โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

1. ชื่อโครงการ : การใช้ประโยชน์จากแร่ที่มีอยู่ในประเทศเพื่อปรับปรุงดินสำหรับการเพาะปลูก

(Improvement of soil by using minerals for crop production)

2. มหาวิทยาลัย / สถาบัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมี และ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

3. หัวหน้าโครงการและคณะผู้จัดทำโครงการ

ผศ.ดร. กุลวดี รังษีวัฒนานนท์ (หัวหน้าโครงการ)

ผศ.ดร. ยุวดี มานะเกษม

4. สถานที่จัดทำโครงการวิจัย

1. บ้านตะคลองเก่า ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
2. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
   สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ และสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

5. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ชาวบ้านหลายร้อยหลังคาเรือน (มากกว่า 90%) ที่บ้านตะคลองเก่า ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เลี้ยงชีพด้วยการเพาะปลูกผัก เช่น ผักคะน้า กะหล่ำ ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว เป็นต้น มีพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกนับเป็นพัน ๆ ไร่ ผลกำไรที่เกษตรกรได้จากการเพาะปลูก หลังจากหักค่าใช้จ่ายต่าง ๆ แค่พอเลี้ยงครอบครัวเท่านั้นไม่มีเงินออม ถ้าราคาผลผลิตตกต่ำก็มีภาระหนี้สินตามมา ทั้งนี้เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูง เพราะปุ๋ยและยาฆ่าแมลงมีราคาแพง นอกจากนี้ผลผลิตที่ได้ยังถูกกำหนดราคาด้วยพ่อค้าคนกลาง การปลูกผักจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเป็นตัวเร่งการเจริญเติบโตเป็นปริมาณมาก พร้อม ๆ กับต้องใช้ยาฆ่าแมลงที่ทำลายใบอ่อนของพืชเป็นประจำ แนวทางหนึ่งที่ใช้เพื่อทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นก็คือ การลดต้นทุนการผลิตโดยลดปริมาณปุ๋ยที่ใช้ โดยมีผลผลิตที่มีคุณภาพและมีปริมาณผลผลิตเท่าเดิมหรือดีกว่าเดิม แนวทางวิจัยครั้งนี้เน้นการนำแร่ชนิดต่าง ๆ ในประเทศที่มีราคาถูกและมีคุณสมบัติช่วยให้ดินร่วนซุย เหมาะแก่การเพาะปลูก และช่วยดูดซับอาหารพืชไว้ได้มาก ทำให้เกิดการสูญเสียปุ๋ยเนื่องจากการชะล้างลดลง นอกจากนั้นแร่เหล่านี้ไม่เป็นพิษ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม และในทางตรงกันข้ามช่วยทำให้ระบบนิเวศน์ดีขึ้น แร่ดังกล่าวเป็นสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกต ดังเช่น แร่ดินและแร่หิน ซึ่งมีโครงสร้างเป็นร่างแหแบบต่าง ๆ มีรูพรุนและพื้นผิวสูง และมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนอิออนบวกได้ดี จากสมบัติดังกล่าวช่วยให้ดินมีศักยภาพในการ

เพาะปลูกสูงขึ้น ซึ่งช่วยลดปริมาณปุ๋ยที่ใส่โดยที่ผลผลิตสูงขึ้น จะเห็นได้ว่าการนำแร่อะลูมิโนซิลิเกตที่มีอยู่ในประเทศซึ่งมีราคาถูกมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร เพื่อลดต้นทุนในด้านการผลิต และยังช่วยปรับปรุงดินให้มีโครงสร้างที่ดีขึ้น จะเป็นประโยชน์โดยตรงอย่างยิ่งแก่เกษตรกร และเป็นการลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นการลดการเสียเปรียบดุลการค้าระหว่างประเทศอีกด้วย และแร่ดังกล่าวช่วยทำให้ระบบนิเวศน์ดีขึ้น

6. วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษาการนำแร่อะลูมิโนซิลิเกต ชนิดต่าง ๆ จากแหล่งที่พบมาใช้โดยตรงและหรือร่วมกับปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรใช้ โดยศึกษาอัตราการใช้ที่เหมาะสมและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเพาะปลูกพร้อม ๆ กับการศึกษาการนำมอดิไฟด์อะลูมิโนซิลิเกต (modified aluminosilicate) โดยมีสารเฉพาะเจาะจง มาใช้ร่วมกับปุ๋ยในการเพาะปลูก เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมีปริมาณสูงขึ้นกว่าการไม่ใส่สารดังกล่าวร่วมกับปุ๋ย

7. ผลกระทบที่เกิดขึ้น

ผลที่ได้จากการวิจัยช่วยลดต้นทุนการเพาะปลูก ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี ลดปัญหาการทำลายสิ่งแวดล้อมเนื่องจากแร่อะลูมิโนซิลิเกตไม่เป็นพิษและรักษาสิ่งแวดล้อม และเป็นการเพิ่มศักยภาพการนำแร่มาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร และเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางการนำแร่อะลูมิโนซิลิเกต และมอดิไฟด์ อะลูมิโนซิลิเกตใช้ร่วมกับปุ๋ย เพื่อลดปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในการเพาะปลูก
2. โครงสร้างดินเมื่อมีการเติมแร่อะลูมิโนซิลิเกตเรื่อย ๆ จะมีโครงสร้างที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ
3. เพิ่มศักยภาพการใช้แร่ ที่มีราคาถูกและมีอยู่ปริมาณมากในอุตสาหกรรมการเกษตร ซึ่งเป็นอาชีพหลักของประชากรไทย

9. ความร่วมมือกับสถาบัน

เหมืองแร่ที่จังหวัดลำปาง ลพบุรี ระนอง และสมุทรสงคราม

องค์การบริหารส่วนตำบล

เกษตรกรบ้านตะคลองเก่า

หมายเหตุ ขอสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมพัฒนาที่ดินในระหว่างการดำเนินโครงการ เมื่อแน่ใจว่าผลงานของโครงการสามารถขยายเป็นการค้าได้ดี

บทนำ

ดินภูเขาไฟมีศักยภาพอย่างสูงสำหรับสร้างผลิตผลทางการเกษตร เนื่องจากดินภูเขาไฟส่วนใหญ่มีโครงสร้างแบบอสัณฐาน (Noncrystalline) ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง อัตราส่วนของ reactive site มาก น้ำหนักเบา ด้วยลักษณะโครงสร้างแบบอสัณฐานนี้ ทำให้คุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินภูเขาไฟมีมากและหลากหลาย ซึ่งคุณสมบัติบางอย่างเช่น การเก็บกักน้ำ (Water Retention) ความจุของการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity) มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนโมเลกุลระหว่าง SiO_2/Al_2O_3 ที่เป็นตัวชี้วัดคุณสมบัติของดินภูเขาไฟ

