ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การพัฒนาชุดตรวจสอบภาคสนาม ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

Development of pH Test Kit in Soils

จัดทำโดย

นายรัตนชาติ ช่วยบุดดา

นางสาวประไพพิศ ศรีมาวงษ์

นางสาวชนิดา เกิดชนะ

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
วันที่ 17 ต.ค. 2562
เลขหมู่ 631.4 ธ372ก
เลขทะเบียน ล10133

การพัฒนาชุดตรวจสอบภาคสนาม ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

Development of pH Test Kit in Soils

จัดทำโดย

นายรัตนชาติ ช่วยบุดดา

นางสาวประไพพิศ ศรีมาวงษ์

นางสาวชนิดา เกิดชนะ

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
บทนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	17
ผลการทดลองและวิจารณ์	23
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	52
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	58

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มาตรพีเอชและช่วงพีเอชของดินในประเทศไทย	3
2	ชนิดของอินดิเคเตอร์ที่นิยมใช้วัดพีเอช (pH)	4
3	ระดับความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอช (pH) และอิทธิพลต่อพืช	10
4	ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	19
5	การจำแนกประเภทของดินเกลือ	19
6	แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินกรด	30
7	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ANOVA) ในดินกรด	30
8	แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินกรด	31
9	แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินด่าง	32
10	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ANOVA) ในดินด่าง	32
11	แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินด่าง	32
12	แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินเค็ม	34
13	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ANOVA) ในดินเค็ม	34
14	แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินเค็ม	34
15	แสดงค่าสถิติพื้นฐานในตัวอย่างดินทั้งหมด	35
16	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ANOVA) ในตัวอย่างดินทั้งหมด	36
17	แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในตัวอย่างดินทั้งหมด	36
18	แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินสีดำ	38
19	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ANOVA) ในดินสีดำ	38
20	แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินสีดำ	38
21	แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินสีแดง	39
22	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ANOVA) ในดินสีแดง	39
23	แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินสีแดง	40
24	แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินสีน้ำตาล	41
25	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ANOVA) ในดินสีน้ำตาล	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินสีน้ำตาล	42
27	แสดงค่าสถิติพื้นฐานในการทดสอบดินภาคสนาม	46
28	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ANOVA) ในการทดสอบดินภาคสนาม	46
29	แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในการทดสอบดินภาคสนาม	47
30	แสดงค่าพีเอช (pH) และ % relative accuracy ในตัวอย่างดินอ้างอิง ชุดดิน 5	47
31	เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีในห้องปฏิบัติการ (LAB)	49
32	เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนาม Truogsurvey	49
33	เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ราคาและความแม่นยำของชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ของกรมพัฒนาที่ดิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	51

ตารางผนวกที่		
1	ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินกรด	59
2	ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินด่าง	64
3	ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินเค็ม	65
4	แสดงผลการทดสอบความแม่นยำ (precision) ของวิธีวิเคราะห์	68
5	แสดงช่วงพีเอช (pH) ของดินที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดต่างๆ	72

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ชุดตรวจสอบพีเอช (ก)Truog ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ข)	6
2	ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินชั้นบนของประเทศไทย	8
3	การแพร่กระจายของดินกรดในประเทศไทย	11
4	ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน	15
5	แสดงอุปกรณ์ชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน กรมพัฒนาที่ดิน	23
6	แผนผังแสดงขั้นตอนการตรวจสอบค่าพีเอชของดิน ด้วยชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน กรมพัฒนาที่ดิน	24
7	การเปลี่ยนแปลงของน้ำยาทดสอบเมื่อเก็บไว้ในระยะเวลาต่างๆกัน	26
8	แสดงการกระจายของชนิดดินที่นำมาศึกษา	28
9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ก)(LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) วิธีชุดตรวจสอบดิน (ข) ภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน(LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของ Truogsurvey ในดินกรด	30
10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ก)(LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) วิธีชุดตรวจสอบดิน (ข) ภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน(LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของ Truogsurvey ในดินด่าง	32
11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ก)(LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) วิธีชุดตรวจสอบดิน (ข) ภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน(LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของ Truogsurvey ในดินเค็ม	33
12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ก)(LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) วิธีชุดตรวจสอบดิน (ข) ภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน(LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของ Truogsurvey ในตัวอย่างดินทั้งหมด	35
13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ก)(LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) วิธีชุดตรวจสอบดิน (ข) ภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน(LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของ Truogsurvey ในดินสีดำ	37

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ก)(LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) วิธีชุดตรวจสอบดิน (ข) ภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน(LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของ Truogsurvey ในดินสีแดง	39
15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ก)(LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) วิธีชุดตรวจสอบดิน (ข) ภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน(LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของ Truogsurvey ในดินสีน้ำตาล	41
16	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างทั้งสามวิธีในแต่ละระดับพีเอช	43
17	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีวิเคราะห์ทั้งสามวิธี	43
18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ก)(LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) วิธีชุดตรวจสอบดิน (ข) ภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน(LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของ Truogsurvey ในการทดสอบดินภาคสนาม	46
19	แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ของวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน กรมพัฒนาที่ดิน	48

ภาพผนวกที่

1	การทดสอบดินในภาคสนาม	69

บทนำ

ความเป็นกรดเป็นด่างของดินหรือพีเอชเป็นสมบัติทางเคมีที่มีการตรวจวัด ทดสอบอยู่เสมอแทบทุกครั้งที่มีการวิเคราะห์ดิน เป็นสมบัติของดินที่เปรียบเสมือนอุณหภูมิในร่างกายของคน เพราะค่าพีเอชจะมีบทบาทหรือความสัมพันธ์กับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช การเจริญเติบโตของพืช ปริมาณ กิจกรรมและประเภทของจุลินทรีย์ในดิน ปกติการตรวจวิเคราะห์ค่าพีเอชจะทำในห้องปฏิบัติการโดยการวัดด้วยเครื่อง pH meter ที่เป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งมีขั้นตอนกระบวนการและอุปกรณ์ที่เฉพาะในการตรวจวิเคราะห์ดิน การประยุกต์ใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามแทนวิธีในห้องปฏิบัติการเพื่อความสะดวก รวดเร็ว จึงมีความจำเป็น เนื่องจากการส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการค่อนข้างใช้เวลานานกว่าจะได้รับผลวิเคราะห์ เพราะต้องผ่านหลายขั้นตอนทั้งการเตรียมตัวอย่างดิน การวิเคราะห์ดิน และการรายงานผล อีกทั้งปริมาณจำนวนตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการมีเป็นจำนวนมาก ทำให้การวิเคราะห์ดินมีความล่าช้าไม่ทันต่อความต้องการของเกษตรกรที่ต้องการประเมินศักยภาพของดินก่อนทำการเพาะปลูกในแต่ละครั้ง

ในปี 2554 กรมพัฒนาที่ดิน มีนโยบายและมอบหมายให้สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน ทำการผลิตชุดตรวจสอบดินอย่างง่ายให้แก่หมอดินอาสาและเกษตรกร เพื่อรองรับโครงการ 84 ตำบลปุ๋ยลดต้นทุนการผลิตพืชของเกษตรกร เพื่อเป็นการเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ซึ่งมีพระชนมายุ 84 พรรษา โครงการดังกล่าวเป็นการยกระดับความรู้เรื่องดินและปุ๋ยเคมีให้แก่เกษตรกร ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยเหลือเกษตรกร กรณีที่ปุ๋ยเคมีมีราคาแพงและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 12 เมษายน 2554 ให้คณะกรรมการนโยบายและมาตรการการช่วยเหลือเกษตรกร ทำการปรับลดราคาจำหน่ายปุ๋ยเคมีให้เป็นไปอย่างรอบคอบและเหมาะสม เนื่องจากเป็นช่วงเริ่มฤดูกาลเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ เกษตรกรมีความจำเป็นจะต้องใช้ปุ๋ยเป็นจำนวนมากให้ทันกับช่วงระยะเวลาการเพาะปลูก แต่ราคาปุ๋ยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นมากจนเป็นปัญหาด้านต้นทุนการผลิตของเกษตรกรและเกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้ปุ๋ยเคมียังไม่ถูกหลักวิชาการ และอีกประการหนึ่งเป็นการเสริมสร้างขีดความสามารถของเกษตรกรผู้นำให้สามารถวิเคราะห์ดินได้เองและใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมกับธาตุอาหารในดิน ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ในเบื้องต้น

ชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่ผลิตขึ้นเป็นสูตรแรกนั้นเป็นสูตรน้ำที่อ่านค่าพีเอชจากสีของน้ำยาทดสอบที่ทำปฏิกิริยากับดินเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน ซึ่งสูตรดังกล่าวจะมีข้อจำกัดในการอ่านค่าพีเอชของดิน เช่น กรณีที่ดินมีสีแดง หรือสีดำ สีของน้ำยาทดสอบที่ทำปฏิกิริยากับดินจะปรากฏสีไม่ชัดเจน ทำให้การอ่านค่าพีเอชที่ได้ไม่ถูกต้องเท่าที่ควร อีกทั้งการระเหยของน้ำยาทำให้สีของน้ำยาทดสอบเปลี่ยนแปลงไป การศึกษาทดลองในครั้งนี้เป็นการพัฒนาต่อยอดจากสูตรเดิม เพื่อให้การอ่านสีของค่าพีเอชจากน้ำยาทดสอบที่ทำปฏิกิริยากับดินมีความชัดเจนขึ้น โดยการนำผงที่มีคุณสมบัติดูดซับสีมาใช้ เปรียบเทียบกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา

ชุดตรวจสอบที่จะพัฒนาขึ้นใหม่นี้ยังคงใช้อุปกรณ์ราคาไม่แพง ใช้งานง่าย นักวิชาการเกษตรกรหรือผู้สนใจทั่วไปเมื่อศึกษาจากคู่มือก็สามารถนำไปทดสอบดินได้ด้วยตนเอง กระเป๋าบรรจุอุปกรณ์มีขนาดกะทัดรัด สะดวกในการพกพาไปใช้งานในภาคสนาม ขั้นตอนและวิธีการทดสอบค่าพีเอชของดินไม่ซับซ้อน สะดวก รวดเร็ว และที่สำคัญคือสามารถทราบผลวิเคราะห์ค่าพีเอชของดินใน

เบื้องต้นได้ทันที จึงเป็นการลดขั้นตอนและระยะเวลาในการส่งตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งการพัฒนาต่อยอดวิธีการวิเคราะห์ให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น จะเป็นประโยชน์กับนักวิชาการ เกษตรกรหรือผู้สนใจในการนำข้อมูลไปใช้ปรับปรุง ฟื้นฟูทรัพยากรดินได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นการผลิตชุดตรวจสอบภาคสนาม ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ยังเป็นการสนับสนุนโครงการต่างๆของกรมพัฒนาที่ดิน ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริม/สนับสนุนให้เกษตรกรหรือหมอดินอาสาที่เป็นเครือข่ายของกรมพัฒนาที่ดินสามารถวิเคราะห์ดินได้ด้วยตนเอง

การพัฒนาชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ของกรมพัฒนาที่ดินในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาและประดิษฐ์ชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินให้ใช้งานได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และสามารถนำไปใช้งานในภาคสนาม

2. เพื่อเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินโดยใช้วิธีในห้องปฏิบัติการ ชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน และชุดตรวจสอบดินของ Truog ที่นักสำรวจดินใช้อยู่ในปัจจุบัน ในดินกรด ดินด่าง และดินเค็ม

การตรวจเอกสาร

ค่าปฏิกิริยาดิน (soil reaction) เป็นสมบัติทางเคมีของดินที่สำคัญประการหนึ่ง ซึ่งนำมาใช้ประกอบการพิจารณาสภาพของดินและความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน เป็นตัวควบคุมระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชและระดับความเป็นพิษของสารต่างๆ ในดิน รวมทั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งส่งผลถึงการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชที่ปลูกในดินนั้นๆ เมื่อเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยเกี่ยวกับดิน สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงก็คือค่าปฏิกิริยาดิน เพราะมีผลต่อทั้งกระบวนการทางเคมีและชีวภาพในดิน ค่าปฏิกิริยาดินจึงเป็นตัวชี้บ่งที่สำคัญในการใช้ประกอบการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ค่าปฏิกิริยาดิน หมายถึง ความเป็นกรด (acidity) หรือความเป็นด่าง (alkalinity) ของดิน การที่ดินมีสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่าง เพราะอิทธิพลจากไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในสารละลายดิน ถ้าในสารละลายดิน มี $H^+ > OH^-$ ดินมีค่าปฏิกิริยาเป็นกรด ถ้า $H^+ < OH^-$ ดินมีค่าปฏิกิริยาเป็นด่าง และถ้า $H^+ = OH^-$ ดินมีค่าปฏิกิริยาเป็นกลาง

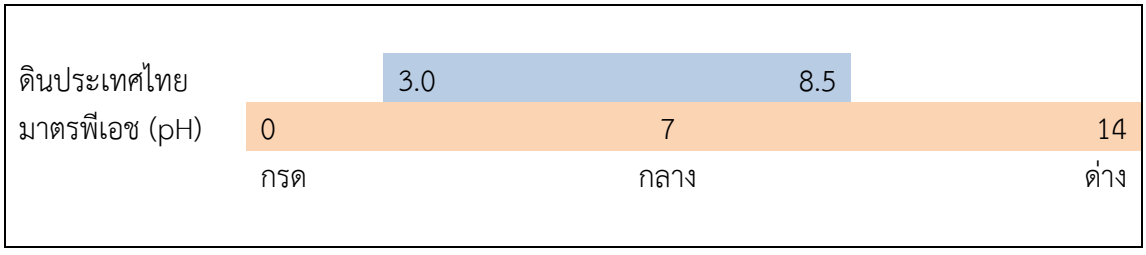
$$pH = - \log [H^+]$$

เมื่อ pH = ค่าปฏิกิริยาดินหรือค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน
Log = logarithm ฐาน 10
$[H^+]$ = ความเข้มข้นของ H^+ ที่อยู่ในสารละลาย มีหน่วยเป็น molar (M)

ค่าปฏิกิริยาดินหรือความเป็นกรดเป็นด่างของดิน นิยมวัดเป็นค่าพีเอช (pH) เรียกว่า มาตรพีเอช (pH Scale) ที่บ่งบอกเป็นตัวเลขซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) มากกว่าการใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) โดยตรงเป็นดัชนีของความเป็นกรดและความเป็นด่าง (พจนีย์และชูจิตต์, 2544)

การวัดค่าปฏิกิริยาดิน เป็นการวัดสมบัติทางเคมีของดินที่มีประโยชน์และให้ข้อมูลต่างๆ เช่น ดินที่มีพีเอชน้อยกว่า 4 แสดงว่าดินนั้นมีกรดอิสระที่เกิดจากการ oxidation ของไพไรต์ ถ้าพีเอชน้อยกว่า 5.5 แสดงว่าดินนั้นควรจะมี exchangeable Al และถ้าดินมีพีเอชระหว่าง 7.8-8.2 แสดงว่ามี $CaCO_3$ ในดินนั้น นอกจากนี้ดินยิ่งมีความเป็นกรดมากเท่าใด ธาตุอาหารพืชต่างๆ เหล่านี้ ก็จะลายได้มากขึ้น เช่น เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี และจุลธาตุอื่นๆ ดินที่มีพีเอชต่ำๆ ก็จะมีธาตุอาหารเหล่านี้ในปริมาณที่มากจนเป็นพิษต่อพืชได้ ในทางตรงกันข้าม ดินที่มีพีเอชสูง ก็จะขาดแคลนจุลธาตุบางตัวได้ (ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542)

ตารางที่ 1 มาตรพีเอชและช่วงพีเอชของดินในประเทศไทย



การวัดค่าปฏิกิริยาดิน (pH) มี 2 วิธี คือ

1. การวัดโดยการเทียบสีหรืออินดิเคเตอร์ (Colorimetric method)

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้ในภาคสนาม เพราะสะดวก รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย เป็นการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ด้วยกรดอินทรีย์ ซึ่งถูกควบคุมโดย H^+ ในสารละลายดิน (Jackson, 1958) ค่าที่ได้เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น มีความถูกต้อง ± 0.5 หน่วย pH (นิพนธ์, 2534) การวัดพีเอชของดินโดยใช้อินดิเคเตอร์ อาศัยหลักที่ว่าสีของ acid-base indicator จะเปลี่ยนเมื่อความเข้มข้นของ H^+ ไอออนในสารละลายเปลี่ยน acid-base indicator มีลักษณะคล้ายกรดอ่อนหรือด่างอ่อน เมื่ออยู่ในสภาพที่แตกตัวจะให้สีอย่างหนึ่ง และเมื่ออยู่ในสภาพที่ไม่แตกตัวจะให้สีอีกอย่างหนึ่ง ฉะนั้นสีของกรดจึงขึ้นอยู่กับพีเอชของสารละลาย ปกติอินดิเคเตอร์ที่ใช้ในการวัดพีเอชของดินเป็น acid indicator เช่น หากให้ HI เป็นกรดอ่อน ซึ่งการแตกตัวสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$\underset{\text{(acid color)}}{HI} \longrightarrow \underset{\text{(alkaline color)}}{H^+ + I^-}$$

สีของอินดิเคเตอร์ขึ้นอยู่กับ acid HI และ basic I^- ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามพีเอช (pH) (peech, 1965) ดังสมการ

$$pH = pKHI + \log [I^-]/[HI] + \log fi$$

pKHI = the negative logarithm of the dissociate constant of indicator

fi = the activity coefficient of the indicator ion

การวัดค่าพีเอช โดยวิธีนี้ทำโดยชั่งดินหนักประมาณ 1 กรัม ใส่ในหลุมของแผ่นกระเบื้องเคลือบ หยดอินดิเคเตอร์ลงไปจนดินชุ่ม ทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที เปรียบเทียบสีอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนไปกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน เพื่อประมาณระดับค่าพีเอชของดิน

ตารางที่ 2 ชนิดของอินดิเคเตอร์ที่นิยมใช้วัดพีเอช (pH)

อินดิเคเตอร์	ช่วงพีเอช (pH)	การเปลี่ยนสี
Bromocresol green	3.8-5.4	เหลือง-น้ำเงิน
Chlorophenol red	5.0-6.6	เหลือง-แดง
Bromocresol purple	5.2-6.8	เหลือง-ม่วง
Bromothymol blue	6.0-7.6	เหลือง-น้ำเงิน
Phenol red	6.6-8.2	เหลือง-แดง
Cresol red	7.2-8.8	เหลือง-ม่วง
Thymol blue	8.0-9.6	เหลือง-น้ำเงิน

ที่มา : ดัดแปลงจากคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2536), Jackson (1958)

2. การวัดโดยการใช้ pH meter (Electrometric method) (peech, 1965)

เป็นวิธีการที่ใช้วัดในห้องปฏิบัติการ มีความถูกต้องและความแม่นยำสูง สามารถวัดได้ถูกต้อง ± 0.1 หน่วยพีเอช (นิพนธ์, 2534) การวัดพีเอชของดินโดยใช้ pH meter มีหลักการว่าพีเอชของสารละลายที่วัดได้จากความต่างศักย์ระหว่าง hydrogen ion indication electrode หรือ glass electrode

และ reference electrode เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าของ glass electrode จะเปลี่ยนเมื่อความเข้มข้นของ H^+ ไอออนในสารละลายเปลี่ยน แต่ความต่างศักย์ของ reference electrode คงที่ ดังนั้น เมื่อค่าความต่างศักย์ระหว่าง electrode ที่วัดได้เปลี่ยนไป แสดงว่าความเข้มข้นของ H^+ ไอออนในสารละลายหรือพีเอชของสารละลายเปลี่ยน

ปัจจัยที่มีผลต่อการวัดค่าพีเอชของดินโดยใช้ pH meter

1. อัตราส่วนของดินต่อน้ำ ปริมาณน้ำที่จะต้องใส่ลงไปในดินเพื่อทำให้เกิด suspension และวัดพีเอชนั้น ถ้าใส่ในปริมาณตั้งแต่ moisture equivalent ถึงอัตราส่วนของดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:5 ค่าพีเอชที่วัดได้จะสูงขึ้นตามปริมาณน้ำที่มากขึ้น และอาจจะสูงกว่า 1 หน่วยพีเอช ซึ่งอัตราส่วนของดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 เป็นที่นิยมใช้และได้รับการยอมรับในห้องปฏิบัติการหลายๆ แห่ง ดังนั้นในการวัดพีเอชของดินจะต้องกำหนดหรือระบุอัตราส่วนของดินต่อน้ำให้ชัดเจน

2. อิทธิพลของเกลือที่ละลายน้ำได้ พีเอชของ soil suspension จะลดลงถ้ามีปริมาณเกลือที่ละลายได้เพิ่มขึ้น โดยปกติแล้วพีเอชของดินจะต่ำในฤดูแล้งและมีค่าสูงในฤดูฝน ทั้งนี้เนื่องจากมีการสะสมเกลือที่ละลายได้ในฤดูแล้ง และเนื่องจากมีการชะล้างเกิดขึ้นในฤดูฝน ดังนั้น เพื่อที่จะแก้ปัญหานี้จึงมีผู้ใช้ 1N KCl วัดพีเอช แทนที่จะใช้น้ำ ต่อมา Schofield และ Taylor (1955) (อ้างโดยจงรักษ์, 2541) ได้แนะนำให้ใช้ 0.01 M $CaCl_2$ อัตราส่วนดินต่อน้ำยา $CaCl_2$ เท่ากับ 1:2 ซึ่งมีข้อดีหลายอย่าง คือแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนของดินต่อน้ำและอิทธิพลของเกลือได้ นอกจากนี้ยังทำให้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจาก liquid junction potential ลดลงได้ ค่าพีเอชที่วัดได้โดยใช้ 0.01 M $CaCl_2$ จะต่ำกว่าค่าที่วัดได้โดยใช้น้ำประมาณ 0.5 หน่วยพีเอช

3. อิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีผลทำให้พีเอชของดินลดลง แต่อิทธิพลนี้จะมีน้อยมากในดินที่มีพีเอชต่ำกว่า 7.0 ในดินเนื้อปูน (calcareous soil) ค่าพีเอชดินจะเปลี่ยนไปตามปริมาณ CO_2 ดังนั้นในการวัดพีเอชของดินเนื้อปูนจึงนิยมทำกันหลังจาก equilibrate ดินกับ CO_2 ในบรรยากาศแล้ว

ชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดินในประเทศไทย

การตรวจสภาพความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอชในภาคสนาม ปกติจะใช้ทั้งวิธีการดูสี และวัดโดยเครื่องไฟฟ้า (colorimetric and electrometric method) แต่ละแบบจะมีข้อดีแตกต่างกันไป เนื่องจากวิธีดูสีจะเป็นวิธีที่ง่ายและไม่แพงจึงเป็นวิธีที่นิยมใช้ในสนามกันโดยทั่วไป ในปัจจุบันเนื่องจากมีการผลิตเครื่องวัดพีเอชกระเป๋าหิ้ว (portable pH meters) ขึ้นมาก จึงมีผู้นิยมใช้กันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งค่าพีเอชที่วัดได้จากเครื่องวัดพีเอชนี้ ถ้าหากว่าเป็นการวัดอย่างถูกต้อง จะมีความใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการมาก ซึ่งผู้วัดจะต้องมีความรู้ความชำนาญพอสมควร เครื่องมือชนิดนี้จึงไม่เหมาะกับเกษตรกร สำหรับการวัดโดยวิธีการดูสีนั้นจะเหมาะกับเกษตรกรมากกว่า เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และมีราคาถูก อีกทั้งไม่จำเป็นต้องมีความรู้หรือความชำนาญก็สามารถตรวจวิเคราะห์ดินได้ ซึ่งมีทั้งน้ำยาเดี่ยวๆ และน้ำยาผสม บรรจุในกระเป๋ากะทัดรัด พกพาสะดวก มีทั้งที่ผลิตในประเทศ และนำเข้าจากต่างประเทศ

นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดิน ใช้ชุดน้ำยาตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอชของ Truog ที่นำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นชุดน้ำยาผสมจากอินดิเคเตอร์สามชนิด (triplex indicator) ที่ครอบคลุมพีเอชในช่วง 4.0 - 8.5 (ไม่ได้กำหนดแถบสีที่ระดับพีเอช 7.5) และมีการใช้ผง

ในการดูดซับสีเพื่อช่วยให้การอ่านค่าพีเอชมีความชัดเจนขึ้น แล้วเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน ชุดน้ำยาชนิดนี้เป็นที่นิยมในกลุ่มนักสำรวจดินที่ทำการสำรวจและจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน (soil taxonomy) เพื่อใช้ประกอบในการทำคำบรรยายหน้าตัดดิน (profile description) เนื่องจากชุดน้ำยา Truog มีการแบ่งช่วงของพีเอช โดยเริ่มจาก 4.0-8.5 จึงทำให้การอ่านค่าพีเอชของนักสำรวจดินจะอ่านค่าเริ่มต้นเป็นพีเอช 4.0 ทั้งที่ความเป็นจริงดินในประเทศไทยซึ่งเป็นดินในเขตร้อน จะมีค่าพีเอชต่ำกว่านี้โดยมีค่าพีเอชประมาณ 3.0 (ตารางที่1) หรือในดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำตลอดเวลา ที่มีซัลไฟด์เป็นองค์ประกอบ เมื่อมีการระบายน้ำออก จะเกิดกรดซัลฟูริก และค่าพีเอชอาจจะลดต่ำลงถึงต่ำกว่า 2.0 (เอิบ, 2548) จึงทำให้ชุดน้ำยานี้มีข้อจำกัดสำหรับดินในประเทศไทยและอีกอย่างคือราคาค่อนข้างแพง เมื่อเทียบกับชุดน้ำยาที่ผลิตในประเทศไทย

