

ผลการวิเคราะห์ Cu ผลการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการในเครือข่ายแตกต่างกันในช่วงกว้าง โดยมีผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงต่างประเทศค่อนข้างต่ำ ทางโครงการฯ ไม่สามารถระบุได้ว่าผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการใดผิดปกติ (ตารางที่ 5-1 5-2 และ 5-4) เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันพบว่า มีค่ากลางเท่ากับ 3.8 mg/kg และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 mg/kg

ผลการวิเคราะห์ Zn ผลการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการในเครือข่ายแตกต่างกันในช่วงกว้างเช่นเดียวกับทองแดง โดยมีผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงทั้งสองอยู่ในช่วงเดียวกับผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย ดังนั้นจึงเมื่อจะระบุได้ว่าผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการใดผิดปกติ (ตารางที่ 5-1 5-2 และ 5-4) เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันพบว่า มีค่ากลางเท่ากับ 1.0 mg/kg และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.2 mg/kg

- ตัวอย่างอ้างอิงที่ 3 (K1) : จากผลการวิเคราะห์ 10 – 26 ครั้ง พบว่า

ค่ากลางของ Fe แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	7.8 – 12.3	mg/kg
ค่ากลางของ Mn แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	1.5 – 1.8	mg/kg
ค่ากลางของ Cu แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	0.35 – 0.43	mg/kg
ค่ากลางของ Zn แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	0.23 – 0.80	mg/kg

ผลการวิเคราะห์ Fe ผลการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการในเครือข่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงทั้งสองมาประกอบการพิจารณาพบว่า ห้องปฏิบัติการที่ 03 มีผลการวิเคราะห์ที่สูงผิดปกติ และห้องปฏิบัติการอ้างอิงต่างประเทศมีผลการวิเคราะห์ที่ต่ำผิดปกติ (ตารางที่ 5-1 5-2 และ 5-5) ทางโครงการฯ จึงตัดข้อมูลของทั้งสองห้องปฏิบัติการออก เมื่อนำข้อมูลที่เหลือมารวมกันและคำนวณค่ารับรองพบว่า มีค่ากลางเท่ากับ 8.7 mg/kg และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.1 mg/kg

ผลการวิเคราะห์ Mn ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายและห้องปฏิบัติการอ้างอิงทั้งสองมีค่าอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5-1 5-2 และ 5-5) เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันและคำนวณค่ารับรองพบว่า มีค่ากลางเท่ากับ 1.6 mg/kg และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.2 mg/kg

ผลการวิเคราะห์ Cu ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงต่างประเทศมีค่าต่ำผิดปกติ (ตารางที่ 5-1 5-2 และ 5-5) ทางโครงการฯ จึงตัดข้อมูลของห้องปฏิบัติการนี้ออก เมื่อนำข้อมูลที่เหลือมารวมกันและคำนวณค่ารับรองพบว่า มีค่ากลางเท่ากับ 0.38 mg/kg และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.05 mg/kg

ผลการวิเคราะห์ Zn ผลการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการในเครือข่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงทั้งสองมาประกอบการพิจารณาพบว่า ห้องปฏิบัติการที่ 02 มีผลการวิเคราะห์ที่สูงผิดปกติ (ตารางที่ 5-1 5-2 และ 5-5) ทางโครงการฯ จึงตัดข้อมูลของห้องปฏิบัติการนี้ออก เมื่อนำข้อมูลที่เหลือมารวมกันและคำนวณค่ารับรองพบว่า มีค่ากลางเท่ากับ 0.27 mg/kg และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.07 mg/kg

- ตัวอย่างอ้างอิงที่ 4 (Kb) : จากผลการวิเคราะห์ 19-29 ครั้ง พบว่า

ค่ากลางของ Fe แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	41 - 84	mg/kg
ค่ากลางของ Mn แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	0.8 - 1.1	mg/kg
ค่ากลางของ Cu แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	0.13 - 0.26	mg/kg
ค่ากลางของ Zn แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	0.10 - 1.02	mg/kg

