

การตอบสนองของข้าวสาลีต่อชนิดและอัตราปุ๋ยฟอสเฟต

มานัส แสนมณีชัย ภิญโญ ศิรินันท์ และ ชัยวัฒน์ ชวชาติ

ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหินฟอสเฟต กับปุ๋ย
ทรีเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต ในการผลิตข้าวสาลีพันธุ์ Inia 66 บนดินชุดสนทราย ภายใต้
สภาพไร่ซึ่งมีการชลประทาน โดยทำการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในระดับต่าง ๆ ผลการศึกษา
แสดงให้เห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธี Bray II ที่ระดับ 6 ppm. P จะไม่
พอเพียงสำหรับข้าวสาลี การเพิ่มฟอสฟอรัสในรูปของปุ๋ยทั้งล่องชนิด จะทำให้น้ำหนัก
1000 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดต่อรวงและผลผลิตของเมล็ดข้าวสาลีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ แต่ประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตในการเพิ่มผลผลิตของเมล็ด จะต่ำกว่าปุ๋ย
ทรีเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต 13 % การเติมกรดกำมะถันลงไปในหินฟอสเฟต หรือการใส่
ดินร่วมกับหินฟอสเฟต จะมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตของเมล็ดลดลง ทั้ง ๆ ที่ปริมาณฟอส
ฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในหินฟอสเฟตเพิ่มขึ้น แต่การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับหินฟอสเฟตจะมี
แนวโน้มในการเพิ่มผลผลิตของเมล็ด การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจะไม่ให้ผลต่อปริมาณความเข้ม
เข้มของฟอสฟอรัส (% น้ำหนักแห้ง) ในเมล็ด และต่อซัง แต่จะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัส
ในใบธงแตกต่างกันอย่างมาก พบว่า พืชที่แสดงอาการขาดฟอสฟอรัสจะมีการสะสม
ปริมาณฟอสฟอรัสในใบธงต่ำกว่า 0.22 % ส่วนพืชที่ได้รับฟอสฟอรัสในระดับที่พอเพียง
จะมีฟอสฟอรัสในใบธงอยู่ในช่วงที่มากกว่า 0.29 % สำหรับประสิทธิภาพของการใส่
ปุ๋ยฟอสเฟตจะอยู่ในช่วงระหว่าง 2.7 - 11.8 % ซึ่งแล้วแต่ชนิดและอัตราปุ๋ย พบว่า
การใส่ปุ๋ยทรีเบิลซูเปอร์ฟอสเฟตในอัตรา 6.4 กก. (P_2O_5) ต่อไร่ จะให้ประสิทธิ
ภาพสูงสุด

คำนำ

ข้าวสาลีเป็นธัญพืชเมืองหนาวที่สามารถปลูกเป็นพืชที่ล่องตามหลังข้าวนาปี
โดยเฉพาะในพื้นที่เขตชลประทานที่มีปัญหาเกี่ยวกับการปลูกพืชเศรษฐกิจอย่างอื่น อัน

เนื่องจากการขาดแคลนน้ำในช่วงปลายฤดูปลูก ซึ่งพื้นที่ดังกล่าว มักจะถูกปล่อยทิ้งไว้ โดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้น การขยายพื้นที่ปลูกข้าวล่ำสโงในบริเวณดังกล่าว จึงเป็นหนทางหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตข้าวล่ำสโงของประเทศไทยสูงขึ้น และจะเป็นการลดปริมาณการนำเข้าของข้าวล่ำสโงจากต่างประเทศ

เนื่องจากดินนาของภาคเหนือส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย และค่อนข้างเป็นกรด มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ ดังนั้น การปลูกพืชโดยทั่วไปจึงมักพบปัญหาการขาดธาตุฟอสฟอรัส จากผลการวิเคราะห์ดินพบว่า ดินในภาคเหนือส่วนใหญ่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้โดยวิธี Bray II ต่ำกว่า 10 ppm. P ซึ่งไม่พอเพียงกับความต้องการของพืช (กรมวิชาการเกษตร 2519) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวล่ำสโงมาจากธาตุไนโตรเจน จากการศึกษายอง แล่นมณีชัย และคณะ (2525) พบว่า การใส่ปุ๋ยทรีเบิลซูเปอร์ฟอสเฟตในอัตรา 9.6 กก. (P_2O_5) ต่อไร่ ในดินชุดสนทรายซึ่งมีฟอสฟอรัส (Bray II) เพียง 9 ppm. P จะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้นเป็น 18 ppm. P และมีผลทำให้ผลผลิตข้าวล่ำสโงเพิ่มขึ้น 35 เปอร์เซ็นต์ ดินฟอสเฟตที่บดเป็นผงละเอียด สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยให้ธาตุฟอสฟอรัสได้ ซึ่งดินฟอสเฟตหาซื้อได้ง่าย และมีราคาถูกกว่าปุ๋ยทรีเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต ประมาณ 4 เท่าตัว ในปัจจุบัน การใช้ดินฟอสเฟต ยังไม่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพราะ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ อย่างไรก็ตาม ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินฟอสเฟต จะผันแปรตามชนิดของดินฟอสเฟต คุณสมบัติของดิน และความสามารถของพืชที่จะใช้ฟอสฟอรัสจากดินฟอสเฟต (Khasawneh and Doll 1978) จากการศึกษาของ Peaslee et. al. (1962) พบว่า ปฏิกริยาของดิน (pH) มีผลต่อการละลายของดินฟอสเฟต ฟอสฟอรัสในดินฟอสเฟตจะละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้สูงขึ้น ภายใต้อิทธิพลของดินที่มีปฏิกริยาเป็นกรด McLean and Wheeler (1964) ได้แสดงให้เห็นว่า การเติมกรดฟอสฟอริก

ลงไปในพื้นที่ในอัตรา 10, 25, 50 และ 100 % ของปริมาณกรดที่ต้องการใช้สำหรับเปลี่ยนดินฟอสเฟตให้เป็นปุ๋ยทรีเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต ซึ่งจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นเป็น 25.7, 43.3, 64.0 และ 82.2 % ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีอยู่ในดินฟอสเฟตตามลำดับ แต่การตอบสนองของ Millet และ alfalfa จะไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินฟอสเฟต พืชที่ได้รับดินฟอสเฟตที่เติมกรดลงไปเพียง 10 ถึง 40 % โดยวิธีการใส่แบบเป็นแถบจะให้ผลผลิตสูงกว่าพืชที่ได้รับดินฟอสเฟตที่หาปฏิกิริยากับกรด 100 % Chaudhary และ Mishra (1980) พบว่าการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับดินฟอสเฟต จะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มสูงขึ้น อันเป็นผลเนื่องมาจากการละลายของดินฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้น Sampet (1977) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยฟอสเฟตสองชนิดบนดินที่เกิดจากหินปูน ณ. บ้านฉางจ้อม พบว่า โซเดียมฟอสเฟตให้ประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตของ green leaf desmodium สูงกว่าดินฟอสเฟต 3 เท่าตัว

เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับการใช้และประสิทธิภาพของปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ในการผลิตข้าวล่ำลือของประเทศไทยยังขาดแคลน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้กระทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวล่ำลือ 2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยฟอสเฟต ชนิด และอัตราต่าง ๆ 3) เพื่อศึกษาช่วงวิกฤตของปริมาณฟอสฟอรัสในพืช

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองกระทำในพื้นที่นาของกลีกร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงระหว่างวันที่ 10 ธันวาคม 2525 ถึงวันที่ 20 มีนาคม 2526 ซึ่งกลุ่มเมล็ดทางพัลลิกส์และเคมีของดินจากแปลงทดลอง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 แผนการทดลอง ใช้

เป็นแบบ Randomized complete block มี 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมีห้าหน่วยย่อย (treatment) ดังต่อไปนี้

1. ไม้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต (Check)
2. ปุ๋ยทรีเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต 6.4 กก. P_2O_5 /ไร่, (TSP 6.4)
3. ปุ๋ยทรีเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต 12.8 กก. P_2O_5 /ไร่, (TSP 12.8)
4. หินฟอสเฟต 6.4 กก. P_2O_5 /ไร่, (RP 6.4)
5. หินฟอสเฟต 12.8 กก. P_2O_5 /ไร่, (RP 12.8)
6. หินฟอสเฟต 25.6 กก. P_2O_5 /ไร่, (RP 25.6)
7. หินฟอสเฟต 12.8 กก. P_2O_5 /ไร่ + ปุ๋ยคอก 1 ตัน/ไร่
(RP 12.8 + Manure)
8. หินฟอสเฟต 12.8 กก. P_2O_5 /ไร่ + กรดกำมะถัน 95 %
ในอัตราของหินฟอสเฟต กรด = 2.9:1 โดยน้ำหนัก
(RP 12.8 + H_2SO_4)
9. หินฟอสเฟต 12.8 กก. P_2O_5 /ไร่ + ยิบซัม 18.5 กก./ไร่
(RP 12.8 + Gypsum)

ทุกแปลงย่อยจะได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และโปแตสเซียมซัลเฟต เป็นปุ๋ยรองพื้นในอัตรา 9.6 กก. (N) และ 9.6 กก. (K_2O) ต่อไร่ โดยทำการหว่านลงไปแปลงร่วมกับปุ๋ยอื่น ๆ แล้วคลุกเคล้าลงไปดินก่อนปลูกพืช ทำการปลูกข้าวลาลิพันธุ์ Inia 66 เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2525 โดยปลูกเป็นแถวระยะระหว่างแถว 20 ซม. ใช้อัตราเมล็ด 16 กก.ต่อไร่ ทำการพ่นยากำจัดวัชพืชหลังจากปลูกการให้น้ำเป็นแบบให้ตามร่อง (furrow) มีการพ่นยาป้องกัน และกำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม เมื่อพืชมีอายุได้ 30 วัน ก็ทำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในอัตรา 9.6 กก.ต่อไร่ อีกครั้งหนึ่งโดยวิธีหว่านหลังจากปลูกพืชได้ 60 วัน ก็ทำการเก็บตัวอย่างพืช

โดยลุ่มเก็บเฉพาะใบธง จำนวน 50 ใบ ต่อแปลงย่อย เพื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในพืช ก่อนการเก็บเกี่ยวพืช ก็ทำการวัดความสูง ความยาวของรวง น้ำหนัก เมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1000 เมล็ด ทำการลุ่มเก็บเมล็ดและต่อชั่งจากตัวอย่างที่เก็บมาจากแต่ละตำหรับเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเจริญเติบโต

การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงไปในดินชุดสั้นทราย ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพียง 6 ppm. P (แผนกที่ 1) มีผลทำให้การเจริญเติบโตของข้าวล่ำสแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ข้าวล่ำสที่ไม่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตเลยมีลักษณะแคระแกรน ใบมีขนาดเล็กผิดปกติ มีสีเขียวเข้ม การแตกกออ่อน และมีความสูงของต้นต่ำกว่าข้าวล่ำสที่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟต (ตารางที่ 1)

สำหรับพืชที่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตในรูปหินฟอสเฟต หรือทรีเบิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต จะมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน แต่การใส่หินฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยคอกจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดีขึ้น

ผลผลิต

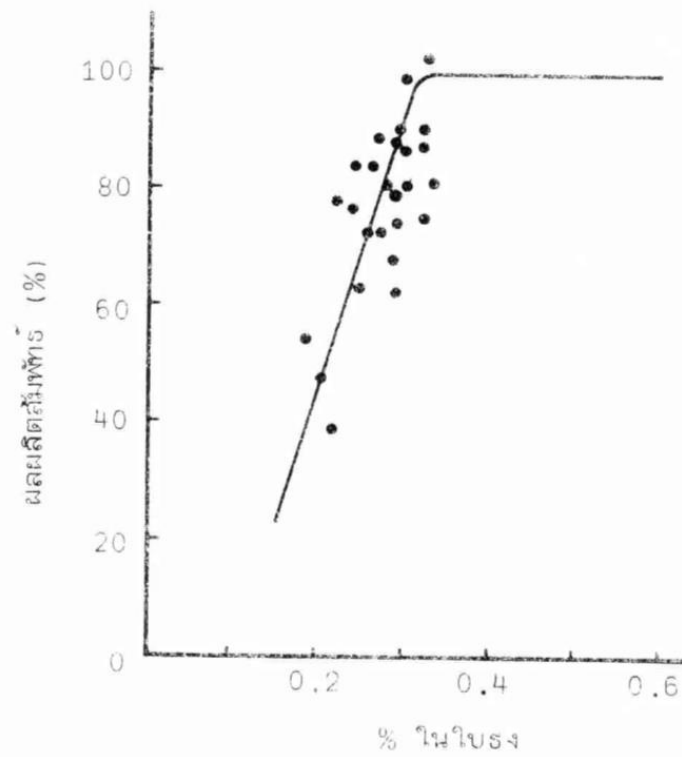
การตอบสนองของข้าวล่ำสต่อชนิด และอัตราปุ๋ยฟอสเฟต ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ผลการทดลองพบว่าการเติมปุ๋ยทรีเบิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตลงไปในดินในอัตรา 6.4 กก. (P_2O_5) ต่อไร่ จะทำให้ผลผลิตของเมล็ดเพิ่มขึ้น 73 % เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตของพืชที่ไม่ได้รับปุ๋ยเลย (check) แต่การใส่ปุ๋ยทรีเบิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตในอัตราที่สูงขึ้น จะให้ผลไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยในอัตรา 6.4 กก. (P_2O_5) ต่อไร่

ตารางที่ ๑ แสดงลักษณะความสูง น้ำหนัก 1000 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดต่อรวง
ของข้าวสาลีที่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตชนิดและอัตราต่าง ๆ กัน

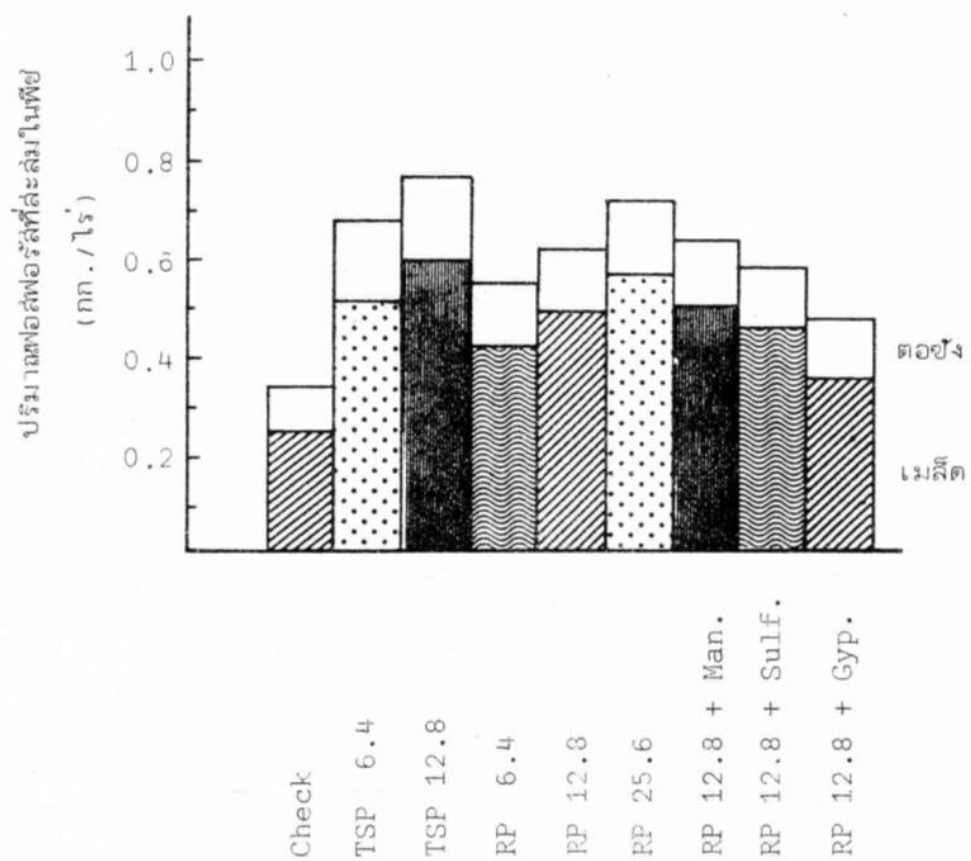
ชนิดและอัตราปุ๋ย	ความสูง (ซม.)	นน. 1000 เมล็ด (กรัม)	นน. เมล็ดต่อรวง (กรัม)
Check	43	28.1	0.45
TSP 6.4	52	30.2	0.69
TSP 12.8	52	30.3	0.83
RP 6.4	50	29.9	0.62
RP 12.8	50	30.9	0.70
RP 28.6	52	30.8	0.69
RP 12.8 + H_2SO_4	51	30.2	0.65
RP 12.8 + Gypsum	52	30.4	0.70
LSD 0.05	4.5	1.4	0.10
LSD 0.01	6.2	2.0	0.14

สำหรับปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบธงพืชจะผันแปรไปตามอัตราปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ ใบธงของพืชที่ปลูกในแปลงเปรียบเทียบ ซึ่งแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสจะมีฟอสฟอรัสเพียง 0.21 % เท่านั้น จากรูปที่ 3 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสในใบธงกับผลผลิตของเมล็ดข้าวล่ำลี จะชี้ให้เห็นว่าพืชที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสอย่างพอเพียง จะมีปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบธงอยู่ในช่วงที่มากกว่า 0.29 % เนื่องจากผลการวิเคราะห์ดินโดยวิธี Bray II ไม่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนี (index) ในการบอกความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟตในดินได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบพืชจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะบอกให้ทราบถึงสถานะภาพของธาตุนี้ว่ามีอยู่ในระดับที่พอเพียงต่อความต้องการของพืชหรือไม่ เพื่อที่จะใช้ผลการวิเคราะห์พืชให้ได้ผลแม่นยำยิ่งขึ้นต้องมีการกำหนดระยะเวลา และส่วนของพืชที่จะเก็บให้แน่นอน ทั้งนี้เพราะปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสของข้าวล่ำลีจะแตกต่างกันตามอายุของพืช โดยทั่วไป พืชจะมีปริมาณฟอสฟอรัสลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ระยะเวลาที่พืชมีการสะสมฟอสฟอรัสสูงที่สุดได้แก่ระยะที่พืชกำลังออกรวง (Boatwright and Hass 1961)

การใส่ปุ๋ยสำหรับต่าง ๆ จะทำให้พืชมีการสะสมฟอสฟอรัสในเมล็ด และต่อซึ่งแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด (รูปที่ 4) โดยทั่วไป ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนเหนือดินของพืชจะมีความสัมพันธ์กับผลผลิตของพืชมาก พืชที่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่สูงจะให้ผลผลิตและมีการสะสมฟอสฟอรัสในพืชสูงด้วย จากผลการทดลองนี้ปรากฏว่าพืชมีการสะสมฟอสฟอรัสในเมล็ดมากกว่าต่อชั่งประมาณ 3.7 เท่าตัว นอกจากนี้ ยังพบว่าพืชจะสามารถใช้ฟอสฟอรัสจากปุ๋ยทรี เบิ้ลยู เปอร์ฟอสเฟตได้ดีกว่าหินฟอสเฟต อย่างไรก็ตามการใช้ฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟตของข้าวล่ำลีพันธุ์ Inia 66 ภายใต้สภาพของดินที่เป็นกรดจะค่อนข้างสูง ซึ่งมีประสิทธิภาพถึง 65 % ของปุ๋ยทรี เบิ้ลยู เปอร์ฟอสเฟต สำหรับประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตอาจจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ข้าวล่ำลี และคุณลักษณะของดิน



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสใน
ใบธงกับผลผลิตเมล็ดข้าวล่ำ



รูปที่ 4 แสดงอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราต่าง ๆ ที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในข้าวสาลี

ตารางที่ 4 แสดงอิทธิพลของชนิดปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราต่าง ๆ ที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในข้าวเจ้า และประสิทธิภาพของการใช้ฟอสฟอรัสของพืช

ชนิดและอัตราปุ๋ย	ปริมาณฟอสฟอรัส ในเมล็ดและตอซัง (กก. P/ไร่)	ประสิทธิภาพการ ใช้ฟอสฟอรัส (%)
Check	0.35	-
TSP 6.4	0.68	11.6
TSP 12.8	0.77	7.5
RP 6.4	0.56	7.5
RP 12.8	0.63	5.0
RP 25.6	0.73	3.4
RP 12.8 + Manure	0.65	5.4
RP 12.8 + H_2SO_4	0.60	4.5
RP 12.8 + Gypsum	0.50	2.7

ในแง่ประสิทธิภาพของปุ๋ย ซึ่งคำนวณได้จากผลต่างของฟอสฟอรัสที่พืชดูดขึ้นมาสะสมในตอซังและเมล็ดของแปลงที่ได้รับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต โดยเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมลงไปในพื้นที่ จะพบว่ามีความอยู่ในช่วง 2.7 - 11.6 % (ตารางที่ 4) ซึ่งประสิทธิภาพของปุ๋ยจะมีค่าสูงขึ้น ถ้าพิจารณาถึงปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนของรากด้วย การใช้ปุ๋ยทรีเบิลซูเปอร์ฟอสเฟตในอัตรา 6.4 กก. (P_2O_5) ต่อไร่ จะให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด

ตารางที่ 5 แสดงรูปของฟอสฟอรัสในปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ โดยบอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ P_2O_5

Source	P_2O_5 , %				
	Total	Water soluble	Citrate soluble	Citrate insoluble	Available
Triple superphosphate	44.7	42.4	1.0	1.3	43.4
Rock phosphate	30.9	0.3	1.4	29.2	1.7
Partially acidulated rock phosphate (50% acidulation)	27.1	6.3	2.8	18.0	9.1

การเติมปุ๋ยคอกร่วมกับหินฟอสเฟต จะช่วยให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น และทำให้พืชสามารถดูดฟอสฟอรัสเข้าไปสะสมได้มากขึ้นถึง 8 % ในทางตรงกันข้าม การใส่หินฟอสเฟตที่มีการเติมกรดกำมะถัน หรือใส่ร่วมกับยิบซัม จะมีผลทำให้พืชสามารถใช้ฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟตลดลงทั้ง ๆ ที่การเติมกรดลงไปบนหินฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในปุ๋ยเพิ่มขึ้นก็ตาม (ตารางที่ 5) ดังนั้นการพิจารณาประสิทธิภาพของปุ๋ยจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสเฟตที่เกิดขึ้นในดิน นอกเหนือจากปริมาณฟอสฟอรัสที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชในปุ๋ยนั้น ๆ

เอกสารอ้างอิง

- รายงานผลการค้นคว้า (2519). ผลการตอบสนองของข้าวต๋อปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ กองข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 439-448.
- แล่นมณีชัย มานัส, ภิญโญ ศิริพันธ์ และ ชัยวุฒิ นิยมสังกุล (2525). การศึกษาความต้องการธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของข้าวเจ้าสีบนดินชุดสีนทราย. การสัมมนาเชิงปฏิบัติการวิทยุห้วยเมืองหนาว ครั้งที่ 3. วันที่ 9-11 สิงหาคม ณ. สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ภาคเหนือ เชียงใหม่. หน้า 241-256.
- Boatwright, G.O. and Haas, H.J. (1961). Development and composition of spring wheat as influenced by nitrogen and phosphorus fertilization. *Agron. J.* 53:33-36.
- Chaudhary, M.L., and Mishra, B. (1980). Factors affecting transformation of rock phosphate in soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 28:295-301.
- Coleman, N.T.; Thrup, J.T.; and Jackson, W.A. (1960). Phosphate sorption reactions that involve exchangeable aluminum. *Soil Sci.* 90:1-7.
- Khasawneh, F.E., and Doll, E.C. (1978). The use of phosphate rock for direct application to soils. *Adv. Agron* 30: 139-205.

McLean, E.O.; and Wheeler, R.W. (1964). Partially acidulated rock phosphate as a source of phosphorus to plants: I. Growth chamber studies. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28: 545-550.

Peaslee, D.E.; Anderson, C.A.; Burns, G.R.; and Black, C.A. (1962). Estimation of relative value of phosphate rock and superphosphate to plants on different soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26:566-570.

Sampet, Chalermpon. (1978). Comparative dry matter yields and phosphorus content of greenleaf desmodium (Desmodium intortum), in response to rock phosphate, sodium phosphate and sodium sulfate. Thailand - Australian Highland Agricultural Project, Third Report.

Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (1975). Soil Fertility and Fertilizers. 3rd ed. Macmillan Publishing Co., Inc., New York.

ผนวกที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินชั้นบนก่อนการทดลอง

คุณสมบัติของดิน	ดินบน (0-15 ซม.)
Texture	sandy loam
pH	5.5
CEC, me/100 g. soil	12
Organic matter, %	1.2
Extractable P (Bray II), ppm.	6
Exchangeable K, ppm.	23