Pumice เป็นดินภูเขาไฟที่เกิดจากลาวาที่เต็มไปด้วยช่วงว่างรูพรุน ลาวาจากภูเขาไฟที่พุ่งขึ้นไปในอากาศระหว่างการระเบิดของภูเขาไฟ เมื่อลาวาตกลงมาผ่านอากาศแล้วเย็นตัวลงทำให้มีช่องว่างเกิดขึ้น Pumice จึงมีน้ำหนักเบาและอาจลอยน้ำได้ เมื่อนำ Pumice มาบดให้ละเอียดจะนำมาใช้ในการทำสบู่ ผงขัดทำความสะอาด เป็นต้น

Bentonite เป็นแร่ดินที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น จากเถ้าของลาวา ตะกอนของหิน เป็นต้น ประกอบด้วยอะลูมินา ซิลิเกต เป็นหลักและมีแร่อื่น เช่น เหล็ก อัลคาไลน์ และอัลคาไลน์เอิร์ท สีของเบนโทไนต์มีหลายสี ตั้งแต่สีขาวไปจนถึงสีเขียวม่วง สีครีม สีเหลือง สีแดง สีน้ำตาล และบางครั้งมีสีน้ำเงินเมื่อเกิดการระเบิดของภูเขาไฟในช่วงต้นแล้วกลับเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอย่างรวดเร็ว เมื่อเปียกน้ำจะคล้ายพลาสติก และลื่นๆ เหมือนแวกซ์ หรือกรีส (Grease) เบนโทไนต์แบ่งออกได้ 2 ชนิดขึ้นอยู่กับว่ามีโซเดียมหรือแคลเซียมปนอยู่ในโครงสร้าง

1. เบนโทไนต์อุ้มน้ำ (Swelling Bentonites) เป็นชนิดโซเดียมเบนโทไนต์ มีโซเดียมอยู่ในโครงสร้างโมเลกุล มีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้อย่างดีเยี่ยม
2. เบนโทไนต์ไม่อุ้มน้ำ (Nonswelling Bentonites) เป็นชนิดแคลเซียมเบนโทไนต์ มีแคลเซียมอยู่ในโครงสร้าง ความจุในการอุ้มน้ำต่ำ

มีการนำเบนโทไนต์ไปใช้งานในลักษณะต่าง ๆ เช่น ผสมน้ำเพื่อช่วยหล่อลื่นในการตัดชิ้นงาน สารยึดเหนี่ยวสำหรับแร่เหล็กก่อนนำไปหลอม สารยึดเหนี่ยว และสารดูดซับ เป็นต้น

Diatomite เป็นหินตะกอน มีส่วนประกอบหลักคือซิลิกาจากซากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กของสาหร่ายเซลเดียว คุณลักษณะทั่วไปน้ำหนักเบา ความเป็นรูพรุนสูง ใช้ประโยชน์เป็นสารดูดซับน้ำมัน น้ำ และสารเคมีอื่นๆ ใช้ในการกรองของอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ใช้ผสมสี ยาง และพลาสติก เป็นวัสดุก่อสร้างน้ำหนักเบา ใช้ผสมซีเมนต์ และคอนกรีต และใช้เป็นผงขัด เป็นต้น

วิธีการวิเคราะห์ cation exchange capacity (CEC) (1 N NH_4OAc pH 7.0)

1. ชั่งตัวอย่างดิน ด้วย balance (มีความละเอียด 0.01 กรัม) 10 กรัม เติม 1 N NH_4OAc 250 มล. เขย่าให้ดินและน้ำยาเข้ากัน ทิ้งไว้ค้างคืน กรองด้วย suction โดยใช้ Buchner funnels ชะดินด้วย neutral 1 N NH_4OAc ทีละน้อยๆ โดยอาศัย suction ในขณะที่ชะดินนี้ต้องระวังอย่าให้ดินแห้ง และแตกระแหง เพื่อป้องกันดินแห้งขณะทำการชะ กระทำได้โดยเพิ่ม NH_4OAc ลงไปอีกใน funnel เมื่อระดับของน้ำยาลดต่ำลงจนเกือบจะถึงผิวดิน ทำการชะดินไปเรื่อยๆ ด้วย NH_4OAc จนกระทั่งไม่มี Ca ออกมาใน solution (สำหรับการทดสอบ Ca ใช้ 1 NH_4Cl, 10% ammonium oxalate และ dilute NH_4OH อย่างละ 2-3 หยด ใส่ลงไปในสารละลายที่จะทดสอบ นำไปทำให้ร้อนจนเกือบเดือด ถ้ามี Ca จะเห็นตะกอนขุ่นเกิดขึ้น

2. สวม funnel เข้าที่ filtering flask ตามเติมล้างด้วย 1 N NH_4Cl 4 ครั้ง และ 0.25 N NH_4Cl 1 ครั้ง หลังจากนั้นล้างดินด้วย 99% isopropyl alcohol จำนวนประมาณ 150 มล. การล้างก็ค่อยๆ กระทำทีละน้อยจนไม่มี Cl^- เหลืออยู่ (ใช้ 0.1 N $AgNO_3$ ทดสอบ ถ้ามี Cl^- จะได้ตะกอนขาวขุ่นของ AgCl) ทิ้งไว้สักครู่เพื่อให้ดินหมาด ระวังอย่าให้แตกระแหง

3. ขั้นต่อไปทำการไล่ที่ NH_4^+ ที่ดูดซับอยู่ที่ผิว clay ด้วย acidified NaCl การไล่ที่ก็ต้องทำอย่างช้าๆ เช่นเดียวกันกับการไล่ที่ในตอนแรก จนกระทั่งได้ leachate ประมาณ 225 มล. แล้วจึงหยุด ถ่าย leachate นี้ลงไปใน volumetric flask ขนาด 250 มล. เติมน้ำลงไปใน flask ให้ครบ 250 มล. ปิดฝาจุกให้แน่น ถ้าน้ำยานี้จะต้องเก็บเอาไว้ก่อนทำการวิเคราะห์เกิน 3 วัน ควรหยด toluene ลงไปใน flask 3 หยด และเขย่าให้เข้ากันดี

