การหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

Determination of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Liquid Organic Fertilizer

ศิริพร กาทอง (Siriporn Kathong)[1]*ดร.เฉลิม เรืองวิริยะชัย (Dr.Chalerm Ruangviriyachai)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จำนวน 8 ตัวอย่าง แบ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตโดยโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 4 ตัวอย่าง และปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตใช้เองโดยใช้พืชในท้องถิ่นของเกษตรกร จำนวน 4 ตัวอย่าง โดยย่อยตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วยกรดแล้วนำไปหาปริมาณไนโตรเจนด้วยเทคนิคเจลดาห์ หาปริมาณฟอสฟอรัส ตรวจวัดด้วยวิธีวานาโดโมลิบเดต โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร และหาปริมาณโพแทสเซียมโดยใช้เครื่องอะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร จากผลการศึกษาปุ๋ยอินทรีย์น้ำทั้ง 8 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ได้ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม มีปริมาณสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เกษตรกรผลิตเอง พบว่า อยู่ในช่วง 692.30 – 6,320.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณไนโตรเจนพบมากที่สุดอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 3 และพบน้อยที่สุดในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 8 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 26.11– 596.59 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสพบมากที่สุดอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 2 พบน้อยที่สุดในในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 8 เช่นเดียวกัน การหาปริมาณโพแทสเซียมที่ได้อยู่ในช่วง 89.13 – 629.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณโพแทสเซียมพบมากที่สุดอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 2 และน้อยที่สุดได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 5 ดังนั้นจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำทั้ง 8 ตัวอย่าง ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เหมาะสมใช้บำรุงพืชที่ต้องการธาตุอาหารหลักควรเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 3

ABSTRACT

Determination of nitrogen, phosphorus and potassium in eight sample of liquid organic fertilizers were studied. The samples were digested with acid and the amount of nitrogen mass determinance by Kjedahl method. Phosphorus analysis was determined by Vanadomolybdate method was performed at using a UV-spectrophotometer wavelength 420 nm and the analysis of potassium by using an atomic emission spectrophometer wavelength 766.5 nm. The results revealed that nitrogen, phosphorus and potassium

[1] *Correspondent auther:siriponkkw@gmail.com*

** นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสำหรับครู คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

*** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

were found in a wide range of 692.30 – 6,320.30 mg/L, 26.11– 596.59 mg/L and 89.13 – 629.01 mg/L, respectively. The highest amount of both nitrogen were found in sample 3. When is the highest amounts of phosphorus and potassium were found in the some sample content sample number 2. The lowest amount of nitrogen and phosphorus were found in sample 8 and potassium were found in sample 5. It was clear of not in sample 2 and 3 of liquid organic fertilizers in this study can be able use for crop nutrient.

คำสำคัญ : ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม
Key Words : Liquid organic fertilizer, Nitrogen, Phosphorus, Potassium

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ปุ๋ย (Fertilizers) หมายถึง วัสดุหรือสารใด ๆ ที่เติมลงดินโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารพืชอื่น ๆ เพื่อให้พืชได้รับและเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น [9] ประเภทของปุ๋ย สามารถแบ่งได้ 4 ชนิด ได้แก่ 1. ปุ๋ยอนินทรีย์ หมายถึงปุ๋ยที่มีองค์ประกอบเป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic fertilizer) ผลิตโดยผ่านกรรมวิธีทางเคมีสังเคราะห์ อาจเป็นปุ๋ยเดี่ยวหรือปุ๋ยผสม 2. ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่เป็นสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ธาตุอาหารในปุ๋ยจะเกิดประโยชน์ต่อพืชก็ต่อเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เสียก่อน จึงปลดปล่อยออกมาในรูปของสารอนินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น 3. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (Liquid organic fertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่มีจุลินทรีย์ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นส่วนผสมอยู่เป็นปริมาณมาก เมื่อเติมลงดินแล้วสามารถดำเนินกิจกรรมได้ทันทีโดยทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น หรืออาจทำให้พืชได้รับประโยชน์จากธาตุอาหารในดินมากขึ้น และ 4. ปุ๋ยเคมี (Chemical fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตทางเคมี ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบเป็นสารอนินทรีย์ ยกเว้นปุ๋ยยูเรีย (NH_2CONH_2) แบ่งได้เป็น 3 ชนิด [6] ได้แก่ 1. ปุ๋ยอนินทรีย์หรือปุ๋ยเคมี 2. ปุ๋ยอินทรีย์ และ 3. ปุ๋ยชีวภาพ โดยปุ๋ยเคมีได้จากสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ที่ให้ธาตุอาหารพืชหลัก อาหารพืชรองและอาหารพืชเสริมที่จำเป็นแก่พืช แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ แม่ปุ๋ย ซึ่งมีสารประกอบที่มีธาตุอาหารพืชหนึ่งธาตุเป็นองค์ประกอบหลัก และปุ๋ยผสม เป็นปุ๋ยที่ผลิตจากแม่ปุ๋ยตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป มาผสมรวมกันเพื่อให้ได้ปุ๋ยผสมในปริมาณและสัดส่วนของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามความต้องการ ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึงสารประกอบอินทร์ที่มีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบ และเป็นสารปรับปรุงดิน ทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น แหล่งกำเนิดมาจากสารอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ส่วนปุ๋ยชีวภาพ คือปุ๋ยที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ที่ถูกใส่ลงไปในดินหรือให้กับพืชซึ่งจุลินทรีย์จะทำหน้าที่สร้างธาตุอาหารหรือช่วยให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามสำหรับปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ปุ๋ยน้ำหมักพืช น้ำสกัดชีวภาพ จัดเป็นปุ๋ยชนิดเดียวกันทั้งหมด [4] กล่าวคืออยู่ในตระกูลปุ๋ยอินทรีย์ แต่มีการเรียกชื่อต่างกัน เทคนิคการผลิตปุ๋ยเหล่านี้คนไทยได้มีโอกาสเรียนรู้และถ่ายทอดมาจากสาธารณรัฐเกาหลีใต้และประเทศญี่ปุ่น [6]

