

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลกระทบของการใส่โดโลไมท์ ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ 4 สายพันธุ์

จากการทดลองพบว่า การใส่โดโลไมท์อัตรา 70 กก./ไร่ เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวบาร์เลย์ ทำให้ดินบนที่สูงสะเมิง จ. เชียงใหม่ มีการเปลี่ยนแปลง pH ของดินชั้นบนเพิ่มขึ้น จาก 5.48 ก่อนการทดลองเป็น 5.89 หลังการทดลอง (ตารางที่ 5) ในชุดดินพานที่บ้านน้ำอิ่ง ต. ต้า อ. ขุนตาล จ. เชียงราย เปลี่ยนแปลงจาก 4.75 เป็น 4.90 (ตารางที่ 7) สำหรับดินชั้นล่างเปลี่ยนแปลงจาก 5.45 และ 4.69 เป็น 5.69 และ 4.68 ตามลำดับ ช่วยรักษาความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของดิน นอกจากนั้นยังเพิ่มปริมาณ Ca และ Mg ในชั้นบนของดินที่สูงสะเมิงจากเดิมที่สกัดได้ด้วย NH_4OAc 1N pH 7 จำนวน 4.78 และ 1.03 เป็น 5.12 และ 1.12 me/100g สำหรับดินชั้นล่างจาก 3.99 และ 1.03 เป็น 4.78 และ 1.23 me/100g ชุดดินพานเพิ่มจาก 3.20, 0.98 เป็น 3.45, 1.02 me/100g และ 2.41, 0.93 เป็น 2.46, 0.98 me/100g ในดินชั้นบนและล่างตามลำดับ การใส่โดโลไมท์ตามอัตราที่ใช้ในการศึกษา แม้ว่าไม่อาจลดปริมาณของแมงกานีสและเหล็กที่สกัดด้วย DTPA ได้ชัดเจนเลยก็ตาม แต่มีส่วนในการเพิ่มปริมาณของสังกะสีและทองแดงเล็กน้อย (ตารางที่ 6 และ ตารางที่ 8)

ผลการใส่โดโลไมท์จำนวนดังกล่าวยังมีผลต่อการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ทุกสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามผลการทดลองเท่าที่มีปรากฏไว้ในรายงานของ Gupta (1972b) ผลการตอบสนองต่อการใส่โดโลไมท์ปรากฏชัดเจนบนดินที่สูงสะเมิง พันธุ์ Beka ให้ผลตอบสนองสูงถึง 99% (ตารางภาคผนวกที่ 48) รองมาเป็น Morex, BRB 9 และ Caruso ให้ผลเพิ่มขึ้น 85, 84 และ 22 % ตามลำดับ การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ผลผลิต 22% ในขณะที่ผลของการตอบสนองต่อการใส่โดโลไมท์อัตรา 70 กก./ไร่ ในกรณีชุดดินพานให้ผลตอบสนองน้อยกว่า เนื่องจากในพื้นที่ดังกล่าวมีปัจจัยด้านธาตุอาหารอื่นๆ ที่สำคัญกว่าคอยควบคุม จะสังเกตได้ว่า สายพันธุ์ Morex ให้ผลผลิตตอบสนองต่อการใส่วัสดุปูนจากเดิม 113 เป็น 139 กก./ไร่ (เพิ่ม 23%) ในขณะที่ระดับการใส่โดโลไมท์ดังกล่าวพร้อมด้วยการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ 0.50 % KNO_3 และจุลธาตุ สามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจำนวนมาก จากดำรับที่ไม่มีฉีดพ่นคือ เพิ่มจาก 139 เป็น 366 กก./ไร่ (เพิ่ม 163%) ในส่วนของ BRB 9 แม้ว่าจะมีการตอบสนองที่น้อยกว่าแต่ก็สามารถเพิ่มผลผลิตจากเดิม 218 เป็น 296 กก./ไร่ หรือคิดเป็น 36% สำหรับพันธุ์ Beka ก่อนข้างไม่เหมาะสมในสภาพแวดล้อมดังกล่าวให้ผลผลิตน้อย และเช่นเดียวกับ Caruso แม้ว่าให้ผลผลิตพอใช้ได้แต่มีปัญหาที่มีความอ่อนแอต่อโรคใบจุดสีน้ำตาล ต้นกล้าแห้ง และไม่ทนต่อสภาพที่มีการถ่ายเทน้ำไม่เหมาะสม

สำหรับกรณีการใส่โดโลไมท์อัตรา 140 กก./ไร่ ปริมาณผลผลิตไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากอัตรา 70 กก./ไร่ แต่น่าจะมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางประเภทโดยเฉพาะ P ในใบของสายพันธุ์ BRB 9 ทำให้มีปริมาณลดลงจาก 0.19 เป็น 0.15 % (ตารางภาคผนวกที่ 19) ขณะเดียวกันผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบการใส่อัตรา 70 กก./ไร่ ลดลงจาก 359 เป็น 334 กก./ไร่ สอดคล้องกับการรายงานของ Gupta (1972b) เกี่ยวกับที่ว่า การใส่โดโลไมท์เพื่อยกระดับ pH เกินกว่าอัตราที่เหมาะสมเป็น 6.3 ทำให้ผลผลิตน้ำหนักรวม และขนาดน้ำหนักเมล็ดลดลง นอกจากนี้ถ้าขาดการเอาใจใส่เกี่ยวกับธาตุซึ่งได้แก่ Zn, Cu และ B อาจเป็นอุปสรรค และสร้างความเสียหายแก่ผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ดังรายงานของ Graham and Nambair (1981), Graham (1975) และ เบนจวรณ์และคณะ(2532)

2. ผลกระทบของตำรับทดลองที่มีการฉีดพ่น KNO_3 และ $NaNO_3$ พร้อมด้วยจุลธาตุ ต่อผลผลิตของข้าวบาร์เลย์

การฉีดพ่น 0.25 % KH_2PO_4 + 0.50% KNO_3 และจุลธาตุ ได้แก่ Fe, Mn, Zn, Cu, B และ Mo ตลอดจนการฉีดพ่น 0.25 % KH_2PO_4 + 0.25% KNO_3 + 0.25% $NaNO_3$ และจุลธาตุดังกล่าว ทำให้ผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ทั้ง 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกบนพื้นที่สูงสะเมิงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในกรณีที่มีการเสริมด้วยวัสดุปุ๋ยในรูปของโดโลไมท์จำนวน 70 กก./ไร่ สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือ Beka รองมาเป็น BRB 9, Morex และ Caruso มีค่า 521-534, 410-414, 361-389 และ 370-379 กก./ไร่ ตามลำดับ พันธุ์ BRB 9 มีลักษณะที่ทนทานต่อสภาพพื้นที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ได้ดีกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ สามารถสังเกตได้จากการตอบสนองต่อการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบน้อยกว่า การตอบสนองที่เกิดขึ้นนี้อาจจะสืบเนื่องมาจากการให้ P และ K เพิ่มเติม พร้อมด้วยสารประกอบในเครทในรูปของ KNO_3 ซึ่งกล่าวกันว่า เป็นสารประกอบที่ให้ทั้งปริมาณและคุณภาพของใบยาสูบ นอกจากนี้ปริมาณจุลธาตุที่เพิ่มเติมให้ยังช่วยขจัดปัญหาการขาดจุลธาตุที่อาจจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะ B ดังจะกล่าวต่อไปในโอกาสข้างหน้า เกี่ยวกับปริมาณการขาด B ในข้าวบาร์เลย์ มีรายงานประกอบจากพื้นที่ผลิตหลายแห่งทั่วโลก เช่น เนปาล (Sthapit, 1988) บราซิล (Silva and Andrade, 1983) และแม้แต่ในประเทศไทยเอง เบนจวรณ์ และ คณะ (2532) ได้รายงาน การขาดโบรอนอย่างแพร่หลายทางภาคเหนือ

การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ 2 ตำรับที่กล่าวมา มีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ Morex ที่ปลูกอยู่ในชุดดินปาน บ้านน้ำอิง ต. ต้า อ. ขุนตาล จ. เชียงราย ที่ระดับการใส่โดโลไมท์จำนวน 70 กก./ไร่ พร้อมการฉีดพ่น 0.50 % KNO_3 สามารถเพิ่มผลผลิตจากเดิม 139 เป็น 366 กก./ไร่ ในตำรับที่มีการฉีดพ่นด้วย 0.25% KNO_3 และ 0.25% $NaNO_3$ ได้รับผลผลิต 422 กก./ไร่

ผลตอบสนองปรากฏให้เห็นในพันธุ์อื่น ๆ เช่นกัน ในพันธุ์ Caruso, BRB 9 และ Beka เพิ่มจาก 149, 218 และ 123 เป็น 288, 296 และ 155 กก./ไร่ และ 275, 271 และ 162 กก./ไร่ ตามลำดับ จะสังเกตเห็นได้ว่าผลตอบสนองต่อการฉีดพ่นด้วยจุลธาตุ สามารถเพิ่มผลผลิตถึง 183 % โดยเฉพาะในสายพันธุ์ Morex (ตารางภาคผนวกที่ 48) เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่า ถ้าหากจะส่งเสริมให้มีการขยายพื้นที่การเพาะปลูกออกไปยังเขตอื่น ๆ ของภาคเหนือ จะต้องให้ความสนใจ และระมัดระวังในเรื่องเกี่ยวกับการขาดจุลธาตุ โดยเฉพาะ B และจากการทดลองครั้งนี้ สามารถอธิบายได้ว่า สายพันธุ์ BRB 9 ก่อนข้างมีความทนทานต่อสภาวะการขาดแคลนจุลธาตุดังกล่าว สามารถให้ผลผลิตอยู่ในระดับที่พอสมควรนอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นว่า การนำเอา $0.25\% \text{NaNO}_3$ มาฉีดร่วมด้วยไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวบาร์เลย์เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด แต่มีแนวโน้มที่อาจจะทำให้ผลผลิตลดลง ถ้ามีการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นไปมากกว่านี้

3. ผลกระทบของการใส่โดโลไมท์ ปุ๋ยเคมี ร่วมด้วยการฉีดพ่น KNO_3 และ NaNO_3 และจุลธาตุ ต่อคุณภาพของข้าวบาร์เลย์

การใส่โดโลไมท์อัตรา 70 กก./ไร่ ร่วมด้วยปุ๋ย N P K เกรด 15-15-15 จำนวน 25 กก./ไร่ พร้อมเร่งด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต จำนวน 10 กก./ไร่ ทำให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวบาร์เลย์ทั้ง 4 สายพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 50 และ ตารางภาคผนวกที่ 52) นอกจากนี้ยังมีแนวโน้ม ทำให้คุณภาพของข้าวมอลต์ลดลงบ้างกล่าวคือ ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวบาร์เลย์มีปริมาณเพิ่มขึ้น ยกตัวอย่าง เช่น บนพื้นที่สูงสะเมิง สายพันธุ์ BRB 9 เพิ่มขึ้นจาก 13.43 เป็น 14.72 % ยกเว้น Beka การใส่โดโลไมท์เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณ โปรตีนลดลง ในกรณีของชุดดินพาน พันธุ์ Morex มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 14.88 เป็น 15.59 % การเพิ่มปริมาณ Ca และ Mg ทำให้การใช้ประโยชน์ของ N ดีขึ้น และทำให้มีการเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ด แนวทางดังกล่าวเป็นไปตามข้อเสนอของ Black (1968) อย่างไรก็ดีการใช้ปูนยังจำเป็นในบางพื้นที่เพื่อยกระดับ pH ของดิน และปรับสภาพลดความเป็นพิษของสารต่าง ๆ ตลอดจนเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร แต่การใช้วัสดุปูนที่มากเกินไป นอกจากจะมีผลต่อการลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางประเภทแล้ว ยังมีข้อเสียในการเพิ่มปริมาณโปรตีนซึ่งไม่เป็นที่ปรารถนาต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการทำ มอลท์ และผลิตเบียร์ที่มีคุณภาพ

สำหรับคุณภาพด้านอื่น ๆ ได้แก่ จำนวนรวงต่อพื้นที่ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1000 เมล็ด การใส่โดโลไมท์ มีแนวโน้มทำให้จำนวนรวงของข้าวบาร์เลย์เพิ่มขึ้นชัดเจนในดินที่สูงสะเมิง โดยเพิ่มขึ้นจาก 348 เป็น 392 รวง/เมตร² (ตารางที่ 194) ขณะที่ในชุดดินพานเพิ่มขึ้นน้อยกว่าจาก 183

เป็น 187 รวง/เมตร² (ตารางที่ 201) แต่จะตอบสนองต่อการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบมากกว่าโดยเพิ่มจาก 183 เป็น 280 รวง/เมตร² และเห็นได้ชัดเจนในพันธุ์ Morex เพิ่มขึ้นจาก 161 เป็น 305-341 รวง/เมตร² สิ่งที่สำคัญคือ การใส่โคโลไมท์เกินความพอดี แม้ว่าจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนเมล็ดต่อรวง (ตารางที่ 196 และ ตารางที่ 203) แต่มีผลต่อน้ำหนัก 1000 เมล็ดมีแนวโน้มลดลงจาก 48.1 เป็น 46.8 กรัม โดยเฉพาะสายพันธุ์ Beka ลดลงจาก 47.3 เป็น 44.5 กรัม (ตารางที่ 195) และค่าดัชนีการติดเมล็ดของข้าวบาร์เลย์ 4 สายพันธุ์ ลดลงจาก 66.5 เป็น 64.9% (ตารางที่ 197)