ชุดน้ำยาที่ผลิตภายในประเทศที่ได้รับความนิยม คือชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ของภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่มีทั้งที่ใช้น้ำยาเป็นอินดิเคเตอร์เดี่ยวๆ และน้ำยาที่เป็นอินดิเคเตอร์ผสม ได้แก่ ชนิดน้ำยา 3 เบอร์ ประกอบด้วยน้ำยา 3 ขวดหรือเบอร์ ใช้ตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างในช่วงพีเอช 3.0-8.0 โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ น้ำยาเบอร์ 1 วัดค่าพีเอชในช่วง 3.0-4.5 อ่านค่าโดยเทียบสีได้ 6 แถบจากสีเหลืองถึงเขียวขี้ม้า น้ำยาเบอร์ 2 วัดค่าพีเอชช่วง 4.5-6.4 อ่านค่าพีเอชโดยเทียบสีได้ 7 แถบจากสีเหลือง-ม่วง-แดง และน้ำยาเบอร์ 3 วัดค่าพีเอชช่วง 6.0-8.0 อ่านค่าโดยเทียบสีได้ 6 แถบ จากสีเขียวอ่อนถึงสีฟ้า น้ำยาในชุดตรวจสอบนี้สามารถวัดค่าพีเอชได้ประมาณ 50 ครั้ง อายุการใช้งานสามารถเก็บไว้ได้นานมากกว่า 1 ปี การใช้ชุดน้ำยานี้ผู้ใช้จะต้องมีความรู้และได้รับการฝึกฝนพอสมควรจึงจะไม่สับสนในขั้นตอนการทดสอบ และอีกชนิดหนึ่งคือชุดน้ำยาเดี่ยว เบอร์ 4 และเบอร์ 10 เป็นชุดน้ำยาที่เหมาะสมสำหรับดินในประเทศไทย เพราะสามารถวัดค่าพีเอชของดินในช่วงกว้างตั้งแต่ 3.0-8.5 น้ำยาทั้งสองเบอร์นี้เกิดจากการผสมของอินเคเตอร์หรือน้ำยาเปลี่ยนสีหลายชนิด ให้ครอบคลุมช่วงของพีเอชดังกล่าว พร้อมทั้งแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่มีช่วงของพีเอชแตกต่างกัน 0.5 หน่วยพีเอช ชุดน้ำยาเบอร์ 4 และเบอร์ 10 เหมาะกับเกษตรกร เนื่องจากสะดวกในการใช้และขั้นตอนทดสอบไม่ซับซ้อน นอกจากนี้ยังมีชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างที่ผลิตโดยภาควิชาปฐพีและอนุรักษ์ศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับชุดน้ำยาชนิด 3 เบอร์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 ชุดตรวจสอบพีเอช (ก) Truog (ข) ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินในประเทศไทย

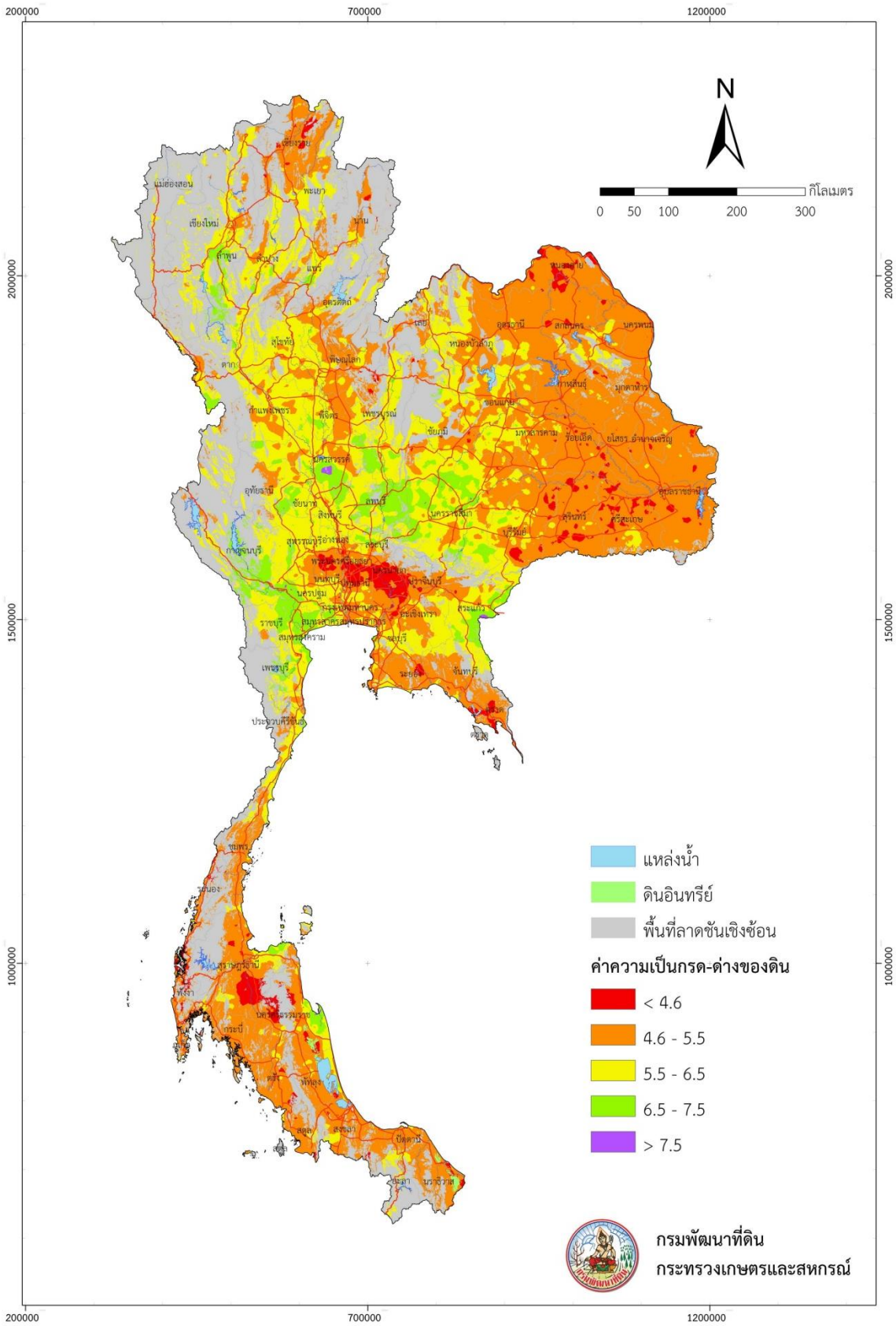
กรมพัฒนาที่ดิน (2558) ได้สรุปรายงานสถานภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินบนในประเทศไทย พบว่าการกระจายของข้อมูลความเป็นกรดเป็นด่างของดินในประเทศไทยส่วนใหญ่กระจายอยู่ในช่วงเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก โดยมีความเป็นกรดเป็นด่างของดินระหว่าง 4.6-5.5 คิดเป็นร้อยละ 46.83 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด โดยพบค่าช่วงความเป็นกรดเป็นด่างของดินดังกล่าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออก คิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 47.17-58.17 ของจำนวนข้อมูลในแต่ละภาค สืบเนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินที่สลายตัวจากหินทรายเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีแร่ที่ให้ประจุบวกที่เป็นด่างน้อย ในส่วนของภาคใต้และภาคตะวันออก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ฝนตกชุกทำให้ดินมีการพัฒนาการสูง การชะละลายสูงมาก ทำให้คงเหลือประจุบวกที่เป็นด่างในดินเพียงเล็กน้อย ดินจึงแสดงสภาพความเป็นกรด

สำหรับดินที่พบสภาพเป็นกรดปานกลางถึงกรดอ่อนมีค่าความเป็นกรดด่างของดินระหว่าง 5.6-6.5 คิดเป็นร้อยละ 26.09 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด โดยพบในพื้นที่ภาคกลางร้อยละ 40.46 และกระจายตัวในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกบางส่วน สำหรับดินในประเทศไทยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช โดยมีค่าระหว่าง 6.6-7.5 คิดเป็นร้อยละ 11.19 ของข้อมูลทั้งหมดกระจายตัวในพื้นที่ภาคกลางตอนบนและภาคตะวันตกในเขตจังหวัดลพบุรี นครสวรรค์ กาญจนบุรี และลุ่มน้ำโตนเลสาบซึ่งใกล้แหล่งที่มีดินด่าง รวมถึงบริเวณที่มีดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพื้นที่ลุ่มใกล้ชายฝั่งทะเล ทั้งนี้สอดคล้องกับพื้นที่ที่พบดินมีสภาพเป็นด่างซึ่งมีค่ามากกว่า 7.5 ซึ่งมีเป็นส่วนน้อยคิดเป็นร้อยละ 2.15 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมดพบกระจายตามภาคต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ที่เป็นดินที่เกิดจากหินปูนในแถบภาคกลางตอนบนของประเทศ และกระจัดกระจายเป็นหย่อมเล็กๆ ในบางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในบริเวณที่เป็นดินในกลุ่มดินด่างและมีปริมาณโซเดียมสูง

ดินมีสภาพกรดรุนแรงมีค่าต่ำกว่า 4.6 พบกระจายมากที่ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออก จากแผนที่แสดงการประเมินระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินบน (ภาพที่ 2) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีสภาพกรดรุนแรงส่วนใหญ่พบในบริเวณพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด (acid sulfate soil) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสภาพความเป็นกรดในพื้นที่ดินเปรี้ยวนั้นยังคงอยู่ แม้จะได้รับการปรับปรุงแก้ไขไปบางส่วนแต่ยังคงมีผลการวิเคราะห์ดินที่แสดงถึงสภาพความเป็นดินเปรี้ยวในบริเวณดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากเป็นธรรมชาติของดินตะกอนน้ำทะเลที่มีสารประกอบไพไรต์ (FeS_2) สูง แม้มีการจัดการไปบางส่วนแต่ไพไรต์ส่วนที่เหลือยังคงถูกออกซิไดซ์ทำให้ดินเป็นกรดรุนแรงอย่างต่อเนื่อง ส่วนสภาพดินกรดรุนแรงที่พบในพื้นที่อื่น ส่วนใหญ่เป็นสภาพกรดรุนแรงที่ไม่ได้เกิดจากสารประกอบไพไรต์ แต่เป็นอิทธิพลของวัตถุต้นกำเนิดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

โดยสรุปดินในประเทศไทยส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรด (pH < 6.5) ซึ่งแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่และวัตถุต้นกำเนิด และในดินที่มีสภาพความเป็นกรดจัด หรือเป็นด่างจัดนั้นส่งผลกระทบทำให้ธาตุอาหารในดินมีความเป็นประโยชน์น้อยลงต่อการเจริญเติบโตของพืช แม้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะมีบทบาทสำคัญและส่งผลทั้งทางบวกและลบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่มีต่อพืช แต่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินไม่ใช่ธาตุอาหาร ดังนั้น ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงไม่นำค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินมารวมเป็นคะแนนเพื่อการจัดระดับด้วย

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 2 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินชั้นบนของประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

ประเภทของดินที่นำมาศึกษา

ดินกรด หมายถึง ดินทีมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอช (pH) ต่ำกว่า 7.0 อย่างไรก็ตาม ความเป็นกรดของดินในแต่ละช่วงค่าพีเอชที่ต่ำกว่า 7.0 มีผลต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกัน รวมถึงมีผลต่อการเจริญเติบโตและกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน โดยปกติดินที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.5 ลงมาเท่านั้น ที่ถือว่าความเป็นกรดมีผลกระทบต่อการละลายได้ของธาตุอาหารและความเป็นพิษของธาตุบางอย่างและกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดิน ที่จะแนะนำให้มีการใช้วัสดุปูนช่วยในการปรับปรุงดินกรด

จากความหมายของดินที่เป็นกรดข้างต้น จะพบว่าดินส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นดินกรด การแพร่กระจายครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งประเทศ (ภาพที่ 3) ส่วนใหญ่เป็นดินในอันดับอัลทิซอลล์ ออกซิซอลล์ และอัลฟิซอลล์ โดยมีการแพร่กระจายอยู่มากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาคือ ภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคกลาง และภาคตะวันออก ตามลำดับ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548)

ชนิดของดินกรด

1) ดินกรด เป็นดินที่มีไฮโดรเจนไอออน (H^+) และ/หรือไอออนของอะลูมินัมไฮเดรตรูปต่างๆ ซึ่งเป็นประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ที่ให้ความเป็นกรดแก่ดิน เมื่อประจุบวกที่เป็นกรดถูกแทนที่หรือแลกเปลี่ยนกับประจุบวกอื่นๆในดิน จะทำให้สารละลายดินมีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อประจุบวกที่เป็นด่าง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม ถูกพืชดูดไปใช้มากขึ้นหรือถูกชะละลายไป ประจุบวกที่เป็นกรดก็จะมีสัดส่วนมากขึ้น ไฮโดรเจนไอออนและอะลูมินัมไอออนจะเข้าแทนที่ประจุบวกที่เป็นด่าง เมื่อเกิดการแตกตัวก็จะเพิ่มความเป็นกรดให้แก่ดิน

2) ดินกรดกำมะถันหรือดินเปรี้ยวจัด เป็นดินที่มีสารประกอบกำมะถันปริมาณมาก และเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการทางเคมี เกิดเป็นกรดกำมะถัน ทำให้ดินมีความเป็นกรดรุนแรง สภาพของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและสิ่งมีชีวิต โดยปกติดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดกำมะถันจะมีค่า pH ต่ำกว่า 4.0 และมักพบสารประกอบจาโรไซต์ที่มีสีเหลืองฟางข้าวเกิดขึ้น

3) ดินอินทรีย์ หมายถึง ดินอินทรีย์ที่มีปฏิกิริยาเป็นกรด โดยเฉพาะดินอินทรีย์ในประเทศไทย ส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรดรุนแรง หรือเป็นดินเปรี้ยวจัด พบบริเวณแอ่งต่ำใกล้ชายฝั่งทะเลที่มีการสะสมของอินทรียวัตถุหนาและมีสารประกอบกำมะถันมาก ความเป็นกรดของดินอินทรีย์นอกจากจะมาจากการผุพังสลายตัวของอินทรียวัตถุที่ทำให้เกิดกรดอินทรีย์แล้ว ยังเกิดกรดกำมะถันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบกำมะถันอีกด้วย ดังนั้น ปัญหาของดินอินทรีย์กรด จึงเป็นปัญหาทางกายภาพที่โครงสร้างไม่แข็งแรง ยุบตัวได้ง่ายแล้วยังมีปัญหาความเป็นกรดที่รุนแรงด้วย

ดินด่าง หมายถึง ดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอช (pH) สูงกว่า 7.0 ความเป็นด่างของดินเกิดจากการแปรสภาพของวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีสมบัติเป็นด่าง โดยเฉพาะหินปูนที่มีแคลเซียมและ/หรือแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ปูนโดโลไมต์ ($CaMg(CO_3)_2$) มีผลทำให้ดินมีปริมาณแคตไอออนสภาพเบส (Basic Cation) ที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ได้แก่ แคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณมาก และทำให้ดินมีฤทธิ์เป็นด่าง เมื่อเกลือคาร์บอเนตเหล่านี้ รวมทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนที่ดูดซับอยู่ที่ผิวดินมีการแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) แล้วทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณไฮดรอกซิล (OH^-) ในสารละลายดิน

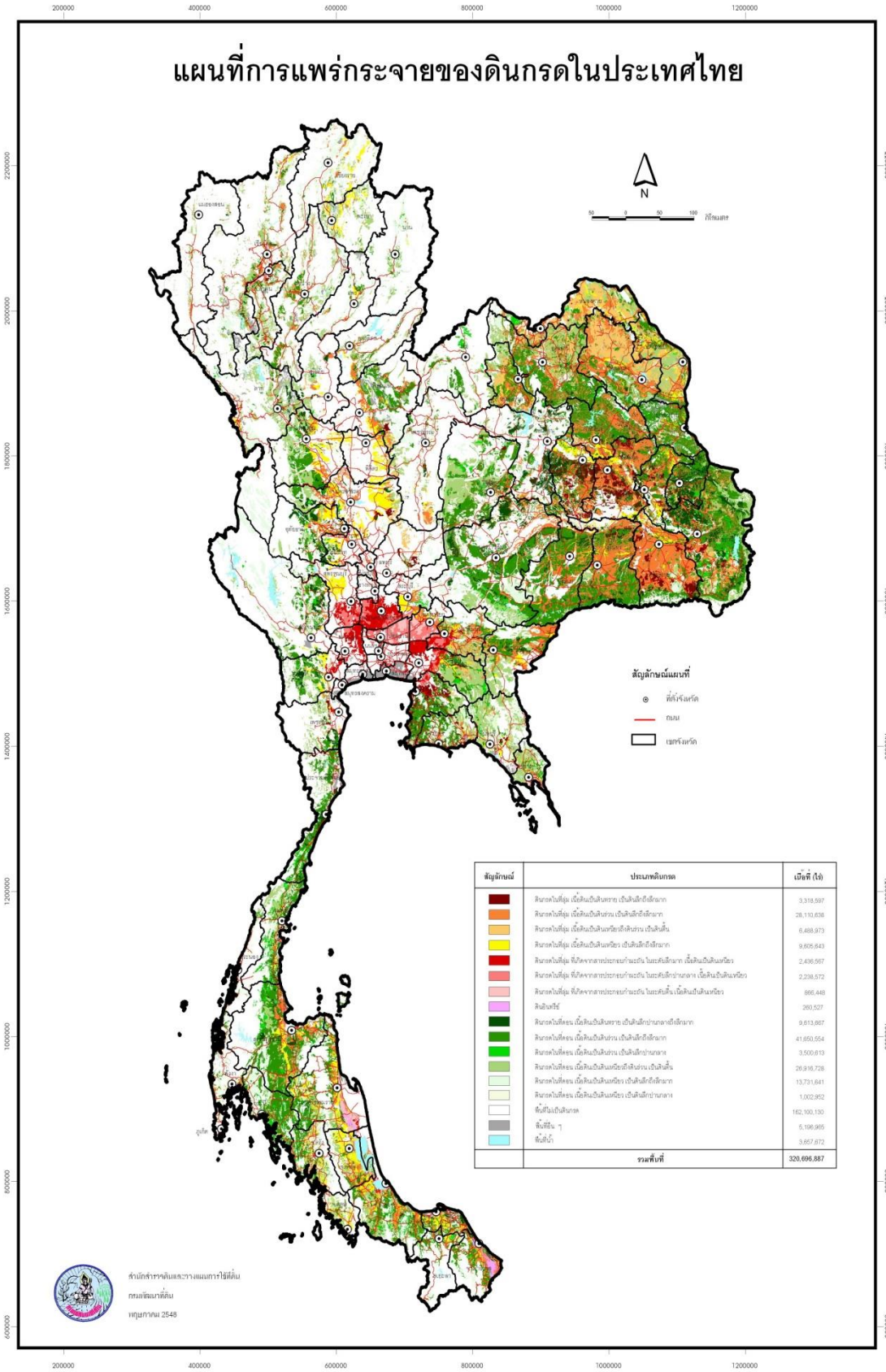
โดยปกติการทดสอบดินประเภทนี้จะใช้กรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (M) หยดลงไปจะเกิดฟอง ถ้าดินมีแคลเซียมคาร์บอเนตสูง จะเรียกดินชนิดนี้ว่า ดินแคลคาเรียส หรือดินเนื้อปูน (calcareous soils) ซึ่งเกิดจากบริเวณดังกล่าวมีปริมาณฝนตกน้อยหรือแห้งแล้ง แคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนตไม่ถูกชะละลาย จึงสะสมในดิน หรือเกิดจากระดับน้ำใต้ดินสูง ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนตละลายอยู่แล้วจะขึ้นมาสะสมในดินบน เมื่อน้ำผิวดินระเหยออกไปแคลเซียมคาร์บอเนตจะถูกน้ำนำขึ้นมาแทนในดินบน โดย Capillary rise และตกตะกอน ชุดดินที่พบได้แก่ บ้านหมี่ โคกกระเทียม และลพบุรี เป็นต้น

ตารางที่ 3 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินหรือพีเอชและอิทธิพลต่อพืช

ค่าพีเอช	ระดับ	อิทธิพลต่อพืช
<3.5	กรดรุนแรงมากที่สุด	ช่วง pH <3.5-5.5 ของดินเป็นระดับความเป็นกรดของดินที่มีปัญหาต่อการปลูกพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเป็นพิษของธาตุอาหารพืชและธาตุบางชนิดในดิน เช่น Fe Mn Al ฯลฯ และการเกิดการตรึงฟอสฟอรัสในดินเป็นจำนวนมาก
3.5-4.5	กรดรุนแรงมาก	
4.6-5.0	กรดจัดมาก	
5.1-5.5	กรดจัด	
5.6-6.0	กรดปานกลาง	ช่วง pH 5.6-7.3 ของดิน เป็นระดับที่มีปัญหาต่อพืชน้อยที่สุด หรือเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตของพืช
6.1-6.5	กรดเล็กน้อย	
6.6-7.3	เป็นกลาง	
7.4-7.8	ด่างเล็กน้อย	ดินที่มีสมบัติเป็นด่างปานกลางถึงเป็นด่างจัดมาก (pH 7.9->9.0) พืชที่ปลูกอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดธาตุอาหารพืชหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส โบรอน ทองแดง และสังกะสี
7.9-8.4	ด่างปานกลาง	
8.5-9.0	ด่างจัด	
>9.0	ด่างจัดมาก	

ที่มา : ปิยะ (2556)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 3 การแพร่กระจายของดินกรดในประเทศไทย (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548)

ดินเกลือ หมายถึง ดินที่มีเกลือที่ละลายได้ง่าย (soluble salts) และ/หรือโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณมากจนทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าปกติอย่างเด่นชัด ซึ่งเกิดผลกระกระทบจากปริมาณเกลือ โดยทั่วไปส่วนใหญ่ดินที่อยู่ใกล้ทะเลมักจะมีเกลือสะสมมากกว่าดินที่อยู่ไกลทะเล แต่ดินบางบริเวณแม้จะอยู่ห่างทะเลแต่ก็ได้รับอิทธิพลจากทะเลในอดีต หรือในบางบริเวณน้ำอาจพัดพาเกลือจากแหล่งอื่นมาสะสมจนดินนั้นมีเกลือมากกว่าปกติได้เช่นกัน หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การนำแกลือจากแหล่งอื่นมาใส่เพื่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หรือสูบน้ำใต้ดินที่มีแหล่งหินเกลือเพื่อทำเกลือสินเธาว์ เป็นต้น ดินเหล่านี้เป็นดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ (salt affected soil) หรือเรียกว่า ดินเกลือ หรือดินเค็มก็ได้ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1) ดินเค็ม (saline soil) คือ ดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้อยู่ในสารละลายดินมาก จนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช สภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีค่าสูงกว่า 4 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่า 15 และค่าพีเอชมักจะน้อยกว่า 8.5 หรืออยู่ในสภาพเป็นกลาง เกลือที่พบมักเป็นคลอไรด์และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยทั่วไปพืชที่ไวต่อความเค็มจะแสดงอาการได้รับพิษจากความเค็มเมื่อค่าสภาพการนำไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 2 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ขึ้นไป สำหรับพืชทนเค็มจะแสดงอาการเมื่อค่าสภาพการนำไฟฟ้ามีค่าตั้งแต่ 8 เดซิซีเมนส์ต่อเมตรขึ้นไป

2) ดินเค็มโซดิก (saline-sodic soil) หรือดินเค็มที่มีเกลือโซเดียมสูง หมายถึง ดินที่มีเกลือที่ละลายได้ง่ายและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่มาก จนก่อให้เกิดอันตรายต่อพืช สภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีค่าสูงกว่า 4 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 15 หรือมีค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมตั้งแต่ 13 ขึ้นไป และอาจมีค่าพีเอชสูงถึง 8.5 ได้

3) ดินโซดิก (sodic soil) ดินที่มีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากพอที่จะเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช รวมถึงมีอิทธิพลต่อโครงสร้างดิน โดยทั่วไปค่าร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เกินกว่า 15 หรือมีค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมมากกว่า 13 ขึ้นไป ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีค่าน้อยกว่า 4 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่มีพีเอชสูงกว่า 8.5 เกลือที่ละลายน้ำได้มีเกลือคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตของโซเดียม

ความสำคัญของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ค่าพีเอชของดินเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะช่วยบ่งชี้ถึงคุณภาพของดินต่อการผลิตพืชได้เป็นอย่างดีและค่อนข้างชัดเจนในระดับหนึ่ง เพราะมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืช ดินที่มีสภาพเป็นกรดมากๆ พืชจะไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นกรดเป็นด่างของดินเกี่ยวข้องอยู่กับระดับธาตุอาหารในดินที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ความสัมพันธ์หรือผลกระทบทั้งโดยตรงและโดยอ้อมของความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่อสมบัติของดินที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช พอสรุปได้ดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548 ; พจนีย์, 2544 ; ปิยะ, 2556)

1. บทบาทของพีเอชต่อความเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารพืช

1.1) ธาตุอาหารหลัก

ไนโตรเจน ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีววิทยา (biological process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องมีเอนไซม์หรือจุลินทรีย์ดินเข้ามาเกี่ยวข้องจึงจะเกิดขึ้นได้ โดยกระบวนการไนทริฟิเคชัน (nitrification) เป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้ NH_3 หรือ NH_4^+ ถูกออกซิไดส์ไปเป็นไนไตรต์ และไนไตรต์จะถูกออกซิไดส์อีกครั้งหนึ่งให้เป็นไนเตรต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพืช เพราะถ้าไนไตรต์สะสมในดินเป็นจำนวนมากก็จะเป็นพิษต่อพืชได้ สภาพความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการนี้อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ปกติแล้วไม่ควรจะต่ำกว่า 4.5 ถ้าต่ำกว่านี้กระบวนการไนทริฟิเคชั่นจะหยุดทันที ทั้งนี้เพราะ nitrifying bacteria ค่อนข้างไวต่อสภาพความเป็นกรดเป็นด่างมาก และถ้าค่าพีเอชเกินกว่า 7.5 กระบวนการดังกล่าวก็จะเกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลงหรือหยุดชะงักในที่สุด

ฟอสฟอรัส ระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินจะขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของดินเป็นอย่างมาก เมื่อดินมีค่าพีเอชต่ำมาก คือดินมีความเป็นกรดรุนแรงมาก เหล็กและอะลูมินัมที่ละลายออกมามากจะตรึงฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปของเหล็กและอะลูมินัมฟอสเฟตที่ละลายยาก พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สภาพความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอชที่เหมาะสมต่อการละลายของฟอสเฟตที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้อยู่ในช่วงระหว่าง 6-7 ซึ่งฟอสเฟตจะถูกตรึงน้อยที่สุด เมื่อดินมีค่าพีเอชสูงกว่านี้ ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จะลดลง เนื่องจากฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยทำปฏิกิริยากับแคลเซียมและแมกนีเซียมและคาร์บอเนตของธาตุทั้งสอง เกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยาก

โพแทสเซียม ความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมจะมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชเช่นเดียวกับธาตุอาหารอื่น ในดินที่เป็นกรดรุนแรงระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมจะค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากในสภาพดังกล่าวโพแทสเซียมจะถูกชะละลายออกไปจากดินได้ง่าย การใช้ปูนในดินกรดเพื่อยกระดับพีเอชของดินให้สูงขึ้น จะทำให้โพแทสเซียมถูกชะละลายได้น้อยลง เนื่องจากแคลเซียมไปลดความเป็นกรดของดิน โดย K^+ ไล่ที่ Ca^{2+} ได้ง่ายกว่า H^+ หรือ Al^{3+} ทำให้ตัวมันเองถูกดูดซับอยู่ที่อนุภาคดิน ดังนั้นปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกชะละลายไปโดยน้ำจึงน้อยลง อย่างไรก็ตามการใส่ปูนมากเกินไปจะทำให้เกิดการขาดโพแทสเซียมในดินได้ เพราะแคลเซียมจากปูนจะเข้ามาแทนที่โพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้จนโพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้เหลืออยู่น้อย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

1.2) ธาตุอาหารรอง

แคลเซียมและแมกนีเซียม ดินที่มีความเป็นกรดอย่างรุนแรงจะมีปริมาณธาตุทั้งสองนี้ต่ำมาก เพราะจะถูกชะละลายออกไปจากดินได้ง่ายมาก โดยทั่วไปดินจะมีระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อดินมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 5.5-8.5 ถ้าต่ำหรือสูงกว่านี้พืชก็อาจแสดงอาการขาดธาตุอาหารทั้งสองให้ปรากฏได้ สำหรับดินที่มีพีเอชสูงกว่า 8.5 มักจะมีระดับแคลเซียมต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากดินซึ่งมีพีเอชระดับนี้แคตไอออนแลกเปลี่ยนได้ ส่วนใหญ่ในดินจะเป็นโซเดียม ถ้าดินมีระดับโซเดียมแลกเปลี่ยนได้มากกว่า 40-50 เปอร์เซ็นต์ แล้วปัญหาที่เกิดขึ้นคือพืชขาดแคลเซียมและแมกนีเซียม แล้วยังเป็นพิษเนื่องจากโซเดียมมากเกินไปอีกด้วย

1.3) จุลธาตุอาหาร

เหล็ก ในดินทีมีค่าพีเอชต่ำ (pH < 5.0) เหล็กจะละลายได้ง่ายมาก เมื่อพีเอชมีค่าสูงขึ้น ปริมาณเหล็กที่ละลายน้ำได้ก็จะลดลง ดังนั้นในดินที่มีพีเอชสูง เช่น ชุดดินลพบุรี ซึ่งมีค่าพีเอชประมาณ 7.2 พืชที่ปลูกจะแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก แต่ส่วนใหญ่ในดินจะมีเหล็กเพียงพอกับการเจริญเติบโตของพืช ถ้าไม่ใช่ดินทรายและดินเนื้อปูน

แมงกานีส ละลายได้ง่ายเมื่อดินเป็นกรด ถ้าดินมีแมงกานีสมากอาจเป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูกเช่นเดียวกันกับเหล็ก เมื่อพีเอชของดินสูงขึ้นความสามารถในการละลายได้จะลดลงและจะน้อยมากเมื่อพีเอชใกล้เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย ในดินที่มีพีเอช 6.5 ขึ้นไปอาจเกิดปัญหาการขาดแมงกานีส แต่ปกติแล้วถ้าไม่ใช่ดินทรายซึ่งมีปริมาณแมงกานีสต่ำ ปริมาณแมงกานีสจะเพียงพอถึงแม้ว่าพีเอชของดินจะเป็นกลางก็ตาม

ทองแดง ละลายได้ง่ายเมื่อดินเป็นกรดและละลายยากขึ้นเมื่อดินพีเอชเป็นกลางหรือเป็นด่าง ถึงแม้ความเป็นประโยชน์ของทองแดงจะเกี่ยวข้องกับระดับพีเอช แต่ไม่มีผลรุนแรงถ้าดินนั้นมีทองแดงเพียงพอ แต่ถ้าดินมีทองแดงอยู่ในดินน้อย พืชอาจจะขาดทองแดงได้ สำหรับดินอินทรีย์ ข้าวจะแสดงอาการขาดทองแดงอย่างเด่นชัด และมีเมล็ดลีบเป็นจำนวนมาก

สังกะสี ละลายได้ง่ายเมื่อดินเป็นกรดและมีพีเอชต่ำมาก แต่เมื่อพีเอชของดินสูงขึ้นสังกะสีในดินจะละลายน้ำได้น้อยลง พืชดูดกินสังกะสีได้ยากขึ้น แต่เมื่อพีเอชของดินสูงขึ้นมากกว่า 7.0 สังกะสีจะเปลี่ยนสภาพจากไอออนบวกเป็นไอออนลบได้ คือกลายเป็น zincate ion ในกรณีดังกล่าวนี้ถ้าดินเป็นด่างมีแคลเซียมมาก สังกะสีจะอยู่ในรูปของ calcium zincate ซึ่งละลายน้ำได้ยากพืชเอาไปใช้ประโยชน์ได้ยาก แต่ถ้าดินที่เป็นด่างมีโซเดียมอยู่มาก สังกะสีจะอยู่ในรูปของ sodium zincateซึ่งละลายน้ำได้ง่ายและจะกลับเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่ายขึ้น

โบรอน เมื่อดินมีสภาพเป็นกลางหรือเป็นด่าง โบรอนจะละลายน้ำได้ยาก ดังนั้น การใส่ปูนเพื่อแก้ไขสภาพความเป็นกรดของดิน จะทำให้ความเป็นประโยชน์ของโบรอนลดลง และเมื่อมีปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้น พืชดูดกินแคลเซียมเข้าไปมากจะทำให้พืชมีความต้องการโบรอนมากตามไปด้วย ดังนั้น ในดินที่ใส่ปูนอาจจำเป็นจะต้องเพิ่มโบรอนด้วย จึงจะทำให้ธาตุอาหารเกิดความสมดุล

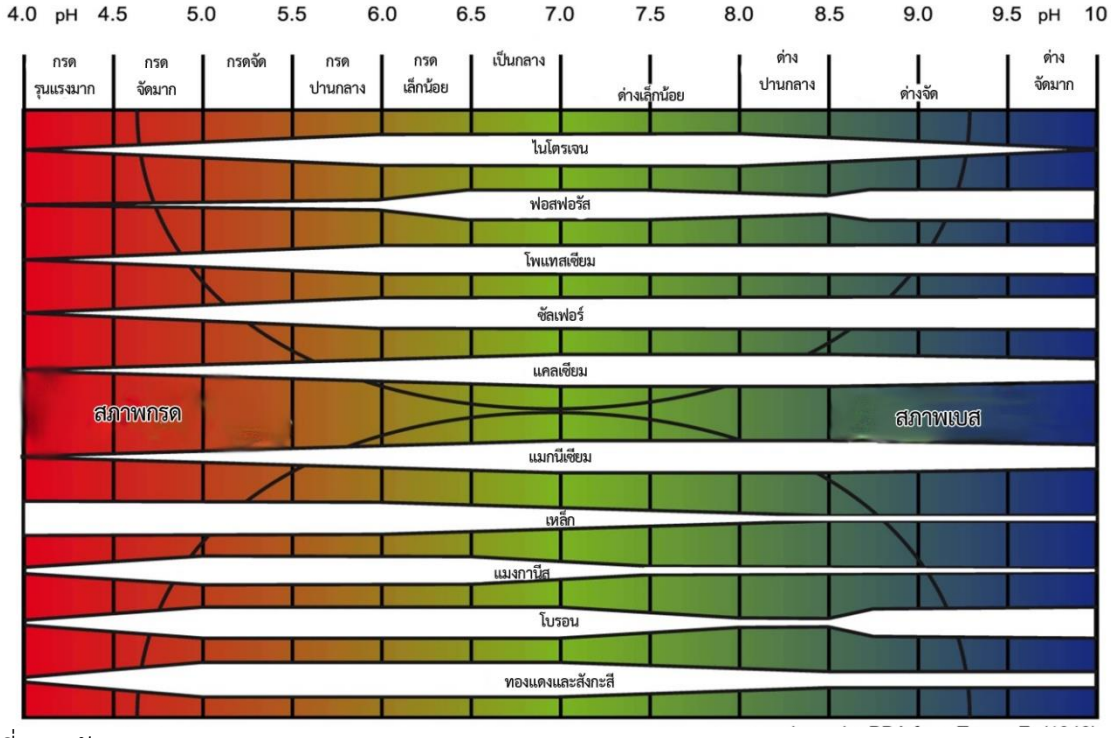
โมลิบดีนัม ละลายน้ำได้ดีเมื่อดินมีค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งตรงข้ามกับเหล็ก แมงกานีสและสังกะสี ดังนั้น เมื่อดินเป็นกรดมีพีเอชต่ำพืชมักจะแสดงอาการขาดโมลิบดีนัม โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่ว การที่จะให้โมลิบดีนัมเป็นประโยชน์มากที่สุดจำเป็นต้องเพิ่มปูนเพื่อปรับระดับพีเอชให้เป็นกลางเหมาะกับพืชที่ปลูกด้วย

ดังนั้น การที่จะให้ธาตุอาหารพืชละลายออกมาให้พืชใช้ประโยชน์มากที่สุด จำเป็นที่จะต้องเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชของดิน กับระดับของธาตุอาหารพืชในดินที่พืชจะใช้ประโยชน์ได้ ดังภาพที่ 4

2. บทบาทของพีเอชต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน

จุลินทรีย์ในดินมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพของอินทรียวัตถุในดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน การตรึงก๊าซไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่วและอื่นๆ โดยทั่วไปจุลินทรีย์ในดินส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

แบคทีเรีย (bacteria) และแอคติโนไมซีสต์ (actinomycetes) จะเจริญได้ดีในดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในระดับเป็นกรดถึงเป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย (pH 6.0-8.0) และถ้าดินมีความเป็นกรดมากกว่านี้ (pH <6.0) จะทำให้กิจกรรมของแบคทีเรียและแอคติโนไมซีสต์ในดินลดลงและมีผลในทางลบต่อกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน เช่น กระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากการแปรสภาพของอินทรีย์สารในดิน (mineralization process) และกระบวนการตรึงก๊าซไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว (symbiotic nitrogen fixation process) เป็นต้น



ที่มา : ดัดแปลงจาก redrawn by PDA from Truog, E.(1946)

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอช (pH) กับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน ความกว้างของแถบที่ระดับพีเอชใด แสดงปริมาณในเชิงเปรียบเทียบความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชแต่ละธาตุในดินซึ่งมีพีเอชระดับนั้น กล่าวได้ว่า ดินที่มีพีเอชในช่วง 6.0-7.0 ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างๆอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไป

3. บทบาทของพีเอชของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

ระดับพีเอชของดินนั้น อาจระบุเป็นตัวเลขโดยประมาณ ไม่จำเป็นต้องบอกค่าพีเอชของดินที่แท้จริงเสมอไป ดังนั้นค่าพีเอชของดินที่วัดได้ถึงแม้ว่าจะผิดพลาดไปเล็กน้อยก็ยังมีความหมาย ซึ่งนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการพิจารณาสภาพกรดและด่างของดินได้ ฉะนั้นการบอกปฏิกิริยาดินแต่เพียงว่าเป็นกรดจัด ปานกลาง หรือกรดเล็กน้อยก็เพียงพอแล้ว อีกประการหนึ่งเกษตรกรมักจะเข้าใจได้ดีกว่าถ้าพูดถึงปฏิกิริยาดินว่าอยู่ในระดับรุนแรงสักแค่ไหนแทนที่จะบอกเป็นตัวเลขโดดๆ ซึ่งถ้าใครไม่มีความรู้เกี่ยวกับพีเอชของดินก็จะไม่ทราบเลยว่ามันมีความหมายอย่างไร

พืชที่ปลูกในดินแต่และชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงพีเอชที่แตกต่างกัน โดยปกติพืชส่วนใหญ่ชอบดินที่มีความเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) และในดินชนิดเดียวกันพืชชนิดหนึ่งอาจเจริญเติบโตได้ดี แต่พืชอีกชนิดหนึ่งอาจแสดงอาการขาดธาตุบางธาตุได้ หรือในดินชนิดเดียวกัน พืชต่างชนิดกันอาจแสดงอาการขาดธาตุแตกต่างกันได้ เช่น กรมวิชาการเกษตรโดยปรีดาและคณะ (2532) อ้างถึงโดยพจนีย์ (2544) ได้ทำการทดลองพบว่าถั่วลิสง เมื่อปลูกในดินเหนียวสีดำชุดดินตาคลี ที่มีค่าพีเอช 7.5 จะมีอาการใบเหลืองซีดเนื่องจากการขาดธาตุเหล็ก แต่เมื่อปลูกข้าวโพดในชุดดินเดียวกัน จะแสดงอาการขาดธาตุสังกะสีอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าค่าพีเอชของดินสามารถใช้ประเมินสถานะของธาตุอาหารในดินได้อย่างคร่าวๆ พีเอชของดินที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดนั้น ได้รวบรวมไว้ในตารางผนวกที่ 5

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือและวัสดุวิทยาศาสตร์
   - 1.1 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH meter)
   - 1.2 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electric conductivity)
   - 1.3. ชุดน้ำยาตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Truog)
   - 1.4. ชุดน้ำยาตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (LDD pH Test Kit)
   - 1.5. บีกเกอร์ (Beaker)
   - 1.6. แท่งแก้ว (Stirring rod)
   - 1.7. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
   - 1.8. เครื่องกวนสารสละลาย (Overhead sterring)
2. สารเคมี
   - 2.1. อินดิเคเตอร์ (indicator)
   - 2.2 กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
   - 2.3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
   - 2.4. แอลกอฮอล์ (Alcohol 95%)
   - 2.5. ผงทำให้เกิดสี (สวด.04)
3. ตัวอย่างดิน
   - 3.1 ดินกรด
   - 3.2 ดินด่าง
   - 3.3 ดินเค็ม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รวบรวมตัวอย่างดินจากห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยเคมีดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน และกลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1, 5 และ 9
2. เก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติม ในพื้นที่ที่เป็นดินเค็ม จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดขอนแก่น พื้นที่ที่เป็นดินด่างในจังหวัดนครสวรรค์ และลพบุรี
3. การพัฒนาชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน กรมพัฒนาที่ดิน

   3.1 การลดขั้นตอน

   3.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

   ตัวอย่างดินที่จะนำมาวิเคราะห์ไม่ต้องผ่านขั้นตอนกระบวนการเตรียมตัวอย่างให้เสียเวลา สามารถเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่นั้นๆ มาวิเคราะห์หรือทดสอบได้เลย

   3.1.2 อุปกรณ์

   อุปกรณ์จะต้องดัดแปลงหรือทำให้ใช้งานง่าย ไม่แตกหักหรือชำรุดในขณะใช้งาน สามารถพกพานำไปใช้งานในภาคสนามได้

   3.1.3 วิธีวิเคราะห์

   ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์จะต้องเป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อนหลายขั้นตอน สะดวก และรวดเร็ว สามารถทราบผลได้ทันที

3.1.4 ระยะเวลา

ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างจะต้องไม่นานจนเกินไป และสามารถทราบค่าความเป็นกรดเป็นด่างได้ทันที

3.1.5 อินดิเคเตอร์

เป็นการประยุกต์ใช้อินดิเคเตอร์โดยวิธีการดูสีแทนเครื่องวัด pH meter ซึ่งอินดิเคเตอร์จะสามารถเปลี่ยนสีในช่วงพีเอชใดพีเอชหนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถจะใช้อินดิเคเตอร์เพียงตัวเดียวแล้วครอบคลุมในช่วงดินที่เป็นกรดถึงช่วงที่เป็นด่างได้ ดังนั้นจะต้องใช้อินดิเคเตอร์หลายตัวผสมกัน ในสัดส่วนและความเข้มข้นที่เหมาะสม ให้ครอบคลุมช่วงพีเอชที่ต้องการ

3.1.6 แผ่นเทียบสีมาตรฐาน

เป็นการกำหนดค่าของพีเอช โดยการใช้สีเป็นตัวแทนของค่าพีเอชแต่ละตัวในช่องสีแต่ละช่องจะกำกับด้วยค่าพีเอชตั้งแต่ช่วงเป็นกรดรุนแรงมากที่สุดถึงเป็นด่างจัด (pH 3.0-8.5) โดยแต่ละช่องสีจะมีค่าแตกต่างกัน 0.5 หน่วยพีเอช ซึ่งค่าสีพีเอชที่กำหนดจะได้จากการทดสอบกับตัวอย่างดินมาตรฐานหรือตัวอย่างดินอ้างอิงที่ทราบค่าความเป็นกรดเป็นด่าง จากการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการโดยเครื่อง pH meter

3.2 การเตรียมน้ำยาทดสอบ

3.2.1 เตรียมสารละลาย NaOH 0.01 M จำนวน 500 ml

3.2.2 เตรียมสารละลาย HCl 0.01 M จำนวน 500 ml

3.2.3 เตรียมสารละลาย 40% Alcohol จำนวน 2 ลิตร

3.2.4 เตรียมสารละลายอินดิเคเตอร์ สวด. 01 0.25 % ใน 40 % Alcohol

3.2.5 เตรียมสารละลายอินดิเคเตอร์ สวด. 02 0.50 % ใน 40 % Alcohol

3.2.6 เตรียมสารละลายอินดิเคเตอร์ สวด. 03 0.10 % ใน 40 % Alcohol

3.2.7 ผสมสารละลายอินดิเคเตอร์ทั้งสามชนิดที่ได้ในข้อ 3.2.4 ถึง 3.2.6 เข้าด้วยกันในอัตราส่วน 1:1:1 คนสารละลายให้เข้ากันอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

3.2.8 ปรับพีเอชของสารละลายให้เป็นกลางด้วยสารละลาย NaOH 0.01 M หรือ HCl 0.01 M

3.2.9 เก็บน้ำยาไว้ในขวดสีชาหรือวัสดุทึบแสง

3.3 ทดสอบความเสถียรของน้ำยา

3.3.1 ระยะเวลาที่เก็บน้ำยา (3,6,9 และ 12 เดือน)

3.3.2 สังเกตสีน้ำยาเมื่อเก็บน้ำยาทดสอบไว้ตามระยะเวลาในข้อ 3.3.1

3.3.3 ตรวจสอบค่าพีเอช (pH) เมื่อเก็บน้ำยาไว้ตามระยะเวลาในข้อ 3.3.1

4. วิเคราะห์ตัวอย่างดิน

4.1 วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter ตามวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยเคมีดิน โดยทำการวิเคราะห์ตามคู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ พืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน เล่ม 1 (2548) และจำแนกความเป็นกรด/ด่างหรือระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Land Classification Division and FAO Project Staff,1973 ; คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551) ดังตารางที่ 4

4.2 วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) โดยใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

4.3 วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) โดยใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ในปัจจุบัน (Truogsurvey)

ตารางที่ 4 ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ระดับ (rating)	พิสัย
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	<3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.5
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slighty acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slighty alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0

ที่มา : Land Classification Division and FAO Project Staff (1973), คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา (2551)

4.4 วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) โดยใช้เครื่อง Conductivity meter ด้วยวิธีการสกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated paste) ตามวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยเคมีดิน โดยทำการวิเคราะห์ตามคู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ พืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน เล่ม 1 (2548) ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.0 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (dS/m) จัดว่าเป็นดินเค็ม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การจำแนกประเภทของดินเกลือ

ประเภทดิน	การนำไฟฟ้า (dS/m)	ESP	SAR	pH[1/]
ดินธรรมดา	<4	<15	<13	<8.5
ดินเค็ม	≥4	<15	<13	<8.5
ดินโซดิก	<4	>15	≥13	>8.5
ดินเค็มโซดิก	≥4	>15	≥13	<8.5

ที่มา : ดัดแปลงจากคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548), Brady และ Weil (2008)

หมายเหตุ : [1/] โดยทั่วไปในดินที่ได้รับอิทธิพลเกลือจะมีค่าพีเอชสูง แต่ในเขตร้อนมีข้อมูลที่แสดงว่าดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลืออาจไม่สูงก็ได้ ดังนั้นการใช้ค่าพีเอชประกอบเป็นดัชนี ในการระบุว่าเป็นดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ อาจใช้ได้เฉพาะบางกรณีเท่านั้นในประเทศไทย (นภาพร, 2557)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

5. เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ระหว่างวิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างทั้งสามวิธีและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี Analysis of varience (ANOVA)

5.1 ดินกรด โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง

5.1.1 วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ในห้องปฏิบัติการ (LAB) โดยใช้เครื่อง pH meter กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit)

5.1.2 วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ในปัจจุบัน (Truogsurvey)

5.2 ดินด่าง โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง

5.2.1 วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ในห้องปฏิบัติการ (LAB) โดยใช้เครื่อง pH meter กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit)

5.2.2 วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ปัจจุบัน (Truogsurvey)

5.3 ดินเค็ม โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง

5.3.1 วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ในห้องปฏิบัติการ (LAB) โดยใช้เครื่อง pH meter กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit)

5.3.2 วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ปัจจุบัน (Truogsurvey)

5.4 รวมตัวอย่างดินทั้งหมด โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง

5.4.1 วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ในห้องปฏิบัติการ (LAB) โดยใช้เครื่อง pH meter กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit)

5.4.2 วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ปัจจุบัน (Truogsurvey)

5.5 อิทธิพลของสีดินต่อการวัดค่าพีเอช โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง

5.5.1 วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ในห้องปฏิบัติการ (LAB) โดยใช้เครื่อง pH meter กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit)

5.5.2 วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ปัจจุบัน (Truogsurvey)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient: r) เป็นค่าที่ใช้บอกระดับและทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร ในที่นี้คือ วิธีวิเคราะห์ค่าพีเอชในแต่ละวิธี จำนวน 2 คู่ คือ คู่ที่ 1 ระหว่างวิธีวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ (LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) คู่ที่ 2 วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน

(LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey แล้วคำนวณหาค่า r จากรากที่สองของค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination : R^2) จากนั้นทำการพิจารณาค่า r โดยค่า r จะมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของความสัมพันธ์ ค่า r = 0 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรทั้งสอง ระดับความสัมพันธ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อ r มีค่าใกล้ -1 ถึง +1 โดยทั่วไปค่า r จะบอกถึงความสัมพันธ์ดังนี้ (สมจิต, 2546)

ถ้า r >0.8 แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมาก

r อยู่ระหว่าง 0.5-0.7 แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันปานกลาง

r อยู่ระหว่าง 0.2-0.4 แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันน้อย

r <0.2 แสดงว่า x และ y ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันเลย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธีของ ANOVA พิจารณาจากค่า sig F หรือค่า P_sig โดยพิจารณาเป็นรายคู่ หรือสองวิธีว่าเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่

1) ถ้าค่า P_sig ที่โปรแกรมคำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (0.01 หรือ 0.05) แสดงว่าทั้งสองวิธีในคู่นั้นมีความแตกต่างกัน

2) ถ้าค่า P_sig ที่โปรแกรมคำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (0.01 หรือ 0.05) แสดงว่าทั้งสองวิธีในคู่นั้นให้ผลการวิเคราะห์เหมือนกันหรือไม่มีความแตกต่างกัน

6. การทดสอบดินในภาคสนาม

6.1 นำน้ำยาที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบในภาคสนามในพื้นที่ที่เป็นดินกรด ดินเค็ม และดินด่าง เป็นการนำไปใช้ในพื้นที่จริงเทียบกับชุดตรวจสอบดินของ Truog ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้

6.2 เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในห้องปฏิบัติการ

6.3 เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ระหว่างวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ในปัจจุบัน (TruogSurvey)

6.4 เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ในห้องปฏิบัติการ (LAB) โดยใช้เครื่อง pH meter กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit)

6.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้วิธี ANOVA

7. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2550 อ้างโดยจิติมาและคณะ, 2552 : นันทนาและนุชนาท, 2555)

7.1 ความถูกต้อง (accuracy) หมายถึง ความถูกต้องของการทดลอง ถ้าค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าจริง แสดงว่าการทดลองนั้นมีความถูกต้องสูง และถ้าค่าที่ได้ห่างไกลจากค่าจริง แสดงว่ามีความถูกต้องน้อย กรณีนี้จะใช้ตัวอย่างดินอ้างอิงจำนวน 5 ชุดดินของกลุ่มวิจัยเคมีดินเป็นเกณฑ์อ้างอิง ทำจำนวน 5 ซ้ำ นำผลที่ได้มาคำนวณค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (relative error) และความถูกต้องสัมพัทธ์ (relative accuracy)

$$\% \text{ relative error} = \frac{\text{ค่าที่ทดสอบได้} - \text{ค่าที่แท้จริง}}{\text{ค่าที่แท้จริง}} \times 100$$

$$\% \text{ relative accuracy} = \frac{\text{ค่าที่ทดสอบได้}}{\text{ค่าที่แท้จริง}} \times 100$$

เกณฑ์การยอมรับโดยทั่วไปของความผิดพลาดสัมพัทธ์ไม่เกิน 10 % และความถูกต้องสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 90-110 %

7.2 ความแม่นยำ (precision) หมายถึง ความแน่นอนในการวัด ในการวัดหลายๆครั้ง ถ้าค่าที่ได้จากการทดสอบเป็นค่าที่ซ้ำๆกัน คือวัดได้ใกล้เคียงกันทุกครั้งแสดงว่าการวัดนั้นมีความแน่นอนสูง ถ้าค่าที่วัดได้แต่ละครั้งเป็นค่าที่ห่างไกลกันไม่ค่อยมีค่าที่ซ้ำหรือใกล้เคียงกันแสดงว่าการวัดนั้นมีความแน่นอนต่ำกรณีนี้ใช้ตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของดินกรด ดินด่าง และดินเค็มชนิดละ 5 ตัวอย่าง มาทำการทดสอบตัวอย่างละ 10 ซ้ำ แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (relative standard deviation : RSD)

$$\% \text{ RSD} = \frac{\text{SD}}{\text{Mean}} \times 100$$

เกณฑ์การยอมรับโดยทั่วไปของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ไม่เกิน 10 %

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การพัฒนาชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของกรมพัฒนาที่ดิน

