

การประมวลผลวิเคราะห์ดินสำหรับพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด ของดินกรดกำมะถัน

เบญจพร ชำครานนท์ และอภิชาติ จงสกุล

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 12 กรมพัฒนาที่ดิน จังหวัดสงขลา

บทคัดย่อ

รวบรวมผลวิเคราะห์ดินจากโครงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินกรดกำมะถันซึ่งดำเนินการที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนราธิวาส เป็นข้อมูลผลวิเคราะห์ค่า pH โดยใช้อัตราส่วน ดินต่อน้ำ และดินต่อ 1N KCl เท่ากับ 1:1 จากแปลงตรวจสอบซึ่งปล่อยไว้ในสภาพธรรมชาติ ของดินชั้นบนความลึก 0-15 และดินชั้นล่างความลึก 105-120 เซนติเมตร ซึ่งเก็บข้อมูลทุกเดือนตั้งแต่มกราคม 2531-ธันวาคม 2539 มาประมวลผลโดยใช้วิธีการทางสถิติการวิเคราะห์อนุกรมเวลาเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินสำหรับใช้พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น และเพื่อหารูปแบบในการใช้เทคนิคทางสถิติมาประมวลผลข้อมูลผลวิเคราะห์ดิน จากการศึกษาพบว่าดินที่ทำการศึกษาเป็นชุดดินมูโนะ มีความเป็นกรด 3.2-4.4 เป็นกรดจัดมาก และได้นำผลวิเคราะห์ค่า pH มาจัดข้อมูลในรูปอนุกรมเวลา 4 ชุดแต่ละชุดมีขนาด 108 ค่า ค่า pH (1:1 ดินต่อน้ำ) ของดินชั้นบน มีค่าระหว่าง 2.34-4.05 เฉลี่ย 3.42 ค่า pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) มีค่าระหว่าง 2.25-3.75 เฉลี่ย 3.22 ค่า pH (1:1 ดินต่อน้ำ) ของดินชั้นล่าง มีค่าระหว่าง 2.85-4.25 เฉลี่ย 3.60 และค่า pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl) มีค่าระหว่าง 2.65-3.95 เฉลี่ย 3.39 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนโดยมีแนวโน้มลดลง การวิเคราะห์อนุกรมเวลาใช้วิธีแยกส่วนประกอบมีรูปแบบเป็นแบบคูณ วิเคราะห์แนวโน้มได้สมการแนวโน้ม มีค่าอัตราลดลงเท่ากับ 0.004, 0.004, 0.002 และ 0.001 ตามลำดับ ใช้วิธี Centered 12 month moving average วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยฤดูกาล พบว่าดัชนีฤดูกาลมีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างเดือนตุลาคม-เมษายน แล้วลดลง มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง $\pm 10\%$ ทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง วิเคราะห์ค่าดัชนีวัฏจักรโดยวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย ใช้ค่า 3 ค่า แล้วทดสอบวัฏจักรโดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติ ได้ค่าสูงที่ r10-r14, r10-r15, r10-r15 และ r10-r14 โดยมีช่วงวัฏจักรเท่ากับ 42 เดือน และ 36 เดือน ในดินชั้นบนและชั้นล่าง ตามลำดับ สร้างสมการพยากรณ์ได้เป็น

$$Y_t = (3.65 - 0.004t) \times S_t \times C_t \text{ สำหรับ pH (1:1 ดินต่อน้ำ) ของดินชั้นบน}$$

$$Y_t = (3.45 - 0.004t) \times S_t \times C_t \text{ สำหรับ pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) ของดินชั้นบน}$$

$$Y_t = (3.70 - 0.002t) \times S_t \times C_t \text{ สำหรับ pH (1:1 ดินต่อน้ำ) ของดินชั้นล่าง}$$

$$Y_t = (3.46 - 0.001t) \times S_t \times C_t \text{ สำหรับ pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) ของดินชั้นล่าง}$$

การพยากรณ์ พบว่า อิทธิพลของฤดูกาลมีผลต่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนโดยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในดินชั้นบน และค่อนข้างคงที่ในดินชั้นล่าง และวิเคราะห์ความถูกต้องของการพยากรณ์โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าพยากรณ์กับค่าจริง พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง โดยค่า r เท่ากับ 0.9178, 0.9021, 0.9067 และ 0.9012 ตามลำดับ รูปแบบของการพยากรณ์ควรเป็นเชิงปริมาณ ข้อมูลควรมีขนาดตั้งแต่ 2 ปี ขึ้นไป ตัวแปรไม่ควรมีมาก หรือจัดกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ด้วยกัน ใช้วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบแยกส่วนประกอบ แล้วสร้างสมการพยากรณ์ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด หากยังไม่มีแผนในการใช้ประโยชน์ที่ดินควรปล่อยไว้ในสภาพธรรมชาติจะดีกว่าการปรับปรุงแล้วไม่ใช้ประโยชน์ การประมวลผลข้อมูลผลวิเคราะห์ดินควรจัดหาโปรแกรมสถิติที่ทันสมัยจะช่วยลดขั้นตอนการ

วิเคราะห์ให้ง่ายขึ้น และควรมีการเก็บค่าวิเคราะห์จริงมาเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ เพื่อใช้ปรับปรุงสมการพยากรณ์ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ผลวิเคราะห์ดิน ดินกรดกำมะถัน ชุดดินมูโนะ