ผลการวิเคราะห์ Fe ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายแตกต่างกันน้อยในซังกว้างมาก โดยค่าสูงสุดและต่ำสุดแตกต่างกันกว่า 2 เท่า เมื่อนำผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงมารวมพิจารณาพบว่า ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการที่ 04 สูงผิดปกติ (ตารางที่ 5-1 5-2 และ 5-6) ทางโครงการฯ จึงตัดข้อมูลของห้องปฏิบัติการนี้ออก เมื่อนำข้อมูลที่เหลือมารวมกันและคำนวณค่ารับรองพบว่า มีค่ากลางเท่ากับ 53 mg/kg และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11 mg/kg

ผลการวิเคราะห์ Mn ผลการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการในเครือข่ายแปรปรวนอยู่ในช่วงกว้าง ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงทั้งสองค่อนข้างไปทางสูงเมื่อเทียบกับห้องปฏิบัติการในเครือข่าย แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการใดผิดปกติ (ตารางที่ 5-1 5-2 และ 5-6) เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันและคำนวณค่ารับรองพบว่า มีค่ากลางเท่ากับ 0.9 mg/kg และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.1 mg/kg

ผลการวิเคราะห์ Cu ผลการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการแปรปรวนอยู่ในช่วงกว้าง แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าห้องปฏิบัติการใดมีผลการวิเคราะห์ผิดปกติ เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมารวมกันและคำนวณค่ารับรองพบว่า มีค่ากลางเท่ากับ 0.19 mg/kg และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.04 mg/kg

ผลการวิเคราะห์ Zn ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการที่ 02 สูงกว่าผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอื่นทั้งในเครือข่ายและห้องปฏิบัติการอ้างอิงอย่างเห็นได้ชัด ทางโครงการฯ จึงตัดข้อมูลของห้องปฏิบัติการนี้ออก เมื่อนำข้อมูลที่เหลือมารวมกันและคำนวณค่ารับรองพบว่า มีค่ากลางเท่ากับ 0.11 mg/kg และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.03 mg/kg

• ตัวอย่างอ้างอิงที่ b (Ba) : จากผลการวิเคราะห์ 18 - 26 ครั้ง พบว่า

ค่ากลางของ Fe แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	10 - 80	mg/kg
ค่ากลางของ Mn แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	4.8 - 19.5	mg/kg
ค่ากลางของ Cu แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	0.06 - 0.50	mg/kg
ค่ากลางของ Zn แต่ละห้องปฏิบัติการอยู่ในช่วง	0.07 - 1.23	mg/kg

ผลการวิเคราะห์ธาตุทั้งสี่ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายพบว่า มีความแปรปรวนสูงมากทั้งภายในแต่ละห้องปฏิบัติการ และระหว่างห้องปฏิบัติการ ทำให้ไม่สามารถจัดทำค่ารับรองให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ทางโครงการฯ กำหนดไว้ได้ (ความแปรปรวน (CV) ไม่มากกว่า 10 - 15 %)

4.1.9 ไบรอน มีเพียงห้องปฏิบัติการที่ 03 เพียงห้องปฏิบัติการเดียวที่วิเคราะห์ไบรอน และผลการวิเคราะห์ต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงต่างประเทศอย่างมีนัยสำคัญ ทางโครงการฯ จึงไม่จัดทำค่ารับรองเช่นกัน เนื่องจากไม่มีข้อมูลมากพอที่จะนำมาเปรียบเทียบ

4.2 การร่วมทดสอบตัวอย่างพืช : การร่วมทดสอบตัวอย่างพืชได้ดำเนินการเช่นเดียวกับการร่วมทดสอบตัวอย่างดิน โดยได้จัดส่งตัวอย่างอ้างอิงที่ทางโครงการฯ จัดทำขึ้น (รายละเอียดการจัดทำ) ปรากฏในบทที่ 4) ให้แก่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักทุกห้องปฏิบัติการ ทำการวิเคราะห์พร้อมกับการให้ผลการตามปกติ โดยกำหนดเป้าหมายว่าควรวิเคราะห์ให้มีจำนวนครั้งมากกว่า 20 ครั้ง เพื่อให้มีข้อมูลมากพอที่จะนำมาประมวลผลทางสถิติได้ หลังเสร็จสิ้นงวดที่ 3 ทางโครงการฯ ได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ ในกรณีที่พบข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ทางโครงการฯ ได้กำหนดให้ห้องปฏิบัติการนั้นๆ ค้นหาข้อบกพร่อง ปฏิบัติการวิเคราะห์เพิ่มเติมจนได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และจัดทำข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือต่ำออก ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงในตารางที่ 5-9

