

การสอบเทียบหัววัด (sensor calibration) เบื้องต้น ก่อนใช้งานในภาคสนาม

พรชัย ไพบูลย์, พรรณี ชื่นนคร และ สุนทรีย ชัยชวัลย์
ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร ม. เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
กันยายน 2560

งานวิจัยภาคสนามของห้องปฏิบัติการชีวฟิสิกส์ของพืช ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร ตลอดระยะเวลา 30 ปีที่ผ่านมา เน้นศึกษาการไหลของน้ำในระบบต่อเนื่องจากดิน เข้าสู่พืช ออกสู่อากาศ (Soil-Plant-Atmospheric Continuum, SPAC) โดยวัดค่าสถานะของน้ำในดิน (soil water potential, soil volumetric water content) อุณหภูมิดิน อุณหภูมิใบ/ผิววัสดุ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และความเข้มแสงในช่วงความยาวคลื่นที่พืชใช้งานระหว่าง 400-700 nm (photosynthetic photon flux, PPF, วัดได้จากหัววัดแสงแบบ quantum) การวัดค่าต่างๆ เหล่านี้เพื่อใช้ในการวิจัย จำเป็นต้องเลือกใช้หัววัดให้ถูกประเภท ตรงตามวัตถุประสงค์ มีความแม่นยำ (precision) เทียบตรง (accuracy) ให้ค่าเสถียร (reproducible) และสามารถใช้อ้างอิงหรือเทียบเคียงกับงานวิจัยอื่นที่ตีพิมพ์ในระดับสากลได้ ดังนั้น ตลอดเวลาที่ผ่านมา คณะวิจัยจึงเลือกใช้สถานีอากาศ หัววัด และเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (datalogger) ที่จำหน่ายโดยบริษัท LI-COR และ Spectrum Technologies ของประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากผลิตภัณฑ์ของทั้งสองบริษัทฯ มีชื่อเสียง ได้รับการยอมรับเพื่อใช้ในการวิจัยและการเกษตรในระดับสากล มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ ทำให้วัดค่าได้อย่างแม่นยำ เสถียร คงทน (ใช้งานต่อเนื่องได้ 1-2 ปี) ติดตั้งและใช้งานในภาคสนามได้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถบันทึกข้อมูลที่ต้องการได้อัตโนมัติทุก 15 นาทีตลอดทั้งปี และคุ้มค่าการลงทุน



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการใช้หัววัดอุณหภูมิอากาศ (air temperature sensor) หัววัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (RH sensor) และหัววัดความเข้มแสง (quantum sensor) ของสถานีอากาศ เพื่อวัดและบันทึกข้อมูลสภาพอากาศในภาคสนามและในโรงเรือนทุก 15 นาทีตลอดทั้งปี

หิววัดสภาพแวดล้อมทุกชนิด ได้แก่ อุณหภูมิดิน อุณหภูมิผิววัสดุ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และหิววัดความเข้มแสง มีช่วงใช้งานและค่าความเที่ยงตรงที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งบริษัทผู้ผลิตระบุเป็นข้อมูลจำเพาะ (specification) ประจำตัวสินค้า ดังนั้น แม้เมื่อเป็นหิววัดใหม่ที่ได้ผ่านการสอบเทียบ (calibration) ในห้องปฏิบัติการของบริษัทผู้ผลิต ที่มีการตรวจสอบคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐาน (quality control) และยังไม่เคยผ่านการใช้งานภาคสนามมาเลยก็ตาม หิววัดแต่ละตัวยังคงอ่านค่าสภาพหนึ่งๆ ที่แตกต่างกันได้ โดยแตกต่างกันภายในช่วงเบี่ยงเบนของความเที่ยงตรง ทำให้ต้องระวังการตีความและอธิบายผลการทดลองที่ต้องการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหิววัดชนิดหนึ่งๆ หลายตัวที่ใช้งานพร้อมกัน ว่าค่าที่วัดได้มีความแตกต่างกันจริง คืออย่างน้อยต้องมากกว่าช่วงเบี่ยงเบนของความเที่ยงตรงของหิววัดชนิดนั้นๆ นอกจากนี้ หิววัดที่เคยผ่านการใช้งานในภาคสนามแล้วระยะหนึ่ง ความแม่นยำของค่าที่วัดได้จะลดลงไปเรื่อยๆ จนเสื่อมสภาพ การนำหิววัดกลับมาใช้ซ้ำ ควรตรวจสอบสภาพและสอบเทียบก่อนใช้งานใหม่ทุกครั้ง