การใช้ปุ๋ยเคมีในแปลงพืชผลทางการเกษตรของเกษตรกรในปัจจุบัน ได้รับการนิยมเป็นอย่างมาก เพราะมีข้อดีหลายประการ เช่น มีธาตุอาหาร

พืชที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด เก็บรักษาง่าย และสะดวกต่อการขนส่ง นอกจากนี้วิธีการใส่ปุ๋ยไม่ยุ่งยาก โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้มีจำนวนมากขึ้น ทั้งยังทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเหล่านั้นมีคุณภาพดี จำหน่ายได้ในราคาสูง แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าหากใช้ในปริมาณมากอาจทำให้ผลกระทบต่างๆ ตามมา ปุ๋ยเคมีนอกจากจะมีราคาแพงทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรมีราคาสูงขึ้นแล้ว ยังมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภาพรวม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในแปลงพืชผลทางการเกษตรของเกษตรกร ซึ่งนอกจากจะทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง เนื่องจากเกษตรกรสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพไว้ใช้เองได้ ทั้งเกษตรกรรายเล็กและรายใหญ่ๆ และยังสามารถช่วยในการเพิ่มปริมาณผลผลิตให้มากขึ้น และที่สำคัญคือไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

สุรางค์รัตน์ และคณะ [8] ได้ศึกษาและพัฒนาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในจังหวัดเพชรบูรณ์เพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพจากแหนแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน พบว่าปุ๋ยชีวภาพที่พัฒนามีสมบัติทางกายภาพที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยชีวภาพมาตรฐาน และวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน วิเคราะห์โดยวิธีเจลดาห์ ปริมาณฟอสฟอรัสโดยใช้วิธี Bray II แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 825 นาโนเมตร และวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ผลการวิเคราะห์พบว่า ปุ๋ยหมักมาตรฐาน มีปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.0 , 0.35 และ 1.50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยที่ปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการทดลองมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.0–3.0, 2.50–3.70 และ 2.50–3.20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

จันจิรา [3] ได้ศึกษาหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 5 ตัวอย่าง โดยย่อยสลายตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ด้วยกรดผสม แล้วนำไปหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยเทคนิคเจลดาห์ วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธีวานาโดโมลิบเดต วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด วิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร จากผลการศึกษาปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 5 ตัวอย่างพบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.49 – 1.92 โดยน้ำหนัก ซึ่งปริมาณไนโตรเจนพบมากที่สุดอยู่ในตัวอย่าง 1 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ได้ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.40 – 7.07 โดยน้ำหนัก ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสพบมากที่สุดอยู่ในตัวอย่าง 1 เช่นเดียวกัน การหาปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 0.20 – 2.21 โดยน้ำหนัก ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมพบมากที่สุดอยู่ในตัวอย่าง 2 ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์ตัวอย่าง 1 จึงเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับพืชที่ต้องการบำรุงใบและดอก และปุ๋ยอินทรีย์ตัวอย่างที่ 2 จึงเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับพืชที่ต้องการบำรุงผล