หลักการและเหตุผล

พื้นที่ลุ่มต่ำในจังหวัดนราธิวาสส่วนใหญ่จะเป็นบริเวณพื้นที่ที่มีปัญหาด้านทรัพยากรดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาดินเปรี้ยวจัดที่ไม่สามารถปลูกพืชเศรษฐกิจได้ หรือปลูกได้ก็จะให้ผลผลิตต่ำมากจนไม่คุ้มกับการลงทุน ดังนั้นพื้นที่เหล่านี้จึงถูกทิ้งรกร้างว่างเปล่าไม่มีการใช้ประโยชน์ ซึ่งจะพบเห็นได้ทั่วไป โครงการศึกษาวิจัยเพื่อแก้ไขดินมีปัญหาเหล่านี้จึงเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก เพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงดินให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเกษตร ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีโครงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินกรดกำมะถัน โดยเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองซึ่งมีการเร่งดินให้เกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจน เพื่อให้ดินเปรี้ยวจัดรุนแรงจนถึงจุดที่พืชเศรษฐกิจไม่สามารถปลูกได้ในดินนั้น ทั้งนี้ทำการทดสอบโดยการปลูกพืช และในขณะเดียวกันก็เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดิน เมื่อเร่งจนดินเกิดเป็นกรดจัดรุนแรงแล้วจึงดำเนินการศึกษาวิธีการปรับปรุงดินนั้น ในการศึกษานี้ได้แบ่งแปลง ๆ หนึ่งไว้เพื่อใช้เป็นแปลงตรวจสอบ โดยปล่อยไว้ตามสภาพธรรมชาติ แต่มีการเก็บตัวอย่างดินมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติดินด้วยเช่นกัน ซึ่งตัวเลขผลวิเคราะห์ของแปลงตรวจสอบนี้ ฝ่ายวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 12 ได้เก็บรวบรวมไว้โดยตลอดเป็นข้อมูลต่อเนื่องกันนานกว่า 9 ปี และมีการนำข้อมูลนี้มาประมวลผลในทางสถิติบ้างแต่ยังไม่ได้ทำการละเอียดนัก เพื่อให้มีการใช้ข้อมูลผลวิเคราะห์ดินซึ่งมีการดำเนินการวิเคราะห์มาอย่างต่อเนื่องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่ากับการลงทุนลงแรงทำการศึกษามาอย่างยาวนานและเกิดประโยชน์ทางวิชาการในด้านการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินกรดกำมะถันสำหรับใช้ในการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดต่อไป จึงควรนำวิธีการทางสถิติที่เหมาะสมมาใช้ประมวลผลข้อมูลผลวิเคราะห์ดินดังกล่าว เพื่อศึกษารูปแบบของการเปลี่ยนแปลงและสร้างสมการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ นอกจากนั้นแล้วยังจะเป็นแนวทางในการประยุกต์วิธีการทางสถิติสำหรับประมวลผลข้อมูลผลวิเคราะห์ดินที่มีการศึกษาต่อเนื่องเป็นเวลานานต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

1.1 การเก็บตัวอย่างดิน ประกอบด้วย

- 1) แปลงทดลองในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด ชุดดินมูโนะ ขนาดเนื้อที่ 1 ไร่
- 2) อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ สว่านเจาะดิน ถังเก็บตัวอย่าง และป้ายบอกชื่อ

1.2 การวิเคราะห์ดิน ทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี ดังนี้

- 1) pH meter
- 2) บีกเกอร์ขนาด 50 มล. และแท่งแก้วสำหรับคนสารละลายดิน
- 3) สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1 นอร์มอล และน้ำกลั่น

1.3 การประมวลผลและพยากรณ์ ใช้อุปกรณ์ดังนี้

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์

2) โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Microstat และ Statpak โปรแกรมสำเร็จรูปด้าน Spread sheet ใช้ Microsoft Excel และ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านกราฟฟิก ใช้ Harvard Graphics

2. วิธีการ

2.1 เก็บตัวอย่างดินจากแปลงศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินกรดกำมะถัน ในแปลงตรวจสอบซึ่งถูกปล่อยไว้ตามธรรมชาติ เป็นชุดดินมูโนะ (Munoh Series) ภายในแปลงทดลองศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิภพทอ อ้นเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยเก็บที่ 2 ระดับความลึก คือดินชั้นบนที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร และดินชั้นล่างที่ความลึก 105-120 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับความลึกตามการแบ่งชั้นหน้าตัดดินเลือกเป็น 2 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ย ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินทุกเดือน ๆ ละ 1 ครั้ง การเก็บจะใช้สว่านเจาะดิน (Auger) หมุนเจาะลงไปดินจนถึงระดับที่ต้องการ แล้วจึงเก็บตัวอย่างดินนั้นมาประมาณ 500 กรัม ใส่ถุงพลาสติกแล้วไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

2.2 นำตัวอย่างดินที่เก็บจากสนามเข้าตู้แช่แข็ง (Freezer) ทันที เพื่อให้ตัวอย่างดินที่มีความชื้นนั้นแห้งตัว ทั้งนี้เพื่อหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน อันเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดดินเปรี้ยวจัดเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี แช่แข็งทิ้งไว้อย่างน้อย 16 ชั่วโมง จากนั้นนำดินตัวอย่างนั้นมาทำให้แห้งด้วยเครื่องอบดินชนิด Freezed Drier ซึ่งจะทำให้ดินแห้งโดยน้ำที่อยู่ในดินจะเปลี่ยนสภาพจากน้ำแข็งไปเป็นไอทันที โดยไม่ผ่านสถานะที่เป็นของเหลว อันเป็นการป้องกันดินไม่ให้เกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนหรือเกิดน้อยที่สุด วิธีการนี้จะทำให้ดินมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับดินในสภาพธรรมชาติ และเป็นวิธีการที่จำเป็นสำหรับการศึกษาคูณสมบัติของดินเปรี้ยวจัด เมื่อตัวอย่างดินแห้งดีแล้ว จึงนำตัวอย่างดินที่ได้ไปบดละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำตัวอย่างดินที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติที่ต้องการต่อไป

2.3 นำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (Soil pH) โดยใช้เครื่อง pH meter โดยแยกทำเป็น 2 วิธี คือ

- วิธีที่หนึ่ง ละลายดินในน้ำ โดยใช้อัตราส่วน ดินต่อน้ำเท่ากัน คือ 1:1 โดยน้ำหนักแล้วคนให้เข้ากัน ปล่อยให้ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้ววัดค่าด้วยเครื่อง pH meter (Soil Conservation Service, USDA, 1972)

- วิธีที่สองทำเช่นเดียวกับวิธีที่หนึ่งโดยเปลี่ยนเป็นสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล (1N KCl) ใช้อัตราส่วน 1:1 เช่นเดียวกัน

2.4 รวบรวมผลวิเคราะห์ดินทั้งหมด ตั้งแต่เดือนมกราคม 2531-ธันวาคม 2539 โดยให้ข้อมูลเดือนมกราคม 2531 เป็นครั้งที่ 1 รวมทั้งหมดจะได้ข้อมูล 108 ครั้ง เฉลี่ยค่าวิเคราะห์ดิน 2 จุด เป็น 1 ค่า ได้ค่าตัวแปร 4 ชุด คือ

- pH (ดินต่อน้ำ = 1:1) ของดินชั้นบน
- pH (ดินต่อ 1N KCl = 1:1) ของดินชั้นบน
- pH (ดินต่อน้ำ = 1:1) ของดินชั้นล่าง
- pH (ดินต่อ 1N KCl = 1:1) ของดินชั้นล่าง

เก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Spread Sheet : Microsoft Excel

2.5 วิเคราะห์ข้อมูลผลวิเคราะห์ดินโดยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ซึ่งเป็นภาววิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอนุกรมเวลา โดยเลือกวิธีการวิเคราะห์แบบวิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) เพื่อแยกค่าออกเป็นค่าแนวโน้ม (Trend : Tt) ค่าอิทธิพลของฤดูกาล (Seasonal effect : St) ค่าวัฏจักร (Cyclical factor : Ct) และวัดค่าเหตุการณ์ที่ผิดปกติ (Irregular factor : It) โดยใช้โปรแกรมสถิติ Statpak และ Microstat

