ห้องสมุดกรมวิชาการเกษตร

ผลงานฉบับเต็ม

ของ

นางนรีลักษณ์ ชูวรเวช

ตำแหน่งนักวิชาการเกษตร 6 ว

ตำแหน่งเลขที่ 1098

กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

นักวิชาการเกษตร 7 ว

ด้านวิจัยและพัฒนา ตำแหน่งเลขที่ 1098

กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ห้องสมุดกรมวิชาการเกษตร
วันที่ 27 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2548

ผลงานฉบับเต็ม

ของ

นางนรีลักษณ์ ชูวรเวช

ตำแหน่งนักวิชาการเกษตร 6 ว

ตำแหน่งเลขที่ 1098

กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

นักวิชาการเกษตร 7 ว

ด้านวิจัยและพัฒนา ตำแหน่งเลขที่ 1098

กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สารบัญผลงานทางวิชาการ

เรื่องที่		หน้า
1	ประสิทธิภาพของปุ๋ยทางใบผสมใช้เอง	1
2	ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด	19

กรมวิชาการเกษตร

ประสิทธิภาพของปุ๋ยทางใบผสมใช้เอง

Efficiency of Mixed Foliar Fertilizer

นรีลักษณ์ ชูวรเวช **สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์** **ยุพิน สรวิสูตร**

กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน **กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา**

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยทางใบที่ผสมใช้เอง เพื่อหาระยะเวลาการใช้และความเข้มข้นที่เหมาะสม ได้ดำเนินการในเรือนทดลองของกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา ในช่วงเดือนมีนาคม 2542 – มีนาคม 2543 วางแผนการทดลองแบบ (11x4) + 1 Factorial in CRD ทำ 3 ซ้ำ ปัจจัยหลักประกอบด้วย ความเข้มข้น ของปุ๋ยทางใบ 11 ระดับ และปัจจัยรองประกอบด้วย จำนวนครั้งของการฉีดพ่นปุ๋ยในระยะต่างๆ เปรียบเทียบกับการไม่ใช้ปุ๋ยทางใบ การทดลองใช้ปุ๋ยผสม 3 ชนิดคือ ชนิดที่มีไนโตรเจนสูง (28-14-14) ชนิดที่มีฟอสเฟตสูง (15-30-20) และชนิดที่มีโพแทชสูง (15-15-30) ทำการทดลองในกระถางโดยใช้ดินชุดกำแพงแสน ใช้คะน้าเป็นพืชทดสอบปุ๋ยไนโตรเจน และข้าวโพดเป็นพืชทดสอบปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทช ผลการทดลองในคะน้าพบว่าการใส่ปุ๋ยทางดิน (15-15-15) ให้น้ำหนักสดของคะน้าสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยทางดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูง (28-14-14) ที่ความเข้มข้นของปุ๋ยทุกอัตรา (100-1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร) ฉีดพ่นที่ระยะเวลาต่างๆ กันทั้ง 4 ระยะ ไม่มีความแตกต่างของน้ำหนักสด แต่ให้น้ำหนักสดคะน้าสูงกว่าการใส่ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว การทดลองปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตสูง (15-30-20) ในข้าวโพดพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินให้ความสูงน้ำหนักแห้ง และการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเลย การใส่ปุ๋ยทางดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยทางใบทุกอัตราความเข้มข้นและจำนวนครั้งที่ฉีดพ่นปุ๋ยให้ความสูงของข้าวโพดไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว แต่ให้น้ำหนักแห้งสูงกว่า การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ 4 ครั้งให้น้ำหนักแห้งข้าวโพดสูงสุด การดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงสุดที่อัตราความเข้มข้น 900 และ 1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร แต่ไม่แตกต่างกันกับอัตรา 100–800 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และการใส่ปุ๋ยทางดินอย่างเดียวมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยทางใบอัตรา 100–800 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ส่วนผลการทดลองปุ๋ยทางใบที่มีโพแทชสูง (15-15-30) กับข้าวโพดพบว่าการใส่ปุ๋ยทางดินให้ความสูง น้ำหนักแห้งและการดูดใช้โพแทสเซียมสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเลย และการใส่ปุ๋ยทางดินอย่างเดียวให้ความสูง น้ำหนักแห้ง การดูดใช้โพแทสเซียมไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยทางดินร่วมกับปุ๋ยทางใบทุกอัตราความเข้มข้นและจำนวนครั้งการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบก็ไม่มีความแตกต่างทั้งความสูง น้ำหนักแห้ง และการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพด ดังนั้นการใส่ปุ๋ยทางดินร่วมกับปุ๋ยทางใบให้ผลผลิตดีกว่าการใช้ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว และการผสมปุ๋ยทางใบใช้เองมีราคาถูกกว่าปุ๋ยทางใบสำเร็จรูปประมาณ 3-5 เท่า ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนปัจจัยการผลิตได้ทางหนึ่ง

รหัสทะเบียนวิจัย 42 09 008 009

รหัสทะเบียนวิจัย 42 09 008 011

รหัสทะเบียนวิจัย 42 09 008 012

คำนำ

ปี พ.ศ. 2545 ประเทศไทยนำเข้าปุ๋ยเคมีประมาณ 3.44 ล้านตัน ส่วนใหญ่เป็นปุ๋ยใช้ทางดิน มีเพียง 0.43% ที่เป็นปุ๋ยใช้ทางใบ กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2546) ปัจจุบันมีการใช้ปุ๋ยทางใบเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เกษตรกรไทยโดยทั่วไปจะทราบวิธีการใช้ปุ๋ยทางใบแต่ยังไม่เข้าใจดีถึงประสิทธิภาพของปุ๋ยชนิดนี้ หรือวิธีที่จะเพิ่มผลผลิตและคุณภาพด้วยวิธีการลงทุนที่ต่ำที่สุด การใช้ปุ๋ยทางใบเป็นวิธีการให้ปุ๋ยแก่พืชอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้และเทคนิคในการปฏิบัติต่าง ๆ มากพอควร เช่น ชนิด และการละลายของธาตุอาหาร ปริมาณและความเข้มข้นของธาตุอาหาร อายุของพืช ความถี่และเวลาที่ควรฉีดพ่นปุ๋ย หากใช้อย่างถูกต้องจะแก้ไขอาการขาดธาตุอาหารได้เร็วกว่าการให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารทางราก นอกจากนี้มักจะใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืช โดยเฉพาะใช้กับพืชที่มีการเก็บเกี่ยวหลายครั้งและมีราคาแพง หรืออาจใช้ปุ๋ยทางใบในกรณีพิเศษคือ เมื่อพืชไม่สามารถใช้รากดูดใช้ปุ๋ยหรือธาตุอาหารตามปกติทางดินได้ เนื่องจากความไม่เหมาะสมหรือข้อจำกัดของดิน เช่น ดินเป็นกรดจัด หรือเป็นด่างมากเกินไป หรือดินมีน้ำท่วมขัง ทำให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารได้น้อยมาก จำเป็นต้องเสริมหรือเพิ่มเติม โดยการฉีดพ่นปุ๋ยทางลำต้นและใบ เพื่อให้พืชได้ใช้ธาตุอาหารได้ทันและเพียงพอต่อความต้องการ หรือเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพมากขึ้น มีการทดลองใช้ปุ๋ยทางใบสำเร็จรูปกับต้นหม่อน พบว่า การใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีและฉีดพ่นปุ๋ยทางใบร่วมด้วยมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงขึ้น กองปฐพีวิทยา (2540) และมีการทดลองปุ๋ยทางใบกับข้าวและพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ฝ้าย ถั่วเหลือง ถั่วลิสง โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยจุลธาตุ พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตได้ และจะได้ผลผลิตสูงมากขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยทางดิน กองปฐพีวิทยา (2532) ส่วนปุ๋ยยูเรียเมื่อฉีดพ่นทางใบร่วมกับปุ๋ยทางดินในดินชุดนครปฐม สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวในดินที่ไม่มีความอุดมสมบูรณ์ได้ การทดลองปุ๋ยทางใบกับฝ้ายในดินชุดกำแพงแสน พบว่าถ้าใช้ปุ๋ยทางใบร่วมกับปุ๋ยทางดินให้ผลผลิตฝ้ายสูงขึ้นแต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว แต่คุณภาพของฝ้าย (ความเหนียวและความยาวของเส้นใย) เมื่อมีการใช้ปุ๋ยทางใบร่วมด้วยจะดีกว่าการใช้ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว Anon.(1999) ดังนั้นการใช้ปุ๋ยทางใบร่วมกับปุ๋ยทางดินสามารถเพิ่มคุณภาพของผลผลิตได้ แต่เนื่องจากปุ๋ยทางใบสำเร็จรูปมีราคาแพง จึงทำการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยทางใบผสมใช้เองแทนปุ๋ยทางใบสำเร็จรูป เพื่อจะเป็นแนวทางลดต้นทุนปัจจัยการผลิตของเกษตรกร

วิธีดำเนินการ

1. อุปกรณ์

1.1 แม่ปุ๋ย Monopotassium phosphate (0-52-34)

1.2 แม่ปุ๋ย Potassium nitrate (13-0-46)

1.3 แม่ปุ๋ย Urea (46-0-0)

1.4 ปุ๋ยผสมสูตร 28-14-14

1.5 ปุ๋ยผสมสูตร 15-30-20

1.6 ปุ๋ยผสมสูตร 15-15-30

1.7 ปุ๋ยเคมีเม็ด 15-15-15

1.8 ปุ๋ยคอก

1.9 ดินชุดกำแพงแสน

1.10 เมล็ดพันธุ์คะน้า

1.11 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสุวรรณ 1

1.12 กระบอกฉีดน้ำฝอย

1.13 อุปกรณ์การปลูกพืชในกระถาง

1.14 สารเคมี เครื่องแก้ว และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช

2. วิธีการ

2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ (11x4) Factorial in CRD มี 3 ซ้ำ 11 ตำรับ

2.2 กรรมวิธี

ประกอบด้วย 2 ปัจจัย

ปัจจัยที่ 1 ประกอบด้วย ความเข้มข้นของปุ๋ยทางใบ 11 ระดับ คือ 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, และ 1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย จำนวนครั้งของการฉีดพ่นปุ๋ยในระยะต่าง ๆ 4 ระยะ คือ

โครงการการหาระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูงกับคะน้า ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบให้คะน้า 4 ระยะ คือ ชุดที่ 1 เมื่ออายุ 28 วัน ชุดที่ 2 อายุ 28 และ 35 วัน ชุดที่ 3 เมื่ออายุ 28, 35 และ 42 วัน ชุดที่ 4 อายุ 28, 35, 42 และ 49 วัน โดยฉีดที่ใบให้ทั่วทั้งกระถาง

โครงการการหาระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตและโพแทชสูงกับข้าวโพด ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบให้ข้าวโพด 4 ระยะ คือ ชุดที่ 1 เมื่ออายุ 30 วัน ชุดที่ 2 อายุ 30 และ 40 วัน ชุดที่ 3 อายุ 30, 40 และ 50 วัน ชุดที่ 4 อายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน โดยฉีดที่ใบให้ทั่วทั้งกระถาง

3.วิธีปฏิบัติการทดลอง

โครงการทดลองเรื่องประสิทธิภาพของปุ๋ยทางใบผสมใช้เอง เป็นงานทดลองจำนวน 3 โครงการรวมกัน คือ

- โครงการการหาระยะเวลาและความเหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูงกับคะน้า
- โครงการการหาระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตสูงกับข้าวโพด
- โครงการการหาระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่โพแทชสูงกับข้าวโพด

3.1 โครงการการหาระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูงกับคะน้า (42 09 008 009)

3.1.1 วิเคราะห์ดิน : pH (1:1) ตามวิธี Davis (1943), อินทรียวัตถุตามวิธี Walkley and Black (1934), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ตามวิธี Jackson (1958) ในดินชุดกำแพงแสน (ตารางที่ 1)

3.1.2 ผสมปุ๋ยทางใบสูตร 28-14-14 เพื่อใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนสูงโดยทดสอบปลูกกับคะน้าในกระถาง ใช้แม่ปุ๋ย Monopotassium phosphate (0-52-34) Potassium nitrate (13-0-46) Urea (46-0-0) โดยคำนวณหาน้ำหนักแม่ปุ๋ยแต่ละตัวที่จะใช้ผสมเป็นสูตร 28-14-14 ดังนี้