ตารางที่ 1 ช่วงใช้งานและค่าความเที่ยงตรงของหิววัด (LI-COR, 1999; LI-COR, 2017; Spectrum, 2017)

หิววัด	บริษัท	ช่วงการใช้งาน	ความเที่ยงตรง	การใช้งาน
1401 air temp.	LI-COR	-40 to 60 C	±0.8 C	วัดอุณหภูมิอากาศ
1401 air RH	LI-COR	0 to 100%	±3%	วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ @ 10 to 90%
LI-190R Quantum	LI-COR	na. Sensitivity: 5 to 10 μA per 1,000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	±5%	วัดความเข้มแสงแดด
2475 air temp.	Spectrum	-32 to 100 C	±0.5 C	วัดอุณหภูมิอากาศ
2475 air RH	Spectrum	10 to 100% @ 5-50 C	±3%	วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ @ 20 to 100% & 25 C
2475/3676I Quantum	Spectrum	0 to 2,500 $\mu\text{molPPF m}^{-2} \text{s}^{-1}$	±5%	วัดความเข้มแสงแดด
External temp.	Spectrum	-32 to 100 C	±0.5 C	วัดอุณหภูมิดิน
B101 8K	Spectrum	-40 to 85 C	±0.6 C @ -15 to 65C	วัดอุณหภูมิดิน/ผิววัสดุ

1. เมื่อไหร่ควรสอบเทียบหิววัด

1.1 เมื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหิววัดชนิดเดียวกันจำนวนหลายตัว ขั้นตอนก่อนติดตั้งหิววัดในภาคสนาม จำเป็นต้องทำการสอบเทียบหิววัดทุกตัว เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในฐานเดียวกันที่จะสามารถเปรียบเทียบระหว่างกันได้อย่างถูกต้อง

1.2 เมื่อต้องการนำหิววัดที่เคยผ่านการใช้งานแล้วมาใช้ซ้ำ แนะนำให้ตรวจสอบสภาพการใช้งาน ความแม่นยำ และสอบเทียบทวนใหม่ (recalibration) ก่อนติดตั้งหิววัดในภาคสนาม

2. การสอบเทียบหิววัดเบื้องต้นทำอย่างไร

2.1 กรณีเป็นหิววัดใหม่ชนิดเดียวกันที่ไม่เคยใช้งานจำนวนหลายชุด ต้องการนำไปใช้เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหิววัด เช่น มีสถานีอากาศชุดใหม่ 5 ชุด ต้องการนำไปติดตั้งเพื่อวัดสภาพอากาศในโรงเรือน 4 โรง เทียบกับสภาพอากาศกลางแจ้ง 1 จุด ก่อนติดตั้งหิววัดในภาคสนาม ต้องสอบเทียบหิววัดทุกตัว ดังนี้

2.1.1 อ่านข้อมูลจำเพาะ (specification) และคู่มือการติดตั้งและใช้งาน (operation manual) ของหิววัด/สถานีอากาศ จากบริษัทผู้ผลิตโดยละเอียด

2.1.2 หาหมายเลขประจำตัวของหิววัด/สถานีอากาศ (serial number, sn) แต่ละตัว ซึ่งส่วนใหญ่จะติดอยู่ด้านหลังของกล่องหิววัด ถ้าไม่มี ให้เขียนหมายเลขกำกับทุกตัวโดยไม่ซ้ำกัน

2.1.3 ทดสอบหิววัด/สถานีอากาศ ใหม่ทุกตัวก่อนว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และอ่านค่าได้ตามปกติ (ให้ค่าภายในช่วงการใช้งาน) โดยต่อหิววัดเข้ากับเครื่องอ่าน (reader/meter) หรือเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (datalogger) เช่น LI-250A Light Meter, LI-1500 Light Sensor Logger ของบริษัท LI-COR, WatchDog 1650/2800 datalogger ของบริษัท Spectrum Technologies (ภาพที่ 2) เครื่องบันทึกบางชนิดต้องป้อนค่าการใช้งาน เช่น ค่าตัวคูณ (multiplier) ของหิววัดนั้นๆ ซึ่งดูค่าได้จากใบ certification ของบริษัทผู้ผลิต และป้อนข้อมูลเพื่อกำหนดช่วงความถี่ที่หิววัดอ่านและบันทึกค่า ตามวิธีในคู่มือการใช้งาน