4. การวิเคราะห์ NH_4^+ ที่ไล่ออกมานี้ กระทำได้โดยแบ่ง aliquot 20 มล. ออกจาก flask โดยใช้ volumetric pipet ลงไปใน Kjeldahl flask ขนาด 250 มล. และนำไปเข้าเครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน คำนวนหาค่า CEC เป็น cmol kg^{-1} คำนวนค่า CEC ตามสูตร

$$CEC = \frac{(\text{conc. HCl} \times \text{mL HCl}) \times 40}{\text{weight of sample in grams}}$$

วิธีการวัดค่า pH ของดิน

1. ชั่งตัวอย่างดิน ด้วย balance (มีความละเอียด 0.01 กรัม) 1 กรัม เติมน้ำปราศจากอิออนปริมาตร 50 มล. เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ค้างคืน
2. calibrated เครื่อง pH meter ด้วย buffer pH 4 และ 7
3. วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter

วิธีการวัดค่า Conductivity ของดิน

1. ชั่งตัวอย่างดิน ด้วย balance (มีความละเอียด 0.01 กรัม) 1 กรัม เติมน้ำปราศจากอิออนปริมาตร 50 มล. เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ค้างคืน
2. calibrated เครื่อง conductivity meter ด้วย 0.1 M KCl
3. วัดค่า conductivity ด้วยเครื่อง conductivity meter

วิธีการวิเคราะห์ Organic Matter (O.M.) ในดิน

1. ชั่งดินหนัก 0.5 กรัม ลงในขวดรูปกรวย
2. เติม 1 N $K_2Cr_2O_7$ ปริมาตร 5 มล. แกว่งขวดรูปกรวยเบาๆ เพื่อให้ดินกระจายตัวอยู่ในสารละลาย
3. เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 10 มล. อย่างรวดเร็ว และแกว่งขวดรูปกรวยทันทีเบาๆ จนกระทั่งดินและสารเคมีผสมเข้ากันเป็นเวลา 1 นาที
4. ตั้งทิ้งไว้ในตู้ดูดควันเป็นเวลาประมาณ 30 นาที
5. เติมน้ำกลั่น 15 มล.ลงในขวดรูปกรวย และเติมอินดิเคเตอร์ O-phenanthroline 2-3 หยด
6. ไตเตรตด้วย 0.5 N $FeSO_4$ ที่จุดยุติสีจะเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีน้ำตาลแดง
7. หาปริมาณแบงค์ในกรณีเดียวกันโดยไม่ใช้ตัวอย่างดิน
8. บันทึกปริมาณของ $K_2Cr_2O_7$ และ $FeSO_4$ ที่ใช้
9. คำนวนปริมาณของ O.M. จากสูตร เมื่อ Correction Factor เท่ากับ 1.3

$$\%O.C. = \frac{(\text{meq. } K_2Cr_2O_7 - \text{meq. } FeSO_4)(0.003)(100) \times F}{\text{weight of sample in grams}}$$

$$\%O.M. = \%O.C. \times 1.72$$

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณ Exchangeable Potassium (K) ในดิน

ชั่งตัวอย่างดินด้วย balance (มีความละเอียด 0.0001 กรัม) 5 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. เติม 1 N NH_4OAc 50 มล. เขย่าให้ดินและน้ำยาเข้ากันเป็นเวลา 30 นาที กรองแบบสุญญากาศด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ถ่าย leachate ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วย 1 N NH_4OAc ให้ครบ 100 มล. นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

คำนวนหาค่า K จากสูตร

$$\text{ppm K in soil} = \frac{\text{ppm K in soil solution} \times \text{extracting solution}}{\text{weight of sample in grams}}$$

วิธีการวิเคราะห์ Available Phosphorus (P)

1. ชั่งดิน 2.5 กรัม ลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 มล.
2. เติมน้ำยาสกัดลงในขวดรูปกรวย
3. เขย่า ประมาณ 1 นาที
4. กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
5. ปิเปตสารละลายที่กรองได้ปริมาตร 2 มล. ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มล.
6. เติมน้ำยา Bray II เพื่อฟอร์มสี และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
7. ตั้งสารละลายทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที

8. วัดค่า Transmittances ของสารละลายด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร โดยทำสารละลายมาตราฐานเปรียบเทียบ

9. พล็อตกราฟระหว่างค่า Transmittances ของสารละลายมาตราฐาน กับความเข้มข้นของ P ในหน่วย ppm

10. คำนวนความเข้มข้นของ Extractable P

$$\text{ppm P in soil} = X \times Y \times \frac{\text{final volume (ml.)}}{\text{aliquot used (ml.)}}$$