คำนวณหาปริมาณ P_2O_5 และ K_2O จากปุ๋ย 0-52-34

14%P_2O_5 ต้องชั่งปุ๋ย 0-52-34 = (100 x 14) / 52 = 26.92 กรัม *

ปุ๋ย 0-52-34 26.92 กรัม มี K_2O = (34 x 26.92) / 100 = 9.15 กรัม

∴ ขาด K_2O อีก = 14 - 9.15 = 4.85 กรัม

คำนวณหาปริมาณ K_2O ที่ขาดอยู่ และ N จากปุ๋ย 13-0-46

K_2O 4.85 กรัม ต้องชั่งปุ๋ย 13-0-46 = (100 x 4.85) / 46 = 10.54 กรัม *

ปุ๋ย 13-0-46 10.54 กรัม มี N = (13 x 10.54) / 100 = 1.37 กรัม

∴ ขาด N อีก = 28 – 1.37 = 26.63 กรัม

คำนวณหาปริมาณ N จากปุ๋ย 46-0-0

N 26.63 กรัม ต้องชั่งปุ๋ย 46-0-0 = (100 x 26.63) / 46 = 57.89 กรัม *

∴ ปุ๋ยสูตร 28-14-14 จะต้องชั่งปุ๋ย 0-52-34 = 26.92 กรัม

13-0-46 = 10.54 กรัม

46-0-0 = 57.89 กรัม

ชั่งน้ำหนักแม่ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดตามที่คำนวณได้มาบดรวมกันให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันด้วยครกบดตัวอย่างอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันความชื้น เสร็จแล้วเก็บไว้ในขวดมิดชิด นำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร %N %P_2O_5 %K_2O ได้ตรงกับสูตรที่ต้องการก่อนแล้วจึงนำไปทำการทดลอง

3.1.3 ชั่งดินกระถางละ 4 กิโลกรัม จำนวน 135 กระถาง ใส่ปุ๋ยคอก 500 กรัมต่อกระถาง และปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 15-15-15 อัตรา 3.85 กรัมต่อกระถาง โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง

3.1.4 ละลายปุ๋ย 28-14-14 ด้วยน้ำกรองให้มีอัตราความเข้มข้น 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, และ 1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร หรือเท่ากับ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5,3,3.5, 4, 4.5 และ 5%

3.1.5 ปลูกคะน้าโดยใช้เมล็ดของคะน้า ถอนแยกเหลือ 3 ต้น หลังคะน้างอก 15 วัน

3.1.6 ฉีดพ่นปุ๋ย 28-14-14 ที่ใบคะน้าด้วยกระบอกฉีดฝอย ใช้แผ่นพลาสติกคลุมดิน เพื่อไม่ให้ปุ๋ยทางใบหยดลงไปในดิน จำนวน 4 ระยะ คือ ชุดที่ 1 ฉีดพ่นเมื่ออายุคะน้า 28 วัน ชุดที่ 2 ฉีดพ่นที่คะน้าอายุ 28 และ35 วัน ชุดที่ 3 ฉีดพ่นที่คะน้าอายุ 28, 35 และ 42 วัน ชุดที่ 4 ฉีดพ่นที่คะน้าอายุ 28, 35, 42 และ 49 วัน โดยฉีดให้ทั่วทั้งกระถาง

3.1.7 กำจัดหนอนและวัชพืชในระหว่างการปลูก

3.1.8 เก็บเกี่ยวคะน้า ที่อายุ 53 วัน

3.1.9 ชั่งน้ำหนักสดคะน้าต่อกระถาง

3.2 โครงการการหาระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตสูงกับข้าวโพด (42 09 008 011)

3.2.1 ผสมปุ๋ยทางใบสูตร 15-30-20 เพื่อใช้เป็นปุ๋ยที่มีฟอสเฟตสูง โดยทดสอบกับข้าวโพดในกระถาง ใช้แม่ปุ๋ย Monopotassium phosphate (0-52-34) Urea (46-0-0) โดยคำนวณหาน้ำหนักแม่ปุ๋ยแต่ละตัวที่จะใช้ผสมเป็นสูตร 15-30-20 ดังนี้

คำนวณหาปริมาณ P_2O_5 และ K_2O จากปุ๋ย 0-52-34

30%P_2O_5 ต้องชั่งปุ๋ย 0-52-34 = (100 x 30) / 52 = 57.69 กรัม *

ปุ๋ย 0-52-34 57.69 กรัม มี K_2O = (34 x 57.69) / 100 = 19.61 กรัม

คำนวณหาปริมาณ N จากปุ๋ย 46-0-0

15% ต้องใช้ปุ๋ย 46-0-0 = (100 x 15) / 46 = 32.61 กรัม *

∴ ปุ๋ยสูตร 15-30-20 จะต้องชั่งปุ๋ย 0-52-34 = 57.69 กรัม

46-0-0 = 32.61 กรัม

ชั่งน้ำหนักแม่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดตามที่คำนวณได้มาบดรวมกันให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันด้วยครกบดตัวอย่างอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันความชื้น เสร็จแล้วเก็บไว้ในขวดมิดชิด นำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร %N %P_2O_5 %K_2O ได้ตรงกับสูตรที่ต้องการก่อน แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

3.2.2 ชั่งดินกระถางละ 4 กิโลกรัม จำนวน 135 กระถาง ใส่ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 15-15-15 อัตรา 3.85 กรัมต่อกระถาง โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง (ใช้ดินชุดเดียวกับโครงการ 42 09 008 009)

3.2.3 ละลายปุ๋ย 15-30-20 ด้วยน้ำกรองให้มีอัตราความเข้มข้น 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, และ 1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร หรือเท่ากับ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5,3,3.5, 4, 4.5 และ 5%

3.2.4 ปลูกข้าวโพดโดยใช้เมล็ดกระถางละ 5 เมล็ด แล้วถอนแยกให้เหลือ 2 ต้น หลังข้าวโพดงอก 1 สัปดาห์

3.2.5 ฉีดพ่นปุ๋ย 15-30-20 ที่ใบข้าวโพดด้วยกระบอกฉีดฝอย ใช้แผ่นพลาสติกคลุมดิน เพื่อไม่ให้ปุ๋ยทางใบหยดลงไปในดิน จำนวน 4 ระยะ คือ ชุดที่ 1 ฉีดพ่นปุ๋ยหลังข้าวโพดงอก 30 วัน ชุดที่ 2 ฉีดพ่นที่ข้าวโพดอายุ 30 และ40 วัน ชุดที่ 3 ฉีดพ่นที่ข้าวโพดอายุ 30, 40 และ 50 วัน ชุดที่ 4 ฉีดพ่นที่ข้าวโพดอายุ 30, 40 50 และ 60 วัน โดยฉีดให้ทั่วทั้งกระถาง

3.2.6 กำจัดหนูและวัชพืชในระหว่างการปลูก

3.2.7 เก็บเกี่ยวข้าวโพด ที่อายุ 70 วัน

3.2.8 ชั่งน้ำหนักสดต้นข้าวโพด และอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

3.2.9 ชั่งน้ำหนักแห้ง เมื่อน้ำหนักคงที่

3.2.10 วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นข้าวโพด

3.3 โครงการการหาระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่มีโพแทชสูงกับข้าวโพด (42 09 008 012)

3.3.1 ผสมปุ๋ยทางใบสูตร 15-15-30 เพื่อใช้เป็นปุ๋ยที่มีโพแทชสูง โดยทดสอบกับข้าวโพดในกระถาง ใช้แม่ปุ๋ย Monopotassium phosphate (0-52-34) Potassium nitrate (13-0-46) และ Urea (46-0-0) โดยคำนวณหาน้ำหนักแม่ปุ๋ยแต่ละตัวที่จะใช้ผสมเป็นสูตร 15-15-30 ดังนี้

คำนวณหาปริมาณ P_2O_5 และ K_2O จากปุ๋ย 0-52-34

15%P_2O_5 ต้องชั่งปุ๋ย 0-52-34 = (100 x 15) / 52 = 28.85 กรัม *

ปุ๋ย 0-52-34 28.85 กรัม มี K_2O = (34 x 28.85) / 100 = 9.81 กรัม

∴ ขาด K_2O อีก = 30 – 9.81 = 20.19 กรัม

คำนวณหาปริมาณ K_2O ที่ขาดอยู่ และ N จากปุ๋ย 13-0-46

K_2O 20.19 กรัม ต้องชั่งปุ๋ย 13-0-46 = (100 x 20.19) / 46 = 43.89 กรัม *

ปุ๋ย 13-0-46 43.89 กรัม มี N = (13 x 43.89) / 100 = 5.71 กรัม

∴ ขาด N อีก = 13 – 5.71 = 9.29 กรัม

คำนวณหาปริมาณ N จากปุ๋ย 46-0-0

N 9.29 กรัม ต้องชั่งปุ๋ย 46-0-0 = (100 x 9.29) / 46 = 20.20 กรัม *

∴ ปุ๋ยสูตร 15-15-30 จะต้องชั่งปุ๋ย 0-52-34 = 28.85 กรัม

13-0-46 = 43.89 กรัม

46-0-0 = 20.20 กรัม

ชั่งน้ำหนักแม่ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดตามที่คำนวณได้มาบดรวมกันให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันด้วยครกบดตัวอย่างอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันความชื้น เสร็จแล้วเก็บไว้ในขวดมิดชิด นำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร N P_2O_5 K_2O ได้ตรงกับสูตรที่ต้องการก่อน แล้วจึงนำไปทำการทดลอง

3.3.2 ชั่งดินกระถางละ 4 กิโลกรัม จำนวน 135 กระถาง ใส่ปุ๋ยเคมีทางดินสูตร 15-15-15 อัตรา 3.85 กรัมต่อกระถาง โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง (ใช้ดินชุดเดียวกับโครงการ 42 09 008 009)

3.3.3 ละลายปุ๋ย 15-15-30 ด้วยน้ำกรองให้มีอัตราความเข้มข้น 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, และ 1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร หรือเท่ากับ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5,3,3.5, 4, 4.5 และ 5%

3.3.4 ปลูกข้าวโพดโดยใช้เมล็ดกระถางละ 5 เมล็ด แล้วถอนแยกให้เหลือ 2 ต้น หลังข้าวโพดงอก 1 สัปดาห์

3.3.5 ฉีดพ่นปุ๋ย 15-30-20 ที่ใบข้าวโพดด้วยกระบอกฉีดฝอย ใช้แผ่นพลาสติกคลุมดิน เพื่อไม่ให้ปุ๋ยทางใบหยดลงไปในดิน จำนวน 4 ระยะ คือ ชุดที่ 1 ฉีดพ่นปุ๋ยหลังข้าวโพดงอก 30 วัน ชุดที่ 2 ฉีดพ่นที่ข้าวโพดอายุ 30 และ40 วัน ชุดที่ 3 ฉีดพ่นที่ข้าวโพดอายุ 30, 40 และ 50 วัน ชุดที่ 4 ฉีดพ่นที่ข้าวโพดอายุ 30, 40 50 และ 60 วัน โดยฉีดให้ทั่วทั้งกระถาง

3.3.6 กำจัดหนูและวัชพืชในระหว่างการปลูก

3.3.7 เก็บเกี่ยวข้าวโพด ที่อายุ 70 วัน

3.3.8 ชั่งน้ำหนักสดต้นข้าวโพด และอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

3.3.9 ชั่งน้ำหนักแห้ง เมื่อน้ำหนักคงที่

3.3.10 วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในต้นข้าวโพด

4. บันทึกข้อมูล

4.1 บันทึกการเจริญเติบโตของคะน้าทุกสัปดาห์

4.2 บันทึกน้ำหนักสดของคะน้าต่อกระถาง

4.3 บันทึกการเจริญเติบโตของข้าวโพดหลังข้าวโพดงอกทุกสัปดาห์ และวัดความสูงในระยะเก็บเกี่ยว

4.4 บันทึกน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด

4.5 บันทึกผลการวิเคราะห์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในต้นข้าวโพด

4.6 บันทึกผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในต้นข้าวโพด

กรมวิชาการเกษตร

เวลาและสถานที่ทำการทดลอง

ปลูกคะน้า วันที่ 5 มีนาคม 2542 – 30 เมษายน 2542 (โครงการการหาระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูงกับคะน้า)

ปลูกข้าวโพด วันที่ 12 มิถุนายน 2542 – 27 สิงหาคม 2542 (โครงการการหาระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตสูงกับข้าวโพด (42 09 008 011)

ปลูกข้าวโพด วันที่ 3 กันยายน 2542 – 23 พฤศจิกายน 2542 (โครงการการหาระยะเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมของปุ๋ยทางใบที่มีโพแทชสูงกับข้าวโพด (42 09 008 012)

ทำการทดลองที่เรือนทดลองของกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา และที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.การทดลองประสิทธิภาพของปุ๋ยทางใบผสมใช้เอง จำนวน 3 สูตร คือ 28-14-14 ทดลองกับคะน้าในกระถาง 15-30-20 และ 15-15-30 ทดลองกับข้าวโพดในกระถาง พบว่า การใส่ปุ๋ยทางดิน 15-15-15 อย่างเดียวให้น้ำหนักสดของคะน้า 47.35 กรัมต่อกระถาง การใส่ปุ๋ยทางดินร่วมกับปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูง (28-14-14) ที่อัตราความเข้มข้น 100 - 1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ได้น้ำหนักสดคะน้าไม่แตกต่างกัน (58.38 – 67.81 กรัมต่อกระถาง) การใช้ปุ๋ยทางดินร่วมกับปุ๋ยทางใบให้น้ำหนักสดคะน้าสูงกว่าการใส่ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว และเมื่อฉีดพ่นที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน 4 ระยะ ได้น้ำหนักสดของคะน้าไม่แตกต่างกัน คือ 57.66 – 61.21 กรัมต่อกระถาง (ตารางที่ 2)

2. การทดลองปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตสูง (15-30-20) กับข้าวโพดพบว่า การใส่ปุ๋ยทางดินร่วมกับปุ๋ยทางใบทุกอัตราความเข้มข้น 100 - 1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และ จำนวนครั้งที่ฉีดพ่นให้ความสูงของข้าวโพดไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว แต่ให้น้ำหนักแห้งสูงกว่า และการฉีดพ่นจำนวน 4 ครั้ง ให้น้ำหนักแห้งข้าวโพดสูงสุด 87.39 กรัมต่อกระถาง แต่ไม่แตกต่างกับการฉีดพ่น 2 ครั้ง 85.92 กรัมต่อกระถาง (ตารางที่ 2,3) การดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงสุดที่อัตราความเข้มข้น 900 และ1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (0.57 และ 0.58 กรัมต่อกระถาง) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยทางใบ ที่ความเข้มข้น 100 – 800 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (0.48 – 0.56 กรัมต่อกระถาง) แต่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว คือ 0.46 กรัมต่อกระถาง (ตารางที่ 4)

3. การทดลองปุ๋ยทางใบที่มีโพแทชสูง (15-15-30) กับข้าวโพดพบว่าการใส่ปุ๋ยทางดิน (15-15-15) อย่างเดียวให้ความสูง น้ำหนักแห้ง และการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดรวมทั้งจำนวนครั้งที่ฉีดพ่นปุ๋ย ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยทางดินร่วมกับปุ๋ยทางใบในทุกอัตราความเข้มข้น 100 – 1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (ตารางที่ 6,7,8)

สรุปผลการทดลอง

การใส่ปุ๋ยทางดินร่วมกับปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูง (28-14-14) ให้น้ำหนักสดของคะน้าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว และปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตสูง (15-30-20) ให้ความสูง น้ำหนักแห้ง การดูดใช้ปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าการใช้ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว ส่วนการใช้ปุ๋ยทางใบที่มีโพแทสเซียมสูง (15-15-30) ให้ความสูง น้ำหนักแห้ง และการดูดใช้ปริมาณโพแทสเซียมของข้าวโพดไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว การใช้ปุ๋ยทางใบ 28-14-14 ควรใช้ที่อัตราความเข้มข้น 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่น 1 ครั้งหลังคะน้างอก 28 วัน ให้ผลผลิตน้ำหนักสดสูงสุดและประหยัดที่สุด การฉีดพ่นปุ๋ย 15-30-20 จำนวน 4 ครั้ง ให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับการฉีด 2 ครั้ง และการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงสุดที่ความเข้มข้น 900 และ1000 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร แต่ไม่แตกต่างกับที่อัตราความเข้มข้น 100-800 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร จึงควรใช้ปุ๋ย 15-30-20 ที่อัตราความเข้มข้น 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่น 2 ครั้งหลังข้าวโพดงอก 30 และ 40 วัน ซึ่งมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดสูงสุดและประหยัดที่สุด การใช้ปุ๋ยทางใบ 15-15-30 ทุกอัตราความเข้มข้นและจำนวนครั้งที่ฉีดพ่น 1-4 ครั้ง ไม่ทำให้ความสูง น้ำหนักแห้ง และการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดแตกต่างกัน จึงควรใช้ปุ๋ยทางใบที่มีโพแทชสูง สูตร 15-15-30 ในอัตราความเข้มข้นต่ำสุดคือ 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นเพียง 1 ครั้งหลังข้าวโพดงอก 30 วัน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยทางใบร่วมกับปุ๋ยทางดิน มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ปุ๋ยทางดินอย่างเดียว และเนื่องจากปุ๋ยทางใบผสมใช้เองมีราคาถูกกว่าปุ๋ยทางใบสำเร็จรูป 3-5 เท่า จึงควรผสมปุ๋ยทางใบใช้เองซึ่งจะสามารถลดต้นทุนปัจจัยการผลิตของเกษตรกรได้ทางหนึ่ง นอกจากนี้เกษตรกรสามารถผสมปุ๋ยทางใบเป็นสูตรต่าง ๆ ได้ตามความต้องการเพื่อให้เหมาะสมกับชนิด และระยะการเจริญเติบโตของพืชนั้น ๆ

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2546. กลุ่มงานควบคุมปุ๋ยเคมี. กรมวิชาการเกษตร

กองปฐพีวิทยา. 2540. เอกสารวิชาการด้านปฐพีวิทยา. การประชุมวิชาการประจำปี. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 228-245.

กองปฐพีวิทยา. 2543. ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช. เอกสารวิชาการประกอบภาพ. กรมวิชาการเกษตร. 119 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2522. การให้ปุ๋ยทางใบ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5. โครงการวิจัยและแนะนำทางเทคโนโลยีของดินและปุ๋ย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 74–77.

Anonymous. 1999. Proceedings of The 2nd International Workshop on Foliar Fertilization. April 4-10, 1999. Bangkok Thailand. p.199-218.

AOAC. 1990. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Virginia, USA. 684pp.

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ดินชุดกำแพงแสน

pH[1/]	5.27
อินทรียวัตถุ (%)	2.33
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)[2/]	100
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)[3/]	230

[1/] pH (1:1)

[2/] สกัดโดยใช้น้ำยา Bray II

[3/] สกัดโดยใช้น้ำยา 1 N Ammonium acetate pH 7

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 น้ำหนักสดเฉลี่ยของต้นคะน้า (กรัมต่อกระถาง) อายุ 53 วัน จากการใช้ปุ๋ยทางใบที่มีไนโตรเจนสูง (28-14-14) ที่อัตราความเข้มข้น และจำนวนครั้งการฉีดพ่นต่าง ๆ กัน

ตำรับปุ๋ย (กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)	จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	49.27	53.45	44.97	41.69	47.35 b
100	62.33	69.33	67.61	54.45	63.36 a
200	51.46	60.33	66.79	60.60	59.79 a
300	62.10	61.91	63.25	53.82	60.27 a
400	54.69	60.74	56.11	61.99	58.38 a
500	66.57	57.98	57.52	68.20	62.57 a
600	65.71	62.11	67.25	74.05	67.28 a
700	65.12	61.20	59.27	72.81	64.60 a
800	56.76	73.79	74.62	56.33	65.37 a
900	64.07	65.32	71.74	50.94	63.02 a
1000	64.80	75.85	67.28	63.32	67.81 a
เฉลี่ย	57.66	61.21	60.55	57.80	

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเข้มข้นของปุ๋ย	**
จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
ความเข้มข้นของปุ๋ย x จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
CV (%)	16.70

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพด (ซม.) อายุ 70 วัน จากการใช้ปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตสูง (15-30-20) ที่อัตราความเข้มข้น และจำนวนครั้งการฉีดพ่นต่าง ๆ กัน

ตำรับปุ๋ย (กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)	จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	178.50	183.83	211.00	170.50	185.96 a
100	198.83	193.50	178.67	181.83	188.21 a
200	179.67	182.50	185.67	176.67	181.13 a
300	180.33	191.00	154.67	185.50	177.88 a
400	191.00	180.67	157.83	183.83	178.33 a
500	180.67	173.83	186.67	170.33	177.88 a
600	190.67	183.17	169.17	195.83	184.17 a
700	174.83	189.17	192.50	186.83	185.83 a
800	169.33	175.67	182.50	187.83	178.83 a
900	168.33	185.33	186.77	204.83	186.32 a
1000	166.33	179.33	183.67	180.17	177.38 a
เฉลี่ย	173.06	178.21	176.43	176.46	

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเข้มข้นของปุ๋ย	ns
จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
ความเข้มข้นของปุ๋ย x จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
CV (%)	12.5

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นข้าวโพด (กรัมต่อกระถาง) อายุ 70 วัน จากการใช้ปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตสูง (15-30-20) ที่อัตราความเข้มข้น และจำนวนครั้งการฉีดพ่นต่าง ๆ กัน

ตำรับปุ๋ย (กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)	จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	74.44	83.73	81.54	78.71	79.61 b
100	90.42	96.31	87.79	99.89	93.60 a
200	87.07	97.62	85.11	95.00	91.20 a
300	93.56	97.75	83.94	89.22	91.12 a
400	87.86	88.02	84.48	91.14	87.88 a
500	86.09	89.74	85.15	97.71	89.67 a
600	92.74	93.02	93.89	98.27	94.48 a
700	89.16	98.18	95.04	97.31	94.42 a
800	84.00	88.08	89.77	98.44	90.07 a
900	88.14	95.16	101.77	92.83	94.47 a
1000	93.63	90.70	96.24	99.79	95.09 a
เฉลี่ย	81.54 c	85.92 ab	83.05 bc	87.39 a	

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเข้มข้นของปุ๋ย	**
จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	**
ความเข้มข้นของปุ๋ย x จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
CV (%)	9.1

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยที่ต้นข้าวโพดดูดใช้ (กรัมต่อกระถาง) อายุ 70 วัน จากการใช้ปุ๋ยทางใบที่มีฟอสเฟตสูง (15-30-20) ที่อัตราความเข้มข้น และจำนวนครั้งการฉีดพ่นต่าง ๆ กัน

ตำรับปุ๋ย (กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)	จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	0.35	0.54	0.50	0.45	0.46 b
100	0.47	0.55	0.50	0.48	0.50 ab
200	0.43	0.47	0.51	0.51	0.48 ab
300	0.52	0.64	0.44	0.53	0.53 ab
400	0.44	0.47	0.40	0.63	0.49 ab
500	0.42	0.51	0.53	0.65	0.53 ab
600	0.50	0.45	0.60	0.59	0.54 ab
700	0.48	0.60	0.56	0.61	0.56 ab
800	0.42	0.45	0.61	0.63	0.53 ab
900	0.39	0.58	0.79	0.51	0.57 a
1000	0.56	0.49	0.59	0.70	0.58 a
เฉลี่ย	0.42 b	0.49 a	0.51 a	0.54 a	

ค่าเฉลี่ยในแต่ละอัตราความเข้มข้นของปุ๋ยทางใบ และจำนวนครั้งที่ฉีดพ่นที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเข้มข้นของปุ๋ย	**
จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	**
ความเข้มข้นของปุ๋ย x จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
CV (%)	22.5

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 6 ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพด (ซม.) อายุ 70 วันจากการใช้ปุ๋ยทางใบที่มีโพแทชสูง (15-15-30) ที่อัตราความเข้มข้น และจำนวนครั้งการฉีดพ่นต่าง ๆ กัน

ตำรับปุ๋ย (กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)	จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	175.83	165.50	169.00	167.50	169.50 a
100	170.00	184.17	161.50	203.00	179.67 a
200	176.17	170.67	171.17	159.83	169.46 a
300	195.00	165.67	183.50	191.33	183.88 a
400	163.00	171.00	216.00	203.67	188.42 a
500	202.83	181.33	175.00	192.00	187.79 a
600	189.33	196.50	165.33	208.50	189.92 a
700	191.17	172.33	191.17	196.17	187.71 a
800	179.00	177.00	181.17	208.67	186.46 a
900	180.83	196.50	187.17	193.67	189.54 a
1000	187.50	188.33	183.17	190.83	187.46 a
เฉลี่ย	176.14	174.28	175.58	185.38	177.28

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเข้มข้นของปุ๋ย	ns
จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
ความเข้มข้นของปุ๋ย x จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
CV (%)	12.9

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 7 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นข้าวโพด (กรัมต่อกระถาง) จากการใช้ปุ๋ยทางใบที่มีโพแทชสูง สูตร 15-15-30 ในอัตราความเข้มข้นต่าง ๆ ฉีดพ่น 1-4 ครั้ง

ตำรับปุ๋ย (กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)	จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	80.07	51.78	62.25	76.61	67.68 a
100	60.18	70.33	57.25	100.07	71.96 a
200	78.23	81.76	58.32	56.41	68.68 a
300	92.67	71.00	91.62	63.39	79.67 a
400	79.63	59.47	101.15	91.35	82.90 a
500	103.12	65.46	65.68	74.72	77.24 a
600	92.33	104.44	65.63	75.45	84.46 a
700	76.97	57.66	69.37	68.64	68.16 a
800	82.77	67.39	79.60	97.57	81.83 a
900	74.46	75.91	74.71	88.95	78.51 a
1000	52.43	84.43	83.10	97.00	79.24 a
เฉลี่ย	73.62	66.99	68.81	75.28	

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเข้มข้นของปุ๋ย	ns
จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
ความเข้มข้นของปุ๋ย x จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
CV (%)	32.7

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 8 ปริมาณโพแทสเซี่ยมเฉลี่ยที่ต้นข้าวโพดดูดใช้ (กรัมต่อกระถาง) อายุ 70 วัน จากการใช้ปุ๋ยทางใบที่มีโพแทซสูง (15-15-30) ที่อัตราความเข้มข้นและจำนวนครั้งการฉีดพ่นต่าง ๆ กัน

ตำรับปุ๋ย (กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)	จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0	2.17	1.79	1.72	2.29	1.99 a
100	1.92	1.91	1.66	2.89	2.09 a
200	2.15	2.29	1.61	1.48	1.88 a
300	2.76	2.17	2.18	1.67	2.19 a
400	2.31	1.51	2.61	2.60	2.26 a
500	2.98	1.74	1.75	2.06	2.13 a
600	2.53	2.81	1.80	1.93	2.27 a
700	2.12	1.71	1.82	1.93	1.90 a
800	2.29	1.89	2.22	2.40	2.20 a
900	2.06	2.18	2.18	2.05	2.12 a
1000	1.24	2.15	2.18	2.91	2.12 a
เฉลี่ย	2.07	1.89	1.87	2.19	

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเข้มข้นของปุ๋ย	ns
จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
ความเข้มข้นของปุ๋ย x จำนวนครั้งที่ฉีดพ่น	ns
CV (%)	39.8

กรมวิชาการเกษตร

ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด

Secondary and Trace Elements in Granulated Chemical Fertilizers

นรีลักษณ์ ชูวรเวช **ยุพิน สรวิสูตร** **จันทิรา อริยธัช**

กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน **กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา**

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด ที่ขายตามท้องตลาดภายในประเทศ โดยการสุ่มซื้อตัวอย่างปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดทั้งกระสอบ (50 กิโลกรัม) จากทั่วประเทศ รวม 34 จังหวัด คือ ภาคเหนือ 10 จังหวัด ภาคกลาง 11 จังหวัด ภาคใต้ 4 จังหวัด และภาคอีสาน 9 จังหวัด จำนวนตัวอย่างปุ๋ยที่สุ่มซื้อทั้งหมด 101 ตัวอย่าง จาก 39 แหล่งผลิต ซึ่งมีเลขทะเบียนปุ๋ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 – 2544 เป็นปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า (Bulk-blended fertilizer) จำนวน 75 ตัวอย่าง 34 สูตร และปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด (Granulated fertilizer) จำนวน 26 ตัวอย่าง 14 สูตร โดยเป็นปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลัก NPK จำนวน 94 ตัวอย่าง NP 4 ตัวอย่าง NK 1 ตัวอย่าง และ N 2 ตัวอย่าง มีปริมาณ N ตั้งแต่ 5 – 32%, P_2O_5 3 – 24%, และK_2O 4 – 30 % ปริมาณธาตุอาหารรอง Ca, Mg และ S มีค่าอยู่ระหว่าง 0.03 – 12.32%, 0.05 – 2.83% และ 0.04 – 14.23% ตามลำดับ ส่วนปริมาณธาตุอาหารเสริม Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B และ Cl มีค่าอยู่ระหว่าง 0.05 – 2.47%, 0.000 – 0.012%, 0.005 – 0.111%, 0.001 – 0.115%, 0.0000 – 0.0044%, 0.004 – 0.059% และ 0.52 – 22.26% ตามลำดับ ปุ๋ยทุกตัวอย่างวิเคราะห์พบธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมทุกธาตุเจือปนอยู่ในปริมาณต่างๆกัน ยกเว้น Mo และ Cl ที่บางตัวอย่างวิเคราะห์ไม่พบเลย

รหัสทะเบียนวิจัย 44 09 007 003

คำนำ

ปุ๋ยเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ประเทศไทยมีความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นตลอดมา ซึ่งเมื่อคิดเป็นปริมาณธาตุอาหารแล้วพบว่าปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 23 ต่อปี เนื่องจากทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมลง และพื้นที่การเพาะปลูกลดลง ในขณะที่ปริมาณความต้องการผลผลิตเพื่อใช้บริโภคภายประเทศและเพื่อการส่งออกมีเพิ่มมากขึ้น การใช้ปุ๋ยเคมีจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิตพืช และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านการส่งออก ดังนั้นในแต่ละปีประเทศไทยจึงเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศสูงมาก อย่างเช่น ปี พ.ศ. 2545 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปริมาณ 3.5 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 21,000 ล้านบาท เป็นปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) มากที่สุด 1.4 ล้านตัน รองลงมาคือ 16-20-0, 21-0-0, 15-15-15, 18-46-0, 0-0-60, 16-16-8, 16-16-16, 13-13-21, 0-20-0, และสูตรอื่นๆ หลังปี พ.ศ. 2540 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีสำเร็จรูปลดลง และนำเข้าแม่ปุ๋ยมากขึ้น เช่น 46-0-0, 21-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60 กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2546) ทั้งนี้เนื่องจากรัฐบาลได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรผสมปุ๋ยเคมีใช้เองเรียกว่า ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้าหรือปุ๋ยเชิงผสมแบบรวมตัวทางกายภาพ (Bulk-blended fertilizer) เพื่อลดต้นทุนการผลิตและตัดปัญหาเรื่องปุ๋ยปลอมหรือปุ๋ยด้อยมาตรฐาน แม่ปุ๋ยที่นิยมนำมาใช้ผสมเป็นสูตรต่างๆ ตามที่ต้องการ มี 3 ชนิด คือ ยูเรีย (46-0-0) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ปัจจุบันเป็นที่นิยมผลิตจำหน่ายและใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตปั้นเม็ดปุ๋ย ใช้แต่เครื่องผสมปุ๋ย ทำให้ผู้ผลิตสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้มาก และในการเจริญเติบโตของพืชที่สมบูรณ์นั้น นอกจากต้องการธาตุอาหารหลัก (Macronutrients) คือ N P K แล้ว พืชยังต้องการธาตุอาหารรอง (Secondary nutrients) คือ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ซัลเฟอร์ (S) และ ธาตุอาหารเสริม (Micronutrients หรือTrace elements) ซึ่งเป็นกลุ่มธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณที่น้อย คือ เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) โมลิบดินัม (Mo) โบรอน (B) และ คลอรีน (Cl) ธาตุอาหารพืชเหล่านี้แต่ละธาตุล้วนมีความสำคัญซึ่งพืชที่มีสีเขียวทุกชนิดจำเป็นต้องใช้เพื่อการดำรงชีพจนครบวงจร แต่ปริมาณการใช้จะแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มของธาตุ จากการวิจัยพบว่าการใส่ธาตุอาหารหลักอย่างเดียวติดต่อกันหลายปี จะทำให้ดินขาดธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมบางชนิดได้เช่น Ca Mg S Fe Zn B และ Mo กองปฐพีวิทยา (2540) ปัจจุบันได้มีการใช้ปุ๋ยธาตุอาหารรองและปุ๋ยธาตุอาหารเสริมทางการเกษตรกันมากขึ้น โดยมิได้ทราบว่าในปุ๋ยเคมีที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนอกจากจะมีธาตุอาหารหลักแล้ว ยังมีธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเจือปนอยู่ด้วยเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยมีธาตุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบตามธรรมชาติ จึงได้ทำการศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลให้กับเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องได้ทราบถึงรายละเอียดของปุ๋ยเคมีมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการ

1. **อุปกรณ์ในการทดลอง**

1.1 ปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด จำนวน 101 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 กระสอบ (50 กิโลกรัม) จาก 39 แหล่งผลิต เป็นปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า จำนวน 75 ตัวอย่าง 34 สูตร ปุ๋ยผสมแบบปั้นเม็ด จำนวน 26 ตัวอย่าง 14 สูตร เป็นปุ๋ยมีธาตุอาหารหลัก NPK จำนวน 94 ตัวอย่าง NP 4 ตัวอย่าง NK 1 ตัวอย่าง และ N 2 ตัวอย่าง มีปริมาณ N 5-32% , P_2O_5 3-24% และ K_2O 4-30%

1.2 Atomic Absorption Spectrophotometer

1.3 Spectrophotometer

1.4 pH meter

1.5 เครื่องแบ่งตัวอย่างปุ๋ย (Riffle)

1.6 เครื่องบดปุ๋ย

1.7 เครื่องชั่ง

1.8 เครื่องแก้ว สารเคมี และอุปกรณ์ต่าง ๆ

2. **วิธีการ**

2.1 สุ่มซื้อตัวอย่างปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดทั้งกระสอบ (50 กิโลกรัม) ที่จำหน่ายตามท้องตลาดภายในประเทศ รวม 34 จังหวัด คือ ภาคเหนือ 10 จังหวัด ภาคกลาง 11 จังหวัด ภาคใต้ 4 จังหวัด ภาคอีสาน 9 จังหวัด จำนวน 101 ตัวอย่าง เลขทะเบียนปุ๋ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537-2544 เป็นปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า จำนวน 75 ตัวอย่าง 34 สูตร ปุ๋ยผสมแบบปั้นเม็ด จำนวน 26 ตัวอย่าง 14 สูตร

2.2 ทำการแบ่งตัวอย่าง โดยใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างปุ๋ย (Riffle) จนได้ตัวอย่างประมาณ 2 กิโลกรัม

2.3 บดตัวอย่างปุ๋ยด้วยเครื่องบดให้ผ่านตะแกรง ขนาด 0.5 มิลลิเมตร

2.4 วิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารรอง Ca, Mg, S และ ปริมาณธาตุอาหารเสริม Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B และ Cl โดยวิธี AOAC ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณ Ca, Mg ในปุ๋ยเคมี

สารเคมี

1. กรดผสม (Di-acid)

ผสม conc. HNO_3 กับ conc. $HClO_4$ อัตราส่วน 1:1

2. Strontium chloride ($SrCl_2.6H_2O$)

ชั่ง $SrCl_2.6H_2O$ 61 กรัม เติมกรด conc. HCl 420 ml. ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

3. Standard Ca ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4, 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมจาก Stock standard Ca 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยดูดมา 10 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้ Standard Ca 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จาก Standard Ca 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ดูดมา 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml เติม Strontium chloride 10 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้ Standard Ca ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4, 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

4. Standard Mg ความเข้มข้น 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมจาก Stock standard Mg 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยดูดมา 10 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้ Standard Mg 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จาก Standard Mg 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ดูดมา 10 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้ Standard Mg 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จาก standard Mg 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ดูดมา 0, 3, 6, 9, 12, 15 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้ standard Mg ความเข้มข้น 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยซึ่งบดละเอียดผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 0.5 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด 1.000 กรัม เติมกรดผสมระหว่าง HNO_3 กับ $HClO_4$ อัตราส่วน 1:1 จำนวน 30 ml นำไปย่อยโดยวางบน hot plate จนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลาย หรือจนสารละลายมีลักษณะใส จากนั้นเอาลงจาก hot plate ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปถ่ายใส่ใน volumetric flask ขนาด 250 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปกรองใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 ml

การวัดหาปริมาณธาตุ

ดูดสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้มา 1-10 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 หรือ 100 ml ขึ้นกับปริมาณของ Ca, Mg ที่มีอยู่ในตัวอย่างปุ๋ยนั้นๆ ในการวัดหาปริมาณ Ca จะต้องเติม Strontium chloride ปริมาณ 10% ของปริมาตรสุดท้ายเพื่อป้องกันการรบกวนทางเคมีจากธาตุบางธาตุ สำหรับการวัดหาปริมาณ Mg ไม่ต้องเติม Strontium chloride ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปวัดหาปริมาณ Ca และ Mg โดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer จากนั้นคำนวณปริมาณ Ca และ Mg ได้ดังนี้

$$\% \text{ Ca, Mg} = A \times \text{dilution factor} \times 100 / 10^6$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่อง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

dilution factor = (ปริมาตรสุดท้าย / น้ำหนักปุ๋ย) x ค่าเจือจาง (dilution)

$$\% \text{ CaO} = \% \text{ Ca} \times 1.3992$$

$$\% \text{ MgO} = \% \text{Mg} \times 1.6584$$

การวิเคราะห์หาปริมาณ Fe, Zn, Mn และ Cu ในปุ๋ยเคมี

สารเคมี

1. กรดผสมระหว่าง conc. HNO_3 กับ conc. $HClO_4$ อัตราส่วน 1:1
2. Standard Fe ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมจาก Stock standard Fe 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยดูดมา 10 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้ Standard Fe 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จาก Standard Fe 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ดูดมา 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้ Standard Fe ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4, 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. Standard Zn ความเข้มข้น 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมเช่นเดียวกับ Standard Fe

4. Standard Mn ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมเช่นเดียวกับ Standard Fe

5. Standard Cu ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมเช่นเดียวกับ Standard Fe

การเตรียมตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาปริมาณ Ca และ Mg ในปุ๋ยเคมี

การวัดหาปริมาณธาตุ

นำสารละลายตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้มาทำการวัดหาปริมาณได้เลย ถ้าปริมาณของธาตุ Fe, Zn, Mn และ Cu ที่ต้องการวัดมีค่าเกินความเข้มข้นของ Standard ของธาตุนั้นๆ ก็นำมาทำให้เจือจางก่อนแล้วจึงนำไปวัดหาปริมาณด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer จากนั้นสามารถคำนวณปริมาณธาตุต่างๆ ได้ดังนี้

$$\% \text{ Fe, Zn, Mn และ Cu} = A \times \text{dilution factor} \times 100 / 10^6$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่อง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

dilution factor = (ปริมาตรสุดท้าย / น้ำหนักปุ๋ย) x ค่าเจือจาง (dilution)

การวิเคราะห์หาปริมาณ S ในปุ๋ยเคมี

สารเคมีและน้ำยา

1. conc. HNO_3
2. conc. HCl
3. Conditioning solution

ผสม Glycerol 50 ml conc. HCl 30 ml น้ำกลั่น 300 ml 95%Ethanol หรือ Ispropyl alcohol 100 ml และ NaCl. 75 กรัม เข้าด้วยกัน

4. $BaCl_2$ crystal 20-30 mesh

5. Standard $SO_4^=$ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมจากสารละลายมาตรฐาน 1 N H_2SO_4 ทำให้เป็นสารละลายมาตรฐาน 0.02 N H_2SO_4 โดยดูด 1 N H_2SO_4 มา 104.1 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1000 ml จะมี $SO_4^=$ เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างปุ๋ย 1.000 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ทรงสูง เติม conc.HCl 30 ml และ conc. HNO_3 10 ml ปิดด้วยกระจกนาฬิกา นำไปย่อยบน hot plate 30 นาที หลังจากนั้นเปิดกระจกนาฬิกาออก ย่อยต่อจนแห้ง เติม conc.HCl 20 ml ย่อยต่อจนแห้ง ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติม HCl (1+5) 25 ml ตั้งบน hot plate อีกครั้งเพื่อละลายเกลือ ทิ้งไว้ให้เย็น ถ่ายใส่ volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรใน volumetric flask ด้วยน้ำกลั่น นำไปกรองใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 125 ml

การวัดหาปริมาณธาตุ

1. ดูด Standard $SO_4^=$ มา 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ml ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 ml และใส่ Conditioning solution 5 ml แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ml จะได้ Standard $SO_4^=$ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นเทใส่ erlenmeyer flask ขนาด 125 ml ใส่ $BaCl_2$ crystal 0.5 กรัม กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ 3 นาที ได้สารละลายขุ่น นำไปวัดปริมาณ $SO_4^=$ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 430 nm

2. ดูดตัวอย่างที่ย่อยมาแล้ว 10 ml ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 125 ml เติมน้ำให้ครบ 100 ml แล้วเติม $BaCl_2$ crystal 0.5 g. โดยดูความขุ่นหรือความเข้มข้นของ $SO_4^=$ ไม่ให้เกิน 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าเกินต้องทำการ dilute ตัวอย่างใหม่

3. เมื่อตัวอย่างอยู่ในความขุ่นตามที่ต้องการแล้ว ดูดมาใส่ volumetric flask ขนาด 100 ml เติม Conditioning solution 5 ml ปรับปริมาตรเป็น 100 ml จากนั้นเทใส่ erlenmeyer flask ขนาด 125 ml ใส่ $BaCl_2$ crystal 0.5 กรัม กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ 3 นาที แล้วจึงนำไปวัดปริมาณ $SO_4^=$ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 430 nm

4. คำนวณปริมาณ $SO_4^=$ ได้ดังนี้

$$\% SO_4^= = A \times \text{dilution factor} \times 100 / 10^6$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่อง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

dilution factor = (ปริมาตรสุดท้าย / น้ำหนักปุ๋ย) x ค่าเจือจาง (dilution)

$$\%S = \% SO_4^= \times 0.3338$$

การวิเคราะห์หาปริมาณ Mo ในปุ๋ยเคมี

สารเคมีและน้ำยา

1. สารละลายมาตรฐาน Mo 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมจาก Stock standard Mo ในรูป $(NH4)_6\ Mo_7.O_{24}.4H_2O$ ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยดูดมา 10 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจะได้ Standard Mo ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. NaSCN solution

ชั่ง Sodium thiocyanate (NaSCN) จำนวน 10 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml

3. $Fe_2(SO_4)_3$ solution

ชั่ง $Fe_2(SO_4)_3\ .9H_2O$ จำนวน 5 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย เติม H_2SO_4(1+1) จำนวน 10 ml แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ml

4. $SnCl_2$ solution

ละลาย $SnCl_2.2H_2O$ จำนวน 25 กรัม ด้วย HCl (1+1) จำนวน 100 ml ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 250 ml ใน volumetric flask แล้วเก็บไว้ในขวดทึบแสง

การเตรียมตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์หาปริมาณ S ในปุ๋ยเคมี

การวัดหาปริมาณธาตุ

1. เตรียม Standard Mo ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร จาก Standard Mo 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยดูดมา 25 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 ml จะได้ Standard Mo ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นดูด Standard Mo 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 ml จะได้ Standard Mo ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 10-15 ml ก่อนเติม reagent

2. ดูดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมา 20 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 ml

3. เติม H_2SO_4 (1+1) 2.5 ml conc.$HClO_4$ 2.5ml. และ $Fe_2(SO_4)_3$ solution 1 ml เขย่า

4. เติม NaSCN 8 ml พร้อมกับเขย่า แล้วใส่ $SnCl_2$ 5 ml ทันที พร้อมกับเขย่าด้วย ถ้าเกิดตะกอนขุ่นหลังปรับปริมาตรเป็น 50 ml ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วแยกตะกอน CuSCN ออกโดยการกรอง นำไปวัดปริมาณ Mo ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 460 nm

5. คำนวณปริมาณ Mo จากค่าที่วัดได้จากเครื่อง

$$\% \text{ Mo} = A \times \text{dilution factor} \times 100 / 10^{6}$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่อง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

dilution factor = (ปริมาตรสุดท้าย / น้ำหนักปุ๋ย) x ค่าเจือจาง (dilution)

การวิเคราะห์หาปริมาณ B ในปุ๋ยเคมี โดยวิธี Azomethine H

สารเคมีและน้ำยา

1. สารละลายมาตรฐาน B 25 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมจาก Stock standard 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่ง H_3BO_3 ที่อบแห้งใน desiccator 5.1794 g. ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 ml

2. สารละลายมาตรฐาน Azomethine H

ละลาย Azomethine H ($C_{17}H_{12}N\ NaO_8S_2$) 0.6 กรัม และ Ascorbic acid 2 กรัม ในน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 35-40 ^{o}C ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นเป็น 100 ml (เตรียมทันทีที่ใช้)

3. สารละลาย Ammonium acetate buffer (CH_3COONH_4)

ละลาย CH_3COONH_4 250 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 500 ml เติม H_2SO_4 (1+4) ประมาณ 80 ml และปรับ pH เป็น 5.2 ด้วย CH_3COONH_4 หรือ H_2SO_4 (1+4)

4. สารละลาย Disodiumethylenediaminetetraacetate ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8.2H_2O$) (EDTA)

ละลาย EDTA จำนวน 37.2 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 ml

การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 0.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) เติมกรด HCl (1+10) จำนวน 40 ml ตั้งบน hot plateให้เดือดประมาณ 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น นำมาปรับปริมาตรเป็น 100 ml กรองและฟอกสีด้วย Activated charcoal

การวัดหาปริมาณธาตุ

1. เตรียม Standard B ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ml จาก Standard B 25 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยดูด Standard B 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 ml ทำให้เกิดสีโดยใช้สารละลาย NH_4 acetate buffer 5 ml สารละลาย EDTA 10 ml สารละลาย Azomethine H 5 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 ml

2. ดูดสารละลายตัวอย่างที่ย่อยแล้วให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.5-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับ Standard โดยใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 ml ทำให้เกิดสีเหมือนกับ Standard

3. ปล่อยทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปวัดสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 415 nm

4. คำนวณปริมาณ B จากค่า มิลลิกรัมต่อลิตร ที่วัดได้

$$\% B = A \times \text{dilution factor} \times 100 / 10^6$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่อง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

dilution factor = (ปริมาตรสุดท้าย / น้ำหนักปุ๋ย) x ค่าเจือจาง (dilution)

การหาวิเคราะห์หาปริมาณ Cl ในปุ๋ยเคมี โดยวิธี Titration

สารเคมีและน้ำยา

1. Potassium dicromate (K_2CrO_4)

ละลาย K_2CrO_4 ด้วยน้ำจนอิ่มตัว

2. Standard 0.1 M $AgNO_3$

ชั่ง $AgNO_3$ 4.2473 กรัมละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรใน volumetric flask ขนาด 250 ml

3. Standard 0.1 M NaCl

ชั่ง NaCl ที่อบไล่ความชื้นที่ 75 ^{o}C นาน 20 ชั่วโมง อย่างละเอียด 2.9222 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 ml ใน volumetric flask

หา Molarity ของ $AgNO_3$ โดยดูด standard 0.1 M NaCl มา 10 ml titrate กับ $AgNO_3$ โดยใช้ K_2CrO_4 เป็น indicator

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างปุ๋ยที่บดละเอียด ผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 0.5 มิลลิเมตร มาอบไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 75 ^{o}C นาน 20 ชั่วโมง แล้วนำมาเก็บใน desiccator
2. ชั่งตัวอย่างปุ๋ยอย่างละเอียดประมาณ 1.000 กรัม
3. ละลายน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรใน volumetric flask เป็น 100 ml

การวัดหาปริมาณธาตุ

ดูดตัวอย่างที่เตรียมไว้มา 5-10 ml ขึ้นกับความเข้มข้นของปริมาณ Cl เติมน้ำลงไปประมาณ 50 ml หยด K_2CrO_4 ลงไปประมาณ 4 หยด แล้วนำไป titrate กับ $AgNO_3$ จนถึงจุดสมมูลย์ จะได้ตะกอนสีส้มแดงของ Ag_2CrO_4 จดปริมาตร $AgNO_3$ ที่ใช้ในการ titrate ตัวอย่าง ทำ Blank ด้วย แล้วนำปริมาตร $AgNO_3$ ที่ใช้กับ Blank ไปลบออกจากปริมาตร $AgNO_3$ ที่ใช้กับตัวอย่าง จะเป็นปริมาตร $AgNO_3$ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับคลอไรด์ คำนวณปริมาณ Cl

$$\% Cl = N\ AgNO_3 \times (\text{ml } AgNO_3 - \text{Blank}) \times 35.453 \times 10 / \text{wt} \times \text{aliq.}$$

3. **บันทึกข้อมูล**

3.1 สูตรปุ๋ย เลขทะเบียนปุ๋ย ชนิดของปุ๋ยเคมี และจำนวนตัวอย่าง

3.2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณธาตุอาหารรอง Ca, Mg, S

3.3 ปริมาณธาตุอาหารเสริม Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B และ Cl

เวลาและสถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองเดือนมกราคม 2544 – มิถุนายน 2545 ที่ห้องปฏิบัติการทดลอง กลุ่มงานวิจัยปุ๋ยและสารปรับปรุงดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลองการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดในปุ๋ยจำนวน 101 ตัวอย่าง พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารรอง Ca อยู่ระหว่าง 0.03-12.32%, Mg 0.05-2.83%, S 0.04-14.23% และมีปริมาณธาตุอาหารเสริม Fe อยู่ระหว่าง 0.05-2.47%, Cu 0.000-0.012%, Zn 0.005-0.111%, Mn 0.001-0.115%, Mo 0.0000-0.0044%, B 0.004-0.059% และ Cl 0.52-22.26% ตามลำดับ (ตารางที่ 1, 2) ปุ๋ยทุกตัวอย่างวิเคราะห์พบธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมทุกธาตุ ยกเว้น Mo และ Cl ที่วิเคราะห์ไม่พบเลยจำนวน 39 และ 29 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4) เนื่องจากธาตุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ยเคมีโดยธรรมชาติ เช่น หินฟอสเฟต โดโลไมท์ ยิปซัม กัวโนฟอสเฟต เถ้าสาหร่าย เป็นต้น พบปุ๋ยที่ไม่มีเลขทะเบียนจำนวน 4 ตัวอย่าง คือ สูตร 10-10-30+2MgO, 15-15-15, 16-12-30 และ 30-0-0 จากจังหวัด อุตรดิตถ์ เชียงราย กระบี่และแพร่ ปุ๋ยที่ระบุธาตุอาหารรองและอาหารเสริม จำนวน 5 ตัวอย่าง คือ สูตร 10-10-30+2MgO จากจังหวัดอุตรดิตถ์ 13-13-21+2+3+1 จากจังหวัดยโสธร 15-5-20+2+3 จากจังหวัดเพชรบูรณ์ 16-8-8+2+3+0.4 และ 15-15-20+2MgO จากจังหวัดอุดรธานี แต่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าปริมาณที่ระบุไว้ทุกตัวอย่าง

ปุ๋ยส่วนใหญ่ไม่ได้ระบุปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมไว้แต่วิเคราะห์พบในปริมาณที่สูง เช่น Ca, Mg และ S พบสูงสุด 12.32, 2.83 และ 14.23% ในปุ๋ยสูตร 16-20-0 จากจังหวัดฉะเชิงเทรา 18-4-5 จากจังหวัดพิจิตร และ 16-16-8 จากจังหวัดร้อยเอ็ด ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยที่พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารเสริมสูงสุดคือ Fe 2.47% จากสูตร 5-8-8 จังหวัดกาฬสินธุ์ Cu 0.012% จากสูตร 16-16-8 จังหวัดสกลนคร Zn 0.111% จากสูตร 16-20-0 จังหวัดฉะเชิงเทรา Mn 0.115% จากสูตร 6-12-24 จังหวัดชุมพร Mo 0.0044% จากสูตร 16-8-8 จังหวัดกาฬสินธุ์ B 0.059% จากสูตร 16-20-0 จังหวัดฉะเชิงเทรา และ Cl 22.26% จากสูตร 9-24-24 จังหวัดระยอง

