หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิชาการของโลกได้รุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว แต่ปัญหาที่โลกกำลังเผชิญอยู่ก็คือการผลิตอาหารให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรของโลก ซึ่งกำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นสิ่งที่ต้องกระทำในขณะนี้ก็คือการเพิ่มผลผลิตทางเกษตรและการใช้ปุ๋ยเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มผลผลิตโดยใช้เวลาอันสั้นและไม่ต้องใช้เนื้อที่เพาะปลูกที่มีอยู่อย่างจำกัดนั้นเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งมีผลผลิตทางเกษตรเป็นหลัก การเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงรายได้และมาตรฐานการครองชีพจะต้องพัฒนาในด้านเศรษฐกิจโดยระยะเริ่มแรกจะต้องพัฒนาทางด้านเกษตรก่อน การประกอบกิจการทางเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพนั้นสามารถเพิ่มอาหารและเครื่องนุ่งห่มได้ซึ่งปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง ยิ่งในอนาคตการเพิ่มผลผลิตจำเป็นต้องมีมากขึ้นเป็นทวีคูณ ความต้องการปุ๋ยก็ย่อมมากขึ้นด้วย จึงเห็นสมควรที่จะได้ศึกษาถึงธรรมชาติและคุณสมบัติของปุ๋ยชนิดนั้น ๆ ว่าประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง และผลิตขึ้นได้อย่างไรเป็นต้น

ปุ๋ยที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทยส่วนใหญ่สั่งมาจากต่างประเทศ ส่วนที่ผลิตหรือผสมขึ้นในประเทศนั้นมีน้อย เพราะขาดวัตถุดิบ การผลิตปุ๋ยนั้นมีวิธีผลิตได้หลายวิธีด้วยกัน แต่ละวิธีก็มีการใช้วัตถุดิบและผลิตผลที่ได้แตกต่างกันไปและปุ๋ยที่นิยมใช้กันในปัจจุบันได้แก่ปุ๋ยอนินทรีย์ซึ่งเป็นปุ๋ยผสม ในทางกฎหมายการประกันคุณภาพของปุ๋ยจะระบุเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen), P_2O_5 ที่เป็นประโยชน์ (available P_2O_5) และโพแทชที่ละลายน้ำ (water soluble potash, K_2O) โดยไม่ทราบส่วนประกอบที่แท้จริงของปุ๋ยว่า ธาตุ NPK เหล่านั้นมาจากสารประกอบชนิดใด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์นี้ก็คือ การศึกษาถึงสารประกอบในปุ๋ยผสม ซึ่งจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มของการใช้วัตถุดิบในการผลิตปุ๋ย โดยการวิเคราะห์ทางคุณภาพของปุ๋ยโดยอาศัยเทคนิคทางเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (x-ray diffraction)และเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกทอเมตรี (x-ray diffractometry) ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาสารประกอบที่ผสมกันอยู่ในปุ๋ย รวมถึงการนำผลที่ได้ไปใช้ในการตรวจสอบชนิดของปุ๋ยที่นำเข้ามาหรือผสมขึ้นในประเทศ

นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืช ไนโตรเจน, โพแทสเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุหลักของพืชรวมทั้งธาตุอาหารบางธาตุเช่น กำมะถัน, คลอรีน, แคลเซียมและแมกนีเซียม

นอกจากนี้ยังได้นำวิธีการทางเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (x-ray fluorescence) ซึ่งในประเทศไทยมีเครื่องมือชนิดนี้ซึ่งในปัจจุบันวิเคราะห์หาธาตุได้ถึงธาตุฟลูออรีน ดังนั้นเมื่อนำเทคนิคนี้เข้ามาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่าง ๆ ในปุ๋ย จึงสามารถวิเคราะห์ธาตุ ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม แมกนีเซียม, กำมะถันและคลอรีน ซึ่งได้มีการหาปริมาณธาตุดังกล่าวโดยวิธีนี้เปรียบเทียบกับวิธีวิเคราะห์ทางเคมี โดยธาตุที่จะนำมาวิเคราะห์จะต้องวิเคราะห์ในเทอมของธาตุทั้งหมด (total element)

ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นปุ๋ยผสมเกรดต่าง ๆ กัน ซึ่งมีทั้งปุ๋ยผสมที่สมบูรณ์ (complete fertilizer) และปุ๋ยผสมที่ไม่สมบูรณ์ (incomplete fertilizer) แหล่งที่เก็บตัวอย่างปุ๋ยส่วนใหญ่เก็บมาจากโรงงานผสมปุ๋ยในประเทศ, บริษัทหรือห้างร้านที่เป็นตัวแทนสั่งปุ๋ยเข้ามาจำหน่ายในราชอาณาจักร และร้านขายปลีก

การวิเคราะห์ปุ๋ยทางคุณภาพ (Qualitative analysis) กระทำได้โดยนำปุ๋ยที่บดแล้วมาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชันโดยถ่ายภาพด้วยกล้องผลึกผงกิเนียร์-เฮกก์ (Guinier-Hägg focusing powder camera XDC-700) และเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกทอมิเตอร์ (x - ray diffractometer) ซึ่งจะเปรียบเทียบแพทเทิร์น (pattern) ของตัวอย่างปุ๋ยกับสารมาตรฐานที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหรือเป็นสารประกอบในปุ๋ยผสม ก็จะทราบส่วนประกอบของปุ๋ยผสมนั้น ๆ

การวิเคราะห์ปุ๋ยทางปริมาณ (Quantitative analysis) ซึ่งทำการวิเคราะห์ทั้งทางเคมีและเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ การวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ทางเคมีได้แก่ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, กำมะถัน, คลอรีน, แคลเซียมและแมกนีเซียม โดยไนโตรเจนจะวิเคราะห์ในรูปของไนเตรต, แอมโมเนียมและยูเรีย ฟอสฟอรัสวิเคราะห์ในรูปของ P_2O_5 ที่เป็นประโยชน์ P_2O_5 ที่ละลายน้ำ และ P_2O_5 ทั้งหมด โพแทสเซียมในรูปของ K_2O ที่ละลายน้ำและ K_2O ทั้งหมด ส่วนกำมะถัน, คลอรีน, แคลเซียมและแมกนีเซียมจะวิเคราะห์ในรูปของธาตุทั้งหมด สาเหตุการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อตรวจสอบดูปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยและนำผลที่ได้ไปยืนยันการวิเคราะห์ปุ๋ยทางคุณภาพอีกด้วย

เมื่อนำเทคนิคทางเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์มาใช้ในการวิเคราะห์ปุ๋ย ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาปริมาณธาตุได้มากมาย การวิเคราะห์โดยวิธีนี้มีขีดจำกัด สำหรับธาตุที่มีอะตอมมิกนัมเบอร์ต่ำ ๆ ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เช่นธาตุไนโตรเจน เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์คือเอ็กซ์เรย์สเปกโตรมิเตอร์

PW 1410/20 AHP จากบริษัทฟิลิปส์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ธาตุที่มีอะตอมมิกนัมเบอร์สูงถึงต่ำ กล่าวคือ ธาตุหนัก ๆ จนถึงธาตุเบา ขีดความสามารถของเครื่องมือที่จะใช้วิเคราะห์ได้ถึงธาตุฟลูออรีน การวิเคราะห์โดยวิธีนี้เริ่มแรกจะทำการตรวจสอบธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปุ๋ยผสมชนิดต่าง ๆ ว่ามีธาตุอะไรบ้าง โดยการซแกน (scan) มุม 2θ ตั้งแต่ค่ามุมน้อย ๆ ไปยังค่ามุมมาก ธาตุที่ผสมกันอยู่ในปุ๋ยจะปรากฏให้เห็นเป็นพีค (peak) ส่วนการวิเคราะห์ทางปริมาณนั้นยังไม่มีผู้ใดนำเทคนิคนี้มาใช้ในการวิเคราะห์ปุ๋ย การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่าง ๆ ในปุ๋ยโดยวิธีนี้อาจจะทำการวิเคราะห์โดยตรงไม่ได้ เนื่องจากขณะนี้ยังไม่มีปุ๋ยมาตรฐาน ซึ่งทราบปริมาณธาตุต่าง ๆ อย่างแน่นอน การวิเคราะห์จึงไม่สามารถคำนวณหาปริมาณธาตุต่าง ๆ ได้จากกราฟมาตรฐาน การทดลองจึงทำได้โดยการนำผลการวิเคราะห์ทางเคมีของธาตุต่าง ๆ คือ P, K, Ca, Mg, S และ Cl ในเทอมของธาตุทั้งหมดมาใช้ควบคู่ไปกับการทดลองซึ่งจะคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีโดยคำนวณหาค่า relation coefficient (γ^2) โดยใช้วิธีคำนวณแบบกำลังสองน้อยที่สุด (least - squares method) และเนื่องจากเครื่องเอ็กซ์เรย์สเปกโตรมิเตอร์ที่ใช้กำลังอยู่ในระหว่างการทดลองเครื่อง จึงเลือกตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์มาเพียง 6 ตัวอย่างเพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ต่อไป