นันทิยา [5] ได้ศึกษาหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในมูลไส้เดือนดินเพื่อเปรียบเทียบกับดินใต้มูลไส้เดือน แถบบริเวณโรงเรียนชำสูงพิยาคม บ้านสว่าง บ้านกระนวน บ้านคู อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น หาปริมาณไนโตรเจนวิธีเจลดาห์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธี Bray II และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 820 นาโนเมตร ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่พบในมูลไส้เดือนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.0276– 0.0590 โดยน้ำหนัก บ้านคูมีปริมาณสูงสุด บ้านกระนวนมีปริมาณต่ำสุด ปริมาณไนโตรเจนในดินใต้มูลไส้เดือนมีค่าระหว่าง

ร้อยละ 0.0165 – 0.0212 โดยน้ำหนัก บ้านสว่างมีปริมาณสูงสุด บ้านกระนวน มีปริมาณต่ำสุด ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ที่พบในมูลไส้เดือนอยู่ระหว่าง 10.42 – 45.67 mg/kg บ้านสว่างมีปริมาณสูงสุด บ้านกระนวนมีปริมาณต่ำสุด ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินใต้มูลไส้เดือนมีค่าระหว่าง 2.53 – 33.27 mg/kg บ้านสว่างมีปริมาณสูงสุด บ้านกระนวนมีปริมาณต่ำสุด ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ที่พบในมูลไส้เดือนอยู่ระหว่าง 56.26 – 74.06 mg/kg บ้านสว่างมีปริมาณสูงสุด โรงเรียนซำสูงปริมาณต่ำสุด ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินใต้มูลไส้เดือนมีค่าระหว่าง 6.42 – 40.93 mg/kg บ้านสว่างมีปริมาณสูงสุด บ้านคูมีปริมาณต่ำสุด ผลการศึกษามูลไส้เดือนที่เกิดขึ้นมีคุณค่าเหมาะสมในงานด้านเกษตรกรรม

Cotrufo และคณะ [1] ได้ศึกษาการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีค่าสัดส่วนของ C/N ต่ำ อาจไม่จำเป็นต้องเติมสารไนโตรเจน หรืออาจเติมในปริมาณที่น้อยกว่า เมื่อใช้กับเศษวัสดุที่มีค่า สัดส่วนของ C/N สูง เช่น วัสดุที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงจะมีผลต่อการเพิ่มอัตราการย่อยสลายได้มากขึ้นและใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายสั้นกว่าวัสดุที่ปริมาณไนโตรเจนต่ำ

Hasarin และKunathigan [2] ได้ศึกษาถึงอายุใช้งานของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่วางจำหน่ายในประเทศไทย พบว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากเศษผักยังคงมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณสูงใกล้เคียงกันตลอด 4 เดือนที่ตรวจสอบ แม้จะเก็บไว้ในที่มืดหรือที่มีแสง และยังพบว่าคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพยังคงเหมือนเดิม

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญและเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อไนโตรเจนในดินมีปริมาณพอเหมาะแก่ความต้องการของพืช จะส่งเสริมให้พืชตั้งได้รวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ทำให้ลำต้น กิ่งก้าน และใบเจริญเติบโตได้ดี และยังเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ในพืช ช่วยในการเพิ่มปริมาณโปรตีนและผลผลิตพืชที่ให้เมล็ดและผล [10]

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากธาตุหนึ่ง และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นและการแพร่กระจายของรากในระยะแรกของการเจริญเติบโต การออกดอกออกผลและสร้างเมล็ดของพืช ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนและสารอินทรีย์ที่สำคัญในพืช เป็นองค์ประกอบของสารที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์แสงและการหายใจ พืชสามารถดูดฟอสฟอรัสไปใช้ได้ในรูป $H_2PO_4^-$ และฟอสฟอรัสในรูป HPO_4^{2-} ในดินจะมีฟอสฟอรัสต่ำมาก เมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียม โดยเฉลี่ยแล้วในดินมีฟอสฟอรัสเพียง 0.05 % ดินชั้นบนของดินนาในประเทศไทยมีฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ย 0.02 % [10]