การฉีดพ่นด้วยส่วนผสมของ 0.25% KH_2PO_4 + 0.25% KNO_3 + 0.25 % NaNO_3 และจุลธาตุ มีผลต่อการลดปริมาณโปรตีนในเมล็ดอย่างชัดเจนในบางสายพันธุ์ของข้าวบาร์เลย์ที่ทำการทดลอง และเป็นไปตามข้อกำหนดของสภาวะแวดล้อม นั่นคือ บนพื้นที่สูงสะเมิง จ. เชียงใหม่ มีอุณหภูมิในฤดูหนาวสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ย 24 และ 18 °C ซึ่งต่ำกว่าที่บ้านน้ำอึง ด. ต้า อ. ขุนตาล จ. เชียงราย มีค่าเฉลี่ย 27.0 และ 26.0 °C นอกจากนั้นสภาพของดินยังแตกต่างกันอีกด้วย ดินบนพื้นที่สูงสะเมิงค่อนข้างมีความร่วนซุย การระบายน้ำดี และมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าชุดดินพานซึ่งเป็นดินที่ค่อนข้างมีการระบายน้ำไม่ดี เป็นพื้นที่เปลี่ยนแปลงมาจากที่นาดั้งเดิม ดินเป็นกรดจัด pH 4.75 และมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารต่าง ๆ ต่ำกว่า โดยสรุป ดำริบดังกล่าวสามารถลดเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ดของข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ Beka ได้อย่างมีประสิทธิภาพ บนพื้นที่สูงสะเมิง คือ ลดลงจาก 12.57 เป็น 10.96 และการลดลงของโปรตีนนี้เกิดขึ้นทุกระดับของการใส่โคโลไมท์ แต่ถ้าจะให้มีประสิทธิภาพที่ดีควรพิจารณาการใส่วัสดุปน เช่น โคโลไมท์เข้าร่วมด้วยในปริมาณที่เหมาะสม สำหรับการศึกษาครั้งนี้กำหนดที่ 70 กก./ไร่ (ตารางภาคผนวกที่ 54) ปริมาณโปรตีนของสายพันธุ์ Morex มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่เป็นที่น่าพอใจ และไม่มีความสม่ำเสมอ ยกตัวอย่างเช่น ที่ระดับการใส่โคโลไมท์ 35 กก./ไร่ ลดลงจาก 13.65 เป็น 11.48 % เมื่อมีการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบร่วมกับ 0.25% NaNO_3 การใส่โคโลไมท์สูงขึ้นที่ระดับ 70 กก./ไร่ ทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 14.67 และลดลงไปอยู่ที่ 13.74 เมื่อมีการฉีดด้วยส่วนผสมของ 0.25% NaNO_3 จะเห็นได้ว่าในกรณีของ Morex บนพื้นที่สูงสะเมิง การลดลงของเปอร์เซ็นต์โปรตีนด้วยเทคนิคการฉีดพ่น 0.25% KH_2PO_4 + 0.25% KNO_3 + 0.25% NaNO_3 และจุลธาตุ ไม่มีประสิทธิภาพ และอาจถูกบดบังด้วยอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยที่มากขึ้น ความเป็นไปดังกล่าวเกิดขึ้นเช่นเดียวกับ สายพันธุ์ที่เหลือ คือ Caruso และ BRB 9 ทำให้ปริมาณ โปรตีนที่ได้รับสูงเกินกว่ามาตรฐาน สาโรช (2525) ได้รายงานว่ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวบาร์เลย์ควรต่ำกว่า 12.0 % Peterson and Foster (1973) เสนอรายงานว่า ในสหรัฐอเมริกากำหนดปริมาณต่ำกว่า 13.5% สำหรับข้าวบาร์เลย์ประเภท 6 แฉก และ 13.0% สำหรับประเภท 2 แฉก ขณะที่ประเทศแถบยุโรปได้กำหนดไว้ที่ระดับ 9.0-11.5% (อาคม และ สุรัตน์, 2539)

ในพื้นที่การทดลองของชุดดินพาน บ้านน้ำอิง ต. ต้า อ. ขุนตาล จ. เชียงราย ผลของการฉีดพ่นด้วย 0.50% KNO_3 และ 0.25% $NaNO_3$ ร่วมด้วยจุลธาตุ ให้ผลแตกต่างไปจากบนพื้นที่สูงสะเมิง สายพันธุ์ที่ตอบสนองต่อการลดเปอร์เซ็นต์โปรตีนอย่างชัดเจนกลับกลายเป็นสายพันธุ์ Morex และจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการใช้วัสดุปุ๋ย เช่น โคโลไมท์ในจำนวนที่เหมาะสม ผลการทดลองครั้งนี้พบว่า การใช้อัตรา 35-140 กก./ไร่ ร่วมด้วยการฉีดพ่นสารเคมีดังกล่าว ทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนของตำรับที่ไม่มี การฉีดพ่นมีค่าระหว่าง 15.15-15.62% ลดลงเป็น 10.61-10.88% (ตารางภาคผนวกที่ 54) แต่การไม่ใส่ปุ๋ยเพื่อปรับสภาพความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต กลับไปทำลายประสิทธิภาพการลดลงของปริมาณโปรตีนด้วยเทคนิคดังกล่าวโดยสิ้นเชิง คือ ลดลงจาก 14.88 เป็น 13.05% เท่านั้น ซึ่งถือว่าไม่มีความสำคัญแต่อย่างใด ในส่วนของสายพันธุ์ Beka แม้ว่าจะตอบสนองต่อการลดลงของปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนอันเนื่องมาจากการฉีดพ่น 0.25% KNO_3 ร่วมด้วย 0.25% $NaNO_3$ และจุลธาตุ และอาจจะกระทำได้ดีในกรณีที่มีการใส่โคโลไมท์จำนวน 140 กก./ไร่ คือ ลดลงจาก 14.80 % เป็น 11.48% ก็ตาม แต่เมื่อคำนึงถึงผลผลิตที่ได้รับ 173 กก./ไร่ ไม่น่าจัดว่าเป็นการคุ้มทุน ในขณะที่พันธุ์ Morex ทำได้ถึง 422 กก./ไร่ เมื่อมีการใส่โคโลไมท์จำนวน 70 กก./ไร่ สำหรับกรณีของ Caruso และ BRB 9 ให้ปริมาณผลผลิตใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ และในตำรับที่ดีที่สุด คือ การใส่โคโลไมท์ 140 กก./ไร่ สามารถให้ผลผลิต 385 และ 329 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่เมื่อพูดถึงการตอบสนองต่อสารประกอบดังกล่าว ปริมาณโปรตีนในเมล็ดของสายพันธุ์ Caruso ไม่ลดลงในระดับที่น่าพอใจ กล่าวคือ ลดลงจาก 18.22 เป็น 16.54% ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณโปรตีนในเมล็ดที่สูง และทำให้ได้คุณภาพของมอลท์ และเบียร์ที่ดี ในสายพันธุ์ BRB 9 ถ้าต้องการผลผลิตที่ดี และมีปริมาณโปรตีนลดต่ำลง ก็สมควรใช้ปริมาณปุ๋ยโคโลไมท์ระหว่าง 70-140 กก./ไร่ พร้อมด้วยการฉีดพ่นส่วนผสมของ 0.25% KH_2PO_4 + 0.50% KNO_3 และจุลธาตุ หรือ 0.25% KH_2PO_4 + 0.25% KNO_3 + 0.25% $NaNO_3$ และจุลธาตุ การปฏิบัติดังกล่าวจะทำให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ดลดลงจาก 14.37-15.19 เป็น 12.46-13.11 % หรืออาจกล่าวได้ว่า ความเหมาะสมน่าจะเกิดที่การใส่โคโลไมท์อัตรา 70 กก./ไร่ ซึ่งปริมาณโปรตีนลดลงจาก 15.19 เป็น 12.97 % ปรากฏการณ์ดังกล่าวที่พบในพันธุ์ BRB 9 ดีกว่าบนพื้นที่สูงสะเมิงซึ่งลดลงจาก 14.72 เป็น 14.51% แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่เกินกว่ามาตรฐาน

สำหรับการฉีดพ่นด้วยส่วนผสมของ 0.25 % KNO_3 ร่วมด้วยจุลธาตุ มีผลกระทบต่อการลดปริมาณโปรตีนในระดับที่น้อยกว่า กรณีการใช้ 0.25 % KNO_3 และ 0.25 % $NaNO_3$ ร่วมด้วยจุลธาตุ ยกตัวอย่างเช่น การใส่โคโลไมท์อัตรา 35 กก./ไร่ ปริมาณโปรตีนในเมล็ดของสายพันธุ์ Beka บนพื้นที่สูงสะเมิง ลดจาก 12.78 เป็น 12.31% (ตารางภาคผนวกที่ 54) เมื่อได้รับการฉีดพ่นด้วย KNO_3 โดยไม่มี $NaNO_3$ จะลดปริมาณโปรตีนจากเดิม 14.27 เป็น 13.34% ในชุดดินพาน ผลตอบสนองต่อการลดปริมาณโปรตีนในเมล็ดของสายพันธุ์ Morex ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย 0.50% KNO_3 ให้ผลค่อนข้าง