X = ratio of solution : soil

Y = ppm P from standard curve

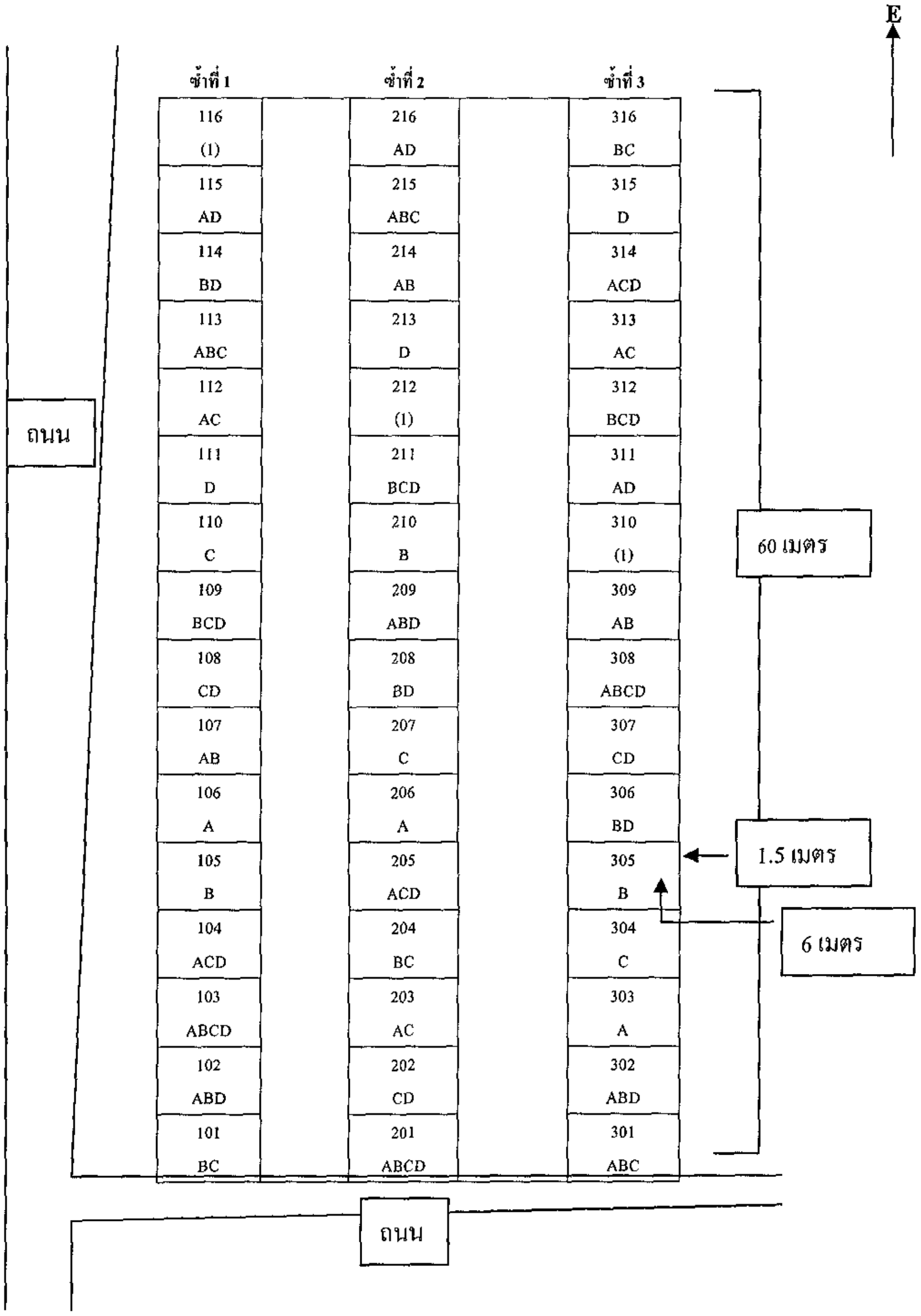
วิธีทดลอง

1. สำรวจพื้นที่ และวางแผนการทดลอง

การจัดปัญหาทดลองแบบ แฟกตอเรียล (factorial) ในการทดลองที่มีปัญหา 4 แฟกเตอร์ คือ แร่ 4 ชนิด ได้แก่ 1) แร่ Bentonite (A) 2) แร่ Diatomite (B) 3) แร่ Pumice (C) และ 4) แร่ Modify (D) ซึ่งแต่ละแฟกเตอร์มี 2 ระดับ คือ 1) การใส่แร่ และ 2) การไม่ใส่แร่ เมื่อจัดแร่ทุกชนิด และทุกระดับ เข้าชุดกันจะได้เท่ากับ 2x2x2x2 = 2^4 = 16 ชุด และแต่ละชุดจะกลายเป็นปัญหาทดลองแต่ละทรีตเมนต์ (ตารางที่ 1 และภาพผนวกที่ 1) นำทรีตเมนต์เหล่านี้ไปทดลองในแปลงโดยใช้แผนการทดลองแบบ สุ่มภายในบล็อก (randomized complete block design: RCBD) จำนวน3 ซ้ำ (block) ในแต่ละซ้ำ แบ่งเป็นแปลงย่อยๆ ที่มีขนาดความกว้าง 1.5 เมตร และความยาว 6 เมตร (พื้นที่ 9 ตารางเมตร) จำนวน 16 แปลงย่อย (เท่ากับจำนวนทรีตเมนต์) และสุ่มวางทรีตเมนต์ตามแผนผังแปลงทดลอง ดังแสดงในภาพ 1

ตารางที่ 1 ชุดทดลองตามการจัดแบบ 2^4Factorial และส่วนผสมของแต่ละทรีตเมนต์

ชุดทดลอง	ชื่อชุดทดลอง	ปุ๋ย	แร่ (กรัม)			
		(กิโลกรัม)	A	B	C	D
T1	(1) 15-15-15+46-0-0	0.5	-	-	-	-
T2	Bentonite (A)	0.35	150	-	-	-
T3	Diatomite (B)	0.35	-	150	-	-
T4	AB	0.35	75	75	-	-
T5	Pumice (C)	0.35	-	-	150	-
T6	AC	0.35	75	-	75	-
T7	BC	0.35	-	75	75	-
T8	ABC	0.35	50	50	50	-
T9	Modify (D)	0.35	-	-	-	150
T10	AD	0.35	75	-	-	75
T11	BD	0.35	-	75	-	75
T12	ABD	0.35	50	50	-	50
T13	CD	0.35	-	-	75	75
T14	ACD	0.35	50	-	50	50
T15	BCD	0.35	-	50	50	50
T16	ABCD	0.35	37.5	37.5	37.5	37.5



ภาพที่ 1 ผังแปลงปลูกคะน้า

2. การเตรียมปัญหาทดลอง (ทรีตเมนต์)

<u>การคำนวณปุ๋ย</u>

ใช้ ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ตราเรือใบ และปุ๋ยสูตร 46-0-0 ตราเรือใบ ซึ่งเกษตรกรที่ปลูกคะน้าจะใส่ปุ๋ยในอัตรา 20 กิโลกรัม/พื้นที่ 360 ตารางเมตร (1 หลังหรือ 1 ร่องปลูกผัก) หรือ ประมาณ 90 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้น 1 แปลงย่อยที่ทำการทดลองมีพื้นที่ 9 ตารางเมตร จะต้องใส่ปุ๋ย 0.5 กิโลกรัมต่อพื้นที่ จึงกำหนด Control จะต้องใช้ปุ๋ย 0.5 กิโลกรัม ซึ่งได้จากการผสมระหว่าง ปุ๋ย 15-15-15 กับ ปุ๋ย 46-0-6 หนักอย่างละ 0.25 กิโลกรัม ต่อ 1 แปลงย่อย ส่วน ทรีตเมนต์ อื่นๆ ที่มีการผสมแร่ในแบบต่างๆนั้น จะใส่ปุ๋ยเพียง 0.35 กิโลกรัม หรือ คิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักที่ใส่ใน control ปุ๋ยน้ำหนัก 0.35 กิโลกรัม (ตารางที่ 1) นี้ประกอบด้วยปุ๋ยทั้งสองชนิดผสมกันอยู่ชนิดละ 0.175 กิโลกรัม

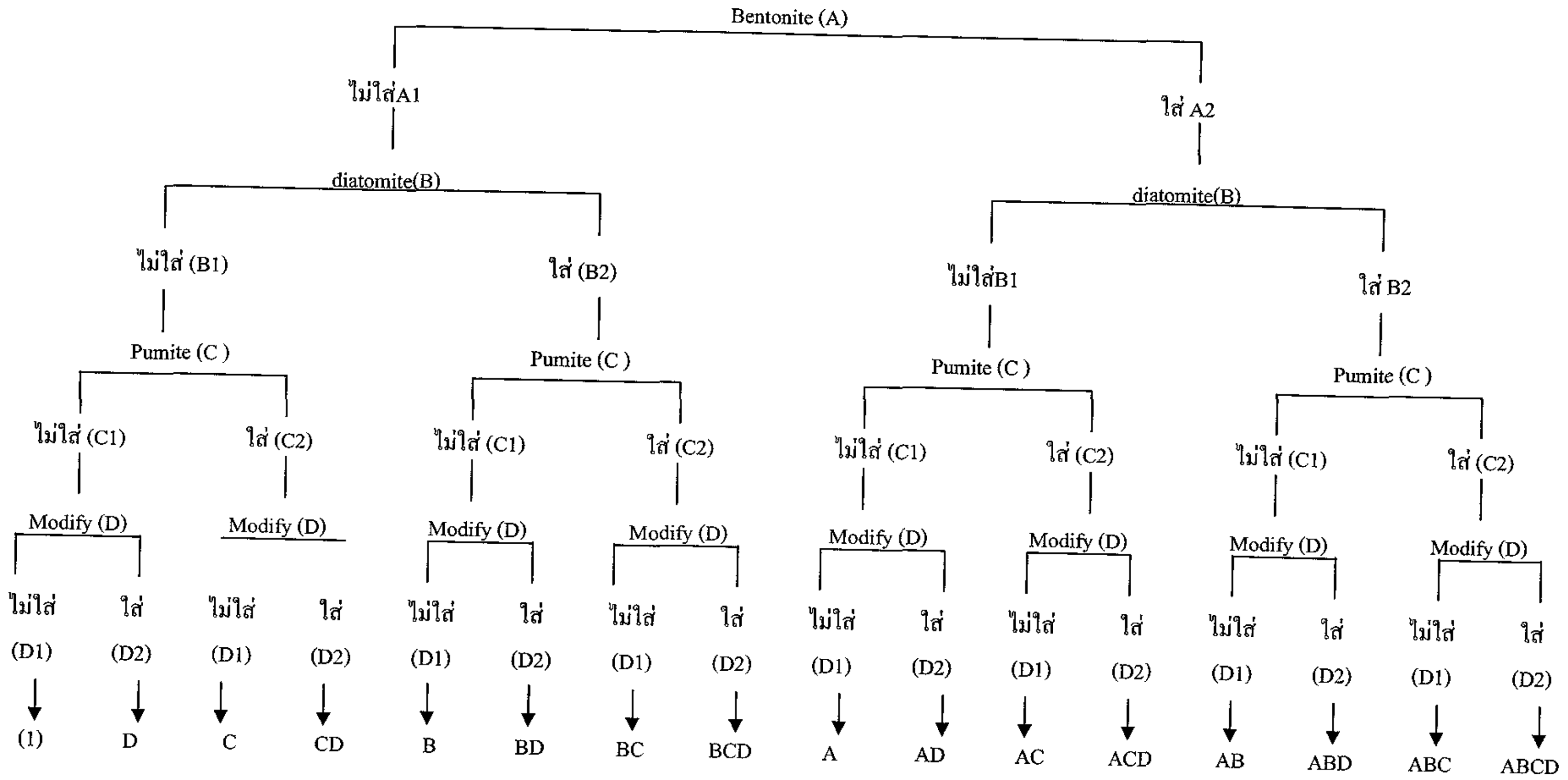
<u>การคำนวณแร่</u>

ในการเตรียม ทรีตเมนต์ นั้น เป็นไปตาม combination ของแร่ ปุ๋ยที่ลดลงจาก control 30 เปอร์เซ็นต์นั้นจะถูกแทนที่ด้วยแร่ ใน combination ต่างๆ ตามแผนการทดลอง ซึ่งคิดเป็นน้ำหนักในส่วนของแร่ที่จะใส่แทนที่นั้น คือ 150 กรัม (0.15 กิโลกรัม) โดยน้ำหนักส่วนนี้จะถูกหารด้วย จำนวนชนิดของแร่ที่อยู่ใน combination ที่ทำการทดลอง ดังแสดงน้ำหนักของแร่ ในแต่ละ ทรีตเมนต์ ดังแสดงในตารางที่ 1

3. เก็บตัวอย่างดินก่อน และหลังทดลอง

ก่อนทำการทดลองเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลองเพื่อทดสอบค่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ค่าความเค็มของดิน (electroconductivity: EC) ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity: CEC) ค่าอินทรีย์วัตถุในดิน (orgarnic matter: OM) ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด (N) ธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) และ ธาตุโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O)

หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตจึงเก็บตัวอย่างดินของแต่ละ ทรีตเมนต์ ทั้ง 3 ซ้ำ จากนั้นนำดินใน ทรีตเมนต์ เดียวกันของทั้งสามซ้ำมารวมกัน บดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตระแกรง 2 มิลลิเมตร นำมาหาค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของแต่ละ ทรีตเมนต์



ตารางผนวกที่ 1 แสดงการจัก ทรีตเมนต์ แบบ 2^4 factorial

4. การปลูก และดูแลรักษา

เตรียมแปลงปลูกโดยการไถพรวนและตากดินไว้ 1 เดือน จากนั้นใส่ปุ๋ยคอก ย่อยดิน และคลุมฟางบางๆ หว่านเมล็ดคะน้า อัตรา 3 กิโลกรัม ต่อ ไร่ ในวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2547 เมล็ดเริ่มงอก หลังหว่าน 4 วัน (ภาพผนวกที่ 2) เมื่อคะน้าอายุ ได้ 17 วัน ทำการปักหลักแบ่งเป็นแปลงย่อยเมื่อ คะน้าอายุ 21 วัน (ภาพผนวกที่ 3) เริ่มทดลองโดยใส่ปุ๋ยครั้งแรกตาม ทรีตเมนต์ ที่วางแผนไว้ โดยการหว่านให้กระจายทั่วแปลง ก่อนหว่านคลุกเคล้าแร่ให้เข้ากับปุ๋ยโดยการเติมน้ำเข้าไปเล็กน้อยเพื่อให้แร่จับกับปุ๋ยได้ดีขึ้น เมื่อคะน้าอายุ 25 วัน จึงทำการถอนแยกโดยไว้ระยะห่างระหว่างต้นประมาณ 15 เซนติเมตร x 15 เซนติเมตร และกำจัดวัชพืชไปพร้อมกัน (ภาพผนวกที่ 4) เมื่อคะน้าอายุได้ 31 วัน จึงใส่ปุ๋ยครั้งที่สอง โดยการปฏิบัติเหมือนกับการใส่ปุ๋ยครั้งแรก (ภาพผนวกที่5) ใส่ปุ๋ยครั้งที่สาม เมื่อคะน้าอายุได้ 45 วัน (ภาพผนวกที่ 6) เก็บเกี่ยวเมื่อคะน้าอายุได้ 52 วัน (ภาพผนวกที่ 7) ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชตามการระบาด ให้น้ำทุกวัน วันละ 2 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การปฏิบัติงานในแปลงปลูกคะน้า