ในประเทศไทย พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ยังไม่มีกฎหมายควบคุมไปถึงปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม การระบุหรือไม่ระบุธาตุเหล่านี้จึงไม่เป็นการผิดต่อกฎหมาย แต่ในบางประเทศมีการควบคุมและยอมรับให้ขึ้นทะเบียนได้โดยกำหนดเกณฑ์ต่ำสุดของธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมไว้ (ตารางที่ 3) และต้องแสดงในฉลากต่อจากปริมาณธาตุอาหารรับรองของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และปุ๋ยใดที่มี B และ Mo เท่ากับ 0.1 และ 0.0010% หรือสูงกว่านี้ จะต้องมีคำเตือนไว้อย่างเด่นชัด พร้อมทั้งต้องระบุไว้ด้วยว่าการ

ใช้ปุ๋ยนี้ในอัตราสูงนอกเหนือจากที่แนะนำไว้อาจเป็นพิษต่อพืชอย่างรุนแรง และถ้าใช้กับพืชอาหารสัตว์อาจทำให้พืชมี Mo สูงเกินไปจนเป็นอันตรายต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ จากผลการทดลองพบว่า ปุ๋ยเคมีผสมแบบคลุกเคล้าและแบบปั้นเม็ดจำนวน 101 ตัวอย่าง มีปริมาณธาตุอาหารรอง Ca Mg และ S ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำที่กำหนดในตารางที่ 4 เป็นปริมาณ 41, 58 และ 53% หรือผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ 59,42,และ47% มีปริมาณ Fe สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำทั้งหมด แต่มีปริมาณ Cu ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำทั้งหมด ปริมาณ Zn, Mn, Mo, B และ Cl ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำจำนวน 94, 79, 50, 72 และ 29% หหรือผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ 6,,21,50,28 และ 71%ตามลำดับ และปุ๋ยทั้งหมดมี B ไม่เกินปริมาณที่กำหนด คือ 0.1 %ทุกตัวอย่าง แต่มี Mo เกินปริมาณที่กำหนด คือ 0.0010% อยู่ 32 ตัวอย่าง

จากข้อมูลการขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยเคมีเพื่อจำหน่ายในประเทศปี พ.ศ. 2546 ของกองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร พบว่า มีการขอระบุปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเพิ่มขึ้นกว่าในอดีตมาก ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรมีความรู้และเข้าใจถึงความสำคัญของธาตุเหล่านี้เพิ่มขึ้น และจากการเปรียบเทียบข้อมูลของปุ๋ยที่ขอขึ้นทะเบียนกับปุ๋ยที่ทำการศึกษาในสูตรที่เหมือนกันพบว่า ปริมาณธาตุอาหารรองที่ขอระบุจะมีปริมาณมากกว่าปุ๋ยที่ทำการศึกษา แต่ธาตุอาหารเสริมมีปริมาณใกล้เคียงกับปุ๋ยที่ทำการศึกษาซึ่งไม่ได้ระบุไว้ในสูตร ดังนั้น เกษตรกรจึงไม่จำเป็นต้องซื้อปุ๋ยธาตุอาหารรองหรือธาตุอาหารเสริมมาใช้ เพราะถ้าใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันไปนานๆก็สามารถมีธาตุอาหารเหล่านี้ในดินเพิ่มขึ้นได้ และถ้าใส่มากเกินไปในดินก็อาจจะเป็นอันตรายต่อพืชได้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพบว่าปุ๋ยเคมีทั่วไปมีธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเจือปนอยู่ด้วยนอกเหนือจากธาตุอาหารหลักที่ต้องระบุตามกฎหมายแล้ว เนื่องจากธาตุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตปุ๋ย เช่น หินฟอสเฟต โดโลไมท์ ยิปซัม กัวโนฟอสเฟต และ เถ้าสาหร่ายเป็นต้น จากการศึกษาปุ๋ยเคมีจำนวน 101 ตัวอย่าง เป็นปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้าจำนวน 75 ตัวอย่าง ปุ๋ยผสมแบบปั้นเม็ดจำนวน 26 ตัวอย่าง พบว่ามีธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเจือปนอยู่ทุกธาตุในปริมาณต่างๆ กัน ยกเว้น Mo และ Cl ที่บางตัวอย่างไม่พบเลย ตัวอย่างปุ๋ยมีปริมาณธาตุอาหารรอง Ca, Mg และ S สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำที่กำหนดให้ขึ้นทะเบียนได้ของบางประเทศ จำนวน 59,42 และ47% มีปริมาณธาตุอาหารเสริม Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B และ Cl สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำที่กำหนดให้ขึ้นทะเบียนได้จำนวน 100, 0, 6, 21, 50, 28 และ 71% ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้ทำให้ทราบว่าปุ๋ยเคมีที่ขายอยู่ทั่วไปในประเทศมีปริมาณธาตุอาหารรองผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่บางประเทศยอมรับให้ขึ้นทะเบียนได้จำนวนประมาณ 50% มีธาตุอาหารเสริม Fe สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำทั้งหมด แต่มีปริมาณ Cu ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำทั้งหมด มี Cl สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ 72%

ดังนั้น เกษตรกรจึงควรศึกษาให้ทราบถึงรายละเอียดของปุ๋ยเคมีที่ใช้และควรระวังในการใช้ปุ๋ยธาตุอาหารรองแและธาตุอาหารเสริม เช่นปุ๋ย Fe และ Cl ซึ่งอาจจะเป็นพิษต่อพืชได้ถ้าใช้มากเกินไป เป็นการช่วยให้เกษตรกรสามารถใช้ปุ๋ยเคมีได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและเป็นการลดต้นทุนปัจจัยการผลิตได้ทางหนึ่ง

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า (Bulk-blended fertilizer) จำนวน 75 ตัวอย่าง 34 สูตร

	สูตรปุ๋ย	จำนวน ต.ย.	% Ca	% Mg	% S	% Fe	% Cu	% Zn	% Mn	% Mo	% B	% Cl
1	5-8-8	1	6.87	0.37	0.65	2.47	0.007	0.018	0.071	0.0044	0.014	6.42
2	6-0-30	1	2.67	1.52	1.55	0.81	0.002	0.027	0.025	0.0000	0.015	12.78
3	8-24-24	2	0.63 - 0.63	0.38 – 0.56	0.73 – 1.22	0.55 – 1.31	0.005 – 0.010	0.010 – 0.019	0.018 – 0.038	0.0009 – 0.0040	0.009 – 0.010	10.19 – 15.83
4	9-24-24	3	0.14 – 1.25	0.16 – 0.83	1.08 – 1.45	0.34 – 0.89	0.002 – 0.006	0.011 – 0.023	0.017 – 0.053	0.0000 – 0.0041	0.006 – 0.011	17.42 – 22.26
5	10-10-30+2 MgO	1	1.49	0.56	0.33	0.37	0.006	0.020	0.013	0.0037	0.012	14.60
6	10-15-5	1	2.03	0.38	1.21	1.78	0.006	0.027	0.061	0.0024	0.013	4.73
7	11-25-25	1	0.70	0.16	1.33	0.21	0.003	0.011	0.019	0.0008	0.025	15.18
8	12-4-4	1	1.64	0.75	1.25	1.69	0.006	0.022	0.062	0.0013	0.015	0.00
9	13-13-21	2	1.26 - 1.58	0.62 – 1.01	0.52 – 0.53	0.58 – 0.66	0.002	0.016 – 0.062	0.017 – 0.022	0.0003 – 0.0015	0.007	13.66 - 17.37
10	14-4-9	2	2.90 – 3.89	1.22 – 2.20	0.12 – 3.94	0.86 – 1.08	0.001 – 0.002	0.014 – 0.019	0.026 – 0.039	0.0000	0.011 – 0.018	2.98 – 5.19
11	15-5-20+2+3	1	0.95	0.42	0.17	1.73	0.003	0.017	0.045	0.0022	0.012	0.00
12	15-7-18	1	1.27	0.58	0.24	1.10	0.002	0.014	0.038	0.0000	0.015	9.57
13	15-10-30	1	0.87	0.44	0.57	0.18	0.001	0.022	0.002	0.0010	0.006	17.65
14	15-15-15	10	0.45 – 6.66	0.20 – 1.87	0.53 – 9.44	0.10 – 1.44	0.001 – 0.006	0.006 – 0.048	0.011 – 0.063	0.0000 – 0.0039	0.004 – 0.021	0.00 – 14.55
15	16-4-6	1	2.63	0.63	2.10	0.96	0.006	0.043	0.069	0.0000	0.011	0.52
16	16-8-4	1	1.00	0.45	0.62	1.22	0.001	0.042	0.040	0.0000	0.014	0.95
17	16-8-8	9	0.10 – 5.56	0.16 – 0.47	0.07 – 10.98	0.28 – 1.70	0.002 – 0.009	0.009 – 0.038	0.006 – 0.050	0.0000 – 0.0044	0.008 – 0.019	0.00 – 15.79
18	16-8-16	1	2.28	1.47	6.46	0.42	0.005	0.015	0.021	0.0035	0.009	8.56

	สูตรปุ๋ย	จำนวน ต.ย.	% Ca	% Mg	% S	% Fe	% Cu	% Zn	% Mn	% Mo	% B	% Cl
19	16-12-30	1	0.08	0.14	0.52	0.26	0.000	0.014	0.010	0.0000	0.015	22.11
20	16-16-8	5	0.10 – 3.74	0.12 – 0.18	3.93 – 12.77	0.08 – 0.97	0.001 – 0.012	0.010 – 0.056	0.010 – 0.059	0.0000 – 0.0032	0.006 – 0.028	0.00 – 4.94
21	16-16-16	2	0.43 – 2.36	0.30 – 0.53	0.58 – 0.78	0.44 – 0.92	0.003 – 0.005	0.008 – 0.024	0.025 – 0.029	0.0005 – 0.0040	0.008 – 0.009	15.01 – 15.76
22	16-16-26	1	0.10	0.22	0.59	0.27	0.001	0.010	0.011	0.0019	0.012	13.22
23	16-20-0	1	12.31	0.20	7.59	0.10	0.002	0.111	0.002	0.0000	0.059	0.00
24	17-17-17	1	1.23	0.85	0.74	0.63	0.003	0.012	0.019	0.0016	0.010	15.14
25	18-4-5	8	0.03 – 5.27	0.17 – 2.83	0.10 – 8.55	0.09 – 2.20	0.000 – 0.004	0.008 – 0.036	0.005 – 0.065	0.0000 – 0.0005	0.008 – 0.018	0.00 – 10.81
26	18-4-6	2	1.86 – 3.06	0.49 – 1.58	0.88 – 0.23	1.02 – 1.40	0.002 – 0.003	0.021 – 0.041	0.036 – 0.048	0.0000	0.006 – 0.014	0.00 – 3.72
27	18-6-4	5	1.20 – 3.21	0.60 – 1.83	0.23 – 0.51	1.11 – 1.36	0.001 – 0.004	0.010 – 0.034	0.032 – 0.076	0.0000 – 0.0003	0.009 – 0.020	0.00 – 4.50
28	18-6-6	1	1.54	0.83	11.07	0.62	0.002	0.019	0.018	0.0000	0.014	0.00
29	18-10-6	1	2.41	1.07	3.21	0.87	0.002	0.023	0.031	0.0000	0.014	1.93
30	19-19-19	2	0.11 – 0.83	0.20 – 0.22	0.79 – 0.82	0.11 – 0.47	0.000 – 0.003	0.020 – 0.024	0.002 – 0.017	0.0000 – 0.0017	0.015 – 0.032	13.32 - 17.63
31	20-10-5	1	0.36	0.19	0.98	1.35	0.003	0.012	0.029	0.0028	0.014	0.00
32	27-12-6	1	0.11	0.05	7.09	0.48	0.002	0.021	0.033	0.0010	0.009	5.54
33	30-0-0	2	0.56 – 0.75	0.32 – 0.38	0.14 – 5.99	0.23 – 1.20	0.003	0.005 – 0.012	0.004 – 0.029	0.0000 – 0.0003	0.007 – 0.016	0.00 – 7.93
34	32-10-10	1	0.09	0.05	0.37	0.49	0.002	0.016	0.031	0.0011	0.009	10.46

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยผสมแบบปั้นเม็ด (granulated fertilizer) จำนวน 26 ตัวอย่าง 14 สูตร