ภาพที่ 2 การทดสอบหัววัดอุณหภูมิ (external temperature sensor) ของบริษัท Spectrum Technologies ซึ่งเป็นหัววัดใหม่ทุกตัว ว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและอ่านค่าได้ตามปกติ (ตลอดช่วงใช้งานตามตารางที่ 1) โดยต่อหัววัดเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ รุ่น WatchDog 1650 datalogger ของบริษัท Spectrum Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.1.4 กำหนดให้หัววัด/สถานีอากาศที่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตัวใดตัวหนึ่ง ขึ้นเป็นหัววัดอ้างอิง (standard sensor)

2.1.5 นำหัววัด/สถานีอากาศทั้งหมด รวมถึงตัวอ้างอิง ไปติดตั้งในภาคสนามบริเวณกลางแจ้ง ในบริเวณเดียวกัน ไม่มีร่มเงาของต้นไม้ใหญ่/อาคาร บดบัง สูงจากระดับพื้นดิน 2 เมตร ตั้งค่าให้บันทึกข้อมูลทุก 1 นาทีตลอด 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 2-3 วัน ให้ครอบคลุมช่วงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศได้มากที่สุด แล้วถ่ายข้อมูลลงเครื่องคอมพิวเตอร์ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การสอบเทียบหัววัดใหม่ชนิดเดียวกันที่ไม่เคยใช้งานจำนวนหลายชุด ก่อนใช้งานในภาคสนาม a-b. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิอากาศ (air temperature sensor) และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (air RH sensor) ของสถานีอากาศ (รุ่น WD1650 และ WS2475, Spectrum Technologies Inc., U.S.A.) ที่บรรจุอยู่ในภาชนะกันรังสีแสง (radiation shield) ที่ระดับความสูง 2 เมตร และ c-d. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิดิน (soil temperature sensor, Spectrum Technologies Inc., U.S.A.) ทุกตัวที่ระดับความสูง 1.5 เมตร บริเวณกลางแจ้งด้านหลังอาคารศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มก. กพส. ตั้งค่าให้บันทึกข้อมูลทุก 1 นาทีตลอด 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 2-3 วัน ให้ครอบคลุมช่วงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศได้มากที่สุด

2.2 กรณีเป็นหัววัดที่เคยผ่านการใช้งานแล้ว และต้องการใช้ซ้ำ แนะนำให้ซื้อหัววัด/สถานีอากาศชนิดเดียวกันใหม่ 1 ชุด เพื่อนำมาใช้เป็นตัวอ้างอิง หากไม่มีงบจัดซื้อ ให้ใช้ตัวใหม่ล่าสุด (อายุใช้งานไม่เกิน 1 ปี) เป็นตัวอ้างอิง (ภาพที่ 4-5) และดำเนินการตามขั้นตอนในข้อ 2.1 การสอบเทียบในกรณีนี้ไม่ควรใช้กับหัววัด/สถานีอากาศที่มีการใช้งานต่อเนื่องในภาคสนามมาแล้วเกิน 3 ปี ซึ่งเสื่อมสภาพมากแล้ว ทำให้อ่านค่าไม่ถูกต้อง แนะนำให้ซื้อใหม่ทดแทน