ข้างดีแม้ไม่เท่ากับกรณีการฉีดพ่นด้วย 0.25 % KNO_3 + 0.25 % NaNO_3 แต่จะต้องระมัดระวังในการเพิ่มเติมปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสม เช่น ที่ระดับโคโลไมท์ 70 กก./ไร่ สามารถลดปริมาณโปรตีนจากเดิม 15.59 เป็น 11.42 % ผลดังกล่าวเกิดขึ้นได้เช่นกันในกรณีของพันธุ์ Beka และ BRB 9 ถ้าหากมีการใส่เพิ่มเติมโคโลไมท์ในปริมาณที่เหมาะสม 70-140 กก./ไร่ อย่างไรก็ตามก็ตีผลกระทบบดังกล่าวก่อนข้างไม่สม่าเสมอ

กล่าวโดยทั่วไปการฉีดพ่นด้วย 0.25% KH_2PO_4 + 0.25% KNO_3 + 0.25% NaNO_3 ร่วมด้วยจุลธาตุ ทำให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวบาร์เลย์บางสายพันธุ์ในสภาพแวดล้อมที่กำหนด เช่น สายพันธุ์ Beka บนพื้นที่สูงสะเมิง จ. เชียงใหม่ และสายพันธุ์ Morex บนพื้นที่ราบอย่างเช่นชุดดินพาน อ. ขุนตาล จ. เชียงราย สาเหตุน่าจะมาจากโซเดียมมีผลกระทบต่อปริมาณการดูดซับ CO_2 และกระบวนการสังเคราะห์แสง ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับกรณีของถั่วแดงหลวงเมื่อมีปริมาณของโซเดียมในปริมาณที่เหมาะสมเป็นการเร่งการสะสมคาร์โบไฮเดรต และมีบทบาทสำคัญในการลดการสังเคราะห์โปรตีน (Marschner, 1995) ขณะเดียวกันสารประกอบไนเตรตดังกล่าว มักจะไม่เพิ่มปริมาณไนโตรเจนในพืชมากนัก ดังกรณีที่มีการใช้สารประกอบ KNO_3 ฉีดพ่นให้กับผลไม้บางชนิด เช่น มะม่วง และทำให้มะม่วงออกดอกติดผลได้ดียิ่งขึ้น กล่าวกันว่าเป็นการลดปริมาณสัดส่วนของ C/N หรืออีกนัยหนึ่งลดปริมาณไนโตรเจนที่มากเกินไป อย่างไรก็ตามก็ตีโซเดียมถ้าหากได้รับในปริมาณที่มากเกินไป ทำให้มีผลต่อการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ อาจมีผลขังกั้นการเจริญเติบโต การดูดธาตุอาหาร ผลผลิตและคุณภาพผลผลิต (Yeo and Flowers, 1983) ดังนั้นต้องระมัดระวังการใช้ให้อยู่ในอัตราที่เหมาะสม ผลรวมของสารประกอบ KNO_3 และ NaNO_3 มีส่วนที่จะทำให้ปริมาณโปรตีนของข้าวบาร์เลย์บางสายพันธุ์ดังที่กล่าวมาลดลง ทั้งนี้ทั้งนั้นจะต้องพิจารณาในเรื่องวัสดุปุ๋ยระดับธาตุอาหารที่พอเพียง และถือว่าการฉีดพ่นสารประกอบดังกล่าว เป็นการทดแต่ง เพื่อให้ได้คุณภาพของเมล็ดข้าวบาร์เลย์ที่พร้อมจะนำไปสู่การผลิตข้าวมอลท์ และผลิตภัณฑ์ของเบียร์ที่มีคุณภาพต่อไป

อย่างไรก็ดี ในการฉีดพ่นสารประกอบของ 0.25% KH_2PO_4 + 0.25% KNO_3 + 0.25% NaNO_3 พร้อมด้วยจุลธาตุ โดยมีการปรับสภาพดินด้วยโคโลไมท์จำนวน 70 กก./ไร่ แม้ว่าจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่องค์ประกอบผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ ที่ตอบสนองต่อการฉีดพ่นด้วยสารประกอบดังกล่าว มีลักษณะที่แตกต่างกันคือ น้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ Beka ในตำรับที่ไม่มีฉีดพ่นบนดินที่สูงสะเมิงลดลงจาก 47.3 เป็น 45.4 กรัม (ตารางที่ 195) และสายพันธุ์ Morex ที่ปลูกบนชุดดินพานลดลงจาก 41.9 เป็น 38.1 กรัม (ตารางที่ 202) การฉีดพ่น 0.50 % KNO_3 + จุลธาตุ และ 0.25 % KNO_3 + 0.25 % NaNO_3 + จุลธาตุ ร่วมด้วยการใส่โคโลไมท์อัตราที่กล่าวมาผลิตทำให้จำนวนรวงเพิ่มขึ้น จาก 348 เป็น 406 -419 บนดินที่สูงสะเมิง และจาก 183 เป็น 279 - 280 รวง/เมตร² ในชุดดิน

พาน (ตารางที่ 194 และตารางที่ 201) นอกจากนี้ยังทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวงในทุกสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีจำนวนมากขึ้น (ตารางที่ 196 และ ตารางที่ 203) รวมทั้งเพิ่มดัชนีการติดเมล็ดที่ดี (ตารางที่ 197 และ ตารางที่ 204)

4. ผลกระทบของการใส่โดโลไมท์ ปุ๋ยเคมี ร่วมด้วยการฉีดพ่น KNO_3 และ $NaNO_3$ และจุลธาตุ ต่อปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ รวมทั้งเมล็ดของข้าวบาร์เลย์

ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปรับสภาพดิน และธาตุอาหารให้แก่ข้าวบาร์เลย์ทั้ง 4 สาย จะเห็นได้ว่า การใส่โดโลไมท์อัตรา 70 กก./ไร่ ทำให้ข้าวบาร์เลย์มีผลผลิตสูงสุด นอกจากนั้นการฉีดพ่นด้วยสารประกอบ $0.25\% KH_2PO_4 + 0.25\% KNO_3 + 0.25\% NaNO_3$ พร้อมด้วยจุลธาตุที่ระยะเวลาต่าง ๆ ส่งผลให้ข้าวบาร์เลย์มีผลผลิตเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันทำให้เมล็ดโดยเฉพาะในสายพันธุ์ Beka บนพื้นที่สูงสะเมิง และ สายพันธุ์ Morex บนชุดดินพาน มีการปรับเปลี่ยนคุณภาพของผลผลิต ได้แก่ การลดลงของปริมาณโปรตีน นอกจากจะมีผลดังกล่าวแล้ว การใส่โดโลไมท์ในจำนวนที่เหมาะสมร่วมด้วยการฉีดพ่นส่วนผสมของ KNO_3 และ $NaNO_3$ ยังมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่ออื่น ๆ คือ ดันข้าวบาร์เลย์ที่อายุ 30 วัน ใบที่ 2 และ 3 นับจากยอดระยะตั้งท้อง ใบธง และเมล็ดของข้าวบาร์เลย์ ดังต่อไปนี้

