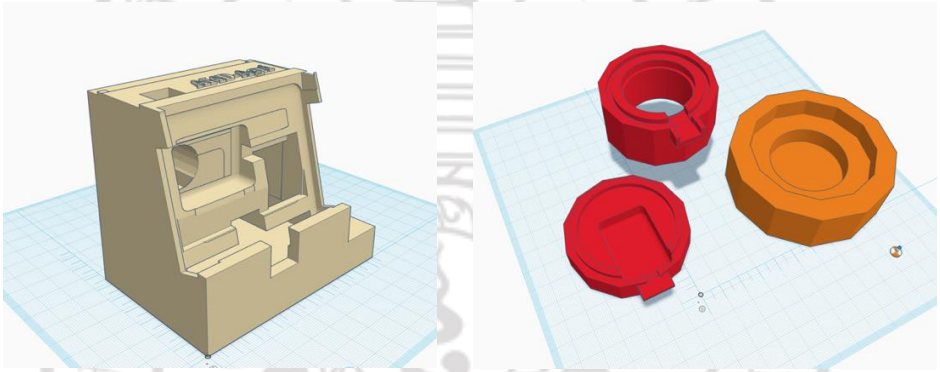
บทที่ 4
ผลการวิจัย

การออกแบบและจัดสร้างต้นแบบเครื่องมือวัด

การออกแบบชุดสำหรับติดตั้งอุปกรณ์กำเนิดแสง (RGB-RED) เซนเซอร์ตรวจวัดสี (TCS34725) และกล่องสมองกล WIO Terminal เพื่อประกอบเป็นเครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักพืชในดิน โดยเน้นการวัดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 แสดงตัวอย่างการวัดปริมาณธาตุอาหารหลักพืชในดินด้วยเครื่องมือที่จัดสร้างขึ้น



(ก) (ข)

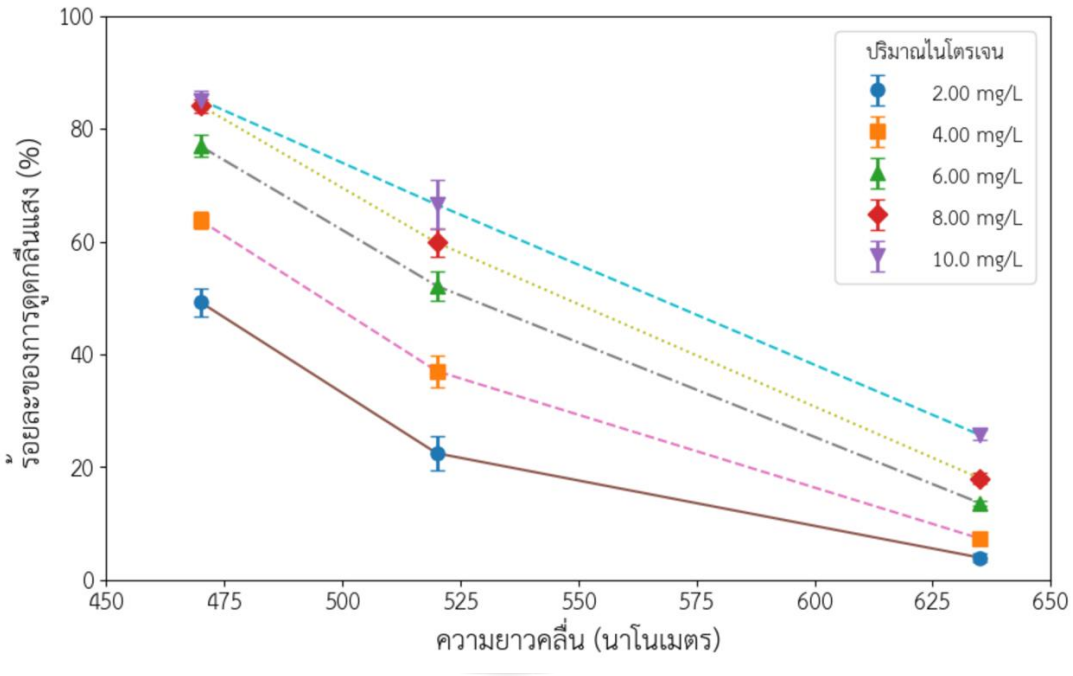
ภาพที่ 4.1 โมเดลสามมิติกล่องเครื่องมือวัด (ก) การดูดกลืนแสง และ (ข) การสะท้อนแสง

