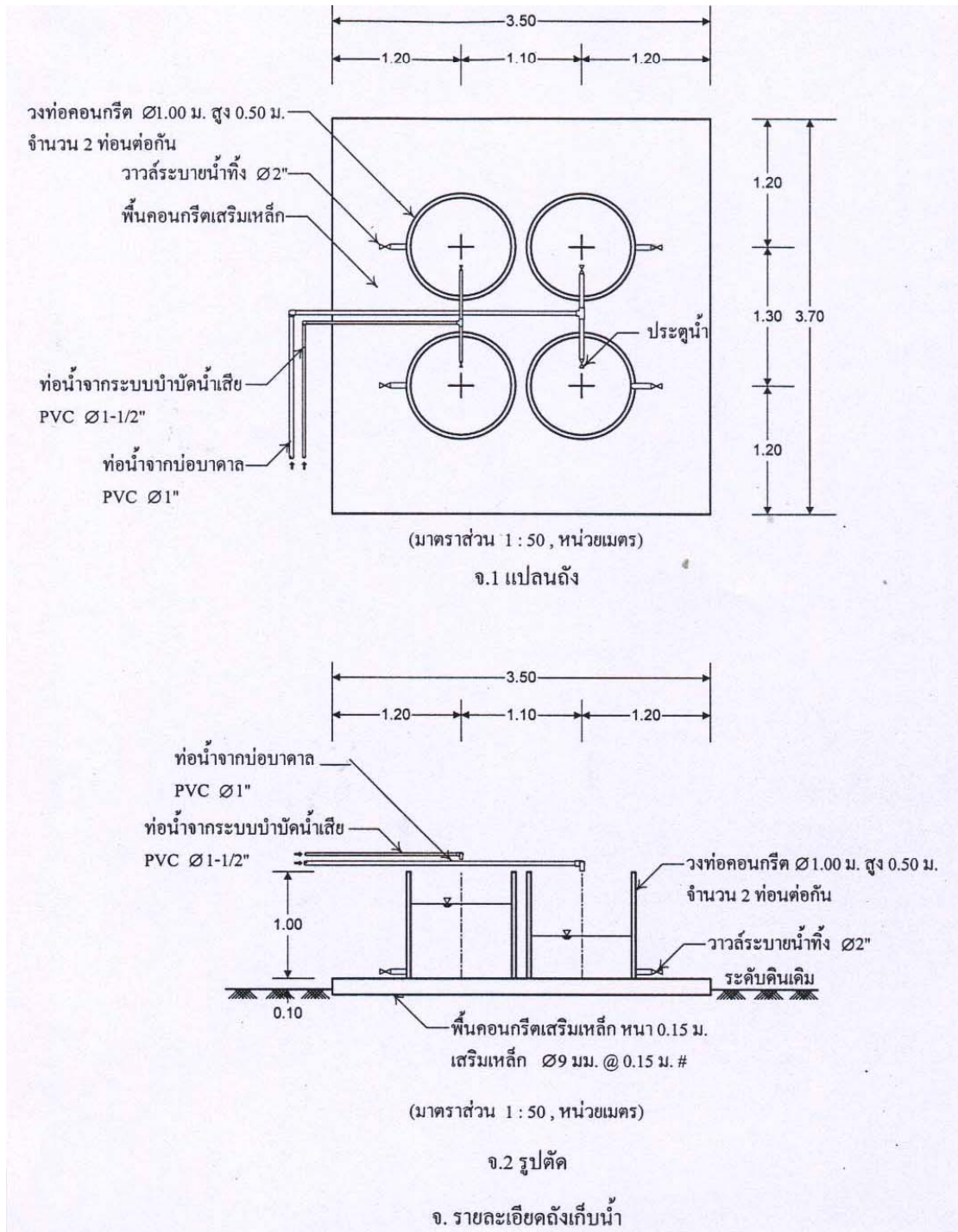


จ.1 รูปตัดด้านขวา



จ.2 รูปตัดด้านยาว

รูปที่ 1-5 แปลงเกษตรกรรมจริงที่ใช้ปลูกผักและดอกแอสเตอร์ (ต่อ)



รูปที่ 1-5 แปลงเกษตรกรรมจริงที่ใช้ปลูกผักและดอกแอสเตอร์ (ต่อ)



ก. ถังพักน้ำ AL และ GWpd



ข. แปลงทดลองระหว่างก่อสร้าง

รูปที่ 1-6 รูปถ่ายแปลงพักและดอกแอสเตอร์

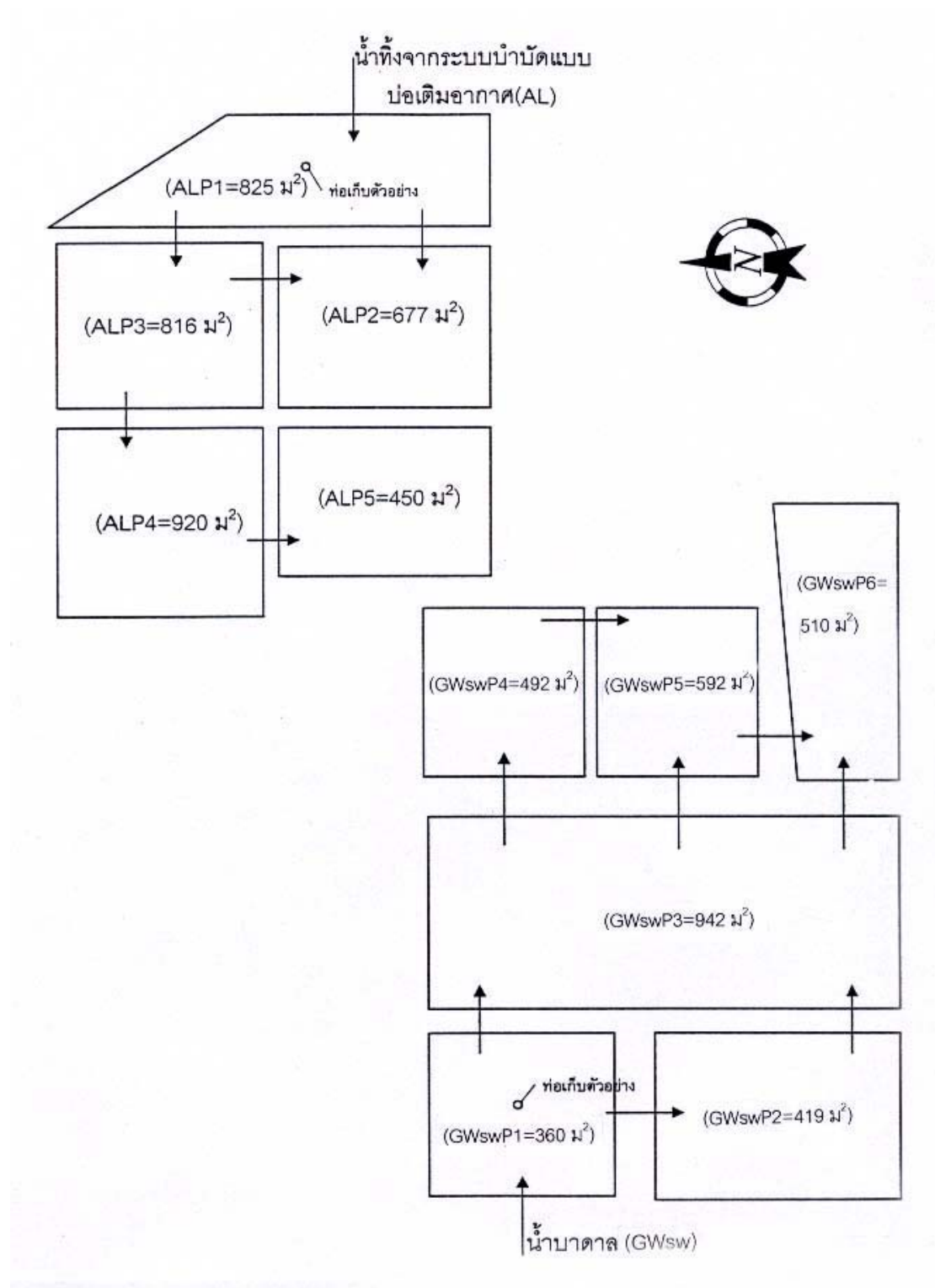


ค. แปลงปลูกผักคะน้า

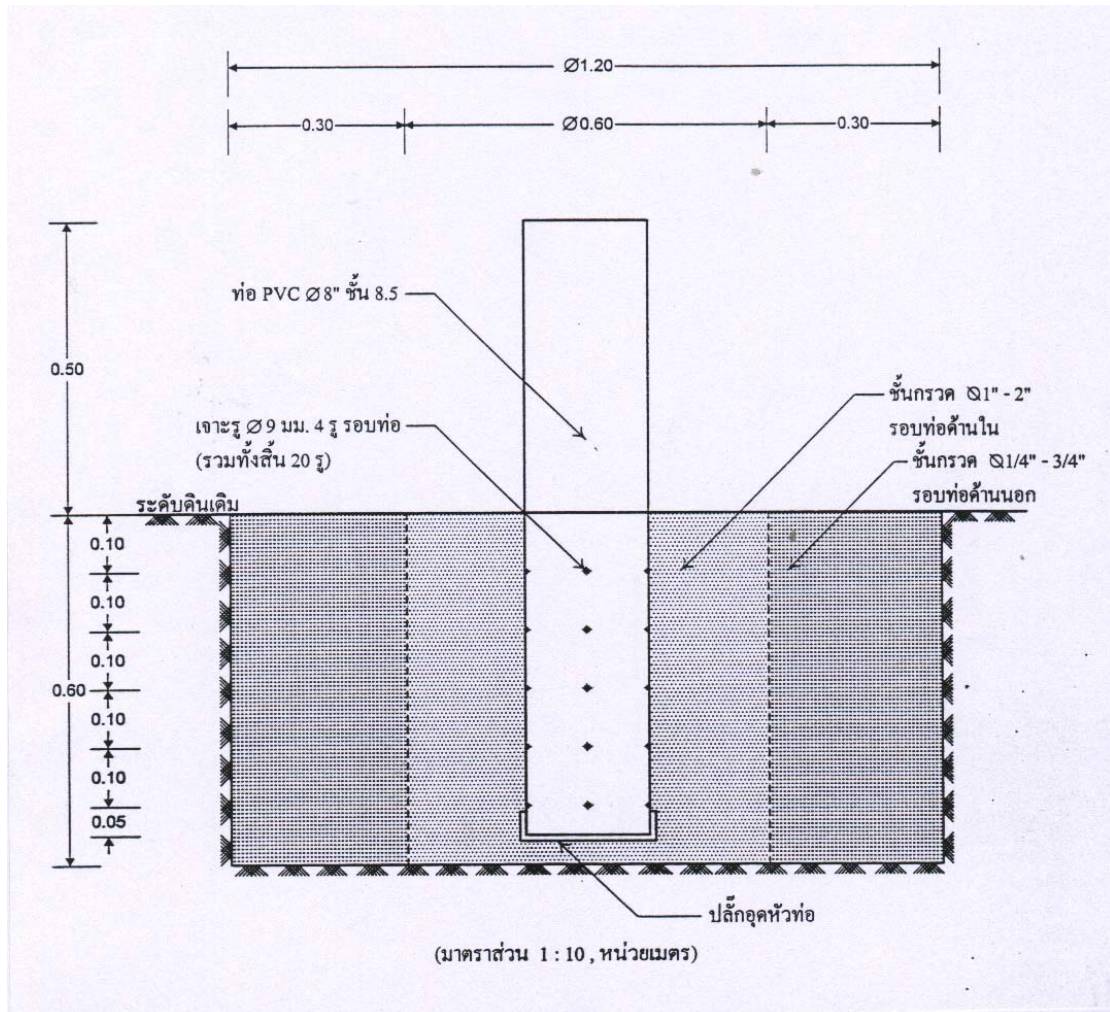


ง. ถังเก็บน้ำซึมใต้แปลงเพาะปลูก

รูปที่ 1-6 รูปถ่ายแปลงผักและดอกแอสเตอร์ (ต่อ)



รูปที่ 1-7 แผนผังเขตรกรรรมจริงที่ใช้ปลูกข้าว



รูปที่ 1-8 รายละเอียดท่อเก็บตัวอย่างน้ำในนาข้าว (รวม 2 ชุด)



ก. นาข้าวระหว่างการจัดดูงานครั้งที่ 1



ข. การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1

รูปที่ 1-9 รูปถ่ายนาข้าว

1.3.2.5 รายละเอียดการเพาะปลูก

การเพาะปลูกมีระยะเวลาดังตารางที่ 1-2 มีรายละเอียดการเพาะปลูกดังนี้

ตารางที่ 1-2 การเพาะปลูกในแปลงเกษตรกรรมจริง

การทดลอง ที่	ชนิดพืช	ระยะเวลาทำการทดลอง, เดือน																												
		2542			2543											2544														2545
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
5	ข้าว						←	(1)	→			←	(2)	→					←	(3)	→					←	(4)	→		
6	ดอกแอสเตอร์							←	(1)	→		←	(2)	→	←	(3)	→	←	(4)	→										
7	กะหล่ำปลี													←	(1)	→			←	(2)	→	←	(3)	→						
8	ผักคะน้า				←	(1)	→		←	(2)	→		←	(3)	→			←	(5)	→										
9	ผักกาดหัว																				←	(1)	→		←	(2)	→			

ก) ข้าว

● ครั้งที่ 1 (ฤดูนาปรัง 2543) ใช้พันธุ์คลองหลวง 1 ซึ่งเป็นข้าวหอม ไม่ไวแสง รับรองพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตรเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2540 (พิพัฒน์ แก้วปลั่ง, 2542) ทำการเพาะกล้าที่แปลงเพาะของคณะเกษตรศาสตร์เมื่อวันที่ 19 มกราคม 2543 ทำการย้ายกล้าเมื่ออายุกล้าได้ 50 วัน โดยเริ่มปักดำเมื่อวันที่ 8 มีนาคมแล้วเสร็จเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2543 ใช้ระยะปักดำ 20x20 ซม. อัตรา 3 ต้นกล้าต่อหลุม การจัดการในการดูแลรักษาข้าวในแปลงทดลองต่าง ๆ ได้แก่ การควบคุมวัชพืชได้ใช้สารเคมีบิวตาคลอร์ชนิดเม็ด หว่านในแปลงอัตรา 3 กก./ไร่ หลังปักดำได้ 7 วัน การใส่ปุ๋ยใช้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 25 กก./ไร่ หลังปักดำได้ 15 วัน และหลังปักดำได้ 45 วันใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่อีกครั้ง สำหรับการป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้นหลังปักดำได้ 15 วันใช้จุลินทรีย์ (CuSO_4) ใส่ตามจุดต่าง ๆ ที่มีหอยเชอรี่ การป้องกันกำจัดโรคและแมลงได้ฉีดพ่นด้วยสารเคมี โมโนโครโทฟอส อัตรา 30 ซีซีกับเบนเลท อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตรที่ระยะ 30 วันโดยฉีดพ่นเพียงครั้งเดียว ก่อนทำการเก็บเกี่ยว 20 วันได้หยุดทำการให้น้ำ ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2543