1.1 การลดขั้นตอน

1.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

วิธีการตรวจสอบตัวอย่างดินที่พัฒนาขึ้น สามารถตรวจสอบดินในสภาพพื้นที่จริง โดยไม่ต้องเตรียมตัวอย่างดิน ซึ่งตัวอย่างดินจะต้องไม่อยู่ในสภาพที่มีน้ำขังหรือชื้นแฉะจนเกินไป ทำให้ลดขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างดิน

1.1.2 อุปกรณ์

ชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมาเป็นการดัดแปลงเพื่อให้ง่ายต่อการทดสอบดินในภาคสนาม ใช้งานได้ง่าย และมีความคงทนแข็งแรง โดยชุดอุปกรณ์ประกอบด้วย

1) ขวดใส่น้ำยาทดสอบ (สวด.05)
2) ขวดบรรจุผงเพื่อทำให้เกิดสี (สวด.04)
3) ถาดหลุมสำหรับใส่ตัวอย่างดิน
4) แผ่นเทียบสีมาตรฐาน
5) ช้อนคนดิน
6) กระเป๋าหรือกล่องบรรจุอุปกรณ์

ภาพที่ 5 แสดงอุปกรณ์ชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน กรมพัฒนาที่ดิน

1.1.3 **วิธีวิเคราะห์** (ภาพที่ 6)

ขั้นตอนและวิธีการที่พัฒนาขึ้นเป็นวิธีการที่ง่าย ขั้นตอนในการตรวจสอบไม่ซับซ้อน เกษตรกรหรือผู้สนใจสามารถทดสอบดินได้ด้วยตนเอง ชุดน้ำยาทดสอบความเป็นกรดเป็นด่างที่พัฒนาขึ้น บรรจุอยู่ในขวดพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตร สามารถวิเคราะห์ได้จำนวน 80 ตัวอย่างพร้อมกับอุปกรณ์ที่จำเป็น คือ แผ่นเทียบสีมาตรฐานที่ใช้ในการอ่านค่าพีเอช (pH) ผงทำให้เกิดสี (สวด.04) และอุปกรณ์อื่นๆ บรรจุอยู่ในกระเป๋าขนาดกะทัดรัด พกพาสะดวก สำหรับวิธีการวิเคราะห์ มีดังนี้

1) ใช้ช้อนตักดินที่สะอาด ตักดินพอประมาณใส่ลงในถาดหลุม
2) หยดน้ำยาทดสอบลงไปบนดินจนดินชุ่มหรืออิ่มตัวด้วยน้ำ ใช้ช้อนคนตัวอย่างดินกับน้ำยาให้เข้ากัน (กรณีที่ดินยังไม่อิ่มตัว ให้หยดน้ำยาทดสอบเพิ่ม)
3) ตบผงทำให้เกิดสี (สวด. 04) ลงไปบนดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ผงจะดูดซับสีให้เห็นชัดเจนขึ้น
4) เปรียบเทียบสีที่ปรากฏบนผงดูดซับสีเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน อ่านค่าพีเอช (pH) ภายใน 3 นาที จากค่าพีเอชที่กำกับไว้ในแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่มีสีใกล้เคียงกันมากที่สุด

ภาพที่ 6 แผนผังแสดงขั้นตอนการตรวจสอบค่าพีเอชของดิน ด้วยชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดด่างของดิน (LDD pH Test Kit)

1.1.4 อินดิเคเตอร์

อินดิเคเตอร์ที่ใช้เตรียมน้ำยาทดสอบความเป็นกรดเป็นด่างที่ใช้มีทั้งหมด 3 ตัว ครอบคลุมในช่วงที่ดินมีความเป็นกรด กลาง และด่าง ผสมกันในสัดส่วนและความเข้มข้นที่เหมาะสม สามารถให้สีในช่วงที่ดินเป็นกรด กลาง และด่าง ได้อย่างชัดเจน การไล่เฉดสีในแต่ละช่วงพีเอชมีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด โดยแต่ละเฉดสีเป็นการเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินมาตรฐานหรือตัวอย่างดินอ้างอิงที่ทราบค่าพีเอชอยู่แล้ว

1.1.5 แผ่นเทียบสีมาตรฐาน

เมื่อกำหนดอินดิเคเตอร์เพื่อเตรียมชุดน้ำยาทดสอบในข้อ 1.1.4 เสร็จเรียบร้อยและทดสอบกับตัวอย่างดินอ้างอิงแล้ว การทำแผ่นเทียบสีมาตรฐานให้ครอบคลุมช่วงพีเอชที่เป็นกรดรุนแรงมากที่สุดถึงเป็นด่างจัด (pH 3.0-8.5) กำหนดให้แต่ละช่องสีแทนค่าของพีเอชและมีความแตกต่างกัน 0.5 หน่วยพีเอช โดยช่วงที่ดินเป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (pH 3.0) มีสีออกเหลืองส้ม และไล่เฉดสีออกเป็นสีเหลือง เหลืองอมเขียวในช่วงที่ดินมีระดับเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 3.5-4.50) เขียวอ่อนถึงเขียวแก่ในช่วงที่ดินมีระดับเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.0-6.5) สีเขียวอมน้ำเงิน (เขียวหัวเป็ด) ในช่วงพีเอชเป็นกลาง (pH 7.0) สีน้ำเงินอมม่วงในช่วงเป็นด่างเล็กน้อย (pH 7.5) สีม่วงอมน้ำเงินในช่วงเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) และสีม่วงอมแดงในช่วงเป็นด่างจัด (pH 8.5)

1.2 การเตรียมน้ำยาทดสอบ

อินดิเคเตอร์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำยาเป็นอินดิเคเตอร์ผสม 3 ชนิด เพื่อให้ครอบคลุมพีเอช (pH) ในช่วงที่ดินเป็นกรด กลาง และด่าง โดยผสมอินดิเคเตอร์ทั้งสามชนิดเข้าด้วยกัน ในสัดส่วนและความเข้มข้นที่แตกต่างกันในสารละลายที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ สารละลายที่ได้จะมีสีเขียวอมน้ำเงิน หลังจากปรับสภาพพีเอชให้อยู่ในช่วงที่เป็นกลาง น้ำยาที่ได้มีอายุการใช้งานประมาณ 1 ปี อินดิเคเตอร์ทั้งสามชนิดที่ใช้มีวิธีการเตรียม ดังนี้

1) การเตรียมสารละลายอินดิเคเตอร์ สวด.01 0.25% ใน 40% Alcohol ชั่งอินดิเคเตอร์ สวด.01 2.5 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 mL เติมสารละลาย 40% Alcohol ลงไป 800 mL กวนให้อินดิเคเตอร์ละลาย ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร (L)

2) การเตรียมสารละลายอินดิเคเตอร์ สวด.02 0.50% ใน 40% Alcohol ชั่งอินดิเคเตอร์ สวด.02 5 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 mL เติมสารละลาย 40% Alcohol ลงไป 800 mL กวนให้อินดิเคเตอร์ละลาย ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร (L)

3) การเตรียมสารละลายอินดิเคเตอร์ สวด.03 0.10% ใน 40% Alcohol ชั่งอินดิเคเตอร์ สวด.03 1 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 mL เติมสารละลาย 40% Alcohol ลงไป 800 mL กวนให้อินดิเคเตอร์ละลาย ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร (L)

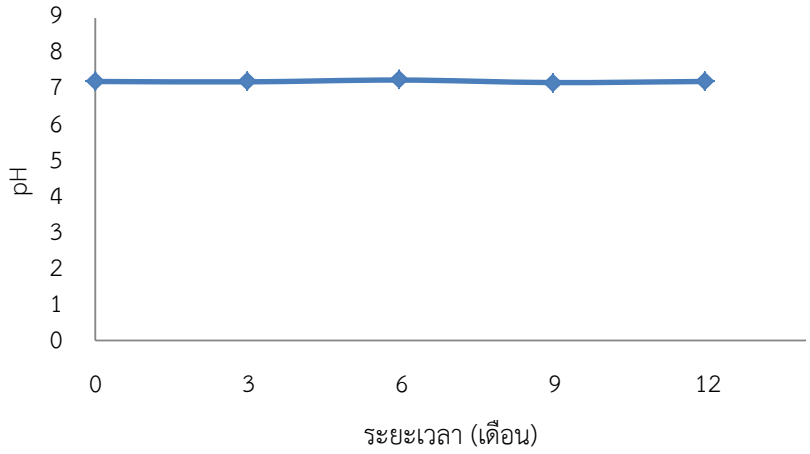
4) ผสมสารละลายอินดิเคเตอร์ทั้งสามชนิดที่ได้ในข้อ 1) ถึง 3) เข้าด้วยกันพร้อมทั้งคนสารละลายให้เข้ากันอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

5) ปรับพีเอชของสารละลายให้เป็นกลางด้วยสารละลาย NaOH 0.01 M หรือ HCl 0.01 M สีน้ำยาทดสอบที่ได้มีสีเขียวอมน้ำเงิน

6) เก็บน้ำยาไว้ในขวดสีชาหรือวัสดุทึบแสง

1.3 ความเสถียรของน้ำยา

ทำการศึกษาความเสถียรหรือความคงทนของน้ำยาทดสอบที่พัฒนาขึ้น โดยเก็บน้ำยาไว้ในห้องปฏิบัติการภายใต้อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 เดือน พบว่า ค่าพีเอชและสีของน้ำยาทดสอบความเป็นกรดเป็นด่างที่พัฒนาขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (ภาพที่ 7) สีของน้ำยาทดสอบยังคงสภาพเหมือนเดิมกับตอนเริ่มต้น แสดงให้เห็นว่าชุดน้ำยาทดสอบที่พัฒนาขึ้นมีความเสถียรหรือมีอายุการใช้งานได้นานถึง 1 ปี อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาน้ำยาทดสอบเป็นสิ่งสำคัญที่ยืดอายุการใช้งานนานมากขึ้น ข้อควรระวังคือ ควรเก็บน้ำยาไม่ให้ถูกแสงแดดหรืออากาศ การเปิดใช้งานเสร็จแล้วควรปิดฝาทันที เพราะไม่เช่นนั้นน้ำยาจะระเหยหรือถูกออกซิไดส์ทำให้สีหรือความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไป ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง (Quirine *et al*., 2006)



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของน้ำยาทดสอบเมื่อเก็บไว้ในระยะเวลาต่างๆ กัน

ขั้นตอนการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการจะต้องมีอุปกรณ์ เครื่องมือและวิธีการที่เฉพาะ ตัวอย่างดินที่นำมาวิเคราะห์จะต้องผ่านกระบวนการเตรียมดิน เช่น การตากในที่ร่ม บดและร่อนดินผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ก่อนนำส่งเข้าห้องปฏิบัติการ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจะต้องชั่งหรือตวงดิน ผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:1 แล้วคนตัวอย่างดินกับน้ำให้เข้ากันและทิ้งไว้ 30 นาที จึงนำมาวัดหรือวิเคราะห์ด้วยเครื่อง pH meter (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2548) จะเห็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนค่อนข้างจะใช้เวลานาน ทำให้ไม่ทันต่อความต้องการของผู้รับบริการที่จะใช้ข้อมูลเพื่อการจัดการดินให้ทันต่อฤดูกาลเพาะปลูก

ชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่พัฒนาขึ้นมาสามารถตรวจสอบดินได้ในสภาพพื้นที่จริงโดยไม่ต้องเตรียมตัวอย่างดิน วิธีการทดสอบทำได้ง่าย ขั้นตอนไม่ซับซ้อน เพียงหยดน้ำยาลงในดินที่ต้องการทดสอบ จนดินอิ่มตัวด้วยน้ำ กวนหรือคนตัวอย่างดินกับน้ำยาให้เข้ากัน จากนั้นตบผงทำให้เกิดสี (สวด.04) ลงไปบนดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ผงจะดูดซับสีให้เห็นชัดเจนขึ้นทำการเปรียบเทียบสีที่ปรากฏบนผงทำให้เกิดสีกับแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่จัดทำขึ้นภายใน 3 นาที ก็สามารถบอกค่าพีเอชของดินได้ในเบื้องต้น โดยที่ผงทำให้เกิดสีจะทำการดูดซับน้ำยาทำให้มีสีแตกต่างกันไปในดินแต่ละชนิด สีที่ปรากฏบนผงทำให้เกิดสีจึงเป็นสีเฉพาะสำหรับแต่ละระดับพีเอชของดินนั้น ดังนั้นแผ่นเทียบสีมาตรฐานจึงมีความสำคัญในการบอกค่าพีเอชของดิน ในการวิเคราะห์หรือทดสอบดินด้วยวิธีการเทียบสี ซึ่งแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่พัฒนาขึ้นนั้นเป็นการจำลองจากสภาพของระดับพีเอชของดินมาตรฐาน

หรือดินอ้างอิงที่ทราบค่าพีเอชที่แน่นอนแล้ว และทำให้มีลักษณะเป็นเม็ดผงในแผ่นเทียบสีมาตรฐาน เพื่อให้เป็นภาพเสมือนจริงกับการอ่านค่าพีเอชในขณะทดสอบตัวอย่างดิน

ชุดน้ำยาทดสอบที่พัฒนาขึ้นมา เตรียมจากอินดิเคเตอร์ 3 ชนิด ผสมกันในสัดส่วนและความเข้มข้นที่เหมาะสม ครอบคลุมพีเอชในช่วงเป็นกรด กลาง และด่าง เพื่อให้สะดวก และง่ายในการทดสอบดิน สอดคล้องกับ Jackson (1958) ที่กล่าวว่า การทดสอบค่าพีเอชโดยการดูสีของอินดิเคเตอร์มีความเหมาะสมและมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการทดสอบดินในภาคสนาม นอกจากนั้นยังมีห้องปฏิบัติการบางแห่งที่ใช้วิธีนี้ การทดสอบโดยวิธีนี้เป็นเพียงการประมาณค่าพีเอชเท่านั้น แต่ก็ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งมีทั้งที่ใช้อินดิเคตอร์เดี่ยวๆ ครอบคลุมในช่วงพีเอชของดินนั้นๆ หรือการใช้อินดิเคเตอร์ผสม 3 ชนิด ครอบคลุมในช่วงพีเอช 4.0-8.0 เอิบ (2548) ได้อธิบายว่า สำหรับการวัดพีเอชโดยวิธีการดูสี อาจจะใช้สารละลายแสดงสี (indicator solution) ที่เป็นของผสมของสารให้สีต่างๆ หรืออาจจะใช้สารให้สีต่างๆ โดยไม่ต้องผสม และแต่ละสารจะใช้ในพิสัยของพีเอชช่วงแคบๆ ปกติสารละลายที่เป็นของผสมจะสะดวกกว่า แต่ชุดของสารละลายที่ให้สีต่างๆกัน จะมีความแน่นอนมากกว่า ชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในภาคสนาม เช่น น้ำยาที่ใช้ในการทดสอบ ช้อนคนดิน ถาดหลุม ผงทำให้เกิดสี และแผ่นเทียบสีมาตรฐาน สามารถใช้งานได้ง่ายสะดวก พกพาไปใช้งานในภาคสนามได้ ทำการตรวจวิเคราะห์และทราบผลภายใน 3 นาที เกษตรกรหรือผู้สนใจสามารถตรวจวิเคราะห์ดินได้ด้วยตัวเอง โดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้หรือความชำนาญ

2. การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 524 ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างทั้งหมด 3 วิธี คือ 1) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) โดยใช้เครื่อง pH meter 2) วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) 3) วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ที่นักสำรวจดินใช้ (Truogsurvey) ในการจำแนกประเภทของดินกรดและดินด่างจะใช้วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเป็นเกณฑ์อ้างอิง สำหรับตัวอย่างที่เป็นดินเค็มวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) โดยเครื่อง Conductivity meter ในสภาพที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยขั้นตอนและกระบวนการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการปฏิบัติตามคู่มือการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน (เล่ม1) สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2548) ผลการทดลองมีดังนี้

2.1 ดินกรด

ถ้าพิจารณาตามความหมายของดินกรดจะหมายถึง ดินที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 7 แต่ในทางปฏิบัติการกำหนดค่าปฏิกิริยาดินเป็นกลาง หมายถึง ดินที่มีพีเอช 6.6-7.3 พีเอชของดินกรดจึงต่ำกว่า 6.6 (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551) แต่ในที่นี้จะใช้เกณฑ์พิจารณาโดยอ้างอิงจากตารางที่ (4) และจะรวมข้อมูลความเป็นกรดเป็นด่างในระดับที่เป็นกลางไว้ในกลุ่มนี้ด้วย เพื่อให้การจัดระดับความเป็นกรดเป็นด่างสามารถเทียบเคียงกับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาโดยใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานในการประเมินค่าพีเอช และเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการทดลองพบว่า ดินที่มีความเป็นกรด ค่าพีเอชต่ำกว่าหรือเท่ากับ 7.3 (pH≤7.3) มีจำนวน 282 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 53.82 ของตัวอย่างดินทั้งหมด โดยแบ่งเป็น ดินที่มีระดับความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 3.5-4.5) จำนวน 8 ตัวอย่าง เป็นกรดจัดมาก (pH 4.6-5.0) จำนวน 67 ตัวอย่าง เป็นกรดจัด (pH 5.1-5.5) จำนวน 70 ตัวอย่าง เป็นกรดปานกลาง

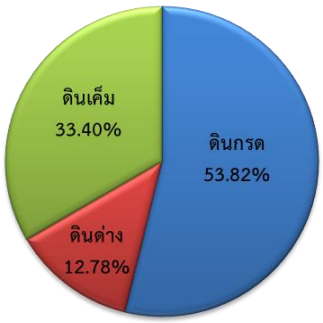
(pH 5.6-6.0) จำนวน 32 ตัวอย่าง เป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.1-6.5) จำนวน 47 ตัวอย่าง และดินที่มีค่าพีเอชอยู่ในระดับเป็นกลาง (pH 6.6-7.3) จำนวน 58 ตัวอย่าง

2.2 ดินด่าง

ถ้าพิจารณาตามความหมายของดินด่าง หมายถึง ดินที่มีค่าพีเอชสูงกว่า 7 แต่ในทางปฏิบัติการกำหนดปฏิกิริยาดินเป็นกลาง หมายถึง ดินที่มีพีเอช 6.6-7.3 พีเอชของดินด่างจึงควรสูงกว่า 7.3 (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551) ผลการทดลองพบว่า ดินที่มีค่าพีเอชอยู่ในระดับที่เป็นดินด่าง มีจำนวน 67 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 12.78 ของตัวอย่างดินทั้งหมด โดยแบ่งเป็นดินที่มีระดับเป็นด่างเล็กน้อย (pH 7.4-7.8) จำนวน 31 ตัวอย่าง เป็นด่างปานกลาง (pH 7.9-8.4) จำนวน 24 ตัวอย่าง และเป็นด่างจัด (pH ≥ 8.5) จำนวน 12 ตัวอย่าง

2.3 ดินเค็ม

การพิจารณาค่าความเค็มของดินใช้ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) เป็นเกณฑ์ ตามตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการสกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated paste) พบว่า ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 4 dS m^{-1} มีจำนวน 175 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 33.4 ของตัวอย่างดินทั้งหมด การตรวจสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินเค็ม พบว่า มีค่าพีเอชอยู่ในระดับเป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (pH < 3.5) จำนวน 11 ตัวอย่าง เป็นกรดรุนแรงมาก (pH 3.5-4.5) จำนวน 27 ตัวอย่าง เป็นกรดจัดมาก (pH 4.6-5.0) จำนวน 19 ตัวอย่าง เป็นกรดจัด (pH 5.1-5.5) จำนวน 16 ตัวอย่าง เป็นกรดปานกลาง (pH 5.6-6.0) จำนวน 36 ตัวอย่าง เป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.1-6.5) จำนวน 18 ตัวอย่าง เป็นกลาง (pH 6.6-7.3) จำนวน 23 ตัวอย่าง เป็นด่างเล็กน้อย (pH 7.4-7.8) จำนวน 8 ตัวอย่าง และเป็นด่างจัด (pH ≥ 8.5) จำนวน 17 ตัวอย่าง



ภาพที่ 8 แสดงการกระจายของชนิดดินที่นำมาศึกษา

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทั้งหมด พบว่า สัดส่วนการแจกกระจายของดินที่เป็นดินกรดจะมากกว่าดินเค็มและดินด่าง ตามลำดับ (ภาพที่ 8) โดยดินที่มีค่าพีเอชอยู่ในระดับที่เป็นกรดรุนแรงมากที่สุดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 3.0-6.5) มีจำนวนมากถึง 348 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 66 ของตัวอย่างดินทั้งหมด ซึ่งมีความสอดคล้องกับนวลศรีและคณะ (2544) ที่รายงานว่าดินในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยค่อนข้างเป็นกรด ความเป็นกรดมากน้อยแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่และระดับความลึก โดยกลุ่มดินที่พบมากที่สุดเป็นกลุ่มดินที่เป็นกรดจัด (pH 4.5-5.0) คิดเป็นร้อยละ 28.4 ของตัวอย่างดินทั้งหมดที่ทำการศึกษาจำนวน 3,465 ตัวอย่าง รองลงมาคือ กลุ่มดินที่มีระดับเป็นกรดแก่

(pH 5.1-5.5) ร้อยละ 24.9 และกลุ่มดินที่มีระดับเป็นกรดปานกลาง (pH 5.6-6.0) ร้อยละ 16.1 ตามลำดับ เจริญและคณะ (2540) รายงานว่าประเทศไทยมีการแจกกระจาย (distribution) ของดินกรดอยู่ทั่วประเทศและมีพื้นที่ถึงประมาณร้อยละ 44 ของพื้นที่ทั้งประเทศ หรือประมาณ 143 ล้านไร่ ซึ่งล้วนแต่เป็นดินในอันดับอัลทิซอลล์เกือบทั้งหมด อยู่ในอันดับออกซิซอลล์เพียงเล็กน้อย ดินกรดส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาคือ ภาคใต้ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออก ตามลำดับ อภิรดี (2536) ศึกษาและตรวจสอบสภาพความเป็นกรดของดินที่ใช้ทำการเกษตรทั่วประเทศ ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร จำนวน 9,940 ตัวอย่าง พบว่า สภาพความเป็นกรดของดินโดยรวมในประเทศไทย จัดอยู่ในระดับเป็นกรดรุนแรง (pH < 4.5) 18.6 เปอร์เซ็นต์ และระดับเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.4) 32.4 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าดินของประเทศไทยมากกว่าครึ่งหนึ่งของดินที่ใช้ทำการเกษตร (51 เปอร์เซ็นต์) มีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.5 ส่วนมาตรฐานการสำรวจจำแนกดินและที่ดิน สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน (2552) รายงานว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นดินกรด ครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 150 ล้านไร่ โดยแยกเป็นดินกรดในพื้นที่ลุ่ม 47.56 ล้านไร่ ดินกรดในที่ดอน 96.00 ล้านไร่ ดินเปรี้ยวจัด 6.23 ล้านไร่ และดินอินทรีย์กรด 263,061 ไร่ ส่วนดินเค็มมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 14.392 ล้านไร่ พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 11.507 ล้านไร่ ชายฝั่งทะเลประมาณ 2.660 ล้านไร่ และบริเวณที่ราบภาคกลางประมาณ 0.225 ล้านไร่ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2549) สำหรับดินด่างพบเป็นส่วนน้อยในประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 800,000 ไร่ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ได้แก่ ชุดดินลพบุรี ชุดดินบ้านหมี่ ชุดดินโคกกระเทียม เป็นต้น กระจายอยู่ในจังหวัดสระบุรีและลพบุรี

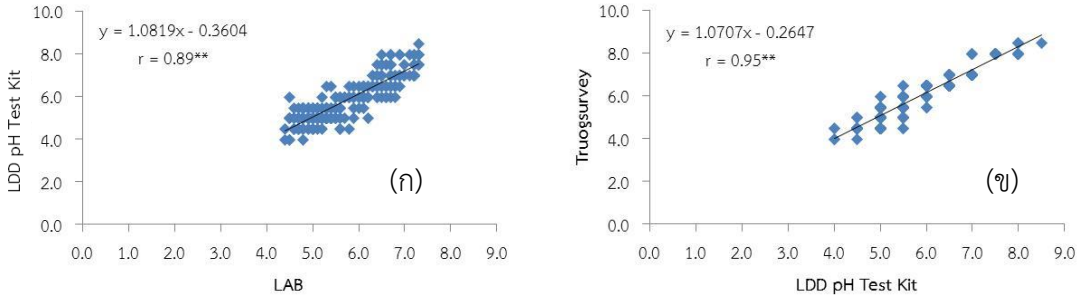
3. เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ระหว่างวิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างทั้งสามวิธีและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of Varience (ANOVA)

ทำการศึกษาสหสัมพันธ์ของวิธีการทดสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินทั้ง 3 วิธี คือ วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ในปัจจุบัน (Truogsurvey) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีของ ANOVA โดยทำการเปรียบเทียบกันในแต่ละวิธีเป็นรายคู่ ดังนี้ 1) คือ วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) 2) คือ วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนาม Truogsurvey ผลการศึกษามีดังนี้

3.1 ดินกรด

ผลการศึกษาพบว่า ค่าพีเอชที่วิเคราะห์โดยใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่พัฒนาขึ้น มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมาก (สมจิต, 2546) กับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ที่วัดโดยเครื่อง pH meter และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานเช่นเดียวกับชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.89** และ 0.95** ตามลำดับ ดังภาพที่ 9

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) (ข) วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ในดินกรด

(หมายเหตุ : ** มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ)

เมื่อนำผลวิเคราะห์ค่าพีเอชที่ได้จากทั้งสามวิธีไปทดสอบค่าทางสถิติ โดยวิธี Analysis of Varience (ANOVA) พบว่า วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.4 สูงสุด 7.3 เฉลี่ยเท่ากับ 5.720 วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 5.828 และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 5.975 ค่าเฉลี่ยของทั้งสามวิธีมีค่าเท่ากับ 5.841 (ตารางที่ 6) โดยวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) และวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ตามลำดับ

ตารางที่ 6 แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินกรด

Method	N	Mean	STD	95% confidence Interval for Mean		Min.	Max.
				Lower	upper		
LAB	282	5.720	0.8170	5.624	5.816	4.4	7.3
LDD pH Test Kit	282	5.828	0.9945	5.711	5.945	4.0	8.5
Truogsurvey	282	5.975	1.1182	5.844	6.106	4.0	8.5
Total	846	5.841	0.9843	5.774	5.908	4.0	8.5

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (ANOVA) ในดินกรด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P_Sig.
Between Groups	9.263	2	4.632	4.780	0.009**
Within Group	816.784	843	0.969		
Total	826.047	845			

หมายเหตุ : **แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 7 พบว่า ค่าพีเอชของดินที่ได้จากการทดสอบทั้งสามวิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในเบื้องต้นทราบว่ามีอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่ให้ผลการทดสอบต่างกัน ส่วนจะเป็นคู่ใดต้องดูในตารางที่ 8 ซึ่งในที่นี้จะไม่แสดงผลข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบระหว่างวิธี LAB กับวิธี Truogsurvey

ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินกรด

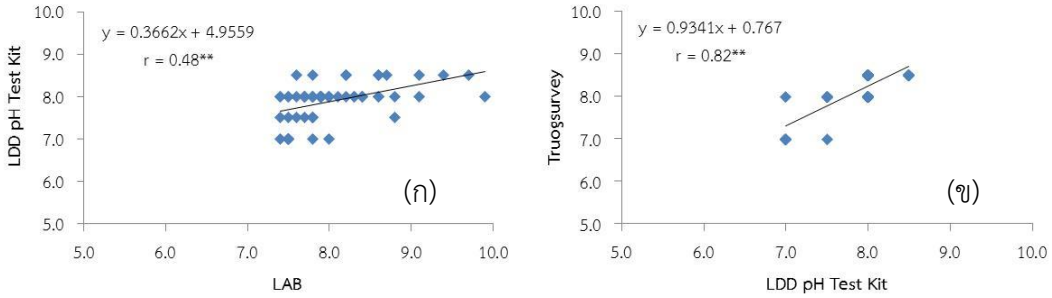
Method	Mean Diff.	99% confidence interval		P_sig
		Lower	upper	
LDD pH Test Kit - LAB	0.1082	-0.118	0.334	0.405
LDD pH Test Kit - Truogsurvey	-0.1472	-0.410	0.115	0.269

จากตารางที่ 8 พบว่า วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ให้ผลการทดสอบค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยมีค่า P_sig เท่ากับ 0.405 และ 0.269 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้นให้ผลการทดสอบในดินกรดที่ไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยชุดตรวจสอบ LDD pH Test Kit ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับวิธี LAB มากที่สุด

3.2 ดินด่าง

ผลการศึกษาพบว่า ค่าพีเอชที่วิเคราะห์โดยใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่พัฒนาขึ้น มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันปานกลาง (สมจิต, 2546) กับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ที่วัดโดยเครื่อง pH meter และมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมาก (สมจิต, 2546) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานเช่นเดียวกับชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.48** และ 0.82** ตามลำดับ ดังภาพที่ 10

เมื่อนำผลวิเคราะห์ค่าพีเอชที่ได้จากทั้งสามวิธีไปทดสอบค่าทางสถิติ โดยวิธี Analysis of Varience (ANOVA) พบว่า วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) มีค่าพีเอชต่ำสุด 7.4 สูงสุด 9.9 เฉลี่ยเท่ากับ 8.028 วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) มีค่าพีเอชต่ำสุด 7.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 7.896 และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog (Truogsurvey) มีค่าพีเอชต่ำสุด 7.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 8.142 ค่าเฉลี่ยของทั้งสามวิธีมีค่าเท่ากับ 8.022 (ตารางที่ 9) โดยวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test kit) ตามลำดับ



ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) (ข) วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ในดินด่าง

(หมายเหตุ : ** มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ)

ตารางที่ 9 แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินด่าง

Method	N	Mean	STD	95% confidence Interval for Mean		Min.	Max.
				Lower	Upper		
LAB	67	8.028	0.5477	7.895	8.162	7.4	9.9
LDD pH Test Kit	67	7.896	0.4223	7.793	7.999	7.0	8.5
Truogsurvey	67	8.142	0.4831	8.024	8.260	7.0	8.5
Total	201	8.022	0.4950	7.953	8.091	7.0	9.9

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) ในดินด่าง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P_Sig.
Between Groups	2.036	2	1.018	4.291	0.015
Within Group	46.968	198	0.237		
Total	49.004	200			

จากตารางที่ 10 พบว่า ค่าพีเอชของดินที่ได้จากวิธีทดสอบทั้งสามวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานในการประเมินค่าพีเอชของดินในดินด่าง ให้ผลสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (Lab) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey

ตารางที่ 11 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินด่าง

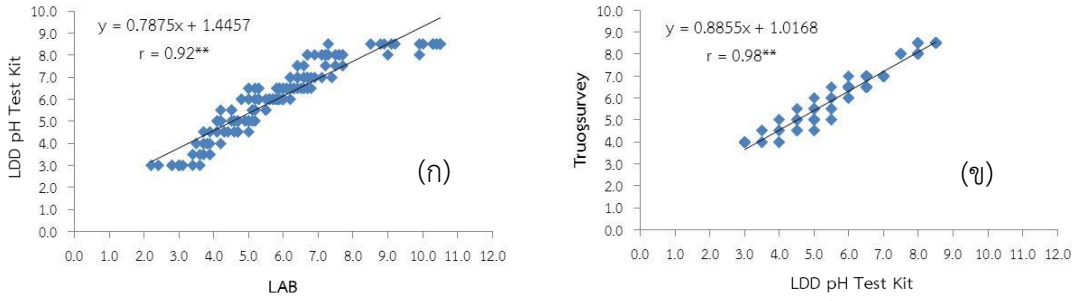
Method	Mean Diff.	99% confidence interval		P_sig
		Lower	Upper	
LDD pH Test Kit - LAB	-0.1328	-0.391	0.126	0.290
LDD pH Test Kit - Truogsurvey	-0.2463	-0.505	0.012	0.015

จากตารางที่ 11 พบว่า วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน ให้ผลการทดสอบค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ในปัจจุบัน (Truogsurvey) โดยมีค่า P_sig เท่ากับ 0.290 และ 0.015 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้นให้ผลการทดสอบในดินด่างที่ไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ในปัจจุบัน (Truogsurvey)

3.3 ดินเค็ม

ผลการศึกษาพบว่า ค่าพีเอชที่วิเคราะห์โดยใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่พัฒนาขึ้น มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมาก (สมจิต, 2546) กับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ที่วัดโดยเครื่อง pH meter และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานเช่นเดียวกับชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.92** และ 0.98** ตามลำดับ ดังภาพที่ 11

เมื่อนำผลวิเคราะห์ค่าพีเอชที่ได้จากทั้งสามวิธีไปทดสอบค่าทางสถิติ โดยวิธี Analysis of Varience (ANOVA) พบว่า วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) มีค่าพีเอชต่ำสุด 2.2 สูงสุด 10.5 เฉลี่ยเท่ากับ 5.8629 วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) มีค่าพีเอชต่ำสุด 3.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 6.0629 และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 6.3857 (ตารางที่ 12) ค่าเฉลี่ยของวิธีทั้งสามมีค่าเท่ากับ 6.1038 โดยวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) และวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ตามลำดับ



ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) (ข) วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ในดินเค็ม

(หมายเหตุ : ** มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ)

ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลพื้นฐานทางสถิติในดินเค็ม

Method	N	Mean	STD	95% confidence Interval for Mean		Min.	Max.
				Lower	Upper		
LAB	175	5.8629	1.77	5.5992	6.1265	2.2	10.50
LDD pH Test Kit	175	6.0629	1.51	5.8378	6.2879	3.0	8.5
Truogsurvey	175	6.3857	1.37	6.1814	6.5900	4.0	8.5
Total	525	6.1038	1.57	5.9693	6.2383	2.2	10.5

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) ในดินเค็ม

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P_Sig
Between Groups	24.361	2	12.180	5.024	0.007**
Within Group	1265.511	522	2.424		
Total	1289.872	524			

หมายเหตุ : **แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 13 พบว่า ค่าพีเอชของดินที่ได้จากวิธีทดสอบทั้งสามวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในเบื้องต้นทราบว่ามีอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่ให้ผลการทดสอบต่างกัน ส่วนจะเป็นคู่ใดหรือวิธีการใดนั้นให้ดูในตารางที่ 14 ซึ่งในที่นี้จะไม่แสดงผลข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบระหว่างวิธี LAB กับวิธี Truogsurvey

ตารางที่ 14 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินเค็ม

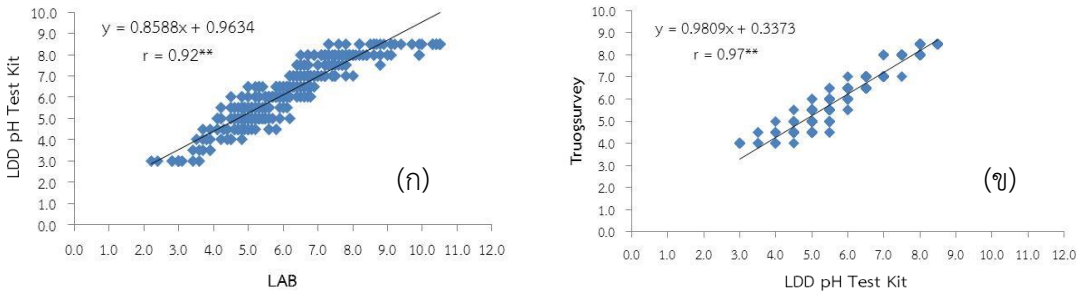
Method	Mean Diff.	99% confidence interval		P-sig
		Lower	Upper	
LDD pH Test Kit - LAB	0.20000	-0.3074	0.7074	0.486
LDD pH Test Kit -Truogsurvey	-0.32286	-0.8303	0.1845	0.153

จากตารางที่ 14 พบว่า วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน ให้ผลการทดสอบค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยมีค่า P_sig เท่ากับ 0.486 และ 0.153 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้นให้ผลการทดสอบในดินเค็มที่ไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยชุดตรวจสอบ LDD pH Test Kit ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับวิธี LAB มากที่สุด

3.4 รวมตัวอย่างดินทั้งหมด

นำผลวิเคราะห์ค่าพีเอชของตัวอย่างดินทั้งหมด คือ ดินกรด ดินด่าง และดินเค็ม มารวมกันแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับข้างต้น ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่วิเคราะห์โดยใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่พัฒนาขึ้น มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมาก (สมจิต, 2546) กับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ที่วัดโดยเครื่อง pH meter และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานเช่นเดียวกับชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.92** และ 0.97** ตามลำดับ ดังภาพที่ 12

เมื่อนำผลวิเคราะห์ค่าพีเอชที่ได้จากทั้งสามวิธีไปทดสอบค่าทางสถิติ โดยวิธี Analysis of Varience (ANOVA) พบว่า วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) มีค่าพีเอชต่ำสุด 2.2 สูงสุด 10.5 เฉลี่ยเท่ากับ 6.063 วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) มีค่าพีเอชต่ำสุด 3.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 6.284 และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 6.389 ค่าเฉลี่ยของทั้งสามวิธีมีค่าเท่ากับ 6.207 (ตารางที่ 15) โดยวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) และวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ตามลำดับ



ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) (ข) วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ในตัวอย่างดินทั้งหมด

(หมายเหตุ : ** มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ)

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลพื้นฐานทางสถิติในตัวอย่างดินทั้งหมด

Method	N	Mean	STD	95% confidence Interval for Mean		Min.	Max.
				Min.	Max.		
LAB	524	6.063	1.42	5.941	6.184	2.2	10.5
LDD pH Test Kit	524	6.170	1.33	6.056	6.284	3.0	8.5
Truogsurvey	524	6.389	1.35	6.274	6.505	4.0	8.5
Total	1572	6.207	1.37	6.140	6.275	2.2	10.5

ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) ในตัวอย่างดินทั้งหมด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P_Sig.
Between Groups	29.038	2	14.519	7.814	0.000**
Within Group	2915.308	1569	1.858		
Total	2944.346	1571			

หมายเหตุ : **แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 16 พบว่า ค่าพีเอชของดินที่ได้จากวิธีทดสอบทั้งสามวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในเบื้องต้นทราบว่ามีอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่ให้ผลการทดสอบต่างกัน ส่วนจะเป็นคู่ใดหรือวิธีการใดนั้นให้ดูในตารางที่ 17 ซึ่งในที่นี้จะไม่แสดงผลข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบระหว่างวิธี LAB กับวิธี Truogsurvey

ตารางที่ 17 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในตัวอย่างดินทั้งหมด

Method	Mean Diff.	99% confidence interval		P_sig
		Lower	Upper	
LDD pH Test Kit - LAB	0.1071	-0.149	0.369	0.446
LDD pH Test Kit -Truogsurvey	-0.2195	-0.475	0.036	0.034

จากตารางที่ 17 พบว่า วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน ให้ผลการทดสอบค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยมีค่า P_sig เท่ากับ 0.446 และ 0.034 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้นให้ผลการทดสอบค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยชุดตรวจสอบ LDD pH Test kit ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับวิธี LAB มากที่สุด

3.5 อิทธิพลของสีดินต่อการวัดค่าพีเอช

จากตัวอย่างดินทั้งหมด 524 ตัวอย่าง นำมาแยกสีดินโดยเทียบกับสมุดเทียบสี (munsell soil color charts) สามารถแยกได้ 3 สี คือ ดินสีดำ ดินสีแดง และดินสีน้ำตาล จำนวน 93, 55 และ 376 ตัวอย่าง ตามลำดับ

ดินสีดำ หมายถึงดินที่มีลักษณะดังนี้

1) ดินที่มีค่าสีสัน (Hue) เท่ากับ 7.5YR ค่าสี (Value) เท่ากับ 2 และค่ารงค์ (chroma) เท่ากับ 0

2) ดินที่มีค่าสีสัน เท่ากับ 10YR ค่าสีเท่ากับ 2 และค่ารงค์เท่ากับ 1

ดินสีแดง หมายถึงดินที่มีลักษณะดังนี้

1) ดินที่มีค่าสีสัน เท่ากับ 2.5YR ค่าสีอยู่ในช่วง 2-8 และค่ารงค์อยู่ในช่วง 2-8

2) ดินที่มีค่าสีสัน เท่ากับ 10R ค่าสีอยู่ในช่วง 2-6 และค่ารงค์อยู่ในช่วง 2-8

ดินสีน้ำตาล หมายถึงดินที่มีลักษณะดังนี้

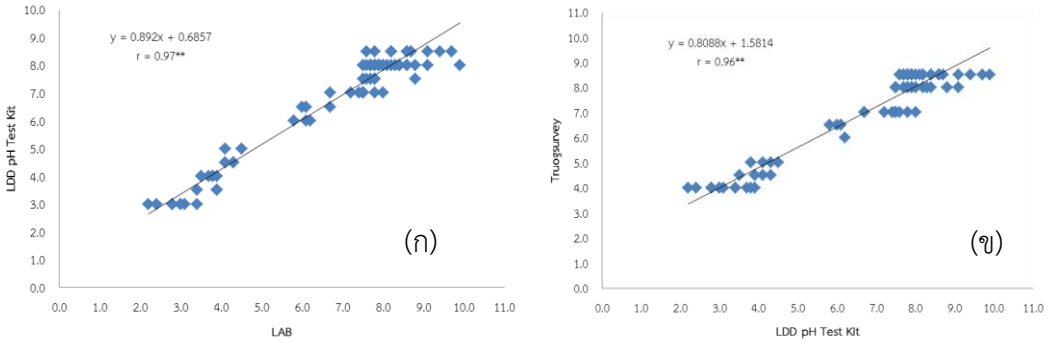
1) ดินที่มีค่าสีสัน เท่ากับ 5YR และ 7.5YR ค่าสีอยู่ในช่วง 2-5 และค่ารงค์อยู่ในช่วง 2-8

2) ดินที่มีค่าสีสัน เท่ากับ 10YR ค่าสีอยู่ในช่วง 2-6 และค่ารงค์อยู่ในช่วง 2-8

นำผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในแต่ละสีดินมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วในเบื้องต้น เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของสีดินว่ามีผลต่อการวัดค่าพีเอชของดินหรือไม่

(1) ดินสีดำ

ผลการศึกษาพบว่า ค่าพีเอชที่วิเคราะห์โดยใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่อ่านค่าจากแผ่นเทียบสีมาตรฐาน มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมาก (สมจิต, 2546) กับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ที่วัดโดยเครื่อง pH meter และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานเช่นเดียวกับชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.97** และ 0.96** ตามลำดับ ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) (ข) วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ในดินสีดำ

(หมายเหตุ : ** มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ)

เมื่อนำผลวิเคราะห์ค่าพีเอชที่ได้จากทั้งสามวิธีไปทดสอบค่าทางสถิติ โดยวิธี Analysis of Varience (ANOVA) พบว่า วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) มีค่าพีเอชต่ำสุด 2.20 สูงสุด 9.9 เฉลี่ยเท่ากับ 6.866 วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) มีค่าพีเอชต่ำสุด 3.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 6.828 และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog (Truogsurvey) มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 7.151 ค่าเฉลี่ยของทั้งสามวิธีมีค่าเท่ากับ 6.955 (ตารางที่ 18) โดยวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ตามลำดับ

ตารางที่ 18 แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินสีดำ

Method	N	Mean	STD	95% confidence Interval for Mean		Min.	Max.
				Lower	Upper		
LAB	93	6.886	1.9688	6.481	7.292	2.20	9.90
LDD pH Test Kit	93	6.828	1.8080	6.456	7.200	3.00	8.50
Truogsurvey	93	7.151	1.6645	6.808	7.493	4.00	8.50
Total	379	6.955	1.8169	6.741	7.169	2.20	9.90

ตารางที่ 19 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) ในดินสีดำ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P_Sig.
Between Groups	5.499	2	2.750	0.832	0.436
Within Group	912.232	276	3.305		
Total	917.731	278			

จากตารางที่ 19 พบว่า ค่าพีเอชของวิธีทดสอบดินทั้งสามวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานในการประเมินค่าพีเอชของดินในดินสีดำ ให้ผลสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey

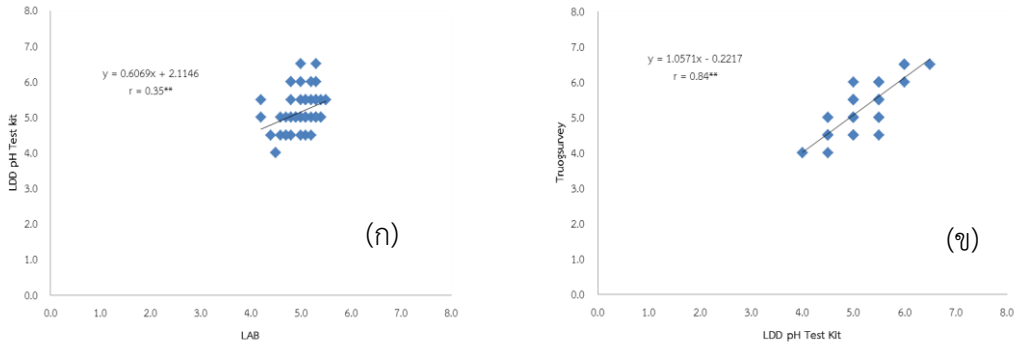
ตารางที่ 20 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินสีดำ

วิธีวิเคราะห์	Mean Diff.	99% confidence interval		P_sig
		Lower	Upper	
LDD pH Test Kit - Lab	-0.0581	-0.8740	0.7578	0.977
LDD pH test Kit - Truogsurvey	-0.3226	-1.1385	0.4933	0.482

จากตารางที่ 20 พบว่า วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้น ให้ผลการทดสอบที่มีความสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยมีค่า P_sig เท่ากับ 0.977 และ 0.482 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้นให้ผลการทดสอบในดินสีดำไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ในปัจจุบัน (Truogsurvey)

(2) ดินสีแดง

ผลการศึกษาพบว่า ค่าพีเอชที่วิเคราะห์โดยใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่อ่านค่าจากแผ่นเทียบสีมาตรฐาน มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันน้อยกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ที่วัดโดยเครื่อง pH meter แต่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมากกับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานเช่นเดียวกับชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient :r)เท่ากับ 0.35** และ 0.84** ตามลำดับ ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) (ข) วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ในดินสีแดง

(หมายเหตุ : ** มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ)

เมื่อนำผลวิเคราะห์ค่าพีเอชที่ได้จากทั้งสามวิธีไปทดสอบค่าทางสถิติ โดยวิธี Analysis of Varience (ANOVA) พบว่า วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.20 สูงสุด 5.50 เฉลี่ยเท่ากับ 5.009 วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.00 สูงสุด 6.50 เฉลี่ยเท่ากับ 5.145 และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog (Truogsurvey) มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.0 สูงสุด 6.5 เฉลี่ยเท่ากับ 5.227 ค่าเฉลี่ยของทั้งสามวิธีมีค่าเท่ากับ 5.130 (ตารางที่ 21) โดยวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test kit) และวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ตามลำดับ

ตารางที่ 21 แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินสีแดง

Method	N	Mean	STD	95% confidence Interval for Mean		Min.	Max.
				Lower	Upper		
LAB	55	5.009	0.3086	4.925	5.093	4.20	5.50
LDD pH Test Kit	55	5.155	0.5347	5.010	5.299	4.0	6.50
Truogsurvey	55	5.227	0.6723	5.046	5.409	4.0	6.50
Total	165	5.130	0.5316	5.049	5.212	4.0	6.50

ตารางที่ 22 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) ในดินสีแดง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P_Sig.
Between Groups	1.358	2	0.679	2.444	0.090
Within Group	44.991	162	0.278		
Total	46.348	164			

จากตารางที่ 22 พบว่า ค่าพีเอชของวิธีทดสอบดินทั้งสามวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานในการประเมินค่าพีเอชของดินในดินสีแดง ให้ผลสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey

ตารางที่ 23 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินสีแดง

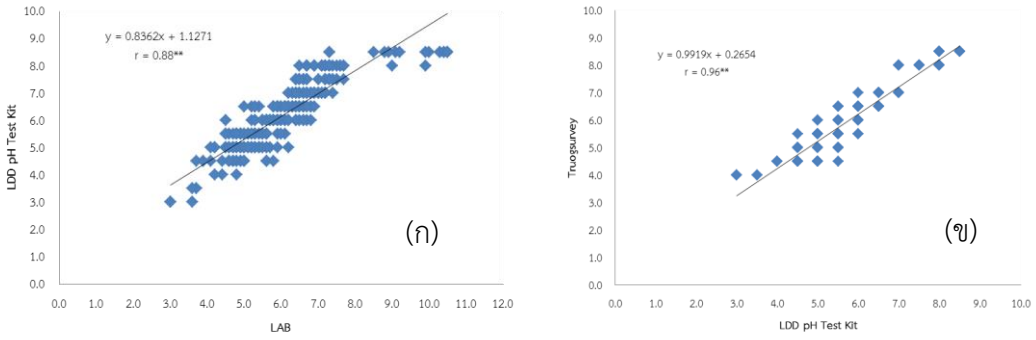
วิธีวิเคราะห์	Mean Diff.	99% confidence interval		P_sig
		Lower	Upper	
LDD pH Test Kit - Lab	0.1455	-0.1639	0.4548	0.353
LDD pH test Kit - Truogsurvey	0.07273	-0.3821	0.2366	0.770

จากตารางที่ 23 พบว่า วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้น ให้ผลการทดสอบที่มีความสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยมีค่า P_sig เท่ากับ 0.353 และ 0.770 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้นให้ผลการทดสอบในดินสีแดงไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ในปัจจุบัน (Truogsurvey) โดยมีความสอดคล้องกับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มากที่สุด

(3) ดินสีน้ำตาล

ผลการศึกษาพบว่า ค่าพีเอชที่วิเคราะห์โดยใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่อ่านค่าจากแผ่นเทียบสีมาตรฐาน มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมากกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ที่วัดโดยเครื่อง pH meter และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานเช่นเดียวกับชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.88** และ 0.96** ตามลำดับ ดังภาพที่ 15

เมื่อนำผลวิเคราะห์ค่าพีเอชที่ได้จากทั้งสามวิธีไปทดสอบค่าทางสถิติ โดยวิธี Analysis of Varience (ANOVA) พบว่า วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) มีค่าพีเอชต่ำสุด 3.00 สูงสุด 10.50 เฉลี่ยเท่ากับ 6.013 วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) มีค่าพีเอชต่ำสุด 3.00 สูงสุด 8.50 เฉลี่ยเท่ากับ 6.156 และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog (Truogsurvey) มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.00 สูงสุด 8.50 เฉลี่ยเท่ากับ 6.180 ค่าเฉลี่ยของทั้งสามวิธีมีค่าเท่ากับ 6.180 (ตารางที่ 24) โดยวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) และวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ตามลำดับ



ภาพที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) (ข) วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ในดินสีน้ำตาล

(หมายเหตุ : ** มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ)

ตารางที่ 24 แสดงค่าสถิติพื้นฐานในดินสีน้ำตาล

Method	N	Mean	STD	95% confidence Interval for Mean		Min.	Max.
				Lower	Upper		
LAB	376	6.013	1.2254	5.889	6.138	3.00	10.50
LDD pH Test Kit	376	6.155	1.1606	6.038	6.273	3.00	8.50
Truogsurvey	376	6.371	1.1994	6.249	6.493	4.00	8.50
Total	1128	6.180	1.2034	6.110	6.250	3.00	10.50

ตารางที่ 25 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) ในดินสีน้ำตาล

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P_Sig.
Between Groups	24.391	2	12.196	8.534	0.000**
Within Group	1607.736	1125	1.429		
Total	1632.127	1127			