(ก) (ข)

ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างการใช้เครื่องมือวัด (ก) การดูดกลืนแสง และ (ข) การสะท้อนแสง

ผลของความความยาวคลื่นต่อการดูดแสงของสารละลายแอมโมเนียมคอลไรด์

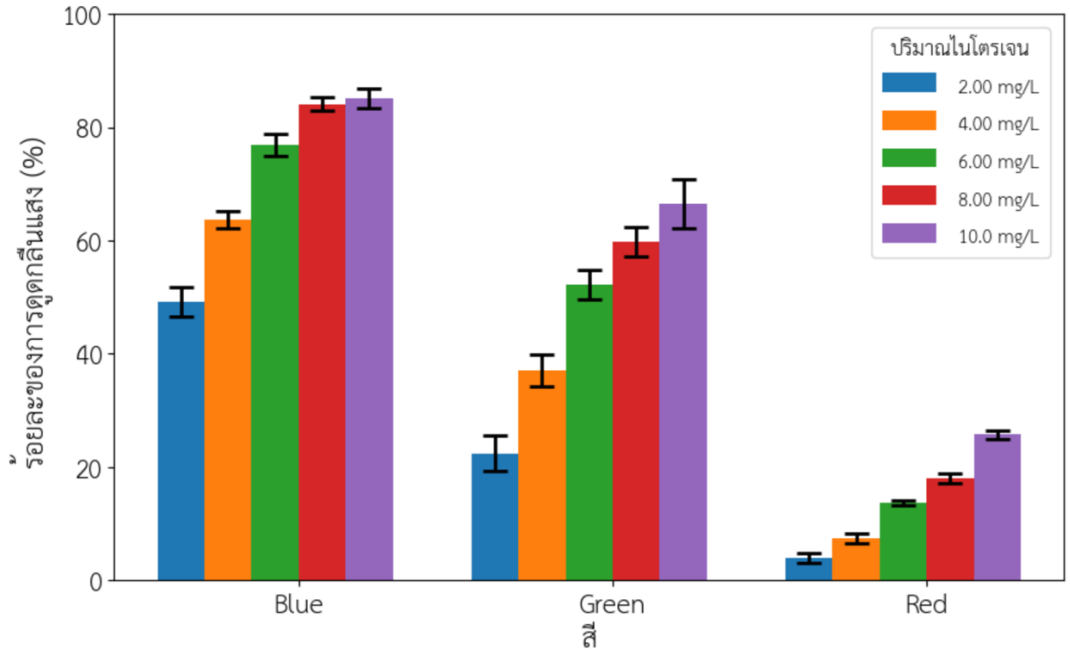
ผลศึกษาการดูดกลืนแสงของสารละลายแอมโนเนียมคลอไรด์ที่มีไนโตรเจนความเข้มข้น 2.0 4.0 6.0 8.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า การดูดกลืนแสงของสารละลายแอมโนเนียมคลอไรด์ในทุก ๆ ความเข้มข้นมีค่าลดลง เมื่อความยาวคลื่นแสงมีค่าเพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่ 4.3 โดยแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าการดูดกลืนแสงร้อยละ 85.10 ±1.68 ที่ความยาวคลื่น 475±5.00 นาโนเมตร (สีน้ำเงิน) และลดลงแบบเชิงเส้นจนมีค่าร้อยละ 25.70 ±0.78 ที่ความยาวคลื่น 635±5.00 นาโนเมตร (สีแดง) ในขณะที่สารละลายเข้มข้น 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ความยาวคลื่น 475±5.00 520±5.00 และ 630±5.00 นาโนเมตร มีค่าการดูดกลืนแสงร้อยละ 49.21±2.56 22.43±2.11 และ 3.94 ±0.78 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแอมโมเนียมคลอไรด์มีแอมโมเนียม (NH_4^+) ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และไนโตรเจนสามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 445 – 485 นาโนเมตร (แสงสีน้ำเงิน) ได้ดีกว่าคลื่นแสงในช่วงความยาวคลืนสีเขียว (520 นาโนเมตร) และสีแดง (630 นาโนเมตร) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jain (Jain, Saify & Kate, 2020 : 1768-1771)



ภาพที่ 4.3 ร้อยละการดูดกลืนแสงของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ที่มีไนโตรเจนปริมาณ 2.00 -10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงความยาวคลื่น 475±5.00 520±5.00 และ 630±5.00 นาโนเมตร

ภาพที่ 4.4 แสดงการดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน แสงสีเขียวและแวงสีแดงของแอมโมเนียมคลอไรด์ที่มีไนโตรเจน 2.00 - 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเห็นได้ว่าสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้นสามารถดูดกลืนแสงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (520±5.00 นาโนเมตร) ได้ดีกว่าแสงสีเขียวและสีแดง โดยมีค่าการดูดกลืนแสงร้อยละ 49.22 ±2.56 – 85.10 ±1.68 ในขณะที่แสงสีเขียวและสีแดง

มีค่าการดูดกลืน ร้อยละ 22.44±3.11 - 66.54 ±4.29 และ 3.94±0.78 - 25.70 ±0.78 ตามลำดับ โดยที่สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์มีการดูดกลืนแสงสีแดงต่ำที่สุด



ภาพที่ 4.4 ร้อยละการดูดกลืนแสงของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ที่มีไนโตรเจนปริมาณ 2.0 4.0 6.0 8.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อใช้แสงความยาวคลื่น 475±5.00 นาโนเมตร (สีน้ำเงิน) 520±5.00 นาโนเมตร (สีเขียว) และ 630±5.00 นาโนเมตร (สีแดง) ส่องผ่านสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ที่บรรจุในคิวเวตต์ หนา 10.0 มิลลิเมตร

ผลของปริมาณไนโตรเจนต่อค่าการดูดแสงของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.00–10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ค่าร้อยละของการดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน สีเขียวและสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารละลาย ดังแสดงในภาพที่ 4.5 ผลการศึกษาพบว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2.00 – 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นตามการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารละลาย โดยเขียนเป็นสมการได้เป็น

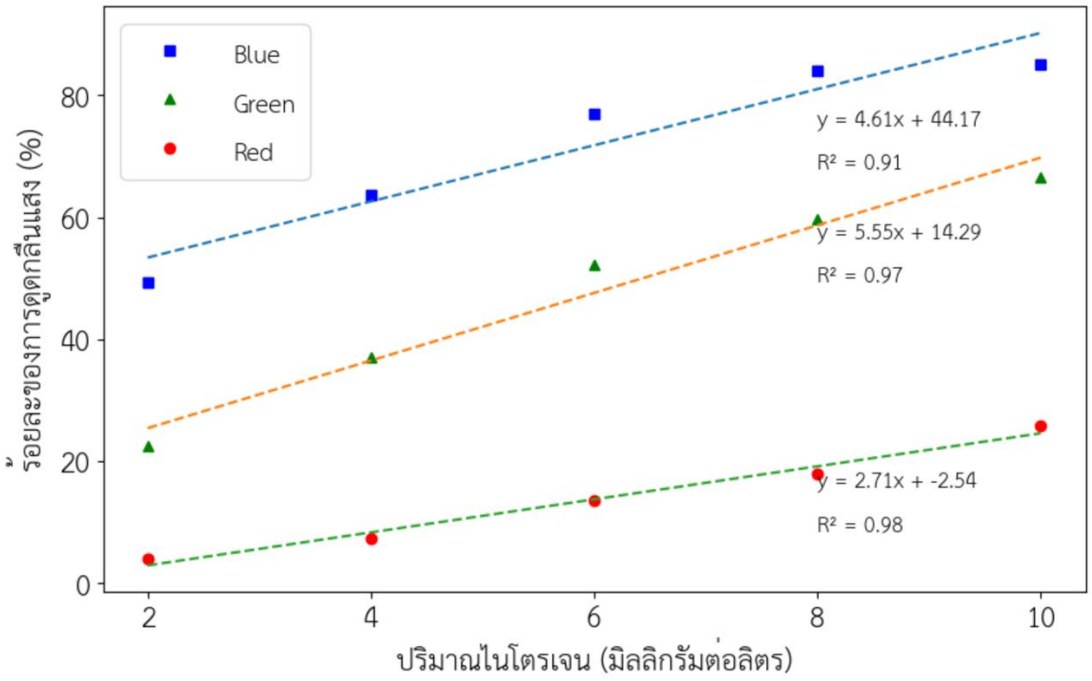
$$A_{475nm} = 4.61X_N + 44.17 \quad (4.1)$$

$$A_{520nm} = 5.55X_{Nl} + 14.29. \quad (4.2)$$

$$A_{630nm} = 2.71X_N - 2.54. \quad (4.3)$$

เมื่อ X_N คือ ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์

A_{475nm} A_{520nm} และ A_{630nm} คือ ร้อยละการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ได้จากแสงสีน้ำเงิน สีเขียวและสีแดง ตามลำดับ