2.6 รวมค่าวัดส่วนประกอบของอนุกรมที่ได้สร้างสมการพยากรณ์เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงของดินกรดกัมมะถัน แล้วทดสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ โดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าจริงกับค่าพยากรณ์

2.7 สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรมกราฟิก : Harvard Graphics

2.8 วิเคราะห์ผลการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินเปรี้ยวจัด

2.9 จัดทำรายงานผลการศึกษา

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. คุณสมบัติของดินเปรี้ยวจัดชุดมโนะ

1.1 ลักษณะทางกายภาพ

จากรายงานการศึกษาลักษณะของดินในสนามโดยพิสุทธ์และคณะ (2533) พบว่า ชั้นดินบนจะมีความหนาประมาณ 17 เซนติเมตร ซึ่งนับว่าหนากว่าดินบนที่ดอนโดยทั่วไป สีของดินบนจะค่อนข้างดำและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง มีความร่วนซุยดีพอสมควร เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง (silty loam)

ดินชั้นล่างตอนบนจะมีสีเทาปนน้ำตาล และมีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองปะปนตามรูกาพิซ พบสีเหลืองฟางข้าวของสารประกอบจาโรไซต์ตามรอยแตกของดิน ดินมีโครงสร้างไม่ค่อยดี หรือค่อนข้างแน่นทึบ ตรวจพบซากพืชที่กลิ้งเน่าเปื่อยผุพังละลายตัวปะปนอยู่บ้าง ดินชั้นนี้จะอยู่ในระดับความลึกประมาณ 17 ถึง 68 เซนติเมตร และชั้นดินล่างตอนกลางพบในระดับความลึกไม่เกิน 94 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) ดินเป็นสีน้ำตาล ช่วงนี้จะมีจุดประสีเทาปนน้ำตาลเงินปะปนบ้างเล็กน้อย และมีสีเหลืองฟางข้าวของสารประกอบจาโรไซต์ตามรูกาพิซ ดินมีโครงสร้างไม่ค่อยดีเช่นเดียวกับดินล่างตอนบน สำหรับดินล่างชั้นถัดลงไป จะเป็นช่วงต่อระหว่างดินชั้นล่างตอนกลางกับดินเลนสีเทาปนน้ำตาลเงิน อยู่ในระดับความลึกไม่เกิน 120 เซนติเมตร ชั้นนี้จะมีสีเทาปนน้ำตาลปะปนกับสีเทาปนน้ำตาลเงิน พบจุดประสีเหลืองฟางข้าวของสารประกอบจาโรไซต์ (jarosite : $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) เกิดขึ้นเป็นแห่งยาวๆ ตามรูกาพิซเก่าซึ่งเกิดจากการที่ไฟไรท์ (FeS_2) ในดินถูกเติมออกซิเจน (oxidized) ดินชั้นนี้มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) เป็นดินที่ไม่มีโครงสร้าง ค่อนข้างเป็นเลนและอาจพบซากเศษพืชปะปนอยู่บ้าง

ชั้นดินล่างสุดมีสีเทาปนน้ำตาลเงิน มีลักษณะเป็นดินเลนซึ่งแสดงว่ามีน้ำแช่ขังอยู่ตลอดเวลา พบเศษซากพืชปะปนอยู่บ้าง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) ชั้นดินนี้เมื่อขุดขึ้นมาตากแห้งจะแข็งตัวขึ้นและพบจุดประสีเหลืองฟางข้าว ซึ่งเป็นสารประกอบจาโรไซต์

1.2 ลักษณะทางเคมี

จากผลวิเคราะห์ทางเคมีในตารางที่ 1 พบว่า ดินมีค่า pH ระหว่าง 3.2-4.4 เมื่อวัดโดยใช้น้ำอัตราส่วน 1:1 ซึ่งมีความเป็นกรดจัดมาก (extremely acid) (FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) และมีความเป็นกรดจัดมากขึ้นตามความลึกถึงดินชั้นล่างซึ่งเป็นช่วงต่อระหว่างชั้นดินล่างกับชั้นดินเลน อาจเป็นเพราะสารประกอบไฟไรท์ในชั้นดินนั้นถูกเติมออกซิเจนทำให้เกิดกรดกัมมะถัน สำหรับดินชั้นล่างที่เป็นดินเลนจะมีค่า pH ขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากเป็นชั้นที่มีน้ำแช่ขังอยู่ตลอดเวลา ส่วนค่า pH ดินที่วัดโดยวิธีใช้สารละลาย 1 N KCl ในอัตราส่วน 1:1 มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามชั้นดินคล้ายคลึงกับวิธีแรก แต่มีค่าต่ำกว่าคืออยู่ในช่วงระหว่าง 2.9-4.2 แสดงให้เห็นว่าดินมีกรดแฝงที่พร้อมจะปลดปล่อยออกมาตลอดเวลา

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.41-4.4 mS/cm ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามความลึกของชั้นดิน โดยเฉพาะในชั้นดินเลนซึ่งได้รับอิทธิพลจากตะกอนน้ำทะเลที่เค็มท่วมขังมาก่อน มีค่าการนำไฟฟ้าสูงถึง 4.4 mS/cm

ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูงมาก (FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) มีค่าระหว่าง 2.7-17.3 เปอร์เซ็นต์ (%OCX1.724=%OM) โดยเฉพาะในชั้นดินบนซึ่งมีการสะสมของเศษซากพืชที่สลายตัวแล้ว สำหรับในชั้นดินเลนมีการทับถมของตะกอนพบเศษซากพืชและรากพืชที่เน่าเปื่อยผุพังจึงพบอินทรีย์วัตถุในปริมาณมาก และดินมีค่าไนโตรเจนรวมน้อยมากเมื่อเทียบอัตราส่วนกับปริมาณการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ อยู่ในระดับสูงมากในดินชั้นบน (FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) มีค่าลดลงในชั้นดินล่างตอนบนและตอนกลางโดยอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูงในชั้นดินเลน สังเกตได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีลักษณะคล้ายคลึงกับการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์วัตถุ เนื่องจากฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอินทรีย์ฟอสเฟต

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ จะเห็นว่าตลอดหน้าตัดดิน ตั้งแต่ชั้นดินบนจนถึงชั้นดินล่างก่อนถึงชั้นดินเลนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ (37-65 ppm) (FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) ในชั้นดินเลนพบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในระดับสูง เนื่องจากมีปริมาณของดินเหนียวซึ่งสามารถดูดซับประจุบวกได้ในปริมาณสูง