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆ ทางเคมี มีรายละเอียดดังนี้คือ

ไนโตรเจน : ไนโตรเจนในปุ๋ยจะมีอยู่ในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรตเป็นส่วนใหญ่ และส่วนน้อยในรูปของยูเรีย การวิเคราะห์หาไนโตรเจนทำได้โดยการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนทุกรูปให้เป็นกาซแอมโมเนีย และให้กาซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นผ่านลงไปในกรดมาตรฐาน กรดที่เหลือนำไปไตเตรตกับด่างมาตรฐานอีกทีหนึ่ง แต่ในการทดลองนี้ผ่านกาซแอมโมเนียลงในกรดบอริก ซึ่งสะดวกโดยไม่จำเป็นต้องทราบความเข้มข้นของกรดบอริกที่แน่นอน แต่มีปัญหาในการใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งในการทดลองนี้ใช้อินดิเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิล เรด กับ เมทิลีน บลู ในสารละลายของแอลกอฮอล์ ทำให้การไตเตรตหาจุดยุติ (end point) ได้ดีและถูกต้องยิ่งขึ้น สำหรับแอมโมเนียมไนโตรเจนเปลี่ยนให้ออกมาเป็นกาซแอมโมเนียได้โดยการต้มกับด่างโดยตรง โดยมีแมกนีเซียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ไนเตรตและยูเรียไนโตรเจนต้องเปลี่ยนไนโตรเจนให้เป็นเกลือแอมโมเนียมก่อนแล้วจึงไล่กาซแอมโมเนียโดยการต้มกับด่าง สำหรับการเปลี่ยนไนเตรตไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียมไนโตรเจน ทำได้โดยการรีดิวส์ไนเตรตด้วยโลหะผสมของดีวาดา (Devarda's alloy) ซึ่งประกอบด้วย 50%Cu, 45%Al และ 5%Zn ส่วนยูเรียนั้นถูกเปลี่ยนให้เป็นเกลือแอมโมเนียมโดยการกระตุ้นด้วย

เอ็นไซม์ยูเรียเอส (urease)

ฟอสฟอรัส : ธาตุฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (available phos - phorus) โดยทั่วไปมักจะอยู่ในรูปของ primary orthophosphate ion ($H_2PO_4^-$) เป็นส่วนใหญ่และมี secondary orthophosphate (HPO_4^{2-}) บ้าง ซึ่งปุ๋ยผสมส่วนใหญ่จะมีสารประกอบของอิออนเหล่านี้อยู่ เช่น โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต ($NH_4H_2PO_4$ หรือ MAP) และไดแอมโมเนียมฟอสเฟต {$(NH_4)_2HPO_4$ หรือ DAP} เป็นต้น ฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์หานี้จะวิเคราะห์ในรูปของฟอส-ฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ การหาปริมาณฟอสฟอรัสนั้นขั้นแรกจะต้องสะกัดเอาธาตุฟอสฟอรัสออกจากปุ๋ย การสะกัดฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำนั้นทำได้โดยการละลายปุ๋ยในน้ำ จากนั้นนำสารละลายของฟอสฟอรัสมาวิเคราะห์ทางสเปกโตรโฟโตเมตรี (spectrophotometry) โดยทำให้เกิดสีเหลืองของ molybdovanadophosphate complex (1) ซึ่งความเข้มของสีวัดได้โดยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) การหาฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำนั้นเพื่อตรวจสอบหรือยืนยันผลการวิเคราะห์ทางคุณภาพของปุ๋ยผสมชนิดนั้น ๆ ว่าเป็นเกลือของฟอสฟอรัสชนิดใด ส่วนการหาฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นทำได้ 2 วิธี วิธีแรกโดยการหาผลรวมระหว่างฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำกับฟอสฟอรัสที่ละลายในซิเตรต วิธีที่สองหาได้จากผลต่างระหว่างฟอสฟอรัสทั้งหมดกับฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายซิเตรต วิธีที่สองเป็นวิธีที่นิยมทำกันเพราะสะดวกและได้ผลแน่นอน การสะกัดฟอสฟอรัสทั้งหมดจากปุ๋ยผสมทำได้โดยการย่อยด้วยกรดผสมระหว่างกรดคลอริก (VII) เข้มข้นกับกรดไนตริกเข้มข้น ส่วนฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายในสารละลายซิเตรตนั้น ได้จากการล้างปุ๋ยผสมด้วยน้ำและสารละลายสะเทินแอมโมเนียมซิเตรต แล้วนำกากที่เหลือไปย่อยด้วยกรดผสมเช่นเดียวกับการหาฟอสฟอรัสทั้งหมด แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ทางสเปกโตรโฟโตเมตรี