	สูตรปุ๋ย	จำนวน ต.ย.	% Ca	% Mg	% S	% Fe	% Cu	% Zn	% Mn	% Mo	% B	% Cl
1	6-12-24	1	3.06	0.24	5.80	1.36	0.008	0.040	0.115	0.0000	0.007	12.97
2	9-3-9	2	1.60 – 2.76	0.20 – 0.35	10.22 – 12.04	0.77 - 1.35	0.007 – 0.012	0.015 – 0.037	0.078 – 0.092	0.0000 – 0.0037	0.017 – 0.020	0.00
3	12-3-6	1	2.56	0.22	12.96	1.04	0.005	0.055	0.070	0.0001	0.011	9.53
4	13-13-21	2	0.20 – 3.55	0.16 – 0.23	3.52 – 7.72	0.12 – 0.13	0.001 – 0.011	0.015 – 0.028	0.003 – 0.007	0.0000 – 0.0032	0.010 – 0.011	0.00 - 3.70
5	15-15-15	6	0.10 – 5.58	0.09 – 0.62	0.41 – 11.34	0.11 – 0.91	0.001 – 0.005	0.009 – 0.047	0.003 – 0.028	0.000 – 0.0040	0.010 – 0.045	0.00 – 10.03
6	15-15-20+2 MgO	1	4.69	0.08	8.10	0.05	0.001	0.021	0.001	0.0006	0.010	0.00
7	16-4-6	1	3.73	1.31	0.04	1.64	0.005	0.061	0.110	0.0000	0.016	0.00
8	16-8-4	1	3.80	1.50	5.72	0.85	0.003	0.028	0.090	0.0000	0.014	0.00
9	16-8-8	1	0.78	0.47	10.98	0.28	0.002	0.009	0.006	0.0000	0.013	0.00
10	16-11-14	1	0.10	0.09	10.86	0.14	0.002	0.012	0.005	0.0018	0.005	3.34
11	16-16-8	4	0.09 – 0.32	0.11 – 0.23	11.08 – 14.23	0.12 – 0.47	0.002 – 0.005	0.012 – 0.019	0.002 – 0.010	0.0025 –0.0052	0.006 – 0.013	0.00 – 4.75
12	16-20-0	3	0.15 – 0.25	0.11 – 0.20	7.835 – 9.319	0.11 - 0.72	0.001 – 0.004	0.030 – 0.036	0.001 – 0.010	0.0000 – 0.0005	0.009 – 0.020	0.00 – 2.99
13	18-4-5	1	4.13	1.57	0.16	1.44	0.002	0.032	0.049	0.0000	0.018	0.00
14	21-5-5	1	0.82	0.38	0.27	1.44	0.004	0.010	0.035	0.0032	0.008	10.84

ตารางที่ 3 เกณฑ์ต่ำสุดของธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมที่บางประเทศยอมรับให้ขึ้นทะเบียนได้

ธาตุอาหาร	%ต่ำสุด	ธาตุอาหาร	%ต่ำสุด
Ca	1.0	Mn	0.05
Mg	0.5	Mo	0.0005
S	1.0	B	0.02
Fe	0.05	Cl	0.1
Cu	0.05	Na	0.1
Zn	0.05	Co	0.0005

ที่มา : ศัพท์ในวงการปุ๋ย ดร.ยงยุทธ โอสถสภา (2542)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมและจำนวนตัวอย่างปุ๋ยที่วิเคราะห์พบ (จากจำนวนปุ๋ย 101 ตัวอย่าง)

% Ca	< 1	1 – 6	> 6	
%จำนวนตัวอย่าง	41	55	4	
% Mg	< 0.5	0.5 – 1	> 1	
%จำนวนตัวอย่าง	58	20	22	
% S	< 1	1 – 6	> 6	
%จำนวนตัวอย่าง	53	23	24	
% Fe	< 0.05	0.05 – 1	> 1	
%จำนวนตัวอย่าง	0	61	39	
% Cu	< 0.05			
%จำนวนตัวอย่าง	100			
% Zn	< 0.05	0.05 – 0.1	> 0.1	
%จำนวนตัวอย่าง	94	5	1	
% Mn	< 0.05	0.05 – 0.1	> 0.1	
%จำนวนตัวอย่าง	79	19	2	
% Mo	0.0000	< 0.0005	0.0005 – 0.0050	
%จำนวนตัวอย่าง	39	11	50	
% B	< 0.02	0.02 – 0.03	> 0.03	
%จำนวนตัวอย่าง	72	27	1	1
% Cl	0.00	< 0.1	> 0.1	
%จำนวนตัวอย่าง	29	0	71	

เอกสารอ้างอิง

กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2529. วารสารฉบับพิเศษ. กรมวิชาการเกษตร ปีที่ 2 ฉบับที่ 4 ตุลาคม-ธันวาคม 2529 หน้า 51-59.

กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2546. วาระการประชุมคณะอนุกรรมการปุ๋ยพิจารณาการขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยเคมีครั้งที่ 6/2546 และครั้งที่ 9/2546.

กองปฐพีวิทยา. 2540. เอกสารวิชาการ. ทิศทางการใช้ปุ๋ยเพื่อพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 139 หน้า.

กองปฐพีวิทยา. 2543. ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช. เอกสารวิชาการประกอบภาพ. กรมวิชาการเกษตร. 119 หน้า.

คู่มือการผสมปุ๋ยเคมีใช้เอง. 2541. กรมวิชาการเกษตรร่วมกับกรมส่งเสริมสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 102 หน้า.

คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย. 2541. กลุ่มงานวิเคราะห์ปุ๋ย กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร.

พระราชบัญญัติปุ๋ย. 2518. คัดจากหนังสือราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่ม 92 ตอน 5. 28 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2536. ปุ๋ยเคมี. การผลิตและการประเมินคุณภาพ. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 488 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2542. ศัพท์ในวงการปุ๋ย. กรุงเทพ : กลุ่มมหาวิทาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 145-147.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน ปิยะ ดวงพัตรา และลัดดาวัลย์ มีสุข. 2535. ปุ๋ยเคมี-การผสมปุ๋ยและการตรวจสอบธาตุอาหารปุ๋ย.คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. คณะกรรมการจัดกิจกรรมเพื่อเพิ่มกองทุน ศ.ดร. สรสิทธิ์ วัชโรทยาน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 123-155.

AOAC. 1990. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Virginia, USA. 684pp.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 เปอร์เซ็นต์ปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า (bulk-blended fertilizer) และแหล่งที่เก็บ จำนวน 75 ตัวอย่าง 34 สูตร

	สูตรปุ๋ย	แหล่งที่เก็บ	% Ca	% Mg	% S	% Fe	% Cu	% Zn	% Mn	% Mo	% B	% Cl
1	5-8-8	กาฬสินธุ์	6.86	0.37	0.65	2.47	0.007	0.018	0.071	0.0044	0.014	6.42
2	6-0-30	เชียงใหม่	2.67	1.52	1.55	0.81	0.002	0.027	0.025	0.0000	0.015	12.78
3	8-24-24	ระยอง	0.63	0.38	0.73	1.30	0.010	0.010	0.038	0.0009	0.009	10.19
	8-24-24	ตราด	0.63	0.56	1.22	0.54	0.005	0.019	0.018	0.0046	0.010	15.83
4	9-24-24	พิจิตร	1.25	0.82	1.08	0.59	0.002	0.013	0.019	0	0.006	17.42
	9-24-24	ระยอง	1.22	0.63	1.44	0.34	0.004	0.011	0.017	0.0021	0.007	22.26
	9-24-24	นครราชสีมา	0.14	0.16	1.16	0.89	0.006	0.023	0.053	0.0041	0.011	21.00
5	10-10-30+2 MgO	อุตรดิตถ์	1.49	0.56	0.33	0.37	0.006	0.020	0.013	0.0037	0.012	14.60
6	10-15-5	เพชรบูรณ์	2.03	0.38	1.21	1.78	0.006	0.027	0.061	0.0024	0.013	4.73
7	11-25-25	อุตรดิตถ์	0.70	0.16	1.33	0.21	0.003	0.011	0.019	0.0008	0.025	15.18
8	12-4-4	ขอนแก่น	1.64	0.75	1.25	1.69	0.006	0.022	0.062	0.0013	0.015	0.00
9	13-13-21	ลพบุรี	1.58	0.62	0.53	0.58	0.002	0.062	0.017	0.0003	0.007	17.37
	13-13-21+2+3+1	ยโสธร	1.26	1.01	0.52	0.66	0.002	0.016	0.022	0.0015	0.007	13.66
10	14-4-9	สุราษฎร์ธานี	3.89	2.20	0.12	1.08	0.002	0.019	0.039	0	0.011	5.19
	14-4-9	สงขลา	2.90	1.22	3.94	0.86	0.001	0.014	0.026	0	0.018	2.98
11	15-5-20+2+3	เพชรบูรณ์	0.95	0.42	0.17	1.73	0.003	0.017	0.045	0.0022	0.012	0.00
12	15-7-18	สงขลา	1.27	0.58	0.24	1.10	0.002	0.014	0.038	0.0000	0.015	9.57
13	15-10-30	อุดรธานี	0.87	0.44	0.57	0.18	0.001	0.022	0.002	0.0010	0.006	17.65

	สูตรปุ๋ย	แหล่งที่เก็บ	% Ca	% Mg	% S	% Fe	% Cu	% Zn	% Mn	% Mo	% B	% Cl
14	15-15-15	กาญจนบุรี	0.83	0.30	0.53	0.94	0.002	0.032	0.033	0	0.004	10.57
	15-15-15	กรุงเทพฯ	0.71	0.37	0.89	1.42	0.003	0.048	0.044	0	0.011	5.98
	15-15-15	กรุงเทพฯ	2.33	1.41	4.96	0.61	0.001	0.035	0.027	0	0.021	7.04
	15-15-15	มุกดาหาร	1.68	1.31	4.19	0.62	0.001	0.006	0.063	0.0016	0.017	2.71
	15-15-15	มุกดาหาร	6.66	0.20	4.63	0.10	0.006	0.036	0.015	0.0018	0.018	0
	15-15-15	พิษณุโลก	2.68	1.87	0.60	0.82	0.004	0.019	0.026	0	0.013	7.57
	15-15-15	อุตรดิตถ์	1.64	0.67	0.61	0.56	0.005	0.020	0.026	0.0010	0.013	11.27
	15-15-15	ตราด	0.45	0.32	1.36	0.87	0.004	0.023	0.011	0.0040	0.007	13.85
	15-15-15	ระยอง	1.20	0.56	1.18	0.94	0.004	0.042	0.028	0.0018	0.010	12.16
	15-15-15	กาฬสินธุ์	2.95	0.26	0.81	1.44	0.005	0.014	0.054	0.0029	0.011	12.16
15	16-4-6	ลพบุรี	2.63	0.63	2.10	0.96	0.006	0.043	0.069	0.0000	0.011	0.52
16	16-8-4	กรุงเทพฯ	1.00	0.45	0.62	1.22	0.001	0.042	0.040	0.0000	0.014	0.95
17	16-8-8	สุพรรณบุรี	1.14	0.35	0.07	1.54	0.002	0.032	0.049	0	0.019	0
	16-8-8	กาญจนบุรี	1.08	0.32	0.33	1.42	0.002	0.038	0.043	0	0.018	4.15
	16-8-8	สุโขทัย	0.10	0.21	0.35	1.26	0.002	0.011	0.019	0	0.017	3.41
	16-8-8	อุดรธานี	0.90	0.42	0.28	1.26	0.002	0.015	0.034	0.0006	0.012	5.71
	16-8-8	กาฬสินธุ์	0.25	0.22	0.49	1.39	0.004	0.018	0.010	0.0044	0.010	15.79
	16-8-8	พิษณุโลก	0.43	0.24	0.40	1.64	0.005	0.011	0.011	0.0011	0.016	6.85
	16-8-8	นครราชสีมา	0.20	0.16	0.54	1.70	0.008	0.013	0.020	0.0037	0.010	14.71
	16-8-8	กาฬสินธุ์	5.56	0.27	0.57	1.65	0.009	0.015	0.050	0.0033	0.008	8.34
	16-8-8	นครราชสีมา	1.14	0.40	0.60	1.61	0.005	0.023	0.039	0.0034	0.012	10.82