ปริมาณต่างรวมที่สกัดได้ ประกอบด้วยแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียมและโซเดียม มีปริมาณน้อยมากตลอดชั้นหน้าตัดดิน ปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียมมีค่าลดลงตามความลึกของชั้นดิน ในชั้นดินเลนพบปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงกว่าชั้นอื่น ๆ ในขณะที่โพแทสเซียมมีปริมาณต่ำตลอดหน้าดิน ส่วนโซเดียมที่ชั้นดินเลนจะมีค่าสูงกว่าชั้นอื่น ๆ พบปริมาณธาตุที่เป็นต่างสูงในชั้นดินเลน เนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำทะเลที่เคยท่วมขังมาก่อน

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินทุกชั้นมีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูงคือ มีค่าระหว่าง 9-24 me/100 g soil ชั้นดินบนจะมีค่าค่อนข้างสูง และลดลงในชั้นดินล่างตอนบน สำหรับชั้นดินล่างถัดลงมาซึ่งเป็นดินล่างตอนกลาง ชั้นที่ต่อกับชั้นดินเลน และในชั้นดินเลน มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและปริมาณของแร่ดินเหนียวในดิน การที่ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่าสูง จะมีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำให้ธาตุมีต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในรูปประจุบวกอยู่ในปริมาณที่สูงแต่ดินมีปัญหาเรื่องความเป็นกรดจัด ทำให้ธาตุอาหารเหล่านั้นไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ขณะเดียวกันธาตุประจุบวกบางตัวอาจจะละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืชได้ ธาตุประจุบวกบางตัวอาจจะละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืชได้

เปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง การวิเคราะห์ได้มาจากการคำนวณโดยนำปริมาณต่างรวมที่สกัดได้หารด้วยค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(โดยวิธีแอมโมเนียมอะซิเตด) คุณด้วยร้อยละ พบว่าตลอดทั้งหน้าตัดดิน ค่าที่ได้อยู่ในระดับต่ำถึงสูง โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน การที่ดินล่างมีค่าความอิ่มตัวของประจุบวกที่เป็นต่างสูงกว่าดินบนก็เนื่องมาจากในดินล่างซึ่งเป็นชั้นดินเลนมีปริมาณของดินเหนียวสูงกว่าดินบน

ปริมาณกรดที่สกัดได้ (exchange acidity) มีค่าเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกของชั้นดินดังนี้ คือในดินชั้นบน ความเป็นกรดที่สกัดได้มีค่าสูงสุด และค่าลดลงในดินชั้นล่างตอนบนและตอนกลาง ส่วนดินชั้นล่างที่เป็นช่วงต่อกับชั้นดินเลนและชั้นดินเลนมีค่าความเป็นกรดสูง ค่าความเป็นกรดที่สกัดได้ในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ เนื่องจากการแตกตัวของไฮโดรเจนไอออนจากอินทรีย์วัตถุ จึงพบว่าในดินบนซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง จะมีค่าความเป็นกรดที่สกัดได้สูงด้วย และในดินล่าง ชั้นไฟรท์ที่ถูกเติมออกซิเจนก็อาจเป็นสาเหตุทำให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น

ปริมาณของไพไรต์ (pyrite) ในดินจากตารางผลวิเคราะห์ดิน พบว่าดินช่วงตอนบนหรือชั้นดินในระดับตื้นกว่า 70 เซนติเมตร มีไพไรต์อยู่น้อยมาก (0.2%) ส่วนดินในระดับลึกลงไปโดยเฉพาะต่อระหว่างดินชั้น B กับดินชั้น C ที่เป็นเลน หรือชั้นที่เป็นเลนทั้งหมด มีปริมาณไพไรต์สูงมาก ค่าที่วัดได้จะอยู่ระหว่าง 1-6% ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณสูงมาก ที่จะทำให้ความเป็นกรดในดินเปลี่ยนแปลงจนสังเกตความแตกต่างได้หากไพไรต์ถูกออกซิไดซ์ หรือดินถูกทำให้แห้ง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของดินเปรี้ยวจัดชุดดินมูโนะ

Depth (cm)	Horizon	pH		EC (1:5) mS/cm	C %	N %	P ppm	K ppm	FeS ₂ %	Exchange capacity&cation (me/100 g soil)						BS %
		1:1H ₂ O	1:1KCl							Ca	Mg	K	Na	EA(KCl)	CEC	
0-17	A1	4.35	4.20	0.41	10.04	0.63	52.0	59.0	0.21	1.50	1.60	0.10	0.60	43.7	24.1	16
17-44	B1g	4.05	3.65	0.39	1.56	0.06	8.3	37.0	0.01	1.00	1.20	0.10	0.30	11.8	9.3	28
44-68	B21g	3.80	3.35	0.66	1.71	0.06	8.4	62.0	0.04	1.20	1.40	0.10	0.30	13.7	10.7	18
68-94	B22g	3.35	2.90	1.53	3.91	0.11	12.0	65.0	1.34	1.20	2.00	0.20	0.50	25.0	17.8	22
94-120	II BCg	3.15	3.05	4.39	7.78	0.15	22.3	46.0	4.78	2.90	4.70	0.07	0.60	33.6	18.2	46
120-150	II Cg	3.40	3.30	4.28	8.10	0.14	28.2	100.0	5.81	4.90	9.20	1.20	1.20	28.9	17.0	87

2. ผลวิเคราะห์ดิน

จากการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาวิเคราะห์จากแปลงตรวจสอบในโครงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินกรดกำมะถัน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2531 ถึงเดือนธันวาคม 2539 รวมทั้งสิ้น 108 ครั้ง โดยเก็บดินที่ 2 ระดับความลึก คือ ดินชั้นบน (0-15 เซนติเมตร) และดินชั้นล่าง (105-120 เซนติเมตร) เก็บ 2 จุด แล้วนำมาหาเป็นตัวแทนของทั้งแปลง โดยวิเคราะห์ pH (1:1 ดินต่อน้ำ) และ pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl) ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2 นำผลการวิเคราะห์มาเขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า pH เมื่อเวลาเปลี่ยนไป ซึ่งผลการวิเคราะห์พบการเปลี่ยนแปลงค่า pH ดังนี้