โพแทสเซียม : วิธีวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโพแทสเซียมในปัจจุบันที่นิยมกันมากคือ เฟลม - โฟโตเมตรี (flame photometry) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้สะดวกรวดเร็วและความว่องไวสูง เนื่องจากในปุ๋ยผสมมีสารประกอบต่าง ๆ ปนอยู่มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบพวกฟอสเฟต, ซัลเฟต และซิลิเกต จะทำให้เกิดการรบกวนโดยสารประกอบดังกล่าวจึงทำให้ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโพแทสเซียมได้น้อยกว่าปกติ สิ่งรบกวนเหล่านี้สามารถถูกขจัดได้โดยการเติมสารละลายซึ่งเรียกว่าสารละลายซัพเพรสเซอร์ (suppressor solution) ลงไป ซึ่งในการทดลองนี้ใช้สารละลายของแคลเซียมเป็นสารละลายซัพเพรสเซอร์ โพแทสเซียมที่วิเคราะห์หาปริมาณนี้จะวิเคราะห์ทั้งโพแทสเซียม

ที่ละลายน้ำซึ่งใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการประกันปุ๋ยทางการค้าและโพแทสเซียมทั้งหมดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธีเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์

กำมะถันและคลอรีนทั้งหมด : การหาปริมาณของกำมะถันทั้งหมดทำได้โดยการตกตะกอนเป็นแบเรียมซัลเฟต สำหรับการหาปริมาณคลอรีนทั้งหมดนั้นทำการวิเคราะห์ได้โดยหาปริมาณคลอไรด์ที่ละลายในน้ำ เพราะสารประกอบของคลอรีนนั้นโดยมากจะอยู่ในรูปของเกลือคลอไรด์ซึ่งละลายน้ำได้ดี วิธีวิเคราะห์หาคลอรีนทำได้โดยไตเตรตกับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ซึ่งหาจุดยุติได้โดยวิธีโพเทนชิโอเมตริก ไตเตรชัน (potentiometric titration) ซึ่งหาจุดยุติของการไตเตรตได้แน่นอนกว่าการใช้อินดิเคเตอร์

แคลเซียมและแมกนีเซียม : เนื่องจากธาตุทั้งสองชนิดนี้มีปริมาณน้อย วิธีวิเคราะห์หาปริมาณโดยทั่วไปมักใช้อะตอมมิกแอบซอพชันสเปกโตรโฟโตเมตรี (atomic absorption spectrophotometry) ซึ่งใช้หาปริมาณธาตุน้อย ๆ ได้อย่างกว้างขวางและสามารถใช้วิเคราะห์กับสารตัวอย่างได้แทบทุกชนิดและสำหรับการหาปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมก็เช่นเดียวกับโพแทสเซียมซึ่งจะเกิดการรบกวนของสารประกอบอื่น ๆ ซึ่งถูกขจัดโดยการเติมสารละลายซัพเพรสเซอร์ของสตรอนเทียมหรือแลนทานัม (2)