เพื่อให้เกิดความมั่นใจในผลการวิเคราะห์มากขึ้น ทางโครงการฯ ได้จัดส่งตัวอย่างอ้างอิงเดียวกันไปให้ห้องปฏิบัติการอื่นที่นำเชื้อดินนอกโครงการฯ ทำการวิเคราะห์แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย ทางโครงการฯ ได้แบ่งตัวอย่างอ้างอิงออกเป็น 3 ตัวอย่างย่อย ก่อนส่งให้ห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศ และแบ่งตัวอย่างอ้างอิงออกเป็น 2 ตัวอย่างย่อย ก่อนส่งให้ห้องปฏิบัติการอ้างอิงต่างประเทศ ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงทั้งสองแสดงในตารางที่ 5-8 ความแม่นยำโดยทั่วไปของห้องปฏิบัติการทั้งสองอยู่ในเกณฑ์ดี (df น้อยกว่า 10%) ยกเว้นผลการวิเคราะห์สังกะสีของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศ ซึ่งพบว่ามีค่าความแปรปรวนสูง และห่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงต่างประเทศมาก

ตารางที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชอ้างอิงตัวอย่างเดียวกัน สำหรับห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศ (Thai) ทางโครงการฯ ได้แบ่งตัวอย่างอ้างอิงออกเป็น 3 ตัวอย่างย่อย และห้องปฏิบัติการอ้างอิงต่างประเทศ (CIRAD ประเทศฝรั่งเศส) ทางโครงการฯ ได้แบ่งตัวอย่างอ้างอิงออกเป็น 2 ตัวอย่างย่อย

Parameter	Unit	Thai					CIRAD			
		1	2	3	mean	df (%)	1	2	mean	df (%)
N	%	1.82	1.82	1.82	1.82	0.00	1.917	1.877	1.897	2.11
P	%	0.12	0.12	0.12	0.12	0.00	0.13	0.13	0.13	0.00
K	%	0.50	0.51	0.52	0.51	3.92	0.563	0.561	0.562	0.36
Ca	%	0.95	0.98	0.99	0.97	4.11	1.000	1.005	1.003	0.50
Mg	%	0.23	0.24	0.24	0.24	4.23	0.255	0.254	0.255	0.39
S	%						0.199	0.203	0.201	1.99
Fe	mg/kg	86.8	86.1	85.1	86.0	1.98	97.3	104.5	100.9	7.14
Mn	mg/kg	1,094	1,111	1,139	1,115	4.04	1286.8	1242.4	1264.6	3.51
Cu	mg/kg						9.6	8.9	9.3	7.57
Zn	mg/kg	22.9	26.5	28.5	26.0	21.57	13.1	13.2	13.2	0.76
B	mg/kg						28.7	28.3	28.5	1.40

หมายเหตุ df = 100(max - min)/mean.

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชอ้างอิงของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเมื่อเทียบกับห้องปฏิบัติการอ้างอิงเป็นดังนี้