2.1 ดินชั้นบน ค่า pH ของดินชั้นบนซึ่งใช้น้ำเป็นตัวละลาย จะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ในช่วง pH 2.34 ถึง 4.05 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.42 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.34 การเปลี่ยนแปลงนี้อยู่ในช่วงแคบ ๆ จากการสังเกตพบว่า ค่า pH มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและเป็นไปอย่างช้า ๆ รูปแบบการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน ในบางช่วงมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงแตกต่างกันมาก แต่ในบางช่วงกลับเป็นไปอย่างช้า ๆ ส่วนค่า pH ที่วัดได้โดยใช้ 1N KCl เป็นตัวละลาย จะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง pH 2.25 ถึง 3.75 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.22 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.31 มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเช่นเดียวกันกับค่า pH ที่วัดโดยใช้น้ำเป็นตัวละลาย รูปแบบการเปลี่ยนแปลงก็มีลักษณะคล้าย ๆ กัน และไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนเช่นกัน (ดูรูปที่ 1)

2.2 ดินชั้นล่าง ค่า pH ซึ่งวัดโดยใช้น้ำเป็นตัวละลายในดินชั้นล่าง เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.85 ถึง 4.25 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.32 ในช่วงแรกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบ ๆ และเปลี่ยนแปลงขึ้นลงแตกต่างกันมากในบางช่วงต่อมา จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่า pH มีแนวโน้มลดลงน้อยมาก โดยที่รูปแบบการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน และในทำนองเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ที่วัดโดยใช้ 1 N KCl เป็นตัวทำละลายพบว่า มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน และรูปแบบการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันกับการวัดโดยใช้น้ำเป็นตัวละลาย โดยมีค่า pH เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.65-3.95 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.39 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.30

ตารางที่ 2 แสดงค่าความเป็นกรดของดินชั้นบนและดินชั้นล่างที่วัดโดยวิธีใช้น้ำ และ 1N KCL เป็นตัวทำละลาย ที่ทำการศึกษาปี พ.ศ.2531

ปี	เดือนที่	ดินชั้นบน (5-20 ซม.)						ดินชั้นล่าง (105-120 ซม.)					
		pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)			pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)		
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย
2531	1	3.34	3.50	3.42	3.25	3.09	3.17	3.85	4.17	4.01	3.50	3.56	3.53
	2	3.88	3.78	3.83	3.36	3.28	3.32	3.98	3.72	3.85	3.65	3.29	3.47
	3	3.58	3.40	3.49	3.48	3.10	3.29	3.58	3.62	3.60	3.45	3.15	3.30
	4	3.55	3.15	3.35	3.33	2.73	3.03	3.60	3.50	3.55	3.25	3.27	3.26
	5	3.45	3.05	3.25	3.20	2.80	3.00	3.50	3.00	3.25	2.95	3.07	3.01
	6	3.68	3.22	3.45	3.50	2.92	3.21	3.75	2.87	3.31	3.40	2.80	3.10
	7	3.35	3.15	3.25	3.20	3.00	3.10	3.40	3.20	3.30	3.20	2.70	2.95
	8	3.82	3.28	3.55	3.58	2.92	3.25	3.82	3.48	3.65	3.20	2.82	3.01
	9	4.00	3.30	3.65	3.66	3.24	3.45	3.90	3.80	3.85	3.50	3.62	3.56
	10	3.40	3.76	3.58	3.36	3.40	3.38	3.70	3.68	3.69	3.40	3.58	3.49
	11	3.86	3.70	3.78	3.76	3.34	3.55	4.00	4.16	4.08	3.83	3.57	3.70
	12	3.99	3.75	3.87	3.81	3.47	3.64	4.20	4.14	4.17	4.00	3.70	3.85

ตารางที่ 3 แสดงค่าความเป็นกรดของดินชั้นบนและดินชั้นล่างที่วัดโดยวิธีใช้น้ำ และ 1N KCL เป็นตัวทำละลาย ที่ทำการศึกษาปี พ.ศ.2532

ปี	เดือนที่	ดินชั้นบน (5-20 ซม.)						ดินชั้นล่าง (105-120 ซม.)					
		pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)			pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)		
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย
2532	1	3.90	4.00	3.95	3.75	3.75	3.75	4.00	4.46	4.23	3.90	3.70	3.80
	2	3.85	3.75	3.80	3.70	3.60	3.65	3.90	4.12	4.01	3.65	3.85	3.75
	3	3.60	3.70	3.65	3.50	3.60	3.55	3.95	3.85	3.90	3.80	3.70	3.75
	4	3.74	3.86	3.80	3.65	3.59	3.62	3.80	3.90	3.85	3.70	3.40	3.55
	5	3.50	3.50	3.50	3.36	3.34	3.35	3.60	3.30	3.45	3.40	3.20	3.30
	6	3.70	3.50	3.60	3.55	3.35	3.45	3.80	3.00	3.40	3.60	3.10	3.35
	7	3.65	3.15	3.40	3.40	3.10	3.25	3.85	3.25	3.55	3.75	3.15	3.45
	8	4.00	3.50	3.75	3.95	3.33	3.64	4.10	3.30	3.70	3.60	3.60	3.60
	9	3.90	3.70	3.80	3.50	3.56	3.53	3.89	3.81	3.85	3.75	3.65	3.70
	10	3.90	3.76	3.83	3.75	3.61	3.68	3.90	4.00	3.95	3.67	4.03	3.85
	11	3.95	3.93	3.94	3.85	3.43	3.64	4.00	3.78	3.89	3.80	3.50	3.65
	12	4.00	3.86	3.93	3.65	3.55	3.60	4.10	4.20	4.15	3.90	3.68	3.79

ตารางที่ 4 แสดงค่าความเป็นกรดของดินชั้นบนและดินชั้นล่างที่วัดโดยวิธีใช้น้ำ และ 1N KCL เป็นตัวทำละลาย ที่ทำการศึกษานี้ ปี พ.ศ.2533

ปี	เดือนที่	ดินชั้นบน (5-20 ซม.)						ดินชั้นล่าง (105-120 ซม.)					
		pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)			pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)		
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย
2533	1	4.00	4.10	4.05	3.70	3.80	3.75	4.10	3.86	3.98	3.60	3.60	3.60
	2	3.90	3.70	3.80	3.60	3.70	3.65	4.00	3.70	3.85	3.70	3.10	3.40
	3	3.80	3.70	3.75	3.60	3.32	3.46	3.90	3.74	3.82	3.60	3.76	3.68
	4	3.80	3.50	3.65	3.55	3.01	3.28	3.95	3.45	3.70	3.60	3.70	3.65
	5	3.50	3.30	3.40	3.35	3.15	3.25	3.80	3.50	3.65	3.45	3.55	3.50
	6	3.55	3.15	3.35	3.20	3.00	3.10	3.70	3.40	3.55	3.40	3.36	3.38
	7	3.25	3.35	3.30	3.10	3.10	3.10	3.75	3.41	3.58	3.65	3.31	3.48
	8	3.65	3.25	3.45	3.50	2.98	3.24	3.80	3.20	3.50	3.45	3.41	3.43
	9	3.45	3.81	3.63	3.30	3.60	3.45	3.85	3.55	3.70	3.60	3.46	3.53
	10	3.66	3.28	3.47	3.51	3.15	3.33	3.74	3.38	3.56	3.54	3.28	3.41
	11	3.98	3.08	3.53	3.80	3.10	3.45	4.00	3.56	3.78	3.35	4.01	3.68
	12	3.35	3.85	3.60	3.20	3.80	3.50	3.65	4.25	3.95	3.40	4.30	3.85