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 475 ± 5.00 นาโนเมตร (สีน้ำเงิน) 520 ± 5.00 นาโนเมตร (สีเขียว) และ 630 ± 5.00 นาโนเมตร (สีแดง) กับความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์

เนื่องจาก การประยุกต์ใช้เซนเซอร์ตรวจจับสี TCS34725 ตรวจวัดความเข้มแสงสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง จากแหล่งกำเนิดแสงอาร์จีบีเอลอีดีที่ส่องผ่านสารละลายที่บรรจุอยู่ในหลอดคิวเวตต์ หนา 10.0 มิลลิเมตร ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นเราจึงนำเซนเซอร์ตรวจจับสี TCS34725 มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับความเข้มของแสงอาร์จีบีเอลอีดีที่สะท้อนแสงจากดินตัวอย่างซึ่งผสมกับสารละลายที่มีองค์ประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสความเข้มข้นต่าง ๆ

ผลของปริมาณไนโตรเจนต่อการสะท้อนแสงของดินผสมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

ผลการศึกษาการสะท้อนแสงของดินที่ผสมสารละลายแอมโนเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) เข้มข้น 2.0 - 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยตัวตรวจจับสี TCS34725 เมื่อใช้แสงสีน้ำเงินและแสงสีขาวตกกระทบตัวอย่างดิน พบว่า เมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสงสีน้ำเงินและแสงสีขาวส่องแสงตกกระทบกับตัวอย่างดิน ค่าร้อยละของการสะท้อนแสงสีน้ำเงินมีค่าลดลงแบบเชิงเส้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจน หรือความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ ดังแสดงในภาพที่ 4.6

ภาพที่ 4.6 (ก) แสดงร้อยละของการสะท้อนแสงสีน้ำเงินของตัวอย่างดินผสมไนโตรเจน เมื่อใช้เอลอีดีสีน้ำเงินเป็นแหล่งกำเนิดแสง พบว่า แสงที่ตกกระทบตัวอย่างดินมีค่าการสะท้อนแสงลดลง

เล็กน้อย ประมาณร้อยละ 0.10 สำหรับทุก ๆ 1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น โดยความสัมพันธ์สามารถแสดงเป็นสมการเชิงเส้นที่มีค่าสัมประสิทธิ์ $R^2 = 0.98$ ซึ่งบ่งชี้ว่าปริมาณไนโตรเจนเป็นตัวแปรที่สำคัญในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของร้อยละของการสะท้อนแสงสีน้ำเงิน โดยสามารถเขียนเป็นสมการเชิงเส้นที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์นี้อาจมีรูปแบบเป็นดังนี้:

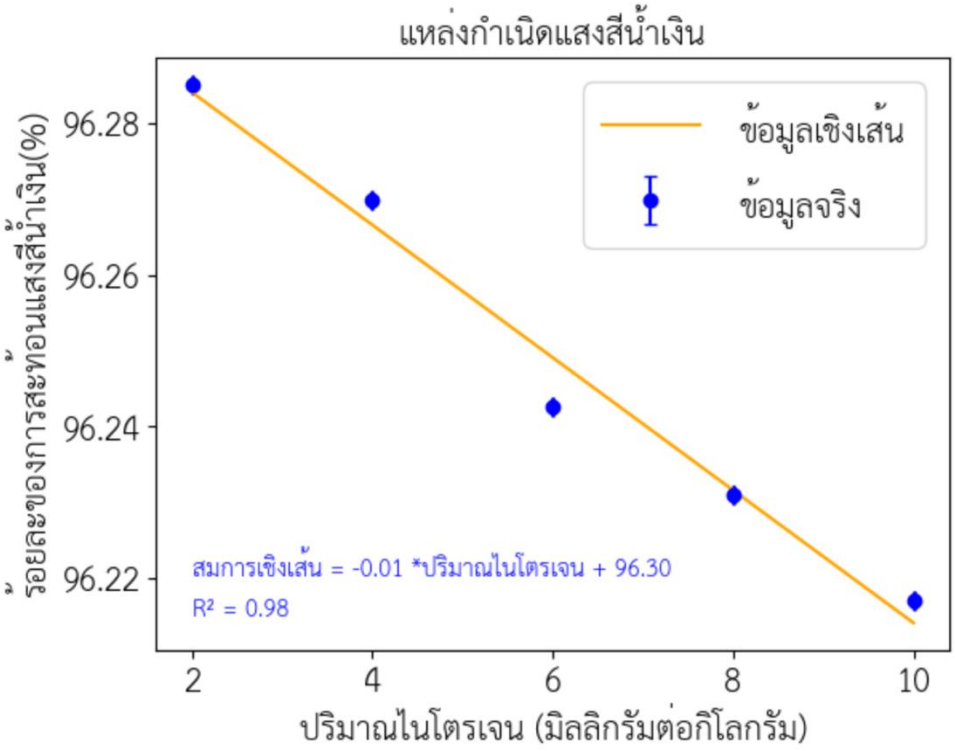
$$R_B = a+b_N C_N \quad (4.4)$$

โดยที่ R_B คือ ร้อยละของการสะท้อนแสงสีน้ำเงิน
C_N คือ ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

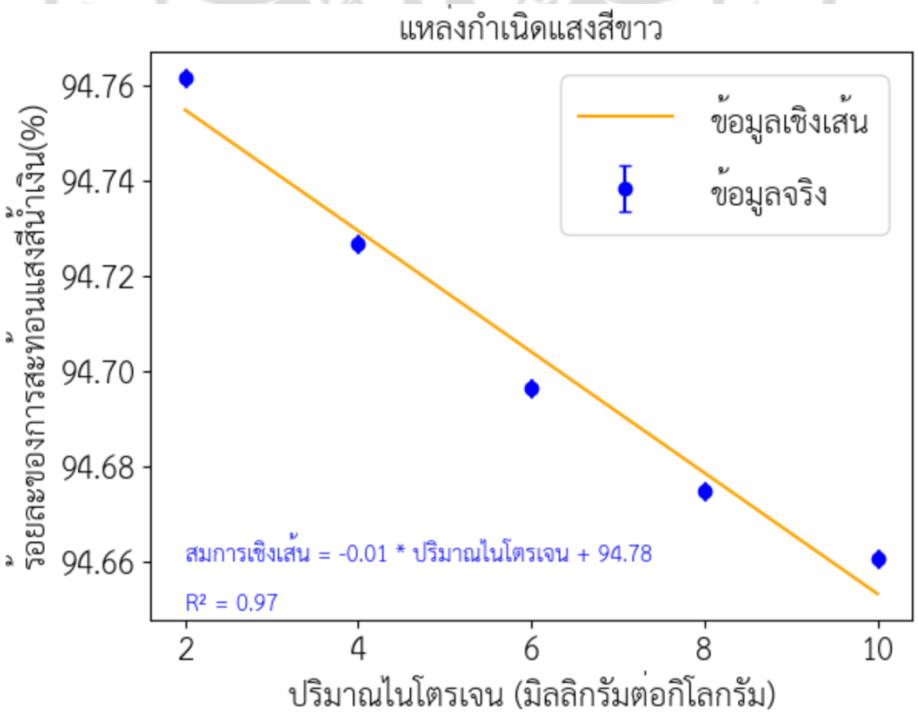
B_N คือค่าที่บ่งชี้ถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของการสะท้อนแสงสีน้ำเงินต่อหน่วยของปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในดินผสมสารละลายไนโตรเจนซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.01 โดยมีความแม่นยำร้อยละ 98 ตามค่า R^2 การที่ R^2 มีค่าสูง หมายถึงว่าสมการเชิงเส้นที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนแสงสีน้ำเงินกับปริมาณไนโตรเจนในดินผสมไนโตรเจนมีความเชื่อถือสูงและสามารถใช้ในการทำนายค่าการสะท้อนแสงสีน้ำเงินจากปริมาณไนโตรเจนในดินได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นสมการเชิงเส้นที่ได้จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการอธิบายและทำนายพฤติกรรมของการสะท้อนแสงสีน้ำเงินในดินผสมไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 4.6 (ข) แสดงค่าร้อยละของการสะท้อนแสงสีขาวของตัวอย่างดินผสมสารละลายไนโตรเจน เมื่อฉายแสงสีขาวตกกระทบตัวอย่างดินที่มีปริมาณไนโตรเจนต่างกัน พบว่า ค่าการสะท้อนแสงสีขาวของตัวอย่างดินผสมสารละลายไนโตรเจนมีค่าลดลงประมาณร้อยละ 0.01 เมื่อปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น 1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีความแม่นยำร้อยละ 97