- **ไนโตรเจน (N)** : ค่ากลางที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักวิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 1.55 – 1.78 % โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) อยู่ในช่วง 1.62 – 8.54 % (ตารางที่ 5-9) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศและต่างประเทศ มีค่ากลางเป็น 1.82 % และ 1.89 % ตามลำดับ (ตารางที่ 5-8) ทุกห้องปฏิบัติการได้ผลการวิเคราะห์ต่ำกว่าของห้องปฏิบัติการอ้างอิง จากการสำรวจห้องปฏิบัติการพบว่า ห้องปฏิบัติการที่ 02 ย่อยตัวอย่างพืชด้วยวิธี Kjeldahl เช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการอื่นๆ ในเครือข่าย แต่ไม่สามารถรายงานที่ได้วิเคราะห์ความเข้มข้นของ NH_4^+ ด้วยวิธี auto-analyzer ในขณะที่ห้องปฏิบัติการอื่นๆ วิเคราะห์ด้วยวิธีกลั่นและไทเทรต ห้องปฏิบัติการอ้างอิงต่างประเทศ (CIRAD) วิเคราะห์ด้วยวิธี CN autoanalyser (Dumas's method) ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะรวมไนโตรเจนที่อยู่ในรูปพันธะ N-O เช่น NO_2 ด้วย ค่าที่วิเคราะห์ได้จึงสูงกว่าห้องปฏิบัติการอื่นๆ ในประเทศไทย
- **ฟอสฟอรัส (P)** : ค่ากลางที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักวิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 0.12 – 0.14 % โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) อยู่ในช่วง 2.55 – 12.10 % (ตารางที่ 5-9) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศและต่างประเทศมีค่ากลางเป็น 0.12 % และ 0.13 % ตามลำดับ (ตารางที่ 5-8) ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการทุกแห่งแปรปรวนอยู่ในช่วงแคบๆ ยกเว้นห้องปฏิบัติการที่ 02 ซึ่งมีค่า CV สูงถึง 12.1 %
- **โพแทสเซียม (K)** : ค่ากลางที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักวิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 0.42 – 0.64 % โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) อยู่ในช่วง 1.01 – 14.98 % (ตารางที่ 5-9) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศและต่างประเทศมีค่ากลางเป็น 0.51 % และ 0.562 % ตามลำดับ (ตารางที่ 5-8)
- **แคลเซียม (Ca)** : ค่ากลางที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักวิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 0.91 – 1.12 % โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) อยู่ในช่วง 4.22 – 9.62 % (ตารางที่ 5-9) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศและต่างประเทศมีค่ากลางเป็น 0.97 % และ 1.003 % ตามลำดับ (ตารางที่ 5-8)
- **แมกนีเซียม (Mg)** : ค่ากลางที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักวิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 0.24 – 0.27 % โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) อยู่ในช่วง 1.50 – 8.20 % (ตารางที่ 5-9) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศและต่างประเทศมีค่ากลางเป็น 0.24 % และ 0.255 % ตามลำดับ (ตารางที่ 5-8)
- **กำมะถัน (S)** : มีห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักเพียง 3 ห้องปฏิบัติการเท่านั้นที่วิเคราะห์กำมะถันในตัวอย่างพืช ห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศที่โครงการฯ นำผลมาใช้อ้างอิงก็ไม่ได้ มีการวิเคราะห์กำมะถันเช่นกัน ค่ากลางที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักวิเคราะห์ได้ก็อยู่ในช่วง 0.17 – 0.26 % โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) อยู่ในช่วง 8.39 – 54.22 % (ตารางที่ 5-9) การเปรียบเทียบระหว่างห้องปฏิบัติการไม่

สามารถบอกได้ว่าค่าของห้องปฏิบัติการใดมีค่าที่ดี แต่เมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ของ CIRAD พบว่า ห้องปฏิบัติการที่ 04 มีผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างไปมากที่สุด

- **เหล็ก (Fe) :** ค่ากลางที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักวิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 103.2 – 117.7 mg/kg โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) อยู่ในช่วง 4.0 – 16.1 % (ตารางที่ 5-9) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศและต่างประเทศมีค่ากลางเป็น 86 mg/kg และ 100.9 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 5-8) ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอื่นอย่างมีนัยสำคัญ
- **แมงกานีส (Mn) :** ค่ากลางที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักวิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 1,052 – 1,309 mg/kg โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) อยู่ในช่วง 2.8 – 8.0 % (ตารางที่ 5-9) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศและต่างประเทศมีค่ากลางเป็น 1,114 mg/kg และ 1,264 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 5-8)
- **ทองแดง (Cu) :** ค่ากลางที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักวิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 8.7 – 10.2 mg/kg โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) อยู่ในช่วง 5.5 – 18.7 % (ตารางที่ 5-9) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงต่างประเทศมีค่ากลางเป็น 9.3 mg/kg ส่วนห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศไม่ได้มีการวิเคราะห์ (ตารางที่ 5-8)
- **สังกะสี (Zn) :** ค่ากลางที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักวิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 11.1 – 14.7 mg/kg โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) อยู่ในช่วง 8.5 – 17.7 % (ตารางที่ 5-9) ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศและต่างประเทศมีค่ากลางเป็น 26.0 mg/kg และ 13.2 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 5-8) ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงในประเทศแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอื่นอย่างมีนัยสำคัญ
- **โบรอน (B) :** ห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์โบรอนในพืชมีเพียง 2 ห้องปฏิบัติการ และทำการวิเคราะห์น้อยครั้ง อย่างไรก็ตามพบว่า ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอ้างอิงต่างประเทศ (ตารางที่ 5-8 และ 5-9)