4.1 ไนโตรเจน

ผลของการใส่โดโลไมท์ 70 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ และมีการเร่งด้วย 21-0-0 จำนวน 10 กก./ไร่ พร้อมด้วยสารฉีดพ่นด้วยสารประกอบต่าง ๆ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนโดยเฉลี่ยของข้าวบาร์เลย์ 4 สายพันธุ์ในใบที่ 2 และ 3 นับจากยอดระยะตั้งท้อง และใบธงมีค่าอยู่ระหว่าง 3.83-3.94% บนดินที่สูงสะเมิง (ตารางที่ 12 และ ตารางที่ 15) สำหรับข้าวบาร์เลย์ที่ปลูกในชุดดินพานมีปริมาณ 3.67-3.75% (ตารางที่ 103 และ ตารางที่ 106) อย่างไรก็ตามผลของการใส่โดโลไมท์ปรากฏชัดเจนในต้นที่อายุ 30 วัน ทำให้ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มจาก 3.18 เป็น 3.28 % และ 3.04 เป็น 3.22 % (ตารางที่ 10, ตารางที่ 101 และ ตารางภาคผนวกที่ 12) ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 13.55 เป็น 14.06 % บนดินที่สูงสะเมิง และลดลงจาก 16.46 เป็น 15.95 % บนชุดดินพาน (ตารางภาคผนวกที่ 54) ปริมาณไนโตรเจนในระดับนี้ น่าจะพอเพียง ต่อการเจริญเติบโตทางต้นและใบ (Reuter and Robinson, 1997)

การฉีดพ่นด้วย $0.25\% KH_2PO_4 + 0.50\% KNO_3 +$ จุลธาตุ และ $0.25\% KH_2PO_4 + 0.25\% KNO_3 + 0.25\% NaNO_3$ พร้อมด้วยจุลธาตุในดาร์บที่ใส่โดโลไมท์จำนวน 70 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณ

ไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นจาก 3.28 เป็น 3.57 และ 3.43 % บนดินที่สูงสะเมิง (ตารางที่ 10) และจาก 3.22 เป็น 3.26 และ 3.00 % บนชุดดินพาน (ตารางที่ 101) การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนในใบที่ 2 และ 3 นับจากยอดระยะตั้งท้องลดลง และปรากฏอย่างเด่นชัดในใบทรงระยงออกทรงของข้าวบาร์เลย์ทั้ง 4 สายพันธุ์ มีค่าเฉลี่ยลดลงจาก 4.01 เป็น 3.94 และ 3.88% (ตารางที่ 16) โดยที่พันธุ์ Beka มีการลดลงที่ชัดเจนจาก 3.71 เป็น 3.61 และ 3.49% (ตารางภาคผนวกที่ 14) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเมล็ดพบว่า ลดลงจาก 12.14 เป็น 12.35 และ 10.88% (ตารางภาคผนวกที่ 54) ขณะที่ระดับการใส่โดโลไมท์จำนวน 140 กก./ไร่ ทำให้สายพันธุ์ Beka มีปริมาณไนโตรเจนในใบทรง 3.92 % เมื่อมีการฉีดพ่นส่วนผสมของ 0.50% KNO_3 และ 0.25% $NaNO_3$ มีค่าเฉลี่ย 3.92 และ 4.09 % ตามลำดับ จะสังเกตเห็นได้ว่า ผลของการใส่โดโลไมท์เพิ่มขึ้นกลับทำให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ Beka ลดลง โดยเฉพาะในตำรับที่ไม่มีการฉีดพ่นปุ๋ยเคมีทางใบ และตำรับที่มีการฉีดพ่นร่วมด้วย 0.50% KNO_3 ปริมาณโปรตีนในเมล็ดลดลงจากที่พบในตำรับที่ใส่โดโลไมท์ 70 กก./ไร่ มีค่าเฉลี่ย 11.69 และ 11.33% ตามลำดับ % (ตารางภาคผนวกที่ 54) ซึ่งโดยปกติแล้วการใส่โดโลไมท์ที่เพิ่มขึ้น นอกจากจะเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของข้าวบาร์เลย์แล้ว ก่อนข้างจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนในเมล็ดของสายพันธุ์อื่น ๆ บนพื้นที่สูงสะเมิง จะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของข้าวบาร์เลย์ไม่ได้มีความสัมพันธ์ที่แน่นอนต่อปริมาณโปรตีนในเมล็ดแต่อย่างใด อย่างไรก็ดี ผลตอบสนองของสายพันธุ์ Morex บนชุดดินพาน กลับมีลักษณะตรงกันข้าม การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบด้วย 0.25% KH_2PO_4 + 0.25 % KNO_3 + 0.25 % $NaNO_3$ และจุลธาตุ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในใบทรงลดลงต่ำกว่าในตำรับที่ไม่ฉีดพ่น และส่งผลให้มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดลดลงด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น เมื่อการใส่โดโลไมท์ จำนวน 70 กก./ไร่ และมีการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบด้วยส่วนผสมของ 0.25 % $NaNO_3$ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในใบทรงลดลงจาก 3.54% เป็น 3.32 % (ตารางภาคผนวกที่ 14) และปริมาณโปรตีนลดลงจาก 15.59% เป็น 10.73% (ตารางภาคผนวกที่ 54) จากการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบที่ 2 และ 3 นับจากยอด ตลอดจนใบทรง แม้ไม่อาจใช้เป็นเครื่องกำหนดปริมาณโปรตีนที่ต้องการได้ แต่ก็สามารถที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีที่บอกกล่าว และควบคุมปริมาณไนโตรเจนในข้าวบาร์เลย์ให้อยู่ในอัตราที่เหมาะสมไม่ให้มากหรือน้อยจนเกินไป จนก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตและคุณภาพ

4.2 ฟอสฟอรัส

การใส่โดโลไมท์ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้จากตัวอย่างดินทั้งบนดินที่สูงสะเมิง และชุดดินพานบ้านน้ำอึง ต. ต้า อ. ขุนตาล จ. เชียงราย อย่างไรก็ตามการตอบสนองในเนื้อเยื่อข้าวบาร์เลย์ ต่อปริมาณความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างมีน้อยบนดินที่

สูงสะสมเมื่อเปรียบเทียบกับที่ได้รับบนชุดดินพาน นอกจากนี้บางสายพันธุ์ยังไม่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่าง ยกตัวอย่างเช่น พันธุ์ BRB 9 บนดินที่สูงสะสมมีปริมาณฟอสฟอรัสในใบที่ 2 และ 3 ตลอดจนใบธง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.15-0.17% ในทุกอัตราการใส่โคโลไมท์ (ตารางที่ 21 และ ตารางที่ 24) ในขณะที่พันธุ์ BRB 9 บนชุดดินพาน มีปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อทั้งสองเพิ่มขึ้นจากค่ารับไม่ใส่โคโลไมท์ 0.02% (ตารางที่ 112 และ ตารางที่ 115) นอกจากนี้ยังมีข้อที่น่าสังเกตว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวบาร์เลย์ที่อายุ 30 วัน บนชุดดินพานนี้มีปริมาณสูงกว่าที่พบบนดินที่สูงสะสม เช่น ในระดับที่มีการใส่โคโลไมท์จำนวน 70 กก./ไร่ มีค่าเฉลี่ย 0.31-0.33% (ตารางที่ 110) เปรียบเทียบกับ 0.21-0.24% (ตารางที่ 19)

การใส่โคโลไมท์เกินกว่าอัตราที่เหมาะสมในระดับ 140 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบธงของสายพันธุ์ BRB 9 บนที่สูงสะสม มีปริมาณลดลงจาก 0.19 เป็น 0.15 % (ตารางภาคผนวกที่ 19) ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่ากำหนดมาตรฐานความเพียงพอ (Reuter and Robinson, 1997) ผลจากการศึกษาครั้งนี้ ทำให้ต้องเพิ่มความระมัดระวังเกี่ยวกับการใช้วัสดุปุ๋ยเพื่อปรับสภาพดิน

การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบด้วย 0.25 % KH_2PO_4 + 0.50 % KNO_3 + จุลธาตุ ตลอดจน 0.25 % KH_2PO_4 + 0.25% KNO_3 + 0.25 % NaNO_3 พร้อมด้วยจุลธาตุแก่ข้าวบาร์เลย์ ก่อนข้างไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ยกเว้นในกรณีที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยเคมีทางใบที่มีส่วนผสมของ 0.25 % NaNO_3 อาจมีผลทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเมล็ดสายพันธุ์ BRB 9 และ Morex ลดลงจากค่ารับที่มีการฉีดพ่นด้วยส่วนผสมของ 0.50 % KNO_3 เฉลี่ย 0.33-0.36% เปรียบเทียบกับ 0.35-0.38% (ตารางที่ 210) อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสในเมล็ดที่ต่ำสุดเฉลี่ย 0.26% ในสายพันธุ์ Beka บนดินที่สูงสะสมใกล้เคียงกับปริมาณที่พอเพียง 0.27% ตามรายงานของ Zhang *et al.* (1991) และมีข้อควรพิจารณาว่า เพื่อความมั่นใจต่อการรักษาระดับฟอสฟอรัสให้เพียงพอต่อการปลูกข้าวบาร์เลย์บนดินที่สูงสะสม ควรจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ไม่น้อยกว่า 15 ppm ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลผลิตโดยรวมของข้าวบาร์เลย์บนดินที่สูงสะสม สูงกว่าที่ปลูกบนชุดดินพานจึงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในเมล็ดเจือจางกว่า

4.3 โปแทสเซียม

การตอบสนองต่อการใส่โคโลไมท์จำนวน 70 กก./ไร่ ของข้าวบาร์เลย์ 4 สายพันธุ์ ต่อปริมาณโปแทสเซียมปรากฏชัดเจนในใบธง ทำให้ปริมาณโปแทสเซียมเพิ่มขึ้นจาก 3.43 เป็น 3.76% บนดินที่สูงสะสม (ตารางที่ 34) และจาก 2.49 เป็น 2.71 % ในชุดดินพาน (ตารางที่ 125) แต่การฉีดพ่นด้วย 0.25% KH_2PO_4 , 0.50% KNO_3 และจุลธาตุ ตลอดจน 0.25% KH_2PO_4 + 0.25% KNO_3 + 0.25% NaNO_3 พร้อมด้วยจุลธาตุ ทำให้ปริมาณโปแทสเซียมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยที่ใน

ต้นข้าวบาร์เลย์มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 5.61 และ 4.58 เป็น 5.90-6.17% (ตารางที่ 28) และ 5.08-5.28% (ตารางที่ 119) บนดินที่สูงสะสม และชุดดินปาน ตามลำดับ แต่ใบธงกลับมีปริมาณลดลงจาก 3.76 ในตำรับที่ไม่ฉีดพ่น เป็น 3.56-3.59% บนดินที่สูงสะสม (ตารางที่ 34) และจาก 2.71 เป็น 2.33-2.36% บนชุดดินปาน (ตารางที่ 125) สิ่งที่น่าสนใจคือ ข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ Beka ที่ปลูกบนพื้นที่สูงสะสม และมีการใส่โดโลไมท์จำนวน 70 กก./ไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมค่อนข้างสูงเฉลี่ย 4.58 % แต่การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบด้วยส่วนผสมดังกล่าว ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมลดลงเป็น 4.09-4.26% (ตารางภาคผนวกที่ 24) ถือว่าเป็นการลดลงค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามการลดลงของปริมาณโพแทสเซียมในใบธงไม่มีผลต่อปริมาณการสะสมปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ด ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดกลับเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบที่มีสารประกอบของโพแทสเซียมร่วมด้วยโดยเพิ่มจาก 0.68% ในตำรับ control เป็น 0.78 และ 0.75% ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 62) กล่าวโดยสรุป การฉีดพ่นด้วยสารประกอบโพแทสเซียมน่าจะมีส่วนทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อโดยทั่วไปของข้าวบาร์เลย์เพิ่มขึ้น และเพิ่มปริมาณการสะสมในเมล็ด ในทำนองเดียวกันการใส่โดโลไมท์ที่มีส่วนต่อการสะสมเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ด โดยเพิ่มจาก 0.73 เป็น 0.74-0.75% บนดินที่สูงสะสม (ตารางที่ 211) อย่างไรก็ตามการสะสมปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดบนชุดดินปาน แสดงผลตอบสนองชัดเจนต่อการใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ที่ระดับการใส่ 70-140 กก./ไร่ มีค่าเฉลี่ยในเมล็ดระหว่าง 0.94-0.98% เปรียบเทียบกับ 0.89% ในตำรับ control (ตารางที่ 245) การฉีดพ่นด้วยส่วนผสมของ 0.50% KNO_3 และ 0.25% $NaNO_3$ พร้อมด้วยจุลินทรีย์ ค่อนข้างที่จะไม่เพิ่มปริมาณการสะสมปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ด และมีแนวโน้มลดลง เมื่อฉีดพ่นด้วย 0.50% KNO_3 คือ 0.94 ต่อ 0.90% (ตารางที่ 247) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบธงลดลงเช่นเดียวกัน

4.4 แคลเซียม และแมกนีเซียม

ผลการใส่โดโลไมท์อัตรา 70 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณแคลเซียมในต้นข้าวบาร์เลย์ที่อายุ 30 วัน ใบที่ 2 และ 3 นับจากยอดระยะตั้งท้อง และใบธง ที่ปลูกบนชุดดินปานเพิ่มขึ้นจาก 0.29, 0.35 และ 0.33 เป็น 0.42, 0.48 และ 0.42 % ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมในใบที่ 2 และ 3 ของสายพันธุ์ BRB ที่ปลูกบนพื้นที่สูงสะสมมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.83-0.86% (ตารางภาคผนวกที่ 28) โดยที่สายพันธุ์ Beka มีปริมาณ 0.36-0.43% พันธุ์ Morex มี 0.59-0.71 % แต่การสะสมแคลเซียมในเมล็ดของข้าวบาร์เลย์ทั้ง 4 สายพันธุ์อยู่ในระดับเดียวกันเฉลี่ย 0.08-0.09% สำหรับในชุดดินปานมีปริมาณแคลเซียมของดินดั้งเดิมที่ต่ำกว่า มีปริมาณแคลเซียมในเมล็ดเฉลี่ย 0.07 % ผลของแมกนีเซียมเพิ่มไปในทำนองเดียวกับแคลเซียม โดยที่สายพันธุ์ BRB 9 ปลูกบนดินที่สูงสะสม มีปริมาณแมกนีเซียมในใบธงมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.24-0.29% (ตารางที่ 51) และสูงกว่าในชุด

ดินพานที่มี 0.20-0.21% (ตารางที่ 142) มีผลทำให้ปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในเมล็ดของข้าวบาร์เลย์ 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกบนดินที่สูงสะเมิง และชุดดินพานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.11-0.14 % (ตารางที่ 218 และ ตารางที่ 252) อย่างไรก็ตามการใส่โคโลไมท์มีผลน้อยมากต่อการเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมในเนื้อเยื่อต่าง ๆ

4.5 ซัลเฟอร์ และ โซเดียม

โดยที่มีการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 10 กก./ไร่ให้กับทุกแปลงทดลอง ทำให้การฉีดปุ๋ยทางใบที่มีส่วนผสมของซัลเฟอร์มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณซัลเฟอร์ในใบที่ 2 และ 3 ของข้าวบาร์เลย์บนดินที่สูงสะเมิงเท่านั้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 0.41 เป็น 0.46-0.47% (ตารางที่ 99 และ ตารางที่ 190) และในเมล็ดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.16-0.21% และ 0.14-0.22 % ในดินที่สูงสะเมิง และชุดดินพาน (ตารางที่ 238 และ ตารางที่ 272)