อายุพืช	วันที่	การปฏิบัติงาน	หมายเหตุ
0	12 ก.พ. 2547	หว่านเมล็ด	
4	15 ก.พ. 2547	เมล็ดเริ่มงอก	
12	24 ก.พ. 2547	พ่นสารป้องกันศัตรูพืช	
17	29 ก.พ. 2547	แบ่งแปลงย่อยของแต่ละซ้ำ	
21	4 มี.ค. 2547	ใส่ปุ๋ยตามแผนการทดลองครั้งที่ 1	
25	8 มี.ค. 2547	ถอนแยกต้น และกำจัดวัชพืช	
31	14 มี.ค. 2547	ใส่ปุ๋ยตามแผนการทดลองครั้งที่ 2	
45	28 มี.ค. 2547	ใส่ปุ๋ยตามแผนการทดลองครั้งที่ 3	
52	5 เม.ย. 2547	เก็บผลผลิตคะน้า	
54	6 เม.ย. 2547	เก็บตัวอย่างดินหลังปลูก	

5. การเก็บตัวอย่างและบันทึกผลการทดลอง

สุ่มเก็บตัวอย่างทุก ทรีตเมนต์ โดยสุ่มเก็บ 10 ต้น ต่อ ทรีตเมนต์ ต่อ ซ้ำ เพื่อชั่งน้ำหนักสด ทั้งสามซ้ำ จากนั้นแบ่งคะน้าจำนวน 5 ต้นไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำมาแปลงค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

<u>ผลผลิตต่อแปลงย่อยของแต่ละ ทรีตเมนต์</u>

1 แปลงย่อยมีพื้นที่ เท่ากับ 9 ตารางเมตร (กว้าง 1.5 เมตร x ยาว 6 เมตร) มีจำนวนต้นเฉลี่ย 410 ต้น/แปลงย่อย (ได้จากค่าเฉลี่ยต้นตอของแต่ละแปลงย่อยหลังการตัดขาย และจากการคำนวณโดยใช้ระยะปลูกประมาณ 15 เซนติเมตร x 15 เซนติเมตร) เมื่อ เอาจำนวนต้นเฉลี่ยต่อแปลงย่อย คูณกับ น้ำหนักต่อต้นของแต่ละแปลงจะค่าของผลผลิตต่อแปลงย่อย เช่น ทรีตเมนต์ ที่เป็น control ของซ้ำที่ 1 ได้น้ำหนักต่อต้น 170 กรัม (0.17 กิโลกรัม) นำมาคูณด้วย 410 จะได้เท่ากับ 69,700 กรัม หรือ 69.7 กิโลกรัม เป็นต้น

<u>ผลผลิตต่อไร่</u>

1 แปลงย่อยมีพื้นที่ 9 ตารางเมตร มีจำนวนต้น 410 ต้น ถ้าพื้นที่เท่ากับ 1600 ตารางเมตร (1 ไร่) จะมีจำนวนต้นเท่ากับ (1600 ตารางเมตร x 410 ต้น) / 9 ตารางเมตร จะได้ 72,888 ต้น หรือ แต่การคำนวณผลผลิตต่อไร่นี้จะใช้ค่าประมาณที่ 72,000 ต้นต่อไร่ เมื่อนำมาคูณด้วย น้ำหนักต่อต้น จะได้เท่ากับผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ เช่น ทรีตเมนต์ ที่เป็น control ของซ้ำที่ 1 ได้น้ำหนักต่อต้น 0.17 กิโลกรัม นำมาคูณด้วย 72,000 จะได้เท่ากับ 12,240 กิโลกรัม หรือ หรือ 12.24 ตัน/ไร่ เป็นต้น

ผลการทดลอง

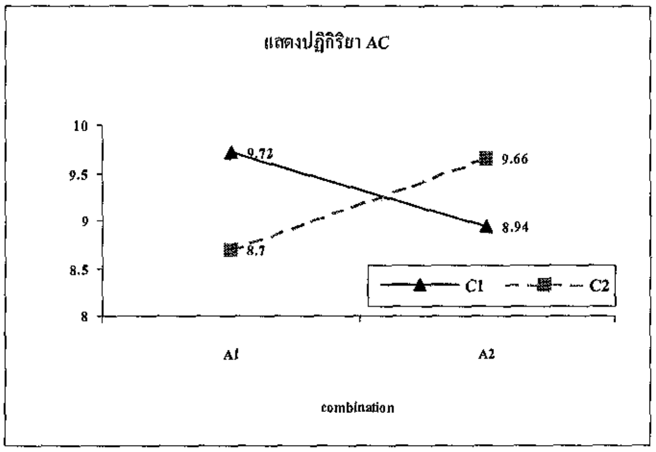
โดยภาพรวมคะน้าในแปลงปลูกมีความสม่ำเสมอกันในทุกๆ ทรีตเมนต์ โดยเฉพาะหลังจากการถอนแยกครั้งแรก 1 สัปดาห์ ต้นจะเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอกันดี จนถึงในวันเก็บเกี่ยวจะเห็นว่าคะน้าส่วนใหญ่มีลำต้นที่อวบใหญ่และค่อนข้างสม่ำเสมอ (ภาพผนวกที่ 8) จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักสด 10 ต้นของแต่ละ ทรีตเมนต์ และแปลงค่าเป็นผลผลิตต่อไร่ และนำข้อมูลน้ำหนักแห้ง และผลผลิตต่อไร่ มาวิเคราะห์วาเรียนซ์ ด้วยวิธี Factorial in RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบกลุ่ม (Duncan's new multiple rang test: DMRT) ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลผลิตจากแปลงคะน้า และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