ตารางที่ 5-9 ผลการวิเคราะห์ด้วยกึ่งพิสัยอ้างอิงตัวอย่างเดียวกันของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก 6 ห้องปฏิบัติการ
ค่าที่แสดงเป็นผลการวิเคราะห์จำนวน n ครั้ง และตัดค่าที่ไม่ใช่ข้อก๊อออกแล้ว

Parameter	Unit	Lab01			Lab02			Lab03		
		mean	CV(%)	n	mean	CV(%)	n	mean	CV(%)	n
N	%	1.71	6.01	20	1.73	2.44	23	1.78	8.54	18
P	%	0.12	6.30	20	0.12	12.10	18	0.14	2.55	25
K	%	0.47	9.61	20	0.64	3.56	31	0.49	1.01	25
Ca	%	1.11	9.62	20	1.08	8.31	13	0.98	4.34	25
Mg	%	0.27	6.16	20	0.26	5.71	28	0.25	1.50	25
S	%									
Fe	mg/kg	112.9	4.0	20	111.4	9.2	18	103.2	16.1	20
Mn	mg/kg	1,117	6.0	20	1,309	8.0	17	1,059	2.8	20
Cu	mg/kg	9.7	8.8	20	9.7	11.2	16	8.9	5.5	20
Zn	mg/kg	13.0	11.7	20	14.7	17.7	15	11.1	8.7	20
B	mg/kg							28.0	15.4	3

Parameter	Unit	Lab04			Lab05			Lab06		
		mean	CV(%)	n	mean	CV(%)	n	mean	CV(%)	n
N	%	1.55	2.98	25	1.77	1.62	46	1.74	2.53	32
P	%	0.14	3.14	24	0.13	4.13	46	0.12	3.23	32
K	%	0.42	14.98	24	0.50	6.49	46	0.49	12.14	32
Ca	%	0.91	4.22	22	0.99	5.70	46	1.12	8.31	32
Mg	%	0.24	8.20	24	0.25	4.71	46	0.24	4.98	32
S	%	0.17	54.22	20	0.24	8.39	28	0.26	15.48	32
Fe	mg/kg	117.7	7.9	25	102.8	7.3	40	110.0	6.4	20
Mn	mg/kg	1,084	4.4	22	1,117	5.8	40	1,052	3.3	20
Cu	mg/kg	10.2	9.1	23	10.2	8.9	40	8.7	17.7	20
Zn	mg/kg	14.6	6.5	22	12.1	11.2	28	12.5	10.3	20
B	mg/kg				24.5	8.7	2			

5. การทดสอบประสิทธิภาพ (performance test)

โครงการ ได้สมัครเป็นสมาชิก Wageningen Evaluating Programmes for Analytical Laboratory (WEPAL) ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2545 โดยใช้รหัส Thadabnet ทางโครงการ จะต้องชำระค่าสมาชิกเพื่อการทดสอบประสิทธิภาพทั้งดินและพืชรวมกันในปี 2545 เป็นเงิน 900 ยูโรปี (ประมาณ 36,900 บาท/ปี) ในปี 2546 เป็นเงิน 950 ยูโรปี (ประมาณ 40,850 บาท/ปี) และในปี 2547 เป็นเงิน 970 ยูโรปี (ประมาณ 43,650 บาท/ปี) จะเห็นได้ว่า WEPAL เพิ่มอัตราค่าสมาชิกทุกปี ทำให้ทางโครงการ มีภาระการเงินในส่วนนี้สูงมากประมาณที่เสนอขอต่อ สว. มาก เนื่องจากเสนอขอโดยใช้อัตราสมาชิกปี 2543 WEPAL กำหนดให้สมาชิกจะต้องทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ปีละ 4 ครั้ง ในแต่ละครั้งทางโครงการ ได้รับตัวอย่างดิน 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 100 กรัม และตัวอย่างพืช 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 20 กรัม ปริมาณตัวอย่างที่ได้รับไม่เพียงพอที่จะกระจายให้ทุกห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ดังนั้นทางโครงการ จึงได้ใช้วิธีหมุนเวียนกันทดสอบตามความพร้อมของห้องปฏิบัติการนั้นๆ ทางโครงการได้เข้าร่วมทดสอบประสิทธิภาพกับเครือข่ายนานาชาติทั้งหมด 9 ชาติ (ทดสอบตามภาพการเป็นสมาชิกในเดือนธันวาคม 2547) และห้องปฏิบัติการได้รับการทดสอบอย่างน้อย 1 ชาติ ส่วนในครั้งที่ 2 เข้าร่วมทดสอบด้วยความสมัครใจของห้องปฏิบัติการนั้นๆ เนื่องจากหมดระยะเวลาดำเนินการโครงการ ลำดับการทดสอบเป็นดังนี้