● **ครั้งที่ 2** (ฤดูนาปี 2543) ใช้พันธุ์ กข.6 ซึ่งเป็นข้าวเหนียวที่เกษตรกรในทางภาคเหนือนิยมปลูกกันทำการเพาะกล้าที่บริเวณแปลงทดลองเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2543 และทำการย้ายกล้าเมื่ออายุได้ 37 วัน โดยเริ่มปักดำเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม แล้วเสร็จเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2543 ใช้ระยะปักดำ 25x25 ซม. อัตรา 3 ต้นกล้า/หลุม การจัดการในการดูแลรักษาข้าวในแปลงทดลองต่าง ๆ ได้แก่ การควบคุมวัชพืชใช้สารเคมีบิวตากลอร์ซิดเม็ทหวานในอัตรา 3 กก./ไร่ หลังปักดำได้ 7 วัน การใส่ปุ๋ยใช้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 25 กก./ไร่เมื่อปักดำได้ 21 วัน และหลังปักดำได้ 56 วันได้ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่อีกครั้งหนึ่ง การป้องกันกำจัดศัตรูพืชนั้นหลังปักดำได้ 1 และ 13 วันใช้จุลินทรีย์ (CuSO_4) ใส่ตามจุดต่าง ๆ ที่มีหอยเชอรี่ การป้องกันกำจัดโรคแมลงได้ฉีดพ่นด้วยสารเคมีซีโอดานอัตรา 30 ซีซีและเบนเลทอัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ที่ระยะ 48 วันหลังปักดำฉีดพ่นเพียงครั้งเดียว ก่อนทำการเก็บเกี่ยว 45 วันได้หยุดทำการให้น้ำ ทำการเก็บเมื่อวันที่ 28-30 พฤศจิกายน 2543

● **ครั้งที่ 3** (ฤดูนาปรัง 2544) ใช้พันธุ์หอมสุพรรณซึ่งเป็นข้าวเจ้าไม่ไวแสง ทำการเพาะกล้าที่แปลงเพาะของภาควิชาพืชไร่ เมื่อวันที่ 30 มกราคม 2544 ทำการย้ายกล้าเมื่ออายุกล้าได้ 35 วัน โดยปักดำเมื่อวันที่ 6 มีนาคม แล้วเสร็จเมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2544 ใช้ระยะปักดำ 20x20 ซม. 3 ต้นกล้าต่อหลุม การจัดการในการดูแลรักษาข้าวในแปลงทดลองต่าง ๆ ได้แก่ การควบคุมวัชพืชได้ใช้สารอ็อกซีฟลูออร์เฟ็น+2, 4-ดี หวานในอัตรา 4 กก./ไร่ เมื่อปักดำได้ 6 วัน การใส่ปุ๋ยใช้ปุ๋ย 16-20-0 อัตรา 25 กก./ไร่ เมื่อปักดำได้ 14 วัน และหลังปักดำได้ 54 วันได้ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ อีกครั้งหนึ่ง สำหรับการป้องกันกำจัดศัตรูพืชโรคและแมลงไม่ได้ทำเพราะไม่พบว่ามีการระบาดของโรคจะทำให้เกิดความเสียหายได้ และได้ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 11 มิถุนายน 2544

● **ครั้งที่ 4** (ฤดูนาปี 2544) ซึ่งในตอนแรกได้ทำการปลูกข้าวพันธุ์ กข.6 เช่นกัน ในการปลูกฤดูนาปี 2543 โดยทำการปักดำเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม 2544 แต่ปรากฏว่าในช่วงวันที่ 14 สิงหาคม 2544 เกิดน้ำท่วมในแปลงทดลองดังกล่าวและท่วมขังนานถึง 10 วันทำให้ข้าวในแปลงทดลองเสียหาย จึงจำเป็นต้องทำการปลูกใหม่แต่ไม่สามารถใช้พันธุ์ กข.6 อย่างเดิมเนื่องจากข้าวพันธุ์นี้ตอบสนองต่อช่วงแสงวันสั้น จึงต้องเปลี่ยนมาใช้ข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ซึ่งเป็นข้าวเหนียวพันธุ์ปรับปรุงและไม่ตอบสนองต่อช่วงแสงวันสั้น โดยทำการเพาะกล้าเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2544 ปักดำเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2544 และทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 2 มกราคม 2545 การจัดการในการดูแลรักษาข้าวก็กระทำเช่นเดียวกับการปลูก 3 ครั้งก่อน

ข) ดอกแอสเตอร์

- **ครั้งที่ 1** เพาะกล้าเมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2543 และทำการย้ายปลูกเมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2543 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2543 ใช้พันธุ์แอสเตอร์จินดอกสีแดงไล่เหลือง การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ ได้แก่ ในระยะต้นกล้า ใช้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร รดทุก ๆ 7 วัน การใส่ปุ๋ยนั้นหลังปลูกได้ 20 วัน ทำการใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งอัตรา 500 กก./ไร่ ที่ 30 วันใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และเมื่อดอกแอสเตอร์เริ่มแทงช่อดอกได้ใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 50 กก./ไร่ การป้องกันกำจัดแมลงนั้นในแปลงเพาะกล้าใช้ไคเพนเอ็ม 45 ฉีดพ่นทุก ๆ 7 วัน เพื่อป้องกันโรคโคนเน่า ส่วนการป้องกันแมลงนั้นได้ใช้สารกลุ่มคาโบซัลเฟนฉีดพ่นสลับกับสารกลุ่มมาลาไซออนทุก ๆ 7 วัน เพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ และเพลี้ยอ่อน และงดฉีดพ่นก่อนทำการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ อนึ่ง การใส่ปุ๋ยหรือสารเคมีการเกษตรอื่น ๆ จะทำในทุกแปลงทดลองในอัตราเดียวกัน

- **ครั้งที่ 2** ทำการเพาะกล้าเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม 2543 และทำการย้ายปลูกเมื่อวันที่ 26 สิงหาคม 2543 โดยใช้ระยะปลูก 30×15 ซม. ปลูก 4 แถว/แปลง และทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน 2543 ใช้พันธุ์แอสเตอร์จินดอกสีแดงไล่เหลือง การจัดการและดูแลรักษาต่าง ๆ ได้แก่ ในระยะต้นกล้าใช้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร รดทุก ๆ 7 วัน การใส่ปุ๋ยนั้น หลังปลูกได้ 13 วัน 38 วัน และ 48 วัน ทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย โดยหว่าน อัตรา 0.5 กก./แปลง (พื้นที่แปลง กว้าง $\times$ ยาว = 1.5×10 เมตร) ที่ระยะ 24 วัน ใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้ง อัตรา 3.67 กก./แปลง ทำการพ่นสารป้องกันกำจัดแมลง คือสารโซนีค็อกซ์ อัตรา 20 ซีซี ผสมกับไคเพน 3 ซ่อนโตะ และเมวินฟอส อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร/12 แปลง หลังจากปลูก 11 วัน และอีก 3 ครั้งคือ ที่ 22, 30 และ 42 วันหลังการปลูก เมื่อดอกแอสเตอร์เริ่มแทงช่อดอกคือหลังปลูก 38 วัน ใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 500 กรัม/แปลง และใส่อีกครั้งหลังปลูก 48 วัน ข้อมูลที่ทำการวัดได้แก่ ความสูงต้น และจำนวนดอกต่อต้น ใช้ตัวอย่าง 5 ต้น/กรรมวิธี/ซ้ำ โดยเริ่มวัดความสูงหลังจากปลูก 19 วัน และเริ่มนับจำนวนดอกได้หลังจากปลูก 44 วัน

- **ครั้งที่ 3** ทำการเพาะกล้าเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม 2543 และทำการย้ายปลูกเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2543 โดยใช้ระยะปลูก 30×15 ซม. ปลูก 4 แถว/แปลง และทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2544 ใช้พันธุ์แอสเตอร์จินดอกสีแดงไล่เหลือง การจัดการและดูแลรักษาต่าง ๆ ได้แก่ ในระยะต้นกล้าใช้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร รดทุก ๆ 7 วัน การใส่ปุ๋ยนั้น หลังปลูกได้ 13 วัน และ 27 วัน ทำการใส่ปุ๋ยยูเรียโดยหว่านอัตรา 0.5 กก./แปลง (พื้นที่แปลง กว้าง $\times$ ยาว = 1.5×10 เมตร) ทำการพ่นสารป้องกันกำจัดแมลงคือสารโซนีค็อกซ์ อัตรา 20 ซีซี ผสมกับไคเพน 3 ซ่อนโตะ และเมวินฟอส อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร/12 แปลง หลังจากปลูก 24 วัน และอีก ครั้งคือ 30 วันหลังย้ายปลูก เมื่อดอกแอสเตอร์เริ่มแทงช่อดอกคือหลังปลูก

40 วัน ใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 500 กรัม/แปลง ข้อมูลที่ทำการวัดได้แก่ ความสูงต้นและจำนวนดอกต่อต้น ใช้ตัวอย่าง 5 ต้น/กรรมวิธี/ซ้ำ โดยเริ่มวัดความสูงหลังจากปลูก 16 วัน และเริ่มนับจำนวนดอกได้หลังจากย้ายปลูก 42 วัน

● **ครั้งที่ 4** เพาะกล้าในบริเวณแปลงเพาะ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ใช้พันธุ์ดอกแอสเตอร์จินดอกสีแดงไล่เหลือง ทำการเพาะกล้าเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2544 และทำการย้ายปลูกเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2544 โดยใช้ระยะปลูก 30×15 ซม. ปลูก 4 แถว/แปลง โดยมีจำนวนต้นประมาณ 160 ต้น/แปลง ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2544 การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ ได้แก่ ในระยะต้นกล้า ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร รดทุก ๆ 7 วัน การใส่ปุ๋ยนั้นหลังปลูกได้ 8 วัน ใส่ปุ๋ยคอก (ปุ๋ยขี้ไก่) อัตรา 5 กก./แปลง (พื้นที่แปลง กว้าง×ยาว = 1.5×10 เมตร) ทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย โดยหว่านอัตรา 0.5 กก./แปลง เมื่ออายุ 29 วันหลังปลูก และ 58 วันทำการพ่นฮอร์โมนป้องกันกำจัดแมลง คือฮอร์โมนชื้อทับทิม อัตรา 20 ซีซี ผสมกับไคเทน 3 ช้อนโต๊ะ และเมวินฟอสอัตรา 20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร/ 12 แปลง หลังจากปลูก 34 วัน 48 วัน และ 74 วัน เมื่อดอกแอสเตอร์เริ่มแทงช่อดอก ใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 500 กรัม/แปลง ข้อมูลที่ทำการวัด ได้แก่ ความสูงต้น และจำนวนดอกต่อต้น ใช้ตัวอย่าง 5 ต้น/กรรมวิธี/ซ้ำ โดยเริ่มวัดความสูงหลังจากปลูก 17 วัน และเริ่มนับจำนวนดอกได้หลังจากย้ายปลูก 41 วัน

ก) กะหล่ำปลี

● **ครั้งที่ 1** ใช้พันธุ์กะหล่ำปลีลูกผสมพันธุ์ TARA ทำการเพาะกล้าในแปลงเพาะ เมื่อวันที่ 28 กันยายน 2543 และย้ายกล้าลงปลูกในแปลงทดลองเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2543 ทำการเก็บเกี่ยววันที่ 8 มกราคม 2544 การดูแลแปลงกล้านั้นหลังจากที่ต้นกล้าเริ่มงอกใบจริง ขึ้นมาทำการรดด้วยปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทุก ๆ 7 วัน (จำนวน 1 ครั้ง) การป้องกันกำจัดแมลงในระยะต้นกล้าทำการฉีดพ่นด้วยเซฟวิน 85 อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันด้วงหมัดกระโดดและเพี้ยอ่อนทุก ๆ สัปดาห์ การปลูกในแปลงใช้ระยะปลูก 40×40 เซนติเมตร แปลงละ 3 แถว ขนาดของแปลงกว้าง 1.50 เมตร ยาว 10 เมตร แถวหนึ่งปลูก 24 ต้น รวมปลูกทั้งหมด 72 ต้น การใส่ปุ๋ยนั้นใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 80 กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยเคมีใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือครั้งแรกรองพื้นก่อนปลูก และครั้งที่ 2 30 วันหลังย้ายกล้าปลูก และเพิ่มเติมด้วยปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กก./ไร่ แบ่งใส่อีก 2 ครั้งคือ ที่อายุได้ 20 และ 40 วันหลังย้ายกล้า การป้องกันแมลงใช้สารกลุ่มเมวินฟอสและสารกลุ่มเอนโดซัลเฟตฉีดพ่นสลับกันทุก ๆ 7 วัน เพื่อป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อนและหนอนใยผัก และงดฉีดพ่นก่อนการเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ ไม่พบโรคพืชที่สำคัญในการปลูกกะหล่ำปลีครั้งนี้ แต่ได้ฉีดพ่นไคเทนเอ็ม 45 ป้องกันโรคพืชในระยะต้นกล้า 1 ครั้ง และหลังจากย้ายปลูกอีก 2 ครั้ง คือ 7 และ 14 วันหลังย้ายปลูก

● **ครั้งที่ 2** ใช้กะหล่ำปลีลูกผสมพันธุ์ TARA เพาะกล้าในแปลงเพาะภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2544 และย้ายปลูกเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2544 โดยใช้ระยะปลูก 40×40 ซม. ปลูก 3 แถว ๆ ละ 20 ต้น/แปลง โดยมีจำนวนต้น 60 ต้น/แปลง ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2544 การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ ได้แก่ ในระยะต้นกล้า หลังจากที่ดินกล้าเริ่มงอกจริงขึ้นมาทำการรดด้วยปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทุก ๆ 7 วัน (จำนวน 2 ครั้ง) การป้องกันกำจัดแมลงในระยะต้นกล้า ทำการฉีดพ่นด้วยเซฟวิน 85 อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันด้วงหมัดกระโดดและเพลี้ยอ่อนทุก ๆ สัปดาห์ (จำนวน 3 ครั้ง) สำหรับการใส่ปุ๋ยนั้น ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 80 กิโลกรัม/ไร่ (ประมาณ 5 กก./แปลง) รองพื้นก่อนทำการปลูก (พื้นที่แปลง กว้าง×ยาว = 1.2×10 เมตร) และทำการใส่ปุ๋ยยูเรียผสมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตราอย่างละ 0.5 กก./แปลง หลังจากทำการย้ายปลูก 5 วันและ 12 วัน การป้องกันแมลงพ่นยาการาเต้ 2.5 อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ที่ระยะ 10 วัน 24 วัน 34 วัน 38 วัน และ 45 วัน หลังทำการย้ายปลูก

● **ครั้งที่ 3** เพาะกล้ากะหล่ำปลีลูกผสม TARA ในแปลงเพาะกล้าภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม 2544 การดูแลแปลงกล้า และการป้องกันกำจัดแมลงนั้นก็ทำเช่นเดียวกับการเพาะกล้าในการปลูกครั้งที่ 1 และ 2 ทำการย้ายกล้าปลูกเมื่อต้นกล้าอายุได้ 34 วัน คือวันที่ 12 มิถุนายน 2544 โดยใช้ระยะปลูก 40×40 เซนติเมตร แปลงละ 3 แถว โดยแปลงมีความกว้าง 1.2 เมตร ยาว 10 เมตร จะปลูกได้จำนวน 72 ต้น/แปลง สำหรับการดูแลรักษานั้นทำการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 80 กก./ไร่ รองพื้นก่อนปลูก และใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ เมื่อกะหล่ำปลีอายุได้ 30 วันหลังการย้ายปลูก และใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 25 กก./ไร่ เมื่ออายุได้ 40 วันหลังการย้ายปลูก สำหรับการป้องกันกำจัดแมลง พ่นยาการาเต้ 2.5 อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ที่ระยะ 10 วัน 24 วัน 34 วัน 38 วัน 45 วัน และ 52 วันหลังทำการย้ายปลูก และทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อมีอายุได้ 63 วัน (กะหล่ำปลียังอยู่ในช่วงที่เริ่มห่อหัว แต่จำเป็นต้องรีบเก็บเนื่องจากประสบปัญหาน้ำท่วมขัง ซึ่งจะทำให้หัวกะหล่ำปลีเน่าเสียหายได้)

ง) ผักคะน้า

● **ครั้งที่ 1** ใช้พันธุ์คะน้ายอดตราเครื่องบิน เพาะกล้าวันที่ 10 มกราคม 2543 ย้ายปลูกในวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2543 และเก็บเกี่ยววันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2543 รวมเวลาปลูก 24 วัน

● **ครั้งที่ 2** ใช้พันธุ์คะน้าใบตราช้าง เพาะกล้าวันที่ 1 เมษายน 2543 ย้ายปลูกในวันที่ 25 เมษายน 2543 และเก็บเกี่ยววันที่ 22 พฤษภาคม 2543 รวมเวลาปลูก 27 วัน

- **ครั้งที่ 3** ใช้พันธุ์คะน้ำใบตราช้าง เพาะกล้าวันที่ 26 พฤษภาคม 2543 ย้ายปลูกในวันที่ 26 มิถุนายน 2543 และเก็บเกี่ยววันที่ 28 กรกฎาคม 2543 รวมเวลาปลูก 32 วัน

- **ครั้งที่ 4** ใช้พันธุ์คะน้ำใบตราช้าง เพาะกล้าวันที่ 5 ก.ค. 43 ย้ายปลูกวันที่ 8 ส.ค. 43 เก็บเกี่ยววันที่ 14 ก.ย. 43 รวมเวลาปลูก 36 วัน

- **ครั้งที่ 5** ใช้พันธุ์คะน้ำใบตราช้าง เพาะกล้าเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2544 ย้ายปลูกเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2544 เก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2544 รวมเวลาปลูก 31 วัน

การเพาะปลูกทุกครั้งใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 30 ซม. และระหว่างต้น 15 ซม. ปลูก 4 แถว/แปลง (ขนาด 1.2×10 เมตร) การจัดการดูแลรักษาต่าง ๆ ได้แก่ ระยะต้นกล้าได้ใช้ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร รดทุก ๆ 7 วัน ในแปลงปลูกได้ใช้ปุ๋ยคอกมูลวัวแห้งอัตรา 800 กก./ไร่ และปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ รองพื้น และหลังปลูกได้ใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 50 กก./ไร่ อีกสองครั้งคือ ที่ 7 และ 14 วันหลังย้ายกล้า การป้องกันกำจัดแมลงใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงมาลาไทออนสลับกับกลุ่มเมวินฟอสทุกสัปดาห์ และงดฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ การให้น้ำให้วันละ 2 ครั้ง เช้าเย็น ยกเว้นวันที่มีฝนตก

จ) ผักกาดหัว

- **ครั้งที่ 1** ใช้เมล็ดผักกาดหัวตราช้าง (บ.เซ่งเฮงฮวดพันธุ์พืช จำกัด) ปลูกในแปลงเกษตรกรรมจริงโดยวิธีการหยอดเมล็ด หลุมละประมาณ 2-3 เมล็ด ใช้ระยะปลูก 20×30 เซนติเมตร จำนวน 4 แถว/แปลง ซึ่งมีขนาดแปลง 1.2×10 เมตร ทำการปลูกในวันที่ 6 มิถุนายน 2544 หลังจากหยอดเมล็ด 1 สัปดาห์ ทำการถอนแยกต้นที่เหลือหลุมละ 1 และรดด้วยปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และให้ปุ๋ยยูเรียผสมกับปุ๋ย 15-15-15 อีกครั้งหลังจากปลูก 30 วัน สำหรับการป้องกันกำจัดแมลงนั้นพ่นยาเมวินฟอสอัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร ผสมกับไดเทน 3 ซ้อน โตะ หลังจากปลูกได้ 36 วัน และทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในวันที่ 27 กรกฎาคม 2544

- **ครั้งที่ 2** ใช้เมล็ดผักกาดหัวตราช้าง เปลี่ยนวิธีปลูกเป็นแบบโรยตามร่องดิน ๆ ตามแนวขวางของแปลง แต่ละแถวห่างกัน 30 ซม. เมื่อเมล็ดงอกได้ 1 สัปดาห์ถอนแยกให้แต่ละต้นห่างกัน 20 ซม. ใช้ปุ๋ยคอกมูลวัวแห้งอัตรา 800 กก./ไร่ คลุกเคล้ากับดินและปุ๋ยสูตร 13-13-21 รองพื้นก่อนปลูกอัตรา 50 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ย 46-0-0 อีก 2 ครั้ง คือ 10 และ 20 วันหลังปลูก ไม่ใช้ยาป้องกันกำจัดแมลงเพราะอายุพืชสั้นและมีแมลงรบกวนน้อย

1.3.2.6 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์

ก) ปริมาณน้ำรด น้ำฝน และน้ำซึม

น้ำเข้าแปลงทดลองประกอบด้วยน้ำรดและน้ำฝน (ตามฤดูกาลของการเพาะปลูก) ในการทดลองได้บันทึกปริมาณน้ำรดและน้ำซึมได้แปลงทดลองทุกวันในการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด สำหรับน้ำฝนนั้นในการเพาะปลูกแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการได้ใช้ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน ศูนย์วิจัยและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ส่วนการทดลองในแปลงเกษตรกรจริงใช้ข้อมูลจากการวัดโดยเครื่องวัดน้ำฝนแบบ Tipping Bucket ยี่ห้อ Sato Keiryoki Model 7980-S-40 ซึ่งติดตั้งในบริเวณโรงบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่

ข) ลักษณะน้ำรดด้านโลหะหนัก พยาธิ และแบคทีเรีย ในรอบ 1 ปี

ในช่วง 1 ปีแรก (กุมภาพันธ์ 2543 – มกราคม 2544) ได้เก็บตัวอย่างน้ำรดทุกชนิดคือ น้ำ RW, PE, AS, AL, IW, GWpd และ GWsw เพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก พยาธิ และแบคทีเรีย โลหะหนักที่ศึกษามี 4 ชนิดคือ แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี ซึ่งโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดนี้มีศักยภาพที่จะปนเปื้อนในพืชได้ การเก็บตัวอย่างเป็นแบบจ้วง (Grab) เดือนละ 2 ครั้ง วิเคราะห์ตามวิธีใน Standard Methods (APHA, 1992) สำหรับการตรวจหาไข่และหนอนพยาธิในน้ำ ใช้วิธี Centrifugal Sedimentation มีรายละเอียดดังนี้ นำตัวอย่างน้ำที่จะตรวจ 400 มล. ใส่ในบีกเกอร์ ตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมงเพื่อให้พยาธิตกตะกอน คูดน้ำส่วนบนทิ้งให้เหลือ 50 มล. เทตะกอนใส่ Centrifuge Tube ขนาด 50 มล. นำไปปั่นที่ความเร็ว 2000 รอบ/นาที นาน 10 นาที คูดน้ำส่วนบน ทิ้งให้เหลือ 5 มล. เขย่าตะกอนให้เข้ากัน นำไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ ทำจำนวน 10 Slides นำจำนวนที่ได้ไปคำนวณ เป็นพยาธิต่อน้ำ 100 มล.

วิธีการตรวจหาเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารนั้น เชื้อแบคทีเรียที่ทำการตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* และ *Vibrio cholerae* และเชื้อแบคทีเรียที่อาจก่อโรคอาหารเป็นพิษที่ทำการตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas spp.* และ *Plesiomonas shigelloides* วิธีที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์คือ วิธีมาตรฐาน (Conventional Method) ตาม Koneman และคณะ (1992)

ค) ลักษณะน้ำรดด้านการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช

ได้เก็บตัวอย่างน้ำรดแบบจ้วง สัปดาห์ละครั้ง รวม 4 ครั้ง ในช่วงวันที่ 17 พฤษภาคม – 6 มิถุนายน 2544 เพื่อวิเคราะห์หาค่าแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม Sodium Adsorption Ratio โบรอน และเก็บตัวอย่างน้ำรดแบบจ้วงเดือนละครั้ง ในช่วงเดือนมีนาคม-กันยายน 2544 เพื่อหาของแข็งละลาย ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้เกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเจริญเติบโต

ของพืช จึงทำการตรวจสอบในช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อยืนยันว่าจะเกิดการยับยั้งหรือไม่ วิเคราะห์ใช้ตาม Standard Methods (APHA, 1998)

ง) ลักษณะน้ำรด น้ำซึม และน้ำขังในแปลงทดลองกรณีปลูกข้าว

ได้เก็บตัวอย่างแบบจ้วงสำหรับน้ำรดและน้ำซึม สัปดาห์ละครั้ง กรณีปลูกข้าวได้เก็บตัวอย่างน้ำรด 2 สัปดาห์/ครั้ง และเก็บน้ำขังในแปลงนา (เนื่องจากการปลูกข้าวทำบนดินเหนียวไม่มีน้ำซึมออก) สัปดาห์ละครั้ง การวิเคราะห์ได้ทำตามดัชนีคุณภาพในตารางที่ 1-3 โดยวิธีตาม Standard Methods (APHA, 1998)

ตารางที่ 1-3 รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ลักษณะน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีวิเคราะห์	วิธีการเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง
พีเอช	เครื่องวัดพีเอช	วิเคราะห์ทันที
สภาพการนำไฟฟ้า	เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า	วัดที่จุดเก็บตัวอย่าง
ทีดีเอส	ระเหยแห้งด้วยไอน้ำแล้วอบที่ 103 °ซ 1 ชม.	แช่เย็นที่ 4 °ซ
สารแขวนลอย	กรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว GF/C	แช่เย็นที่ 4 °ซ
ซีโอดี	ย่อยสลายด้วยโปตัสเซียมไดโครเมตแบบ Open Reflux	เติมกรดซัลฟิวริกจนพีเอชน้อยกว่า 2
บีโอดี	เอไซด์โมดิฟิเคชัน, 20 °ซ 5 วัน	วิเคราะห์ทันที
ทีเคเอ็น	เจดาคัล	เติมกรดซัลฟิวริกจนพีเอชน้อยกว่า 2
ไนโตรเจน+ไนโตรเจนไนโตรเจน	ไฮดราซีน	แช่เย็นที่ 4 °ซ
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	ฟิเนต	แช่เย็นที่ 4 °ซ
ฟอสฟอรัสรวม	เปอร์ซัลเฟต-แอสคอร์บิก	แช่เย็นที่ 4 °ซ
ฟิโคลไลด์ฟอร์ม	Multiple Tube Technique	วิเคราะห์ทันที

หมายเหตุ - ความถี่ของการเก็บตัวอย่างน้ำเข้าและซึมออกจากแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการเป็นสัปดาห์ละครั้ง

- ความถี่ของการเก็บตัวอย่างน้ำเข้าและซึมออกจากแปลงเกษตรกรรมจริงที่ใช้ปลูกผักเป็นสัปดาห์ละครั้ง

- ความถี่ของการเก็บตัวอย่างน้ำเข้าแปลงนาเป็น 2 สัปดาห์ต่อครั้ง ส่วนน้ำขังในนาเป็นสัปดาห์ละครั้ง

จ) การตรวจหาไข่ หนองพยาธิ และแบคทีเรียในผัก

ในการทดลองได้ตรวจเฉพาะผักที่ใช้บริโภคและมีกระบวนการปรุงน้อย คือ กะหล่ำปลีและผักคะน้าเท่านั้น ส่วนพืชชนิดอื่น (ข้าว ผักกาดหัว) ไม่ทำการตรวจวิเคราะห์วิธีการตรวจหาไข่และหนองพยาธิใช้วิธีการตาม จิรศักดิ์ คำบุญเรือง (2522) โดยเก็บตัวอย่างผักในวันเก็บเกี่ยว มีรายละเอียดดังนี้ ชั่งผัก 200 กรัม นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงใน Erlenmeyer Flask ขนาด 2 ลิตร เติมสารละลายซึ่งเป็นส่วนผสมของน้ำยาล้างจาน ไลปอน เอฟ (Lipon F) ในน้ำเกลือ (0.85 % NaCl) โดยให้มีความถ่วงจำเพาะของสารละลาย 1.010 จำนวน 800 มล. ปิดปาก Flask ด้วย Parafilm เขย่า Flask แรง ๆ ด้วยมือนานติดต่อกัน 15 นาที เทน้ำใน Flask ผ่านผ้าก๊อช 2 ชั้น ลงใน Beaker ขนาด 1000 มล. ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ให้พยาธิตกลงไปอยู่ในน้ำส่วนล่าง คูดน้ำส่วนบนทิ้งให้เหลือ 50 มล. เทใส่ Centrifuge Tube ขนาด 50 มล. นำไปปั่นที่ความเร็ว 2000 รอบ/นาที นาน 10 นาที คูดน้ำส่วนบนทิ้งไปให้เหลือ 5 มล. เขย่าตะกอนให้เข้ากัน นำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์รวม 10 Slides แล้วนำไปคำนวณเป็นจำนวนพยาธิต่อผัก 100 กรัม

สำหรับการตรวจแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารร้ายแรงในผักนั้น จะทำเพื่อยืนยันข้อมูลไข่และหนองพยาธิ โดยทำเฉพาะแปลงเกษตรกรรมจริง (ใช้น้ำ AL และ GWpd) ในการปลูกผักคะน้าครั้งที่ 4 และกะหล่ำปลีครั้งที่ 2 ใช้วิธีการตาม นงคราญ เรืองประพันธ์ (2543) ดังนี้

การตรวจหาเชื้อ *Salmonellae spp.*, *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae* ในผัก แบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ คือ

- ขั้นตอน Pre-enrichment : ช่วยให้เชื้อที่อ่อนแอปรับสภาพให้อยู่ในสถานะที่สมบูรณ์
- ขั้นตอน Enrichment : ทำให้เชื้อแบ่งตัวเพิ่มจำนวนได้มากขึ้น ขณะเดียวกันก็ช่วยยับยั้งไม่ให้เชื้อแบคทีเรียอื่น ๆ เจริญ
- ขั้นตอนการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี : นำโคโลนีที่ส่งสัยไปเพาะเลี้ยงในอาหาร TSI และ MIL ที่อุณหภูมิ 35-37 °C นาน 18-24 ชั่วโมง เพื่อดูปฏิกิริยาทางชีวเคมีของเชื้อทั้ง 3 ชนิดในอาหาร TSI และ MIL
- ขั้นตอนการทดสอบทางน้ำเหลืองวิทยา : โดยหยดน้ำเกลือ (Normal Saline) ลงบนสไลด์ 1 หยด เชื้อที่ต้องการทดสอบลงบนน้ำเกลือแล้วผสมให้เข้ากัน หยด Antiserum ของเชื้อแต่ละชนิด ผสมให้เข้ากันแล้วสังเกตการตกตะกอน