ตารางที่ 5 แสดงค่าความเป็นกรดของดินชั้นบนและดินชั้นล่างที่วัดโดยวิธีใช้น้ำ และ 1N KCL เป็นตัวทำละลาย ที่ทำการศึกษานี้ ปี พ.ศ.2534

ปี	เดือนที่	ดินชั้นบน (5-20 ซม.)						ดินชั้นล่าง (105-120 ซม.)					
		pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)			pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)		
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย
2534	1	3.50	3.80	3.65	3.40	3.76	3.58	3.65	4.05	3.85	3.40	4.00	3.70
	2	3.80	3.70	3.75	3.70	3.50	3.60	3.98	3.42	3.70	3.80	3.40	3.60
	3	3.75	3.15	3.45	3.68	3.12	3.40	3.85	3.15	3.50	3.80	3.08	3.44
	4	3.74	3.36	3.55	3.64	3.06	3.35	3.87	3.61	3.74	3.72	3.28	3.50
	5	3.20	3.70	3.45	3.10	3.70	3.40	3.30	3.00	3.15	3.20	2.60	2.90
	6	3.20	3.38	3.29	3.14	3.26	3.20	3.40	2.80	3.10	3.10	2.66	2.88
	7	3.41	2.59	3.00	3.30	2.48	2.89	3.36	2.54	2.95	3.10	2.40	2.75
	8	3.26	2.54	2.90	3.14	2.36	2.75	3.37	2.97	3.17	3.25	2.77	3.01
	9	3.20	3.40	3.30	3.10	3.30	3.20	3.40	3.40	3.40	3.10	3.40	3.25
	10	3.40	3.30	3.35	3.20	3.20	3.20	3.50	3.10	3.30	2.10	4.10	3.10
	11	3.40	3.50	3.45	3.30	3.40	3.35	3.45	3.75	3.60	2.40	4.50	3.45
	12	3.40	3.50	3.45	3.20	3.20	3.20	3.75	4.15	3.95	2.70	4.80	3.75

ตารางที่ 6 แสดงค่าความเป็นกรดของดินชั้นบนและดินชั้นล่างที่วัดโดยวิธีใช้น้ำ และ 1N KCL เป็นตัวทำละลาย ที่ทำการศึกษาปี พ.ศ.2535

ปี	เดือนที่	ดินชั้นบน (5-20 ซม.)						ดินชั้นล่าง (105-120 ซม.)					
		pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)			pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)		
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย
2535	1	3.30	3.50	3.40	3.20	3.10	3.15	3.50	4.20	3.85	3.42	3.98	3.70
	2	3.50	3.50	3.50	3.40	3.20	3.30	3.60	3.10	3.35	3.55	2.95	3.25
	3	3.50	3.50	3.50	3.30	3.30	3.30	3.80	3.60	3.70	3.65	3.55	3.60
	4	3.30	3.50	3.40	3.20	3.20	3.20	3.40	3.50	3.45	3.30	3.30	3.30
	5	3.25	3.45	3.35	3.10	3.30	3.20	3.40	3.40	3.40	3.30	3.30	3.30
	6	3.40	3.60	3.50	3.10	3.50	3.30	3.56	3.44	3.50	3.46	3.24	3.35
	7	2.85	3.45	3.15	2.45	3.21	2.83	3.00	3.52	3.26	2.90	3.42	3.16
	8	3.40	3.30	3.35	3.20	3.20	3.20	3.65	3.15	3.40	3.50	2.98	3.24
	9	3.70	3.64	3.67	3.50	3.30	3.40	4.00	3.40	3.70	3.75	3.05	3.40
	10	3.30	3.60	3.45	3.10	3.20	3.15	3.65	3.85	3.75	3.50	3.40	3.45
	11	3.40	3.70	3.55	3.10	3.50	3.30	3.40	3.70	3.55	3.20	3.50	3.35
	12	3.20	3.70	3.45	3.10	3.40	3.25	3.30	4.40	3.85	3.00	4.30	3.65

ตารางที่ 7 แสดงค่าความเป็นกรดของดินชั้นบนและดินชั้นล่างที่วัดโดยวิธีใช้น้ำ และ 1N KCL เป็นตัวทำละลาย ที่ทำการศึกษาปี พ.ศ.2536

ปี	เดือนที่	ดินชั้นบน (5-20 ซม.)						ดินชั้นล่าง (105-120 ซม.)					
		pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)			pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)		
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย
2536	1	3.40	3.90	3.65	3.10	3.50	3.30	3.50	4.40	3.95	3.26	4.14	3.70
	2	3.30	3.90	3.60	3.10	3.40	3.25	3.40	4.40	3.90	3.20	4.00	3.60
	3	3.25	3.55	3.40	3.00	3.30	3.15	3.65	3.45	3.55	3.40	3.40	3.40
	4	3.40	3.70	3.55	3.20	3.30	3.25	3.60	3.70	3.65	3.40	3.50	3.45
	5	3.50	3.74	3.62	3.20	3.34	3.27	3.45	3.45	3.45	3.20	3.26	3.23
	6	3.42	3.58	3.50	3.10	3.40	3.25	3.30	3.40	3.35	3.20	3.00	3.10
	7	3.30	3.40	3.35	3.20	3.20	3.20	3.35	3.05	3.20	2.90	3.10	3.00
	8	3.20	2.82	3.01	3.10	2.68	2.89	3.40	2.80	3.10	2.60	3.20	2.90
	9	3.20	2.70	2.95	3.10	2.50	2.80	3.34	3.06	3.20	3.10	3.10	3.10
	10	3.40	3.30	3.35	3.20	2.90	3.05	3.80	3.60	3.70	3.50	3.50	3.50
	11	3.40	3.60	3.50	3.20	3.44	3.32	3.60	3.70	3.65	3.35	3.55	3.45
	12	3.30	4.00	3.65	3.10	3.50	3.30	3.60	4.10	3.85	3.50	3.62	3.56

ตารางที่ 8 แสดงค่าความเป็นกรดของดินชั้นบนและดินชั้นล่างที่วัดโดยวิธีใช้น้ำ และ 1N KCL เป็นตัวทำละลาย ที่ทำการศึกษาปี พ.ศ.2537