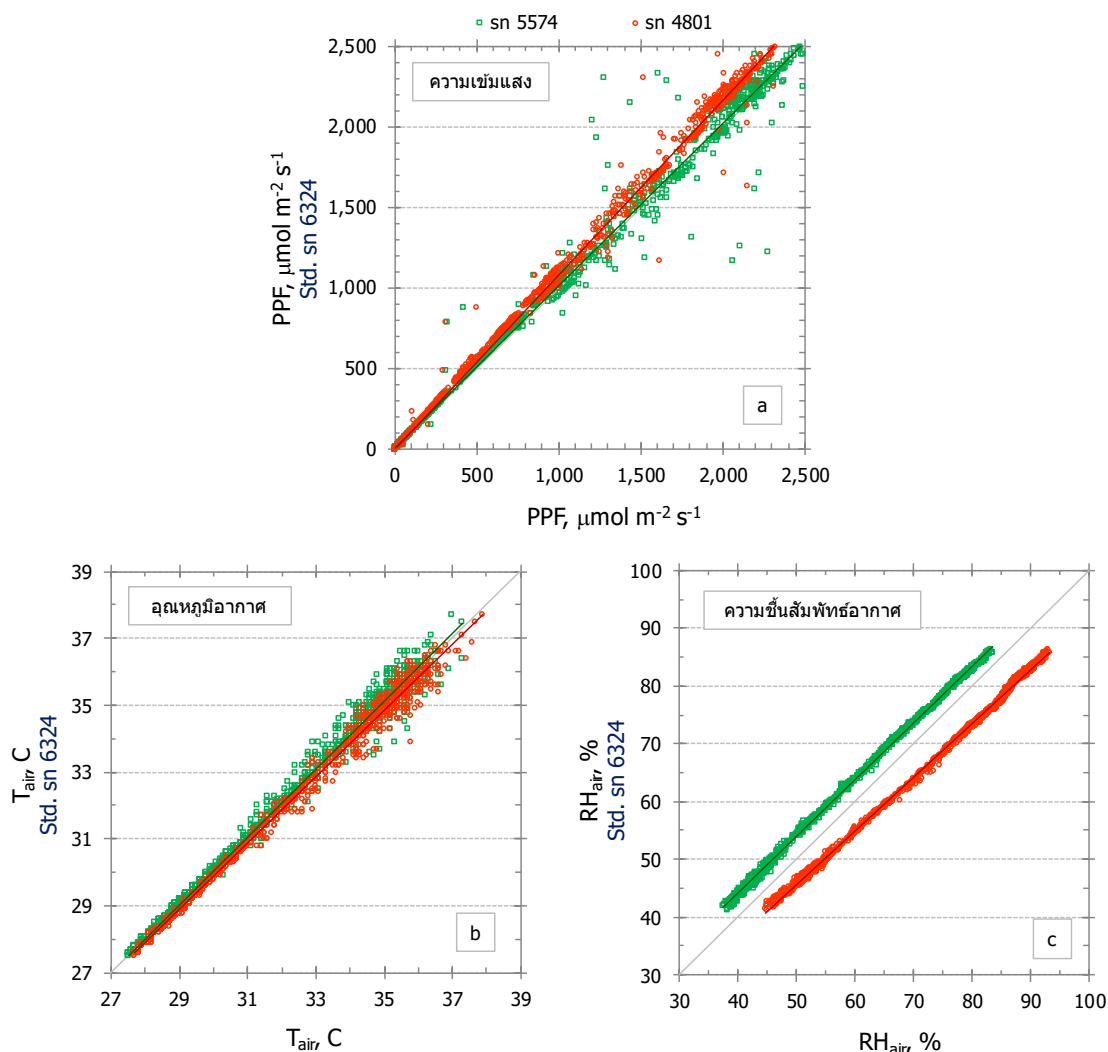


ภาพที่ 4 การสอบเทียบหัววัดที่เคยผ่านการใช้งานแล้ว และต้องการใช้ซ้ำ (ของบริษัทผู้ผลิตต่างกัน) ได้แก่ หัววัดอุณหภูมิอากาศ, หัววัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และหัววัดความเข้มแสง (quantum sensor) ของสถานีอากาศรุ่น Watchdog 900ET บริษัท Spectrum technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ผ่านการใช้งานในภาคสนามแล้ว 1-2 ปี (ตัวซ้าย) กับหัววัดใหม่ของสถานีอากาศ รุ่น LI-1401 Agro-Meteorological Station บริษัท LI-COR ประเทศสหรัฐอเมริกา (ตัวขวา) ซึ่งมีมาตรฐานการผลิต ความคงทน และราคาที่สูงกว่าสถานีอากาศของบริษัท Spectrum technologies



ภาพที่ 5 การสอบเทียบหัววัดที่เคยผ่านการใช้งานแล้ว และต้องการใช้ซ้ำ (ของบริษัทผู้ผลิตเดียวกัน) a. หัววัดอุณหภูมิอากาศ, หัววัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ของสถานีอากาศ (WS2475/WD1650) ที่บรรจุอยู่ในภาชนะกันรังสีแสง b. หัววัดความเข้มแสง (quantum sensor) ซึ่งอยู่ด้านบนสุดของสถานีอากาศ (WS2475) ที่ผ่านการใช้งานในภาคสนามแล้ว 1-2 ปี กับหัววัดใหม่ของสถานีอากาศ รุ่นเดียวกัน ที่จัดซื้อใหม่และไม่เคยใช้งาน และ c. การสอบเทียบหัววัดความเข้มแสง (quantum sensor รุ่น 3676I, Spectrum Technologies Inc., U.S.A.) ที่ผ่านการใช้งานในภาคสนามแล้ว กับหัววัดที่จัดซื้อใหม่ ตั้งค่าให้อ่านและบันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติทุก 1 นาทีตลอด 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 2-3 วัน