ฉ) การวิเคราะห์โลหะหนักในผลผลิต

ในการทดลองได้เก็บตัวอย่างผักในส่วนที่จะบริโภค (กะหล่ำปลี ผักคะน้า ผักกาดหัว) และข้าวที่สีแล้ว เป็นข้าวกล้องและข้าวขาว เพื่อตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก 4 ชนิด (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี) วิธีการเก็บตัวอย่างได้แสดงในภาคผนวก ก วิเคราะห์โดย Atomic Absorption Spectrophotometer, Perkin Elmer Model 3100 ในผักใช้วิธีวิเคราะห์ตาม APFAN (1994) ส่วนการวิเคราะห์ในข้าวใช้ตาม AOAC (1995) โดยมีการทดลองวัด % Recovery ของโลหะแต่ละชนิดพบว่า ในแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี มี % Recovery เท่ากับ 89.1 96.0 95.6 และ 93.4 ตามลำดับ และมีสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (% CV) เท่ากับ 5.5 3.9 3.0 และ 3.4 ตามลำดับ

ช) การตรวจหาโลหะหนักในดิน

ได้เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการปลูกพืชทุกครั้ง ยกเว้นระยะปลูก รอบถัดไปไม่เกิน 1 เดือน ใช้ข้อมูลหลังการปลูกครั้งก่อนเป็นข้อมูลก่อนการปลูกในครั้งต่อไป ทำการตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก 4 ชนิด (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี) วิธีการเก็บตัวอย่างดิน ได้แสดงในภาคผนวก ข โดยเก็บที่ระดับ Root Zone 12.5 ซม. จากผิวดิน สำหรับการวิเคราะห์ใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer, Perkin Elmer Model 3100 ใช้วิธีตาม ทศนิยม อัดตะนันท์ และคณะ (2532) การตรวจสอบ % Recovery โลหะหนัก ได้แสดงในภาคผนวก ข

ซ) การตรวจหาไข่และหนอนพยาธิในดิน

ได้เก็บตัวอย่างดินที่ระดับผิวไม่เกิน 3 ซม. ก่อนและหลังการปลูกพืช 2 ชนิดคือ กะหล่ำปลีและผักคะน้า วิธีการเก็บตัวอย่างได้แสดงในภาคผนวก ค สำหรับการตรวจหาไข่และหนอนพยาธิในดินได้ใช้วิธีการตรวจในแต่ละตัวอย่าง 3 วิธี เพื่อให้ครอบคลุมการตรวจหาพยาธิหลาย ๆ ชนิดที่มีคุณสมบัติและรูปร่างแตกต่างกัน คือ

- **วิธี Centrifugal Sedimentation Technique** (นิมิต มรกต และ เกตุรัตน์ สุขวัฒน์, 2532) วิธีนี้สามารถตรวจไข่และหนอนพยาธิได้หลายชนิด แต่มีข้อเสียคือการปั่นตกตะกอนจะทำให้ตะกอนมาบดบังไข่และหนอนพยาธิ วิธีการคือชั่งดิน 10 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer Flask ขนาด 250 มล. เติมน้ำกลั่น 50 มล. เขย่าให้ละลายให้เข้ากัน เทสารละลายของดินผ่านผ้าก๊อซ 4 ชั้น ในกรวยพลาสติก กรองใส่ Centrifuge Tube ขนาด 50 มล. ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ให้ตะกอนหนักตกลงกัน Tube เหนือส่วนบน (Supernatant) ใส่ Centrifuge Tube อีกอันหนึ่ง แล้วนำไปปั่นที่ความเร็ว 1500 รอบ/นาที นาน 2 นาที ดูดน้ำส่วนบนทิ้งให้เหลืออยู่ 5 มล. เขย่าส่วนที่เหลือให้เข้ากัน นำมาเจือจางโดยดูดมา 1 มล. แล้วเติมน้ำกลั่น 3 มล. เขย่าให้เข้ากัน ดูดตะกอนที่ได้มา 100 μ l ใส่ Slide แล้วเติมน้ำยา Iodine เพื่อย้อมสี แล้วดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ตรวจดูทั้งหมด 5 Slides นำมาคำนวณหาปริมาณไข่พยาธิต่อดิน 100 กรัม

● **วิธี NaNO_3 Centrifugal Floatation Techniques** (Quinn และคณะ, 1980) ชั่งดิน 15 กรัม นำมาร่อนผ่านตะแกรงที่มีพื้นที่ 4 ตารางมิลลิเมตร เพื่อกำจัดเศษหินและผงอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่ เติม 1% Tween 80 เพื่อช่วยแยกไขพยาธิออกจากดินได้ง่ายขึ้น ใช้เครื่องเขย่าที่รอบความเร็วสูงเป็นเวลา 3 นาที นำมากรองผ่าน Buchner Funnel ที่มีตะแกรงไนลอนขนาด 1 ตร.มม. วางอยู่ โดยให้สารละลายผ่าน ลงไปใน Flask ที่ต่อกับ Suction Pump เทสารละลายที่ได้จาก Flask ไปใส่ใน 50 มล. Centrifuge Tube และปั่นที่ 1500 รอบ/นาที นาน 3 นาที ดูดน้ำส่วนบนทิ้ง และปั่นล้างตะกอน 2 ครั้งด้วยน้ำกลั่น ที่ความเร็ว 1500 รอบ/นาที นาน 3 นาที ละลายตะกอนด้วย NaNO_3 Solution ที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.350 และแบ่งใส่ใน 15 มล. Centrifuge Tube จำนวน 2 หลอด ปั่นที่ 3500 รอบ/นาที 20 นาที เติม NaNO_3 Solution ให้เต็มปริมปากหลอด และวาง Coverslip ปิดปากหลอด ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 5 นาที ยก Coverslip ออกมาวางคว่ำบน Slide เพื่อนำมาตรวจหาพยาธิ วาง Coverslip บนปากหลอด อีก 2 ครั้ง ดังนั้นจะทำให้ได้ Coverslip 6 อัน นำจำนวนพยาธิแต่ละชนิดจาก 6 Coverslip มารวมกัน แล้วนำมาคำนวณหาพยาธิต่อดิน 100 กรัม

● **วิธี Baermann's Method** (Monica, 1987) ชั่งดิน 50 กรัม ใส่ในตะแกรงซึ่งวางอยู่บนกรวยและมีผ้าก๊อช 2 ชั้นวางรองอยู่ (Baermann's Apparatus) เติมน้ำอุ่น (ประมาณ 40°C) ให้ท่วมดิน ตั้งทิ้งไว้ (ห้ามกวน) นาน 2 ชม. 30 นาที เพื่อให้ Larvae ออกมาจากดินว่ายเข้าไปในน้ำ เปิด Clip และเก็บน้ำที่ได้ 7-10 มล. ใน 50 มล. Centrifuge Tube ปั่นที่ความเร็วประมาณ 1000 g (2100 รอบ/นาที) นาน 5 นาที เพื่อดกตะกอน Larvae ดูดน้ำส่วนบนทิ้งในภาชนะที่มีน้ำยาฆ่าเชื้อ โดยมีตะกอนเหลืออยู่ 5 มล. เขย่าให้เข้ากัน ทำการเจือจางตะกอนโดยดูดตะกอนเข้มข้นมา 1 มล. เติมน้ำกลั่น 3 มล. เขย่าให้เข้ากัน นำตะกอนมาตรวจหา Larvae นำจำนวนพยาธิที่นับได้มาคำนวณเป็นจำนวนพยาธิต่อดิน 100 กรัม

ณ) การตรวจหาธาตุอาหารในดิน

ได้เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการเพาะปลูกที่ระดับ 15 ซม. จากผิวดิน ในกรณีแปลงปลูกผักเกษตรกรรมจริงเก็บรวม 15 จุด/ชนิดน้ำรด นำดินมาผสมกัน ผึ่งในร่มให้แห้ง ทุบย่อย และแบ่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ 1 กก. กรณีนาข้าวเก็บตัวอย่าง 20 จุด/ชนิดน้ำรด และปฏิบัติเช่นเดียวกัน พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์คือ pH, อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter), N, P, K สถานที่วิเคราะห์คือสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 1 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ญ) การวัดอัตราการเจริญเติบโตของดอกแอสเตอร์

ในแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ เก็บข้อมูล 5 ต้น/แปลงย่อย ในแปลงทดลองเกษตรกรรมจริง เก็บข้อมูล 10 ต้น/แปลงย่อย ทุก ๆ แปลงย่อย โดยการปักหลักทำ

เครื่องหมายไว้ในต้นที่เก็บข้อมูล สังเกตความเป็นพิษ วัดความสูงและจำนวนดอก/ต้นทุกสัปดาห์ และนำมาหาค่าเฉลี่ย

ฎ) การหาผลผลิตผักคะน้า กะหล่ำปลี ผักกาดหัว

ได้ชั่งน้ำหนักสดผลผลิต รวมทั้งแปลงเฉพาะส่วนที่ขายได้ (Marketable Part) เช่น กะหล่ำปลี จะตัดเฉพาะหัวและดิงใบที่ไม่สมบูรณ์ออกทิ้ง เป็นต้น น้ำหนักรวมที่ได้หารด้วยพื้นที่ปลูกเพื่อหาผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่

ฏ) การวัดอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

ในนาข้าวเกษตรกรรมจริงจะกำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างโดยเอาไม้ทำแนว ขนาดกว้าง 2.0 ม. ยาว 2.0 ม. รวม 4 จุด/แปลงย่อย ในทุก ๆ แปลงย่อยสังเกตความเป็นพิษ วัดความสูงและจำนวนหน่อตอกทุกสัปดาห์ และนำมาหาค่าเฉลี่ย ในการหาดัชนีพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยจะตัดข้าวจากทุกแปลงเก็บตัวอย่าง 2 กอ/สัปดาห์ เพื่อหาค่าเฉลี่ย สำหรับผลผลิตองค์ประกอบผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว จะตัดตัวอย่างข้าวเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวจากทุกแปลงเก็บตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ย อนึ่ง ข้อมูลผลผลิตต่อไร่ที่ได้เป็นข้อมูลเฉลี่ยจากแปลงเก็บตัวอย่างทั้งหมดในการใช้น้ำแต่ละชนิด

ในแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการได้กำหนดจุดเก็บข้อมูล 5 กอ/แปลงปลูก ทุก ๆ แปลงทำการวัดความสูงและจำนวนหน่อตอกทุกสัปดาห์และนำมาหาค่าเฉลี่ย หลังจากข้าวสุกแก่จะเก็บตัวอย่าง 10 กอ/แปลงปลูก เพื่อหาองค์ประกอบผลผลิต เนื่องจากแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการมีพื้นที่น้อย ในทางเกษตรกรรมจึงไม่สรุปข้อมูลผลผลิตต่อพื้นที่ คงหาข้อมูลเฉลี่ยเฉพาะน้ำหนักตอกเท่านั้น

ข้อมูลทางด้านการเกษตรกรรมจะวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.3.3 การศึกษาด้านทัศนคติและการยอมรับของประชาชน

1.3.3.1 วิธีการศึกษา

การศึกษาในส่วนนี้ใช้วิธีการสำรวจ ซึ่งได้ทำการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลหลายครั้งในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของการดำเนินงานทดลองในแปลงเกษตรกรรมจริง โดยการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลใช้วิธีการสังเกต การสอบถามและการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ที่โครงการจัดทำขึ้น

1.3.3.2 การประมวลผลข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีจำนวนประชากรตัวอย่างน้อยกว่า 50 ตัวอย่าง จะทำการประมวลและสรุปผลแยกรายประเด็น ส่วนการสำรวจเก็บข้อมูลที่มีประชากรตัวอย่างมากกว่า 50 ตัวอย่าง ได้ข้อมูลที่ได้นำมาแปรผลเป็นรหัสและประมวลผลด้วยโปรแกรม SPSS PC⁺ และจัดทำตารางแจกแจงความถี่แสดงค่าสถิติร้อยละ ส่วนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในการเกษตรกรรม และการยอมรับผลผลิตการเกษตรที่ผลิตโดยใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน วิเคราะห์โดยการหาค่า Correlation ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

1.3.3.3 ตัวแปร

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในการเกษตรกรรม และการยอมรับผลผลิตการเกษตรที่ผลิตโดยใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ประกอบด้วยตัวแปรส่วนบุคคลและตัวแปรด้านสังคม

- ตัวแปรส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ต่อเดือน
- ตัวแปรด้านสังคม ได้แก่ การรับรู้เกี่ยวกับปัญหาน้ำเสีย การรับรู้เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย ความเข้าใจเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย

1.3.3.4 ประชากรตัวอย่าง

ประชากรกลุ่มเป้าหมายในการสำรวจข้อมูลทัศนคติและการยอมรับมี 6 กลุ่ม ดังนี้

ก) เกษตรกรอาสาสมัครร่วมโครงการ เกษตรกรอาสาสมัครร่วมโครงการมีจำนวนเพียง 2 ราย คือ เกษตรกรอาสาสมัครปลูกผักและดอกไม้ และเกษตรกรอาสาสมัครปลูกข้าว ทั้งนี้เนื่องจากการดำเนินงานของโครงการในแปลงเกษตรกรรมจริงเป็นวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งต้องมีกรรมวิธีและเทคนิคในการตรวจวัด ทดสอบ และฯลฯ มากมายในทุกขั้นตอนของการดำเนินกิจกรรมการเพาะปลูก จึงเป็นข้อจำกัดทำให้ไม่สามารถมีจำนวนเกษตรกรอาสาสมัครร่วมโครงการจำนวนมากได้ การเก็บรวบรวมข้อมูลทัศนคติของเกษตรกรอาสาสมัครร่วมโครงการจึงใช้วิธีการศึกษาแบบรายกรณี (Case Study) โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ดำเนินการต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด โดยทำการสัมภาษณ์อย่างน้อย 3 ครั้งต่อการปลูกพืชแต่ละครั้ง คือ เริ่มเพาะปลูกระหว่างที่พืชกำลังเจริญเติบโตและหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต นอกจากช่วงเวลาดังกล่าวนี้ ได้มีการเยี่ยมชมเกษตรกรอาสาสมัครร่วมโครงการเพื่อสอบถามความคิดเห็นในประเด็นต่าง ๆ

เป็นครั้งคราว ผลการสำรวจเก็บข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดโครงการได้นำมาสรุปและเปรียบเทียบแยกเป็นรายประเด็น

ข) **เกษตรกรใกล้เคียงแปลงทดลอง** เกษตรกรกลุ่มนี้ ได้แก่ เกษตรกรที่มีพื้นที่ทำการเพาะปลูกใกล้เคียงกับแปลงเกษตรกรรมจริงของโครงการ รวมทั้งเกษตรกรที่อาศัยในหมู่บ้านที่แปลงเกษตรกรรมจริงของโครงการตั้งอยู่ ได้แก่ แปลงทดลองปลูกผักและดอกไม้ที่บ้านท่าใหม่ หมู่ที่ 5 ตำบลป่าแดด อำเภอเมืองเชียงใหม่ และแปลงทดลองปลูกข้าวที่บ้านท่าผา หมู่ที่ 3 ตำบลสันผักหวาน อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ เกษตรกรกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีโอกาสได้เยี่ยมชมแปลงทดลอง ได้รับทราบกิจกรรมและผลการทดลองของโครงการอย่างใกล้ชิด โดยมีประมาณ 20 ราย การสำรวจเก็บข้อมูลใช้วิธีสอบถามโดยใช้แบบสอบถามให้เกษตรกรตอบแสดงความคิดเห็น ซึ่งผลจากการสอบถามได้นำมาประมวลผลและสรุปความคิดเห็นแยกเป็นประเด็นต่าง ๆ

ค) **เกษตรกรทั่วไป** เกษตรกรกลุ่มนี้ ได้แก่ เกษตรกรทั่วไปที่ไม่ได้อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงแปลงทดลอง แต่ได้รับทราบผลการทดลองของโครงการจากเจ้าหน้าที่สัมภาษณ์ของโครงการทำการสัมภาษณ์เก็บรวบรวมข้อมูล โดยหลังจากดำเนินกิจกรรมการทดลองในแปลงเกษตรกรรมจริงเสร็จสิ้นลง โครงการได้ทำการสำรวจข้อมูลทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนไปใช้ในการเกษตรกรรม โดยเลือกสุ่มตัวอย่างเกษตรกรในพื้นที่รับน้ำชลประทาน ทั้งนี้เนื่องจากพิจารณาว่าพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ในเขตรับน้ำชลประทานเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนไปใช้ในการเพาะปลูก เนื่องจากมีระบบคลองส่งน้ำเข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรมอยู่แล้ว การสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลได้เลือกสุ่มตัวอย่างครัวเรือนเกษตรกรในพื้นที่รับน้ำโครงการชลประทานแม่แตง โครงการชลประทานแม่ปิงเก่า และโครงการชลประทานแม่กวง ได้ครัวเรือนเกษตรกรที่เป็นตัวอย่างจำนวน 200 ครัวเรือน การสำรวจเก็บข้อมูลใช้แบบสัมภาษณ์ที่โครงการจัดทำขึ้น โดยข้อมูลที่ได้อาจจากการสัมภาษณ์ได้นำมาประมวลผลและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS PC⁺

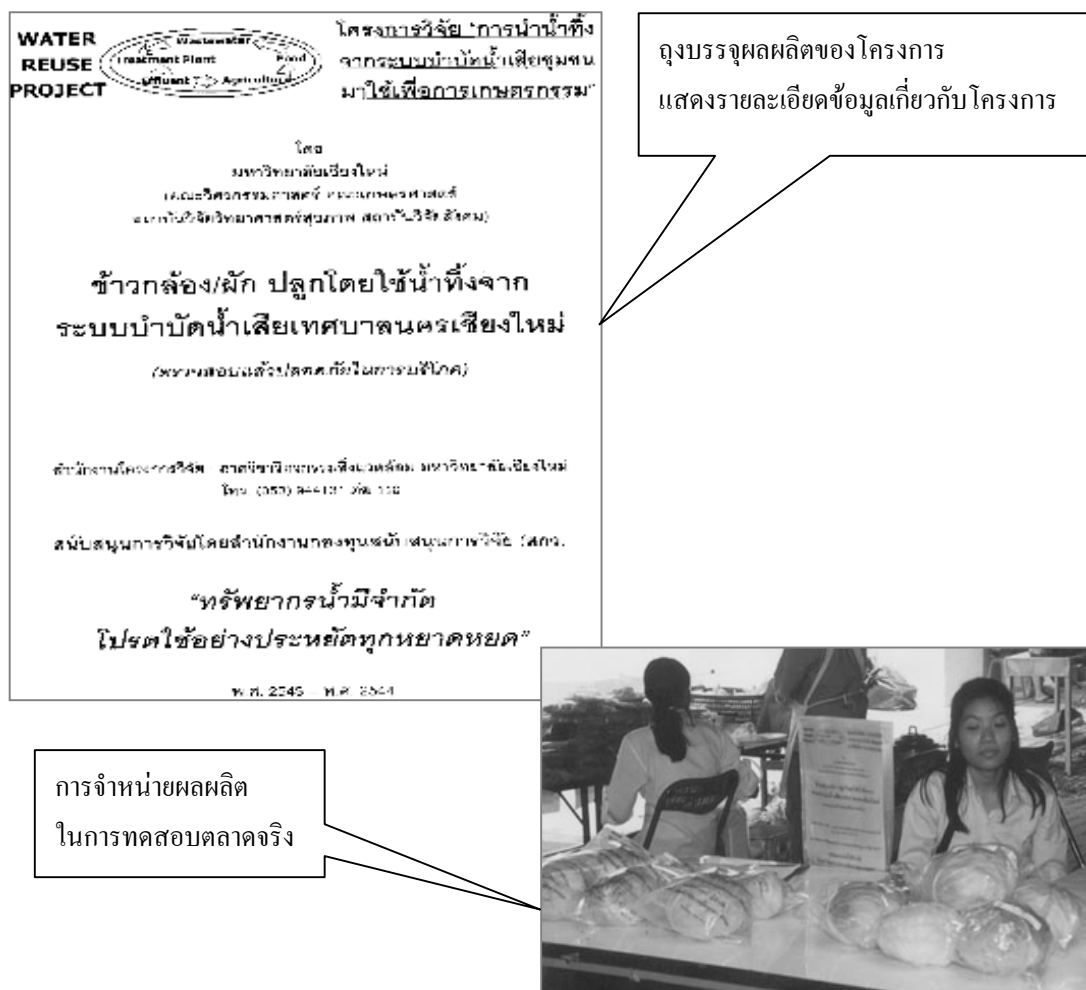
ง) **ผู้รับซื้อผลผลิต** การสำรวจความคิดเห็นกลุ่มผู้รับซื้อผลผลิตดำเนินการ 2 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 หลังจากโครงการดำเนินงานทดลองได้ 1 ปี และครั้งที่ 2 หลังจากทำการทดลองเพาะปลูกเสร็จสิ้นครบตามแผนงานในโครงการ การสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสองครั้งใช้วิธีการสัมภาษณ์ โดยการสำรวจครั้งที่ 1 สุ่มตัวอย่างผู้รับซื้อผลผลิตที่มีสถานประกอบการในตลาดที่เกษตรกรในหมู่บ้านที่เป็นที่ตั้งแปลงทดลองเกษตรกรรมจริงนำผลผลิตไปขาย ได้แก่ ตลาดเมืองใหม่ ตลาดต้นพยอม ตลาดประตูเชียงใหม่ ร้านขายผักในตำบลป่าแดด ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่ ตลาดสดยางเนิ้ง อำเภอสารภี ตลาดสันป่าสัก อำเภอหางดง โดยมีจำนวนตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 56 ตัวอย่าง สำหรับการสำรวจครั้งที่ 2 การสุ่มตัวอย่างได้แยกกลุ่มผู้รับซื้อผลผลิตเป็น 3

กลุ่มคือ ผู้รับซื้อรายใหญ่ (โรงงานแปรรูปผลผลิตและห้องเย็น) ผู้รับซื้อคนกลาง และผู้รับซื้อรายย่อย ได้จำนวนตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 51 ตัวอย่าง

จ) ผู้บริโภค การสำรวจความคิดเห็นผู้บริโภคดำเนินงานสำรวจ 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 หลังจากทราบผลการตรวจสอบผลผลิตว่า ผัก ดอกไม้ และข้าว จากแปลงทดลองเกษตรกรรมของโครงการมีความปลอดภัย ไม่มีสารพิษตกค้าง โดยการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลได้เลือกสุ่มตัวอย่างร้านอาหาร และครัวเรือนผู้บริโภคในพื้นที่ที่เกษตรกรในหมู่บ้านที่ตั้งแปลงทดลองนำผลผลิตการเกษตรกรไปจำหน่าย ได้แก่ ตลาดต่าง ๆ ในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ตลาดสดในเขตอำเภอหางดงและอำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ การสุ่มตัวอย่างใช้วิธีสุ่มแบบ Accidental Sampling ได้ตัวอย่างจำนวน 95 ราย แยกเป็นร้านอาหาร 53 รายและผู้บริโภคทั่วไป 42 ราย ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ได้นำมาประมวลผล และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS PC⁺

ส่วนการสำรวจครั้งที่ 2 เป็นการทดสอบตลาดจริง โดยโครงการได้นำผลผลิตไปจำหน่าย (รูปที่ 1-10) ในตลาดระดับต่าง ๆ 3 ระดับ คือ ตลาดระดับสูง (ร้านค้าของโครงการหลวง ชูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า) ตลาดระดับกลาง (ตลาดสดทั่วไปในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่) และตลาดระดับล่าง (ตลาดนัดตามหมู่บ้านในเขตชนบท) ทั้งนี้เพื่อทดสอบการยอมรับผลผลิตการเกษตรที่ผลิตโดยน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของผู้บริโภค โดยมีสมมติฐานว่าผู้บริโภคในตลาดต่างระดับกันจะให้การยอมรับผลผลิตแตกต่างกัน การสำรวจเก็บข้อมูลครั้งนี้ใช้วิธีสร้างเงื่อนไขทางจิตวิทยาแก่ผู้บริโภค โดยโครงการได้ซื้อผลผลิตการเกษตรจากโครงการผักปลอดสารพิษของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่นำไปบรรจุถุงที่โครงการจัดทำขึ้นและนำไปวางจำหน่ายที่ตลาดต่าง ๆ 3 ระดับที่กำหนด สำรวจเก็บข้อมูลในการทดสอบตลาดจริงใช้วิธีการสังเกตความสนใจของผู้บริโภคต่อสินค้าของโครงการ ความสนใจของผู้บริโภคเกี่ยวกับผลการดำเนินงานของโครงการ และสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่ตัดสินใจซื้อผลผลิตของโครงการ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจได้นำมาประมวลและสรุปผลแยกแยะประเด็น

สำหรับการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งที่ 3 ดำเนินการหลังจากที่โครงการได้ทำการทดลองเพาะปลูกพืชครบทุกชนิดตามแผนการทดลองของโครงการ โดยทำการสุ่มตัวอย่างครัวเรือนผู้บริโภคในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยแยกกลุ่มผู้บริโภคตามระดับตลาดที่ผู้ไปใช้เป็น 3 ระดับ คือ ตลาดระดับสูง (ชูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า) ตลาดระดับกลาง (ตลาดสดในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่) และตลาดระดับล่าง (ตลาดนัดตามหมู่บ้านในเขตชนบท) ได้จำนวนตัวอย่างรวม 253 ตัวอย่าง การสำรวจเก็บข้อมูลใช้วิธีสัมภาษณ์ตามแบบสัมภาษณ์ที่โครงการจัดทำขึ้น และทำการประมวลผลและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยโปรแกรม SPSS PC⁺



รูปที่ 1-10 การจำหน่ายผลผลิตในตลาด

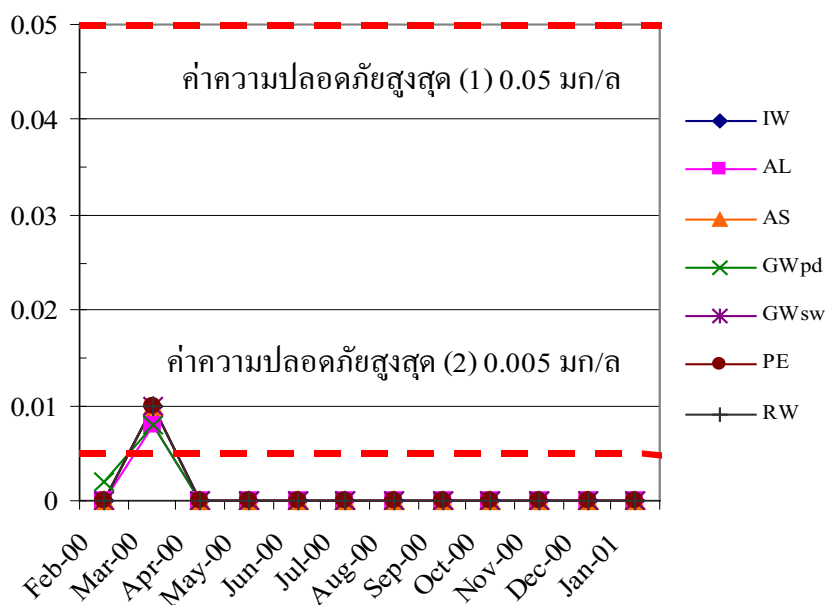
๑) เจ้าหน้าที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ระหว่างดำเนินงานตามแผนการทดลอง โครงการได้จัดให้มีการเยี่ยมชมแปลงทดลองและจัดการประชุมเผยแพร่ผลการดำเนินงานของโครงการหลายครั้ง รวมทั้งจัดประชุมเพื่อหาแนวทางขยายผลโครงการในจังหวัดพะเยาและจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งผลการประชุมทำให้ทราบว่า หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนไปใช้ในการเกษตรกรรมมีหลายกลุ่มหน่วยงาน ดังนั้นการสำรวจความคิดเห็นของประชากรตัวอย่างกลุ่มนี้จึงแยกกลุ่มหน่วยงานออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ หน่วยงานด้านการเกษตร หน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อม หน่วยงานด้านสาธารณสุข หน่วยงานด้านชลประทาน และหน่วยงานเทศบาล โดยแต่ละกลุ่มหน่วยงานจะทำการสุ่มตัวอย่างสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบงานด้านวิจัย ด้านวิชาการ การส่งเสริมสุขภาพ การส่งเสริมการเกษตร การดูแลสิ่งแวดล้อม ซึ่งการสุ่มตัวอย่างได้เจ้าหน้าที่หน่วยงานที่เป็นตัวอย่างในการสัมภาษณ์รวม 140 คน ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ได้นำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม SPSS PC⁺

บทที่ 2 ผลการวิจัยในแปลงทดลองระดับห้องปฏิบัติการ

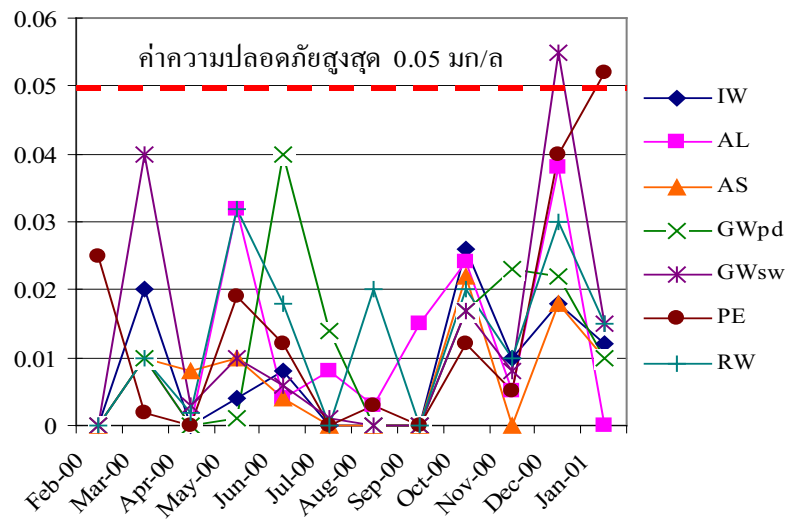
2.1 โลหะหนักและจุลินทรีย์ในน้ำรด

2.1.1 โลหะหนัก

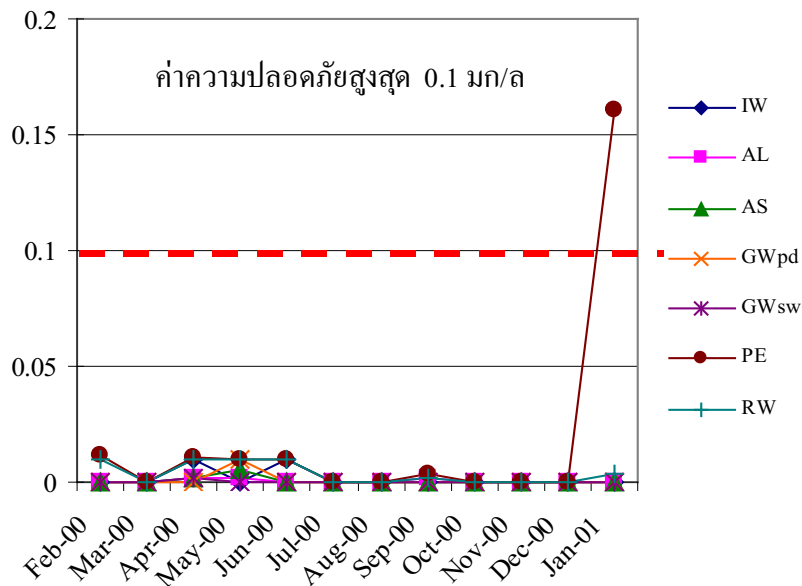
ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำที่ใช้รดในการเพาะปลูกทุกชนิดเป็นเวลา 1 ปี (กุมภาพันธ์ 2543 - มกราคม 2544) ซึ่งทั้งหมดประกอบด้วย น้ำเสีย (RW) จากบ่อสูบที่ 3 ของระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น (PE) โดยการนำน้ำ RW มาตั้งทิ้งให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองแบบเอเอส (AS) จากระบบบำบัดน้ำเสียมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองแบบบ่อเติมอากาศ (AL) จากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครเชียงใหม่ น้ำคลองชลประทาน (IW) ข้างมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ น้ำบาดาลลึก 28 เมตร ที่ใช้ในแปลงเกษตรกรรมจริงปลูกผักและดอกแอสเตอร์ (GWpd) และน้ำบาดาลลึก 28 เมตร ที่ใช้ในนาข้าวเกษตรกรรมจริง (GWsw) ผลการวิเคราะห์โลหะหนัก แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี ซึ่งเก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง ในรอบ 1 ปี ได้แสดงในรูปที่ 2-1 ถึง 2-4 (ข้อมูลการวิเคราะห์อยู่ในภาคผนวก ง) ค่าที่วัดได้ต่ำกว่าค่า Limit of detection ของการวัด จะรายงานว่าไม่มีหรือเท่ากับศูนย์ตลอดรายงานนี้



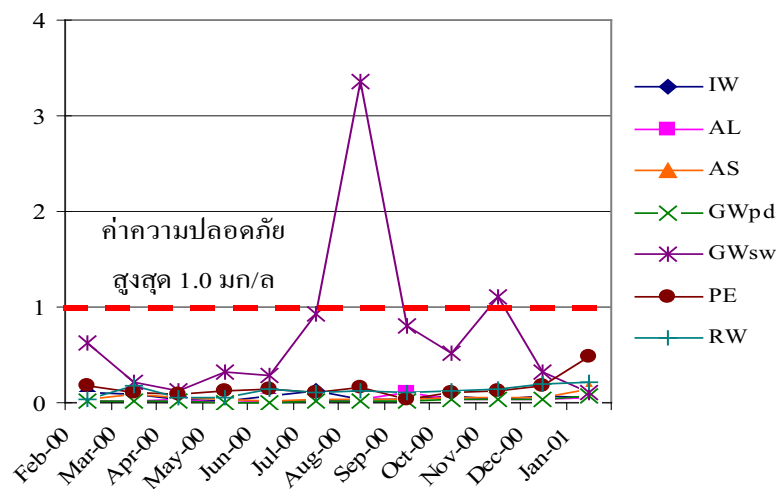
รูปที่ 2-1 แคดเมียมในน้ำรดในรอบ 1 ปี



รูปที่ 2-3 ตะกั่วในน้ำรดในรอบ 1 ปี



รูปที่ 2-3 ทองแดงในน้ำรดในรอบ 1 ปี



รูปที่ 2-4 สังกะสีในน้ำรดในรอบ 1 ปี

ผลของการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทั้ง 7 ชนิดคือ RW, PE, AS, AL, GWpd, GWsw และ IW เป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2543 ถึงเดือนมกราคม 2544 พบว่าปริมาณของแคดเมียมในน้ำทุกชนิดมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดให้เป็นค่าปลอดภัยสูงสุดของน้ำผิวดิน (0.05 มก./ล) ถึง 5 เท่า ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา 1 ปี ปริมาณของตะกั่วมีค่าต่ำกว่าค่าปลอดภัยสูงสุด (0.05 มก./ล.) แต่ในเดือนธันวาคม 2543 นั้นพบว่ามีค่าสูงกว่าค่าปลอดภัยเล็กน้อยเฉพาะในน้ำบาดาลที่ใช้ในการปลูกข้าวในแปลงเกษตรกรรมจริง (GWsw) และมีค่าลดลงต่ำกว่าค่าปลอดภัยสูงสุดในเดือนมกราคม 2544 และน้ำ PE มีค่าสูงเกินค่าความปลอดภัยในเดือนมกราคม 2544 ปริมาณของทองแดงมีค่าต่ำกว่าค่าปลอดภัยสูงสุดเกือบ 10 เท่าตัว ยกเว้นในน้ำ PE เดือนมกราคม 2544 พบว่ามีค่าสูงมากเกือบ 2 เท่าของค่าปลอดภัยสูงสุด ซึ่งไม่ทราบสาเหตุแน่ชัดเพราะในช่วงแรกตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2543 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2543 ค่าของทองแดงต่ำกว่าค่าปลอดภัยสูงสุดมาตลอดและน้ำ PE เป็นน้ำที่เก็บในบริเวณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นน้ำเสียรวมอยู่ในเฉพาะบริเวณมหาวิทยาลัยเท่านั้น แนวโน้มของตะกั่วและทองแดงมีค่าสูงขึ้นในน้ำ PE ของเดือนมกราคม 2544 อาจเป็นไปได้ว่ามีการปนเปื้อนของโลหะทั้ง 2 ชนิดนี้มากผิดปกติ สำหรับค่าสังกะสีเช่นเดียวกัน ส่วนมากน้ำทุกชนิดจะมีค่าต่ำกว่าค่าปลอดภัยสูงสุด ยกเว้นน้ำ GWsw พบสังกะสีสูงกว่าน้ำชนิดอื่น ๆ ทั้ง ๆ ที่เป็นน้ำบาดาล โดยเฉพาะในเดือนสิงหาคม 2543 ปริมาณสังกะสีเริ่มสูงขึ้นและสูงกว่าค่าปลอดภัยสูงสุดในเดือนสิงหาคม 2543 แล้วเริ่มลดลงในเดือนกันยายน 2543 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำบาดาลที่ตำบลสันผักหวานมีระดับสังกะสีมากกว่าน้ำชนิดอื่น ๆ สำหรับสาเหตุของการปนเปื้อนนี้นั้นยังไม่ทราบแน่ชัด เปรียบเทียบกับน้ำบาดาลที่ตำบลป่าแดด ค่าของโลหะหนักทุกชนิดอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าปลอดภัยสูงสุดตลอดระยะเวลา 1 ปีที่ทำการติดตามการวิเคราะห์

สรุปโดยรวมแล้ว แสดงให้เห็นว่าปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดที่พบในน้ำ RW, PE, AS, AL, GWpd, GWsw และ IW ตลอดระยะเวลา 1 ปี อยู่ในระดับที่ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด ยกเว้นในบางเดือนที่มีระดับสูงเกินมาตรฐาน และเป็นที่น่าสังเกตว่าน้ำบาดาลทั้ง 2 ชนิด (GWpd และ GWsw) มีระดับตะกั่วค่อนข้างสูง และสูงกว่าที่ตรวจพบในน้ำ RW, PE, AS, AL และ IW ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถนำน้ำเสียและน้ำที่บำบัดแล้วไปใช้ในการเกษตรได้

2.1.2 จุลินทรีย์และพยาธิ

ในการศึกษาทางจุลินทรีย์และพยาธิได้เก็บตัวอย่างน้ำเพียง 6 ชนิด โดยไม่ศึกษาในน้ำบาดาล (GWsw) ที่ใช้เพาะปลูกข้าวในแปลงเกษตรกรรมจริง เพราะถือว่าผลกระทบในแง่จุลินทรีย์และพยาธิที่จะมีในข้าวค่อนข้างต่ำ เพราะข้าวต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอนก่อนถึงผู้บริโภค

2.1.2.1 พยาธิในน้ำ

ผลวิเคราะห์พยาธิในน้ำรด ซึ่งเก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้งเป็นเวลา 1 ปี (กุมภาพันธ์ 2543 – มกราคม 2544) ได้แสดงในตารางที่ 2-1

จากการติดตามเก็บน้ำชนิดต่าง ๆ เพื่อนำมาตรวจหาไข่และหนอนพยาธิที่จะเป็นอันตรายต่อคน เป็นประจำทุกเดือน ๆ ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 1 ปี พบว่าน้ำ GWpd ซึ่งเป็นน้ำบาดาลซึ่งดูดขึ้นมาจากใต้ดินบริเวณตำบลป่าแดด ซึ่งเป็นบริเวณที่ปลูกผัก และน้ำ AL ซึ่งเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดของโรงบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครเชียงใหม่ จะเป็นน้ำที่ปราศจากพยาธิ รองลงมาที่พบได้บ้างคือ น้ำคลองชลประทาน IW ที่ไหลผ่านด้านข้างของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และน้ำ AS ซึ่งเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดของโรงบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ส่วนน้ำที่ค่อนข้างสกปรกและมีไข่หรือหนอนพยาธิที่อาจเป็นอันตรายหรือติดต่อสู่คนได้คือ น้ำ RW และ น้ำ PE น้ำทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นน้ำเสียสดที่ไหลมาจากชุมชนในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และอาจจะมีการปนเปื้อนของพยาธิจากอุจจาระของชุมชนออกมา ทำให้พบพยาธิชนิดต่าง ๆ ได้มาก น้ำทั้ง 2 ชนิดนี้มีความสกปรกสูง ไม่น่าจะนำมาใช้ในทางเกษตรกรรม ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคผลผลิตทางการเกษตรได้

2.1.2.2 แบคทีเรียในน้ำ

ผลวิเคราะห์แบคทีเรียในน้ำรดซึ่งเก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 1 ปี (กุมภาพันธ์ 2543 – มกราคม 2544) ได้แสดงในตารางที่ 2-2

ผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำ GWpd ซึ่งเก็บมาจากตำบลป่าแดดและน้ำ AS ซึ่งเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดจากโรงบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นน้ำที่สะอาดปราศจากเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารร้ายแรง ส่วนน้ำ IW ซึ่งเป็นน้ำจากคลองชลประทานและน้ำ AL ซึ่งผ่านการบำบัดของเทศบาลนครเชียงใหม่ จะพบเชื้อแบคทีเรียที่พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ ซึ่งเชื่อเหล่านี้จะทำให้เกิดโรคทางเดินทางอาหารได้เช่นกัน ถ้าคนได้รับเข้าไปในร่างกายในปริมาณและมีสภาวะที่เหมาะสม ยกเว้นในเดือนเมษายน 2543 พบเชื้อ *Salmonella enteritidis* gr E ซึ่งเป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารร้ายแรงได้ แต่ก็พบได้ในปริมาณที่ไม่มากนักเพราะต้องใช้วิธีการตรวจแบบ Indirect Method หรือวิธี Concentration Method จึงจะตรวจพบได้

ตารางที่ 2-1 พยาธิในน้ำชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการปลูกผัก (กุมภาพันธ์ 2543 - มกราคม 2544)

เดือน	วันที่เก็บตัวอย่าง	RW	PE	AS	IW	AL	GWpd
ก.พ. 43	23	15UFLN	11UFLN,1HW	1UFLN	Neg	Neg	Neg
	28	6UFLN	1UFLN	Neg	1UFLN	Neg	Neg
มี.ค. 43	21	26UFLN	13UFLN	16UFLN	Neg	Neg	Neg
	29	24UFLN	6UFLN	9UFLN	4UFLN	Neg	Neg
เม.ย. 43	18	25UFLN	18UFLN	6UFLN	1UFLN	ND	Neg
	25	10UFLN	14UFLN	1UFLN	Neg	Neg	Neg
พ.ค. 43	22	13UFLN	18UFLN,9HW	5UFLN	Neg	Neg	Neg
	29	11UFLN	20UFLN	1UFLN	Neg	Neg	Neg
มิ.ย. 43	19	31UFLN	15UFLN	5UFLN	Neg	Neg	Neg
	26	18UFLN,3HW	39UFLN,21HW 1Taenia Ova 1Ascaris Ova	3UFLN	1UFLN	Neg	Neg
ก.ค. 43	19	1HW 1Ascaris Ova	44UFLN 4HW	6UFLN	Neg	Neg	Neg
	26	35UFLN,3HW	10UFLN	3UFLN	1UFLN	Neg	Neg
ส.ค. 43	15	18UFLN,8HW	3UFLN	1UFLN	1UFLN	Neg	Neg
	22	38UFLN,5HW	33UFLN,1HW	3UFLN,1HW	1UFLN	Neg	Neg
ก.ย. 43	11	14UFLN	14UFLN	Neg	1UFLN	Neg	Neg
	18	13UFLN,1HW	9UFLN	1UFLN,1HW	Neg	Neg	Neg
ต.ค. 43	17	23UFLN	10UFLN	4UFLN	Neg	Neg	Neg
	25	29UFLN	31UFLN	3UFLN	10UFLN	Neg	Neg
พ.ย. 43	13	46UFLN	31UFLN	Neg	Neg	Neg	Neg
	20	44UFLN	16UFLN	Neg	Neg	Neg	Neg
ธ.ค. 43	12	34UFLN	11UFLN	Neg	Neg	Neg	Neg
	19	18UFLN,10HW	38UFLN	5UFLN	Neg	Neg	Neg
ม.ค. 44	8	6UFLN	13UFLN	3UFLN	1UFLN	Neg	Neg
	15	6UFLN	12UFLN	4UFLN	1UFLN	1UFLN	Neg

หน่วย : จำนวนไข่หรือหนอนพยาธิ ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

UFLN Unidentified Free Living Nematode

HW Hookworm Larva

ND ไม่ได้ตรวจ

Neg ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 2-2 แบคทีเรียในน้ำชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการปลูกผัก (กฎหมาย 2543 - มกราคม 2544)

เดือน	วันที่เก็บตัวอย่าง	RW	PE	AS	IW	AL	GWpd
ก.พ. 43	23	<i>E.coli</i> >10 ⁴	<i>E.coli</i> >10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> >10 ⁴	Neg.	<i>E.coli</i> 10 ² -10 ³ <i>A.sobria</i> 10 ² -10 ³	Neg.	Neg.
	28	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁵ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁵	<i>E.coli</i> >10 ⁴ <i>A.sobria</i> >10 ⁴ <i>C.freundii</i> >10 ⁴	Neg.	<i>A.sobria</i> 10 ²	Neg.	Neg.
มี.ค. 43	21	<i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>A.hydrophila</i> 10 ² -10 ³	<i>A.sobria</i> 10 ² -10 ³	Neg.
	29	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	<i>E.coli</i> 10 ² -10 ³	<i>A.sobria</i> 10 ³	Neg.
เม.ย. 43	18	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> >10 ⁴ <i>A.sobria</i> >10 ⁴ <i>P.aeruginosa</i> >10 ⁴	Neg.	<i>E.coli</i> 10 ² -10 ³ <i>A.sobria</i> 10 ² -10 ³ <i>P.aeruginosa</i> 10 ² -10 ³	ND	Neg.
	25	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	Neg.	<i>S.enteritidis</i> gr.E <i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>A.sobria</i> 10 ² -10 ³	Neg.
พ.ค. 43	22	<i>E.coli</i> >10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	<i>E.coli</i> 10 ² -10 ³ <i>A.sobria</i> 10 ² -10 ³	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139	Neg.
	29	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> >10 ⁴ <i>A.sobria</i> >10 ⁴ <i>P.aeruginosa</i>	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>P.aeruginosa</i>	<i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>P.aeruginosa</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> <i>P.aeruginosa</i>	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>A.sobria</i> 10 ² -10 ³	Neg.
มิ.ย. 43	19	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	Neg.	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴
	26	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>A.hydrophila</i> 10 ⁴ -10 ⁵	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁵ <i>A.sobria</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>P.shigelloides</i> 10 ⁴ -10 ⁵	Neg.	<i>E.coli</i> 10 ² -10 ³ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139	Neg.
ก.ค. 43	19	<i>E.coli</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>A.sobria</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>A.hydrophila</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>S.aureus</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>E.coli</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>A.sobria</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>C.freundii</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>P.aeruginosa</i>	<i>A.hydrophila</i>	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>A.sobria</i>	Neg.
	26	<i>E.coli</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>A.sobria</i> <i>P.aeruginosa</i>	<i>E.coli</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>A.sobria</i> 10 ⁴ -10 ⁵ <i>C.freundii</i> 10 ⁴ -10 ⁵	Neg.	<i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139	Neg.
ส.ค. 43	15	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i>	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>Arizona hinshawii</i>	Neg.	<i>A.sobria</i>	Neg.	Neg.
	22	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	Neg.	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139	Neg.

ตารางที่ 2-2 แบคทีเรียในน้ำชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการปลูกผัก (กุมภาพันธ์ 2543 - มกราคม 2544) (ต่อ)

เดือน	วันที่เก็บตัวอย่าง	RW	PE	AS	IW	AL	GWpd
ก.ย. 43	11	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>A.hydrophila</i> 10 ² -10 ³	Neg.	Neg.
	18	<i>V.cholerae</i> serotype Inaba, biotype Eltor <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i>	<i>V.cholerae</i> serotype Inaba, biotype Eltor <i>E.coli</i> 10 ² -10 ³ <i>A.hydrophila</i> 10 ² -10 ³ <i>C.freundii</i> 10 ² -10 ³ <i>A.sobria</i> 10 ² -10 ³ <i>Ps.shigelloides</i> 10 ² -10 ³	Neg.	<i>A.hydrophila</i> 10 ² -10 ³	<i>Ps.shigelloides</i>	Neg.
ต.ก. 43	17	<i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i>	Neg.	<i>E.coli</i> 10 ² -10 ³ <i>C.freundii</i> 10 ² -10 ³	Neg.	Neg.
	25	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139	Neg.	<i>A.hydrophila</i> 10 ² -10 ³ <i>C.freundii</i>	Neg.	Neg.
พ.ย. 43	13	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	<i>C.freundii</i> 10 ² -10 ³ <i>A.hydrophila</i> 10 ² -10 ³	<i>Ps.shigelloides</i> 10 ² -10 ³ <i>A.sobria</i>	Neg.
	20	<i>S.enteritidis</i> gr.B <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	<i>E.coli</i> 10 ² -10 ³ <i>C.freundii</i> <i>Ps.shigelloides</i>	<i>Ps.shigelloides</i> <i>A.sobria</i>	Neg.
ธ.ก. 43	12	<i>S.enteritidis</i> gr.B <i>V.cholerae</i> Type Non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>S.enteritidis</i> gr.D <i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	<i>A.hydrophila</i> 10 ² -10 ³ <i>A.sobria</i> 10 ² -10 ³	Neg.	Neg.
	19	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	<i>E.coli</i> 10 ² -10 ³ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139	Neg.
ม.ค. 44	8	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139	<i>V.cholerae</i> Type non-O1,non-O139 <i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴	Neg.	<i>A.sobria</i> 10 ² -10 ³ <i>A.hydrophila</i> 10 ² -10 ³	<i>A.sobria</i> 10 ² -10 ³	Neg.
	15	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.sobria</i> 10 ³ -10 ⁴	<i>E.coli</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>A.hydrophila</i> 10 ³ -10 ⁴ <i>C.freundii</i>	Neg.	<i>A.hydrophila</i>	<i>A.sobria</i>	Neg.

หน่วย : CFU/ml

Neg. = ตรวจไม่พบ Pathogenic Bacteria

ND = ไม่ได้ตรวจ

ส่วนน้ำ RW ซึ่งเป็นน้ำเสียสดและน้ำ PE ซึ่งผ่านการบำบัดขั้นต้น จะพบเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิด ทั้งชนิดที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติซึ่งอาจจะทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารได้ถ้ามีปริมาณและสภาวะที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังพบเชื้อที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารร้ายแรง เช่น เชื้อ *Salmonella enteritidis* gr B และ gr D และที่สำคัญที่สุดคือพบเชื้ออหิวาตกโรคชนิดร้ายแรง *Vibrio cholerae* Type 0139 ในเดือนมิถุนายน 2543 และ *Vibrio cholerae* serotype Inaba, biotype Eltor ในเดือนกันยายน 2543 ซึ่งสามารถทำให้เกิดโรคติดต่อและระบาดสู่ชุมชนอื่นได้ ซึ่งในช่วงระยะเวลาดังกล่าวน่าจะคาดการณ์ได้ว่า อาจจะมีผู้ที่ติดเชื้อเหล่านี้อยู่ในชุมชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และปล่อยให้มีการปนเปื้อนของเชื้อมาในน้ำเสีย แต่ยั้งดีที่น้ำเสียถูกส่งไปยังโรงบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีการบำบัดและผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคโดยการเติมคลอรีนก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งการตรวจในน้ำทิ้ง AS ไม่พบแบคทีเรียชนิดนี้แต่อย่างใด

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าน้ำเสียสดจากชุมชน RW และน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น PE เป็นน้ำที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายที่ทำให้เกิดโรคของระบบทางเดินอาหารได้ ไม่เหมาะสำหรับการนำไปในทางเกษตรกรรมโดยตรง เพราะอาจเกิดการแพร่กระจายและการติดต่อของเชื้อโรคได้ แต่ถ้าน้ำนี้ได้ผ่านการบำบัดถูกต้องตามขั้นตอนทางวิชาการแล้วจะสามารถกำจัดและลดโอกาสการแพร่เชื้อได้ และสามารถนำไปใช้ในการเกษตรได้โดยปลอดภัยต่อผู้บริโภคและเกษตรกร

2.1.3 แร่ธาตุที่ขัดขวางการเจริญเติบโตของพืช

ผลการศึกษาได้สรุปไว้ในตารางที่ 2-3 พบว่าน้ำที่ใช้รดทุกประเภทมีปริมาณแร่ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และของแข็งละลาย ในช่วงที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืช (SAR มีค่าน้อยกว่า 3 และ TDS <450 มก/ล ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการชลประทาน) สำหรับปริมาณโบรอนในน้ำรดทุกประเภทพบว่ามีค่าต่ำมากและมีค่าไม่เกิน 0.7 มก/ล ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดไว้ในเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการชลประทาน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าน้ำรดทุกประเภทที่ใช้ในการศึกษาไม่เป็นพิษต่อพืชในแง่ของปริมาณแร่ธาตุและโบรอน

ตารางที่ 2-3 ปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำบาดแต่ละประเภทที่ใช้ในการศึกษา

ชนิดของน้ำ ที่ใช้	แคลเซียม มก/ล	แมกนีเซียม มก/ล	โซเดียม มก/ล	SAR	โบรอน มก/ล	TDS มก/ล
RW	25.8-39.9 (32.5)	3.29-3.61 (3.52)	15.5-24.9 (20.9)	0.63-1.22 (0.94)	0.028-0.071 (0.046)	210-336 (270)
PE	26.7-42.9 (36.1)	3.40-3.83 (3.62)	14.2-23.9 (18.8)	0.56-1.15 (0.81)	0.024-0.081 (0.045)	182-284 (228)
AS	26.8-28.2 (27.6)	2.57-2.88 (2.73)	23.9-30.8 (27.0)	1.16-1.52 (1.31)	0.029-0.045 (0.038)	216-379 (278)
AL	11.4-33.4 (19.0)	3.86-8.06 (5.62)	31.2-33.0 (32.2)	1.30-2.15 (1.75)	0.045-0.058 (0.052)	208-363 (264)
IW	14.0-52.5 (28.0)	1.44-6.13 (3.32)	3.00-5.52 (4.64)	0.18-0.37 (0.25)	0.007-0.16 (0.054)	86-167 (137)
GWpd	4.56-5.60 (5.16)	1.90-2.04 (1.96)	12.2-14.8 (13.1)	1.13-1.40 (1.24)	0.006-0.036 (0.015)	104-171 (134)
GWsw	3.66-12.1 (8.60)	1.64-3.62 (2.66)	10.7-15.2 (12.3)	0.73-1.30 (0.98)	0.008-0.020 (0.015)	114-262 (175)
เกณฑ์คุณภาพน้ำ เพื่อการชลประทาน*	-	-	-	<3	<0.7	<450

หมายเหตุ เป็นค่าพิสัย (ค่าเฉลี่ย) ของการเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์สัปดาห์ละครั้ง รวม 4 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 17 พฤษภาคม - 6 มิถุนายน 2544

ยกเว้นกรณีของ TDS ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำเดือนละครั้งรวม 7 เดือน ตั้งแต่มีนาคม-กันยายน 2544

* ที่มา : Ayers, R.S. and Westcot, D.W., FAO, 7, 11, 54, 69, 1976.

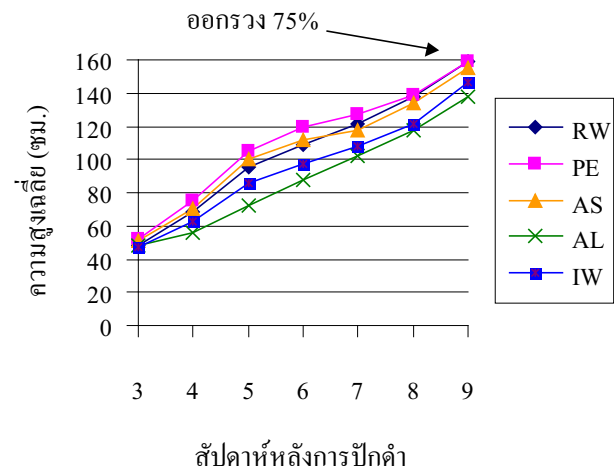
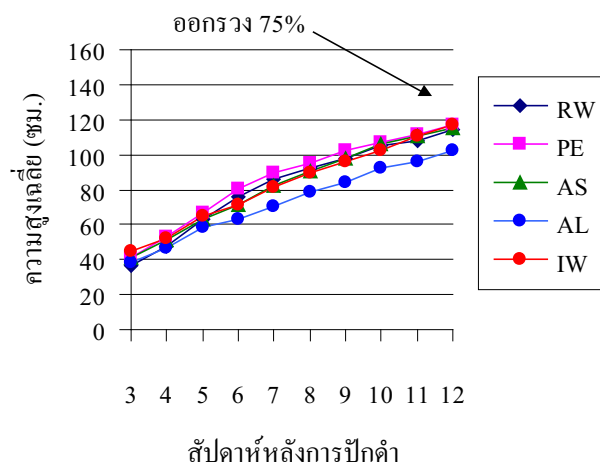
2.2 ผลการวิจัยในการปลูกข้าว

2.2.1 ด้านเกษตรกรรม

2.2.1.1 การเจริญเติบโต

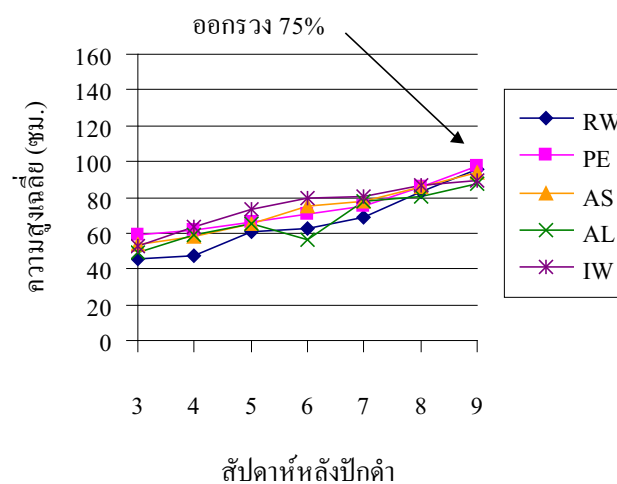
ก) ความสูง

ความสูงของข้าวที่ปลูกทั้ง 3 ถาด ทำการวัดเมื่อปักดำข้าวได้ 3 สัปดาห์ และวัดต่อเนื่องไปจนถึงระยะข้าวเริ่มแทงรวง ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2-5 (ข้อมูลดิบได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ)



ก. ปลูกครั้งที่ 1 (ข้าวนาปรัง 2543 ข้าวพันธุ์คลองหลวง 1)

ข. ปลูกครั้งที่ 2 (ข้าวนาปี 2543 ข้าวพันธุ์ กข.6)



ค. ปลูกครั้งที่ 3 (ข้าวนาปรัง 2544 ข้าวพันธุ์หอมสุพรรณ)

รูปที่ 2-5 ความสูงโดยเฉลี่ยของข้าว

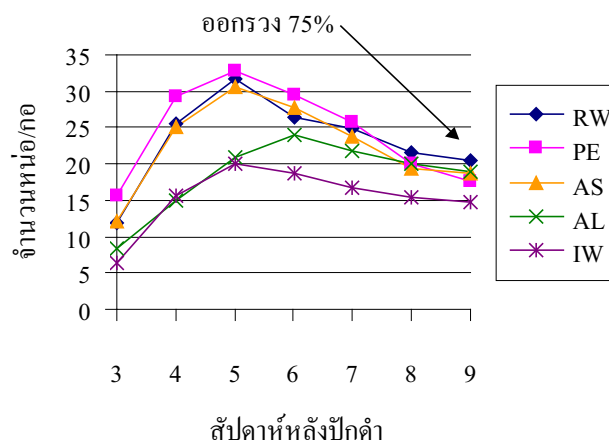
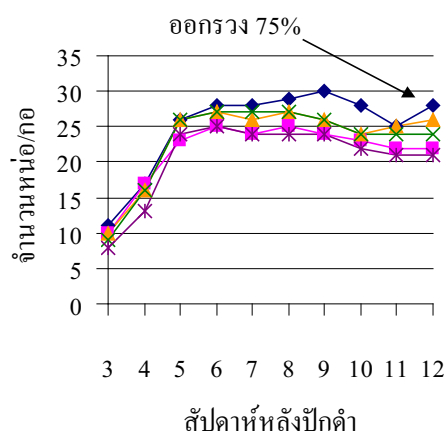
การปลูกครั้งที่ 1 ความสูงโดยเฉลี่ยของข้าวหอมพันธุ์คลองหลวง 1 ที่ปลูกโดยใช้ น้ำ 5 ชนิด ซึ่งทำการวัดเมื่อปักดำข้าวได้ 3 สัปดาห์และทำการวัดต่อเนื่องไป 10 สัปดาห์จนถึงระยะที่ข้าวเริ่มแทงรวง ซึ่งในระยะแรกนั้นพบว่าต้นข้าวที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 5 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เริ่มมีแนวโน้มที่ต่างกันหลังจากสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป โดยข้าวที่ใช้น้ำ AL มีแนวโน้มของความสูงโดยเฉลี่ยต่ำกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้น้ำอีก 4 ชนิด

ในการปลูกครั้งที่ 2 ความสูงโดยเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่ปลูกภายใต้การใช้น้ำ 5 ชนิด ในฤดูนาปี ซึ่งทำการวัดหลังปักดำได้ 3 สัปดาห์ และทำการวัดต่อเนื่องไป 7 สัปดาห์จนถึงระยะที่ข้าวออกรวง ซึ่งพบว่าในระยะแรก ๆ ความสูงโดยเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน ความแตกต่างเริ่มปรากฏให้เห็นในระยะที่ 6 สัปดาห์หลังปักดำเป็นต้นไป โดยข้าวที่ใช้น้ำ RW PE และ AS มีความสูงโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าที่ใช้น้ำ AL และ IW และตั้งแต่ระยะ 7 สัปดาห์หลังปักดำเป็นต้นไป จนถึงระยะออกรวงข้าวที่ใช้น้ำ RW และ PE มีความสูงโดยเฉลี่ยสูงกว่าที่ใช้น้ำอีก 3 ชนิด

ในการปลูกครั้งที่ 3 ความสูงโดยเฉลี่ยของข้าวพันธุ์หอมสุพรรณที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 5 ชนิด ซึ่งทำการวัดเมื่อปักดำได้ 3 สัปดาห์ และวัดต่อเนื่องไป 9 สัปดาห์จนถึงระยะออกรวงของข้าว ซึ่งพบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 5 ชนิดมีความสูงโดยเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันอย่างไรก็ตามที่ระยะออกรวงนั้นข้าวที่ปลูกโดยใช้น้ำ RW, PE และ AS มีความสูงโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าของที่ใช้น้ำ AL และ IW

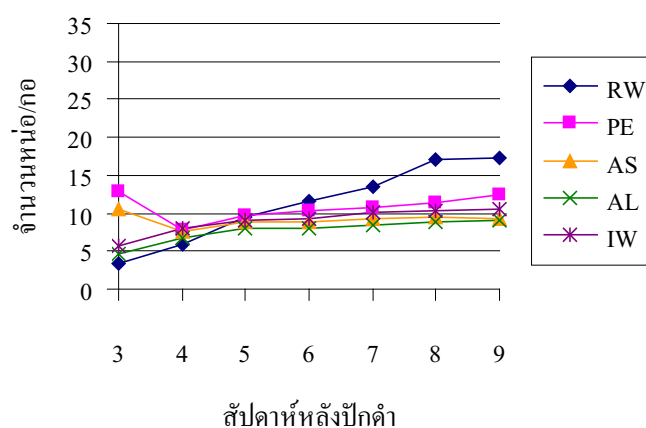
ข) จำนวนหน่อตอก

จำนวนหน่อตอกของการปลูกทั้ง 3 ฤดู ทำการวัดเมื่อปักดำได้ 3 สัปดาห์ และวัดต่อเนื่องไปจนถึงระยะแทงรวง ได้แสดงในรูปที่ 2-6 (ข้อมูลดิบได้แสดงในภาคผนวก จ)



ก. ปลูกรุ่นที่ 1 (ข้าวนาปรัง 2543 ข้าวพันธุ์คลองหลวง 1)

ข. ปลูกรุ่นที่ 2 (ข้าวนาปี 2543 ข้าวพันธุ์ กข.6)



ค. ปลูกรุ่นที่ 3 (ข้าวนาปรัง 2544 ข้าวพันธุ์หอมสุวรรณ)

รูปที่ 2-6 จำนวนหน่อต่อกอโดยเฉลี่ยของข้าว

ในการปลูกรุ่นที่ 1 จำนวนหน่อต่อกอโดยเฉลี่ยของข้าวหอมคลองหลวง 1 ที่ปลูกโดยใช้พื้นที่ 5 ชนิด พบว่าข้าวที่ปลูกโดยน้ำ RW มีแนวโน้มที่จะมีการสร้างหน่อต่อกอโดยเฉลี่ยที่มากกว่าที่ปลูกโดยน้ำอีก 4 ชนิด และข้าวที่ปลูกโดยน้ำชลประทาน IW มีแนวโน้มที่จะมีการสร้างหน่อต่อกอน้อยที่สุด ในการปลูกรุ่นที่ 2 จำนวนหน่อต่อกอ โดยเฉลี่ยของข้าว กข.6 ที่ปลูกโดยน้ำชนิดต่าง ๆ พบว่าในช่วงต้น ๆ ของการเจริญเติบโตไปจนถึงสัปดาห์ที่ 5 ข้าว กข.6 ที่ปลูกโดยน้ำ RW PE และ AS มีการสร้างจำนวนหน่อต่อกอเฉลี่ยสูงกว่าของ AL และ IW ข้าว กข.6 ที่ใช้ น้ำ RW PE AS และ IW มีการแตกหน่อสูงสุด (Maximum tillering) ที่ระยะ 5

สัปดาห์หลังปักดำ ส่วนของ AL นั้นอยู่ที่ระยะ 6 สัปดาห์หลังปักดำ หลังจากระยะดังกล่าวจำนวนหน่อตอกโดยเฉลี่ยของข้าว กข.6 ที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 5 ชนิดก็ลดลง และที่ระยะออกรวงนั้นพบว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้น้ำ 4 ชนิดคือ RW PE AS และ AL มีการสร้างหน่อตอกโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าของที่ใช้ น้ำ IW ในการปลูกครั้งที่ 3 จำนวนหน่อตอกโดยเฉลี่ยของข้าวพันธุ์หอมสุพรรณที่ปลูกโดยใช้ น้ำทั้ง 5 ชนิด พบว่าข้าวที่ใช้ น้ำ RW มีแนวโน้มของการสร้างหน่อตอกโดยเฉลี่ยที่มากกว่าข้าวที่ใช้ น้ำอีก 4 ชนิดอย่างเห็นได้ชัด ส่วนข้าวที่ปลูกโดยใช้ น้ำที่เหลืออีก 4 ชนิดที่เหลือมีจำนวนหน่อตอกโดยเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน

ก) พื้นที่ใบตอก

พื้นที่ใบตอกโดยเฉลี่ยที่ระยะออกรวงของการเพาะปลูกทั้ง 3 ครั้ง ได้แสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 พื้นที่ใบโดยเฉลี่ยที่ระยะออกรวง

ชนิดของ น้ำที่ใช้	ครั้งที่ 1 (ข้าวนาปรัง 2543 ข้าวพันธุ์คลองหลวง 1, ตร.ม.)	ครั้งที่ 2 (ข้าวนาปี 2543 ข้าวพันธุ์ กข.6, ตร.ม.)	ครั้งที่ 3 (ข้าวนาปรัง 2544 ข้าวพันธุ์หอมสุพรรณ, ตร.ม.)
RW	0.91 a*	3.630 a*	1.633 ab*
PE	0.74 a*	2.802 ab*	1.685 a*
AS	0.23 b*	2.114 b*	0.569 b*
AL	0.28 b*	2.305 b*	0.636 bc*
IW	0.32 b*	2.144 b*	0.919 abc*
LSD (0.05)	0.35	1.03	0.753
CV. (%)	25.61	25.65	48.46

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่ตามหลังตัวเลขที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

LSD (Least Significant Differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

CV. (Coefficient of Variation) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 100

ในการปลูกครั้งที่ 1 พื้นที่ใบตอกโดยเฉลี่ยที่ระยะออกทรงของข้าวพันธุ์คลองหลวง 1 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยข้าวที่ใช้น้ำ RW และ PE มีพื้นที่ใบตอกโดยเฉลี่ยสูงสุดและสูงกว่าข้าวที่ใช้น้ำอีก 3 ชนิด โดยมีพื้นที่ใบเฉลี่ยตอกเป็น 0.91 และ 0.74 ตารางเมตรตามลำดับ ขณะที่ข้าวที่ใช้น้ำอีก 3 ชนิดมีพื้นที่ใบตอกโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.23-0.32 ตารางเมตร ในการปลูกครั้งที่ 2 พื้นที่ใบตอกโดยเฉลี่ยที่ระยะทรงรวงของข้าว กข.6 ที่ปลูกโดยใช้น้ำชนิดต่าง ๆ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยข้าวที่ใช้น้ำ RW มีพื้นที่ใบตอกโดยเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ข้าวที่ใช้น้ำ PE ส่วนข้าวที่ใช้น้ำ AS AL และ IW นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ในการปลูกครั้งที่ 3 พื้นที่ใบตอกโดยเฉลี่ยของข้าวพันธุ์หอมสุวรรณที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 5 ชนิดที่ระยะออกทรง พบว่าข้าวที่ใช้น้ำ RW และ PE มีแนวโน้มที่มีพื้นที่ใบตอกโดยเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูงกว่าข้าวที่ใช้น้ำอีก 3 ชนิด โดยมีพื้นที่ใบเฉลี่ยเป็น 1.633 และ 1.685 ตารางเซนติเมตรตอกตามลำดับ ขณะที่ข้าวที่ใช้น้ำ AS มีพื้นที่ใบตอกโดยเฉลี่ยเป็น 0.569 ตารางเซนติเมตรเท่านั้น อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในกรณีพื้นที่ใบตอกโดยเฉลี่ยระหว่างข้าวที่ใช้น้ำ RW และ PE กับข้าวที่ใช้น้ำ IW

ง) น้ำหนักแห้งตอก

น้ำหนักแห้งตอกโดยเฉลี่ยที่ระยะออกทรงของการเพาะปลูกทั้ง 3 ครั้ง ได้แสดงในตารางที่ 2-5

ในการปลูกครั้งที่ 1 น้ำหนักแห้งตอกโดยเฉลี่ยที่ระยะออกทรงของข้าวพันธุ์คลองหลวง 1 พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกันกับของพื้นที่ใบ กล่าวคือข้าวที่ปลูกโดยใช้น้ำ RW และ PE มีน้ำหนักแห้งตอกโดยเฉลี่ยสูงสุด และสูงกว่าข้าวที่ปลูกโดยใช้น้ำอีก 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีน้ำหนักแห้งโดยเฉลี่ยเป็น 178.28 และ 152.10 กรัมตอกตามลำดับ ขณะที่ข้าวที่ใช้น้ำอีก 3 ชนิดมีน้ำหนักแห้งตอกอยู่ในช่วง 58.6-68.0 กรัม ในการปลูกครั้งที่ 2 น้ำหนักแห้งตอกโดยเฉลี่ยที่ระยะทรงรวงของข้าว กข.6 ที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 5 ชนิด ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในแง่ น้ำหนักแห้งตอกโดยเฉลี่ยในระหว่างกรรมวิธีการใช้น้ำชนิดต่าง ๆ อย่างไรก็ตามข้าวที่ใช้น้ำ RW มีแนวโน้มที่ให้น้ำหนักแห้งตอกโดยเฉลี่ยสูงสุด ในการปลูกครั้งที่ 3 น้ำหนักแห้งตอกโดยเฉลี่ยของข้าวพันธุ์หอมสุวรรณที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 5 ชนิดที่ระยะออกทรง พบว่าข้าวที่ใช้น้ำ RW และ PE มีน้ำหนักแห้งตอกโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าข้าวที่ใช้น้ำอีก 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยตอกเป็น 23.90 และ 25.10 กรัมตามลำดับขณะที่ของข้าวที่ใช้น้ำอีก 3 ชนิดมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยตอกอยู่ในช่วง 9.53-13.10 กรัม

ตารางที่ 2-5 น้ำหนักแห้งโดยเฉลี่ยที่ระยะออกทรง

ชนิดของ น้ำที่ใช้	ครั้งที่ 1 (ข้าวนาปรัง 2543 ข้าวพันธุ์คลองหลวง 1, ก./กอ)	ครั้งที่ 2 (ข้าวนาปี 2543 ข้าวพันธุ์ กข.6, ก./กอ)	ครั้งที่ 3 (ข้าวนาปรัง 2544 ข้าวพันธุ์หอมสุพรรณ, ก./กอ)
RW	178.28 a*	61.27	13.90 ab*
PE	152.10 a*	53.58	25.10 a*
AS	68.80 b*	44.63	9.78 b*
AL	58.60 b*	55.35	9.53 b*
IW	59.49 b*	48.69	13.10 ab*
LSD (0.05)	51.66	NS	7.9132
CV. (%)	17.98	19.64	43.19

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่ตามหลังตัวเลขที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

LSD (Least Significant Differentiation) คือค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีการแล้วแตกต่างกัน

CV. (Coefficient of Variation) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนซึ่งได้จากการนำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไปหารด้วยค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วย 100

NS ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.2.1.2 ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว

ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว ของการเพาะปลูกทั้ง 3 ครั้ง ได้แสดงในตารางที่ 2-6 ถึง 2-8

ในการปลูกครั้งที่ 1 ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว (อัตราส่วนน้ำหนักเมล็ดแห้งต่อน้ำหนักแห้งรวม) โดยเฉลี่ยของข้าวหอมพันธุ์คลองหลวง 1 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลผลิตโดยเฉลี่ยที่ระดับความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 60.53–85.04 กรัมต่อนกอ และเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของผลผลิตแล้วพบว่ามีการชดเชยหรือทดแทนกัน จึงทำให้ไม่เกิดความแตกต่างในแง่ของผลผลิตโดยเฉลี่ยในระหว่างกรรมวิธีการให้น้ำ ในกรณีของดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index) ก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการปลูกครั้งที่ 2 ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ กข.6 ที่ปลูกโดยใช้น้ำทั้ง 5 พบว่าข้าวที่ใช้น้ำ PE ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อนกอสูงที่สุดคือ 76.36 กรัมต่อนกอ รองลงมาได้แก่ข้าวที่ใช้น้ำ AS และ RW อย่างไรก็ตามผลวิเคราะห์ทางสถิติของผลผลิตโดยเฉลี่ยของข้าวที่ใช้น้ำทั้ง 3 ชนิดไม่แตกต่างกัน ขณะที่ข้าวใช้น้ำ IW และ AL ค่อนข้างใกล้เคียงกันและต่ำกว่าของน้ำอีก 3 ชนิดแรก สำหรับองค์ประกอบผลผลิตและดัชนีเก็บเกี่ยวนั้นพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติเฉพาะกรณีน้ำหนักเมล็ดเท่านั้น โดยข้าวที่ใช้น้ำ AL และ IW มีน้ำหนักเมล็ดโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าของที่ใช้น้ำอีก 3 ชนิด อย่างไรก็ตามน้ำหนักเมล็ดโดยเฉลี่ยที่สูงกว่าของข้าวที่ใช้น้ำ AL และ IW ก็ไม่สามารถทำให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยสูงเท่ากับของน้ำอีก 3 ชนิด เพราะไม่สามารถชดเชยองค์ประกอบผลผลิตอีก 2 ตัวคือ จำนวนรวงต่อนกอ และจำนวนเมล็ดต่อรวงที่ต่ำกว่านั่นเอง ในการปลูกครั้งที่ 3 ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ยของข้าวพันธุ์หอมสุพรรณที่ใช้น้ำทั้ง 5 พบว่าข้าวที่ใช้น้ำ RW ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อนกอสูงที่สุดคือ 29.0 กรัมต่อนกอ รองลงมาคือของข้าวที่ใช้น้ำ PE ขณะที่ข้าวที่ใช้น้ำ IW ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุดคือให้เพียง 6.19 กรัมต่อนกอ อย่างไรก็ตามผลผลิตของข้าวที่ใช้น้ำ RW และ PE เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วไม่พบนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของผลผลิตแล้วก็พบว่าข้าวที่ใช้น้ำ RW มีผลผลิตที่สูงก็เพราะว่ามีจำนวนรวงต่อนกอและจำนวนเมล็ดต่อรวงที่สูงกว่าข้าวที่ใช้น้ำชนิดอื่น ๆ