ปี	เดือนที่	ดินชั้นบน (5-20 ซม.)						ดินชั้นล่าง (105-120 ซม.)					
		pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)			pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)		
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย
2537	1	3.30	3.70	3.50	3.20	3.50	3.35	3.50	4.00	3.75	3.40	3.80	3.60
	2	3.30	3.30	3.30	3.10	3.40	3.25	3.60	3.40	3.50	3.30	3.30	3.30
	3	3.10	3.50	3.30	2.80	3.40	3.10	3.54	3.56	3.55	3.46	3.44	3.45
	4	3.10	2.90	3.00	3.00	2.80	2.90	3.20	2.80	3.00	3.00	2.40	2.70
	5	2.85	2.65	2.75	3.05	2.25	2.65	3.10	3.00	3.05	2.90	2.90	2.90
	6	2.90	2.20	2.55	2.76	2.04	2.40	3.25	3.05	3.15	3.20	2.50	2.85
	7	2.65	2.15	2.40	2.55	2.05	2.30	2.80	3.00	2.90	2.50	2.80	2.65
	8	2.35	2.33	2.34	2.20	2.40	2.30	2.60	3.10	2.85	4.20	1.20	2.70
	9	3.20	3.40	3.30	3.10	3.10	3.10	3.20	2.80	3.00	3.10	2.70	2.90
	10	3.70	3.20	3.45	3.20	3.30	3.25	4.00	3.50	3.75	3.80	3.30	3.55
	11	3.40	3.60	3.50	3.20	3.50	3.35	3.90	3.68	3.79	3.60	3.40	3.50
	12	3.85	3.25	3.55	3.75	3.05	3.40	3.40	3.76	3.58	3.00	3.80	3.40

ตารางที่ 9 แสดงค่าความเป็นกรดของดินชั้นบนและดินชั้นล่างที่วัดโดยวิธีใช้น้ำ และ 1N KCL เป็นตัวทำละลาย ที่ทำการศึกษาปี พ.ศ.2538

ปี	เดือนที่	ดินชั้นบน (5-20 ซม.)						ดินชั้นล่าง (105-120 ซม.)					
		pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)			pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)		
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย
2538	1	3.30	3.86	3.58	3.10	3.50	3.30	3.35	3.85	3.60	3.20	3.80	3.50
	2	3.10	3.70	3.40	3.00	3.20	3.10	3.50	3.60	3.55	3.36	3.50	3.43
	3	3.40	3.50	3.45	3.00	3.60	3.30	3.70	3.00	3.35	3.40	2.80	3.10
	4	3.20	3.20	3.20	3.10	3.10	3.10	3.10	3.70	3.40	3.00	2.80	2.90
	5	3.15	2.81	2.98	3.10	2.70	2.90	3.05	3.85	3.45	3.00	3.50	3.25
	6	2.68	2.82	2.75	2.50	2.70	2.60	2.85	4.15	3.50	2.63	4.07	3.35
	7	2.75	2.25	2.50	2.70	2.00	2.35	2.89	3.81	3.35	2.75	3.45	3.10
	8	2.36	2.34	2.35	2.30	2.20	2.25	2.85	3.65	3.25	2.50	3.40	2.95
	9	2.45	2.65	2.55	2.40	2.60	2.50	2.75	3.25	3.00	2.40	3.38	2.89
	10	3.20	2.80	3.00	3.00	2.90	2.95	3.70	3.20	3.45	2.90	3.60	3.25
	11	3.35	3.75	3.55	3.10	3.50	3.30	4.00	4.30	4.15	3.90	3.70	3.80
	12	3.90	3.60	3.75	3.50	3.60	3.55	4.20	4.20	4.20	4.00	3.70	3.85

ตารางที่ 10 แสดงค่าความเป็นกรดของดินชั้นบนและดินชั้นล่างที่วัดโดยวิธีใช้น้ำ และ 1N KCL เป็นตัวทำละลาย ที่ทำการศึกษานี้ ปี พ.ศ.2539

ปี	เดือนที่	ดินชั้นบน (5-20 ซม.)						ดินชั้นล่าง (105-120 ซม.)					
		pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)			pH (1:1 ดินต่อน้ำ)			pH (1:1 ดินต่อ 1 N KCl)		
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย	จุดที่ 1	จุดที่ 2	เฉลี่ย
2539	1	3.45	3.65	3.55	3.24	3.26	3.25	4.60	3.10	3.85	4.50	2.90	3.70
	2	3.29	3.83	3.56	3.01	3.59	3.30	3.85	3.45	3.65	3.60	3.40	3.50
	3	3.25	3.71	3.48	3.00	3.40	3.20	3.55	3.15	3.35	3.50	3.00	3.25
	4	3.20	3.44	3.32	3.00	3.30	3.15	3.69	3.41	3.55	3.45	3.35	3.40
	5	3.18	3.32	3.25	3.00	3.30	3.15	3.40	3.70	3.55	3.30	3.30	3.30
	6	3.36	3.24	3.30	3.30	3.20	3.25	3.50	3.80	3.65	3.40	3.60	3.50
	7	3.58	3.12	3.35	3.40	2.70	3.05	3.60	3.40	3.50	3.40	3.10	3.25
	8	3.35	3.55	3.45	3.10	3.20	3.15	3.50	3.86	3.68	3.30	3.80	3.55
	9	3.33	3.67	3.50	3.03	3.37	3.20	3.50	4.30	3.90	3.20	4.16	3.68
	10	3.60	3.90	3.75	3.15	3.33	3.24	3.96	4.14	4.05	3.80	3.70	3.75
	11	3.50	4.10	3.80	3.40	3.50	3.45	3.90	4.30	4.10	3.45	4.45	3.95
	12	3.65	3.73	3.69	3.45	3.55	3.50	3.75	4.75	4.25	3.60	4.14	3.87

สรุป

1. ดินเปรี้ยวจัดชุดมูโนะที่ทำการศึกษานี้ ชั้นดินบนค่อนข้างหนาประมาณ 17 ซม. เนื้อดินค่อนข้างร่วนเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง เมื่อเทียบกับในดินชั้นล่างจะมีปริมาณอนุภาคดินเหนือน้อยกว่าดินชั้นล่าง ค่า pH อยู่ในช่วง 3.2-4.4 เมื่อวัดโดยใช้น้ำเป็นตัวละลาย ปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูงถึงสูงมาก ปริมาณธาตุอาหารพืชสูง แต่มีข้อจำกัดในเรื่องความเป็นกรด ทำให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช และธาตุบางชนิดละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืช

2. ผลการวิเคราะห์ดิน พบว่าดินชั้นบน ค่า pH (1:1 ดินต่อน้ำ) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.34- 4.05 ค่าเฉลี่ย 3.42 มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน ส่วนค่า pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.25-3.75 ค่าเฉลี่ย 3.22 มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนเช่นเดียวกัน ส่วนดินชั้นล่างค่า pH (1:1 ดินต่อน้ำ) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.85-4.25 ค่าเฉลี่ย 3.60 และค่า pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.65-3.95 ค่าเฉลี่ย 3.39 การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ทั้ง 4 ชุด มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย

3. ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ข้อมูลแต่ละชุดเป็นอนุกรมเวลารายเดือน จำนวน 108 ค่าใช้วิธีแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาเป็น 4 ส่วน คือ ค่าแนวโน้ม ค่าอิทธิพลฤดูกาล ค่าอิทธิพล วัฏจักร และค่าเหตุการณ์ที่ผิดปกติใช้รูปแบบของอนุกรมเวลาเป็นแบบคูณ

3.1 การหาค่าแนวโน้ม ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยมีรูปแบบเป็นชนิดเส้นตรงได้สมการแนวโน้มเป็น

$$Tt = 3.65 - 0.004t \text{ สำหรับ pH (1:1 ดินต่อน้ำ) ดินชั้นบน}$$

$$Tt = 3.45 - 0.004t \text{ สำหรับ pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) ดินชั้นบน}$$

$$Tt = 3.70 - 0.002t \text{ สำหรับ pH (1:1 ดินต่อน้ำ) ดินชั้นล่าง}$$

$$Tt = 3.46 - 0.001t \text{ สำหรับ pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) ดินชั้นล่าง}$$

อนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด มีแนวโน้มลดลงทั้งหมด

3.2 อิทธิพลของฤดูกาล วิเคราะห์โดยวิธีการปรับข้อมูลให้เรียบแบบ Centered 12 month moving average ได้ค่าดัชนีฤดูกาล โดยค่าที่วัดได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างเดือนตุลาคม - เมษายน ทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง การเพิ่มและลดอยู่ในช่วงไม่เกิน $\pm 10\%$ และการเปลี่ยนแปลงนี้จะสอดคล้องกับฤดูฝนและฤดูแล้งในจังหวัดนครราชสีมา

3.3 อิทธิพลของวัฏจักร วิเคราะห์โดยใช้อ่อนุกรมเวลาที่ปรับแนวโน้มและดัชนีฤดูกาลแล้วไปปรับให้เรียบด้วยวิธีเคลื่อนที่แบบง่าย ที่ค่า 3 ค่า แล้วทดสอบวัฏจักร โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอัตโนมัติ (rk) โดยใช้ k เป็นช่วงของ 6 เดือน พบว่า rk ที่ k เท่ากับ 10 และ 14 มีค่ามากสำหรับ pH (1:1 ดินต่อน้ำ) และ rk ที่ k เท่ากับ 10 และ 15 มีค่ามากสำหรับ pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) โดยในดินชั้นบน วัฏจักร 1 ช่วงคลื่นประมาณ 42 เดือน ในดินชั้นล่าง k เท่ากับ 10 และ 15 มีค่ามากสำหรับ pH (1:1 ดินต่อน้ำ) และ k เท่ากับ 10 และ 14 มีค่ามาก สำหรับ pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) โดย 1 ช่วงคลื่นมีระยะเวลา 36 เดือน

4. สร้างสมการพยากรณ์ของค่า pH ทั้ง 4 ชุด ได้เป็น

$$Y_t = (3.65 - 0.004t) St \times Ct \text{ pH (1:1 ดินต่อน้ำ) ของดินชั้นบน}$$

$$Y_t = (3.45 - 0.004t) St \times Ct \text{ pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) ของดินชั้นบน}$$

$$Y_t = (3.70 - 0.002t) St \times Ct \text{ pH (1:1 ดินต่อน้ำ) ของดินชั้นล่าง}$$

$$Y_t = (3.46 - 0.001t) St \times Ct \text{ pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) ของดินชั้นล่าง}$$

การเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่ได้จากการพยากรณ์ อิทธิพลของฤดูกาลจะปรากฏในรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนและมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในดินชั้นบน ส่วนดินชั้นล่างจะมีค่าแนวโน้มลดลงน้อยมากจนเกือบคงที่

5. การวิเคราะห์ความถูกต้องของการพยากรณ์ โดยหาค่าสหสัมพันธ์ของค่าพยากรณ์กับค่าที่วัดจริง ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า pH ชุดต่าง ๆ เป็น

$$\text{pH (1:1 ดินต่อน้ำ) ดินชั้นบน ค่า } r = 0.9178$$

$$\text{pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) ดินชั้นบน ค่า } r = 0.9021$$

$$\text{pH (1:1 ดินต่อน้ำ) ดินชั้นล่าง ค่า } r = 0.9067$$

$$\text{pH (1:1 ดินต่อ 1N KCl) ดินชั้นล่าง ค่า } r = 0.9012$$

ซึ่งทุกค่ามีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง และสามารถยอมรับค่าพยากรณ์นั้นได้

6. รูปแบบของการประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูลผลวิเคราะห์ดิน จะเป็นการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ ระยะเวลาที่เก็บรวบรวมข้อมูลควรเกิน 2 ปีขึ้นไป และตัวแปรไม่ควรมีมากเกินไป หรือจัดกลุ่มตัวแปรในลักษณะเดียวกัน แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติด้านการวิเคราะห์อนุกรมเวลามาวิเคราะห์ควรเลือกใช้วิธีแยกส่วนประกอบแล้วจึงสร้างสมการพยากรณ์เพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. การจัดการดินเปรี้ยวจัด หากยังไม่พร้อมที่จะใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นทันที ควรปล่อยพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดไว้ในสภาพธรรมชาติก่อน จะช่วยให้การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินเป็นไปอย่างช้า ๆ ไม่เกิดผลกระทบรุนแรง

2. วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลา สำหรับข้อมูลผลวิเคราะห์ดินที่ดำเนินการนี้ ยังมีขั้นตอนมากหากใช้โปรแกรมทางสถิติที่ทันสมัยกว่านี้ จะช่วยให้ทำการวิเคราะห์ได้ง่ายยิ่งขึ้น

3. ควรมีการติดตามเก็บข้อมูลผลวิเคราะห์ดินต่อไป แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการพยากรณ์ เพื่อเปรียบเทียบและปรับปรุงสมการพยากรณ์ต่อไป อันจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิธีการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดได้ดียิ่งขึ้น

อ้างอิง

พิสุทธิ์ วิจารณ์ และ สุพร บุญประคับ. 2533. คำบรรยายหน้าตัดดิน. ใน รายงานผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของดินกรดกำมะถัน. ศูนย์ศึกษการพัฒนากุลทอง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดนราธิวาส.