



วิธีวิเคราะห์ไนเตรทอย่างง่ายในห้องปฏิบัติการ
ด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I

Simple nitrate analysis in the laboratory
with Mehlich I

ดำเนินการโดย

นางสาวคชามาศ ต่ายหัวดง

กลุ่มวิจัยเคมีดิน

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน

วิธีวิเคราะห์ไนเตรตอย่างง่ายในห้องปฏิบัติการ ด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I

Simple nitrate analysis in the laboratory
with Mehlich I



ดำเนินการโดย

นางสาวคชามาศ ต่ายหัวดง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
วันที่ 17 ต.ค. 2562
เลขหมู่ 21167
เลขทะเบียน 610159

กลุ่มวิจัยเคมีดิน

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
สารบัญตารางภาคผนวก	ง
สารบัญภาพภาคผนวก	จ
บทคัดย่อ	
ภาษาไทย	1
ภาษาอังกฤษ	2
หลักการและเหตุผล	3
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	14
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	15
ผลการทดลอง	21
วิจารณ์ผลการทดลอง	32
สรุปผลการทดลอง	33
ข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก	39
ภาคผนวก ข	92

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ช่วงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	18
ตารางที่ 2 เกณฑ์การยอมรับ (Accept) การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer	20
ตารางที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Reagent A ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ	22
ตารางที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Mixed powder ปริมาณ 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.12 กรัม ตามลำดับ	23
ตารางที่ 5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ	24
ตารางที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเทียบสีมาตรฐานไนเตรท	29

สารบัญภาพ

	หน้า	
ภาพที่ 1	แสดงวัฏจักรไนโตรเจน	6
ภาพที่ 2	แสดงวงแหวนเอมีนปฐมภูมิ (a) และไดอะโซเนียมไอออน (b)	12
ภาพที่ 3	แสดงการเกิดปฏิกิริยาเอโซได (azo dye) ของการวิเคราะห์ไนเตรท	13
ภาพที่ 4	แสดงลักษณะของอุปกรณ์บรรจุตัวอย่าง	14
ภาพที่ 5	แสดงเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer	14
ภาพที่ 6	แสดงสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (a) และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (b) จากการเติม Reagent A ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ	21
ภาพที่ 7	แสดงสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (a) และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (b) จากการเติม Mixed powder ปริมาณ 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.12 กรัม ตามลำดับ	22
ภาพที่ 8	แสดงสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรทในดินจากการตั้งทิ้งไว้เพื่อเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ	23
ภาพที่ 9	แสดงระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ของการวิเคราะห์ไนเตรท	24
ภาพที่ 10	แสดงกราฟของสารละลายมาตรฐานไนเตรท	25
ภาพที่ 11	แสดงสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรท ความเข้มข้น 0.25, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 และ 12.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ	25
ภาพที่ 12	แสดงผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง	26
ภาพที่ 13	แสดงผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดิน แยกตามช่วง pH ของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง	27
ภาพที่ 14	แสดงสีของสารละลายเทียบสีมาตรฐานไนเตรท	28
ภาพที่ 15	แสดงกราฟของสารละลายเทียบสีมาตรฐานไนเตรท	28
ภาพที่ 16	แสดงผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง	30
ภาพที่ 17	แสดงผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer แยกตามช่วง pH ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง	31

สารบัญตารางภาคผนวก

	หน้า
ตารางผนวกที่ 1	40
ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Reagent A ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ	
ตารางผนวกที่ 2	40
ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Reagent A ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ	
ตารางผนวกที่ 3	41
ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Mixed powder ปริมาณ 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.12 กรัม ตามลำดับ	
ตารางผนวกที่ 4	41
ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Mixed powder ปริมาณ 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.12 กรัม ตามลำดับ	
ตารางผนวกที่ 5	42
ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ	
ตารางผนวกที่ 6	42
ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ	
ตารางผนวกที่ 7	43
ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท	
ตารางผนวกที่ 8	44
ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง	
ตารางผนวกที่ 9	73
ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดิน แยกตามช่วง pH ของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง	
ตารางผนวกที่ 10	74
ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเทียบสีมาตรฐานไนเตรท	
ตารางผนวกที่ 11	74
ระดับไนโตรเจนในรูปไนเตรทในดิน	
ตารางผนวกที่ 12	75
ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง	
ตารางผนวกที่ 13	89
ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดิน แยกตามช่วง pH ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง	

สารบัญภาพภาคผนวก

	หน้า
ภาพผนวกที่ 1 แสดงการสแกนหาความยาวคลื่นสูงสุดของการวิเคราะห์ไนเตรทในดิน ในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer	90
ภาพผนวกที่ 2 แสดงระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทแบบต่อเนื่อง	91

ชื่อโครงการวิจัย	วิธีวิเคราะห์ไนเตรทอย่างง่ายในห้องปฏิบัติการด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I Simple nitrate analysis in the laboratory with Mehlich I
ผู้ดำเนินการวิจัย	นางสาวชามาศ ต่ายหัวดง
สถานที่ดำเนินการ	ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยเคมีดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรท เพื่อทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินในห้องปฏิบัติการ และเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ในดินที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.5-8.4 โดยใช้ Mehlich I เป็นน้ำยาสกัดดิน ผลการศึกษา พบว่า สถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรท คือ ใช้สารละลายดิน 5 มิลลิลิตร Reagent A 0.5 มิลลิลิตร Mixed powder 0.02 กรัม และระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ 5 นาที เมื่อนำสถานะดังกล่าวมาทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินในห้องปฏิบัติการ พบว่า ตัวอย่างดินร้อยละ 95 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) น้อยกว่า 10 และจากการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer พบว่า ตัวอย่างดินร้อยละ 87 อ่านค่าปริมาณไนเตรทจากช่วงของสารละลายเทียบสีมาตรฐานได้ถูกต้องตรงกันกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ดังนั้นการศึกษาวิธีวิเคราะห์ไนเตรทอย่างง่ายในห้องปฏิบัติการด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I โดยการเทียบสีจากสารละลายเทียบสีมาตรฐานมีประสิทธิภาพ ในการหาปริมาณไนเตรทในดินได้ง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนาเป็นชุดทดสอบไนเตรทภาคสนามต่อไป

Abstract

The purpose of this research is to study the optimal reaction conditions for nitrate analysis, test the validity of nitrate analysis in the laboratory and comparison of the nitrate concentration using standard colour solution and the nitrate concentration using and UV-Vis Spectrophotometer in soil samples with pH values in the range of 3.5-8.4 using Mehlich I as soil extractor. The results demonstrated that the optimal reaction conditions were found to be 5 mL of soil solution, reagent A 0.5 mL, mixed powder 0.02 g and complete task took 5 minutes. The precision of the method was checked by a relative standard deviation (% RSD) which was less than the maximum allowable limit (RSD% < 10) with acceptance 95 percent. The comparison of the nitrate concentration using standard colour solution and the nitrate concentration using and UV-Vis Spectrophotometer showed that the accuracy was 87 percent. The study of simple nitrate analysis methods in laboratories using Mehlich I extraction solution and standard colour solution is an effective method as it is easy. These discover will be useful for a rapid nitrate test kit development.

หลักการและเหตุผล

ไนโตรเจน (Nitrogen, N) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชต่างๆ ถือว่าเป็นธาตุอาหารที่สำคัญลำดับแรกๆ ของพืชเป็นอย่างมาก ถ้าพืชมีการขาดธาตุไนโตรเจนจะสังเกตได้จากใบล่างของพืชจะเริ่มมีอาการเหลืองซีดลามขึ้นไปถึงปลายยอด นอกจากอาการดังกล่าวแล้วการขาดไนโตรเจนยังทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง ส่วนในพืชที่มีไนโตรเจนมากเกินไป พืชจะมีสีเขียวเข้ม ลำต้นอวบสูง ศัตรูพืชทำลายได้ง่าย รูปของไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จะอยู่ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน (inorganic nitrogen) ได้แก่ ไนเตรทไอออน (NO_3^-) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) พืชส่วนใหญ่มีแนวโน้มการดูดใช้ไนโตรเจนในรูปของไนเตรทมากกว่าแอมโมเนียม แม้ว่าหลังการดูดซึมไนเตรทเข้าไปในเซลล์พืชแล้ว พืชต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนรูปไนเตรทไปเป็นแอมโมเนียมเพื่อนำไปผลิตสารประกอบโปรตีนอื่นๆ แต่ไนโตรเจนในรูปของไนเตรทก็สูญเสียไปจากดินได้ง่ายกว่าไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (วาสนา, 2560)

การวิเคราะห์ดินเป็นวิธีการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินวิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้กันในปัจจุบันเนื่องจากมีความสะดวกและใช้ระยะเวลาสั้นกว่าวิธีอื่นๆ ได้แก่ การวินิจฉัยลักษณะการขาดธาตุอาหารของพืช การวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืช และการทดสอบทางชีวภาพ ดังนั้น การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดินในรูปไนเตรท แล้วนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปประเมินความต้องการของพืชเพื่อใช้สำหรับการแนะนำปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน จะช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนจากการใส่ปุ๋ยอย่างถูกต้องและเหมาะสมได้ แต่ส่วนใหญ่การวิเคราะห์ไนโตรเจนในห้องปฏิบัติการจะวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) และในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนที่ได้จากอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องใช้สารเคมี และเครื่องมือที่มีราคาแพง รวมถึงขั้นตอนการวิเคราะห์มีความยุ่งยากซับซ้อน ใช้เวลานาน และอาจจะยังไม่ครอบคลุมความต้องการของผู้ที่จะนำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร จึงต้องวิเคราะห์ไนโตรเจนอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ได้จากไนเตรทและแอมโมเนียมด้วย

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาวิธีวิเคราะห์ไนเตรทของตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการที่สามารถตรวจวัดได้ง่าย โดยทราบผลที่ถูกต้องในระยะเวลาอันรวดเร็ว ใช้ได้สะดวกโดยไม่ต้องอาศัยผู้ชำนาญการ ใช้สารเคมีในปริมาณที่น้อยเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่ราคาแพง โดยวิธีวิเคราะห์ไนเตรทมีหลากหลายวิธี แต่เมื่อนำมาใช้วิเคราะห์ไนเตรทในดินที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I นั้น ไม่มีความเหมาะสม เนื่องจากน้ำยาสกัด Mehlich I เป็นกรดจัดมาก ผู้วิจัยจึงพัฒนาเพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ไนเตรท โดยอาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยาของไนเตรทกับสารประกอบเชิงซ้อนอื่นๆ ร่วมกับบรีเอเจนท์ ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีม่วงแดงสามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานจะสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของไนเตรทได้ จากนั้นทำการพัฒนาสารละลายเทียบสีมาตรฐานให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ไนเตรทในตัวอย่างดินเพื่อให้ง่าย และสะดวกต่อการแปรผลค่าวิเคราะห์ไนเตรท และนำไปสู่การพัฒนาเป็นชุดทดสอบปริมาณไนเตรทในดินภาคสนามต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทในตัวอย่างดินที่สกัดโดยใช้ น้ำยาสกัด Mehlich I
2. เพื่อทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินในห้องปฏิบัติการ
3. เพื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer

การตรวจเอกสาร

1. ไนโตรเจนในดินและพืช

1.1 ไนโตรเจนในดิน

ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของบรรยากาศของโลก 78% แต่พืชนำมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ ทั้งนี้เพราะเซลล์พืชดูดมาใช้ได้ในรูปของไนเตรทไอออน (NO_3^-) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+)

ไนโตรเจนในดินมากกว่า 80% อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจนส่วนที่เป็นเกลือซึ่งละลายง่ายมีน้อย อินทรีย์วัตถุจึงเป็นแหล่งสำคัญของธาตุไนโตรเจนสำหรับพืช อย่างไรก็ตาม ดินที่ใช้เพาะปลูกโดยทั่วไปมักมีอินทรีย์วัตถุต่ำ และการสลายตัวเพื่อปลดปล่อยไนโตรเจนจากอินทรีย์วัตถุค่อนข้างช้า ดังนั้นปริมาณของธาตุไนโตรเจนที่พืชได้รับจากดินจึงไม่ค่อยเพียงพอ จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยชดเชย

ในด้านการเกษตร เซลล์พืชสามารถดูดซึมไนโตรเจนได้ในรูปของไนเตรทไอออน (NO_3^-) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) สำหรับยูเรีย [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] แม้ว่าเซลล์พืชจะดูดไปใช้ได้โดยตรง แต่สารนี้มีอยู่ในธรรมชาติน้อย พืชจะดูดซึมไปใช้มากเมื่อใส่ปุ๋ยยูเรียสังเคราะห์ และสำหรับไนเตรทไอออนเป็นรูปที่ถูกชะล้างจากดินได้ง่าย (ยงยุทธ, 2558)

1.2 รูปของไนโตรเจนในดิน

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นและใช้ในปริมาณมากในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ไนโตรเจนมีอยู่ทั้งในอากาศและในดิน แต่พืชชั้นสูงไม่สามารถนำไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ประโยชน์เองได้ สำหรับองค์ประกอบของไนโตรเจนในดินมีอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

1.2.1 อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen)

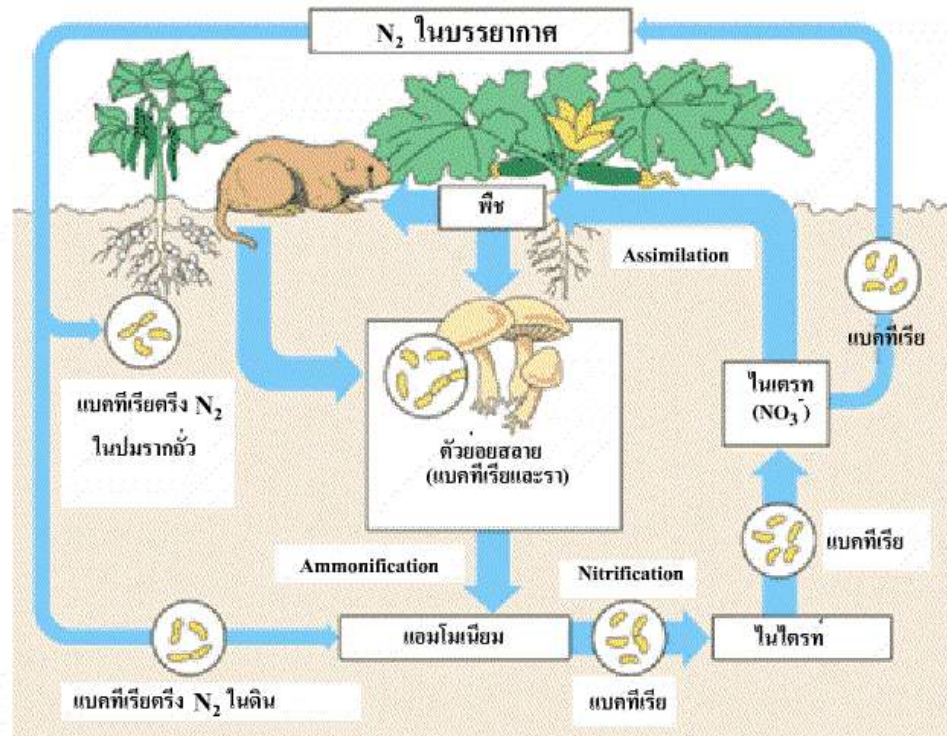
เป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุในดิน โดย 80% ของไนโตรเจนในดินเป็นสารอินทรีย์ ได้แก่ โปรตีนและสารประกอบอื่นๆ อีกหลายชนิดซึ่งเป็นสารโมเลกุลใหญ่ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบอยู่ในอินทรีย์วัตถุของดิน ไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุแม้ไม่เป็นประโยชน์สำหรับพืชในขณะนั้น แต่เมื่อถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายจะค่อยๆ แปรสภาพเป็นแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic Nitrogen) ที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้

1.2.2 อนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic Nitrogen)

ในดินมีอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุหรือปุ๋ยอินทรีย์ กับส่วนที่มาจากปุ๋ยเคมี เมื่อสลายตัวอนินทรีย์ไนโตรเจนทั้ง 2 ส่วนจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) แต่อนินทรีย์ไนโตรเจนในดินโดยทั่วไปมีอยู่ปริมาณน้อย และสารประกอบแอมโมเนียมและไนเตรทยังมีคุณสมบัติละลายน้ำง่าย ส่วนมากจึงละลายน้ำและแตกตัวเป็นแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ได้ง่าย สภาพของแอมโมเนียมไอออนและไนเตรทไอออนในดิน เป็นดังนี้ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) อยู่ในดิน 3 ลักษณะ

คือ 1) ดูดซับอยู่กับอนุภาคดินเหนียวและฮิวมัส เป็นแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ 2) อยู่ในสารละลายดิน ซึ่งสองส่วนข้างต้นนี้พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย 3) ถูกตรึงอยู่ในโครงสร้างของแร่ดินเหนียว พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนไนเตรทไอออน (NO_3^-) เกือบทั้งหมดอยู่ในสารละลายดิน พืชจึงใช้ประโยชน์ได้ง่าย

1.3 วัฏจักรไนโตรเจน



ภาพที่ 1 แสดงวัฏจักรไนโตรเจน

ที่มา : สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, ม.ป.ป.

ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโนซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีนทุกชนิดในสิ่งมีชีวิต พืชใช้ไนโตรเจนได้ใน 2 รูป คือแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) และแม้ว่าในบรรยากาศประกอบด้วยไนโตรเจนถึง 80% แต่อยู่ในรูปก๊าซไนโตรเจน (N_2) ซึ่งพืชไม่สามารถนำมาใช้ได้ ไนโตรเจนสามารถเข้าสู่วัฏจักรไนโตรเจนของระบบนิเวศได้ 2 ทางคือ

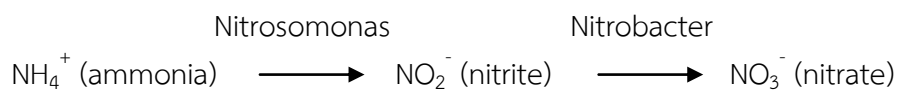
1. ฝนชะล้างไนโตรเจนกลายเป็นแอมโมเนียมและไนเตรทไหลลงสู่ดิน และพืชใช้เป็นธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตโดยปฏิกิริยาแอสซิมิเลชัน (assimilation)

2. การตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) ซึ่งมีเพียงแบคทีเรียบางชนิดเท่านั้นที่สามารถใช้ก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนในรูปที่พืชสามารถนำมาใช้ได้ แบคทีเรียพวกนี้มีทั้งที่อยู่ในดินและที่อยู่ในสิ่งมีชีวิต เช่น ไรโซเบียมในปมรากถั่ว และแบคทีเรียในเฟินน้ำพวกแห่นางแว่น (Azolla) นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียสีเขียวแกมน้ำเงินในน้ำบางชนิด ในปัจจุบันการผลิตปุ๋ยไนโตรเจนใช้ในเกษตรกรรมก็เป็นแหล่งไนโตรเจนสำคัญที่เติมไนโตรเจนสู่ระบบนิเวศ

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารสำคัญที่พืชใช้ในโครงสร้างและเมตาบอลิซึม สัตว์กินพืชและผู้บริโภคลำดับถัดมาได้ใช้ในไนโตรเจนจากพืชเป็นแหล่งสร้างโปรตีนและสารพันธุกรรม เมื่อพืชและสัตว์ตายลง ผู้ย่อยสลายพวกราและแบคทีเรียสามารถย่อยสลายไนโตรเจนในสิ่งมีชีวิตให้กลับเป็นแอมโมเนียม ซึ่งพืชสามารถนำมาใช้ได้ผ่านกระบวนการที่เรียกว่า แอมโมนิฟิเคชัน (ammonification)

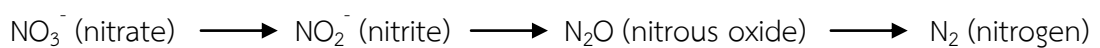
ไนโตรเจนในสารอินทรีย์สามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นก๊าซไนโตรเจนโดยผ่าน 2 กระบวนการ คือ

1. ไนตริฟิเคชัน (nitrification) แบคทีเรียบางชนิดใช้แอมโมเนียมในดินเป็นแหล่งพลังงาน และทำให้เกิดไนเตรท (NO_2^-) ซึ่งเปลี่ยนเป็นไนเตรทที่พืชใช้ได้ด้วย



2. ดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ในสภาพไร้ออกซิเจน แบคทีเรียบางชนิดสามารถสร้างออกซิเจนได้เองจากไนเตรท และได้ผลผลิตเป็นก๊าซไนโตรเจนกลับคืนสู่บรรยากาศ

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าปริมาณไนโตรเจนที่หมุนเวียนในระบบนิเวศที่กล่าวถึงทั้งหมดนี้จะมียุทธศาสตร์น้อยมาก แต่วัฏจักรไนโตรเจนในธรรมชาติก็สมดุลด้วยปฏิกิริยาซึ่งเกิดโดยพืชและการย่อยสลายของแบคทีเรีย



1.4 ความสำคัญของไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

หน้าที่ของธาตุไนโตรเจนในพืช ช่วยกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตและมีความแข็งแรง ส่งเสริมการเจริญเติบโตของใบและลำต้น ทำให้ใบพืชมีสีเขียว ส่งเสริมคุณภาพของพืชโดยเฉพาะพืชผักสวนครัวที่ใช้ใบ ลำต้น และหัวเป็นอาหาร ส่งเสริมให้พืชตั้งตัวได้เร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต เพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่พืชที่ใช้เป็นอาหาร เช่น ข้าวหรือหญ้าเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น ควบคุมการออกดอกออกผลของพืช และช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นโดยเฉพาะพืชที่ให้ผลและเมล็ด

อาการที่พืชขาดธาตุไนโตรเจน ใบของพืชจะมีสีเหลืองผิดปกติ ลำต้นแคระแกร็นไม่เจริญเติบโตตามปกติ ผลผลิตต่ำและไม่มีคุณภาพ แต่การที่พืชได้รับธาตุไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้พืชมีลักษณะคุณภาพของเมล็ด ผล และใบ เสื่อมสภาพลง พืชแก่ช้ากว่าปกติ ผลผลิตของพืชที่ให้เมล็ดลดลง เพราะพืชมุ่งในการสร้างยอด ลำต้น กิ่ง และใบมากกว่าสร้างดอก เมล็ด และลำต้นอ่อน ทำให้การต้านทานต่อโรคลดลงด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

1.5 ไนเตรทไอออน (NO_3^-)

ในดินที่มีอากาศถ่ายเทดี กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นเร็ว ทำให้แอมโมเนียมไอออนเปลี่ยนเป็นไนเตรทไอออน ดินจึงมีไนโตรเจนในรูปไนเตรทเพิ่มขึ้น ในสารละลายดินทั่วไปมีไนเตรทมากกว่า 1 มิลลิโมลาร์ แต่ในดินที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอาจมีไนเตรทสูงถึง 70 มิลลิโมลาร์

แม้ว่ารากพืชสามารถดูดกรดอะมิโนได้ แต่เนื่องจากในดินมีน้อย จึงไม่ใช่รูปของไนโตรเจนที่สำคัญต่อพืช ในดินที่มีการระบายอากาศดี ไนโตรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปไนเตรท ซึ่งพืชก็สามารถเจริญเติบโตได้แม้จะได้รับเฉพาะรูปไนเตรทเพียงอย่างเดียว เมื่อไนเตรทเข้าสู่เซลล์พืชจะถูกรีดิวส์จนได้แอมโมเนียม แล้วจึงเข้าร่วมกับสารอินทรีย์บางชนิดสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโน (ยงยุทธ, 2558)

2. วิธีวิเคราะห์ไนเตรท

อนินทรีย์ไนโตรเจนมีอยู่ประมาณน้อยกว่า 2% ของไนโตรเจนทั้งหมดในดินซึ่งอยู่ในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรท ซึ่งสามารถใช้ในการบอกความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนได้ แต่มีอยู่ในปริมาณน้อยมากเนื่องจากเปลี่ยนรูปร่าง การปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนั้น การวิเคราะห์จะต้องทำทันทีหลังจากการเก็บตัวอย่างดิน การเก็บตัวอย่างดินนิยมเก็บไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์เร็วที่สุด โดยทั่วไปแล้วไม่อาจปฏิบัติได้ เพราะมีความยุ่งยากและเสียเวลาในการขนส่ง (วาสนา, 2560) ดังนั้น การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทจึงมีวิธีวิเคราะห์ที่หลากหลาย ซึ่งกระบวนการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทประกอบด้วย (1) การสกัดดิน และ (2) การวิเคราะห์ไนเตรทในสารละลายดิน

2.1 น้ำยาที่ใช้ในการสกัดดิน

การสกัดดินเพื่อวิเคราะห์ไนเตรทมีการใช้น้ำยาสกัดที่หลากหลายตามความเหมาะสมของวิธีการวิเคราะห์นั้นๆ ซึ่งน้ำยาสกัดที่นิยมใช้ ได้แก่ 1M $\text{NH}_4\text{HCO}_3\text{-DTPA}$, 0.01M $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2M KCl , 0.01M $\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ และ 0.04M $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ เป็นต้น ส่วนน้ำยาสกัดที่นิยม ใช้หาปริมาณไนเตรทของดินในประเทศไทย ได้แก่ Mehlich I เนื่องจากสามารถใช้สกัดไนเตรทจากดินได้ผลดี ทั้งยังสามารถเตรียมได้ง่ายและราคาถูก (สมชาย และคณะ, 2543)

ทัศนีย์ และคณะ (2542) ศึกษาการวิเคราะห์ N P K ในดินอย่างง่าย โดยคัดเลือกน้ำยาสกัด N P K เพียงครั้งเดียว แต่สามารถวิเคราะห์ปริมาณ N P K ได้ พบว่า น้ำยา Mehlich I เป็นน้ำยาสกัดที่เหมาะสมและได้ถูกคัดเลือกให้เป็นน้ำยาสกัดดิน จากนั้นนำสิ่งที่สกัดได้มาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปไนเตรทโดยวิธีทำให้เกิดสี เปรียบเทียบการวัดปริมาณไนเตรทโดยใช้ Spectrophotometer กับการใช้แผ่นสีมาตรฐาน พบว่า การวัดปริมาณไนเตรทโดยการ ใช้ Spectrophotometer กับการใช้แผ่นสีมาตรฐานมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

บุญแสน และคณะ (2543) ศึกษา น้ำยาสกัดเดี่ยวสำหรับ N P K ในชุดดินชัยบาดาล ชุดดินตาคี ชุดดินลพบุรี ชุดดินสตึก และชุดดินปากช่อง โดยใช้น้ำยาสกัด 10 ชนิด พบว่า ถ้าต้องการที่จะสกัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม การใช้น้ำยาสกัดเพียงตัวเดียว วิธี Mehlich I เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด นอกจากจะให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแล้ว ยังเตรียมได้ง่าย และสะดวกกว่าวิธีอื่นด้วย

สัมฤทธิ์ (2546) ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ N P K ที่สกัดด้วยน้ำยาชนิดเดียวกับการดูดกิน N P K ของข้าวที่ปลูกในดินนา โดยทำการสกัดดินนา 6 ชุดดิน ด้วยน้ำยาสกัด 6 ชนิด พบว่า ถ้าต้องการสกัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดินนา การใช้น้ำยาสกัดเพียงตัวเดียว วิธี modified Mehlich I เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด นอกจากให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแล้ว ยังเตรียมได้ง่ายและสะดวกกว่าวิธีอื่นด้วย

กัมทิมา (2551) ศึกษาปุ๋ยสกัดธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (NPK) ในดินนาที่สำคัญบางชุดดินของภาคกลางในประเทศไทย โดยทำการศึกษาปุ๋ยสกัดเดี่ยวที่สกัดธาตุอาหาร N P K ที่เป็นประโยชน์ในดินนา ได้นำปุ๋ยสกัด Mehlich I, 0.25M H₂SO₄ และ Morgan ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ปริมาณ P, N และ PK ในดินไร่ ตามลำดับ พบว่า ปุ๋ยสกัด Mehlich I เป็นปุ๋ยสกัดที่ดีที่สุด รองลงมาเป็นปุ๋ยสกัด Morgan และ 0.25M H₂SO₄ ตามลำดับ

2.2 การวิเคราะห์ไนเตรทในสารละลายดิน (Veena and Narayana, 2009)

การวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูปไนเตรท ทำได้หลายวิธี ดังนี้

2.2.1 วิธี Colorimetric

เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในการวิเคราะห์ไนโตรเจนในโตรเจน เนื่องจาก sensitivity สูง สะดวก และรวดเร็ว วิธี colorimetric อาศัยการเกิดปฏิกิริยาของไนเตรทกับสารประกอบเชิงซ้อนอื่นๆ ร่วมกับปรีเอเจนท์ ในสภาวะกรด เกิดเป็นสารประกอบเอโซได (azo dye) ที่สามารถดูดกลืนแสงได้ดีโดยการวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer

บุญแสน (2543) ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างวิธีวิเคราะห์ N P K ในดินกับการดูดกินธาตุอาหาร N P K ของข้าวโพดในชุดดินตาคลี ลพบุรี ชัยบาดาล ปากช่อง และสติก โดยเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทโดยวิธีการกลั่นเทียบกับวิธีทำให้เกิดสี พบว่า การเตรียมตัวอย่างน้ำยามาตรฐานไนเตรทให้ความเข้มข้นตั้งแต่ 1-100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ปุ๋ย Mehlich I เป็นตัวทำละลาย พบว่า วิธีทำให้เกิดสี ให้ค่าสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับน้ำหนักแห้งของข้าวโพด เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทโดยวิธีการกลั่นเทียบกับวิธีทำให้เกิดสี ผลปรากฏว่า ทั้ง 2 วิธี จะให้ค่าสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในการหาไนเตรทไอออนนั้น สามารถเลือกวิเคราะห์ได้ทั้งสองวิธีแล้วแต่ความพร้อมและเหมาะสมของห้องปฏิบัติการ

ยิ่งพิศ และคณะ (2545) ศึกษาชุดทดสอบไนเตรทและไนโตรเจนทั้งหมด โดยเตรียมชุดน้ำยาทดสอบเพื่อหาปริมาณไนเตรท (NO₃) และไนโตรเจนทั้งหมด (TN) สำหรับงานวิเคราะห์น้ำทิ้งโดยชุดน้ำยาทดสอบ NO₃ จะใช้วิธีสเปกโตรโฟโตเมตรีที่อาศัยหลักการพื้นฐานของการเกิดปฏิกิริยาไนเตรทชั้นระหว่าง NO₃ กับ 3,5-dihydroxy benzoic acid ในสภาวะกรด H₂SO₄ เข้มข้น เกิดผลิตภัณฑ์สีแดงเข้มที่ดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร และได้กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทที่เป็นเส้นตรงในช่วง 0-10 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยค่าสหสัมพันธ์ (R²) 0.9986

Nagaraja and Kumar (2002) และมะลิวรรณ (2552) ศึกษาวิธีวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำโดยใช้สารควบคู่ (coupling reagent) ซึ่งเป็นสารผสมระหว่าง Dopamine (3-Hydroxytyramine) และ MBTH (3-Methyl-2-Benzothiazolinone Hydrazone Hydrochloride) โดยทำให้เกิดสีของสารละลายที่สามารถนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนเตรทด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร

ศิริพร (2555) ศึกษาการพัฒนาชุดทดสอบปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทในน้ำภาคสนามสำหรับโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมภาคบ้านเอี่ยมเนื่องมาจากพระราชดำริพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ไนเตรท คือ ใช้น้ำตัวอย่าง 10.0 มิลลิลิตร รีเอเจนท์ C 0.5 มิลลิลิตร ผงรีเอเจนท์ D 0.1155 กรัม และตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากการทดสอบโดยใช้ชุดทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer พบว่า ปริมาณไนเตรทที่ตรวจวัดได้จากทั้ง 2 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) น้อยกว่า 10 ดังนั้นชุดตรวจสอบปริมาณไนเตรทในน้ำภาคสนามจึงมีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือ

ประสิทธิ์ และวิริญรัชฎ์ (2555) ศึกษาการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน และไนเตรทด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตมิทรีในตัวอย่างน้ำ ที่ทำได้ง่าย สะดวก และลดมลภาวะที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อม โดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทจะรีดิวส์ไนเตรทเป็นไนไตรต์ด้วยสังกะสี ก่อนทำการวิเคราะห์หาไนเตรทในรูปของไนไตรต์ต่อไป การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์อาศัยปฏิกิริยาไดอะโซไทเซชันของ Sulphanilic acid ได้เกลือไดอะโซเนียม จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับ Methyl anthranilate เกิดสีย้อม azo dye นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร พบว่า ความเข้มข้นของ Sulphanilic acid และ Methyl anthranilate ที่เหมาะสม คือ 0.4% (w/v) และ 0.6% (w/v) ตามลำดับ

ประสาทพร (2556) ศึกษาการพัฒนาชุดตรวจสอบไนเตรทอย่างง่ายโดยใช้สารควบคู่ คือ Dopamine และ MBTH (3-Methyl-2-Benzothiazolinone Hydrazone Hydrochloride) โดยทำการศึกษาในน้ำเกลือที่ระดับความเค็มต่างๆ ทดสอบโดยใช้แถบสีมาตรฐานเปรียบเทียบกับเครื่อง Spectrophotometer พบว่า แถบสีมาตรฐานใช้ได้เหมาะสมกับความเข้มข้นของไนเตรทไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าความเข้มข้นเกินนี้ต้องวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer

พัชรภรณ์ และคณะ (2552) ศึกษาการวิเคราะห์การสะสมไนเตรทในผักสด โดยนำตัวอย่างที่สกัดได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธี colorimetric 2 วิธี ได้แก่ Brucine และ Salicylic acid เทียบกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flow Injection Analyzer (FIA) พบว่า การวิเคราะห์ด้วยวิธี Brucine และ Salicylic สามารถวัดค่าความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน ในตัวอย่างพืชได้โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับค่าที่วัดได้จากการวัดด้วยเครื่อง Flow injection analyzer

2.2.2 วิธี Specific ion electrodes

เป็นวิธีวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนเตรทในสารละลายด้วย ion electrode วิธีนี้มีข้อดีคือ ทำได้ง่าย รวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ NO_3^- electrode ที่ใช้กันในปัจจุบันมักถูกรบกวนด้วย anion อื่นๆ ที่มีอยู่ในสารละลายที่สกัดได้จากพืชหรือดิน ทำให้ต้อง restandardize electrode อยู่ตลอดเวลา ให้ค่า sensitivity ค่อนข้างต่ำ ทำให้ไม่เป็นที่นิยมกันแพร่หลาย (วาสนา, 2560)

สุดา (2554) กล่าวว่า การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ISE (ion selective electrode) หรือ specific ion electrode เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หนึ่งในการวัดปริมาณไอออน กลุ่มไอออนแก๊สบางชนิดในตัวอย่างน้ำ และสารละลายตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว ประหยัด และถูกต้องแม่นยำเป็นที่ยอมรับระดับสากล โดย ISE ยอมให้ไอออนเฉพาะสำหรับ electrode ชนิดนั้นๆ ผ่านเท่านั้น โดย electrode ที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท ประกอบด้วย nitrate electrode และ reference electrode

Jenkins and Medsken (1964) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ไนเตรทและไนโตรท์ด้วยเทคนิคแบบ ion selective electrode พบว่า ค่าศักย์ไฟฟ้าแปรตามสัมประสิทธิ์ความว่องไวของไอออนมีค่าคงที่ โดยเทคนิคนี้จำเป็นต้องสร้างกราฟมาตรฐานของศักย์ไฟฟ้ากับความเข้มข้นของไอออนในการวิเคราะห์ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังได้ประดิษฐ์เมมเบรนสำหรับวิเคราะห์ไนเตรทโดยใช้ poly vinyl chloride (PVC) membrane ร่วมกับ anion exchanger โดย anion exchanger ที่ทำหน้าที่คัดเลือกไนเตรท ทำมาจาก tetradodecylammonium bromide (TDABr) และ tetradodecylammoniumnitrate (TDAN)

2.2.3 วิธี Microdiffusion

เป็นวิธีการทำตัวอย่างให้บริสุทธิ์ โดยอาศัยการระเหยของสารตัวอย่าง และถูกดักเก็บโดยสารเคมีที่เหมาะสมและแยกเก็บในช่องอีกส่วนซึ่งทำในระบบปิด ข้อดีคือ ทำได้ง่าย ใช้เครื่องมือและพื้นที่น้อย ราคาถูก เหมาะสำหรับงานวิเคราะห์ซึ่งทำเป็นประจำ ถ้าทำอย่างถูกวิธีจะให้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ แต่ในดินส่วนใหญ่มีอนินทรีย์ไนโตรเจนต่ำ จึงทำให้ค่าความแม่นยำต่ำลง ข้อเสียของวิธีนี้ คือ ต้องใช้เวลา 1-2 วัน ในการวิเคราะห์ ทำให้ไม่ค่อยนิยมใช้ (วาสนา, 2560)

2.2.4 วิธี Stream distillation

เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย เนื่องจากมีความแม่นยำสูง สามารถใช้วิเคราะห์ isotope ratio ในรูปต่างๆ วิธีนี้ใช้ MgO เป็นตัวในการกลั่น และใช้ devarda alloy เป็น reductant วิธีนี้มีข้อเสีย คือ ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน ขั้นตอนยุ่งยาก และเครื่องมือมีราคาแพง

สมชาย และคณะ (2543) ศึกษาวิธีวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรทที่สกัดได้โดย Mehlich I ในดินปลูกข้าวโพดของประเทศไทย โดยนำสารละลายที่สกัดได้จากดินมาวิเคราะห์ไนเตรทโดยใช้วิธีการกลั่นและวิธีเทียบสี ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี พบว่าวิธีการกลั่นและวิธีเทียบสีให้ค่าวิเคราะห์เท่ากัน และได้ตรวจสอบความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของวิธีวิเคราะห์โดยการปลูกพืชในกระถาง ผลสรุปได้ว่า วิธีการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรทในดินโดยวิธีเทียบสีสามารถใช้ทดแทนวิธีการกลั่น เมื่อมีการใช้ Mehlich I เป็นน้ำยาสกัดดิน

2.2.5 วิธี Flow injection analysis

เป็นวิธีที่วัดการเกิดสีของไอออนที่ต้องการ โดยการฉีดสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ลงในส่วนของ carrier solution ที่ไม่มีการแยกส่วน (nonsegmented) โดยฟองอากาศหรือแก๊สสารละลายตัวอย่างจะถูกส่งผ่านเข้า Cadmium column ไนเตรทในสารละลายตัวอย่างจะถูกรีดิวส์ให้เป็นไนโตรท์ ซึ่งไนโตรท์จะทำปฏิกิริยากับ sulfanilamide และ N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride ทำให้เกิดสี แล้วทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง

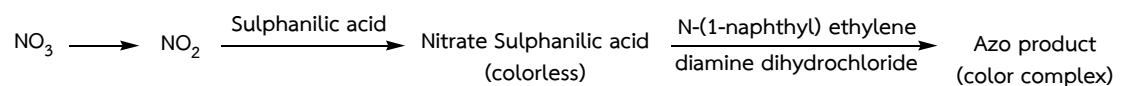
นิทรา และคณะ (2544) ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทด้วยวิธี cadmium reduction flow injection analysis (FIA) โดยฉีดสารละลายตัวอย่างปริมาณน้อยๆ เข้าไปในกระแสดั้วพาที่ไหลอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราเร็วคงที่ในท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก การวิเคราะห์ไนเตรทจะวิเคราะห์ไนเตรทโดยให้สารละลายทำปฏิกิริยากับ reagent โดยไม่ผ่าน cadmium column เอาค่าไนเตรทที่ได้ลอบออกจากไนเตรทที่ผ่านคอลัมน์จะได้ค่าไนเตรท เมื่อไนเตรทผ่าน cadmium column จะเปลี่ยนเป็นไนโตรท์และทำปฏิกิริยากับ sulfanilamide และสาร N-(1-naphthyl) ethylenediamine

dihydrochloride เกิดสารละลายสีม่วงแดง วัดความเข้มของสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

อนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปอื่นๆ ที่เปลี่ยนรูปโดยการเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ ไฮดรอกซิล (NH_2OH), hyponitrous acid ($\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$), และ nitramide (NH_2NO_2) แต่สารเหล่านี้มักจะไม่เสถียรในดิน ไม่ทนทานต่อความร้อน และสภาพอากาศที่ถ่ายเทในดิน (Mulvaney, 1996) การวิเคราะห์ดินโดยย่อยสลายดินด้วยกรดก็จะทำให้ nitrate และ nitrite ระเหยไปจากดินด้วย

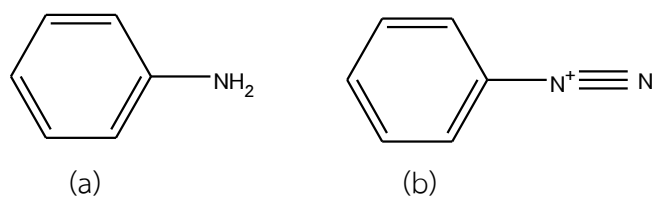
3. หลักการวิเคราะห์ไนเตรทในตัวอย่างดิน

ปริมาณไนเตรทที่สกัดได้จากดินเป็นรูปหนึ่งของไนโตรเจนที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ มีวิธีวิเคราะห์ซึ่งประกอบด้วย การสกัดดิน และการวัดปริมาณไนเตรทในสารละลายดิน งานวิจัยนี้เลือกใช้น้ำยาสกัด Mehlich I เนื่องจากสามารถใช้สกัดไนเตรทจากดินได้ผลดี ทั้งยังสามารถเตรียมได้ง่ายและราคาถูก และเพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาเป็นชุดทดสอบไนเตรทในดินภาคสนาม จึงเลือกสกัดตัวอย่างดิน ด้วยน้ำยาสกัดดังกล่าว เช่นเดียวกับชุดตรวจสอบดินภาคสนาม (LDD Test Kit) ของกรมพัฒนาที่ดิน ส่วนการวัดปริมาณไนเตรทในสารละลายดิน ผู้วิจัยเลือกวิธี colorimetric โดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบเชิงซ้อนสีม่วงแดงของไนเตรทกับ Sulphanilic acid และ N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride ในสภาวะกรดเกิดเป็นสารประกอบเอโซได (azo dye) สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน จะสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของไนเตรทได้ ดังสมการ



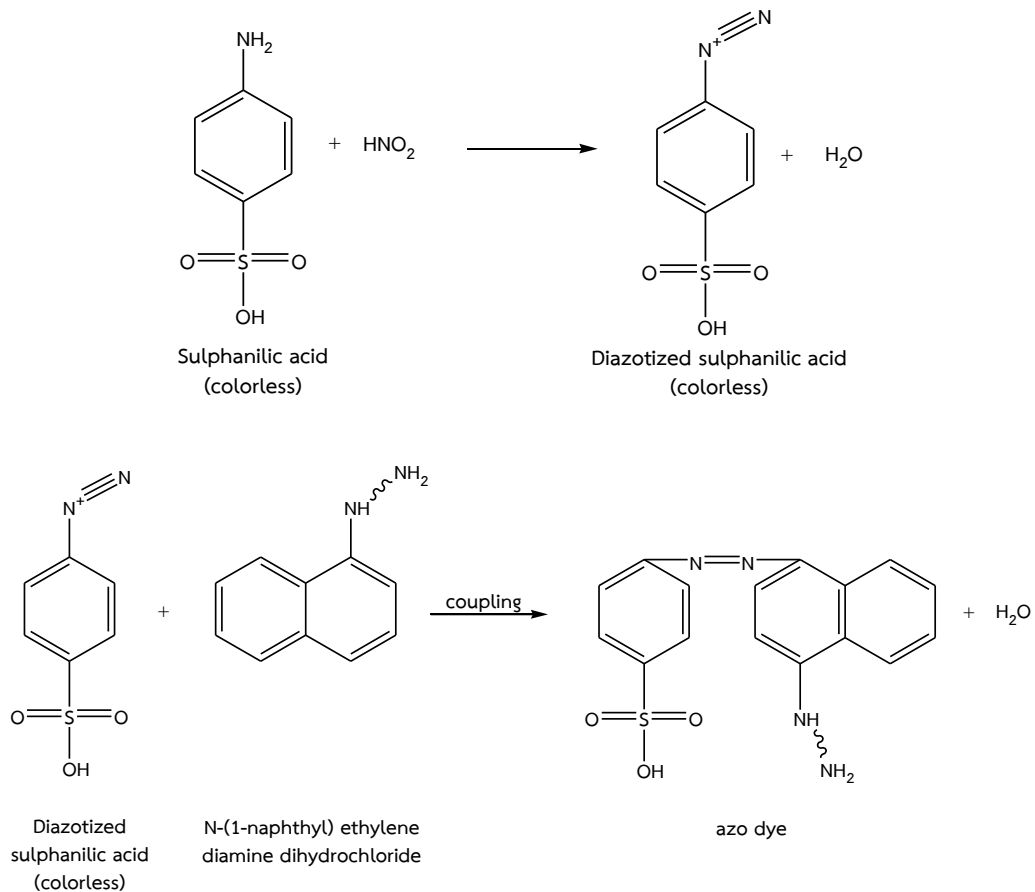
กลไกการทำงานของรีเอเจนต์ (Reagent)

หลักการวิเคราะห์ไนเตรทด้วยวิธี Colorimetric คือ อาศัยการเข้าทำปฏิกิริยาระหว่างไนตรัสแอซิด (HNO_2) และกรดซัลฟานิลิก (Sulphanilic acid) ซึ่งมีวงแหวนเอมีนปฐมภูมิ (aromatic primary amine) ก่อนทำให้เกิดเป็นไดอะโซเนียมไอออน (diazonium ion) ดังภาพที่ 2 แล้วทำปฏิกิริยาต่อ (coupling) กับ N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride ในสภาวะกรด ได้เป็นเอโซได (azo dye) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 แสดงวงแหวนเอมีนปฐมภูมิ (a) และไดอะโซเนียมไอออน (b)

ที่มา : Song and Kaylor, 2007



ภาพที่ 3 แสดงการเกิดปฏิกิริยาเอโซได (azo dye) ของการวิเคราะห์ไนเตรท

4. เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer

เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจหาปริมาณของสาร อาศัยหลักการ คือ สารแต่ละชนิดสามารถดูดกลืนแสงได้ในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน และปริมาณการดูดกลืนแสงขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารนั้นๆ (Kanjana, 2017)

ส่วนประกอบของเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer

1) แหล่งกำเนิดแสง (Light source) เป็นส่วนที่ให้แสงในช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสม ได้แก่ 190-1100 นาโนเมตร

2) โมโนโครเมเตอร์ (Monochromator) เป็นส่วนที่ใช้จัดการเกี่ยวกับแสง ทำหน้าที่แยกลำแสงที่มีความยาวคลื่นต่อเนื่องออกเป็นลำรังสีความยาวคลื่นเดียว

3) ช่องใส่ตัวอย่างและอุปกรณ์บรรจุตัวอย่าง (Sample and Cuvette) ช่องใส่ตัวอย่างใช้ใส่ตัวอย่างที่ต้องการวัด ปกติการออกแบบช่องใส่ตัวอย่างจะมีฝาปิด หรือเลื่อนปิดอย่างมิดชิด เพื่อไม่ให้แสงจากภายนอกตกไปยัง detector ส่วนที่ใส่ตัวอย่างนี้จะปิดกันอย่างดีเพื่อป้องกัน monochromator และ detector cell อุปกรณ์บรรจุตัวอย่าง (cuvette) ทำจากวัสดุชนิดต่างๆ ได้แก่ Quartz, optical glass และ plastic การเลือกวัสดุนั้นจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นที่ใช้วัด และลักษณะตัวอย่าง

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1.1 เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น lambda 35
- 1.2 เครื่องเขย่าสารแนวระนาบ ยี่ห้อ New Brunswick Scientific รุ่น innova 2300
- 1.3 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น AC211S
- 1.4 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น SPS202F
- 1.5 เครื่องผสมสารละลาย (Vortex)
- 1.6 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)
- 1.7 อุปกรณ์ตักจ่ายสารละลาย (Dispenser) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- 1.8 กระดาษกรอง Whatman No.5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร
- 1.9 กรวยกรองพลาสติก (Funnel)
- 1.10 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- 1.11 หลอดทดลอง (Test tube)
- 1.12 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 และ 1000 มิลลิลิตร
- 1.13 เครื่องแก้วที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ

2. สารเคมี

- 2.1 Hydrochloric acid (conc. HCl)
- 2.2 Sulfuric acid (conc. H₂SO₄)
- 2.3 Potassium nitrate (KNO₃)
- 2.4 Citric acid (C₆H₈O₇·H₂O)
- 2.5 Sulphanilic acid (C₆H₇NO₃S)
- 2.6 N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride (C₁₂H₁₄N₂·2HCl)
- 2.7 Manganese (II) sulphate monohydrate (MnSO₄·H₂O)
- 2.8 Zinc powder (Zn)
- 2.9 Ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt (C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈·H₂O)

3. การเตรียมสารละลาย

- 3.1 น้ำยาสกัด Mehlich I (0.05N HCl+0.025N H₂SO₄) (Mehlich, 1978)
 - เติมน้ำกลั่นในถังพลาสติก ขนาด 20 ลิตร จำนวน 15 ลิตร เติม conc. HCl จำนวน 83 มิลลิลิตร และเติม conc. H₂SO₄ จำนวน 14 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 20 ลิตร
- 3.2 Reagent A
 - ชั่ง Citric acid จำนวน 10 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
- 3.3 Mixed powder
 - ชั่ง Sulphanilic acid, N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride, Manganese (II) sulphate monohydrate, Zinc powder และ Ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt อัตราส่วน 8 : 1 : 20 : 1 : 2
 - ผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกัน บดให้ละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกัน เก็บสารใส่ขวดทึบแสงนำไปเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น
- 3.4 Standard Nitrate 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร
 - ชั่ง KNO₃ (อบที่ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง) จำนวน 7.2183 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
- 3.5 Standard NO₃⁻ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
 - ปิเปตสารละลาย Standard Nitrate 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I
- 3.6 Standard NO₃⁻ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร
 - ปิเปตสารละลาย Standard Nitrate 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I
- 3.7 Standard NO₃⁻ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
 - ปิเปตสารละลาย Standard Nitrate 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I
- 3.8 Standard Curve NO₃⁻ 0.25, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 และ 12.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
 - ปิเปตสารละลาย Standard NO₃⁻ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 0.25, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 และ 12.5 มิลลิลิตร ใส่สารละลายแต่ละความเข้มข้นลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I
- 3.9 สารละลายเทียบสีมาตรฐาน 1, 10, 11, 20, 21, 30, 31 และ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือ 0.25, 2.5, 2.75, 5, 5.25, 7.5, 7.75 และ 12.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
 - ปิเปตสารละลาย Standard NO₃⁻ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 0.25, 2.5, 2.75, 5, 5.25, 7.5, 7.75, และ 12.5 มิลลิลิตร ใส่สารละลายแต่ละความเข้มข้นลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I

4. วิธีดำเนินการ

งานวิจัยนี้ ดัดแปลงมาจากวิทยานิพนธ์ของศิริพร (2555) ซึ่งศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดทดสอบ ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทในน้ำภาคสนามสำหรับโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม ผักเป็ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มีการศึกษาดังต่อไปนี้

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรท

ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณของสารเคมี ซึ่งสารเคมีที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาตรของ Reagent A, ปริมาณของ Mixed powder และระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ โดยการศึกษาเลือกใช้สารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้น 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร ความเข้มข้นละ 5 มิลลิลิตร

4.1.1 ศึกษาปริมาตรของ Reagent A

ปีเปตสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตรความเข้มข้นละ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม Reagent A ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นเติม Mixed powder 0.04 กรัม เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ นำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Abs) ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายแปลงค์ที่ใช้น้ำกลั่นแทน สารละลายมาตรฐานไนเตรท พร้อมกับสังเกตสีของสารละลาย ทำการทดสอบซ้ำความเข้มข้นละ 5 ครั้ง

4.1.2 ศึกษาปริมาณของ Mixed powder

ปีเปตสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตรความเข้มข้นละ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม Reagent A ตามปริมาตรที่เหมาะสมที่ได้ศึกษาไว้ในข้อที่ 4.1.1 จากนั้นเติม Mixed powder ปริมาณ 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.12 กรัม ตามลำดับ เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ นำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Abs) ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายแปลงค์ที่ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายมาตรฐานไนเตรท พร้อมกับสังเกตสีของ สารละลาย ทำการทดสอบซ้ำความเข้มข้นละ 5 ครั้ง

4.1.3 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์

ปีเปตสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตรความเข้มข้นละ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม Reagent A ตามปริมาตรที่เหมาะสมที่ได้ศึกษาไว้ในข้อที่ 4.1.1 เติม Mixed powder ตามปริมาณที่เหมาะสมที่ได้ศึกษาไว้ในข้อที่ 4.1.2 เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ นำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Abs) ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายแปลงค์ที่ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายมาตรฐาน ไนเตรท พร้อมกับสังเกตสีของสารละลาย ทำการทดสอบซ้ำความเข้มข้นละ 5 ครั้ง

4.2 การเตรียมกราฟสารละลายมาตรฐานไนเตรท

ทำเพื่อศึกษาช่วง (Range) และความเป็นเส้นตรง (Linearity) ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทจากสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาที่ได้ศึกษาไว้ โดยเตรียมกราฟของสารละลายมาตรฐานไนเตรทจาก Standard Curve NO_3^- ข้อ 3.8 โดยใช้สถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทที่ได้ศึกษาไว้แล้วในข้อ 4.1 นำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Abs) ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร พร้อมกับสังเกตสีของสารละลาย ทำการทดสอบซ้ำความเข้มข้นละ 5 ครั้ง จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสง (Abs) ที่ได้มาสร้างกราฟของสารละลายมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (แกนตั้ง) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท (แกนนอน) คำนวณหาสมการการถดถอยเชิงเส้น และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) โดยเกณฑ์การยอมรับได้โดยทั่วไป ค่า R^2 จะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.995-1.000 (อุมพร, ม.ป.ป.)

4.3 การทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินในห้องปฏิบัติการ

4.3.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

คัดเลือกตัวอย่างดิน จำนวน 630 ตัวอย่าง ที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.5-8.4 โดยแบ่งช่วงออกเป็น 8 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ช่วงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
กรดรุนแรงมาก	3.5 – 4.5
กรดจัดมาก	4.6 – 5.0
กรดจัด	5.1 – 5.5
กรดปานกลาง	5.6 – 6.0
กรดเล็กน้อย	6.1 – 6.5
กลาง	6.6 – 7.3
ด่างเล็กน้อย	7.4 – 7.8
ด่างปานกลาง	7.9 – 8.4

ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547

4.3.2 การสกัดตัวอย่างดินด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I

- ชั่งตัวอย่างดิน 5 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร
- เติมน้ำยาสกัด Mehlich I จำนวน 20 มิลลิลิตร
- เขย่าด้วยเครื่องเขย่าแนวระนาบ ที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที นาน 5 นาที
- กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร

4.3.3 ทดสอบความใช้ได้ (ความแม่นยำ หรือ Precision) ของการวิเคราะห์ไนเตรทจากสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา

นำสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทที่ได้ศึกษาไว้แล้วในข้อที่ 4.1 มาวิเคราะห์หาไนเตรทของสารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่างดิน นำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Abs) ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร โดยแต่ละตัวอย่างดินทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง นำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำไปคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (RSD) รายงานหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) โดยเกณฑ์การยอมรับได้ โดยทั่วไป ค่า %RSD จะต้องมีค่าน้อยกว่า 10

$$\%RSD = \frac{SD}{X} \times 100$$

เมื่อ $\frac{SD}{X}$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

X = ค่าเฉลี่ย (ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง)

4.4 การเตรียมสารละลายเทียบสีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ไนเตรทในดินอย่างง่าย

เตรียมจากสารละลายเทียบสีมาตรฐาน ข้อ 3.9 โดยใช้สถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทที่ได้ศึกษาไว้แล้วในข้อ 4.1 จากนั้นนำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Abs) ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายบัลลังก์ที่ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายมาตรฐานไนเตรท พร้อมกับสังเกตสีของสารละลาย ทำการทดสอบซ้ำความเข้มข้นละ 5 ครั้ง นำค่าการดูดกลืนแสง (Abs) ที่ได้มาสร้างกราฟของสารละลายเทียบสีมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายเทียบสีมาตรฐานไนเตรท

4.5 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer

4.5.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

คัดเลือกตัวอย่างดิน จำนวน 300 ตัวอย่าง ที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.5-8.4 โดยแบ่งช่วงออกเป็น 8 ระดับ ตามข้อ 4.3.1

4.5.2 วิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานเทียบกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer

สกัดตัวอย่างดินด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I ตามวิธีข้อ 4.3.2 จากนั้นนำสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทที่ได้ศึกษาไว้แล้วในข้อที่ 4.1 มาวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทของตัวอย่างดิน โดยอ่านสีของสารละลายที่ได้ด้วยสายตาเทียบกับสารละลายเทียบสีมาตรฐานที่แบ่งออกเป็น 5 ช่วง ดังตารางผนวกที่ 11 เทียบผลกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร

การเปรียบเทียบและแปลผล

การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทของตัวอย่างดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐาน อ่านผลเป็นระดับ VL (ต่ำมาก), L (ต่ำ), M (ปานกลาง), H (สูง) และ VH (สูงมาก) เมื่อนำตัวอย่างดังกล่าวมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer และแปลผลเป็นระดับ VL (ต่ำมาก), L (ต่ำ), M (ปานกลาง), H (สูง) และ VH (สูงมาก)

หากช่วงที่อ่านได้จากสารละลายเทียบสีมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงที่ถูกต้องตรงกันกับค่าที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงว่า ยอมรับ (Accept) แต่หากว่า ช่วงที่อ่านได้จากสารละลายเทียบสีมาตรฐานมีค่าอยู่ในช่วงที่ไม่ตรงกันกับค่าที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer แสดงว่า ไม่ยอมรับ (No Accept)

ตารางที่ 2 เกณฑ์การยอมรับ (Accept) การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer

ระดับ	ปริมาณไนเตรทของตัวอย่างดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
	สารละลายเทียบสีมาตรฐาน	เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer
VL (ต่ำมาก)	<1	0 – 0.99
L (ต่ำ)	1 – 10	1.00 – 10.99
M (ปานกลาง)	11 – 20	11.00 – 20.99
H (สูง)	21 – 30	21.00 – 30.99
VH (สูงมาก)	31 – 50	31.00 – 50.99

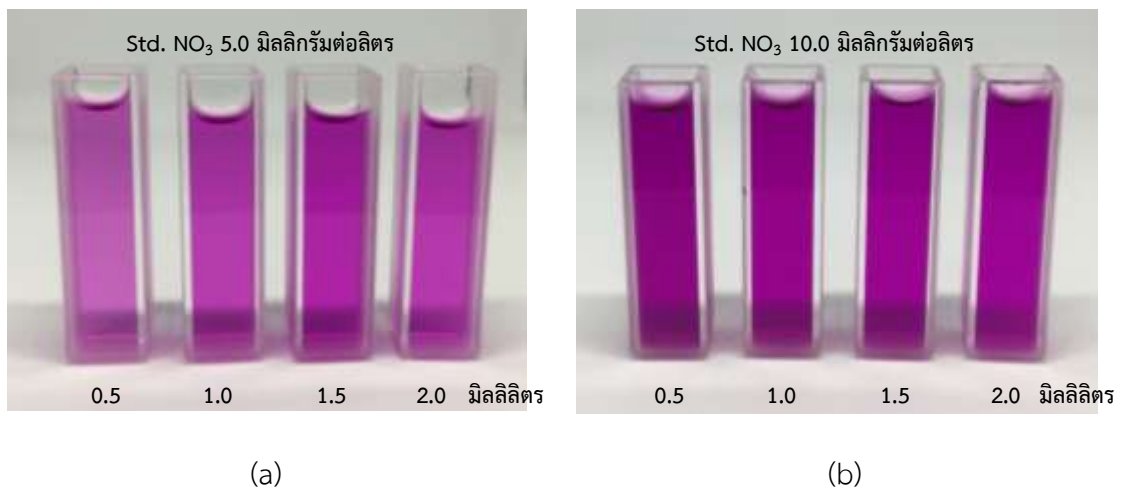
ผลการทดลอง

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรท

ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณของสารเคมี ได้แก่ ปริมาตรของ Reagent A, ปริมาณของ Mixed powder และระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ผลที่ได้จากการศึกษามีดังนี้

1.1 ปริมาตรของ Reagent A

จากการเติม Reagent A ลงในสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ ผลการศึกษา พบว่า ปริมาตรของ Reagent A มีผลเพียงเล็กน้อยกับความเข้มของสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรท ดังนั้น ปริมาตร Reagent A ที่เหมาะสม คือ 0.5 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาตรสารที่น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดความแตกต่างของสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรท ดังแสดงในภาพที่ 6 และค่าการดูดกลืนแสงมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท ดังแสดงในตารางที่ 3 และตารางผนวกที่ 1 และ 2



ภาพที่ 6 แสดงสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (a) และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (b) จากการเติม Reagent A ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ

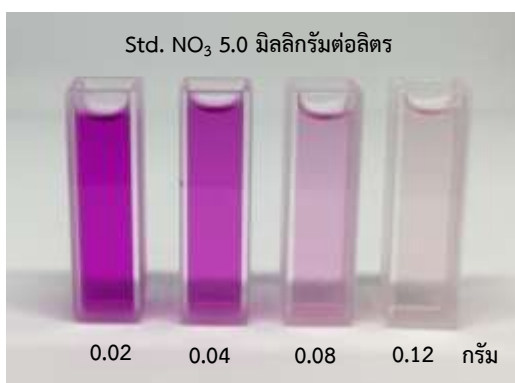
ตารางที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Reagent A ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ความเข้มข้น ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสง \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปริมาตรของ Reagent A (มิลลิลิตร)			
	0.5	1.0	1.5	2.0
5.0	0.84 \pm 0.01	0.81 \pm 0.02	0.78 \pm 0.01	0.71 \pm 0.01
10.0	2.47 \pm 0.01	2.27 \pm 0.01	2.07 \pm 0.01	1.87 \pm 0.01

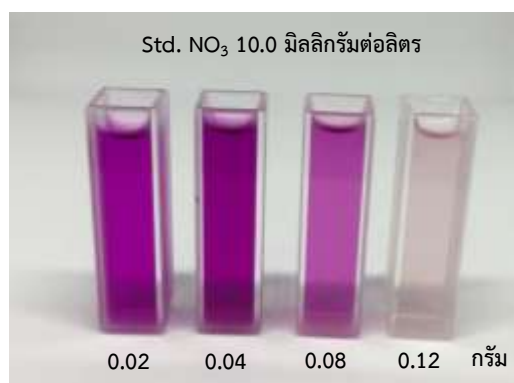
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง

1.2 ปริมาณของ Mixed powder

จากการเติม Mixed powder ลงในสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.12 กรัม ตามลำดับ ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณของ Mixed powder ที่เหมาะสม คือ 0.02 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยที่สุด เมื่อพิจารณาด้วยสายตาจะให้เห็นความแตกต่างของสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรทได้ชัดเจน และหากใช้ Mixed powder ในปริมาณที่มากขึ้นจะเกิดตะกอนของสาร ทำให้การพิจารณาด้วยสายตาคลาดเคลื่อนได้ง่าย รวมทั้งสีของสารละลายจะจางลงด้วย ดังแสดงในภาพที่ 7 และค่าการดูดกลืนแสงมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท ดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางผนวกที่ 3 และ 4



(a)



(b)

ภาพที่ 7 แสดงสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (a) และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (b) จากการเติม Mixed powder ปริมาณ 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.12 กรัม ตามลำดับ

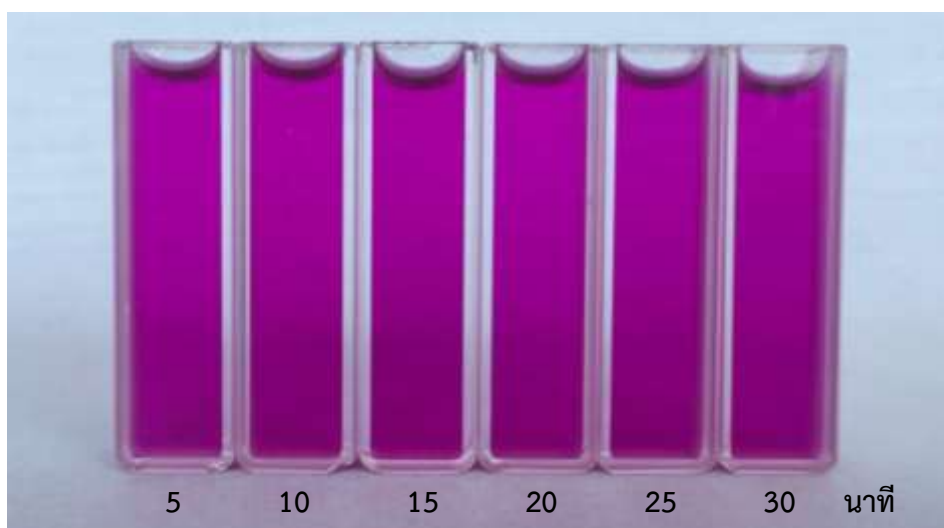
ตารางที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Mixed powder ปริมาณ 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.12 กรัม ตามลำดับ

ความเข้มข้น ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสง \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ปริมาณของ Mixed powder (กรัม)			
	0.02	0.04	0.08	0.12
5.0	1.23 \pm 0.02	0.94 \pm 0.02	0.20 \pm 0.01	0.20 \pm 0.01
10.0	2.44 \pm 0.01	2.38 \pm 0.01	0.47 \pm 0.01	0.38 \pm 0.01

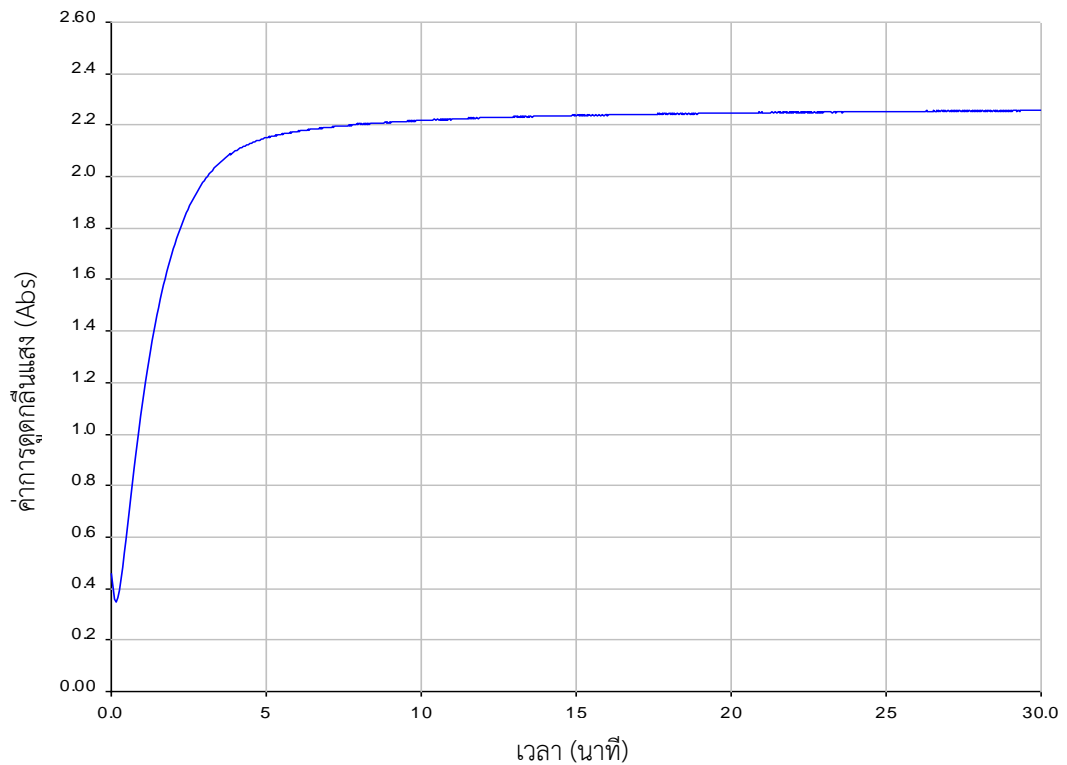
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง

1.3 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์

จากการตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ ผลการศึกษา พบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ คือ 5 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ทำให้เกิดความแตกต่างของสีได้ชัดเจน และเมื่อตั้งสารละลายทิ้งไว้ตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไป หากสังเกตด้วยสายตาสีของสารละลายจะเหมือนเดิม ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการสแกนด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร จากกราฟระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ของการวิเคราะห์ไนเตรทที่ 5 นาที ให้ค่าการดูดกลืนแสง (Abs) คิดเป็นร้อยละ 95 ของระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 9 และค่าการดูดกลืนแสงมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท ดังแสดงในตารางที่ 5 และตารางผนวกที่ 5 และ 6 และจากการศึกษาเพิ่มเติม พบว่า ปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทจะคงที่อยู่ที่ 2 ชั่วโมง 20 นาที ดังแสดงในภาพผนวกที่ 2



ภาพที่ 8 แสดงสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรทจากการตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ



ภาพที่ 9 แสดงระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ของการวิเคราะห์ไนเตรท

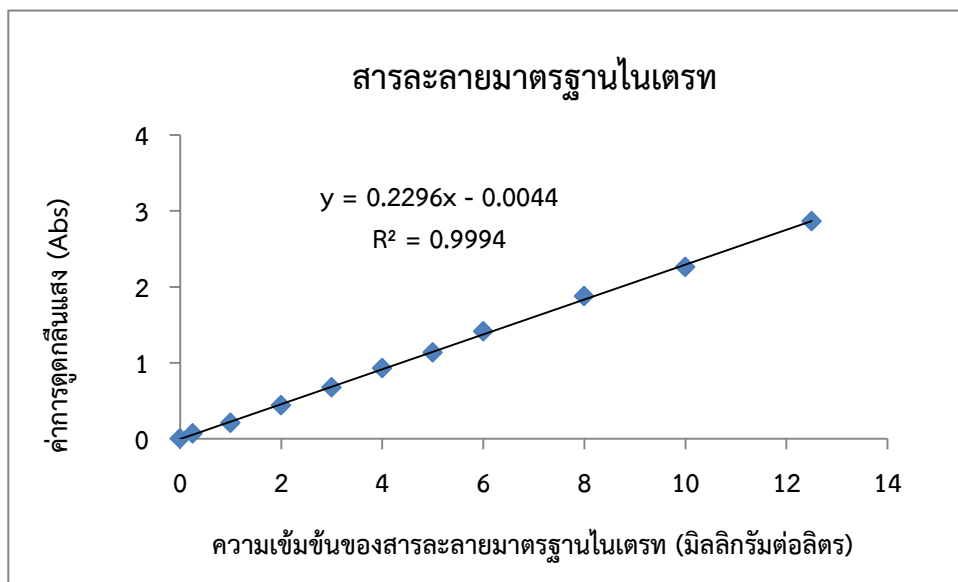
ตารางที่ 5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ

ระยะเวลาในการ เกิดปฏิกิริยา (นาที)	ค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสง \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	5.0	10.0
5	1.21 \pm 0.01	2.17 \pm 0.01
10	1.22 \pm 0.01	2.24 \pm 0.02
15	1.22 \pm 0.01	2.35 \pm 0.02
20	1.21 \pm 0.01	2.30 \pm 0.02
25	1.19 \pm 0.01	2.30 \pm 0.02
30	1.18 \pm 0.01	2.30 \pm 0.01

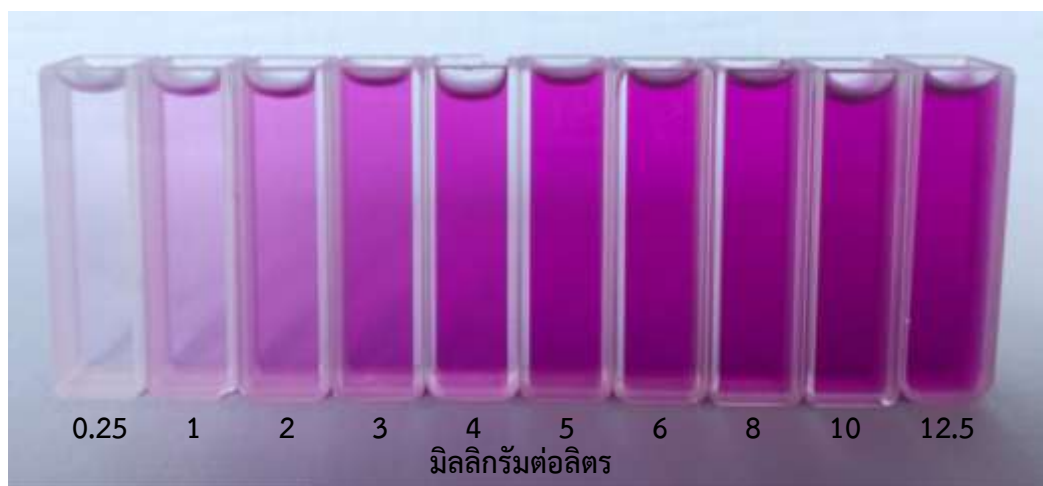
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง

2. การเตรียมกราฟสารละลายมาตรฐานไนเตรท

การเตรียมกราฟของสารละลายมาตรฐานไนเตรทจากสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรท ผลการศึกษา พบว่า ความสัมพันธ์ของสารละลายมาตรฐานไนเตรทความเข้มข้น 0 - 12.5 มิลลิกรัมต่อลิตร กับค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มีลักษณะเป็นเส้นตรง ให้ค่าสมการถดถอยเชิงเส้น เท่ากับ $y = 0.2296x - 0.0044$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9994 ดังแสดงในภาพที่ 10 และตารางผนวกที่ 7 และสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรทเข้มข้นตามค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เพิ่มขึ้นด้วย ดังแสดงในภาพที่ 11



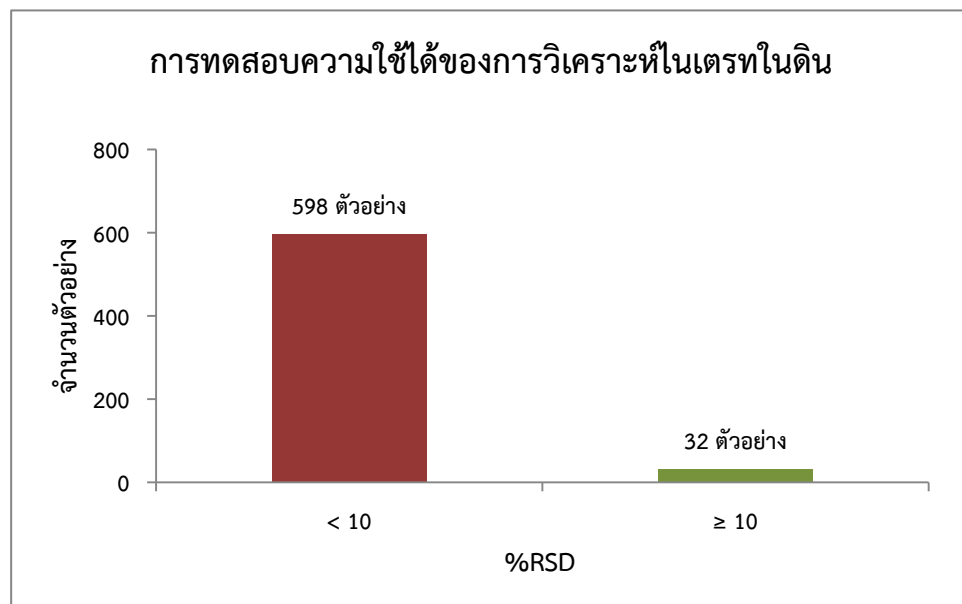
ภาพที่ 10 แสดงกราฟของสารละลายมาตรฐานไนเตรท



ภาพที่ 11 แสดงสีของสารละลายมาตรฐานไนเตรท ความเข้มข้น 0.25, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 และ 12.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

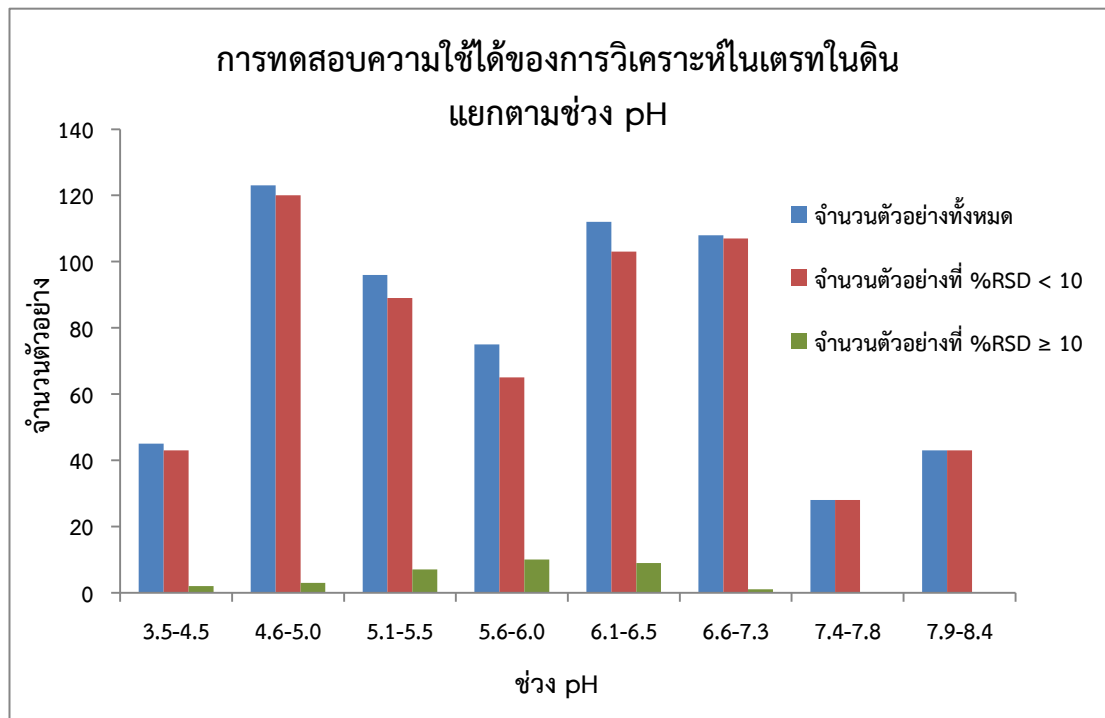
3. การทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินในห้องปฏิบัติการ

เมื่อนำสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินที่ได้ศึกษาไว้มาวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทของสารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่างดิน จำนวน 630 ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างดิน ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ผลการศึกษา พบว่า ตัวอย่างดินจำนวน 598 ตัวอย่าง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) น้อยกว่า 10 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คิดเป็นร้อยละ 95 และมีตัวอย่างดินจำนวน 32 ตัวอย่าง ที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) มากกว่าหรือเท่ากับ 10 ซึ่งไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คิดเป็นร้อยละ 5 ดังแสดงในภาพที่ 12 และตารางผนวกที่ 8 และ 9



ภาพที่ 12 แสดงผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง

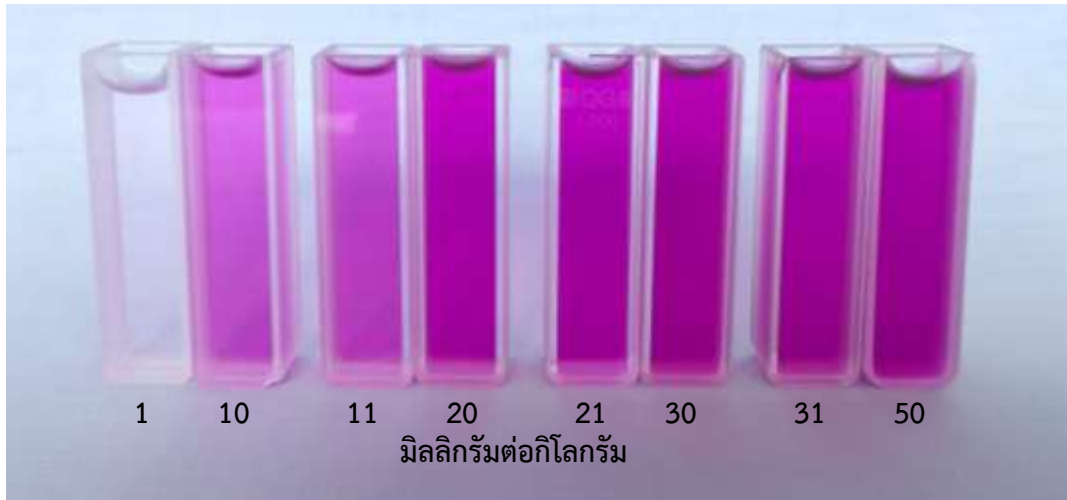
จากตัวอย่างดิน 32 ตัวอย่าง ที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เนื่องจาก %RSD มากกว่าหรือเท่ากับ 10 พบในช่วง pH 3.5-4.5, 4.6-5.0, 5.1-5.5, 5.6-6.0, 6.1-6.5 และ 6.6-7.3 แสดงว่า ค่า pH ไม่มีผลต่อการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดิน ดังแสดงในภาพที่ 13 และตารางผนวกที่ 9



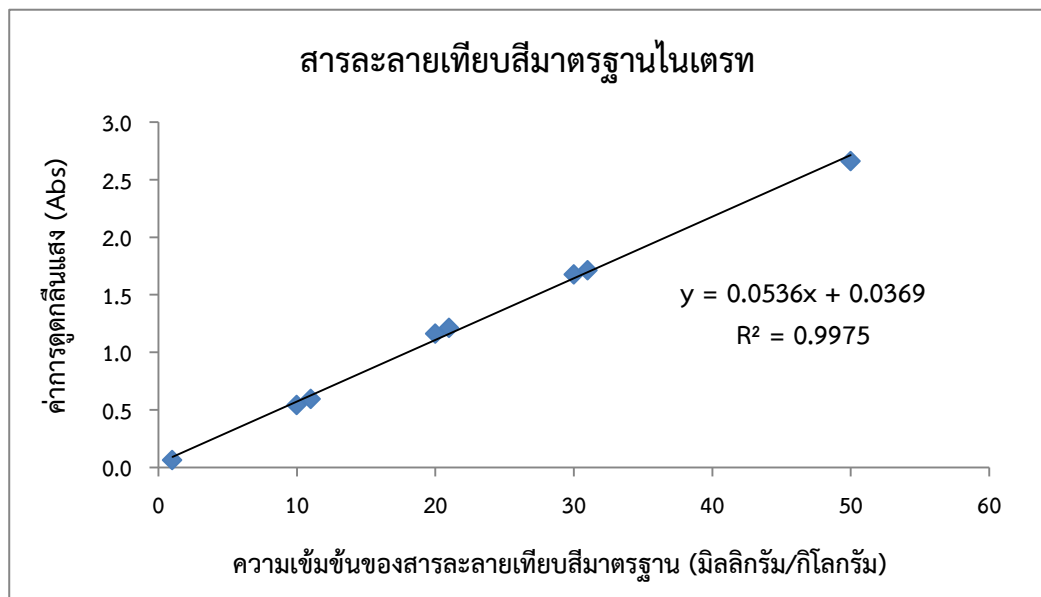
ภาพที่ 13 แสดงผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดิน แยกตามช่วง pH ของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง

4. การเตรียมสารละลายเทียบสีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดินอย่างง่าย

การเตรียมกราฟสารละลายเทียบสีมาตรฐานจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรท ผลการศึกษา พบว่า สีของสารละลายเข้มข้นตามความเข้มข้นของไนเตรทที่เพิ่มขึ้นด้วย ดังแสดงในภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายเทียบสีมาตรฐานไนเตรทกับค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9975 ดังแสดงในภาพที่ 15 และค่าการดูดกลืนแสงมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายเทียบสีมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 6 และตารางผนวกที่ 10



ภาพที่ 14 แสดงสีของสารละลายเทียบสีมาตรฐานไนเตรท



ภาพที่ 15 แสดงกราฟของสารละลายเทียบสีมาตรฐานไนเตรท

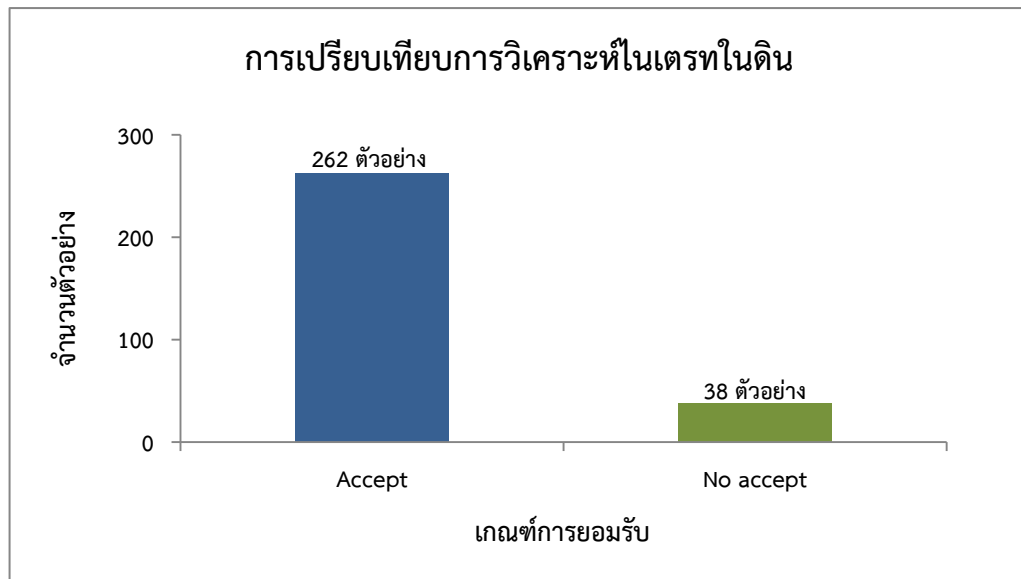
ตารางที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเทียบสีมาตรฐานไนเตรท

ความเข้มข้นของ สารละลายเทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสง \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0.06 \pm 0.001
10	0.54 \pm 0.004
11	0.59 \pm 0.002
20	1.16 \pm 0.006
21	1.21 \pm 0.010
30	1.68 \pm 0.003
31	1.71 \pm 0.004
50	2.66 \pm 0.033

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง

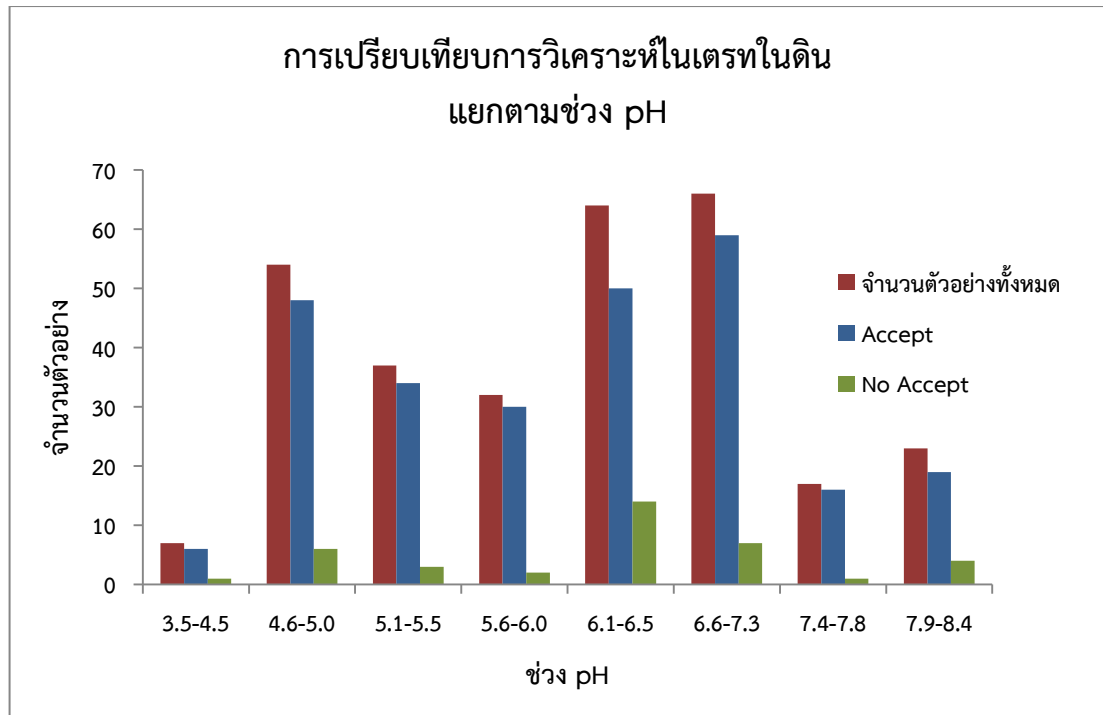
5. การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer

จากการนำสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทที่ได้ศึกษาไว้ มาวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทของตัวอย่างดิน จำนวน 300 ตัวอย่าง โดยอ่านสีของสารละลายด้วยสายตาเทียบกับสารละลายเทียบสีมาตรฐาน นำผลที่ได้มาเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร ผลการศึกษา พบว่า ตัวอย่างดิน จำนวน 262 ตัวอย่าง อ่านค่าปริมาณไนเตรทของตัวอย่างดินจากสารละลายเทียบสีมาตรฐานได้ถูกต้องตรงกันกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ซึ่งยอมรับได้ (Accept) คิดเป็นร้อยละ 87 และมีตัวอย่างดิน จำนวน 38 ตัวอย่าง ที่อ่านค่าอยู่ในช่วงที่ไม่ตรงกัน ซึ่งยอมรับไม่ได้ (No Accept) คิดเป็นร้อยละ 13 ดังแสดงในภาพที่ 16 และตารางผนวกที่ 12 และ 13



ภาพที่ 16 แสดงผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง

จากตัวอย่างดิน 38 ตัวอย่าง ที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (No Accept) เนื่องจาก การอ่านสีของสารละลายด้วยสายตาเทียบกับสารละลายเทียบสีมาตรฐานได้ช่วงไม่ตรงกันกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer พบในช่วง pH 3.5-4.5, 4.6-5.0, 5.1-5.5, 5.6-6.0, 6.1-6.5, 6.6-7.3, 7.4-7.8 และ 7.9-8.4 แสดงว่าค่า pH ไม่มีผลต่อการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานและเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ดังแสดงในภาพที่ 17 และตารางผนวกที่ 13



ภาพที่ 17 แสดงผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer แยกตามช่วง pH ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษา เรื่อง วิธีวิเคราะห์ไนเตรทอย่างง่ายในห้องปฏิบัติการด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I ใช้วิธี Colorimetric เหมือนกับงานวิจัยของบุญแสน (2543), ยิ่งพิศ และคณะ (2545), Nagaraja and Kumar (2002), มะลิวรรณ (2552), ศิริพร (2555), ประสิทธิ์ และวิริญรัชฎ์ (2555), ประสาทพร (2556) และพัชราภรณ์ และคณะ (2552) ซึ่งมีการใช้สารควบคู่ (coupling reagent) หลายชนิด ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของชนิดตัวอย่างนั้นๆ เช่น น้ำ พืช อาหาร และดิน เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้มีการเลือกใช้สารเคมีให้เฉพาะเจาะจง รวมถึงใช้ความเข้มข้นที่ต่ำลงด้วย

2. ในการเกิดปฏิกิริยาเพื่อให้ได้สีย้อม azo dye (สีม่วงแดง) ซึ่งต้องทำในสภาวะกรดนั้น อาจไม่จำเป็นต้องใส่ Reagent A ลงไปเพื่อปรับ pH ของสารละลายดินให้เป็นกรดก็ได้ เพื่อเป็นการลดปริมาณของสารเคมี เนื่องจากน้ำยาสกัด Mehlich I เป็นกรดจัดอยู่แล้ว

3. การทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินในห้องปฏิบัติการ เป็นการศึกษาความแม่นยำของการวิเคราะห์ เมื่อนำผลการวิเคราะห์มาแยกตามช่วง pH เพื่อศึกษาว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) มีผลต่อการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์หรือไม่ จากการศึกษา พบว่า ในช่วง pH 3.5-4.5, 4.6-5.0, 5.1-5.5, 5.6-6.0, 6.1-6.5 และ 6.6-7.3 ของตัวอย่างดิน 32 ตัวอย่าง มีค่า %RSD มากกว่าหรือเท่ากับ 10 คิดเป็น 5% ของตัวอย่างทั้งหมด แสดงว่า ค่า pH ไม่มีผลต่อการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดิน ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ตัวอย่างดินมีค่า %RSD มากกว่าหรือเท่ากับ 10 อาจมาจากปริมาณของสารเคมี ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ รวมถึงความชำนาญของผู้ทดสอบด้วย

4. การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer เมื่อนำผลการวิเคราะห์มาแยกตามช่วง pH เพื่อศึกษาว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) มีผลต่อความถูกต้องของการวิเคราะห์หรือไม่ จากการศึกษา พบว่า ในช่วง pH 3.5-4.5, 4.6-5.0, 5.1-5.5, 5.6-6.0, 6.1-6.5, 6.6-7.3, 7.4-7.8 และ 7.9-8.4 ของตัวอย่างดิน 38 ตัวอย่าง ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (No Accept) คิดเป็น 13% ของตัวอย่างทั้งหมด เนื่องจาก การอ่านสีของสารละลายด้วยสายตาเทียบกับสารละลายเทียบสีมาตรฐานได้ช่วงไม่ตรงกันกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer แสดงว่า ค่า pH ไม่มีผลต่อการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ตัวอย่างดินเป็น No Accept อาจมาจากการอ่านสีของสารละลายด้วยสายตาเทียบกับสารละลายเทียบสีมาตรฐาน โดยพบว่า ที่ความเข้มข้นสูงๆ คือ 21-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สีของสารละลายเทียบสีมาตรฐานเป็นสีม่วงแดงเข้มมากขึ้น ทำให้อาจแยกแยะสีได้ไม่ชัดเจน ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้สีของสารละลายเทียบสีมาตรฐานที่แยกกันได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยเรื่อง วิธีวิเคราะห์ไนเตรทอย่างง่ายในห้องปฏิบัติการด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. สภาพที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทอย่างง่ายในห้องปฏิบัติการ คือ สารละลายดิน 5 มิลลิลิตร Reagent A 0.5 มิลลิลิตร Mixed powder 0.02 กรัม และระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ 5 นาที
2. การทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินในห้องปฏิบัติการ เมื่อนำตัวอย่างดิน จำนวน 630 ตัวอย่าง มาทดสอบหาปริมาณไนเตรทจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาที่ได้ศึกษาไว้ พบว่า ตัวอย่างดิน จำนวน 598 ตัวอย่าง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) น้อยกว่า 10 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คิดเป็นร้อยละ 95 แสดงว่าการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดินในห้องปฏิบัติการที่ได้ศึกษาไว้มีความแม่นยำ 95%
3. การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer เมื่อนำตัวอย่างดิน จำนวน 300 ตัวอย่าง มาทดสอบหาปริมาณไนเตรทจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาที่ได้ศึกษาไว้ โดยอ่านสีของสารละลายด้วยสายตาเทียบกับสารละลายเทียบสีมาตรฐาน นำผลที่ได้มาเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer พบว่า ตัวอย่างดิน จำนวน 262 ตัวอย่าง อ่านค่าปริมาณไนเตรทจากสารละลายเทียบสีมาตรฐานได้ถูกต้องตรงกันกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ซึ่งยอมรับได้ (Accept) คิดเป็นร้อยละ 87 แสดงว่าสารละลายเทียบสีมาตรฐานที่เตรียมขึ้นมีความถูกต้องเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในดิน 87%

ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียม Mixed Powder ต้องบดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งต้องใช้ความชำนาญ รวมถึงการเก็บรักษาต้องระวังเรื่องความชื้น หากใช้ในปริมาณที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดตะกอน ส่งผลต่อสีที่เกิดขึ้นทำให้ค่าวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้
2. เวลาของการเกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ของงานวิจัยนี้ สามารถปรับลดให้เหลือ 3 นาที ได้ หากผู้วิจัยยอมรับความถูกต้องที่ 87%
3. ควรมีการศึกษาและพัฒนาช่วงของสารละลายเทียบสีมาตรฐาน เพื่อให้สามารถแยกสีที่ความเข้มข้นสูงๆ ได้ชัดเจนขึ้น
4. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเสถียรของสารเคมี เช่น อายุการเก็บรักษา สภาพการเก็บรักษา และปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของสารเคมี
5. วิธีวิเคราะห์ไนเตรทอย่างง่ายในห้องปฏิบัติการนี้ เหมาะสำหรับวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในตัวอย่างดินที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I
6. งานวิจัยนี้สามารถนำมาใช้วิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในดินในห้องปฏิบัติการได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ
7. งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อยอดไปเป็นชุดทดสอบปริมาณไนเตรทในดินภาคสนาม เพื่อให้เกษตรกร หมอดินอาสา และนักวิชาการนำไปใช้ในภาคสนาม เพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ไนเตรทที่ถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็วต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กัณทิมา ทองศรี. 2551. การศึกษาน้ำยาสกัดธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (N P K) ในดินนาที่สำคัญบางชุดดินของภาคกลางในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, สมชาย กริธาภิรมย์ และบุญแสน เตียนกุลธรรม. 2542. การวิเคราะห์ NPK ในดินอย่างง่าย, น. 165-170 ใน **เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 (สาขาพืชและสาขาส่งเสริมนิเทศศาสตร์เกษตร)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- นิทรานี เนื่องจำนงค์, เรณู วิริยะประสิทธิ์ และทิพวัลย์ จิตตะวิกุล. 2544. การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในน้ำบรีโกลโดยวิธี FIA. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปีที่ 43 (ฉบับที่ 4): 364-371
- บุญแสน เตียนกุลธรรม. 2543. สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีวิเคราะห์ N P K ในดินกับการดูดกินธาตุอาหาร N P K ของข้าวโพดในชุดดินตาคลี ลพบุรี ชัยบาดาล ปากช่อง และสติ๊ก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. สาขาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญแสน เตียนกุลธรรม, ทัศนีย์ อัดตะนันท์, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, สมชาย กริธาภิรมย์ และนิพนธ์ ตั้งคณานุกรักษ์. 2543. การศึกษาน้ำยาสกัดเดี่ยวสำหรับ N P K ในชุดดินชัยบาดาล ชุดดินตาคลี ชุดดินลพบุรี ชุดดินสติ๊ก และชุดดินปากช่อง, น. 116-123. ใน **เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38 (สาขาพืชและสาขาส่งเสริมนิเทศศาสตร์เกษตร)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ประสาทร กิตติยาม. 2556. **การพัฒนาชุดตรวจสอบไนโตรเจนอย่างง่ายโดยใช้สารควบคู่**. ค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยศิลปากร
- ประสิทธิ์ มุกดา และวิริญรัชญ์ สือออก. 2555. **การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและไนเตรทด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี**. โครงการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.
- พัชราภรณ์ ภูไพบูลย์, ศิริวัลย์ สร้อยกล่อม และวาสนา บัวงาม. 2552. การวิเคราะห์การสะสมไนเตรทในผักสด, 289-298. ใน **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 (สาขาพืช)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- มะลิวรรณ บุญเสมอ. 2552. **การทำชุดทดสอบคุณภาพน้ำอย่างง่าย เพื่อคาดการณ์การเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็วผิดปกติ**. โครงการอบรมภาควิชาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม.
- ยงยุทธ โอสภสภา. 2558. **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ยิ่งพิศ พรพัฒน์กุล, ชัยสิทธิ์ บุญเพ็ญ, ภาวินี บางณรงค์ และวัชรพงษ์ จึงประสงค์. 2545. ชุดทดสอบไนเตรท และไนโตรเจนทั้งหมด, น. 14 ใน รายงานวิจัยประจำปี 2544-2545 (คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ
- วาสนา เสือไพร. 2560. อิทธิพลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) อุณหภูมิ และเวลาต่อการวิเคราะห์ Hydrolyzable Nitrogen (HN) ในดิน. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศิริพร พรหมดี. 2555. การพัฒนาชุดทดสอบปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทในน้ำภาคสนามสำหรับโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมผักเป็ดอ้นเนื่องมาจากพระราชดำริ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมชาย กริธาภิรมย์, ทศนีย์ อุตตะนันท์, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และบุญแสน เตียวกุลธรรม. 2543. วิธีวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย และไนเตรทที่สกัดได้โดย Mehlich I ในดินปลูกข้าวโพดของประเทศไทย, น. 77-84 ใน เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38 (สาขาพืชและสาขาส่งเสริมเกษตรศาสตร์เกษตร), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล. ม.ป.ป. วัฏจักรไนโตรเจน (online). http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter1/chapter1_nitrogen1.htm, 14 พฤษภาคม 2561
- สุดา เรืองณรงค์. 2554. การศึกษาคุณภาพการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ ไซยาไนต์ ฟลูออไรด์ และไนเตรทด้วยเทคนิค ion selective electrode. รายงานวิชาการฉบับที่ สวท 3/2554. สำนักวิเคราะห์ทรัพยากรธรณี, กรมทรัพยากรธรณี.
- เสาวรัจ นิลเนตร. 2557. การจัดการปุ๋ยในนาข้าวของเกษตรกรในเขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สัมฤทธิ์ ภูรุ่งเรือง. 2546. สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ N P K ที่สกัดด้วยน้ำยาชนิดเดียวกับการดูดกิน N P K ของข้าวที่ปลูกในดินนา, น. 362-370 ใน เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 (สาขาพืชและสาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1. กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ. น. 59.
- อุมาพร สุขม่วง. ม.ป.ป. การใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์เชิงเส้น (online). http://blpd.dss.go.th/knowledge_el/knowledge_uma.pdf, 13 มีนาคม 2562
- Jenkins, D. and Medsken L. 1964. A brucine method for the determination of nitrate in ocean estuarine and fresh waters. Analytical Chemistry. 36: 610-616.

- Kanjana Kantakapun. 2017. **UV-Vis Spectrophotometer** (online).
http://www.chem.eng.psu.ac.th/new_chem/upload/manual/10/UV-Vis-Spectrometer.pdf, 14 พฤษภาคม 2561
- Mulvaney, RL. 1996. **Nitrogen-Inorganic forms**. Methods of soil analysis Part3. P:1123-1184.
- Mehlich, A. 1978. **New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc**. Commun in soil Science And Plant Analysis 9(6): 477-492
- Nagaraja, P. and Kumar, M.S.H. 2002. **Spectrophotometric Determination of Nitrate in Polluted Water Using a new Coupling Reagent**. Analytical Sciences. 18: 355-357
- Song, X. and Kaylor, R.M.M. 2007. **Nitrite detection Technique**. United States patent US 0048182 A1. 1 March 2007.
- Veena, K. and Narayana, B. 2009. **Spectrophotometric determination of nitrite using new coupling agents**. Journal of Chemical Technology. 16 : 89-92.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางและภาพแสดงของผลการวิเคราะห์ไนเตรท

ตารางผนวกที่ 1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Reagent A ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ

การทดสอบ ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			
	ปริมาตรของ Reagent A (มิลลิลิตร)			
	0.5	1.0	1.5	2.0
1	0.8329	0.7924	0.7561	0.6916
2	0.8411	0.7968	0.7788	0.7014
3	0.8437	0.8158	0.7788	0.7195
4	0.8505	0.8284	0.7803	0.7210
5	0.8527	0.8407	0.7907	0.7246
ค่าเฉลี่ย	0.84	0.81	0.78	0.71
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.01	0.02	0.01	0.01

ตารางผนวกที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Reagent A ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ

การทดสอบ ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			
	ปริมาตรของ Reagent A (มิลลิลิตร)			
	0.5	1.0	1.5	2.0
1	2.4628	2.2640	2.0601	1.8595
2	2.4662	2.2712	2.0635	1.8640
3	2.4701	2.2740	2.0651	1.8645
4	2.4751	2.2779	2.0865	1.8652
5	2.4872	2.2824	2.0917	1.8835
ค่าเฉลี่ย	2.47	2.27	2.07	1.87
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.01	0.01	0.01	0.01

ตารางผนวกที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Mixed powder ปริมาณ 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.12 กรัม ตามลำดับ

การทดสอบ ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			
	ปริมาณของ Mixed powder (กรัม)			
	0.02	0.04	0.08	0.12
1	1.2135	0.9235	0.1942	0.1840
2	1.2150	0.9300	0.1943	0.1946
3	1.2176	0.9347	0.1977	0.1949
4	1.2540	0.9555	0.2087	0.2065
5	1.2597	0.9721	0.2118	0.2074
ค่าเฉลี่ย	1.23	0.94	0.20	0.20
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.02	0.02	0.01	0.01

ตารางผนวกที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเติม Mixed powder ปริมาณ 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.12 กรัม ตามลำดับ

การทดสอบ ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			
	ปริมาณของ Mixed powder (กรัม)			
	0.02	0.04	0.08	0.12
1	2.4341	2.3739	0.4645	0.3777
2	2.4359	2.3870	0.4679	0.3799
3	2.4431	2.3870	0.4697	0.3814
4	2.4453	2.3878	0.4729	0.3861
5	2.4497	2.3878	0.4892	0.3995
ค่าเฉลี่ย	2.44	2.38	0.47	0.38
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.01	0.01	0.01	0.01

ตารางผนวกที่ 5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ

การทดสอบ ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)					
	ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา (นาที)					
	5	10	15	20	25	30
1	1.1873	1.2139	1.2015	1.1971	1.1763	1.1763
2	1.1974	1.2154	1.2167	1.1985	1.1827	1.1768
3	1.2139	1.2206	1.2172	1.2030	1.1974	1.1827
4	1.2154	1.2335	1.2252	1.2173	1.2033	1.1873
5	1.2206	1.2367	1.2416	1.2174	1.1955	1.1955
ค่าเฉลี่ย	1.21	1.22	1.22	1.21	1.19	1.18
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

ตารางผนวกที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที ตามลำดับ

การทดสอบ ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)					
	ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา (นาที)					
	5	10	15	20	25	30
1	2.1583	2.2102	2.3301	2.2810	2.2777	2.2768
2	2.1605	2.2257	2.3308	2.2815	2.2874	2.2964
3	2.1650	2.2352	2.3392	2.2911	2.2919	2.2980
4	2.1692	2.2501	2.3738	2.2963	2.3053	2.2990
5	2.1852	2.2590	2.3771	2.3362	2.3206	2.3076
ค่าเฉลี่ย	2.17	2.24	2.35	2.30	2.30	2.30
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01

ตารางผนวกที่ 7 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไนเตรท

การทดสอบ ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)									
	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)									
	0.25	1	2	3	4	5	6	8	10	12.5
1	0.0643	0.2052	0.4079	0.6547	0.9171	1.1014	1.3828	1.8390	2.2292	2.8359
2	0.0645	0.2021	0.4231	0.6609	0.9177	1.1104	1.3899	1.8585	2.2552	2.8530
3	0.0658	0.2058	0.4247	0.6790	0.9196	1.1371	1.4114	1.8802	2.2639	2.8629
4	0.0660	0.2082	0.4265	0.6801	0.9349	1.1485	1.4183	1.8877	2.2661	2.8658
5	0.0680	0.2122	0.4319	0.6829	0.9410	1.1588	1.4397	1.8988	2.2771	2.8790
ค่าเฉลี่ย	0.0657	0.2067	0.4357	0.6715	0.9261	1.1312	1.4084	1.8728	2.2583	2.8593
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.001	0.004	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสม
ในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
1	4.2	0.1004	0.1059	0.1022	0.1028	0.0028	2.73
2	4.2	0.0828	0.0883	0.0871	0.0861	0.0029	3.36
3	4.2	0.0671	0.0723	0.0690	0.0695	0.0026	3.79
4	4.2	0.0520	0.0566	0.0506	0.0531	0.0031	5.92
5	4.2	0.0668	0.0746	0.0742	0.0719	0.0044	6.11
6	4.2	0.0568	0.0535	0.0620	0.0574	0.0043	7.46
7	4.3	0.0864	0.0869	0.0892	0.0875	0.0015	1.71
8	4.3	0.3763	0.3702	0.3832	0.3766	0.0065	1.73
9	4.3	0.1388	0.1365	0.1435	0.1396	0.0036	2.56
10	4.3	0.0561	0.0594	0.0587	0.0581	0.0017	2.99
11	4.3	1.1069	0.9931	1.0235	1.0412	0.0589	5.66
12	4.3	0.5867	0.5172	0.5248	0.5429	0.0381	7.02
13	4.3	0.0551	0.0648	0.0571	0.0590	0.0051	8.68
14	4.3	3.4440	2.8483	3.2342	3.1755	0.3022	9.52
15	4.3	0.0679	0.0791	0.0867	0.0779	0.0095	12.14*
16	4.4	0.0929	0.0915	0.0925	0.0923	0.0007	0.78
17	4.4	0.2320	0.2235	0.2281	0.2279	0.0043	1.87
18	4.4	0.9667	0.9360	0.9300	0.9442	0.0197	2.08
19	4.4	2.3298	2.2878	2.3989	2.3388	0.0561	2.40
20	4.4	0.0821	0.0858	0.0855	0.0845	0.0021	2.43
21	4.4	1.4546	1.4176	1.4957	1.4560	0.0391	2.68
22	4.4	0.6479	0.6725	0.6912	0.6705	0.0217	3.24

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
23	4.4	0.7062	0.7564	0.7259	0.7295	0.0253	3.47
24	4.4	0.0857	0.0937	0.0939	0.0911	0.0047	5.13
25	4.4	0.0791	0.0872	0.0865	0.0843	0.0045	5.33
26	4.4	1.0971	1.2110	1.2031	1.1704	0.0636	5.43
27	4.4	0.0535	0.0595	0.0578	0.0569	0.0031	5.43
28	4.4	0.0779	0.0733	0.0831	0.0781	0.0049	6.28
29	4.4	0.1016	0.1153	0.1099	0.1089	0.0069	6.34
30	4.4	0.0461	0.0458	0.0524	0.0481	0.0037	7.75
31	4.4	0.0503	0.0508	0.0587	0.0533	0.0047	8.85
32	4.4	0.0658	0.0644	0.0759	0.0687	0.0063	9.13
33	4.5	0.1154	0.1151	0.1145	0.1150	0.0005	0.40
34	4.5	0.9568	0.9521	0.9449	0.9513	0.0060	0.63
35	4.5	1.0048	1.0416	1.0557	1.0340	0.0263	2.54
36	4.5	0.0632	0.0647	0.0673	0.0651	0.0021	3.19
37	4.5	0.0589	0.0594	0.0631	0.0605	0.0023	3.79
38	4.5	0.1091	0.1167	0.1196	0.1151	0.0054	4.71
39	4.5	0.0733	0.0782	0.0814	0.0776	0.0041	5.25
40	4.5	0.6475	0.7195	0.6593	0.6754	0.0386	5.72
41	4.5	0.2027	0.2293	0.2213	0.2178	0.0136	6.27
42	4.5	0.9340	1.0363	0.9087	0.9597	0.0676	7.04
43	4.5	1.6749	1.4631	1.5155	1.5512	0.1103	7.11
44	4.5	2.7121	2.5635	2.2539	2.5098	0.2338	9.31

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
45	4.5	0.0377	0.0341	0.0431	0.0383	0.0045	11.83*
46	4.6	0.7430	0.7594	0.7474	0.7499	0.0085	1.13
47	4.6	0.6227	0.5988	0.6250	0.6155	0.0145	2.36
48	4.6	0.0872	0.0915	0.0900	0.0896	0.0022	2.44
49	4.6	0.0656	0.0686	0.0658	0.0667	0.0017	2.52
50	4.6	0.0650	0.0625	0.0613	0.0629	0.0019	3.00
51	4.6	0.1064	0.1094	0.1130	0.1096	0.0033	3.02
52	4.6	0.8939	0.8481	0.8464	0.8628	0.0269	3.12
53	4.6	0.9693	1.0145	0.9554	0.9797	0.0309	3.15
54	4.6	0.8579	0.9018	0.8494	0.8697	0.0281	3.23
55	4.6	0.0620	0.0663	0.0638	0.0640	0.0022	3.37
56	4.6	0.0383	0.0366	0.0392	0.0380	0.0013	3.47
57	4.6	0.8303	0.8821	0.8883	0.8669	0.0318	3.67
58	4.6	0.0985	0.1037	0.1060	0.1027	0.0038	3.74
59	4.6	1.2893	1.1882	1.2525	1.2433	0.0512	4.12
60	4.6	0.1573	0.1630	0.1708	0.1637	0.0068	4.14
61	4.6	0.7517	0.7010	0.7562	0.7363	0.0307	4.16
62	4.6	0.7064	0.6567	0.7157	0.6929	0.0317	4.58
63	4.6	0.0493	0.0495	0.0535	0.0508	0.0024	4.67
64	4.6	0.0904	0.0835	0.0909	0.0883	0.0041	4.69
65	4.6	0.0862	0.0959	0.0937	0.0919	0.0051	5.53
66	4.6	0.0488	0.0547	0.0520	0.0518	0.0030	5.70

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
67	4.6	0.0430	0.0465	0.0486	0.0460	0.0028	6.15
68	4.6	1.1496	1.1210	1.2828	1.1845	0.0864	7.29
69	4.7	0.0551	0.0557	0.0558	0.0555	0.0004	0.68
70	4.7	0.6250	0.6263	0.6113	0.6209	0.0083	1.34
71	4.7	0.9739	0.9611	0.9893	0.9748	0.0141	1.45
72	4.7	0.0845	0.0859	0.0871	0.0858	0.0013	1.52
73	4.7	0.1017	0.0996	0.1026	0.1013	0.0015	1.52
74	4.7	0.7879	0.7542	0.7514	0.7645	0.0203	2.66
75	4.7	0.9457	0.9952	0.9936	0.9782	0.0281	2.88
76	4.7	0.0433	0.0450	0.0425	0.0436	0.0013	2.93
77	4.7	0.8621	0.9136	0.8804	0.8854	0.0261	2.95
78	4.7	0.7658	0.7301	0.7729	0.7563	0.0229	3.03
79	4.7	0.0424	0.0449	0.0423	0.0432	0.0015	3.41
80	4.7	0.6760	0.7344	0.7136	0.7080	0.0296	4.18
81	4.7	1.5736	1.4315	1.5030	1.5027	0.0711	4.73
82	4.7	1.1255	1.2480	1.1947	1.1894	0.0614	5.16
83	4.7	0.4388	0.4868	0.4706	0.4654	0.0244	5.25
84	4.7	0.0486	0.0500	0.0539	0.0508	0.0027	5.40
85	4.7	0.0892	0.0992	0.0971	0.0952	0.0053	5.54
86	4.7	1.1415	1.2194	1.0918	1.1509	0.0643	5.59
87	4.7	0.0647	0.0659	0.0727	0.0678	0.0043	6.37
88	4.7	0.0820	0.0751	0.0722	0.0764	0.0050	6.59

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
89	4.7	0.0719	0.0794	0.0821	0.0778	0.0053	6.79
90	4.8	0.9102	0.7931	0.8469	0.8501	0.0586	6.90
91	4.7	1.3545	1.2657	1.1327	1.2510	0.1116	8.92
92	4.7	0.3454	0.3849	0.4219	0.3841	0.0383	9.96
93	4.7	0.3033	0.3703	0.3461	0.3399	0.0339	9.98
94	4.7	0.0358	0.0459	0.0398	0.0405	0.0051	12.56*
95	4.8	0.4424	0.4512	0.4415	0.4450	0.0054	1.20
96	4.8	0.0394	0.0387	0.0385	0.0389	0.0005	1.22
97	4.8	0.0493	0.0505	0.0489	0.0496	0.0008	1.68
98	4.8	0.0963	0.0977	0.0996	0.0979	0.0017	1.69
99	4.8	0.5677	0.5878	0.5841	0.5799	0.0107	1.84
100	4.8	0.0359	0.0364	0.0374	0.0366	0.0008	2.09
101	4.8	0.6577	0.6536	0.6811	0.6641	0.0148	2.23
102	4.8	1.0912	1.0430	1.0706	1.0683	0.0242	2.26
103	4.8	0.6849	0.6538	0.6734	0.6707	0.0157	2.34
104	4.8	0.5114	0.5066	0.4835	0.5005	0.0149	2.98
105	4.8	0.0786	0.0767	0.0820	0.0791	0.0027	3.39
106	4.8	0.9167	0.9031	0.9763	0.9320	0.0389	4.18
107	4.8	0.5540	0.5147	0.5036	0.5241	0.0265	5.05
108	4.8	0.0375	0.0354	0.0394	0.0374	0.0020	5.35
109	4.8	0.5421	0.5524	0.6102	0.5682	0.0367	6.46
110	4.8	0.0478	0.0542	0.0532	0.0517	0.0034	6.66

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
111	4.8	0.0414	0.0388	0.0447	0.0416	0.0030	7.10
112	4.8	0.0744	0.0856	0.0735	0.0778	0.0067	8.66
113	4.8	0.0449	0.0395	0.0486	0.0443	0.0046	10.32*
114	4.8	0.0374	0.0385	0.0417	0.0392	0.0022	5.70
115	4.9	0.8729	0.8560	0.8672	0.8654	0.0086	0.99
116	4.9	0.0456	0.0464	0.0464	0.0461	0.0005	1.00
117	4.9	0.7598	0.7440	0.7471	0.7503	0.0084	1.12
118	4.9	0.4871	0.4937	0.4820	0.4876	0.0059	1.20
119	4.9	0.0518	0.0531	0.0529	0.0526	0.0007	1.33
120	4.9	0.1473	0.1430	0.1476	0.1460	0.0026	1.76
121	4.9	0.1075	0.1108	0.1115	0.1099	0.0021	1.94
122	4.9	0.0601	0.0626	0.0609	0.0612	0.0013	2.09
123	4.9	1.0820	1.0617	1.1108	1.0848	0.0247	2.27
124	4.9	0.0547	0.0570	0.0572	0.0563	0.0014	2.47
125	4.9	1.2457	1.2699	1.3121	1.2759	0.0336	2.63
126	4.9	0.0700	0.0688	0.0664	0.0684	0.0018	2.68
127	4.9	0.8843	0.9345	0.8988	0.9059	0.0258	2.85
128	4.9	0.1027	0.1030	0.0978	0.1012	0.0029	2.89
129	4.9	0.0513	0.0505	0.0481	0.0500	0.0017	3.33
130	4.9	0.0639	0.0649	0.0681	0.0656	0.0022	3.34
131	4.9	0.5543	0.5898	0.5934	0.5792	0.0216	3.73
132	4.9	0.5967	0.5554	0.5614	0.5712	0.0223	3.91

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
133	4.9	0.0695	0.0665	0.0738	0.0699	0.0037	5.25
134	4.9	0.0403	0.0423	0.0451	0.0426	0.0024	5.66
135	4.9	0.0378	0.0383	0.0419	0.0393	0.0022	5.69
136	4.9	0.0444	0.0383	0.0420	0.0416	0.0031	7.39
137	4.9	0.0396	0.0445	0.0388	0.0410	0.0031	7.53
138	4.9	0.0515	0.0451	0.0522	0.0496	0.0039	7.89
139	4.9	0.0385	0.0350	0.0412	0.0382	0.0031	8.13
140	4.9	0.0353	0.0420	0.0403	0.0392	0.0035	8.88
141	5.0	2.4941	2.5484	2.4825	2.5083	0.0352	1.40
142	5.0	0.1841	0.1787	0.1821	0.1816	0.0027	1.50
143	5.0	0.0677	0.0663	0.0648	0.0663	0.0015	2.19
144	5.0	0.7730	0.7387	0.7707	0.7608	0.0192	2.52
145	5.0	0.0427	0.0402	0.0414	0.0414	0.0013	3.02
146	5.0	0.0886	0.0857	0.0911	0.0885	0.0027	3.05
147	5.0	0.1113	0.1189	0.1165	0.1156	0.0039	3.36
148	5.0	0.8408	0.7962	0.7896	0.8089	0.0279	3.44
149	5.0	1.4699	1.3706	1.3928	1.4111	0.0521	3.69
150	5.0	0.6355	0.6140	0.6649	0.6381	0.0256	4.00
151	5.0	0.0703	0.0731	0.0762	0.0732	0.0030	4.03
152	5.0	0.0426	0.0408	0.0393	0.0409	0.0017	4.04
153	5.0	0.0401	0.0372	0.0373	0.0382	0.0016	4.31
154	5.0	1.7011	1.8586	1.8005	1.7867	0.0796	4.46

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
155	5.0	0.0387	0.0353	0.0365	0.0368	0.0017	4.68
156	5.0	0.0440	0.0483	0.0458	0.0460	0.0022	4.69
157	5.0	0.9431	0.9138	1.0075	0.9548	0.0479	5.02
158	5.0	0.0330	0.0355	0.0365	0.0350	0.0018	5.15
159	5.0	0.0373	0.0339	0.0372	0.0361	0.0019	5.35
160	5.0	0.0361	0.0362	0.0328	0.0350	0.0019	5.52
161	5.0	0.3166	0.3616	0.3500	0.3427	0.0234	6.82
162	5.0	0.9587	0.8892	0.8324	0.8934	0.0633	7.08
163	5.0	0.0326	0.0339	0.0376	0.0347	0.0026	7.48
164	5.0	0.0392	0.0366	0.0425	0.0394	0.0030	7.50
165	5.0	0.0494	0.0494	0.0431	0.0473	0.0036	7.69
166	5.0	0.0434	0.0378	0.0441	0.0418	0.0035	8.27
167	5.0	0.0392	0.0389	0.0334	0.0372	0.0033	8.79
168	5.0	0.0437	0.0390	0.0357	0.0395	0.0040	10.19*
169	5.1	0.9462	0.9633	0.9519	0.9538	0.0087	0.91
170	5.1	0.2204	0.2229	0.2250	0.2228	0.0023	1.03
171	5.1	0.5536	0.5453	0.5426	0.5472	0.0057	1.05
172	5.1	0.0323	0.0309	0.0313	0.0315	0.0007	2.29
173	5.1	0.1288	0.1335	0.1351	0.1325	0.0033	2.47
174	5.1	0.0313	0.0327	0.0328	0.0323	0.0008	2.60
175	5.1	0.0873	0.0887	0.0920	0.0893	0.0024	2.70
176	5.1	1.6147	1.5282	1.5502	1.5644	0.0450	2.87

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
177	5.1	1.3393	1.2932	1.3712	1.3346	0.0392	2.94
178	5.1	0.2464	0.2533	0.2636	0.2544	0.0087	3.40
179	5.1	0.5050	0.5239	0.4864	0.5051	0.0188	3.71
180	5.1	1.1308	1.1590	1.0758	1.1219	0.0423	3.77
181	5.1	0.4706	0.4416	0.4355	0.4492	0.0188	4.17
182	5.1	0.8346	0.8075	0.7613	0.8011	0.0371	4.63
183	5.1	0.0856	0.0953	0.0885	0.0898	0.0050	5.54
184	5.1	0.0350	0.0396	0.0381	0.0376	0.0023	6.24
185	5.1	0.1142	0.1007	0.1100	0.1083	0.0069	6.38
186	5.1	0.0435	0.0376	0.0423	0.0411	0.0031	7.58
187	5.1	0.0432	0.0471	0.0516	0.0473	0.0042	8.89
188	5.1	0.0436	0.0446	0.0516	0.0466	0.0044	9.35
189	5.1	0.0565	0.0492	0.0604	0.0554	0.0057	10.27*
190	5.1	0.0312	0.0310	0.0391	0.0338	0.0046	13.68*
191	5.2	0.2184	0.2187	0.2166	0.2179	0.0011	0.52
192	5.2	0.0401	0.0403	0.0397	0.0400	0.0003	0.76
193	5.2	0.0716	0.0735	0.0727	0.0726	0.0010	1.31
194	5.2	0.3747	0.3757	0.3839	0.3781	0.0050	1.34
195	5.2	0.1064	0.1095	0.1109	0.1089	0.0023	2.11
196	5.2	0.3374	0.3242	0.3375	0.3330	0.0077	2.30
197	5.2	0.1124	0.1109	0.1173	0.1135	0.0033	2.95
198	5.2	0.0754	0.0806	0.0782	0.0781	0.0026	3.33

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสถานะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
199	5.2	0.0372	0.0359	0.0387	0.0373	0.0014	3.76
200	5.2	0.0361	0.0361	0.0336	0.0353	0.0014	4.09
201	5.2	0.2680	0.2433	0.2586	0.2566	0.0125	4.86
202	5.2	1.0253	0.9374	0.9501	0.9709	0.0475	4.89
203	5.2	0.1104	0.1126	0.1224	0.1151	0.0064	5.55
204	5.2	0.0399	0.0378	0.0425	0.0401	0.0024	5.88
205	5.2	0.1987	0.2144	0.2253	0.2128	0.0134	6.28
206	5.2	0.0535	0.0593	0.0603	0.0577	0.0037	6.36
207	5.2	0.3155	0.2993	0.3395	0.3181	0.0202	6.36
208	5.2	0.8955	0.9080	1.0272	0.9436	0.0727	7.70
209	5.2	1.3363	1.2769	1.1041	1.2391	0.1206	9.74
210	5.2	0.0640	0.0666	0.0772	0.0693	0.0070	10.09*
211	5.2	0.0362	0.0357	0.0441	0.0387	0.0047	12.19*
212	5.2	0.0585	0.0641	0.0746	0.0657	0.0082	12.43*
213	5.2	0.0251	0.0323	0.0273	0.0282	0.0037	13.07*
214	5.3	0.1515	0.1557	0.1522	0.1531	0.0023	1.47
215	5.3	0.4829	0.5005	0.4891	0.4908	0.0089	1.82
216	5.3	0.1491	0.1506	0.1545	0.1514	0.0028	1.84
217	5.3	0.0985	0.0945	0.0957	0.0962	0.0021	2.13
218	5.3	0.2668	0.2816	0.2755	0.2746	0.0074	2.71
219	5.3	0.0956	0.0985	0.1014	0.0985	0.0029	2.94
220	5.3	0.1921	0.2031	0.2010	0.1987	0.0058	2.94

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
221	5.3	0.1772	0.1776	0.1868	0.1805	0.0054	3.01
222	5.3	1.0352	0.9841	1.0478	1.0224	0.0337	3.30
223	5.3	0.0343	0.0326	0.0348	0.0339	0.0012	3.40
224	5.3	0.3196	0.3409	0.3376	0.3327	0.0115	3.45
225	5.3	0.0572	0.0534	0.0564	0.0557	0.0020	3.60
226	5.3	0.0884	0.0922	0.0956	0.0921	0.0036	3.91
227	5.3	0.1392	0.1274	0.1407	0.1358	0.0073	5.37
228	5.3	0.1483	0.1584	0.1671	0.1579	0.0094	5.96
229	5.3	0.3191	0.3515	0.3581	0.3429	0.0209	6.09
230	5.3	0.0423	0.0391	0.0457	0.0424	0.0033	7.79
231	5.3	0.7012	0.7068	0.8113	0.7398	0.0620	8.38
232	5.3	0.0480	0.0567	0.0547	0.0531	0.0046	8.58
233	5.3	0.0603	0.0543	0.0662	0.0603	0.0060	9.87
234	5.3	0.0782	0.0750	0.0919	0.0817	0.0090	10.99*
235	5.4	0.1258	0.1324	0.1325	0.1302	0.0038	2.95
236	5.4	0.0804	0.0755	0.0809	0.0789	0.0030	3.78
237	5.4	0.1787	0.1857	0.1942	0.1862	0.0078	4.17
238	5.4	1.7083	1.6579	1.8061	1.7241	0.0754	4.37
239	5.4	0.1072	0.1039	0.1133	0.1081	0.0048	4.41
240	5.4	0.0837	0.0762	0.0786	0.0795	0.0038	4.82
241	5.4	0.0750	0.0842	0.0839	0.0810	0.0052	6.45
242	5.4	0.6323	0.7251	0.7691	0.7088	0.0698	9.85

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
243	5.5	0.3199	0.3235	0.3209	0.3214	0.0019	0.58
244	5.5	0.1317	0.1350	0.1330	0.1332	0.0017	1.25
245	5.5	0.2975	0.3004	0.2896	0.2958	0.0056	1.89
246	5.5	0.0826	0.0790	0.0820	0.0812	0.0019	2.38
247	5.5	0.7047	0.6738	0.7094	0.6960	0.0193	2.78
248	5.5	0.1366	0.1337	0.1414	0.1372	0.0039	2.83
249	5.5	0.0972	0.0999	0.1033	0.1001	0.0031	3.05
250	5.5	0.0698	0.0750	0.0742	0.0730	0.0028	3.84
251	5.5	0.1300	0.1397	0.1406	0.1368	0.0059	4.30
252	5.5	0.0740	0.0749	0.0689	0.0726	0.0032	4.46
253	5.5	0.1148	0.1077	0.1175	0.1133	0.0051	4.47
254	5.5	0.0642	0.0683	0.0623	0.0649	0.0031	4.72
255	5.5	0.1876	0.2067	0.1975	0.1973	0.0096	4.84
256	5.5	0.3635	0.3408	0.3288	0.3444	0.0176	5.12
257	5.5	0.1121	0.1126	0.1229	0.1159	0.0061	5.26
258	5.5	0.0721	0.0733	0.0799	0.0751	0.0042	5.59
259	5.5	2.1794	2.4319	2.4226	2.3446	0.1432	6.11
260	5.5	0.0568	0.0607	0.0661	0.0612	0.0047	7.63
261	5.5	1.4004	1.5454	1.3181	1.4213	0.1151	8.10
262	5.5	0.1010	0.1181	0.1057	0.1083	0.0088	8.16
263	5.5	0.0686	0.0792	0.0804	0.0761	0.0065	8.54
264	5.5	0.0755	0.0631	0.0654	0.0680	0.0066	9.70

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
265	5.6	0.0825	0.0835	0.0829	0.0830	0.0005	0.61
266	5.6	0.9530	0.9357	0.9595	0.9494	0.0123	1.30
267	5.6	0.0970	0.0988	0.0995	0.0984	0.0013	1.31
268	5.6	0.1483	0.1515	0.1522	0.1507	0.0021	1.38
269	5.6	0.1241	0.1274	0.1270	0.1262	0.0018	1.43
270	5.6	0.2367	0.2315	0.2290	0.2324	0.0039	1.69
271	5.6	0.1573	0.1601	0.1544	0.1573	0.0029	1.81
272	5.6	0.0845	0.0888	0.0882	0.0872	0.0023	2.67
273	5.6	0.6485	0.6861	0.6762	0.6703	0.0195	2.91
274	5.6	0.0638	0.0624	0.0672	0.0645	0.0025	3.83
275	5.6	0.0956	0.1041	0.0968	0.0988	0.0046	4.65
276	5.6	2.1294	2.3311	2.0960	2.1855	0.1272	5.82
277	5.6	0.0310	0.0314	0.0356	0.0327	0.0025	7.80
278	5.6	0.5502	0.5165	0.6274	0.5647	0.0569	10.07*
279	5.6	0.0350	0.0391	0.0439	0.0393	0.0045	11.33*
280	5.6	0.0379	0.0310	0.0415	0.0368	0.0053	14.50*
281	5.7	0.0985	0.0992	0.0968	0.0982	0.0012	1.26
282	5.7	0.1159	0.1187	0.1227	0.1191	0.0034	2.87
283	5.7	0.0535	0.0542	0.0505	0.0527	0.0020	3.73
284	5.7	1.2021	1.1271	1.1201	1.1498	0.0455	3.95
285	5.7	0.1264	0.1136	0.1260	0.1220	0.0073	5.97
286	5.7	1.6620	1.6111	1.4495	1.5742	0.1110	7.05

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
287	5.7	0.0439	0.0499	0.0535	0.0491	0.0048	9.88
288	5.8	2.1922	2.1984	2.0791	2.1566	0.0672	3.11
289	5.8	0.7382	0.6956	0.6967	0.7102	0.0243	3.42
290	5.8	0.1195	0.1225	0.1280	0.1233	0.0043	3.50
291	5.8	0.2102	0.2254	0.2211	0.2189	0.0078	3.58
292	5.8	0.5207	0.5360	0.5628	0.5398	0.0213	3.95
293	5.8	0.0997	0.1063	0.1074	0.1045	0.0042	3.99
294	5.8	2.1468	2.2616	2.5145	2.3076	0.1881	8.15
295	5.8	0.5519	0.5322	0.6332	0.5724	0.0535	9.35
296	5.8	0.2367	0.2773	0.2964	0.2701	0.0305	11.29*
297	5.8	0.0253	0.0322	0.0308	0.0294	0.0036	12.39*
298	5.8	0.1838	0.2014	0.1981	0.1944	0.0094	4.81
299	5.8	1.2720	1.4578	1.5167	1.4155	0.1277	9.02
300	5.8	0.0604	0.0621	0.0626	0.0617	0.0012	1.87
301	5.8	0.2889	0.3028	0.2751	0.2889	0.0139	4.79
302	5.9	0.1042	0.1076	0.1052	0.1057	0.0017	1.65
303	5.9	0.2093	0.2162	0.2171	0.2142	0.0043	1.99
304	5.9	1.2175	1.2053	1.2527	1.2252	0.0246	2.01
305	5.9	0.0824	0.0792	0.0788	0.0801	0.0020	2.46
306	5.9	0.8029	0.7880	0.8277	0.8062	0.0201	2.49
307	5.9	0.2368	0.2474	0.2529	0.2457	0.0082	3.33
308	5.9	0.0341	0.0364	0.0345	0.0350	0.0012	3.51

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
309	5.9	0.0369	0.0347	0.0371	0.0362	0.0013	3.68
310	5.9	0.0334	0.0358	0.0336	0.0343	0.0013	3.89
311	5.9	0.1555	0.1649	0.1686	0.1630	0.0068	4.14
312	5.9	0.2921	0.3084	0.3176	0.3060	0.0129	4.22
313	5.9	0.7876	0.7065	0.6956	0.7299	0.0503	6.89
314	5.9	0.3500	0.3984	0.3975	0.3820	0.0277	7.25
315	5.9	0.3079	0.3238	0.3607	0.3308	0.0271	8.19
316	5.9	0.0326	0.0382	0.0338	0.0349	0.0029	8.46
317	5.9	0.8062	0.7837	0.9217	0.8372	0.0740	8.84
318	5.9	1.7878	1.7587	1.4973	1.6813	0.1600	9.52
319	5.9	0.0305	0.0351	0.0380	0.0345	0.0038	10.95*
320	5.9	0.0274	0.0341	0.0288	0.0301	0.0035	11.74*
321	5.9	2.1449	1.9031	1.6617	1.9032	0.2416	12.69*
322	6.0	0.1531	0.1524	0.1546	0.1534	0.0011	0.73
323	6.0	0.4783	0.4725	0.4609	0.4706	0.0089	1.88
324	6.0	0.0988	0.1008	0.1027	0.1008	0.0020	1.94
325	6.0	0.6740	0.6501	0.6535	0.6592	0.0129	1.96
326	6.0	0.1530	0.1471	0.1509	0.1503	0.0030	1.99
327	6.0	0.6403	0.6158	0.6087	0.6216	0.0166	2.67
328	5.9	0.0769	0.0801	0.0824	0.0798	0.0028	3.46
329	6.0	0.1921	0.1784	0.1882	0.1862	0.0071	3.79
330	6.0	0.1963	0.1900	0.2081	0.1981	0.0092	4.64

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
331	6.0	0.2992	0.2714	0.2961	0.2889	0.0152	5.27
332	6.0	0.0583	0.0539	0.0597	0.0573	0.0030	5.28
333	6.0	1.5718	1.7616	1.6762	1.6699	0.0951	5.69
334	6.0	1.6137	1.4464	1.5816	1.5472	0.0888	5.74
335	6.0	0.5381	0.4632	0.5172	0.5062	0.0386	7.64
336	6.0	0.0417	0.0354	0.0379	0.0383	0.0032	8.28
337	6.0	0.0320	0.0384	0.0354	0.0353	0.0032	9.08
338	6.0	0.0353	0.0414	0.0450	0.0406	0.0049	12.09*
339	6.0	0.0320	0.0269	0.0246	0.0278	0.0038	13.61*
340	6.1	0.1370	0.1396	0.1353	0.1373	0.0022	1.58
341	6.1	0.0864	0.0895	0.0871	0.0877	0.0016	1.85
342	6.1	1.0023	0.9970	1.0350	1.0114	0.0206	2.03
343	6.1	1.1711	1.1427	1.1979	1.1706	0.0276	2.36
344	6.1	0.0296	0.0303	0.0288	0.0296	0.0008	2.54
345	6.1	0.0991	0.1014	0.1047	0.1017	0.0028	2.77
346	6.1	1.2336	1.2037	1.2788	1.2387	0.0378	3.05
347	6.1	0.0877	0.0880	0.0928	0.0895	0.0029	3.20
348	6.1	1.7158	1.6061	1.6545	1.6588	0.0550	3.31
349	6.1	0.4198	0.4462	0.4465	0.4375	0.0153	3.50
350	6.1	0.0647	0.0659	0.0614	0.0640	0.0023	3.64
351	6.1	0.0582	0.0560	0.0604	0.0582	0.0022	3.78
352	6.1	1.1450	1.0616	1.0854	1.0973	0.0430	3.92

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
353	6.1	0.1116	0.1042	0.1135	0.1098	0.0049	4.48
354	6.1	1.0242	0.9200	0.9866	0.9769	0.0528	5.40
355	6.1	1.0673	0.9722	1.0817	1.0404	0.0595	5.72
356	6.1	0.3495	0.3112	0.3241	0.3283	0.0195	5.94
357	6.1	0.9788	1.0449	0.9061	0.9766	0.0694	7.11
358	6.1	1.6589	1.5237	1.4384	1.5403	0.1112	7.22
359	6.1	0.1264	0.1315	0.1463	0.1347	0.0103	7.67
360	6.1	0.1949	0.2201	0.2260	0.2137	0.0165	7.73
361	6.1	1.7350	1.5069	1.5275	1.5898	0.1262	7.94
362	6.1	0.2511	0.2790	0.2983	0.2761	0.0237	8.59
363	6.1	0.0581	0.0587	0.0501	0.0556	0.0048	8.63
364	6.1	0.0434	0.0370	0.0377	0.0394	0.0035	8.92
365	6.1	0.0477	0.0487	0.0574	0.0513	0.0053	10.41*
366	6.1	2.3546	1.9278	1.9816	2.0880	0.2324	11.13*
367	6.1	0.0428	0.0549	0.0524	0.0500	0.0064	12.77*
368	6.2	0.0987	0.0961	0.1000	0.0983	0.0020	2.02
369	6.2	0.1466	0.1404	0.1416	0.1429	0.0033	2.30
370	6.2	0.1087	0.1095	0.1155	0.1112	0.0037	3.34
371	6.2	0.7016	0.7246	0.7506	0.7256	0.0245	3.38
372	6.2	1.9102	1.8424	1.7790	1.8439	0.0656	3.56
373	6.2	0.0746	0.0797	0.0795	0.0779	0.0029	3.71
374	6.2	0.7209	0.6705	0.7131	0.7015	0.0271	3.87

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
375	6.2	1.0266	0.9888	1.0727	1.0294	0.0420	4.08
376	6.2	0.0743	0.0679	0.0735	0.0719	0.0035	4.85
377	6.2	0.8817	0.8078	0.8825	0.8573	0.0429	5.00
378	6.2	0.0424	0.0432	0.0469	0.0442	0.0024	5.44
379	6.2	1.9100	1.7102	1.7780	1.7994	0.1016	5.65
380	6.2	0.7654	0.8039	0.8576	0.8090	0.0463	5.72
381	6.2	0.1080	0.1196	0.1235	0.1170	0.0081	6.89
382	6.2	0.0418	0.0360	0.0395	0.0391	0.0029	7.47
383	6.2	0.1165	0.1143	0.1310	0.1206	0.0091	7.52
384	6.2	1.8640	1.5682	1.9362	1.7895	0.1950	10.90*
385	6.2	0.0427	0.0325	0.0396	0.0383	0.0052	13.66*
386	6.3	0.3519	0.3460	0.3510	0.3496	0.0032	0.91
387	6.3	0.4164	0.4311	0.4278	0.4251	0.0077	1.81
388	6.3	0.1884	0.1870	0.1797	0.1850	0.0047	2.52
389	6.3	0.0641	0.0678	0.0664	0.0661	0.0019	2.83
390	6.3	1.4745	1.3964	1.4572	1.4427	0.0410	2.84
391	6.3	1.5494	1.5256	1.6155	1.5635	0.0466	2.98
392	6.3	0.1282	0.1212	0.1220	0.1238	0.0038	3.09
393	6.3	2.0842	2.0542	2.1992	2.1125	0.0765	3.62
394	6.3	0.0876	0.0938	0.0931	0.0915	0.0034	3.71
395	6.3	0.1889	0.1778	0.1918	0.1862	0.0074	3.97
396	6.3	1.5923	1.4687	1.5623	1.5411	0.0645	4.18

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
397	6.3	0.0555	0.0505	0.0545	0.0535	0.0026	4.95
398	6.3	0.0570	0.0539	0.0597	0.0569	0.0029	5.10
399	6.3	0.2188	0.1980	0.2046	0.2071	0.0106	5.13
400	6.3	0.0447	0.0500	0.0491	0.0479	0.0028	5.92
401	6.3	1.5309	1.3735	1.5298	1.4781	0.0906	6.13
402	6.3	1.8338	1.9393	2.0780	1.9504	0.1225	6.28
403	6.3	0.0850	0.0922	0.0964	0.0912	0.0058	6.32
404	6.3	0.3447	0.3710	0.3917	0.3691	0.0236	6.38
405	6.3	0.0461	0.0492	0.0524	0.0492	0.0032	6.40
406	6.3	0.0403	0.0409	0.0362	0.0391	0.0026	6.54
407	6.3	1.4068	1.2271	1.3051	1.3130	0.0901	6.86
408	6.3	0.0442	0.0499	0.0516	0.0486	0.0039	7.98
409	6.3	1.9670	1.8210	1.5154	1.7678	0.2305	13.04*
410	6.4	1.2745	1.2607	1.2653	1.2668	0.0070	0.55
411	6.4	0.4929	0.5006	0.5001	0.4979	0.0043	0.87
412	6.4	0.2131	0.2120	0.2159	0.2137	0.0020	0.94
413	6.4	1.2018	1.1855	1.1409	1.1761	0.0315	2.68
414	6.4	1.1302	1.0861	1.0742	1.0968	0.0295	2.69
415	6.4	0.2843	0.2932	0.3006	0.2927	0.0082	2.79
416	6.4	0.9197	0.8909	0.8689	0.8932	0.0255	2.85
417	6.4	0.1575	0.1642	0.1537	0.1585	0.0053	3.35
418	6.4	0.8243	0.7706	0.7792	0.7914	0.0288	3.64

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
419	6.4	0.6248	0.5875	0.6444	0.6189	0.0289	4.67
420	6.4	1.3100	1.4453	1.3634	1.3729	0.0681	4.96
421	6.4	0.1547	0.1720	0.1596	0.1621	0.0089	5.50
422	6.4	0.1573	0.1733	0.1739	0.1682	0.0094	5.60
423	6.4	1.4200	1.3523	1.5150	1.4291	0.0817	5.72
424	6.4	0.2304	0.2327	0.2594	0.2408	0.0161	6.69
425	6.4	1.0448	1.1802	1.1808	1.1353	0.0783	6.90
426	6.4	0.5312	0.6093	0.6000	0.5802	0.0427	7.35
427	6.4	0.5644	0.6445	0.6423	0.6171	0.0456	7.39
428	6.4	1.8648	1.8285	2.1340	1.9424	0.1669	8.59
429	6.4	0.0574	0.0662	0.0701	0.0646	0.0065	10.08*
430	6.5	0.1687	0.1703	0.1696	0.1695	0.0008	0.47
431	6.5	0.9541	0.9526	0.9669	0.9579	0.0079	0.82
432	6.5	0.5997	0.5871	0.5809	0.5892	0.0096	1.63
433	6.5	1.5534	1.5882	1.6180	1.5865	0.0323	2.04
434	6.5	0.2684	0.2672	0.2583	0.2646	0.0055	2.08
435	6.5	0.0912	0.0881	0.0871	0.0888	0.0021	2.41
436	6.5	0.5189	0.4918	0.5136	0.5081	0.0144	2.83
437	6.5	0.4160	0.4429	0.4314	0.4301	0.0135	3.14
438	6.5	0.6986	0.6501	0.6656	0.6714	0.0248	3.69
439	6.5	1.5089	1.5910	1.6359	1.5786	0.0644	4.08
440	6.5	0.5235	0.5317	0.5810	0.5454	0.0311	5.70

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
441	6.5	1.4087	1.3650	1.5279	1.4339	0.0843	5.88
442	6.5	0.8505	0.8457	0.9471	0.8811	0.0572	6.49
443	6.5	0.0609	0.0531	0.0586	0.0575	0.0040	6.97
444	6.5	1.1689	1.3252	1.3204	1.2715	0.0889	6.99
445	6.5	1.3017	1.4123	1.5048	1.4063	0.1017	7.23
446	6.5	1.2291	1.1113	1.0672	1.1359	0.0837	7.37
447	6.5	0.1283	0.1335	0.1492	0.1370	0.0109	7.94
448	6.5	0.4921	0.5002	0.4237	0.4720	0.0420	8.90
449	6.5	0.9283	0.7848	0.9118	0.8750	0.0785	8.97
450	6.5	1.8243	1.4880	1.8135	1.7086	0.1911	11.19*
451	6.5	1.1624	1.0466	0.9056	1.0382	0.1286	12.39*
452	6.6	0.5153	0.5232	0.5152	0.5179	0.0046	0.89
453	6.6	0.3299	0.3380	0.3363	0.3347	0.0043	1.28
454	6.6	0.4211	0.4331	0.4349	0.4297	0.0075	1.75
455	6.6	0.1504	0.1500	0.1549	0.1518	0.0027	1.79
456	6.6	0.2068	0.1978	0.2066	0.2037	0.0051	2.52
457	6.6	0.3369	0.3186	0.3412	0.3322	0.0120	3.61
458	6.6	0.3358	0.3234	0.3483	0.3358	0.0125	3.71
459	6.6	0.5574	0.5823	0.5406	0.5601	0.0210	3.75
460	6.6	0.5205	0.5391	0.5648	0.5415	0.0222	4.11
461	6.6	2.5190	2.3645	2.5684	2.4840	0.1064	4.28
462	6.6	0.4805	0.5234	0.5203	0.5081	0.0239	4.71

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
463	6.6	0.4299	0.4093	0.3910	0.4101	0.0195	4.75
464	6.6	0.1053	0.1162	0.1093	0.1103	0.0055	5.00
465	6.6	1.6801	1.7649	1.8579	1.7676	0.0889	5.03
466	6.6	0.5530	0.5127	0.5036	0.5231	0.0263	5.03
467	6.6	0.6589	0.6058	0.6755	0.6467	0.0364	5.63
468	6.6	0.9551	0.8497	0.8941	0.8996	0.0529	5.88
469	6.6	0.5833	0.5308	0.5236	0.5459	0.0326	5.97
470	6.6	0.7638	0.7045	0.7942	0.7542	0.0456	6.05
471	6.6	0.6474	0.7439	0.7115	0.7009	0.0491	7.01
472	6.7	0.0903	0.0902	0.0898	0.0901	0.0003	0.29
473	6.7	0.6032	0.5977	0.5949	0.5986	0.0042	0.71
474	6.7	0.1773	0.1807	0.1756	0.1779	0.0026	1.46
475	6.7	0.3535	0.3426	0.3456	0.3472	0.0056	1.62
476	6.7	0.1410	0.1370	0.1416	0.1399	0.0025	1.79
477	6.7	1.2293	1.2024	1.1820	1.2046	0.0237	1.97
478	6.7	0.2605	0.2499	0.2521	0.2542	0.0056	2.20
479	6.7	0.2165	0.2255	0.2251	0.2224	0.0051	2.29
480	6.7	0.2272	0.2314	0.2398	0.2328	0.0064	2.76
481	6.7	0.4828	0.5151	0.4907	0.4962	0.0168	3.39
482	6.7	0.0375	0.0364	0.0349	0.0363	0.0013	3.60
483	6.7	0.0904	0.0892	0.0960	0.0919	0.0036	3.95
484	6.7	2.1876	2.0935	2.0208	2.1006	0.0836	3.98

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
485	6.7	0.8291	0.7938	0.8632	0.8287	0.0347	4.19
486	6.7	0.7092	0.6815	0.7432	0.7113	0.0309	4.34
487	6.7	1.8472	2.0166	1.8991	1.9210	0.0868	4.52
488	6.7	0.9705	1.0565	1.0606	1.0292	0.0509	4.94
489	6.7	1.9176	1.7357	1.9535	1.8689	0.1168	6.25
490	6.7	0.0423	0.0376	0.0452	0.0417	0.0038	9.20
491	6.8	0.4227	0.4146	0.4219	0.4197	0.0045	1.06
492	6.8	0.1678	0.1637	0.1688	0.1668	0.0027	1.62
493	6.8	0.2097	0.2054	0.2129	0.2093	0.0038	1.80
494	6.8	0.0532	0.0513	0.0540	0.0528	0.0014	2.62
495	6.8	0.0636	0.0611	0.0645	0.0631	0.0018	2.79
496	6.8	0.1640	0.1736	0.1705	0.1694	0.0049	2.89
497	6.8	0.2920	0.2979	0.3102	0.3000	0.0093	3.09
498	6.8	0.1576	0.1501	0.1485	0.1521	0.0049	3.19
499	6.8	0.1931	0.2012	0.1865	0.1936	0.0074	3.80
500	6.8	0.8075	0.7775	0.7478	0.7776	0.0299	3.84
501	6.8	0.2031	0.1973	0.2134	0.2046	0.0082	3.99
502	6.8	0.3725	0.3998	0.4147	0.3957	0.0214	5.41
503	6.8	0.3355	0.3426	0.3745	0.3509	0.0208	5.92
504	6.8	0.0266	0.0245	0.0237	0.0249	0.0015	6.01
505	6.8	0.0381	0.0343	0.0384	0.0369	0.0023	6.19
506	6.8	0.1346	0.1181	0.1159	0.1229	0.0102	8.32

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
507	6.8	0.7465	0.7853	0.8973	0.8097	0.0783	9.67
508	6.9	0.2644	0.2629	0.2663	0.2645	0.0017	0.64
509	6.9	0.7294	0.7281	0.7069	0.7215	0.0126	1.75
510	6.9	0.3036	0.3136	0.3166	0.3113	0.0068	2.19
511	6.9	0.1759	0.1793	0.1716	0.1756	0.0039	2.20
512	6.9	0.1024	0.1118	0.1033	0.1058	0.0052	4.90
513	6.9	0.0302	0.0273	0.0289	0.0288	0.0015	5.04
514	6.9	0.0909	0.1019	0.0959	0.0962	0.0055	5.72
515	6.9	0.0513	0.0515	0.0571	0.0533	0.0033	6.18
516	7.0	0.3059	0.3013	0.3054	0.3042	0.0025	0.83
517	7.0	0.3206	0.3137	0.3199	0.3181	0.0038	1.19
518	7.0	0.3933	0.4043	0.4021	0.3999	0.0058	1.46
519	7.0	0.1711	0.1657	0.1667	0.1678	0.0029	1.71
520	7.0	0.2959	0.3031	0.3062	0.3017	0.0053	1.75
521	7.0	0.3352	0.3238	0.3197	0.3262	0.0080	2.46
522	7.0	0.0483	0.0502	0.0457	0.0481	0.0023	4.70
523	7.0	0.1131	0.1117	0.1033	0.1094	0.0053	4.85
524	7.0	0.0355	0.0320	0.0311	0.0329	0.0023	7.07
525	7.0	1.4484	1.2425	1.3153	1.3354	0.1044	7.82
526	7.1	0.3245	0.3222	0.3124	0.3197	0.0064	2.01
527	7.1	0.1754	0.1673	0.1706	0.1711	0.0041	2.38
528	7.1	0.1808	0.1870	0.1903	0.1860	0.0048	2.59

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
529	7.1	0.9343	0.9564	1.0216	0.9708	0.0454	4.68
530	7.1	1.2701	1.1829	1.2978	1.2503	0.0600	4.80
531	7.1	0.0680	0.0691	0.0751	0.0707	0.0038	5.40
532	7.1	0.0899	0.0998	0.0995	0.0964	0.0056	5.84
533	7.1	0.0467	0.0460	0.0530	0.0486	0.0039	7.94
534	7.1	0.0293	0.0326	0.0348	0.0322	0.0028	8.59
535	7.1	0.0316	0.0266	0.0289	0.0290	0.0025	8.62
536	7.1	0.0330	0.0261	0.0324	0.0305	0.0038	12.53*
537	7.2	0.2271	0.2243	0.2245	0.2253	0.0016	0.69
538	7.2	0.3367	0.3433	0.3315	0.3372	0.0059	1.75
539	7.2	1.7675	1.6712	1.6780	1.7056	0.0537	3.15
540	7.2	1.2386	1.2807	1.1854	1.2349	0.0478	3.87
541	7.2	0.3224	0.3556	0.3498	0.3426	0.0177	5.18
542	7.2	0.4983	0.5405	0.4890	0.5093	0.0274	5.39
543	7.2	0.1095	0.1188	0.1228	0.1170	0.0068	5.83
544	7.2	1.8528	1.7646	2.0008	1.8727	0.1194	6.37
545	7.2	1.1455	1.1260	1.2708	1.1808	0.0786	6.65
546	7.2	0.0294	0.0289	0.0328	0.0304	0.0021	6.99
547	7.2	0.0372	0.0323	0.0324	0.0340	0.0028	8.25
548	7.3	0.3122	0.3103	0.3131	0.3119	0.0014	0.46
549	7.3	0.3502	0.3375	0.3464	0.3447	0.0065	1.89
550	7.3	0.0667	0.0687	0.0694	0.0683	0.0014	2.05

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
551	7.3	0.0445	0.0449	0.0466	0.0453	0.0011	2.46
552	7.3	0.0898	0.0874	0.0926	0.0899	0.0026	2.89
553	7.3	2.2953	2.1619	2.2759	2.2444	0.0721	3.21
554	7.3	0.2038	0.1880	0.1942	0.1953	0.0080	4.08
555	7.3	2.3935	2.1919	2.3565	2.3140	0.1073	4.64
556	7.3	0.3173	0.3462	0.3224	0.3286	0.0154	4.69
557	7.3	0.1196	0.1164	0.1295	0.1218	0.0068	5.61
558	7.3	0.0915	0.0971	0.1040	0.0975	0.0063	6.42
559	7.3	1.1475	1.0132	1.1820	1.1142	0.0892	8.00
560	7.4	0.1107	0.1078	0.1067	0.1084	0.0021	1.91
561	7.4	0.2758	0.2839	0.2882	0.2826	0.0063	2.23
562	7.4	0.4811	0.5018	0.4831	0.4887	0.0114	2.34
563	7.4	0.2851	0.2948	0.3053	0.2951	0.0101	3.42
564	7.4	0.0809	0.0865	0.0863	0.0846	0.0032	3.76
565	7.4	0.3522	0.3764	0.3777	0.3688	0.0144	3.89
566	7.4	0.0728	0.0789	0.0717	0.0745	0.0039	5.21
567	7.5	0.3534	0.3610	0.3736	0.3627	0.0102	2.81
568	7.5	0.7130	0.6839	0.7245	0.7071	0.0209	2.96
569	7.5	0.8887	0.8722	0.8274	0.8628	0.0317	3.68
570	7.6	1.1874	1.1703	1.2124	1.1900	0.0212	1.78
571	7.6	0.3773	0.3595	0.3757	0.3708	0.0098	2.66
572	7.6	0.5692	0.6026	0.5862	0.5860	0.0167	2.85

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
573	7.6	0.6585	0.6507	0.6107	0.6400	0.0256	4.01
574	7.7	0.1388	0.1353	0.1374	0.1372	0.0018	1.28
575	7.7	0.7414	0.7311	0.7576	0.7434	0.0134	1.80
576	7.7	0.9570	0.9511	0.9193	0.9425	0.0203	2.15
577	7.7	0.1040	0.1017	0.1074	0.1044	0.0029	2.75
578	7.7	0.0571	0.0602	0.0614	0.0596	0.0022	3.73
579	7.7	0.8445	0.7743	0.7675	0.7954	0.0426	5.36
580	7.7	0.0404	0.0427	0.0478	0.0436	0.0038	8.68
581	7.7	0.0299	0.0333	0.0356	0.0329	0.0029	8.71
582	7.7	0.0399	0.0463	0.0484	0.0449	0.0044	9.87
583	7.9	0.8486	0.8363	0.8413	0.8421	0.0062	0.73
584	7.8	0.1549	0.1504	0.1552	0.1535	0.0027	1.75
585	7.8	0.4388	0.4290	0.4207	0.4295	0.0091	2.11
586	7.8	0.0611	0.0662	0.0660	0.0644	0.0029	4.48
587	7.8	0.1047	0.1088	0.1158	0.1098	0.0056	5.11
588	7.8	0.6506	0.6059	0.6320	0.6295	0.0225	3.57
589	7.9	0.5954	0.6095	0.5821	0.5957	0.0137	2.30
590	7.9	0.0582	0.0569	0.0596	0.0582	0.0014	2.32
591	7.9	0.1071	0.1082	0.1127	0.1093	0.0030	2.71
592	7.9	0.1049	0.1070	0.1130	0.1083	0.0042	3.88
593	7.9	0.0540	0.0598	0.0589	0.0576	0.0031	5.42
594	7.9	0.0808	0.0811	0.0723	0.0781	0.0050	6.40

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
595	7.9	0.1062	0.1092	0.1201	0.1118	0.0073	6.54
596	8.0	0.0650	0.0671	0.0658	0.0660	0.0011	1.61
597	8.0	0.0703	0.0727	0.0715	0.0715	0.0012	1.68
598	8.0	0.1530	0.1533	0.1579	0.1547	0.0027	1.77
599	8.0	0.0314	0.0327	0.0327	0.0323	0.0008	2.33
600	8.0	0.1154	0.1124	0.1196	0.1158	0.0036	3.12
601	8.0	0.0985	0.1051	0.1056	0.1031	0.0040	3.84
602	8.0	0.0497	0.0490	0.0528	0.0505	0.0020	4.00
603	8.0	0.1096	0.1171	0.1196	0.1154	0.0052	4.51
604	8.0	0.0784	0.0828	0.0756	0.0789	0.0036	4.60
605	8.0	1.1283	1.1133	1.0328	1.0915	0.0514	4.71
606	8.0	0.1493	0.1601	0.1460	0.1518	0.0074	4.86
607	8.0	0.0471	0.0493	0.0519	0.0494	0.0024	4.86
608	8.0	0.0838	0.0884	0.0792	0.0838	0.0046	5.49
609	8.0	0.0703	0.0773	0.0796	0.0757	0.0048	6.40
610	8.0	0.0413	0.0460	0.0465	0.0446	0.0029	6.43
611	8.0	0.0513	0.0520	0.0588	0.0540	0.0041	7.67
612	8.0	0.0460	0.0469	0.0545	0.0491	0.0047	9.50
613	8.1	0.2628	0.2685	0.2705	0.2673	0.0040	1.49
614	8.1	0.1005	0.1024	0.1038	0.1022	0.0017	1.62
615	8.1	0.4263	0.4201	0.4346	0.4270	0.0073	1.70
616	8.1	0.2905	0.3001	0.3017	0.2974	0.0061	2.04

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินจากสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
617	8.1	0.1924	0.1982	0.2010	0.1972	0.0044	2.22
618	8.1	1.1753	1.1299	1.1923	1.1658	0.0323	2.77
619	8.1	0.2452	0.2307	0.2341	0.2367	0.0076	3.20
620	8.1	0.0928	0.0904	0.0973	0.0935	0.0035	3.75
621	8.1	0.1152	0.1239	0.1160	0.1184	0.0048	4.06
622	8.1	0.3104	0.2944	0.3213	0.3087	0.0135	4.38
623	8.1	0.1075	0.1123	0.1196	0.1131	0.0061	5.39
624	8.1	0.0527	0.0563	0.0587	0.0559	0.0030	5.40
625	8.1	0.1195	0.1228	0.1348	0.1257	0.0081	6.41
626	8.2	0.2464	0.2581	0.2483	0.2509	0.0063	2.50
627	8.2	0.0983	0.0940	0.1045	0.0989	0.0053	5.34
628	8.4	0.1780	0.1765	0.1835	0.1793	0.0037	2.06
629	8.4	0.1129	0.1082	0.1145	0.1119	0.0033	2.93
630	8.4	0.3425	0.3734	0.3599	0.3586	0.0155	4.32

หมายเหตุ * หมายถึง ตัวอย่างที่มีค่า %RSD \geq 10

ตารางผนวกที่ 9 ผลการทดสอบความใช้ได้ของการวิเคราะห์ไนเตรทในดิน แยกตามช่วง pH ของตัวอย่างดิน 630 ตัวอย่าง

ช่วง pH	จำนวน ตัวอย่าง	%RSD < 10		%RSD ≥ 10	
		จน.ตัวอย่าง	คิดเป็น %	จน.ตัวอย่าง	คิดเป็น %
3.5 - 4.5	45	43	6.8	2	0.3
4.6 - 5.0	123	120	19.0	3	0.5
5.1 - 5.5	96	89	14.1	7	1.1
5.6 - 6.0	75	65	10.3	10	1.6
6.1 - 6.5	112	103	16.3	9	1.4
6.6 - 7.3	108	107	17.0	1	0.2
7.4 - 7.8	28	28	4.4	0	0.0
7.9 - 8.4	43	43	6.8	0	0.0
รวม	630	598	94.9	32	5.1

หมายเหตุ % คิดจากตัวอย่างทั้งหมด 630 ตัวอย่าง

ตารางผนวกที่ 10 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเทียบสปีมาตรฐานไนเตรท

การ ทดสอบ ครั้งที่	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)							
	สารละลายเทียบสปีมาตรฐานไนเตรท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)							
	1	10	11	20	21	30	31	50
1	0.0621	0.5370	0.5910	1.1501	1.1965	1.6702	1.7043	2.6145
2	0.0628	0.5386	0.5944	1.1592	1.2045	1.6740	1.7086	2.6482
3	0.0628	0.5395	0.5949	1.1635	1.2150	1.6765	1.7088	2.6536
4	0.0632	0.5434	0.5951	1.1658	1.2155	1.6780	1.7115	2.6920
5	0.0633	0.5464	0.5966	1.1597	1.2213	1.6781	1.7155	2.6933
ค่าเฉลี่ย	0.06	0.54	0.59	1.16	1.21	1.68	1.71	2.66
ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.0005	0.004	0.002	0.006	0.010	0.003	0.004	0.033

ตารางผนวกที่ 11 ระดับไนโตรเจนในรูปไนเตรทในดิน

ระดับ	NO ₃ -N (mg/kg)
VL (ต่ำมาก)	<1
L (ต่ำ)	1 – 10
M (ปานกลาง)	11 – 20
H (สูง)	21 – 30
VH (สูงมาก)	31 – 50

ที่มา : ดัดแปลงจาก เสาวรัช, 2557

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลาย เทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
1	4.4	11-20	20.10	Accept
2	4.4	21-30	26.74	Accept
3	4.5	11-20	19.70	Accept
4	4.5	11-20	16.47	Accept
5	4.5	11-20	11.32	Accept
6	4.5	11-20	8.68	No accept
7	4.5	21-30	29.14	Accept
8	4.6	11-20	14.31	Accept
9	4.6	11-20	12.10	Accept
10	4.6	11-20	17.43	Accept
11	4.6	11-20	13.41	Accept
12	4.6	11-20	13.80	Accept
13	4.6	11-20	16.45	Accept
14	4.6	11-20	19.47	Accept
15	4.6	11-20	20.67	Accept
16	4.6	11-20	16.73	Accept
17	4.7	11-20	12.40	Accept
18	4.7	0	1.00	No accept
19	4.7	1-10	8.61	Accept
20	4.7	1-10	10.60	Accept
21	4.7	1-10	4.53	Accept
22	4.7	11-20	14.02	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลาย เทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
23	4.7	11-20	17.00	Accept
24	4.7	11-20	12.92	Accept
25	4.7	11-20	14.70	Accept
26	4.7	11-20	17.73	Accept
27	4.7	11-20	19.91	Accept
28	4.7	21-30	21.30	Accept
29	4.7	21-30	26.75	Accept
30	4.7	21-30	27.01	Accept
31	4.8	1-10	9.67	Accept
32	4.8	1-10	9.91	Accept
33	4.8	1-10	10.70	Accept
34	4.8	1-10	6.91	Accept
35	4.8	1-10	5.49	Accept
36	4.8	11-20	11.39	Accept
37	4.8	11-20	16.03	Accept
38	4.8	11-20	11.59	Accept
39	4.8	11-20	18.92	Accept
40	4.8	11-20	15.70	Accept
41	4.9	0	0.86	Accept
42	4.9	0	0.81	Accept
43	4.9	0	0.82	Accept
44	4.9	0	0.86	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดินลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลายเทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
45	4.9	0	0.83	Accept
46	4.9	11-20	13.68	Accept
47	4.9	11-20	9.86	No accept
48	4.9	11-20	9.82	No accept
49	4.9	11-20	17.40	Accept
50	4.9	11-20	14.80	Accept
51	4.9	11-20	17.08	Accept
52	4.9	21-30	23.32	Accept
53	5.0	1-10	2.97	Accept
54	5.0	1-10	1.18	Accept
55	5.0	11-20	10.94	No accept
56	5.0	11-20	16.46	Accept
57	5.0	11-20	14.42	Accept
58	5.0	11-20	12.79	Accept
59	5.0	21-30	22.04	Accept
60	5.0	31-50	30.70	No accept
61	5.0	31-50	52.26	No accept
62	5.1	1-10	1.56	Accept
63	5.1	1-10	9.95	Accept
64	5.1	1-10	4.63	Accept
65	5.1	1-10	1.60	Accept
66	5.1	1-10	4.20	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลาย เทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
67	5.1	1-10	8.48	Accept
68	5.1	11-20	15.98	Accept
69	5.1	11-20	20.98	Accept
70	5.1	11-20	20.59	Accept
71	5.1	11-20	17.23	Accept
72	5.1	31-50	31.82	Accept
73	5.2	1-10	6.74	Accept
74	5.2	11-20	18.84	Accept
75	5.2	11-20	14.80	Accept
76	5.2	31-50	22.87	No accept
77	5.3	0	1.22	No accept
78	5.3	1-10	7.57	Accept
79	5.3	1-10	1.94	Accept
80	5.3	1-10	5.64	Accept
81	5.3	1-10	5.62	Accept
82	5.3	1-10	1.48	Accept
83	5.3	1-10	2.82	Accept
84	5.3	11-20	17.99	Accept
85	5.3	11-20	11.47	Accept
86	5.4	1-10	2.28	Accept
87	5.4	11-20	10.11	No accept
88	5.4	21-30	27.34	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดินลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลายเทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
89	5.5	1-10	4.41	Accept
90	5.5	1-10	1.99	Accept
91	5.5	1-10	1.26	Accept
92	5.5	1-10	1.29	Accept
93	5.5	1-10	5.43	Accept
94	5.5	1-10	1.63	Accept
95	5.5	1-10	2.01	Accept
96	5.5	11-20	11.67	Accept
97	5.5	21-30	27.02	Accept
98	5.5	31-50	38.76	Accept
99	5.6	0	0.67	Accept
100	5.6	1-10	3.77	Accept
101	5.6	1-10	6.40	Accept
102	5.6	11-20	15.07	Accept
103	5.6	31-50	47.83	Accept
104	5.7	21-30	28.51	Accept
105	5.7	11-20	13.85	Accept
106	5.8	0	0.71	Accept
107	5.8	1-10	1.93	Accept
108	5.8	1-10	3.82	Accept
109	5.8	1-10	2.96	Accept
110	5.8	11-20	8.64	No accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดินลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลายเทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
111	5.8	21-30	24.58	Accept
112	5.8	31-50	41.49	Accept
113	5.8	31-50	39.58	Accept
114	5.9	0	0.66	Accept
115	5.9	0	0.73	Accept
116	5.9	0	0.89	Accept
117	5.9	0	0.66	Accept
118	6.0	0	0.59	Accept
119	6.0	0	0.75	Accept
120	6.0	1-10	2.93	Accept
121	5.9	1-10	6.07	Accept
122	6.0	1-10	3.19	Accept
123	6.0	1-10	10.09	Accept
124	6.0	1-10	7.66	Accept
125	6.0	1-10	4.99	Accept
126	6.0	11-20	10.75	No accept
127	5.9	11-20	12.71	Accept
128	5.9	21-30	23.01	Accept
129	5.9	21-30	29.24	Accept
130	6.0	21-30	28.45	Accept
131	6.1	0	0.91	Accept
132	6.1	1-10	1.13	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดินลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลายเทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
133	6.1	1-10	5.78	Accept
134	6.1	11-20	20.92	Accept
135	6.1	11-20	20.12	Accept
136	6.1	11-20	14.90	Accept
137	6.1	11-20	19.98	Accept
138	6.1	21-30	35.93	No accept
139	6.1	21-30	27.80	Accept
140	6.1	21-30	26.30	Accept
141	6.1	21-30	21.46	Accept
142	6.1	31-50	32.52	Accept
143	6.2	1-10	2.16	Accept
144	6.2	1-10	1.24	Accept
145	6.2	1-10	12.97	No accept
146	6.2	1-10	1.85	Accept
147	6.2	1-10	2.24	Accept
148	6.2	11-20	14.31	Accept
149	6.2	11-20	16.03	Accept
150	6.2	11-20	12.47	Accept
151	6.2	21-30	31.81	No accept
152	6.2	21-30	33.15	No accept
153	6.3	1-10	2.81	Accept
154	6.3	1-10	5.47	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดินลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลายเทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
155	6.3	1-10	3.07	Accept
156	6.3	21-30	25.04	Accept
157	6.3	21-30	26.04	Accept
158	6.3	21-30	25.91	Accept
159	6.3	21-30	19.85	No accept
160	6.3	21-30	23.67	Accept
161	6.3	31-50	35.45	Accept
162	6.3	31-50	37.01	Accept
163	6.3	31-50	34.15	Accept
164	6.4	1-10	3.46	Accept
165	6.4	1-10	9.13	Accept
166	6.4	1-10	3.76	Accept
167	6.4	1-10	10.55	Accept
168	6.4	1-10	8.61	Accept
169	6.4	11-20	14.76	Accept
170	6.4	11-20	11.61	Accept
171	6.4	11-20	24.36	No accept
172	6.4	11-20	7.66	No accept
173	6.4	11-20	21.89	No accept
174	6.4	21-30	24.86	Accept
175	6.4	21-30	21.52	Accept
176	6.4	21-30	26.60	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลาย เทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
177	6.5	1-10	9.65	Accept
178	6.5	1-10	9.40	Accept
179	6.5	1-10	8.14	Accept
180	6.5	1-10	10.67	Accept
181	6.5	1-10	8.34	Accept
182	6.5	1-10	5.04	Accept
183	6.5	1-10	2.30	Accept
184	6.5	11-20	10.99	No accept
185	6.5	11-20	19.08	Accept
186	6.5	11-20	19.82	Accept
187	6.5	11-20	15.22	Accept
188	6.5	11-20	25.22	No accept
189	6.5	21-30	22.19	Accept
190	6.5	21-30	25.80	Accept
191	6.5	21-30	24.12	Accept
192	6.5	31-50	26.15	No accept
193	6.5	31-50	29.53	No accept
194	6.5	31-50	26.55	No accept
195	6.6	1-10	3.45	Accept
196	6.6	1-10	2.72	Accept
197	6.6	1-10	6.87	Accept
198	6.6	1-10	9.63	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดินลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลายเทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
199	6.6	1-10	9.84	Accept
200	6.6	1-10	11.47	No accept
201	6.6	1-10	7.20	Accept
202	6.6	1-10	9.22	Accept
203	6.6	1-10	5.54	Accept
204	6.6	1-10	9.56	Accept
205	6.6	1-10	6.34	Accept
206	6.6	1-10	5.83	Accept
207	6.6	11-20	12.16	Accept
208	6.6	11-20	9.55	No accept
209	6.6	11-20	13.22	Accept
210	6.6	11-20	16.33	Accept
211	6.6	21-30	25.12	Accept
212	6.7	1-10	4.54	Accept
213	6.7	1-10	8.59	Accept
214	6.7	1-10	12.36	No accept
215	6.7	1-10	4.13	Accept
216	6.7	1-10	10.80	Accept
217	6.7	1-10	2.47	Accept
218	6.7	1-10	3.35	Accept
219	6.7	1-10	4.26	Accept
220	6.7	11-20	20.21	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดินลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลายเทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
221	6.7	21-30	30.66	Accept
222	6.7	31-50	34.29	Accept
223	6.7	31-50	43.65	Accept
224	6.8	0	1.14	No accept
225	6.8	1-10	6.64	Accept
226	6.8	1-10	4.00	Accept
227	6.8	1-10	3.47	Accept
228	6.8	1-10	3.24	Accept
229	6.8	1-10	3.43	Accept
230	6.8	1-10	3.18	Accept
231	6.8	1-10	3.14	Accept
232	6.8	1-10	6.63	Accept
233	6.8	1-10	7.04	Accept
234	6.8	1-10	2.07	Accept
235	6.8	11-20	13.54	Accept
236	6.9	1-10	3.01	Accept
237	6.9	1-10	1.60	Accept
238	6.9	1-10	5.04	Accept
239	6.9	1-10	2.08	Accept
240	6.9	11-20	11.75	Accept
241	7.0	1-10	5.87	Accept
242	7.0	1-10	5.79	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลาย เทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
243	7.0	1-10	5.16	Accept
244	7.0	1-10	5.81	Accept
245	7.0	21-30	21.67	Accept
246	7.1	1-10	5.86	Accept
247	7.1	11-20	17.32	Accept
248	7.1	21-30	20.44	No accept
249	7.2	1-10	9.10	Accept
250	7.2	1-10	6.76	Accept
251	7.2	1-10	6.31	Accept
252	7.2	11-20	19.27	Accept
253	7.2	11-20	27.70	No accept
254	7.2	21-30	19.60	No accept
255	7.2	31-50	30.86	No accept
256	7.3	1-10	6.06	Accept
257	7.3	1-10	5.62	Accept
258	7.3	11-20	19.78	Accept
259	7.3	31-50	38.76	Accept
260	7.3	31-50	41.00	Accept
261	7.4	1-10	5.32	Accept
262	7.4	1-10	7.78	Accept
263	7.4	1-10	6.64	Accept
264	7.4	1-10	4.59	Accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่างดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลาย เทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
265	7.5	1-10	6.47	Accept
266	7.5	11-20	15.64	Accept
267	7.5	11-20	11.89	Accept
268	7.6	1-10	6.24	Accept
269	7.6	11-20	10.99	No accept
270	7.6	11-20	11.20	Accept
271	7.6	11-20	19.17	Accept
272	7.7	0	0.65	Accept
273	7.7	11-20	17.09	Accept
274	7.7	11-20	15.08	Accept
275	7.7	11-20	12.03	Accept
276	7.8	1-10	7.47	Accept
277	7.8	11-20	11.57	Accept
278	7.9	1-10	10.82	Accept
279	7.9	1-10	0.99	No accept
280	7.9	1-10	1.86	Accept
281	7.9	11-20	15.10	Accept
282	8.0	0	0.47	Accept
283	8.0	0	0.74	Accept
284	8.0	0	0.72	Accept
285	8.0	1-10	0.82	No accept
286	8.0	1-10	0.87	No accept

ตารางผนวกที่ 12 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดินด้วยสารละลายเทียบสีมาตรฐานกับเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง (ต่อ)

ตัวอย่าง ดิน ลำดับที่	pH 1:1 H ₂ O	สารละลาย เทียบสีมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อ่านด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	การยอมรับ
287	8.0	1-10	2.59	Accept
288	8.0	1-10	1.22	Accept
289	8.0	1-10	2.63	Accept
290	8.0	1-10	1.38	Accept
291	8.0	11-20	19.62	Accept
292	8.1	1-10	2.04	Accept
293	8.1	1-10	3.28	Accept
294	8.1	1-10	4.51	Accept
295	8.1	1-10	1.71	Accept
296	8.1	1-10	1.61	Accept
297	8.1	1-10	0.64	No accept
298	8.1	1-10	1.07	Accept
299	8.1	11-20	18.62	Accept
300	8.2	1-10	1.70	Accept

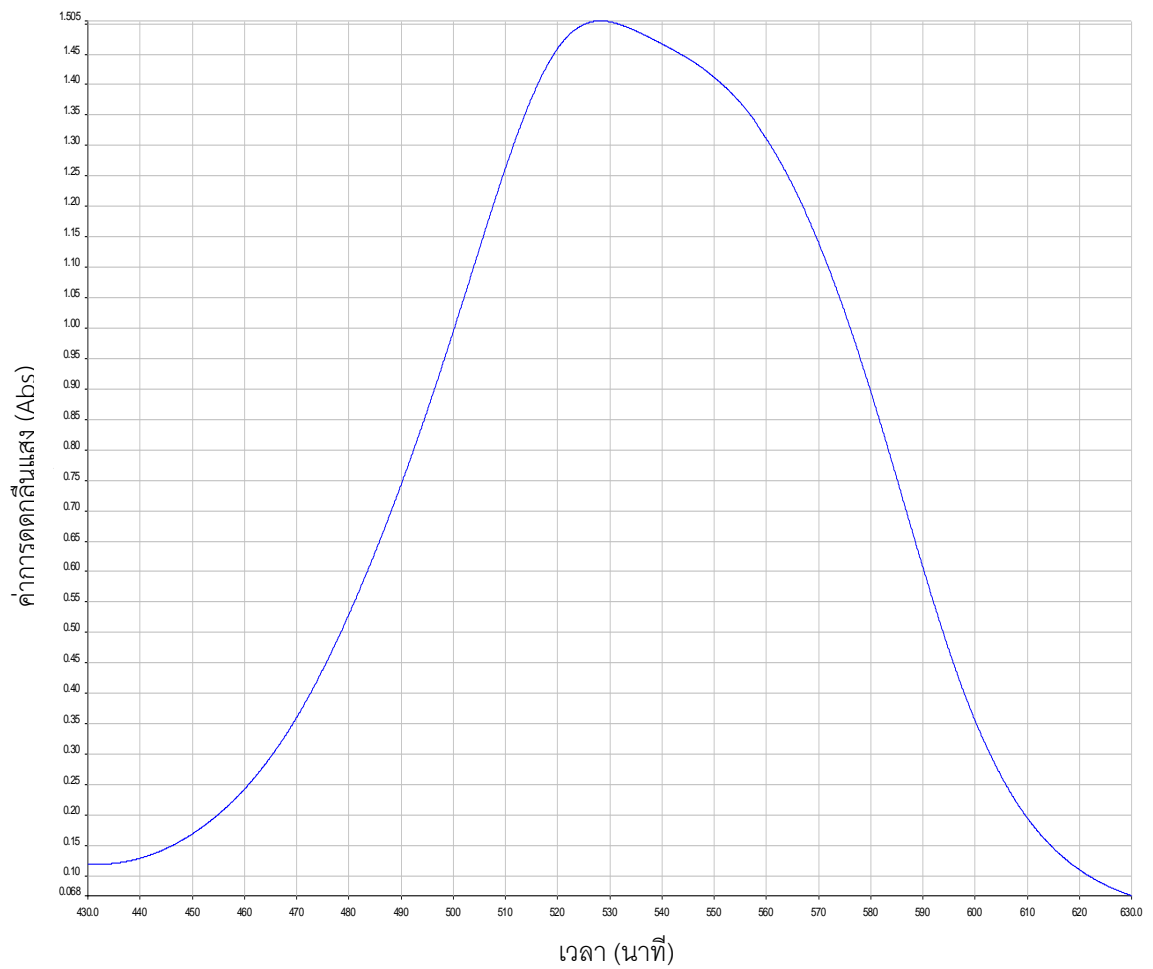
ตารางผนวกที่ 13 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ไนเตรทในดิน แยกตามช่วง pH ของตัวอย่างดิน 300 ตัวอย่าง

ช่วง pH	จำนวน ตัวอย่าง	Accept		No Accept	
		จน.ตัวอย่าง	คิดเป็น %	จน.ตัวอย่าง	คิดเป็น %
3.5 - 4.5	7	6	2.0	1	0.3
4.6 - 5.0	54	48	16.0	6	2.0
5.1 - 5.5	37	34	11.3	3	1.0
5.6 - 6.0	32	30	10.0	2	0.7
6.1 - 6.5	64	50	16.7	14	4.7
6.6 - 7.3	66	59	19.7	7	2.3
7.4 - 7.8	17	16	5.3	1	0.3
7.9 - 8.4	23	19	6.3	4	1.3
รวม	300	262	87.3	38	12.7

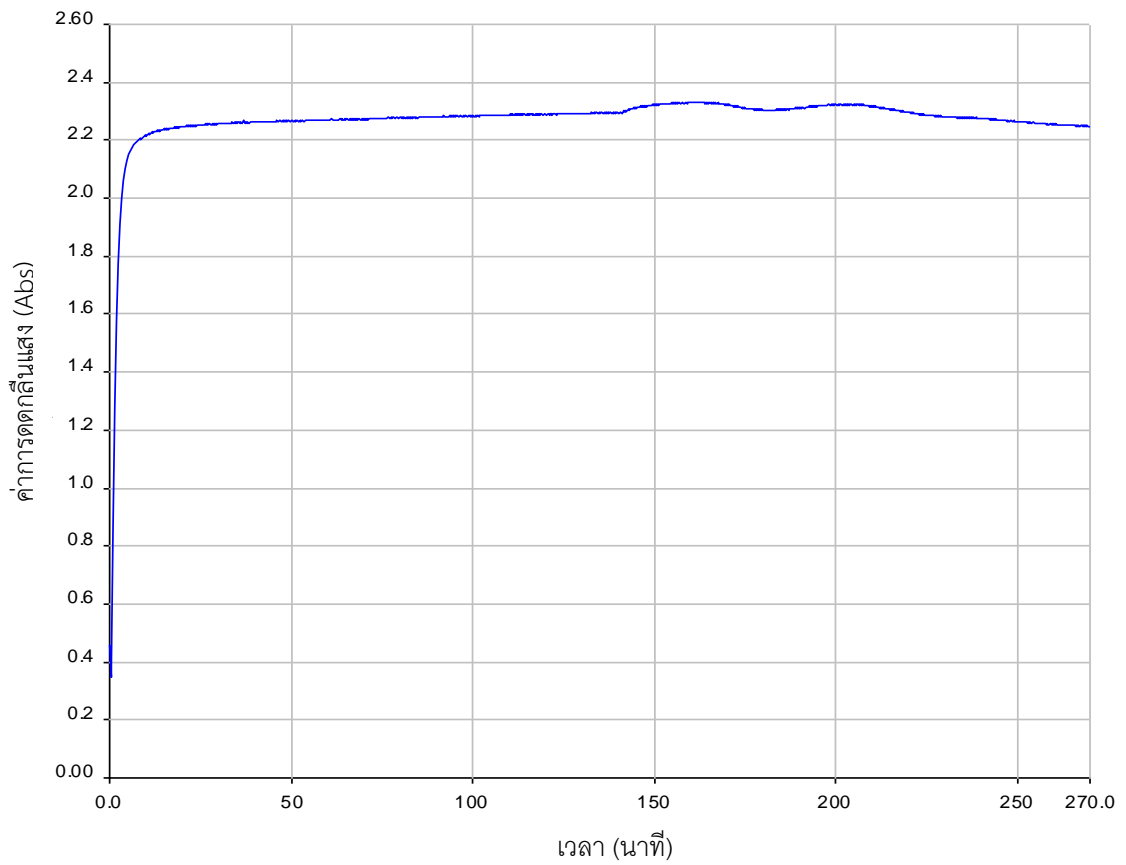
หมายเหตุ % คิดจากตัวอย่างทั้งหมด 300 ตัวอย่าง

หมายเหตุ

ตารางผนวกที่ 1-10 และ 12-13 แสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ
กลุ่มวิจัยเคมีดิน (มี.ย-ส.ค, 2560)



ภาพผนวกที่ 1 แสดงการสแกนหาความยาวคลื่นสูงสุดของการวิเคราะห์ไนเตรทในดินในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer



ภาพผนวกที่ 2 แสดงระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาของการวิเคราะห์ไนเตรทแบบต่อเนื่อง

ภาคผนวก ข

การคำนวณปริมาณไนเตรทในดินที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I

การคำนวณปริมาณไนเตรทในดินที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I

1. การสกัดตัวอย่างดินด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I

- ชั่งตัวอย่างดิน 5 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร
- เติมน้ำยาสกัด Mehlich I จำนวน 20 มิลลิลิตร
- เขย่าด้วยเครื่องเขย่าแนวระนาบ ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที นาน 5 นาที
- กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร

2. การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท

- ดูดสารละลายดิน 5.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง
- เติม Reagent A 0.5 มิลลิลิตร
- เติม Mixed powder 0.02 กรัม
- เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที
- วัดค่า Abs ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร

3. การคำนวณ

3.1 คำนวณค่า Abs ที่อ่านได้จากเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ให้เป็นปริมาณไนเตรท หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร จากสมการ

$$y = 0.2296x - 0.0044$$

$$\text{ดังนั้น} \quad x = \frac{y + 0.0044}{0.2296}$$

เมื่อ x = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Y = ค่าการดูดกลืนแสง (Abs) ที่อ่านได้จากเครื่อง

3.2 คำนวณปริมาณไนเตรท หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

$$\text{ปริมาณไนเตรท} = A \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

$$\text{ในสารละลาย 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณไนเตรท} = A \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{ในสารละลาย 20 มิลลิลิตร มีปริมาณไนเตรท} = \frac{A \times 20}{1000} \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{ในตัวอย่างดิน 5 กรัม มีปริมาณไนเตรท} = \frac{A \times 20}{1000} \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{ในตัวอย่างดิน 1000 กรัม มีปริมาณไนเตรท} = \frac{A \times 20}{5} \text{ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)} = A \times 4$$