สำหรับปริมาณโซเดียม ที่พบในใบที่ 2 และ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 0.060-0.081% และ 0.017-0.030% ในดินที่สูงสะเมิงและชุดดินพาน เมื่อมีการฉีดพ่นด้วยส่วนผสมของ 0.25 % NaNO_3 แล้วยังไม่พบว่าปริมาณเพิ่มมากขึ้นจนผิดปกติแต่อย่างใด ปริมาณโซเดียมในเมล็ดข้าวบาร์เลย์บนดินที่สูงสะเมิงค่อนข้างไม่ตอบสนองต่อการฉีดพ่นโซเดียมในอัตราดังกล่าว แต่ในชุดดินพานเพิ่มจาก 0.010 % เป็น 0.021% (ตารางที่ 238 และ ตารางที่ 272)

4.6 แมงกานีส และ เหล็ก

การใส่โคโลไมท์โดยเฉพาะที่อัตรา 70 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณแมงกานีสในต้นข้าวบาร์เลย์ที่อายุ 30 วัน ใบที่ 2 และ 3 นับจากยอดระยะตั้งท้อง และใบธงของข้าวบาร์เลย์ 4 สายพันธุ์บนดินที่สูงสะเมิงลดลงจาก 105, 134 และ 132 ppm เป็น 81, 62 และ 52 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 55, ตารางที่ 58 และ ตารางที่ 61) สำหรับชุดดินพานปริมาณแมงกานีสดังกล่าวมีปริมาณลดลงจาก 113, 161 และ 153 ppm เป็น 100, 96 และ 77 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 146, ตารางที่ 149 และ ตารางที่ 152) ปริมาณการลดลงเป็นไปตามการศึกษาของ Black (1968) อย่างไรก็ตามแม้ว่าปริมาณแมงกานีสในเนื้อเยื่อต่าง ๆ จะลดลงค่อนข้างมาก แต่ปริมาณแมงกานีสในเมล็ดของข้าวบาร์เลย์ลดลงไม่มากนัก กล่าวคือ ลดลงจาก 35.5 และ 32.5 ppm บนดินที่สูงสะเมิง และชุดดินพาน เป็น 28.9 และ 26.0 ppm (ตารางที่ 221 และ ตารางที่ 255) สำหรับการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบด้วยส่วนผสมของ 0.50% KNO_3 และ 0.25% NaNO_3 ค่อนข้างมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณแมงกานีสในเนื้อเยื่อ ทั้ง ๆ ที่ในส่วนผสมของการฉีดพ่นไม่มีสารประกอบของแมงกานีสร่วมด้วย แต่ปริมาณการเพิ่มขึ้นไม่เกิน 5 % (ตารางที่ 59 ตารางที่ 150 และ ตารางที่ 153) แต่ไม่พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นในเมล็ด (ตารางที่ 222 และ ตารางที่ 256)

เช่นเดียวกับกรณีของแมงกานีส การใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ให้กับดินทั้ง 2 แห่ง แม้ว่าจะไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณเหล็กที่สกัดด้วย DTPA ก็ตาม แต่มีผลต่อการลดลงของปริมาณเหล็กในเนื้อเยื่อทุกประเภท และชัดเจนอย่างมากบนดินที่สูงสะสมยิ่ง ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณเหล็กในต้นข้าวบาร์เลย์ที่อายุ 30 วัน ลดลงจาก 182 ppm ในตำรับ control เป็น 150, 125 และ 127 ppm ในตำรับที่ใส่โดโลไมท์จำนวน 35, 70 และ 140 กก./ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 64 และ ตารางภาคผนวกที่ 36) ในขณะที่ชุดดินปาน แม้ว่าจะมีปริมาณลดลงแต่ก็ยังคงมีความเข้มข้นอยู่ระดับสูงจนอาจทำให้เกิดปัญหาความเป็นพิษได้ (วีระ, 2543) ลดลงจาก 331 ppm เป็น 302, 264, และ 252 ppm ตามลำดับ กรณีการฉีดพ่นด้วยองค์ประกอบของเหล็ก ทำให้ปริมาณเหล็กในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นทุกประเภท และมีความเข้มข้นสูงเฉลี่ยระหว่าง 351-367 ppm โดยเฉพาะในต้นข้าวบาร์เลย์ที่อายุ 30 วันบนชุดดินปาน (ตารางที่ 155) ขณะที่ข้าวบาร์เลย์ที่ปลูกบนพื้นที่สูงสะสม มีปริมาณเพิ่มขึ้นที่น้อยกว่ามากมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 163-193 ppm (ตารางที่ 64)

เป็นเรื่องที่น่าสนใจที่การสะสมของเหล็กในเมล็ดข้าวบาร์เลย์บนชุดดินปานไม่สูงไปกว่าที่พบบนดินที่สูงสะสมเฉลี่ย 68 ต่อ 50 ppm นอกจากนั้นยังพบการตอบสนองต่อการใส่โดโลไมท์ที่ทำให้ปริมาณการสะสมเหล็กในเมล็ดลดลง เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อประเภทอื่น ลดลงจาก 55 และ 73 ppm ในตำรับที่ไม่ใส่โดโลไมท์บนดินที่สูงสะสมและชุดดินปาน เหลือเพียง 47 และ 67 ppm เมื่อมีการใส่โดโลไมท์ 70 กก./ไร่ (ตารางที่ 223 และ ตารางที่ 257) การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบที่มีองค์ประกอบของเหล็กค่อนข้างไม่เพิ่มปริมาณของเหล็กมากนัก

4.7 สังกะสี และทองแดง

การใส่วัสดุปุ๋ยบนดินที่สูงสะสมยิ่ง ค่อนข้างจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสังกะสีที่สกัดด้วย DTPA แม้ว่าจะเป็นปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของธาตุดังกล่าวในชุดดินปาน อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ค่อนข้างมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสังกะสีในข้าวบาร์เลย์บนชุดดินปาน และสามารถตรวจได้ในต้นข้าวบาร์เลย์ที่อายุ 30 วัน และใบธง มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 41.3 และ 32.4 ppm เป็น 44.9 และ 35.5 ppm (ตารางที่ 164 และตารางที่ 170) เมื่อมีการเพิ่มเติมโดโลไมท์จำนวน 70 กก./ไร่ การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบที่มีองค์ประกอบของสังกะสีให้แก่ข้าวบาร์เลย์บนดินที่สูงสะสมยิ่งทำให้ปริมาณสังกะสีของเนื้อต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ได้แก่ ต้นข้าวบาร์เลย์ที่อายุ 30 วัน ใบที่ 2 และ 3 ระยะตั้งท้อง ใบธง และเมล็ด โดยเพิ่มจาก 42.9, 33.5, 37.2 และ 32.6 ppm เป็น 56.3-56.4, 38.9-39.5, 43.1 และ 35.6-35.7 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 73, ตารางที่ 76, ตารางที่ 79, และ ตารางที่ 227) บนดินปานเพิ่มจาก 44.9, 32.2, 35.5 และ 31.3 ppm เป็น 48.2-49.7, 32.3-33.7, 38.5-39.3 และ 33.7-33.8 ppm (ตารางที่ 164, ตารางที่ 167, ตารางที่ 170 และ ตารางที่ 261)