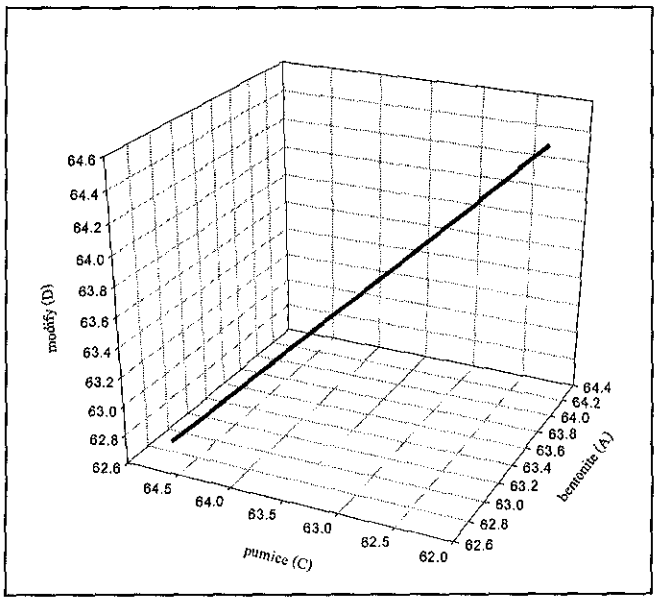
ลำดับที่	ทรีตเมนต์	น้ำหนักแห้ง/ ต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง/ไร่ (ตัน)	น้ำหนักสด/ต้น (กิโลกรัม)	ผลผลิตสด/ไร่ (ตัน)
1	ใส่ปุ๋ย 100 %	14.15	0.140 ab	0.14	10.08 bc
2	Bentonite (A)	11.48	0.117 ab	0.117	8.40 abc
3	Diatomite (B)	13.60	0.140 ab	0.140	10.08 bc
4	AB	12.31	0.137 ab	0.137	9.84 abc
5	Pumice (C)	11.16	0.113 ab	0.113	8.16 ab
6	AC	14.20	0.150 b	0.150	10.80 c
7	BC	11.66	0.103 ab	0.103	7.44 a
8	ABC	14.23	0.140 b	0.140	10.08 bc
9	Modify (D)	11.79	0.117 ab	0.117	8.40 abc
10	AD	10.64	0.123 a	0.123	8.88 abc
11	BD	13.30	0.143 ab	0.143	10.32 bc
12	ABD	12.30	0.120 ab	0.120	8.64 abc
13	CD	13.90	0.137 ab	0.137	9.84 abc
14	ACD	12.52	0.117 ab	0.117	8.40 abc
15	BCD	13.22	0.130 ab	0.130	9.36 abc
16	ABCD	12.75	0.130 ab	52.00	9.36 abc

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมม์เดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 5 %

จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของผลผลิตต่อไร่ของคะน้า (ตารางผนวกที่ 2) แล้ว พบว่า ปัจจัยหลักทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ แร่ bentonite (A) diatomite (B) pumice (C) และ modify (D) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าทรีตเมนต์ต่างๆ ที่ทดลองนั้นให้ผลผลิตต่อไร่ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปฏิกิริยา (interaction) ของแร่ทั้งสี่ พบว่าส่วนใหญ่ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อกัน ยกเว้นปฏิกิริยาของ 1) การใช้ bentonite ร่วมกับ pumice (AC) ดังแสดงในภาพที่ 2 และ) การใช้ bentonite ร่วมกับ pumice และ modify (ACD) เท่านั้นที่มีปฏิกิริยากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ปฏิกิริยาของการใช้แร่ 1)bentonite(A), A1=ไม่ใส่bentonite, A2 =ใส่ bentonite 2) pumice(C) C1= ใส่pumice, C2=ใส่ Pumice



ภาพที่ 3 ปฏิกิริยาของการใช้แร่ (1) bentonite (A) (2) pumice (C), (3) modify (D) ร่วมกัน

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ของผลผลิตต่อไร่ (ตารางที่ 2) พบว่า สามารถแบ่งทรีตเมนต์ทั้ง 16 ทรีตเมนต์ ได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ ทรีตเมนต์ที่มีค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่สูงกว่า การใช้ปุ๋ยอย่างเดียว (control) ได้แก่

1) bentonite ผสมกับ pumice (AC) ซึ่งให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่า การใช้ปุ๋ยอย่างเดียว (control) ถึง 0.8 ตัน/ไร่

กลุ่มที่ 2 คือ ทรีตเมนต์ที่ให้ผลผลิตต่อไร่เท่ากับ control ได้แก่

1) diatomite (B) อย่างเดียว
2) bentonite ผสมกับ diatomite และ pumice (ABC)
3) diatomite ผสมกับ modify (BD)

กลุ่มที่ 3 คือทรีตเมนต์ที่ให้ผลผลติต่อไร่น้อยกว่า control ได้แก่

ทรีตเมนต์อื่นๆ ในตารางที่ 2 ที่ไม่ได้จัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 1 และ 2

การวิเคราะห์วาเรียนซ์ของน้ำหนักแห้งต่อไร่ และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนั้น ให้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับการวิเคราะห์ผลผลิตต่อไร่

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1) การวิเคราะห์วาเรียนซ์พบว่า ทรีตเมนต์ต่างๆ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลมาจากการทดลองในสภาพแปลงปลูกขนาดใหญ่ตามรูปแบบการผลิตผักของเกษตรกร ที่ควบคุมปัจจัยคงที่ของการทดลองให้คงที่และสม่ำเสมอกันได้ยาก เช่น ความสมบูรณ์ และความสม่ำเสมอของดิน ความงอก และแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ปริมาณการให้น้ำ การระบาดของศัตรูพืช ตลอดจนการสุ่มเก็บตัวอย่างของแต่ละทรีตเมนต์ เป็นต้น

2) ทุกปัญหาทดลอง สามารถลดการใช้ปุ๋ยจากอัตราที่เกษตรกรเคยใช้ (control) ลง 30 % โดยที่ผลผลิตไม่แตกต่างจากระดับที่เกษตรกรเคยได้รับจากการใส่ปุ๋ย 100 เปอร์เซ็นต์

3) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบ่งทรีตเมนต์ทั้งหมด ได้เป็น 3 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 คือ ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าการใช้ปุ๋ยอย่างเดียว (control) มีจำนวน 1 ทรีตเมนต์ ได้แก่

1) การคลุกปุ๋ยด้วย bentonite ผสมกับ pumice (AC)

กลุ่มที่ 2 ผลผลิตต่อไร่เท่ากับ control จำนวน 3 ทรีตเมนต์ ได้แก่ การคลุกปุ๋ยด้วย

1) diatomite (B) อย่างเดียว
2) bentonite ผสมกับ diatomite และ pumice (ABC)
3) diatomite ผสมกับ modify (BD)

กลุ่มที่ 3 ให้ผลผลติต่อไร่น้อยกว่า control ได้แก่

ทรีตเมนต์อื่นๆ ที่เหลืออีก 12 ทรีตเมนต์

4) การคลุกปุ๋ยด้วยแร่ bentonte ผสมกับ pumice ให้ผลผลิตต่อไร่มากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ และมากกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ถึง 0.8 ตันต่อไร่