- วันที่ 4/2002 วิเคราะห์ตัวอย่างดินโดยห้องปฏิบัติการที่ 04 และวิเคราะห์ตัวอย่างพืชโดยห้องปฏิบัติการที่ 02
- วันที่ 1/2003 วิเคราะห์ทั้งตัวอย่างดินและพืชโดยห้องปฏิบัติการที่ 05
- วันที่ 2/2003 วิเคราะห์ทั้งตัวอย่างดินและพืชโดยห้องปฏิบัติการที่ 06
- วันที่ 3/2003 วิเคราะห์ทั้งตัวอย่างดินและพืชโดยห้องปฏิบัติการที่ 01
- วันที่ 4/2003 วิเคราะห์ทั้งตัวอย่างดินและพืชโดยห้องปฏิบัติการที่ 03
- วันที่ 1/2004 วิเคราะห์ตัวอย่างดินโดยห้องปฏิบัติการที่ 02 และวิเคราะห์ตัวอย่างพืชโดยห้องปฏิบัติการที่ 04
- วันที่ 2/2004 วิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชโดยห้องปฏิบัติการละ 2 ตัวอย่าง โดยห้องปฏิบัติการที่ 05 และห้องปฏิบัติการที่ 06
- วันที่ 3/2004 วิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชอย่างละละ 2 ตัวอย่าง โดยห้องปฏิบัติการที่ 01 วิเคราะห์ตัวอย่างดิน 2 ตัวอย่าง โดยห้องปฏิบัติการที่ 04 และพืช 2 ตัวอย่างโดยห้องปฏิบัติการที่ 02
- วันที่ 4/2004 วิเคราะห์ตัวอย่างดิน 4 ตัวอย่าง โดยห้องปฏิบัติการที่ 03 และวิเคราะห์ตัวอย่างพืช 1 ตัวอย่าง โดยห้องปฏิบัติการที่ 05

การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ที่สามารถเขียนได้ทุกวิธีวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายสามารถวิเคราะห์ได้ ส่วนการวิเคราะห์ดินไม่สามารถเขียนวิธีวิเคราะห์ Fe Mn Cu และ Zn ได้ เนื่องจาก WEPAL ไม่ได้กำหนดให้วิธี DTPA เป็นวิธีทดสอบประสิทธิภาพของเครือข่าย

5.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์งวดที่ 4/2002

การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ตัวอย่างดินงวดที่ 4/2002 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการที่ 04 ผลการวิเคราะห์พบว่าแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอื่นเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ 10 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 28 ค่า (ร้อยละ 36.7) การวิเคราะห์ดินของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่าเป็นความถูกต้องแม่นยำมี 3 รายการ คือ ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์คาร์บอน และเคลเซียม (ตารางที่ 5-10 บน)

การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชงวดที่ 4/2002 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการที่ 02 ผลการวิเคราะห์พบว่าแตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอื่นเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ 36 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 48 ค่า (ร้อยละ 75) การวิเคราะห์พืชของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่าเป็นความถูกต้องแม่นยำมีเพียง 1 รายการ คือ การวิเคราะห์เมกานีส (ตารางที่ 5-10 ล่าง)

ตารางที่ 5-10 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์งวดที่ 4/2002 ตารางบน คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ส่วนตารางล่าง คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช Labnet หมายถึงผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย หรือ median หมายถึงค่า median ของผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย WEPAI หลังจากตัดค่าที่มีความเบี่ยงเบนสูง (outliner) ออกแล้ว