	สูตรปุ๋ย	แหล่งที่เก็บ	% Ca	% Mg	% S	% Fe	% Cu	% Zn	% Mn	% Mo	% B	% Cl
18	16-8-16	กาฬสินธุ์	2.28	1.47	6.46	0.42	0.005	0.015	0.021	0.0035	0.009	8.56
19	16-12-30	กระบี่	0.08	0.14	0.52	0.26	0.000	0.014	0.010	0	0.015	22.11
20	16-16-8	กรุงเทพฯ	2.77	1.63	6.39	0.97	0.001	0.036	0.029	0	0.019	4.94
	16-16-8	ยโสธร	0.14	0.36	12.77	0.40	0.004	0.013	0.033	0.0011	0.006	0
	16-16-8	ยโสธร	0.10	0.18	9.30	0.32	0.001	0.010	0.010	0.0010	0.011	0
	16-16-8	สกลนคร	9.31	0.12	5.72	0.01	0.012	0.056	0.027	0.0032	0.028	0
	16-16-8	ยโสธร	3.74	1.83	3.93	0.60	0.001	0.010	0.059	0.0010	0.014	0
21	16-16-16	ระยอง	0.43	0.30	0.58	0.91	0.003	0.008	0.025	0.0005	0.009	15.76
	16-16-16	ระยอง	2.36	0.53	0.78	0.44	0.005	0.024	0.029	0.0040	0.008	15.01
22	16-16-26	สกลนคร	0.10	0.22	0.59	0.27	0.001	0.010	0.011	0.0019	0.012	13.22
23	16-20-0	ฉะเชิงเทรา	12.32	0.20	7.59	0.10	0.002	0.111	0.002	0.0000	0.059	0.00
24	17-17-17	ระยอง	1.23	0.84	0.74	0.63	0.003	0.012	0.019	0.0016	0.010	15.14
25	18-4-5	ชุมพร	1.12	0.46	0.14	0.11	0.002	0.021	0.065	0	0.018	4.93
	18-4-5	ลพบุรี	2.84	0.82	0.42	2.20	0.003	0.036	0.059	0.0001	0.012	0.95
	18-4-5	กาญจนบุรี	1.17	0.30	0.10	1.51	0.002	0.031	0.047	0.0001	0.010	5.44
	18-4-5	นนทบุรี	4.13	1.57	0.16	1.44	0.002	0.032	0.049	0	0.018	0
	18-4-5	กรุงเทพฯ	1.14	0.52	0.54	0.86	0.001	0.023	0.036	0	0.020	0
	18-4-5	ระยอง	0.03	0.17	8.55	0.09	0	0.008	0.005	0	0.010	0
	18-4-5	พิษณุโลก	3.10	1.89	0.18	1.66	0.004	0.016	0.037	0	0.012	2.64
	18-4-5	พิจิตร	5.27	2.83	0.18	0.86	0.003	0.020	0.037	0.0001	0.008	10.81

	สูตรปุ๋ย	แหล่งที่เก็บ	% Ca	% Mg	% S	% Fe	% Cu	% Zn	% Mn	% Mo	% B	% Cl
26	18-4-6	ลพบุรี	3.06	1.58	0.23	1.02	0.002	0.041	0.036	0	0.006	3.72
	18-4-6	สุโขทัย	1.86	0.49	0.88	1.40	0.003	0.021	0.048	0	0.014	0
27	18-6-4	กาญจนบุรี	2.09	1.08	0.23	1.26	0.001	0.028	0.035	0.0002	0.014	3.45
	18-6-4	กรุงเทพฯ	1.20	0.60	0.51	1.22	0.001	0.032	0.040	0	0.020	0
	18-6-4	นครนายก	2.84	1.18	0.27	1.10	0.001	0.034	0.041	0	0.018	2.68
	18-6-4	ยโสธร	3.21	1.62	0.32	1.36	0.004	0.018	0.076	0	0.009	3.08
	18-6-4	พิจิตร	2.86	1.83	0.30	1.36	0.004	0.010	0.032	0.0003	0.009	4.50
28	18-6-6	เชียงใหม่	1.54	0.83	11.07	0.62	0.002	0.019	0.018	0.0000	0.014	0.00
29	18-10-6	สงขลา	2.41	1.07	3.21	0.87	0.002	0.023	0.031	0.0000	0.014	1.93
30	19-19-19	สุพรรณบุรี	0.11	0.22	0.78	0.47	0	0.024	0.017	0	0.032	17.63
	19-19-19	สุรินทร์	0.83	0.20	0.82	0.11	0.003	0.020	0.002	0.0017	0.015	13.32
31	20-10-5	เพชรบูรณ์	0.36	0.18	0.98	1.35	0.003	0.012	0.029	0.0028	0.014	0.00
32	27-12-6	อุดรธานี	0.10	0.04	7.09	0.48	0.002	0.021	0.033	0.0010	0.009	5.54
33	30-0-0	แพร่	0.57	0.32	5.99	0.23	0.003	0.005	0.004	0.	0.016	0
	30-0-0	พิจิตร	0.78	0.38	0.14	1.20	0.003	0.012	0.029	0.0003	0.007	7.93
34	32-10-10	อุดรธานี	0.85	0.05	0.37	0.49	0.002	0.016	0.031	0.0011	0.009	10.46

ตารางผนวกที่ 2 เปอร์เซ็นต์ปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยผสมแบบปั้นเม็ด (granulated fertilizer) และแหล่งที่เก็บ จำนวน 26 ตัวอย่าง 14 สูตร

	สูตรปุ๋ย	แหล่งที่เก็บ	% Ca	% Mg	% S	% Fe	% Cu	% Zn	% Mn	% Mo	% B	% Cl
1	6-12-24	ชุมพร	3.06	0.24	5.80	1.36	0.008	0.040	0.115	0.0000	0.007	12.97
2	9-3-9	ลำพูน	2.76	0.20	12.04	1.35	0.012	0.037	0.092	0	0.017	0.00
	9-3-9	น่าน	1.60	0.35	10.22	0.77	0.007	0.015	0.078	0.0037	0.020	0
3	12-3-6	ชุมพร	2.56	0.22	12.96	1.04	0.005	0.055	0.070	0.0001	0.011	9.53
4	13-13-21	อุดรธานี	0.20	0.16	7.72	0.13	0.001	0.015	0.007	0.0032	0.010	3.70
	13-13-21	เพชรบูรณ์	3.55	0.23	3.52	0.12	0.011	0.028	0.003	0	0.011	0
5	15-15-15	ฉะเชิงเทรา	0.78	0.62	1.34	0.91	0.001	0.047	0.028	0	0.018	10.03
	15-15-15	ระยอง	3.34	0.53	6.92	0.12	0.002	0.016	0.018	0.0001	0.027	0
	15-15-15	เพชรบูรณ์	0.10	0.10	11.34	0.16	0.002	0.019	0.008	0.0002	0.012	0
	15-15-15	อยุธยา	0.11	0.18	9.44	0.39	0.003	0.009	0.009	0.0022	0.016	4.85
	15-15-15	เชียงราย	5.58	0.09	0.41	0.10	0.004	0.023	0.003	0.0034	0.045	5.03
	15-15-15	กาฬสินธุ์	2.33	0.40	0.60	0.56	0.005	0.025	0.009	0.0039	0.010	7.21
6	15-15-20+2 MgO	อุดรธานี	4.69	0.08	8.10	0.05	0.001	0.021	0.001	0.0006	0.010	0.00
7	16-4-6	ฉะเชิงเทรา	3.73	1.30	0.04	1.64	0.005	0.061	0.110	0.0000	0.016	0.00
8	16-8-4	สุพรรณบุรี	3.80	1.50	5.72	0.85	0.003	0.028	0.090	0.0000	0.014	0.00
9	16-8-8	แพร่	0.78	0.47	10.98	0.28	0.002	0.009	0.006	0.0000	0.013	0.00
10	16-11-14	กรุงเทพฯ	0.10	0.09	10.86	0.14	0.002	0.012	0.005	0.0018	0.005	3.34

	สูตรปุ๋ย	แหล่งที่เก็บ	% Ca	% Mg	% S	% Fe	% Cu	% Zn	% Mn	% Mo	% B	% Cl
11	16-16-8	ร้อยเอ็ด	0.14	0.23	11.08	0.47	0.002	0.012	0.010	0.0052	0.012	4.75
	16-16-8	ร้อยเอ็ด	0.08	0.22	14.23	0.12	0.003	0.013	0.002	0.0027	0.013	1.58
	16-16-8	ร้อยเอ็ด	0.32	0.22	13.87	0.27	0.004	0.019	0.005	0.0025	0.010	0
	16-16-8	ร้อยเอ็ด	0.09	0.11	13.76	0.12	0.005	0.019	0.002	0.0038	0.006	0
12	16-20-0	ลพบุรี	0.25	0.11	7.83	0.11	0.001	0.034	0.010	0.0005	0.010	0.26
	16-20-0	เพชรบูรณ์	0.15	0.13	9.19	0.13	0.004	0.030	0.001	0.0002	0.009	0
	16-20-0	ลำปาง	0.84	0.20	9.32	0.72	0.003	0.036	0.009	0	0.020	2.99
13	18-4-5	นนทบุรี	4.13	1.57	0.16	1.44	0.002	0.032	0.049	0.0000	0.018	0.00
14	21-5-5	ตราด	0.82	0.38	0.27	1.44	0.004	0.010	0.035	0.0032	0.008	10.84

แบบแสดงสัดส่วนการร่วมดำเนินการจัดทำผลงานเผยแพร่

ชื่อผลงานเผยแพร่	ผู้ดำเนินการ	สัดส่วนการดำเนินงาน	ลายมือชื่อผู้ดำเนินงาน
1. การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำในปุ๋ยชนิดต่างๆ โดยใช้และไม่ใช้ Suppressor	ลัดดาวัลย์ มีสุข	40%	เกษียณอายุราชการ
	จันทิรา อริยธัช	20%	
	สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์	20%	
	เพ็ญศรี ชูวรเวช (ชื่อเดิม)	20%	
2. การหาฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ในปุ๋ยโดยไม่ต้องสกัดฟอสเฟตที่ละลายน้ำ	ลัดดาวัลย์ มีสุข	50%	เกษียณอายุราชการ
	ยุพิน สรวิสูตร	25%	
	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	25%	
3. ผลของปุ๋ยหมักจากบ่อก๊าซชีวภาพที่ผสมกับหินฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด	ยุพิน สรวิสูตร	80%	
	เพ็ญศรี ชูวรเวช (ชื่อเดิม)	10%	
	ลัดดาวัลย์ มีสุข	5%	เกษียณอายุราชการ
	เรวดี ดีมาก	5%	เกษียณอายุราชการ
4. การสูญเสียไนโตรเจนจากการผสมปุ๋ยเคมีกับมูลค้างคาวและส่าเหล้า	ยุพิน สรวิสูตร	70%	
	ลัดดาวัลย์ มีสุข	10%	เกษียณอายุราชการ
	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	10%	
	สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์	10%	

ชื่อผลงานเผยแพร่	ผู้ดำเนินการ	สัดส่วนการดำเนินงาน	ลายมือชื่อผู้ดำเนินงาน
5. เครื่องใส่ปุ๋ยยูเรียชนิดอัดเม็ด พัฒนาการใหม่สำหรับข้าวนาดำ	ยุพิน สรวิสูตร	50%	
	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	50%	
6. หลักการใช้ปุ๋ยเคมีให้เหมาะกับพืชและดิน	ยุพิน สรวิสูตร	50%	
	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	50%	
7. Evaluation of the Quality of Fertilizers, NPK Production Processes in Small-Scale Plants and Slop Ash as Fertilizer Raw Material in Thailand.	ลัดดาวัลย์ มีสุข	50%	เกษียณอายุราชการ
	ยุพิน สรวิสูตร	15%	
	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	10%	
	สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์	10%	
	จันทิรา อริยธัช	10%	
	เรวดี ดีมาก	5%	เกษียณอายุราชการ
8. การปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในรูปอัดเม็ดและไม่อัดเม็ด	เรวดี ดีมาก	50%	เกษียณอายุราชการ
	จันทิรา อริยธัช	10%	
	สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์	10%	
	ยุพิน สรวิสูตร	10%	
	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	10%	
	ลัดดาวัลย์ มีสุข	10%	เกษียณอายุราชการ

ชื่อผลงานเผยแพร่	ผู้ดำเนินการ	สัดส่วนการดำเนินงาน	ลายมือชื่อผู้ดำเนินงาน
9. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในรูปอัดเม็ดและไม่อัดเม็ดต่อผลผลิตกล้วยหอม	เรวดี ดีมาก	20%	เกษียณอายุราชการ
	สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์	20%	
	ลัดดาวัลย์ มีสุข	10%	เกษียณอายุราชการ
	จันทิรา อริยธัช	10%	
	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	10%	
	ยุพิน สรวิสูตร	10%	
	ปกรณ์ ลิ้มสมุทรชัยพร	10%	
	ประเทือง ลักษณะวิมล	5%	
	เจ้าหน้าที่สถานีทดลองข้าวคลองหลวง	5%	
10. เพิ่มไนโตรเจนให้ดิน	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	100%	
11. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและกายภาพของปุ๋ยในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพปกติ	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	80%	
	ยุพิน สรวิสูตร	10%	
	เรวดี ดีมาก	10%	เกษียณอายุราชการ
12. ความเข้ากันได้ของปุ๋ยผสมใช้เอง	ลัดดาวัลย์ มีสุข	60%	เกษียณอายุราชการ
	ยุพิน สรวิสูตร	20%	
	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	20%	

ชื่อผลงานเผยแพร่	ผู้ดำเนินการ	สัดส่วนการดำเนินงาน	ลายมือชื่อผู้ดำเนินงาน
13.ปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผงชูรส	สมบูรณ์ ประภาพรรณพงศ์	70%	
	จันทิรา อริยธัช	10%	
	ยุพิน สรวิสูตร	10%	
	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	10%	
14. ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยเคมีชนิดเม็ด	นรีลักษณ์ ชูวรเวช	80%	
	ยุพิน สรวิสูตร	10%	
	จันทิรา อริยธัช	10%	

ขอรับรองว่าถูกต้อง

.....

(นางนวลศรี ทยาพัชร)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

วันที่ ..11.../...ส.ค..../.....46.....