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.6 ร้อยละของการสะท้อนแสง (ก) สีน้ำเงิน และ (ข) สีขาว ของตัวอย่างดินผสมไนโตรเจน

ผลของปริมาณฟอสฟอรัสต่อการสะท้อนแสงของดินผสมสารละลายไดโพแทสเซียมฟอสเฟต

ผลการศึกษาการสะท้อนแสงของตัวอย่างดินผสมสารละลายไดโพแทสเซียมฟอสเฟต (K_2HPO_4) ที่มีฟอสฟอรัส 2.0 - 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยตัวตรวจจับสี TCS34725 เมื่อใช้แสงสีน้ำเขียวและแสงสีขาวตกกระทบตัวอย่างดิน พบว่า เมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสงสีเขียวและแสงสีขาวส่องแสงตกกระทบกับตัวอย่างดิน พบว่า ค่าร้อยละของการสะท้อนแสงสีเขียวมีค่าลดลงแบบเชิงเส้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสหรือความเข้มข้นของสารละลายไดโพแทสเซียมฟอสเฟต ดังแสดงในภาพที่ 4.7

ภาพที่ 4.7 (ก) แสดงร้อยละของการสะท้อนแสงสีเขียวของตัวอย่างดินผสมฟอสฟอรัส เมื่อใช้แหล่งกำเนิดแสงสีเขียว พบว่า การสะท้อนแสงสีเขียวมีค่าลดลงประมาณร้อยละ 1.62 สำหรับทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยความสัมพันธ์สามารถแสดงเป็นสมการเชิงเส้นที่มีค่าสัมประสิทธิ์ $R^2 = 0.98$ ซึ่งบ่งชี้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสเป็นตัวแปรที่สำคัญในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของร้อยละของการสะท้อนแสงสีเขียวโดยเขียนเป็นสมการเชิงเส้นที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์นี้อาจมีรูปแบบเป็นดังนี้:

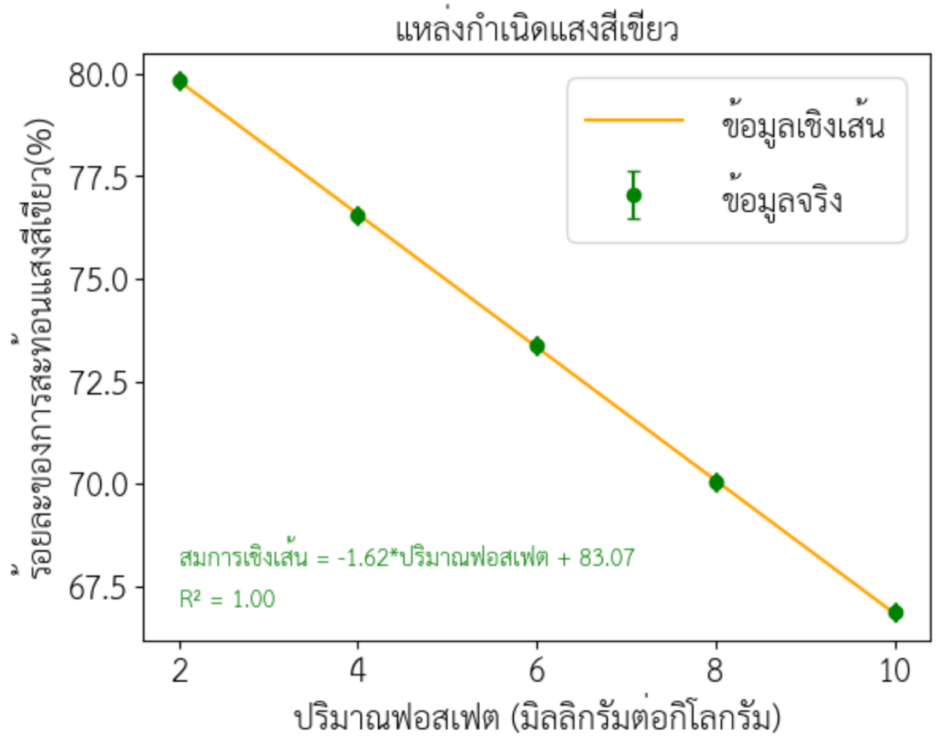
$$R_G = a+b_GC_P \quad (4.5)$$

โดยที่ R_G คือ ร้อยละของการสะท้อนแสงสีเขียว
C_P คือ ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