หมายเหตุ : ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

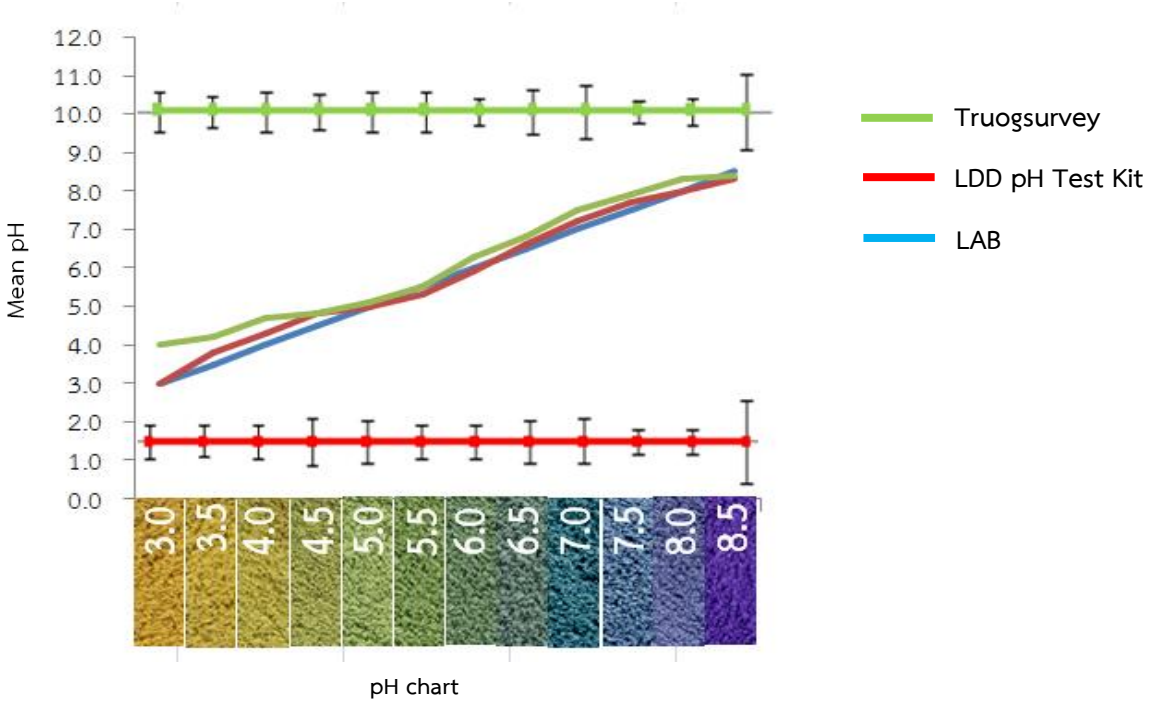
จากตารางที่ 25 พบว่า ค่าพีเอชของวิธีทดสอบดินทั้งสามวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในเบื้องต้นทราบว่ามีอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่ให้ผลการทดสอบต่างกันในดินสีน้ำตาล ส่วนจะเป็นคู่ใดหรือวิธีการใดนั้นให้ดูในตารางที่ 26 ซึ่งในที่นี้จะไม่แสดงผลข้อมูลในเชิงเปรียบเทียบระหว่างวิธี LAB กับวิธี Truogsurvey

ตารางที่ 26 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในดินสีน้ำตาล

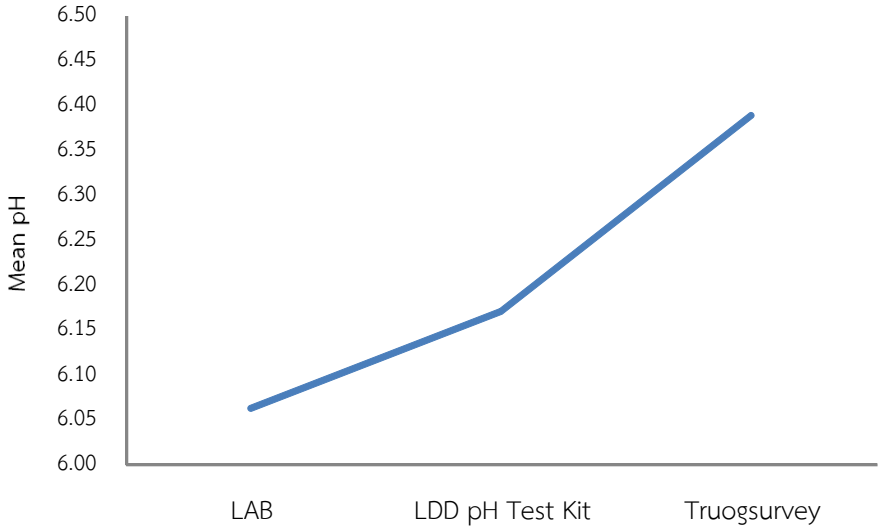
วิธีวิเคราะห์	Mean Diff.	99% confidence interval		P_sig
		Lower	Upper	
LDD pH Test Kit - Lab	0.1423	-0.1229	0.4074	0.264
LDD pH test Kit - Truogsurvey	-0.2154	-0.4806	0.0497	0.048

จากตารางที่ 26 พบว่า วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้นให้ผลการทดสอบที่มีความสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยมีค่า P_sig เท่ากับ 0.264 และ 0.048 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้นให้ผลการทดสอบในดินสีน้ำตาลไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ในปัจจุบัน (Truogsurvey) โดยมีความสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) มากที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของผลวิเคราะห์ดินทั้งหมดในแต่ละช่วงของค่าพีเอช โดยใช้ผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่วัดค่าพีเอชด้วยเครื่อง pH meter เป็นเกณฑ์อ้างอิง เพื่อกำหนดช่วงระดับความเป็นกรดเป็นด่างในแผ่นเทียบสีมาตรฐานโดยเริ่มจากดินที่เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (pH 3.0) ถึงช่วงที่ดินเป็นด่างจัด (pH 8.5) โดยแต่ละช่วงห่างกัน 0.5 หน่วยพีเอช พบว่า ค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงพีเอชของชุดตรวจสอบดินที่พัฒนาขึ้นมีความใกล้เคียงและสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่วัดด้วยเครื่อง pH merter มากกว่าวิธีของ Truogsurvey ที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้ (ภาพที่16) ลักษณะของกราฟเป็นเส้นตรงในระนาบหรือแนวเดียวกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะในช่วงที่ดินเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0) ถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0) ซึ่งเป็นค่าพีเอชที่พบมากที่สุดในดินของประเทศไทย อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธียังพบว่าชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นมาให้ผลการทดสอบค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่างวิธีการทั้งสองที่นำมาเปรียบเทียบ คือ วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey (ภาพที่17) แสดงให้เห็นว่าชุดทดสอบที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องและแม่นยำพอที่จะนำไปใช้ในการตรวจวิเคราะห์ดินในภาคสนาม เนื่องจากผลวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐานที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และเป็นชุดน้ำยาพร้อมอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นเองภายในประเทศจึงมีราคาถูกเมื่อเทียบกับชุดตรวจสอบที่นำเข้าจากต่างประเทศ



ภาพที่ 16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างทั้งสามวิธีในแต่ละระดับพีเอช (Error bar = SD ของผลต่างระหว่างวิธีในห้องปฏิบัติการ (LAB) กับวิธีที่นำมาเปรียบเทียบ)



ภาพที่ 17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีวิเคราะห์ทั้งสามวิธี

การทดสอบค่าพีเอชของดินโดยวิธีการดูสีเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐานนั้น ค่าพีเอชที่อ่านได้จะมีความแตกต่างกันบ้างในแต่ละระดับพีเอชเมื่อเทียบกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบของ Truogsurvey โดยเฉลี่ยจะแตกต่างกันประมาณ 0.5-1.0 หน่วยพีเอช ซึ่งสอดคล้องกับ Evanylo และ McGuinn (2000) ที่พบว่าชุดตรวจสอบคุณภาพดินภาคสนามของ USDA (USDA-ARS soil quality test kit) ให้ผลการทดสอบค่าพีเอชที่มีความแตกต่างกัน 0.5-1.0 หน่วยพีเอช สูงกว่าวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม Liebig และคณะ (1996) ซึ่งใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของ USDA เช่นกัน ได้สรุปว่าการวัดตัวอย่างดินซ้ำจะเป็นตัวชี้บ่งถึงความแม่นยำระดับเดียวกันระหว่างชุดตรวจสอบและวิธีวิเคราะห์มาตรฐานที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ในการวัดค่าพีเอชของดินโดยวิธีการเทียบสีด้วยชุดตรวจสอบดินภาคสนาม (LDD pH Test Kit) ค่าพีเอชที่วัดได้ถึงแม้จะมีความผิดพลาดไปบ้างเพียงเล็กน้อย ก็ยังสามารถสื่อความหมายและนำไปใช้ในการพิจารณาสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ โดยไม่จำเป็นต้องบอกเป็นตัวเลข ฉะนั้นการบอกค่าปฏิกิริยาดินหรือพีเอชว่าเป็นกรดจัดหรือกรดเล็กน้อยก็เพียงพอแล้ว ซึ่งเกษตรกรจะเข้าใจในความหมายได้ดีมากกว่าการบอกค่าพีเอชเป็นเพียงตัวเลขเพียงอย่างเดียว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2551) และในแง่ของการจัดการดินก็ไม่แตกต่างกันมากนัก อีกทั้งในการปรับปรุงบำรุงดินยังจะต้องพิจารณาถึงชนิดของพืชที่ปลูกด้วย พืชส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงพีเอชกว้าง โดยทั่วไปค่าพีเอชที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของพืชจะอยู่ในช่วงที่เป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างเล็กน้อย (pH 6-7.5) (Robert, 2013) และในการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่เฉพาะจะขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดินและความทนทานของพืชต่อค่าพีเอชดิน ถึงแม้ว่าชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะให้ผลการทดสอบที่แตกต่างกับวิธีในห้องปฏิบัติการ แต่ในด้านของการแปลผลจะไม่แตกต่างกัน เป็นสิ่งที่ชี้บ่งว่าชุดตรวจสอบนี้สามารถใช้ในวัตถุประสงค์ในการประเมินคุณภาพดินและการระบุปัญหาของดินในพื้นที่ได้ (winder *et al.*, 2013) อีกประการหนึ่งคือ การวัดค่าพีเอชโดยใช้ชุดตรวจสอบดินภาคสนาม เป็นวิธีที่เกษตรกรสามารถตรวจสอบดินด้วยตนเอง โดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้หรือความชำนาญ เป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว สามารถทราบผลได้ทันที เกษตรกรสามารถประเมินสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินและแก้ไขปรับปรุงดินได้ในเบื้องต้น

การอ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานนั้น คนแต่ละคนอาจอ่านค่าพีเอชได้แตกต่างกันในดินที่ทำการทดสอบตัวอย่างดินเดียวกัน การปฏิบัติตามคำแนะนำในคู่มือการใช้งานและฝึกฝนจนเกิดความชำนาญของผู้ใช้ชุดตรวจสอบจะช่วยให้การอ่านค่าพีเอชมีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ถึงแม้ว่าการดูสีจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานจะเป็นเรื่องที่ยาก คนที่ผ่านการฝึกฝนและมีความชำนาญจะสามารถแยกแยะสีได้ดีกว่า (Gene, 2001) ทั้งนี้ค่าพีเอชที่วัดได้ในภาคสนามจะมีความแตกต่างกันบ้างกับการวัดในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ เอิบ (2548) ที่พบว่าในปัจจุบันค่าพีเอชที่วัดได้ในสนาม (ปกติจะใช้ชุดน้ำยาของ Truog) จะแตกต่างกันได้ บางครั้งแตกต่างกันอย่างมากกับค่าพีเอชที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการหลังจากเก็บตัวอย่างดินมาแล้ว การเขียนคำอธิบายในสนามจึงเติมคำว่า “field” เข้าไว้ข้างหน้าในคำบรรยายหน้าตัดดิน เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน และค่าพีเอชที่ได้ในสนามกับค่าพีเอชในห้องปฏิบัติการ อาจนำมาพิจารณาถึงสภาพธรรมชาติของดิน และการเปลี่ยนแปลงเมื่อดินแห้งได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินที่ในสภาพธรรมชาติอิ่มตัวด้วยน้ำเป็นระยะเวลานานๆ

อิทธิพลของสีดินต่อการทดสอบค่าพีเอชของดินด้วยชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน ให้ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือไม่มีความแตกต่างกันกับวิธีในห้องปฏิบัติการและวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของ Truog ที่นักสำรวจดินใช้อยู่ในปัจจุบัน ชี้ให้เห็นว่าการใช้ผงเป็นตัวช่วยในการดูดซับสี สามารถลดการรบกวนจากสีของดินโดยตรง ทำให้การตัดสินใจในการอ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานมีความง่ายขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรแรกที่อ่านค่าสีของน้ำยาทดสอบที่ทำปฏิกิริยากับดินโดยตรงและไม่ได้ใช้ผงในการดูดซับสี อีกประการหนึ่งคือการใช้ผงเป็นตัวช่วยในการดูดซับสีหลังจากที่น้ำยาทดสอบทำปฏิกิริยากับดินแล้ว ผงจะดูดซับสีขึ้นมาทำให้สามารถแยกแยะสีได้ชัดเจนขึ้นเมื่อเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่จำลองจากภาพเสมือนจริง ทำให้การอ่านค่าพีเอชของดินมีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ถึงแม้ดินนั้นจะมีสีแตกต่างกัน

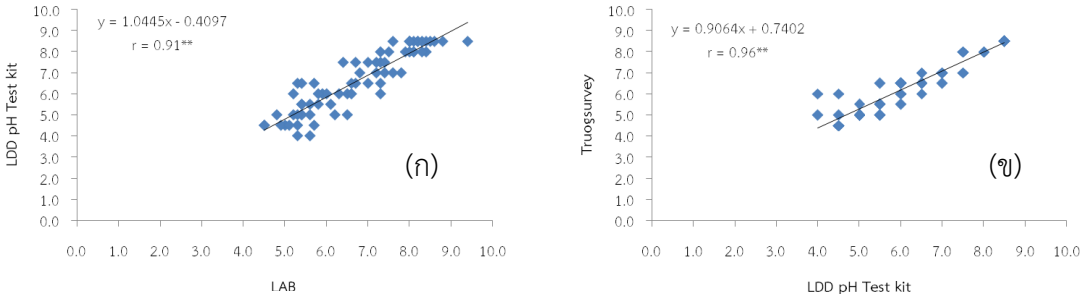
จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสหสัมพันธ์ (correlation) และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Analysis of varience (ANOVA) ชี้ให้เห็นว่าชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างที่พัฒนาขึ้น (LDD pH Test Kit) มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับทั้งสองวิธีที่นำมาเปรียบเทียบคือ วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey เมื่อเปรียบเทียบแต่ละวิธีเป็นรายคู่ (multiple comparsions) ยังพบว่าชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นโดยการประเมินค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐาน ให้ผลการทดสอบค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีของชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ทั้งในดินกรด ดินด่าง ดินเค็ม และการรวมดินทั้งสามชนิดเข้าด้วยกัน วิธีการทดสอบที่พัฒนาขึ้นมายังให้ผลการทดสอบค่าพีเอชอยู่ระหว่างวิธีทั้งสอง ชี้ให้เห็นว่าชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นมามีความถูกต้องและแม่นยำใกล้เคียงหรือไม่แตกต่างกับวิธีมาตรฐานที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง pH meter ดังนั้นชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างที่พัฒนาขึ้น (LDD pH Test Kit) สามารถที่จะนำไปใช้วิเคราะห์ดินในภาคสนามได้ เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน สะดวก รวดเร็ว เกษตรกร หมอดินอาสา นักวิชาการหรือผู้สนใจ สามารถวิเคราะห์ดินได้ด้วยตัวเอง ทราบผลการทดสอบดินภายใน 3 นาที ผลวิเคราะห์มีความถูกต้องและแม่นยำใกล้เคียงกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

4. การทดสอบดินในภาคสนาม

การออกพื้นที่เพื่อทดสอบดินในสภาพพื้นที่จริง ดำเนินการในพื้นที่ที่เป็นดินกรด ดินด่างและดินเค็ม จำนวน 69 ตัวอย่าง ผลการทดสอบพบว่า ค่าพีเอชที่วิเคราะห์โดยใช้ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่พัฒนาขึ้น มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมาก (สมจิต, 2546) กับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) ที่วัดโดยเครื่อง pH meter และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ที่อ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานเช่นเดียวกับชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบดินภายในห้องปฏิบัติการ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เท่ากับ 0.91** และ 0.96** ตามลำดับ ดังภาพที่ 18

เมื่อนำผลวิเคราะห์ค่าพีเอชที่ได้จากทั้งสามวิธีไปทดสอบค่าทางสถิติ โดยวิธี Analysis of Varience (ANOVA) พบว่าวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.5 สูงสุด 9.4 เฉลี่ยเท่ากับ 6.706 วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 6.594 และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของTruogsurvey มีค่าพีเอชต่ำสุด 4.0 สูงสุด 8.5 เฉลี่ยเท่ากับ 6.717 ค่าเฉลี่ยของทั้งสามวิธีมีค่าเท่ากับ 6.672 (ตารางที่ 27)

โดยวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ตามลำดับ



ภาพที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) วิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) กับวิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) (ข) วิธีชุดตรวจสอบดินภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey ในการทดสอบดินภาคสนาม

(หมายเหตุ : ** มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ)

ตารางที่ 27 แสดงข้อมูลสถิติพื้นฐานในการทดสอบดินภาคสนาม

Method	N	Mean	STD	95% confidence Interval for Mean		Min.	Max.
				Min.	Max.		
LAB	69	6.706	1.25	6.405	7.007	4.5	9.4
LDD pH Test Kit	69	6.594	1.44	6.247	6.942	4.0	8.5
Truogsurvey	69	6.717	1.37	6.388	7.047	4.5	8.5
Total	207	6.672	1.35	6.487	6.858	4.0	9.4

ตารางที่ 28 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) ในการทดสอบดินภาคสนาม

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P_sig
Between Groups	0.639	2	0.319	0.173	0.841
Within Group	376.594	204	1.846		
Total	377.233	206			

จากตารางที่ 28 พบว่า ค่าพีเอชของดินที่ได้จากการทดสอบทั้งสามวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แผ่นเทียบสีมาตรฐานในการประเมินค่าพีเอชของดิน ให้ผลสอดคล้องกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey

ตารางที่ 29 แสดงผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Multiple comparisons) ในการทดสอบดินภาคสนาม

Method	Mean Diff.	99% confidence interval		P_sig
		Lower	Upper	
LDD pH Test Kit - LAB	-0.1116	-0.822	0.598	0.890
LDD pH Test Kit - Truogsurvey	-0.1232	-0.833	0.587	0.868

จากตารางที่ 29 พบว่า วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน ให้ผลการทดสอบค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยมีค่า P_sig เท่ากับ 0.890 และ 0.868 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.01 แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดินที่พัฒนาขึ้น ให้ผลการทดสอบมีความสอดคล้องหรือเหมือนกันกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey

เมื่อเปรียบเทียบการทดสอบดินภายในห้องปฏิบัติการกับการทดสอบดินในภาคสนามเพื่อทดสอบวิธีวิเคราะห์ของชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้น พบว่า ให้ผลการทดสอบที่มีความสอดคล้องกัน เป็นการยืนยันได้ว่าตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบไม่ต้องผ่านขั้นตอนกระบวนการเตรียมตัวอย่างก็สามารถตรวจ วิเคราะห์ได้ แสดงให้เห็นว่าชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นสามารถที่จะนำไปใช้ในภาคสนามได้ โดยให้ผลการทดสอบค่าพีเอชที่มีความถูกต้อง เทียบเคียงกับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB) และชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey

5. การตรวจสอบความใช้ได้ของชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน

5.1 ความถูกต้อง (Accuracy) ของวิธีวิเคราะห์

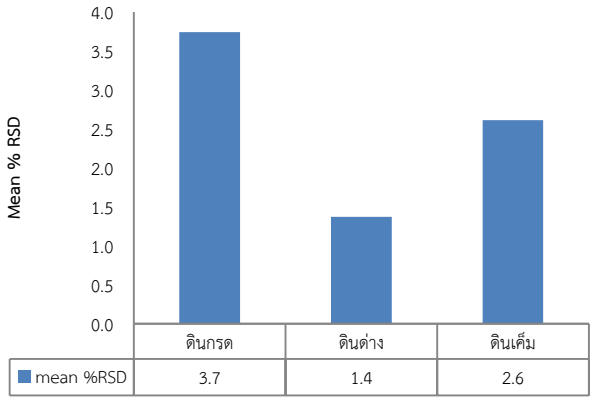
ทำการศึกษาตรวจสอบค่าพีเอชโดยใช้ชุดน้ำยาทดสอบที่พัฒนาขึ้น ในตัวอย่างดินอ้างอิง จำนวน 5 ชุดดิน คือ ชุดดินบ้านไผ่ (Bpi) ชุดดินกุลาร้องไห้ (Ki) ชุดดินกำแพงแสน (Ks) ชุดดินลพบุรี (Lb) และชุดดินปากช่อง (Pc) จำนวน 5 ซ้ำ พบว่า มีค่าพีเอช (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 6.0, 5.0, 7.0, 7.5 และ 4.0 ตามลำดับ ผลวิเคราะห์มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน (Certificate Value) ที่ได้จากการวัดในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง pH meter มีค่า % relative accuracy อยู่ในช่วง 90-110 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (นันทนา และนุชนารท, 2555) ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 30 แสดงค่าพีเอช (pH) และ % relative accuracy ในตัวอย่างดินอ้างอิง 5 ชุดดิน

ชุดดิน	pH (Certificate Value)	pH (Mean) Test Kit	% relative error	% relative accuracy
บ้านไผ่ (Bpi)	5.9	6.0	1.69	101.69
กุลาร้องไห้ (Ki)	4.9	5.0	2.04	102.04
กำแพงแสน (Ks)	6.6	7.0	6.06	106.06
ลพบุรี (Lp)	7.1	7.5	5.63	105.63
ปากช่อง (Pc)	4.4	4.0	-9.09	90.91

5.2 ความแม่นยำ (Precision) ของวิธีวิเคราะห์

ทำการศึกษาตรวจสอบค่าพีเอชโดยใช้ชุดน้ำยาทดสอบที่พัฒนาขึ้น ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นดินกรด ดินด่าง และดินเค็ม กลุ่มละ 5 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 15 ตัวอย่าง ทำการทดสอบตัวอย่างละ 10 ซ้ำ พบว่า ในกลุ่มที่เป็นดินกรด มีค่า % RSD อยู่ในช่วง 2.28-5.18 กลุ่มดินด่างมีค่า % RSD อยู่ในช่วง 0.00-2.77 และกลุ่มดินเค็มมีค่า % RSD อยู่ในช่วง 1.99-3.13 ซึ่งมีค่าไม่เกิน 10 เปอร์เซนต์ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งหมด (จิตติมา และคณะ, 2552) แสดงให้เห็นว่า ชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำสูงในการตรวจวิเคราะห์ สามารถนำไปใช้ทดสอบตัวอย่างดินในเบื้องต้นได้



ภาพที่ 19 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ของวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน กรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit)

6. เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของวิธีวิเคราะห์ค่าพีเอชทั้งสามวิธี

วิธีการทดสอบค่าพีเอชของดินมีทั้ง 3 วิธี คือ วิธีในห้องปฏิบัติการ (pH meter) วิธีชุดตรวจสอบภาคสนามกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truog แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน บางวิธีมีให้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้องและความแม่นยำสูง แต่อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้มีราคาแพง ผู้วิเคราะห์ต้องมีความรู้และความชำนาญในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆเป็นอย่างดี บางวิธีผลที่วิเคราะห์ได้เป็นเพียงค่าโดยประมาณเท่านั้น แต่เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว สามารถทราบผลได้ทันที ไม่ต้องเสียเวลาส่งดินไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ สำหรับข้อดีและข้อจำกัดของวิธีทดสอบค่าพีเอชที่กล่าวถึงทั้ง 3 วิธี พอสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (LAB)

LDD pH Test Kit	LAB
1.วิธีวิเคราะห์ง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่ต้องเตรียมตัวอย่างดิน	1. วิธีวิเคราะห์ยุ่งยาก ซับซ้อน และต้องผ่านขั้นตอน/กระบวนการในการเตรียมตัวอย่างดิน
2.ใช้เวลาในการตรวจวิเคราะห์และทราบผลภายใน 3 นาที	2.ใช้เวลาในการตรวจวิเคราะห์และรายงานผลไม่น้อยกว่า 1 สัปดาห์
3.ชุดอุปกรณ์ใช้งานง่าย สะดวก และราคาไม่แพง เช่น แผ่นเทียบสีมาตรฐาน ถาดหลุม และช้อนคนดิน	3.ชุดอุปกรณ์ใช้งานยาก และมีราคาแพง เช่น เครื่อง pH meter อิเลคโทรด (electrode) และเครื่องชั่ง เป็นต้น
4.การใช้งาน ผู้ใช้งานไม่ต้องมีความชำนาญ นักวิชาการ เกษตรกรหรือหมอดินอาสา สามารถตรวจสอบดินได้เอง	4.ผู้ใช้ต้องเป็นผู้มีความชำนาญในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ มีความละเอียดรอบคอบในทุกขั้นตอนการวิเคราะห์
5.ชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้น สามารถพกพาไปใช้งานในภาคสนามได้	5.นักวิชาการ เกษตรกรหรือหมอดินอาสาต้องส่งต้องตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
6.ชุดน้ำยาทดสอบที่พัฒนาขึ้น บรรจุอยู่ในขวดพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตร สามารถวิเคราะห์ได้ประมาณ 80 ตัวอย่าง ราคาประเมินในเบื้องต้นไม่เกิน 8 บาท/ตัวอย่าง	6.ค่าธรรมเนียมในการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (สวด.) ราคา 50 บาท/ตัวอย่าง

ตารางที่ 32 เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) กับวิธีชุดตรวจสอบภาคสนาม Truogsurvey

LDD pH Test Kit	Truogsurvey
1. แผ่นเทียบสีมาตรฐานสามารถอ่านค่าพีเอชในช่วง 3.0-8.5	1.แผ่นเทียบสีมาตรฐานสามารถอ่านค่าพีเอชในช่วง 4.0-8.5 แต่จะไม่บอกค่าพีเอชในช่วง 7.5
2. ใช้เวลาในการตรวจวิเคราะห์และทราบผลภายใน 3 นาที	2.ใช้เวลาในการตรวจวิเคราะห์และอ่านค่าพีเอชหลังจากเวลาผ่านไป 2 นาที
3. ผลิตขึ้นเองภายในประเทศ มีราคาถูก	3. ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ราคาแพง
4. น้ำยาทดสอบมีอายุการใช้งานอย่างน้อย 1 ปีหรือมากกว่า	4. การนำเข้าจากต่างประเทศ อาจทำให้อายุการใช้งานของน้ำยาสั้นลง เนื่องจากอาจเป็นของเก่าเก็บหรือค้างสต็อกในการนำเข้าแต่ละครั้ง
5. เมื่อน้ำยาทดสอบหมด สามารถสั่งซื้อหรือรับชุดเติม (refill) ได้เลย ทำให้ทันต่อความต้องการ	5.เมื่อน้ำยาทดสอบหมด ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ไม่ทันต่อความต้องการ

7. การเปรียบเทียบชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดินในประเทศไทย

ชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย ได้แก่ ชุดตรวจสอบของกรมพัฒนาที่ดิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อความสะดวก รวดเร็วในการตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดิน สามารถพกพาไปใช้งานในภาคสนามได้ ทราบผลได้ทันทีและมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับของต่างประเทศ ชุดอุปกรณ์และขั้นตอนวิธีการทดสอบจะมีความแตกต่างกันบ้างในแต่ละหน่วยงาน สำหรับข้อดีข้อเสีย ราคาและความแม่นยำของ-ชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของทั้ง 3 หน่วยงาน พอสรุปได้ดังนี้ (ตารางที่ 33)

กรมพัฒนาที่ดิน เป็นชนิดน้ำยาผสมในขวดเดียว โดยใช้อินดิเคเตอร์ ตัวผสมกัน สามารถ 3 ตรวจสอบพีเอชในช่วงที่ดินเป็นกรดรุนแรงมากที่สุดถึงเป็นด่างจัด (pH 3.0-8.5) แผ่นเทียบสีมาตรฐานแต่ละช่องสีมีความแตกต่างกัน หน่วยพีเอช 0.5 ความแม่นยำในการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนประมาณ ± หน่วยพีเอช 0.5<u>ข้อดี</u> มีการนำผงมาใช้ในการดูดซับสีและอ่านค่าพีเอชจากเม็ดผงเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่จำลองจากภาพเสมือนจริงของเม็ดผง ขั้นตอนการทดสอบดินไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย เกษตรกรสามารถทดสอบดินได้ด้วยตัวเอง <u>ข้อเสีย</u> สัดส่วนของดินกับน้ำยาต้องไม่มากหรือน้อยเกินไป ถ้าน้ำยาทดสอบมากสีที่ผงดูดซับจะเป็นสีของน้ำยาทดสอบ ผงดูดซับสีที่ใช้จะดูดความชื้นและจับกันเป็นก้อน ชุดตรวจสอบของกรมพัฒนาที่ดินไม่ได้ผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงการค้า เป็นการผลิตและแจกให้กับเกษตรกร หมอดินอาสาและนักวิชาการภายในหน่วยงาน ตามนโยบายของกรมฯ ชุดอุปกรณ์ที่แจกให้สามารถนำกลับมาเติมน้ำยาใหม่ได้ ทำให้ประหยัดงบประมาณในส่วนนี้ได้

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีทั้งชนิดน้ำยา 10 และเบอร์ 4 เบอร์และน้ำยาเดี่ยวเบอร์ 3 ในที่นี้จะกล่าวถึงชุดน้ำยาเดี่ยวเบอร์ ซึ่งจริงๆ 4แล้วเป็นน้ำยาผสมในขวดเดียวที่เกิดจากการผสมของอินดิเคเตอร์หลายชนิด สามารถวัดค่าพีเอชได้ในช่วงกว้าง)pH 3.0-8.5) แผ่นเทียบสีมาตรฐานมีความแตกต่างกัน หน่วยพีเอช 0.5ความแม่นยำในการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนประมาณ ±หน่วย 0.5 พีเอช ขั้นตอนวิธีการทดสอบคล้ายกับของกรมพัฒนาที่ดิน เพียงแต่ไม่ได้ใช้ผงในการดูดซับสีเท่านั้น <u>ข้อดี</u> ขั้นตอนในการทดสอบใช้งานง่าย สะดวก ไม่ซับซ้อน จึงเหมาะกับเกษตรกร <u>ข้อเสีย</u> ถ้าสารละลายมีความขุ่นหรือแขวนลอยจะมีผลต่อการอ่านค่าพีเอชของดิน และสีดินมีผลต่อการอ่านค่าพีเอชของดินโดยเฉพาะดินสีแดงและดินสีดำ ชุดตรวจสอบของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงการค้าให้กับบุคคลทั่วไป

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นชนิดน้ำยาเดี่ยว ประกอบด้วยน้ำยาทดสอบ 1 ขวด คือ น้ำยาที่ 4 และ 7.6-6.6 อยู่ในช่วงพีเอช 3 น้ำยาที่ 6.6-5.0 อยู่ในช่วงพีเอช 2 น้ำยาที่ 5.4-3.8 อยู่ในช่วงพีเอช ซึ่งแคบกว่าของกรม 8.2-3.8 ดังนั้นการตรวจสอบพีเอชอยู่ในช่วง 8.2- 6.6 อยู่ในช่วง 4 น้ำยาที่แผ่นมี 4 พัฒนาที่ดินและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แต่แผ่นเทียบสีมาตรฐานทั้งความละเอียดของสเกลในแต่ละช่องสีแตกต่างกัน หน่ 0.2วยพีเอช ความแม่นยำในการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนประมาณ ±หน่วยพีเอช 0.2 ขั้นตอนการทดสอบจะเริ่มจากน้ำยาที่ ถ้าสีที่น้ำยาทำปฏิกิริยากับดิน 2 แต่ถ้าสีที่เกิดขึ้นเป็นสีชมพูหรือสีม่วงเข้ม 1 เกิดเป็นสีเหลืองเข้ม ให้ทำการทดสอบใหม่ โดยใช้น้ำยาที่ให้ทำการทดสอบใหม่โดยใช้น้ำยาที่ 4 หรือน้ำยาที่ 3<u>ข้อดี</u> คือ มีการใช้น้ำยาอย่างน้อยขวด 2 ในการยืนยันผลของค่าพีเอชที่ทดสอบได้ ถ้าผู้ทดสอบมีความชำนาญจะมีความถูกต้องและความแม่นยำสูง <u>ข้อเสีย</u> น้ำยามีหลายขวด วิธีการทดสอบมีหลายขั้นตอนอาจทำให้สับสนได้ ชุดน้ำยานี้จึงไม่เหมาะกับเกษตรกร ความขุ่นและสีดินมีอิทธิพลต่อการอ่านค่าพีเอชของดิน ชุดตรวจสอบของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงการค้าให้กับบุคคลทั่วไป

ตารางที่ 33เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ราคาและความแม่นยำของชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ของกรมพัฒนาที่ดิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

หน่วยงาน	ข้อดี	ข้อเสีย	ราคา (บาท)*	ความแม่นยำ (หน่วยพีเอช)
กรมพัฒนาที่ดิน	1. เป็นชนิดน้ำยาผสมในขวดเดียว 2. ขั้นตอนการทดสอบใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน 3. ใช้ผงในการดูดซับสี 4. ราคาถูกเมื่อเทียบต่อตัวอย่าง 5. สามารถนำอุปกรณ์กลับมาเติมน้ำยาได้ 6. เหมาะกับเกษตรกร	.1 ถ้าสัดส่วนของน้ำยาทดสอบมากเกินไป สีที่ผงดูดซับจะเป็นสีของน้ำยาทดสอบ .2 ผงดูดซับสีจะดูดความชื้นและจับกันเป็นก้อน	ราคา : ชุด = 450 จำนวน 80ตัวอย่าง ราคา : ตัวอย่าง = 5.6	±0.5
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์[1/] (4 น้ำยาเบอร์)	.1 เป็นชนิดน้ำยาผสมในขวดเดียว .2 ขั้นตอนวิธีการทดสอบไม่ซับซ้อน เหมาะกับเกษตรกร .3	ถ้าสารละลายมีความขุ่นจะรบกวนการ .1 อ่านค่าพีเอชของดิน .2 สีดินมีอิทธิพลต่อการอ่านค่าพีเอชจากสารละลาย โดยเฉพาะดินสีแดงและสีดำ	ราคา : ชุด = 300 จำนวน ตัวอย่าง 50 ราคา : ตัวอย่าง = 6	±0.5
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่[2/]	1. ใช้น้ำยาทดสอบอย่างน้อย 2 ขวด ในการยืนยันผลการทดสอบค่าพีเอช 2. แผ่นเทียบสีมาตรฐานมีความละเอียดในแต่ละช่องสีแตกต่างกัน 0.2 หน่วยพีเอช 3. ถ้าผู้ทดสอบมีความชำนาญจะมีความถูกต้องและความแม่นยำสูง	1. เป็นชนิดน้ำยาเดี่ยวมีหลายขวด 2. มีหลายขั้นตอนในการทดสอบ อาจทำให้สับสนได้ .3 ความขุ่นและสีดิน มีอิทธิพลต่อการอ่านค่าพีเอช โดยเฉพาะดินสีแดงและสีดำ 4. ไม่เหมาะกับเกษตรกร	ราคา : ชุด = 200 จำนวน ตัวอย่าง 20 ราคา : ตัวอย่าง = 10	±0.2

ที่มา : [1/] ทัศนีย์และคณะ (ม.ป.ป). ; โครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[2/] ชูชาติและคณะ (2547): ห้องปฏิบัติการกลาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ม.ป.ป).

* ข้อมูล ณ วันที่ 16 สิงหาคม 2561

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาและประดิษฐ์ชุดตรวจสอบดินภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ใช้อินดิเคเตอร์ทั้งหมด 3 ตัว ครอบคลุมในช่วงที่ดินเป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (pH 3.5) ถึงเป็นด่างจัด (pH 8.5) โดยชุดตรวจสอบประกอบด้วย ชุดน้ำยาทดสอบบรรจุอยู่ในขวดพลาสติก 30 มิลลิตร สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างดินได้ 80 ตัวอย่าง แผ่นเทียบสีมาตรฐาน ผงทำให้เกิดสี ถาดหลุม และช้อนคนดิน ชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างที่พัฒนาขึ้น ได้ผ่านการทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับวิธีในห้องปฏิบัติการ (pH meter) และชุดน้ำยาของ Truog ที่ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกาที่นักสำรวจดินกรมพัฒนาที่ดินใช้อยู่ในปัจจุบัน ผลการทดสอบให้ผลเป็นที่น่าพอใจโดยมีความสอดคล้องกันกับทั้งสองวิธีที่นำมาเปรียบเทียบเมื่อทดสอบในดินกรด ดินด่าง และดินเค็ม มีความถูกต้อง (accuracy) และความแม่นยำ (precision) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทั้งหมด สามารถสรุปได้ดังนี้

1. จำนวนตัวอย่างดินที่นำมาศึกษาทั้งหมด 524 ตัวอย่าง จำแนกเป็นดินกรด 282 ตัวอย่าง ดินด่าง 67 ตัวอย่าง และดินเค็ม 175 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 53.82 ,12.78 และร้อยละ 33.40 ตามลำดับ

2. ดินส่วนใหญ่ที่นำมาศึกษามีสภาพเป็นกรด โดยมีค่าพีเอชอยู่ในระดับเป็นกรดรุนแรงมากที่สุดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 3.0-6.5) มีจำนวนมากถึง 348 ตัวอย่าง คิดเป็น 66.0 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างดินทั้งหมด

3. ชุดน้ำยาทดสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่พัฒนาขึ้น เป็นน้ำยาผสมจากอินดิเคเตอร์ 3 ตัว สามารถวัดค่าพีเอชของดินได้ในช่วงกว้าง (pH 3.0-8.5) เหมาะสำหรับดินในประเทศไทย การไล่สีของน้ำยาสามารถไล่เฉดสีได้อย่างชัดเจน น้ำยามีอายุการใช้งานได้นานถึง 1 ปีหรือมากกว่า

4. ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้งานง่าย ขั้นตอนการตรวจสอบไม่ซับซ้อน สะดวกและรวดเร็ว เกษตรกรหรือผู้สนใจสามารถวิเคราะห์ดินได้ด้วยตนเองและทราบผลภายใน 3 นาที

5. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน โดยการทดสอบความถูกต้อง (accuracy) มีค่าความถูกต้องสัมพัทธ์ (relative accuracy) อยู่ในช่วง 90-100 % และการทดสอบความแม่นยำ (precision) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (relative standard deviation) ไม่เกิน 10 % ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

6. ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่พัฒนาขึ้น ให้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้องและแม่นยำ มีความสอดคล้องกับวิธีมาตรฐานที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้เครื่องวัด pH meter และวิธีชุดตรวจสอบภาคสนามของ Truogsurvey โดยมีความสอดคล้องกับวิธีในห้องปฏิบัติการมากที่สุด

7. ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช้ผงเป็นตัวช่วยในการดูดซับสี สามารถลดการรบกวนจากอิทธิพลของสีดิน และเม็ดผงที่ดูดซับสีขึ้นมาทำให้แยกแยะสีได้ชัดเจนขึ้น ทำให้ตัดสินใจได้ง่ายขึ้นในการอ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐานที่จำลองจากภาพเสมือนจริง

8. การทดสอบกับดินในภาคสนามหรือในพื้นที่จริง สามารถทดสอบค่าพีเอชของดินได้โดยไม่ต้องทำการเตรียมตัวอย่างดิน เพียงแต่ดินนั้นไม่อยู่ในสภาพที่ชื้นแฉะจนเกินไป

9. ชุดตรวจสอบภาคสนามของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD pH Test Kit) ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในภาคสนาม ใช้งานง่าย มีความคงทนแข็งแรง บรรจุอยู่ในกระเป๋าขนาดกะทัดรัด สะดวกในการพกพาไปใช้งานในภาคสนาม สามารถนำไปใช้ในการประเมิน/ทดสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดินในเบื้องต้นได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญการในการทดสอบ

10. ชุดอุปกรณ์และน้ำยาทดสอบค่าพีเอชที่พัฒนาขึ้นมา เป็นชุดอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นเองภายในประเทศ ทำให้มีราคาถูกกว่าชุดอุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ประสิทธิภาพในการทดสอบค่าพีเอชให้ผลการทดสอบที่ไม่แตกต่างกัน ค่าที่ได้เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น ดังนั้นสามารถใช้ทดแทนชุดที่นำเข้าจากต่างประเทศจะทำให้ประหยัดงบประมาณในส่วนนี้ได้

11. การพัฒนาชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดิน กรมพัฒนาที่ดิน เป็นชุดอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นในการใช้งานในพื้นที่ เนื่องจากสามารถวัดค่าพีเอชของดินและทราบผลทันทีเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจเพื่อประเมินสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ในเบื้องต้น ไม่ต้องส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ข้อเสนอแนะ

1. ชุดตรวจสอบภาคสนาม ความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบง่ายๆ วิธีวิเคราะห์ไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย ชุดอุปกรณ์บรรจุอยู่ในกระเป๋าขนาดกะทัดรัด สามารถพกพาไปใช้งานในภาคสนามได้ การตรวจสอบตัวอย่างดินสามารถทราบผลภายใน 3 นาที ผลวิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำ รวดเร็ว ประหยัดเงิน และเวลาในการวิเคราะห์หรือทดสอบดิน ทำให้เกษตรกรสามารถประเมินสภาพความเป็นกรดของดินได้ในเบื้องต้น ก่อนที่จะซื้อหรือใส่ปูนลงในพื้นที่ของตนเอง

2. ชุดตรวจสอบภาคสนาม ความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่พัฒนาขึ้น ทุกคนสามารถตรวจวิเคราะห์ได้โดยไม่จำเป็นต้องเป็นผู้ชำนาญการ เพราะไม่ต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ยุ่งยาก นักวิชาการและนักวิจัยจากหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบสภาพความเป็นกรดเป็นด่างในพื้นที่แปลงทดลองได้ทันที และที่สำคัญนักวิชาการหรือเจ้าหน้าที่ของสถานีพัฒนาที่ดินหรือสำนักงานพัฒนาที่ดินเขตต่างๆ ของกรมพัฒนาที่ดิน สามารถใช้ในการประเมินหรือคัดกรองพื้นที่ของเกษตรกรที่ร้องขอวัสดุปรับปรุงดิน เช่น ปูนชนิดต่างๆ กรณีที่มีคำร้องขอเป็นจำนวนมาก เป็นต้น

3. จุดเรียนรู้หรือศูนย์เรียนรู้ทางการเกษตร ควรมีชุดตรวจสอบภาคสนาม ความเป็นกรดเป็นด่างของดินไว้ประจำศูนย์ เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช เมื่อมีการปรับปรุงบำรุงดินด้วยวิธีการต่างๆ หรือใช้ในการสาธิต/แนะนำการตรวจสอบดินให้กับเกษตรกรหรือผู้สนใจที่มาเยี่ยมชม เรียนรู้ภายในศูนย์ฯ

4. หมอดินอาสาระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด ควรมีชุดตรวจสอบภาคสนาม ความเป็นกรดเป็นด่างของดินไว้ประจำตัว เพื่อความสะดวก รวดเร็ว ในการตรวจสอบดินเมื่อออกพื้นที่ให้คำแนะนำ/การจัดการดิน/ปรับปรุงดินให้กับสมาชิกในพื้นที่ของตนเอง

5.นักสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดินสามารถนำชุดตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้แทนชุดตรวจสอบเดิม (ชุดน้ำยา Troug) ที่เคยใช้ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศได้ซึ่งจะทำให้กรมฯ ประหยัดงบประมาณในส่วนนี้ได้

6. ผู้บริหารควรสนับสนุน/ส่งเสริมให้เจ้าหน้าที่ของกรมพัฒนาที่ดินที่ทำงานในพื้นที่ หมอดินอาสา มีชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดินไว้ใช้งานเพื่อความสะดวก รวดเร็ว ในการประเมินค่าพีเอชของดิน ก่อนให้คำแนะนำในการใช้ปุ๋ย และปูน เพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน

7. การอ่านค่าพีเอชจากแผ่นเทียบสีมาตรฐาน ถ้าผู้ทำการทดสอบค่าพีเอชได้รับการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญในการดูสีจากแผ่นเทียบสีมาตรฐาน สามารถแยกสีในแต่ละเฉดสีได้ จะทำให้ค่าพีเอชที่อ่านได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

8. ควรทำความสะอาดชุดอุปกรณ์ทุกครั้งหลังการใช้งาน และเก็บชุดตรวจสอบภาคสนามความเป็นกรดเป็นด่างของดินไว้ในที่ร่ม ภายใต้อุณหภูมิห้อง เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของน้ำยาทดสอบ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 303 น.

คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2551. พจนานุกรมปฐพีวิทยา. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 206 น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2536. คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 119 น.

_____. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 น.

โครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อมภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร . .มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์www.soiltest-ku.agr.ku.ac.th/index.php%3Foption %3Dcom_content%26view%3Dsect. 16/ สิงหาคม 2561

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2541. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 213 น.

จิติมา ยถาภูชานนท์ วรรณรัตน์ ชุติบุตร สงกรานต์ มลิสอน อมรา หาญจวณิช และจริยา ประศาสน์ศรีสุภาพ. 2552. การพัฒนาชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในปุ๋ยอินทรีย์. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 28 น.

เจริญ เจริญจำรัสชีพ กำชัย กาญจนเศรษฐ และเมธิน ศิริวงศ์. 2540. การจัดการดินกรดในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 120 น.

ชูชาติ สันธทรัพย์ อำพรรณ พรมศิริ เกวลิน คุณาศักดากุล ชวนพิศ บุญชิตสิริกุล สรัญญา ณ ลำปาง จิราพร ตยุติวุฒิกุล และทิพวรรณ ประภามณฑล รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ .2547 . เรื่อง การพัฒนาการผลิตด้านการเกษตรเพื่อความปลอดภัยของชุมชนคณะเกษตรศาสตร์ . .มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 108 น.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ สุเทพ ทองแพ สมชาย กรีฑาภิรมย์ และปรีเนียม ทองแพ . (ม.ป.ป.). คู่มือชุดตรวจสอบความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ชนิดน้ำยาเดี่ยวเบอร์ .4โครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อมภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร . .มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 25 น.

นภาพร พันธุ์กมลศิลป์. 2557. การเกิดและสัณฐานวิทยาของดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ. *ใน* วารสารดินและปุ๋ย ฉบับพิเศษ จดหมายเหตุ วันดินโลก 2. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทยร่วมกับกรมพัฒนาที่ดิน. หน้า 229-246.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

นวลศรี กาญจนกูล สุวรรณีย์ ภูธรธราช และขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล. 2544. ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในประเทศไทย. เอกสารวิชาการกองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 94 น.

นันทนา กันยานุวัฒน์ และนุชนาท นาคำ. 2555. แนวทางการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบทางเคมี. สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 167 น.

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์. หลักการวิเคราะห์และการใช้เครื่องมือ. *ใน* รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่อง Standardization and workshop training on chemical analysis of soils. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 13-28.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2556. สารปรับปรุงดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 256 น.

พจนีย์ มอญเจริญ. 2544. การใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินและการใช้ปุ๋ย. เอกสารวิชาการกองวิเคราะห์ดิน ฉบับที่ 2/2544. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 216 น.

พจนีย์ มอญเจริญ และชูจิตต์ สงวนทรัพยากร. 2544. วิธีวิเคราะห์ดินทางเคมี. เอกสารวิชาการกองวิเคราะห์ดิน ฉบับที่ 1/2544. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 129 น.

สมจิต วัฒนาชยากูล. 2546. สถิติพื้นฐานสำหรับนักวิทยาศาสตร์. ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 309 น.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ พืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน (เล่ม 1). กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 184 น.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2548. ดินกรดในพื้นที่ สพข.1. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 52 น.

_____. 2549. ดินปัญหาของประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 13 น.

ห้องปฏิบัติการกลาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .(ม.ป.ป.). คำแนะนำในการใช้ชุดทดสอบดิน . คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 6 น.

อภิรดี อิ่มเอิบ. 2536. ดินป่วย. วารสารพัฒนาที่ดิน ปีที่ 30 ฉบับที่ 339. หน้า 35-50.

เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2548. การสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 733 น.

Brady N. C. and weil R. R., 2008. The nature and properties of soils. 14th (ed.) Pearson prentice hall. New Jersy. Columbus, Ohio. 975 p.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Evanylo, G. and McGuinn, R. 2000. Agricultural Management Practices And Soil Quality: Measuring, assessing, and comparing laboratory and field test kit indicators of soil quality attributes. Virginia Cooperative Extension Publication Number 452-400. Web page, accessed 28 January, 2003.

Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Constable and company, Ltd. First printed in England. London. 498 p.

Land Classification Division and FAO Project Staffs. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Dept. of Land Development , Min. of Agri. and Coop. 135 p.

Liebig, M.A., Doran, J.W., and Gardner, J.C. 1996. Evaluation of a Field Test Kit for Measuring Selected Soil Quality Indicators. Agronomy Journal 88:683-686. Gene Stevens, David Dunn, Bobby Phipps., 2001. How to Diagnose Soil Acidity and Alkalinity Problems in Crops: A Comparison of Soil pH Test Kits. Journal of extension. Volume 39. Number 4.

Peech, M. 1965. Hydrogen-Ion Activity. *In* Methods of Soil Analysis Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Madison, Wisconsin USA. p 914-926.

Quirine, M. Ketlerings, W.Shaw Reid and Karl J. Czymmerk., 2006**.** Lime guidelines for field crops in New York. Department of crop and soil sciences Extension series E06-2, Cornell University. 35 p.

Robert Pavlis., 2013. Soil pH Testers-Are They Accurate? http://www.gardenmyths.com/soil-ph-testers-accurate/ 8 สิงหาคม 2560

Truog, E., 1946. Soil Reaction Influence on Availability of Plant Nutrients. Soil Science Society of America Proceedings 11, 305-308

Winder, J.R., Cannon K. R., and T.W. Goddard. Evaluation of a Soil Quality Test Kit for Alberta – Final Project Report. Alberta Agriculture, Food and Rural DevelopmentConservation and Development Branch. 38 p.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางผนวกที่ ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินกรด 1

Code	pH			Code	pH		
	LAB	LDD Test Kit	Truogsuvey		LAB	LDD Test Kit	Truogsurvey
A1	4.8	4.0	4.5	A29	4.9	5.0	5.0
A2	5.1	5.5	6.0	A30	4.8	5.0	4.5
A3	5.3	5.0	5.5	A31	5.1	5.0	5.5
A4	5.4	5.0	5.0	A32	5.2	5.0	5.5
A5	5.2	5.0	5.0	A33	5.4	5.0	5.0
A6	5.4	5.0	5.0	A34	5.1	5.0	5.0
A7	5.2	5.0	5.0	A35	5.2	4.5	5.0
A8	4.9	4.5	4.5	A36	5.3	5.0	5.5
A9	5.3	5.0	5.0	A37	5.4	5.5	6.0
A10	4.9	5.0	5.0	A38	5.0	5.0	5.0
A11	5.0	5.0	5.5	A39	4.7	4.5	4.5
A12	5.4	6.5	7.0	A40	5.3	6.5	6.5
A13	5.0	5.0	5.5	A41	5.3	5.0	5.0
A14	4.9	5.5	6.0	A42	5.1	5.0	4.5
A15	4.9	5.0	5.5	A43	4.6	4.5	4.0
A16	4.8	5.0	5.5	A44	5.1	5.0	5.0
A17	4.9	5.0	5.5	A45	4.5	4.0	4.0
A18	5.1	5.0	5.5	A46	5.5	5.5	5.5
A19	5.2	5.0	5.5	A47	5.5	5.5	5.0
A20	4.9	4.5	5.0	A48	5.3	5.5	5.0
A21	5.3	5.0	5.0	A49	5.2	5.5	5.5
A22	5.1	4.5	4.5	A50	5.4	5.0	6.0
A23	4.9	5.0	4.5	A51	5.1	5.0	4.5
A24	4.8	4.5	4.5	A52	5.3	5.5	4.5
A25	5.0	4.5	5.0	A53	5.3	5.5	6.0
A26	5.0	5.0	5.0	A54	5.3	5.0	4.5
A27	4.8	4.5	4.5	A55	5.2	6.0	5.5
A28	5.0	5.0	5.0	A56	5.5	6.0	6.0

ตารางผนวกที่ 1(ต่อ) ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินกรด

Code	pH			Code	pH		
	LAB	LDD Test Kit	Truogsurvey		LAB	LDD Test Kit	Truogsurvey
A57	5.4	5.5	5.5	A85	4.9	5.0	5.0
A58	5.1	5.0	5.0	A86	4.9	5.5	5.0
A59	5.3	5.0	5.0	A87	4.8	5.0	4.5
A60	5.3	5.0	5.0	A88	4.8	4.5	4.5
A61	4.6	5.5	5.0	A89	4.9	5.5	5.5
A62	4.8	5.5	5.5	A90	4.9	5.0	5.5
A63	4.8	5.5	5.5	A91	4.5	5.0	4.5
A64	4.8	5.0	5.0	A92	5.0	5.5	4.5
A65	4.5	5.0	5.5	A93	4.8	5.5	5.0
A66	4.5	5.0	5.0	A94	4.6	4.5	4.5
A67	4.8	5.5	5.0	A95	4.7	5.0	5.0
A68	4.8	5.5	5.5	A96	4.8	5.0	4.5
A69	4.5	6.0	5.5	A97	5.5	6.0	6.5
A70	4.8	5.0	5.0	A98	4.7	5.0	5.5
A71	4.7	5.0	5.0	A99	4.9	5.0	5.5
A72	4.6	5.0	5.0	A100	4.9	5.0	5.5
A73	4.8	5.0	5.0	A101	5.1	5.5	5.5
A74	4.8	5.0	5.0	A102	4.9	5.0	4.5
A75	4.8	5.5	5.0	A103	5.0	5.0	5.0
A76	4.9	5.0	5.0	A104	4.7	4.5	4.5
A77	4.9	5.5	6.0	A105	5.0	5.0	5.0
A78	4.7	5.5	5.0	A106	5.1	5.5	5.5
A79	4.8	5.5	5.5	A107	4.6	5.0	5.0
A80	4.9	5.0	5.0	A108	5.1	5.5	6.0
A81	5.0	5.5	6.0	A109	5.0	5.5	5.5
A82	5.3	5.5	6.0	A110	4.4	4.5	4.5
A83	5.3	5.5	6.0	A111	5.3	5.0	5.0
A84	5.0	5.0	5.0	A112	5.1	5.0	5.0

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางผนวกที่ 1(ต่อ) ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินกรด

Code	pH			Code	pH		
	LAB	LDD Test Kit	Truogsuvey		LAB	LDD Test Kit	Truogsurvey
A113	5.3	5.0	5.5	A141	4.6	4.5	4.5
A114	4.5	4.0	4.0	A142	7.3	7.5	8.0
A115	4.7	4.5	4.5	A143	6.7	8.0	8.0
A116	5.1	5.0	5.0	A144	6.7	7.5	8.0
A117	5.0	4.5	4.5	A145	6.3	6.5	6.5
A118	5.4	5.0	5.0	A146	6.2	6.0	6.0
A119	5.3	5.5	6.0	A147	7.2	7.0	7.0
A120	5.4	5.0	4.5	A148	6.1	6.0	6.5
A121	5.5	5.0	5.0	A149	5.8	6.0	6.5
A122	4.9	5.0	5.5	A150	6.0	6.5	6.5
A123	5.0	4.5	4.5	A151	6.1	6.5	6.5
A124	5.3	5.0	5.0	A152	6.7	7.0	7.0
A125	5.1	5.0	5.0	A153	6.7	6.5	7.0
A126	5.0	5.0	5.0	A154	6.6	6.5	7.0
A127	5.3	5.5	5.5	A155	6.8	6.5	7.0
A128	5.2	5.0	4.5	A156	6.1	6.0	6.5
A129	5.2	5.0	4.5	A157	6.5	7.0	7.0
A130	5.3	5.5	5.5	A158	5.6	4.5	4.5
A131	5.2	5.0	5.0	A159	5.6	5.0	5.0
A132	5.1	5.0	5.0	A160	5.5	5.0	5.0
A133	5.1	5.0	4.5	A161	6.2	5.0	5.0
A134	5.2	5.0	5.0	A162	6.4	6.5	7.0
A135	5.1	5.0	5.0	A163	6.0	6.0	6.5
A136	5.2	5.0	4.5	A164	6.0	6.0	6.5
A137	5.2	5.0	4.5	A165	5.9	6.0	6.5
A138	5.5	5.0	5.5	A166	5.5	5.5	6.0
A139	4.9	5.0	5.0	A167	5.6	5.5	5.5
A140	4.4	4.0	4.5	A168	5.7	6.0	6.0

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางผนวกที่ 1(ต่อ) ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินกรด

Code	pH			Code	pH		
	LAB	LDD Test Kit	Truogsuvey		LAB	LDD Test Kit	Truogsurvey
A169	5.6	6.0	6.0	A197	6.5	6.5	6.5
A170	6.3	6.5	6.5	A198	6.9	7.0	8.0
A171	6.5	7.0	7.0	A199	6.7	7.0	7.0
A172	6.2	6.5	6.5	A200	6.9	7.0	7.0
A173	6.1	6.5	6.5	A201	7.2	7.0	7.0
A174	6.1	6.5	6.5	A202	7.3	8.0	8.0
A175	6.1	6.5	6.5	A203	6.1	6.0	6.5
A176	6.2	6.5	6.5	A204	6.8	6.5	7.0
A177	6.3	6.5	7.0	A205	7.2	7.5	8.0
A178	5.6	5.5	6.0	A206	7.3	7.5	8.0
A179	5.9	6.5	6.5	A207	7.2	7.0	7.0
A180	5.6	6.0	6.0	A208	6.4	6.0	6.0
A181	5.7	6.0	6.0	A209	7.0	7.0	8.0
A182	5.5	5.5	5.5	A210	7.2	7.0	7.0
A183	5.8	6.5	6.5	A211	7.2	7.0	7.0
A184	5.5	6.0	6.5	A212	6.7	6.0	6.5
A185	6.5	7.0	7.0	A213	5.6	5.0	6.0
A186	6.6	6.5	6.5	A214	6.5	6.0	6.5
A187	6.7	7.0	7.0	A215	6.1	5.5	6.5
A188	5.7	5.0	5.5	A216	5.6	5.5	5.5
A189	6.1	6.0	6.5	A217	5.6	5.5	6.0
A190	5.6	4.5	4.5	A218	5.9	6.0	6.5
A191	5.9	5.0	5.5	A219	5.9	5.5	5.5
A192	5.8	4.5	4.5	A220	7.2	8.0	8.0
A193	5.6	6.0	6.5	A221	7.2	7.5	8.0
A194	6.7	7.5	8.0	A222	6.5	6.5	6.5
A195	5.7	6.0	6.5	A223	7.0	7.0	7.0
A196	5.8	6.0	6.0	A224	7.0	7.0	7.0

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางผนวกที่ 1(ต่อ) ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินกรด

Code	pH			Code	pH		
	LAB	LDD Test Kit	Truogsuvey		LAB	LDD Test Kit	Truogsurvey
A225	7.2	7.5	8.0	A255	6.8	6.0	6.5
A226	5.9	6.0	6.5	A256	6.8	7.0	7.0
A227	6.1	6.0	6.5	A257	6.7	7.0	7.0
A228	6.1	6.5	7.0	A258	6.5	7.5	8.0
A229	7.3	7.5	8.0	A259	6.5	8.0	8.0
A230	7.3	7.5	8.0	A260	6.7	8.0	8.0
A231	7.1	7.0	7.0	A261	6.9	8.0	8.5
A232	6.2	6.5	6.5	A262	7.1	8.0	8.0
A233	6.0	6.0	6.5	A263	6.9	7.0	8.0
A234	6.3	7.0	7.0	A264	7.3	8.0	8.5
A235	6.3	6.5	7.0	A265	6.9	6.5	6.5
A236	6.5	7.5	8.0	A266	6.7	6.5	7.0
A237	6.3	6.5	7.0	A267	6.8	7.0	7.0
A238	6.1	6.5	6.5	A268	6.0	5.5	6.5
A239	6.3	7.0	7.0	A269	6.2	6.0	6.5
A240	6.5	7.5	8.0	A270	7.2	8.0	8.0
A241	6.5	7.0	8.0	A271	7.0	7.5	8.0
A242	6.4	7.0	7.0	A272	5.8	6.0	6.5
A243	6.4	6.5	6.5	A273	5.9	6.0	6.5
A244	6.4	7.0	7.0	A274	7.3	8.0	8.5
A245	6.6	7.5	8.0	A275	7.3	8.5	8.5
A246	6.7	7.5	8.0	A276	6.9	7.0	7.0
A247	6.4	7.5	8.0	A277	6.4	6.0	6.5
A248	6.5	6.5	7.0	A278	6.2	6.0	6.0
A249	6.7	7.5	8.0	A279	6.4	6.5	6.5
A250	6.7	7.0	7.0	A280	7.2	7.0	7.0
A251	6.6	6.0	6.5	A279	6.4	6.5	6.5
A252	6.4	6.5	6.5	A280	7.2	7.0	7.0
A253	6.7	7.0	7.0	A281	6.6	6.0	6.5
A254	6.9	8.0	8.0	A282	6.9	7.0	7.0

ตารางผนวกที่ 2 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินด่าง

Code	pH			Code	pH		
	LAB	LDD Test Kit	Truogsuvey		LAB	LDD Test Kit	Truogsurvey
B1	8.8	8.0	8.0	B35	8.1	8.0	8.5
B2	8.8	7.5	8.0	B36	7.9	8.0	8.0
B3	9.1	8.0	8.0	B37	7.9	8.0	8.0
B4	9.9	8.0	8.5	B38	7.8	8.0	8.5
B5	7.5	7.5	8.0	B39	7.6	8.0	8.5
B6	8.4	8.0	8.0	B40	7.7	8.0	8.5
B7	8.3	8.0	8.0	B41	7.9	8.0	8.5
B8	8.2	8.0	8.0	B42	7.9	80	8.5
B9	8.3	8.0	8.0	B43	7.7	8.0	8.5
B10	8.6	8.0	8.5	B44	7.9	8.0	8.5
B11	8.7	8.5	8.5	B45	7.8	8.0	8.5
B12	9.7	8.5	8.5	B46	7.9	8.0	8.5
B13	9.4	8.5	8.5	B47	7.8	8.0	8.5
B14	8.6	8.5	8.5	B48	7.9	8.0	8.5
B15	8.4	8.0	8.5	B49	7.5	7.0	7.0
B16	8.6	8.0	8.5	B50	7.8	7.5	8.0
B17	9.1	8.5	8.5	B51	7.5	7.0	7.0
B18	8.6	8.5	8.5	B52	7.5	7.0	7.0
B19	8.4	8.0	8.5	B53	7.7	7.5	8.0
B20	7.5	7.0	7.0	B54	7.8	7.5	8.0
B21	7.8	7.0	7.0	B55	7.5	8.0	8.0
B22	8.0	7.0	7.0	B56	7.5	8.0	8.0
B23	7.8	7.5	8.0	B57	7.6	7.5	7.0
B24	7.7	8.0	8.0	B58	7.8	8.5	8.5
B25	8.0	8.0	8.0	B59	8.0	8.0	8.0
B26	7.8	8.0	8.5	B60	8.2	8.5	8.5
B27	7.9	8.0	8.5	B61	8.2	8.5	8.5
B28	7.9	8.0	8.5	B62	7.5	7.0	8.5
B29	7.7	8.0	8.5	B63	7.6	8.5	8.5
B30	7.7	8.0	8.5	B64	7.4	7.0	7.0
B31	7.8	8.0	8.5	B65	7.4	8.0	8.0
B32	7.9	8.0	8.5	B66	7.4	8.0	8.0
B33	8.0	8.0	8.5	B67	7.4	7.5	8.0
B34	7.9	8.0	8.0				

ตารางผนวกที่ 3 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินเค็ม

Code	EC_e (dS/m)	pH LAB	pH LDD Test kit	pH Truog	Code	EC_e (dS/m)	pH LAB	pH LDD Test Kit	pH Truog
S1	12.93	5.6	6.0	6.5	S34	12.99	5.8	6.0	6.5
S2	10.03	5.8	6.5	6.5	S35	8.32	6.0	6.0	6.5
S3	14.23	6.2	7.0	7.0	S36	10.70	5.7	6.0	6.5
S4	10.68	6.5	6.5	7.0	S37	14.34	5.7	6.0	6.5
S5	15.09	6.7	7.0	7.0	S38	10.81	5.8	6.0	6.5
S6	14.48	7.2	8.0	8.0	S39	4.04	6.1	6.5	7.0
S7	6.49	7.1	7.0	7.0	S40	8.80	5.7	6.0	6.0
S8	13.65	7.2	7.5	8.0	S41	5.57	6.1	6.5	6.5
S9	126.30	7.3	8.0	8.5	S42	12.46	5.8	6.0	6.5
S10	103.70	6.9	8.0	8.5	S43	4.85	6.0	6.0	6.5
S11	50.00	7.1	8.0	8.5	S44	14.31	5.7	6.0	6.0
S12	100.10	7.1	8.0	8.5	S45	7.09	5.9	6.5	6.5
S13	87.40	6.6	7.0	7.0	S46	8.21	5.9	6.5	6.5
S14	43.70	6.7	7.0	7.0	S47	12.60	5.8	6.0	6.5
S15	78.60	6.8	6.5	7.0	S48	4.45	6.4	7.0	7.0
S16	55.50	7.3	8.0	8.0	S49	11.16	5.7	6.0	6.5
S17	65.20	6.7	6.5	7.0	S50	5.24	5.9	6.0	6.5
S18	32.40	6.9	7.0	7.0	S51	7.56	6.3	6.5	7.0
S19	88.40	6.4	7.5	8.0	S52	13.96	5.8	6.0	6.5
S20	38.10	6.6	7.5	8.0	S53	8.69	7.2	8.0	8.0
S21	13.41	5.9	6.5	7.0	S54	12.41	5.6	6.0	6.0
S22	21.00	5.8	6.5	7.0	S55	7.66	6.6	6.5	7.0
S23	13.54	5.8	6.0	6.5	S56	9.88	5.8	6.0	6.5
S24	9.64	5.9	6.0	6.5	S57	18.60	5.6	6.0	6.5
S25	21.80	6.0	6.5	6.5	S58	6.93	5.6	6.0	6.5
S26	9.86	6.0	6.0	6.5	S59	4.55	5.9	6.5	6.5
S27	14.67	6.0	6.0	6.5	S60	15.10	6.4	7.0	7.0
S28	7.35	6.0	6.5	7.0	S61	15.36	6.4	7.0	7.0
S29	5.04	6.3	6.5	7.0	S62	7.77	7.4	7.0	7.0
S30	17.64	6.2	6.5	7.0	S63	9.16	5.5	5.5	6.0
S31	7.11	6.4	6.5	7.0	S64	6.54	7.3	8.5	8.5
S32	13.78	5.9	6.0	6.5	S65	9.10	5.7	6.0	6.5
S33	4.73	6.3	6.5	7.0	S66	7.38	6.0	6.5	7.0

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินเค็ม

Code	EC_e (dS/m)	pH LAB	pH LDD Test kit	pH Truog	Code	EC_e (dS/m)	pH LAB	pH LDD Test Kit	pH Truog
S67	7.40	6.0	6.0	6.5	S100	18.41	3.9	3.5	3.5
S68	7.64	6.3	6.5	7.0	S101	6.72	4.1	5.0	5.0
S69	11.61	5.9	6.0	7.0	S102	9.23	4.1	4.5	4.5
S70	17.20	6.2	6.5	7.0	S103	12.08	4.3	4.5	5.0
S71	21.80	6.8	7.0	7.0	S104	17.03	3.4	3.0	4.0
S72	11.78	5.5	6.0	6.5	S105	4.03	3.8	4.0	5.0
S73	10.13	5.8	6.0	6.5	S106	10.15	3.4	3.5	4.0
S74	6.60	5.5	5.5	6.0	S107	25.90	3.5	4.0	4.5
S75	7.42	6.2	6.0	6.5	S108	21.40	2.2	3.0	4.0
S76	5.39	6.6	6.5	6.5	S109	6.25	2.4	3.0	4.0
S77	5.67	6.6	7.0	7.0	S110	28.30	4.5	5.0	5.0
S78	7.45	6.2	7.0	7.0	S111	18.86	2.8	3.0	4.0
S79	8.82	6.7	8.0	8.5	S112	25.80	3.0	3.0	4.0
S80	5.97	6.7	8.0	8.5	S113	16.86	2.8	3.0	4.0
S81	7.60	6.4	7.5	8.0	S114	14.16	3.1	3.0	4.0
S82	12.05	4.6	5.0	5.5	S115	17.11	3.0	3.0	4.0
S83	8.82	5.3	6.5	6.5	S116	11.05	5.3	6.0	6.5
S84	11.22	5.0	4.5	5.5	S117	22.60	5.1	5.5	6.0
S85	6.32	5.0	5.0	5.0	S118	8.59	5.0	6.0	6.5
S86	6.24	5.2	6.5	6.5	S119	13.04	4.7	5.0	5.0
S87	4.29	3.6	3.0	4.0	S120	7.21	5.2	6.0	6.5
S88	76.90	3.7	3.5	4.0	S121	8.43	4.2	5.0	5.0
S89	12.06	4.2	5.0	5.0	S122	10.39	4.2	5.5	5.5
S90	10.93	4.2	5.0	4.5	S123	5.68	4.8	6.0	6.5
S91	9.65	4.5	5.5	5.0	S124	6.25	4.9	5.0	5.0
S92	8.73	4.5	5.5	5.0	S125	5.74	5.3	6.5	6.5
S93	15.53	3.9	4.0	4.0	S126	4.51	4.7	5.0	5.5
S94	17.84	3.7	4.0	4.0	S127	16.78	5.0	5.0	5.5
S95	14.65	5.0	6.5	6.5	S128	12.85	4.7	4.5	5.0
S96	18.74	4.8	6.0	6.0	S129	8.40	5.2	5.5	5.5
S97	10.23	3.9	3.5	4.5	S130	7.48	5.3	6.0	6.5
S98	17.10	3.8	4.0	4.0	S131	37.70	5.0	5.0	5.5
S99	17.26	4.3	4.5	4.5	S132	43.50	5.2	5.0	6.0

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินเค็ม

Code	EC_e (dS/m)	pH LAB	pH LDD Test kit	pH Truog	Code	EC_e (dS/m)	pH LAB	pH LDD Test Kit	pH Truog
S133	9.59	4.2	4.0	4.5	S167	4.04	9.1	8.5	8.5
S134	4.70	5.1	5.5	6.5	S168	6.35	9.2	8.5	8.5
S135	4.55	4.4	4.5	4.5	S169	5.06	8.8	8.5	8.5
S136	23.50	4.6	5.0	5.5	S170	4.47	7.6	8.0	8.0
S137	7.21	4.2	4.0	4.5	S171	8.82	8.9	8.5	8.5
S138	20.20	4.6	4.5	5.0	S172	5.89	8.5	8.5	8.5
S139	10.09	45.3	6.0	6.5	S173	5.25	10.0	8.5	8.5
S140	11.61	5.2	5.5	5.5	S174	5.12	9.9	8.5	8.5
S141	20.40	4.7	5.0	5.5	S175	5.07	7.7	8.0	8.0
S142	11.17	5.1	5.0	5.5					
S143	8.12	5.0	6.5	6.5					
S144	10.29	4.1	4.5	5.0					
S145	4.27	3.7	4.5	4.5					
S146	24.10	4.1	5.0	5.0					
S147	6.88	3.9	4.5	5.0					
S148	4.58	3.6	3.5	4.0					
S149	4.17	3.0	3.0	4.0					
S150	15.48	3.0	3.0	4.0					
S151	6.82	4.7	5.0	4.5					
S152	7.76	9.0	8.0	8.0					
S153	13.50	7.5	7.5	8.0					
S154	21.60	10.3	8.5	8.5					
S155	49.20	10.3	8.5	8.5					
S156	21.20	10.4	8.5	8.5					
S157	5.73	10.5	8.5	8.5					
S158	8.44	10.4	8.5	8.5					
S159	14.07	10.5	8.5	8.5					
S160	73.50	9.9	8.0	8.0					
S161	35.20	10.5	8.5	8.5					
S162	101.70	10.5	8.5	8.5					
S163	81.70	7.7	7.5	8.0					
S164	4.83	7.5	8.0	8.0					
S166	4.28	7.7	8.0	8.0					

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางผนวกที่ 4 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำ (precision) ของวิธีวิเคราะห์

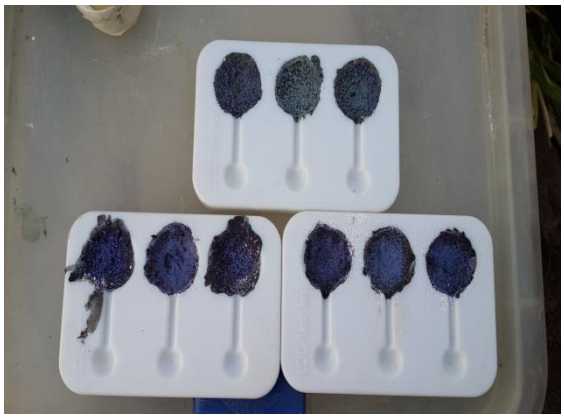
code	จำนวน (ซ้ำ)										mean	STD	%RSD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Al7	5.5	5.5	6.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	0.16	2.85
Al151	5.0	4.5	5.0	5.0	5.0	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	0.21	4.30
Cl4	7.0	7.0	6.5	7.5	7.0	7.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	0.28	4.08
Cl18	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	0.16	2.28
Dl30	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	0.16	5.18
Cl59	6.0	6.0	6.0	6.0	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.16	2.66
Cl66	6.0	6.0	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	0.16	2.61
Dl87	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.1	0.16	3.13
El12	8.0	8.0	8.0	7.5	8.0	8.0	8.0	7.5	8.0	8.0	7.9	0.21	2.67
El19	8.0	8.0	8.0	8.0	7.5	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	0.16	1.99
Bl20	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	8.0	7.5	7.6	0.16	2.09
Bl40	7.5	8.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	8.0	7.5	7.6	0.21	2.77
Bl48	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.5	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	0.16	1.99
El5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	0.00	0.00
El9	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	0.00	0.00

ภาพผนวกที่ 1 การทดสอบดินในภาคสนาม

ทดสอบดินในพื้นที่ดินเค็ม จังหวัดขอนแก่น

ทดสอบดินในพื้นที่แปลงวิจัย (ดินกรด) จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

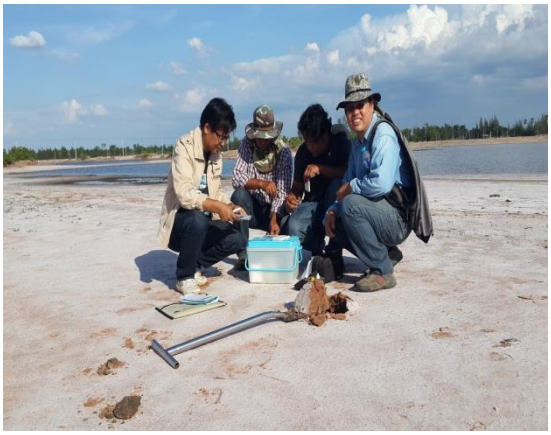
ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ) การทดสอบดินในภาคสนาม



ทดสอบดินในพื้นที่ดินด่าง จังหวัดลพบุรี

ทดสอบดินในพื้นที่ จังหวัดกาญจนบุรี

ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ) การทดสอบดินในภาคสนาม



ทดสอบดินในพื้นที่ดินเค็ม จังหวัดนครราชสีมา

ตารางผนวกที่ 5 แสดงช่วงของพีเอช (pH) ของดินที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดต่างๆ

ชนิดพืช	pH ที่เหมาะสม
ธัญพืช	
ข้าว	6.5-5.5
ข้าวโพดข้าวฟ่าง	7.0-5.5
ข้าวสาลี	7.5-6.0
พืชตระกูลถั่วและพืชน้ำมัน	
ถั่วเหลือง ถั่วเขียว	6.5-5.0
ถั่วลิสง	6.5-5.3
ถั่วลันเตา	6.0-5.5
งา	8.0-5.8
ทานตะวัน	8.5-6.5
ปาล์มน้ำมัน	8.5-5.0
พืชผัก	
แครอท หัวหอม	6.5-5.7
กระหล่ำดอก แตงกวา ฟักทอง พริก เผือก ขมิ้น	6.5-5.5
มันฝรั่ง	5.5-5.0
มันเทศ	7.5-5.0
หน่อไม้ฝรั่ง ผักกาดหัว กระเจี๊ยบเขียว	7.0-6.0
มะเขือเทศ	6.7-5.5
ผักกาดหอม	6.9-6.0
กะหล่ำปลี	7.5-6.0
ถั่วฝักยาว	6.7-5.5
มะเขือ	6.0-5.5
พืชชนิดอื่นๆ	
ส้มเขียวหวาน มะนาว	6.0-5.5
มะม่วงฝ้าย	6.5-5.5
กาแฟ แคนตาลูป	6.5-6.0
ส้มโอ	7.5-5.5
กล้วย มะพร้าว	7.0-6.0
โกโก้	7.0-4.5
ชา	6.0-4.0
ปอกระเจา	6.4-5.8
แตงโม	6.3-5.6
ยาสูบ	5.8-5.3
มันสำปะหลัง อ้อย	7.5-6.0
สับปะรด	5.5-4.0
องุ่น ส้ม	7.5-6.5
ยางพารา	7.5-4.0

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ผงทำให้เกิดสี (สวด. 04)

1. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance	Colourless powder
Odour	Odourless
Melting Point	1,580 °C
Boiling Point	Not available
Solubility in Water	Insoluble
Specific Gravity	4.4
pH Value	Not available
Vapour Pressure	Not available
Vapour Density (Air=1)	Not available
Density	700 kg/m^2
Flash Point	Not applicable
Flammability	Non-combustible
Auto-Ignition Temperature	Not applicable
Flammable Limits – Lower	Not applicable
Flammable Limits – Upper	Not applicable

2. STABILITY AND REACTIVITY (ความเสถียรและการเกิดปฏิกิริยา)

2.1 ความเสถียรภาพทางเคมี : มีความเสถียรภายใต้การเก็บรักษาและการจัดการในสภาวะปกติ

2.2 สภาวะที่หลีกเลี่ยง : อุณหภูมิสูงและถูกแสงแดดส่องโดยตรง

2.3 วัสดุที่เข้ากันไม่ได้ : จะทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมและฟอสฟอรัส

2.4 การสลายตัวที่เป็นอันตราย : การสลายตัวที่เกิดจากความร้อนอาจเป็นพิษหรือเกิดควัน ทำให้ระคายเคือง รวมทั้งออกไซด์ของซัลเฟอร์ ควันแบเรียม และซิลิกา

2.5 ปฏิกิริยาที่เป็นอันตราย : ทำปฏิกิริยากับวัสดุที่เข้ากันไม่ได้

2.6 โพลิเมอร์ไรซ์เซชั่น : ไม่เกิดขึ้น

3. TOXICOLOGICAL INFORMATION

3.1 ข้อมูลพิษวิทยา : ไม่มีความเป็นพิษ

3.2 การสูดดม : อาจก่อให้เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ

3.3 การกลืนทางปาก : อาจก่อให้เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินกระเพาะอาหาร เกิดการคลื่นไส้และอาเจียน

3.4 ทางผิวหนัง : การสัมผัสทางผิวหนังอาจก่อให้เกิดการระคายเคือง ผื่นแดง และคัน

3.5 ดวงตา : ก่อให้เกิดการระคายเคืองแก่ดวงตา อาจทำให้เยื่อถลอก

3.6 ผลเรื้อรัง : ไม่คาดว่าจะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพแบบเรื้อรัง