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักในที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่วนสำคัญสำหรับกระบวนการต่าง ๆ ของเซลล์พืช ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาลและแป้งการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลจากใบไปยังผล กระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจเพิ่มปริมาณกรดอินทรีย์และไนโตรเจนที่ใช้ในกระบวนการสร้างโปรตีน โครงสร้างของเอนไซม์ ทำให้พืชแข็งแรงสามารถต้านทานโรค และส่งเสริมคุณภาพของผลผลิต โพแทสเซียมในดินที่พืชนำเอาไปใช้ในประโยชน์ได้นั้นมีวัตถุต้นกำเนิดจากการสลายตัวของหินและแร่มากมายหลายชนิดในดิน โพแทสเซียมที่อยู่ในอนุมูลบวก หรือโพแทสเซียมไอออน (K^+) เท่านั้นที่พืชสามารถดูดไปใช้เป็นประโยชน์ได้ [10] โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของสารประกอบยังไม่แตกตัวออกเป็นอนุมูลบวก (K^+) พืชก็ไม่สามารถดูดไปใช้เป็นประโยชน์ได้ อนุมูลโพแทสเซียมในดิน เมื่อพืชดูด K^+ เข้าไปแล้ว ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอนุมูลโพแทสเซียม โพแทสเซียมในข้าวมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการทางสรีวิทยา เช่น การกระบวนการหายใจ การเปิดปิดปากใบ โดยทั่วไป ข้าวต้องการโพแทสเซียมสูงในระยะแรกของการเจริญเติบโตและระยะหลังของการเจริญเติบโตโดยเฉพาะในระยะกำเนิดช่อดอกจนถึง

ระยะที่ข้าวออกรวงอย่างสมบูรณ์ ซึ่งโพแทสเซียมจะช่วยเพิ่มขนาดและน้ำหนักของเมล็ด [10]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีขายในท้องตลาด ซึ่งไม่ได้ระบุปริมาณธาตุหลักอย่างชัดเจน แต่แจ้งเฉพาะส่วนของพืชที่ต้องการบำรุงเท่านั้น เช่น บำรุงใบ บำรุงดอก บำรุงผล เป็นต้น และศึกษาปริมาณธาตุหลักที่มีในปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากพืช ซึ่งเกษตรกรผลิตใช้เอง โดยใช้วิธีมาตรฐานทางสเปกโทรสโกปีในการตรวจวิเคราะห์ เพื่อเป็นข้อมูลในการตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีจำหน่ายและที่ผลิตโดยเกษตรกรต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ตลอดจนปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตใช้เองของเกษตรกร

2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด และปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตใช้เองของเกษตรกร

วิธีการวิจัย

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

โดยสุ่มตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 4 ตัวอย่าง และจากการหมักของเกษตรกรโดยใช้พืชผักในท้องถิ่นเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำจำนวน 4 ตัวอย่าง รวมปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จำนวน 8 ตัวอย่าง ดังนี้

(1) หัวเชื้อปุ๋ยอินทรีย์น้ำ หัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร

(2) สารอาหารและอาหารเสริม อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี

(3) ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ กรุงเทพมหานคร

(4) สารอินทรีย์สกัด เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

(5) ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากตลาดในเขตเทศบาลเมืองนครขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

(6) ปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักจากกล้วย สับปะรด มะละกอ มะม่วงป่าสุก มะเขือเทศ แตงโม อัตราส่วนเท่า ๆ กัน ผสมกากน้ำตาล หัวเชื้อ EM เวลาในการหมัก 6 เดือน โดยเกษตรกร ต.ในเมือง อ.เมืองขอนแก่น

(7) ปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักจากสับปะรด ผักกาดขาว ผักกะหล่ำดอก มะละกอ มะม่วงป่า แตงโม อัตราส่วนเท่า ๆ กัน ผสมกากน้ำตาล หัวเชื้อ EM เวลาในการหมัก 6 เดือน โดยเกษตรกร ต.ในเมือง อ.เมืองขอนแก่น

(8) ปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักจากมะม่วงป่าสุก ผสมกากน้ำตาล หัวเชื้อ EM เวลาในการหมัก 6 เดือน โดย เกษตรกร ต.ในเมือง อ.เมืองขอนแก่น

ลักษณะของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ลักษณะที่สังเกตได้ มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลข้น มีกลิ่นคล้ายปุ๋ยหมักทั่วไป

การเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากร้านจำหน่ายปุ๋ยในเขตเทศบาลเมือง จังหวัดขอนแก่น และปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากการผลิตของเกษตรกรในเขตอำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ในช่วงเดือนตุลาคม 2556

วิธีการวิเคราะห์

หลักการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน [7] ใช้วิธีเจลดาห์ (Kjeldahl method) เป็นวิธีที่สะดวกและให้ถูกต้อง วิธีนี้มี 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการย่อย การกลั่น และการไทเทรต