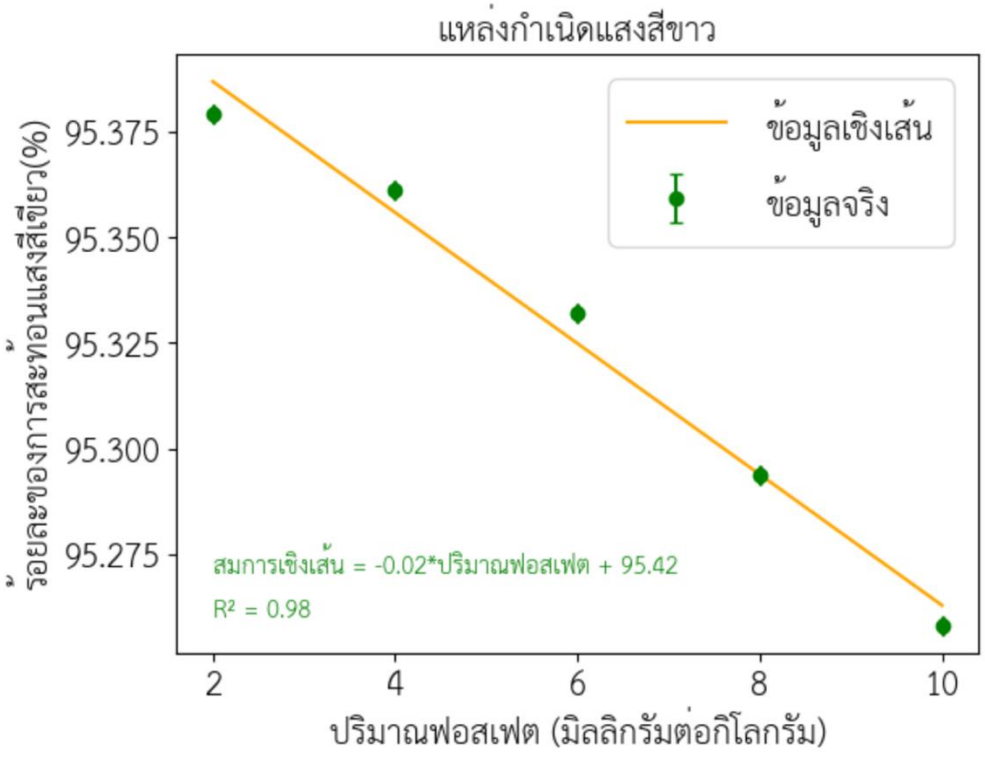
b_G คือค่าที่บ่งชี้ถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของการสะท้อนแสงสีเขียวต่อหน่วยของปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นในดินผสมสารละลายฟอสฟอรัส กรณีนี้มีค่าเท่ากับ 1.62 โดยมีความแม่นยำสูงถึงร้อยละ 100 ตามค่า R^2 การที่ R^2 มีค่าสูงหมายถึง สมการเชิงเส้นที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนแสงสีเขียวกับปริมาณฟอสฟอรัสในดินผสมสารละลายฟอสฟอรัส มีความเชื่อถือสูงและสามารถใช้ในการทำนายค่าการสะท้อนแสงสีเขียวจากปริมาณฟอสฟอรัสในดินได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นสมการเชิงเส้นที่ได้จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการอธิบายและทำนายพฤติกรรมของการสะท้อนแสงสีเขียวในดินผสมสารละลายฟอสฟอรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 4.7 (ข) แสดงค่าร้อยละการสะท้อนแสงสีขาวของตัวอย่างดินผสมสารละลายฟอสฟอรัส เมื่อฉายแสงสีขาวตกกระทบตัวอย่างดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่างกัน พบว่า ค่าการสะท้อนแสงสีขาวของตัวอย่างดินมีค่าลดลงประมาณร้อยละ 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น โดยมีความแม่นยำประมาณร้อยละ 98

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.7 ร้อยละของการสะท้อนแสง (ก) สีเขียว และ (ข) สีขาว ของตัวอย่างดินผสมฟอสเฟต