5) การคลุกปุ๋ยด้วย diatomite ผสมกับ pumice ให้ผลผลิตต่อไร่น้อยกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ และน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ถึง 3.34 ตันต่อไร่

6) มีปฏิกิริยาระหว่างการใช้ bentonite ร่วมกับ pumice (AC) และ การใช้ bentonite ร่วมกับ pumice และ modify (ACD)

และจากการสอบถามเกษตรกรผู้ร่วมทดลองปรากฏว่าเกษตรกรพอใจกับระดับของผลผลิตที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้มากแม้ว่าจะไม่ค่อยพอใจกับรายได้เนื่องจากต้องขายผักในช่วงราคาผักไม่สูงมากนักก็ตาม

ตารางผนวกที่ 2 แสดงวาเรียนซ์ของการเคราะห์ข้อมูล ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่

SV	DF	SS	MS	F
BLOCK (R)	2	1.0584000000017	0.5292000000008	<1
TRT (T)	15	40.4244000000008	2.6949600000000	1.56 ns
BENTONITE (A)	1	0.0972000000000	0.0972000000000	<1
DIATOMITE (B)	1	0.8748000000000	0.8748000000000	<1
PUMICE (C)	1	0.2700000000000	0.2700000000000	<1
MODIFY (D)	1	0.5292000000000	0.5292000000000	<1
AxB	1	0.0972000000000	0.0972000000000	<1
AxC	1	9.0828000000000	9.0828000000000	5.26*
AxD	1	6.7500000000000	6.7500000000000	3.91 ns
BxC	1	3.1212000000000	3.1212000000000	1.81 ns
BxD	1	0.8748000000000	0.8748000000000	<1
CxD	1	1.3068000000000	1.3068000000000	<1
AxBxC	1	0.8748000000000	0.8748000000000	<1
AxBxD	1	0.8748000000000	0.8748000000000	<1
AxCxD	1	10.3788000000000	10.3788000000000	6.01 *
BxCxD	1	0.5292000000000	0.5292000000000	<1
AxBxCxD	1	4.7628000000000	4.7628000000000	2.76 ns
ERROR	30	51.8183999999992	1.7272799999999	
TOTAL	47	93.3012000000017		

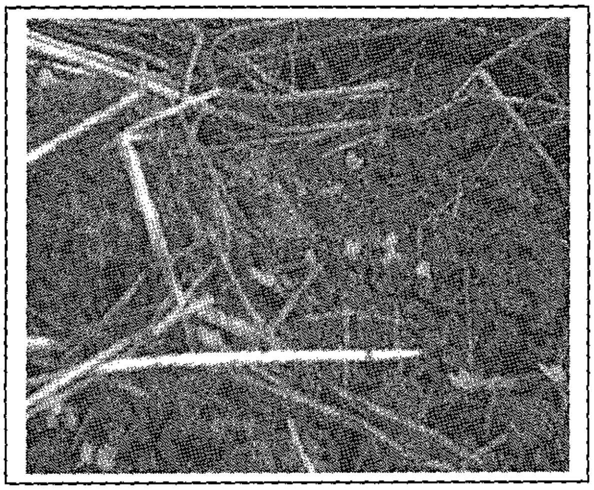
cv = 14.2%

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ; ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ภาพผนวก

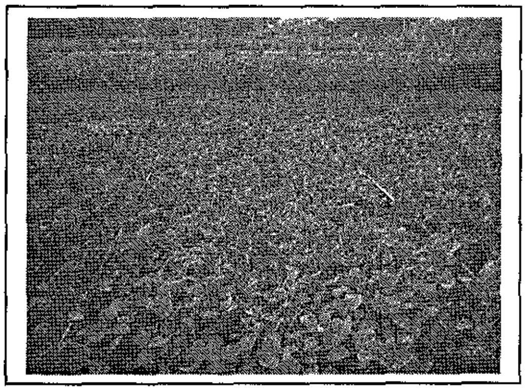
ภาพผนวกที่ 1 เตรียมแปลงปลูกโดยการไถพรวนและตากดินไว้ 1 เดือน

(ภาพกล้องฟิล์มรอสแกน)

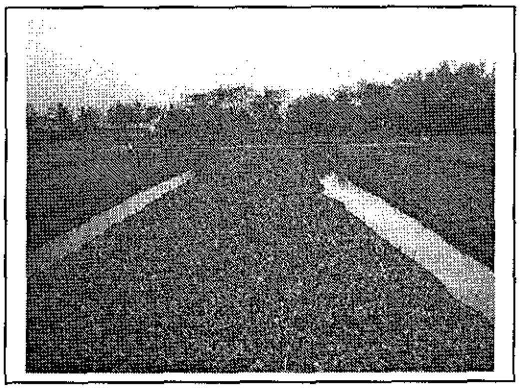


ภาพผนวกที่ 2 เมล็ดเริ่มงอก หลังหว่าน 3 วัน

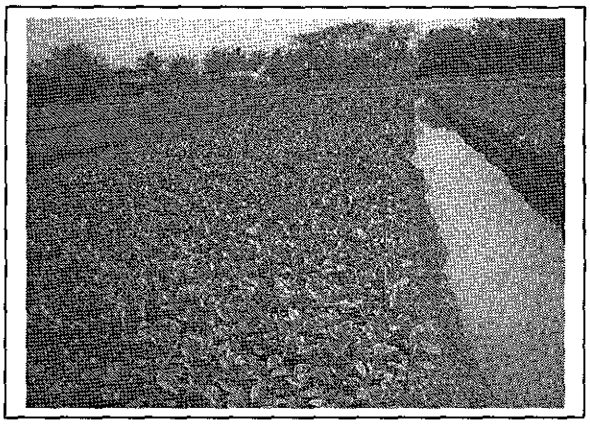
เมื่อคะน้าอายุ ได้17 วัน



ภาพผนวกที่ 3 ทำการปักหลักแบ่งเป็นแปลงย่อยเมื่อ คะน้าอายุ 21 วัน (ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1)



ภาพผนวกที่ 4 คะน้าอายุ 25 วัน ถอนแยกไว้ระยะห่าง ประมาณ 15 เซนติเมตร x 15 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 5 คะน้าอายุได้ 30 วัน (ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2)

ภาพผนวกที่ 6 คะน้าอายุได้ 45 วัน (ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3)

ภาพผนวกที่ 7 สภาพต้นในวันเก็บเกี่ยวคะน้าที่อายุ 54 วัน

ภาพผนวกที่ 8 คะน้าส่วนใหญ่มีลำต้นที่อวบใหญ่และค่อนข้างสม่ำเสมอในวันเก็บผลผลิต