ข้อมูลที่ได้จากหัววัดแต่ละตัว จะนำมาใช้สร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) กับข้อมูลจากหัววัดอ้างอิงด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 6 สมการความสัมพันธ์ที่ได้แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะนำมาใช้ปรับแก้ข้อมูลที่ได้จากหัววัดแต่ละตัวที่ใช้บันทึกข้อมูลการทดลอง



ภาพที่ 6 ตัวอย่างเส้นตรงเปรียบเทียบ a. ความเข้มแสง b. อุณหภูมิอากาศ และ c. ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ได้จากการนำข้อมูลของสถานีอากาศ รุ่น WS2475 ของบริษัท Spectrum Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ได้ติดตั้งในที่โล่งแจ้ง สูงจากพื้นดิน 2 เมตร ในบริเวณเดียวกัน จำนวน 3 ชุด มาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear function) โดยกำหนดให้แกน Y คือข้อมูลจากหมายเลขประจำเครื่อง sn 6324 ซึ่งเป็นชุดใหม่และใช้เป็นหัวอ้างอิง แกน X คือ ข้อมูลจากเครื่อง sn 5574 (จุดสีเขียว) และ sn 4801 (จุดสีแดง) ซึ่งผ่านการใช้งานกลางแจ้งในภาคสนามแล้ว 1-2 ปี ก่อนสอบเทียบสถานีอากาศ ได้เปลี่ยน RH sensor ของทั้งสองเครื่องเป็นหัวใหม่ทดแทนหัวเดิมซึ่งเสื่อมสภาพ การสอบเทียบในครั้งนี้ได้ตั้งค่าให้บันทึกข้อมูลทุก 1 นาที เป็นเวลา 36 ชั่วโมง ระหว่างวันที่ 10-12 พฤษภาคม 2556

ตารางที่ 2 สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) ของข้อมูลในภาพที่ 6 ข้อมูลแต่ละหัววัดที่อ่านได้จากสถานีอากาศ sn 5574 และ 4801 ต้องถูกปรับแก้โดยแทนที่ในค่า x ค่า y จะเป็นค่าเทียบกับหัวอ้างอิง ซึ่งเป็นค่าที่ได้ปรับแก้แล้วสำหรับการวิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

พารามิเตอร์	หัววัดอ้างอิง Model-Serial no.	หัววัดตรวจเทียบ Model-Serial no.	สมการความสัมพันธ์	R ²	ประวัติการใช้งาน
ความเข้มแสงแดด PPF, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	2475-6324	2475-5574	$y = 1.0080x + 4.1957$	0.99	กลางแจ้ง 1 ปี
		2475-4801	$y = 1.0807x + 2.6055$	1.00	กลางแจ้ง 2 ปี
อุณหภูมิอากาศ T _{air} , C	2475-6324	2475-5574	$y = 1.0138x - 0.3642$	0.99	กลางแจ้ง 1 ปี
		2475-4801	$y = 0.9915x + 0.1343$	1.00	กลางแจ้ง 2 ปี
ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ RH _{air} , %	2475-6324	2475-5574	$y = 0.9827x + 4.6357$	1.00	เปลี่ยน RH sensor ใหม่-
		2475-4801	$y = 0.9281x - 0.8296$	1.00	ก่อนสอบเทียบทั้ง 2 ชุด

3. การสอบเทียบหัววัดอย่างแม่นยำทำอย่างไร

หากต้องการสอบเทียบหัววัดอย่างแม่นยำ ผู้ใช้งานสามารถส่งหัววัด/สถานีอากาศ กลับไปยังบริษัทผู้ผลิตเพื่อทำการสอบเทียบหัววัดใหม่ (recalibration/recertification) ซึ่งบริษัทผู้ผลิตแต่ละบริษัทจะมีเครื่องมือ อุปกรณ์และวิธีการ และมาตรฐานในการสอบเทียบหัววัดที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ผู้ใช้งานควรพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการส่งหัววัดกลับไปยังบริษัทผู้ผลิต เทียบกับการซื้อหัววัดใหม่ทดแทน

4. ข้อควรคำนึง

4.1 หัววัดมีหลายเกรดให้เลือกใช้ เช่น เกรดที่ใช้งานทั่วไป (low cost/general grade) เกรดที่ใช้ในงานวิจัย (research/scientific grade) เกรดที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม (industrial/commercial grade) ซึ่งมีความแม่นยำ ความเที่ยงตรง ความคงทน มาตรฐานการผลิต ความน่าเชื่อถือ และระดับราคาที่แตกต่างกัน ผู้ใช้งานควรเลือกใช้ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานและความละเอียดของค่าที่ได้

4.2 การสอบเทียบในบทความนี้เป็นเพียงวิธีปรับแก้ข้อมูลที่ได้จากการวัดในภาคสนามให้อยู่ในฐานเดียวกันโดยเทียบกับหัววัดอ้างอิงที่กำหนดขึ้นเองตัวหนึ่ง เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหัววัดที่ใช้พร้อมกันหลายตัวได้อย่างมีระบบ ไม่ได้เป็นวิธีเพิ่มความเที่ยงตรงให้กับหัววัด ซึ่งถูกจำกัดด้วยเกรดของหัววัดชนิดของหัววัด วัสดุและเทคโนโลยีที่ใช้ของบริษัทผู้ผลิตหัววัด

4.3 หัววัดอ้างอิงควรเป็นหัววัดใหม่ที่ไม่เคยผ่านการใช้งานในภาคสนาม และเพิ่งจัดซื้อมาไม่นานนัก (ไม่เก่าเก็บ)

4.4 หัววัดแต่ละชนิดมีอายุใช้งานที่แตกต่างกัน ขึ้นกับเกรดของหัววัด ความถูกต้องของการใช้งาน ระยะเวลาที่ใช้งานอย่างต่อเนื่องในภาคสนาม และสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาหัววัดในช่วงที่ไม่ได้ใช้งาน โดยทั่วไปเมื่อมีการใช้งานต่อเนื่องในภาคสนาม หัววัดจะค่อยๆ เสื่อมสภาพ ทำให้ความถูกต้อง แม่นยำ ของค่าที่วัดได้ลดต่ำลงไปเรื่อยๆ จนหมดสภาพ ซึ่งควรซื้อใหม่ทดแทน

4.5 หัววัดแสงมีหลายแบบ ได้แก่

4.5.1 หัววัดแสงแบบ Pyranometer sensor (มีหน่วยเป็น $W m^{-2}$) วัดความเข้มแสงในช่วงความยาวคลื่น (λ) 280-2,800 nm นิยมใช้ตามสถานีอุตุนิยมวิทยา

4.5.2 หัววัดแสงแบบ Photometric sensor (มีหน่วยเป็น lux) วัดความสว่างที่สายตามนุษย์มองเห็น หัววัดตอบสนองต่อคลื่นสีเขียวได้ดีในช่วง 500-600 nm สูงสุดที่ λ 555 nm นิยมใช้ในการกำหนดให้แสงภายในห้อง/อาคาร โรงงานอุตสาหกรรม ในการถ่ายภาพ

4.5.3 หัววัดแสงแบบ Quantum sensor (มีหน่วยเป็น $\mu molPPF m^{-2} s^{-1}$) วัดความเข้มแสงในช่วงความยาวคลื่นที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง คือช่วงคลื่นแสงสีน้ำเงินกับสีแดง (λ 400-700 nm) ที่เรียกว่า photosynthetic photon flux, PPF



ภาพที่ 7 ตัวอย่างชนิดของหัววัดแสงของบริษัท LICOR ประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาพจาก www.licor.com)

หัววัดแสงทั้ง 3 แบบ มีรูปร่างลักษณะภายนอกที่คล้ายคลึงกัน และราคาไม่แตกต่างกันมากนัก (จากบริษัทผู้ผลิตเดียวกัน) ความแตกต่างสำคัญอยู่ที่การตอบสนองต่อแสง (spectral responsivity) ในช่วงคลื่นที่ต่างกัน ดังนั้น ในการใช้งาน จึงต้องเลือกใช้หัววัดแสงให้ถูกประเภทและตรงตามวัตถุประสงค์ของงาน ถ้าต้องการวัดความเข้มแสงที่พืชใช้งานในภาคสนาม (กลางแจ้ง/ในทรงพุ่ม) ในโรงเรือน หรือในห้องปฏิบัติการ ต้องเลือกใช้หัววัดแสงแบบ Quantum sensor เท่านั้น

4.6 หัววัดอุณหภูมิอากาศ (air temperature sensor) และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (air RH sensor) ของสถานีอากาศ ต้องบรรจุอยู่ในภาชนะกันรังสีแสง (radiation shield) เสมอ เพื่อป้องกันแสงแดดตกกระทบหัววัดโดยตรงหรือที่สะท้อนจากพื้นผิวอื่นมาที่หัววัด ซึ่งทำให้ตัวหัววัดเองร้อนขึ้น รวมทั้งป้องกันหัววัดเปียกจากฝนและละอองน้ำ จึงไม่ใช้การวัดค่าของอากาศจริง บริษัทผู้ผลิตสถานีอากาศ จะมีการออกแบบและเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติจำเพาะในการผลิตภาชนะกันรังสีแสง (ภาพที่ 8) การจัดซื้ออุปกรณ์วัดสภาพอากาศจึงต้องซื้อภาชนะกันรังสีควบคู่ไปด้วยเสมอ

ตลอดระยะเวลา 30 ปีที่คณะนักวิจัยของศูนย์ฯ ลงพื้นที่เพื่อให้บริการทางวิชาการแก่เกษตรกร นักวิจัย นักวิชาการ และภาคผลิตเอกชน มักพบเสมอว่า มีการเลือกใช้หัววัดแสงไม่ถูกประเภท หัววัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศไม่ได้บรรจุอยู่ในภาชนะกันรังสีแสง นอกจากนี้ยังพบว่า มีการผลิตภาชนะกันรังสีแสงเองโดยขาดความรู้ด้านวัสดุศาสตร์และการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพียงเพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย (ภาพที่ 9)



The Multi-Plate Radiation Shield protects temperature and relative humidity sensors from error-producing solar radiation and precipitation. This shield relies on a combination of plate geometry, material and natural ventilation to provide effective shielding.

INSTALLATION

The Multi-Plate Radiation Shield is designed to be mounted on a relatively flat open area. For best performance, the shield should be placed in a location with the following characteristics:

- Good air circulation around shield.
- Away from large masses (asphalt, masts, solar panels) especially metal items.
- Away from building exhaust vents, electrical machinery and motors.
- Away from standing water, water fountains and sprinklers.

Radiation Error: 1080 W/m² intensity
 0.4°C (0.7°F) RMS @ 3 m/s (6.7 mph)
 0.7°C (1.3°F) RMS @ 2 m/s (4.5 mph)
 1.5°C (2.7°F) RMS @ 1 m/s (2.2 mph)

Construction:
 UV stabilized white thermoplastic plates.
 Stainless Steel Plate Studs.
 Aluminum mounting bracket, white powder coated.
 Stainless steel U-bolt mounting clamp.

ภาพที่ 8 ภาชนะกันรังสีแสง (radiation shield) มีการออกแบบและเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติจำเพาะในการผลิต



หัววัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไม่ได้บรรจุอยู่ในภาชนะกันรังสีแสง

ดัดแปลงเปลี่ยนภาชนะกันรังสีแสงเป็นกล่องโลหะ

ภาพที่ 9 ตัวอย่างการติดตั้งหัววัด และภาชนะกันรังสีแสงที่ไม่ถูกต้อง

5. ตัวอย่างประสบการณ์การใช้งานหัววัดในงานวิจัย

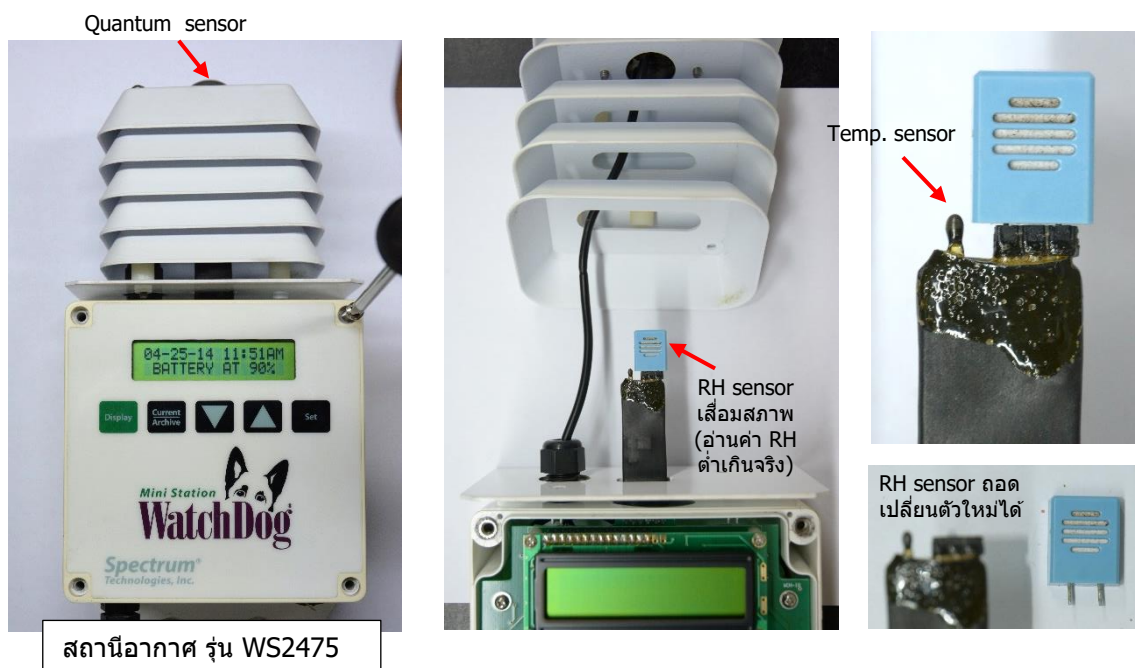
จากประสบการณ์ในการใช้สถานีอากาศของบริษัท Spectrum technologies ในหลายรุ่น ได้แก่ Watchdog 900ET, WS2475, WD1650 ในจำนวนไม่ต่ำกว่าร้อยละ เพื่อใช้ในงานวิจัยภาคสนามในหลายโครงการของห้องปฏิบัติการชีวฟิสิกส์ของพืช อย่างต่อเนื่องตลอด 30 ปีที่ผ่านมา พบว่า

5.1 หัววัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (RH sensor) ที่ติดตั้งอยู่ในภาชนะกันรังสีแสง (radiation shield) ของสถานีอากาศ (ภาพที่ 10) มีอายุการใช้งานสั้นเพียง 1-2 ปีเท่านั้น หลังจากนั้นจะอ่านค่าได้ต่ำกว่าหัววัดที่ซื้อใหม่ จึงแนะนำให้ซื้อ RH sensor เป็นอะไหล่เปลี่ยนใหม่ทุกปี

5.2 หัววัดอุณหภูมิอากาศ (air temperature sensor) ซึ่งเป็นขดลวดวัดอุณหภูมิ (thermocouple) ที่ติดตั้งอยู่ในภาชนะกันรังสีแสง (radiation shield) ของสถานีอากาศ (ภาพที่ 10) อ่านค่าได้ใกล้เคียงกับหัววัดที่ซื้อใหม่ตลอดอายุการใช้งานหลายปี แต่ควรตรวจสอบสภาพและเช็ดทำความสะอาดคราบสกปรกที่เกาะขดลวดวัดอุณหภูมิอย่างระมัดระวัง ปีละ 1 ครั้ง

5.3 หัววัดความเข้มแสง (quantum sensor) เมื่อใช้งานต่อเนื่องในภาคสนาม จะอ่านค่าถดถอยตามอายุการใช้งาน เช่น ปีที่ 1 อ่านความเข้มแสงแดดได้ต่ำกว่าหัววัดมาตรฐาน 3-5% ปีที่ 2 ต่ำกว่า 5-10% ปีที่ 3 ต่ำกว่า 10-20% ปีที่ 4-5 ต่ำกว่า 40-50% ควรทำการสอบเทียบกับหัววัดใหม่ทุกปี และไม่ควรรู้ใช้เกิน 3 ปี

5.4 สถานีอากาศของบริษัท Spectrum technologies เป็นเกรดที่ใช้ในงานวิจัย (research/scientific grade) ในระดับเริ่มต้น (entry level) ทำให้มีราคาสมเหตุสมผล ไม่สูงจนเกินไปนัก ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ น่าเชื่อถือ ในปริมาณและคุณภาพที่คุ้มค่าการลงทุนสำหรับใช้ในงานที่มีระยะเวลา 1-2 ปี ในการทำงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง ขอแนะนำให้จัดซื้อสถานีอากาศชุดใหม่ทดแทนทุก 2-3 ปี



ภาพที่ 10 การตรวจสอบสภาพหัววัดอุณหภูมิอากาศ (air temperature sensor) และการเปลี่ยนหัววัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (RH sensor) ที่ติดตั้งอยู่ในภาชนะกันรังสีแสง (radiation shield) ของสถานีอากาศรุ่น WS2475 ที่ผ่านการใช้งานในภาคสนามแล้ว 1 ปี

เอกสารอ้างอิง

LI-COR Inc., 1999. LI-1401 Agro-Meteorological Station - Operating and Assembly Manual. 40 p.

LI-COR Inc., 2017. LI-COR Light Measurement Brochure. <https://www.licor.com>.

Spectrum technologies Inc., 2017. 2017 International Catalog. <http://www.specmeters.com>.