สำหรับทองแดง การใส่โคโคไมท์มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณทองแดงในเนื้อเยื่อต่าง ๆ น้อยมาก แต่การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบที่มีทองแดงเจือปนอยู่ทำให้การสะสมทองแดงเพิ่มขึ้นชัดเจนกว่า โดยเฉพาะในใบที่ 2 และ 3 นับจากยอดระยะตั้งท้องของข้าวบาร์เลย์ เพิ่มจากประมาณ 10 เป็น 10.8-11.6 ppm (ตารางที่ 85 และ ตารางที่ 176) ในขณะที่ไนเมล็ดเพิ่มขึ้นจาก 6.3 และ 9.8 ppm บนดินที่สูงสะสม และชุดดินปาน เป็น 7.0 และประมาณ 11.4 ppm (ตารางที่ 230 และ ตารางที่ 264)

4.8 โบรอน

การใส่ปุ๋ยโคโคไมท์ทำให้ความเป็นประโยชน์ของโบรอนดีขึ้น (Gupta, 1972b) โดยเฉพาะการใส่จำนวน 70 กก./ไร่ ปริมาณโบรอนในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ได้แก่ ต้นอายุ 30 วัน ใบที่ 2 และ 3 นับจากยอดระยะตั้งท้อง และใบรองเพิ่มขึ้นจาก 3.62, 4.44 และ 4.76 ppm เป็น 4.04, 4.71 และ 5.11 ppm บนดินที่สูงสะสม (ตารางที่ 91 ตารางที่ 94 และ ตารางที่ 97) ในขณะที่ชุดดินปานเพิ่มจาก 5.09, 4.96 และ 6.43 เป็น 5.34, 5.19 และ 6.69 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 182 ตารางที่ 185 และ ตารางที่ 188) สำหรับกรณีการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบที่มีสารประกอบของ 0.50% KNO_3 และ 0.25% $NaNO_3$ พร้อมด้วยจุลธาตุมีผลทำให้ปริมาณโบรอนในเนื้อเยื่อข้าวบาร์เลย์ดังที่กล่าวมาเพิ่มขึ้นจาก 5.32, 5.16 และ 6.47 ppm เป็น 6.45, 7.05 และ 9.43 ppm ตามลำดับ เกี่ยวกับปริมาณ โบรอนในเมล็ดมีการตอบสนองต่อการใส่โคโคไมท์และการฉีดพ่นด้วยกรรมวิธีดังกล่าวน้อยมากจนยากแก่การสังเกตเห็น การฉีดพ่นปุ๋ยทางใบทำให้ปริมาณโบรอนในเมล็ดข้าวบาร์เลย์บนดินที่สูงสะสม และชุดดินปานเพิ่มจาก 1.03 และ 1.19 ppm เป็น 1.11 และ 1.22 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 234 และ ตารางที่ 268) ข้อที่น่าสังเกตก็คือ ปริมาณโบรอนในเนื้อเยื่อข้าวบาร์เลย์ชนิดต่าง ๆ ยกเว้น เมล็ด ที่ปลูกบนดินที่สูงสะสม จะต่ำกว่าที่พบในชุดดินปาน แม้แต่ในตำรับที่ไม่มีการฉีดพ่นด้วยส่วนผสมของโบรอน ยกตัวอย่างเช่น ในสายพันธุ์ Morex มีปริมาณโบรอนในใบที่ 2 และ 3 และใบรองอยู่ระหว่าง 3.65-3.99 ppm (ตารางที่ 95 และ ตารางที่ 98) ในขณะที่บนชุดดินปานที่มีปริมาณโบรอนของดินที่สกัดด้วยน้ำร้อนต่ำกว่ามีค่าเฉลี่ย 0.08 ppm กลับทำให้ค่าวิเคราะห์ในเนื้อเยื่อทั้งสองมีค่าเฉลี่ย 4.29-4.34 ppm (ตารางที่ 186 และ ตารางที่ 189) เป็นการยากลำบากที่จะใช้ค่าวิเคราะห์จากตัวอย่างพืชในการกำหนดสถานภาพความเป็นประโยชน์ของธาตุโบรอน เนื่องจากค่อนข้างไม่แสดงความสัมพันธ์กับการขาดธาตุโบรอนของข้าวบาร์เลย์แต่อย่างใด และแม้ว่า Rerkasem *et. al* (1997) จะค้นพบว่า เกสรตัวผู้ สามารถใช้เป็นดัชนีในการกำหนดการขาดโบรอนในข้าวสาลีบางสายพันธุ์ได้ แต่ไม่ง่ายในทางปฏิบัติ นอกจากนั้นยังไม่ให้ผลทันทั่วที่ต่อความต้องการ การใช้เทคนิคสกัดตัวอย่างดินด้วยน้ำร้อนจะสามารถบอกกล่าวความเพียงพอของธาตุ B สำหรับข้าวบาร์เลย์ได้ดีกว่า และจากข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ข้าวบาร์เลย์ที่ปลูกอยู่บนดินที่สูงสะสมที่มีปริมาณ โบรอนที่สกัดได้ 0.15 ppm ยังคงตอบสนองต่อการฉีดพ่นด้วย

สารละลายโบรอนและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 20% ดังนั้นจึงเป็นการสมควรกำหนดปริมาณโบรอนในดินให้สูงขึ้นกว่าค่าที่กล่าวมาคือ 0.20 ppm ซึ่งเป็นปริมาณที่สอดคล้องกับปริมาณความต้องการของถึงถึงดังรายงานของ Bell *et. al* (1990)

ผลจากการศึกษาครั้งนี้ ทำให้สามารถกำหนดปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของธาตุอาหารต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต และผลผลิตที่มีคุณภาพของข้าวบาร์เลย์ โดยเฉพาะในกรณีของสายพันธุ์ Beka, Morex และ BRB 9 ยกเว้นพันธุ์ Caruso ซึ่งถือว่าเป็นสายพันธุ์ที่ต้องถูกคัดออกไปและไม่สมควรแนะนำให้ปลูกในประเทศไทย เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนอาจสูงถึง 18% เกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 12% ไปมากไม่มีผลตอบสนองต่อกรรมวิธีที่ใช้ทดสอบ ตลอดจนมีความอ่อนแอต่อสภาพพื้นที่ที่มีการถ่ายเทน้ำไม่ดีพอ และติดโรคได้ง่าย ดังนั้นเพื่อความสมบูรณ์ของการศึกษาในครั้งนี้ และเพื่อความจำเป็นประโยชน์ของการศึกษาในอนาคตต่อไป จึงเป็นการสมควรที่จัดทำตารางมาตรฐานความเหมาะสมของระดับธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ในเนื้อเยื่อข้าวบาร์เลย์ ดังปรากฏอยู่ในตารางที่ 273

ตารางที่ 273 ปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ Morex, Beka และ BRB 9

ธาตุ	ต้น ที่อายุ 30 วัน	ใบที่ 2 และ 3 ^{1/}		ใบธง	เมล็ด
		%			
N	2.9-3.6	3.5-4.3		3.5-4.5	<1.92
P	0.23-0.35	0.25-0.30		0.25-0.35	0.27-0.40
K	4.5-6.5	3.4-5.0		2.5-4.0	0.80-1.00
Ca	0.40-0.60	0.50-0.90		0.20-1.20	0.07-0.09
Mg	0.20-0.30	0.20-0.30		0.20-0.30	0.11-0.13
				ppm	
Mn	65-100	40-130		40-100	23-35
Fe	100-250	130-170		130-200	38-60
Zn	40-50	35-50		35-50	30-50
Cu	8-13	9-15		9-15	6-9
B	6-8	7-12		7-12	1.20-1.50

^{1/} ใบที่ 2 และ 3 นับจากยอดระยะข้าวบาร์เลย์ตั้งท้อง (Feeke stage 8-9)