1. ขั้นตอนการย่อย (digestion step) เป็นการเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น $(NH_4)_2SO_4$ ขึ้น โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา K_2SO_4:$CuSO_4 5H_2O$: Se ในอัตราส่วน 100:10:1 โดยมวล หนัก 1 กรัมต่อปุ๋ยน้ำ 5 mL แสดงปฏิกิริยา

ดังสมการที่ 1

$$\text{Organic N} + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + CO_{2(g)} + H_2O \quad (1)$$

2. ขั้นตอนการกลั่น (distillation step) ขั้นตอนนี้เป็นการเปลี่ยน $(NH_4)_2SO_4$ ที่เกิดจากการย่อยในขั้นตอนแรกไปเป็นแก๊ส NH_3 โดยเติม NaOH ลงไป จากนั้นจับแก๊สที่เกิดขึ้นด้วยกรดบอริก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังสมการที่ 2 และ 3

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow 2NH_3 + Na_2SO_4 + 2H_2O \quad (2)$$

$$H_3BO_3 + NH_3 \longrightarrow NH_4H_2BO_3 \quad (3)$$

(ammonium borate)

(สีเขียว)

3. ขั้นตอนการไทเทรต (titration step) ขั้นตอนนี้เป็นการไทเทรตหา $NH_4H_2BO_3$ ที่เกิดขึ้น โดยใช้กรด HCl หรือ H_2SO_4 สามารถแสดงปฏิกิริยาดังสมการที่ 4

$$NH_4H_2BO_3 + H^+ \longrightarrow H_2BO_3 + NH_4^+ \quad (4)$$

(ammonium borate) (boric acid)

สีเขียว สีม่วงแดง

ฟอสฟอรัส

หลักการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธีวานาโดโมลิบเดต ใช้กรดเข้มข้นผสม $HClO_4$: HNO_3 ในอัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร ในการย่อยตัวอย่างปุ๋ยให้อยู่ในรูปสารละลายฟอสเฟต จากนั้นทำให้เกิดสีกับ vanadomolydate reagent เกิดเป็นสารเชิงซ้อนวานาโดโมลิบโดฟอสเฟต ซึ่งมีสีเหลือง วัดหาปริมาณฟอสเฟตด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร แล้วเปรียบเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส [7]

โพแทสเซียม

หลักการวิเคราะห์โพแทสเซียม ใช้กรดผสม เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส ย่อยปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และใช้เทคนิคอะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรโฟโทเมตรี โดยโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของสารละลายจะถูกความร้อนจากเปลวไฟ ทำให้เปลี่ยนเป็นอะตอม อะตอมของโพแทสเซียมนี้ จะปลดปล่อยพลังงานแสงออกมาเป็นปฏิภาคโดยตรงกับจำนวนอะตอมของโพแทสเซียมที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่าง ซึ่งสามารถวัดพลังงานแสงที่ปล่อยออกมานี้ด้วยเครื่องอะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร [7]

ค่าร้อยละการกลับคืน (% Recovery) ของไนโตรเจน

ทดลองหาค่าร้อยละการกลับคืนของไนโตรเจน ในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วยเครื่องกลั่นเจลดาห์ โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานไนโตรเจนความเข้มข้น 100 mg/L ไปกลั่นหลังจากนั้นนำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.0025 mol/dm3 แล้วคำนวณหาค่าร้อยละการกลับคืนของไนโตรเจน

ค่าร้อยละการกลับคืน (% Recovery) ของฟอสฟอรัส

ทดลองหาค่าร้อยละการกลับคืนของฟอสฟอรัส

ในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เติมสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสความเข้มข้น 5 mg/L

ค่าร้อยละการกลับคืน (% Recovery)

ทดลองหาค่าร้อยละการกลับคืนของโพแทสเซียม ในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ด้วยเครื่องอะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร โดยการวัดค่าการคายแสงของสารละลายตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 2 mg/L

ผลการวิจัย

ค่าร้อยละการกลับคืนของไนโตรเจนเท่ากับ 99.75 จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์น้ำในหน่วย mg/L ทั้ง 8 ตัวอย่าง โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ทดลองได้ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ตัวอย่างที่ 1 ถึงตัวอย่างที่ 4 ซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตโดยอุตสาหกรรมมีฉลากบอกองค์ประกอบเป็นไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ แต่ไม่แจ้งปริมาณ ทั้ง 4 ตัวอย่าง พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด อยู่ในช่วง 1,161.30±4.00 ถึง 6,320.30±4.00 mg/L ซึ่งโดยรวมปริมาณสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้จากการผลิตของเกษตรกร ซึ่งเป็นน้ำหมักจากพืช อยู่ในช่วง 692.30±10.70 ถึง 1,488±7.00 mg/L จะเห็นว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์น้ำและจะมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด [3] หรือปุ๋ยเคมีซึ่งจะแจ้งปริมาณที่มีไว้บนภาชนะที่บรรจุ

การทดลองหาค่าร้อยละการกลับคืนของฟอสฟอรัสในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พบว่าร้อยละการกลับคืนของฟอสฟอรัส อยู่ในช่วง 93.54–101.25 ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ย่อยแล้วของปุ๋ยอินทรีย์น้ำแต่ละตัวอย่าง เทียบกับกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส เพื่อคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัส (mg/L) พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม 4 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 26.58±0.31 ถึง 596.59±0.75 mg/L ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 2 มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ 596.59±0.75 mg/L และปริมาณฟอสฟอรัสจากการผลิตของเกษตรกร 4 ตัวอย่างซึ่งพบว่า อยู่ในช่วง 26.11±0.18 ถึง 164.57±0.38 mg/L และตัวอย่างที่ 7 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด คือ 164.57±0.38 mg/L

การทดลองหาค่าร้อยละการกลับคืนของโพแทสเซียมในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พบว่า ร้อยละการกลับคืนของโพแทสเซียม มีค่าอยู่ในช่วง 91.00–101.50 ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ โดยนำค่าการคายแสงของสารละลายตัวอย่างที่ย่อยแล้วของปุ๋ยอินทรีย์น้ำแต่ละตัวอย่าง เทียบกับกราฟมาตรฐานของโพแทสเซียม เพื่อคำนวณหาปริมาณโพแทสเซียม (mg/L) พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม 4 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 225.91±0.63 ถึง 629.01±0.51 mg/L ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 3 มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุด คือ 629.01±0.51 mg/L และปริมาณโพแทสเซียมจากการผลิตของเกษตรกร 4 ตัวอย่างซึ่งพบว่า อยู่ในช่วง 89.13±0.0.73 ถึง 305.84±1.49 mg/L ตัวอย่างที่ 7 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุด คือ 305.84±1.49 mg/L

สรุปและอภิปรายผล

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำทั้ง 8 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนมากที่สุดอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 3 คือ 6,320.30 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมากที่สุด อยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำตัวอย่างที่ 2 คือ 596.59 mg/L ส่วนปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดมากที่สุด อยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ตัวอย่างที่ 3 คือ 629.01 mg/L ปริมาณไนโตรเจนที่พบในปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรมมีปริมาณ

สูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตโดยเกษตรกรมาก ซึ่งเป็นไปได้ว่า ใช้วัตถุดิบโดยใช้สัตว์เป็นวัตถุดิบ ให้ไนโตรเจนปริมาณสูงกว่าพืช [4] เนื่องจากการวิจัยปุ๋ยอินทรีย์เป็นปุ๋ยชนิดของเหลว ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์น้ำปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร จะมีมวลมากกว่า 5.0 กรัม และสรุปได้ว่า ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในปริมาณที่ต่ำมาก ๆ

นอกจากนั้น จะเห็นได้ว่า ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่วิเคราะห์นั้น มีธาตุอาหารพืชน้อยกว่าปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด [3] ธาตุอาหารจะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ และควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้ตรงเวลาที่พืชต้องการได้ยาก ไม่สามารถปรับแต่งปุ๋ยอินทรีย์น้ำให้เหมาะสมกับดินและพืชได้ อีกทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตต่างกัน ปริมาณธาตุอาหารที่ได้จะต่างกันด้วย เมื่อการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต้องใช้ในปริมาณมากจึงจะให้ธาตุอาหารเพียงพอแก่พืช มีปัญหาทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตาม การผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำใช้เองของเกษตรกรนอกจากจะช่วยลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตรได้แล้ว ยังช่วยลดปัญหาผลผลิตมากเกินไป โดยนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำตลอดจนผลิตเพื่อจำหน่ายในชุมชนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดลองหาธาตุอาหารพืชในที่ใช้พืชหรือสัตว์ชนิดเดียวกัน อัตราส่วนผสมเหมือนกัน แต่ระยะเวลาในการหมักต่างกัน เพื่อให้สามารถเลือกใช้วัตถุดิบ ตลอดจนระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสม

2. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ขายในท้องตลาดมีหลายชนิด แต่ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้เพียง 4 ชนิดเท่านั้น และปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เกษตรกรผลิตใช้เองเลือกใช้อีก 4 ชนิด ดังนั้นควรมีการศึกษาที่อาจมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ได้และจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์อื่น ๆ ด้วย เช่น ทดลองหาปริมาณโลหะอื่น ๆ ได้แก่ แมงกานีส เหล็ก ตะกั่ว ทองแดง เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม เรืองวิริยะชัย ในฐานะเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล และ ดร.สุวัตร นานันท์ กรรมการสอบเค้าโครง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนาวัลย์ หมู่โสภณ ประธานกรรมการสอบป้องกันการสอบการศึกษาอิสระที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการทำงานวิจัย และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้การศึกษาอิสระฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ สารเคมี และสถานที่ในการทำวิจัย ขอบคุณคุณนาถ ภูวงศ์ผา ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่แนะนำการใช้อุปกรณ์อะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ในการหาปริมาณโพแทสเซียม คุณดวงสมร ตุลาพิทักษ์ ศูนย์ศึกษาค้นคว้าวิจัยและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องย่อยตัวอย่างและเครื่องเจลดาห์ จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จตามความมุ่งหวัง

เอกสารอ้างอิง

1. Cotrufo MF, Ineson P, Robert JD. Decomposition of Birch leaf litter with varying C-to-N-Ratios. Soil Biology and Biochemistry; 1995. 27: 1219-1221.
2. Hasarin N, Kunathigan V. The study of shelf life for liquid biofertilizer from vegetable waste. Faculty of Biotechnology. Assumption University Bangkok. Thailan; 2008. 11(4): 204-208.

3. Tuaynun J. Determination of total nitrogen, phosphorus and potassium in organic fertilizer. Master of Science. Department of Chemistry for teacher. Faculty of Science, Khon Kaen University; 2012. Thai
4. Tauon M. Manadement of fertilizer and soil to papaya:practical and theoretical. Department of Plant Sciences and the Faculty of agricultural sciences. Faculty of Agriculture. Kasetsart University; 2008. Thai.
5. Sena N. Determination of total nitrogen, phosphorus and potassium in Earthworm Feces and The soil under Earthworm Feces. Master of Science. Department of Chemistry for teacher. Faculty of Science, Khon Kaen University; 2012. Thai.
6. Russameetumawong P. 108 Production formula fertilizer:Strategic solve poor survival of farmers in Thailand. Publisher Karat. Bankok; 1994 Page 52-52. Thai.
7. Suwanarong S. Analysis of plant nutrient. Printing time 2 publishing: Kasetsart University: Bankok; 2004. 141 page Thai
8. Pansang S, kaewkrom P, Sreeplung K.Use of agricultural wasts in Phetchabun province for bio-fertilizer production by Azolla spp. and blue-green algae. Research of Science and technology. Phetchabun Rajabhat University; 2011. Thai.
9. Mala T. Organic fertilizer and bio-fertilizers:a technique to produce and application. Department of Soil Science. Faculty of Agriculture kamphaeng Saen Kasetsart, Kamphaeng Saen campus. Kasetsart University; 2007. Thai
10. Osatapa Y. Plant nutrient. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture. Kasetsart University. Bankok; 2003. Thai

ตารางที่ 1 รายละเอียดข้อมูลการหาร้อยละการกลับคืนของฟอสฟอรัสโดยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

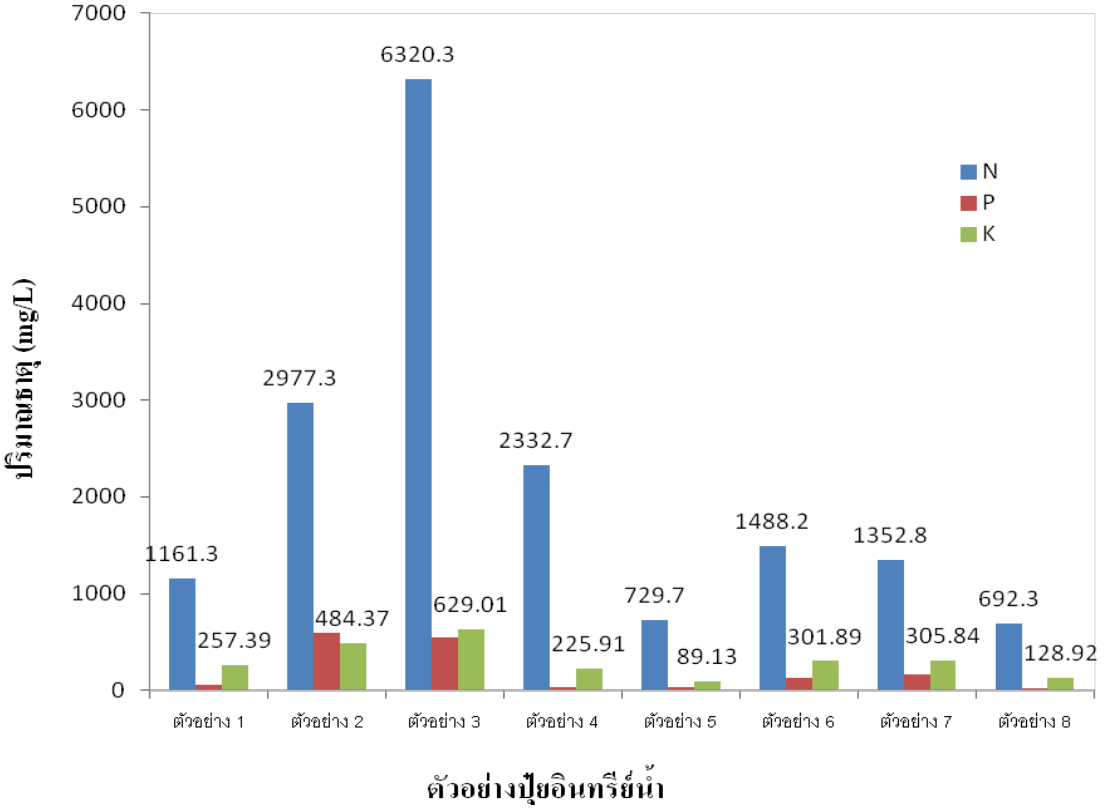
ตัวอย่างปุ๋ย	ค่าการดูดกลืนแสง (ค่าเฉลี่ย)	ปริมาณฟอสฟอรัส (mg/L)		% Recovery
		Non spike P	Spike P	
1	0.1982	60.3110	65.2239	98.26
2	0.8293	596.5920	601.4179	96.52
3	0.7697	551.9400	556.9403	100.01
4	0.2027	28.5758	33.4515	97.51
5	0.1935	27.0583	31.7351	93.53
6	0.3957	133.8680	138.9179	100.10
7	0.4777	164.5650	169.5149	99.01
8	0.1905	26.1130	31.1754	101.25

ตารางที่ 2 รายละเอียดข้อมูลการหาร้อยละการกลับคืนของโพแทสเซียมด้วยโดยเครื่องอะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ตัวอย่างปุ๋ย	ปริมาณโพแทสเซียม (mg/L)		% Recovery
	Non spike K	spike K	
1	257.39	259.37	99.00
2	484.37	486.19	91.00
3	629.01	630.96	95.50
4	225.91	227.87	98.00
5	89.13	91.12	99.50
6	301.89	303.81	96.00
7	305.84	307.87	101.50
8	128.92	130.94	101.00

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

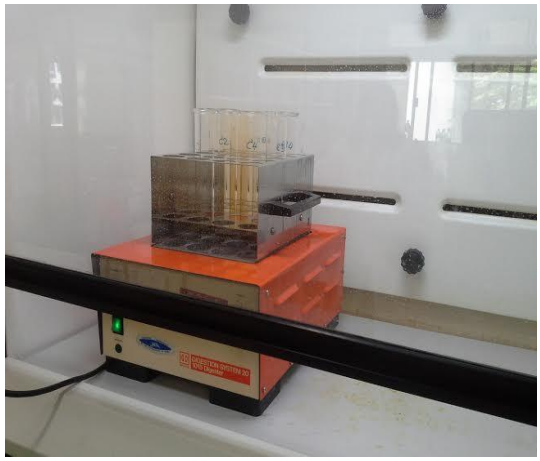
ตัวอย่างปุ๋ย	ปริมาณธาตุอาหารพืชที่พบในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (ค่าเฉลี่ย)		
	ไนโตรเจน (mg/L)	ฟอสฟอรัส (mg/L)	โพแทสเซียม (mg/L)
1	1,161.30±4.00	60.31±0.43	257.39±0.74
2	2,967.30±8.10	596.59±0.75	484.37±0.86
3	6,320.30±0.40	551.94±0.98	629.01±0.51
4	2,332.70±8.10	28.58±0.31	225.91±0.63
5	729.60±4.00	27.07±0.43	89.13±0.73
6	1,488.00±0.70	133.87±0.69	301.89±0.54
7	1,352.90±8.10	164.57±0.38	305.84±1.49
8	692.30±10.70	26.11±0.18	128.92±0.51



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ภาพที่ 2 ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ภาพที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเตรียมย่อย



ภาพที่ 4 เครื่องย่อยปุ๋ย

ภาพที่ 5 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ย่อยแล้ว รอการวิเคราะห์