Soil Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
pH in H ₂ O		6.78**	7.50	3.31**	3.89	7.06**	7.65	5.31**	6.00
EC 1:5	mS/m	28.7	28.7	9.26	8.89	27.9	27.1	13.9	13.3
Org. C	g/kg	28.5	28.7	47.9	52.2	19.4	17.9	13.1	12.9
Bray II P	mg-P/kg	110.4	59.3	6.02	5.53	55.19**	4.03	23.3**	8.0
NH ₄ OAc Na	cmol(+)/kg								
NH ₄ OAc K	cmol(+)/kg	0.34	0.38	0.08	0.10	0.08**	0.82	0.22	0.22
NH ₄ OAc Ca	cmol(+)/kg	32.3	32.2	0.16	0.15	35.3	35.7	7.79	7.89
NH ₄ OAc Mg	cmol(+)/kg	0.14**	1.67	0.00	0.08	0.18**	1.88	0.06**	0.65
CEC	cmol(+)/kg								
Hot water B	mg/kg								

Plant Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
Kj-N	mmol/kg	1840**	2857	1197**	1922	1080**	1857	1273**	2089
P	mmol/kg	116**	123	113**	75.6	194**	139	161**	124
K	mmol/kg	2375**	1550	1025**	677	2196**	1364	748**	667
Ca	mmol/kg	301	317	463**	572	403	407	104	137
Mg	mmol/kg	95**	130	47.5**	67.1	106**	150	50.1**	82.3
S	mmol/kg	56**	105	34.9**	92.7	36.2**	71.1	54**	103
Na	mmol/kg	34.5**	24.6	15.69**	8.69	214**	158	180**	145
Fe	mg/kg	173**	251	178**	229	95**	175	381**	509
Mn	mg/kg	51.7	48.4	43.5	40.1	92.5	90.6	77.1	79.6
Cu	mg/kg	7.4**	10.4	5.14	4.3	5.09	4.40	5.68**	7.5
Zn	mg/kg	21.3**	42.6	11.9**	20.0	32.3**	54.8	18.0**	33.0
B	mg/kg	31.0	32.2	30.00	34.40	30.00	31.80	8.00**	9.55

หมายเหตุ * หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ (warning range)

** หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ

5.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 1/2003

การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 1/2003 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการที่ 05 ทั้งตัวอย่างดินและพืช ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่า แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างน้อย 8 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 36 ค่า (ร้อยละ 22) การวิเคราะห์ดินของห้องปฏิบัติการนี้ถือว่ามีความถูกต้องแม่นยำ 8 รายการ คือ ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจน แคลเซียม แมกนีเซียม และ CEC (ตารางที่ 5-11 บน)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชพบว่า แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างน้อย 17 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 48 ค่า (ร้อยละ 35) การวิเคราะห์พืชของห้องปฏิบัติการนี้ถือว่ามีความถูกต้องแม่นยำ 4 รายการ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และโบรอน (ตารางที่ 5-11 ล่าง)

ตารางที่ 5-11 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 1/2003 ตบตรงกัน คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ส่วนตารางล่าง คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช Labnet หมายถึงผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก median หมายถึงค่า median ของผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย WEPAI หลังจากตัดค่าที่มีความเบี่ยงเบนสูง (outlier) ออกแล้ว

Soil Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
pH in H ₂ O		7.10	7.49	5.00	5.10	7.20**	8.10	6.80**	7.52
EC 1:5	mS/m	17.7	18.2	27.1	28.7	14.6	16.1	28.6	29.9
Org.C	g/kg	34.9	33.1	9.74	8.65	7.42	6.49	31.3	29.0
Bray II P	mg-P/kg	120.3	81.9	21.3	15.5	37.30**	0.90	114.0**	31.9
NH ₄ OAc Na	cmol(-)/kg	0.64**	0.26	0.51**	0.13	0.51**	0.12	0.56**	0.19
NH ₄ OAc K	cmol(+)/kg	0.44	0.45	0.36	0.34	0.26	0.26	0.33	0.38
NH ₄ OAc Ca	cmol(+)/kg	28.0	29.7	0.96	1.07	37.4	38	33.2	33.4
NH ₄ OAc Mg	cmol(+)/kg	1.48	1.66	0.36	0.34	1.06	1.09	1.54	1.57
CEC	cmol(+)/kg	11.2	16.6	2.60	3.37	16.7	17.8	13.3	18.4
Hot water B	ug/kg								

Plant Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
Kj-N	mmol/kg	242	243	1213	1176	1941	1915	2099	2081
P	mmol/kg	24.5	25.5	58.1	58.2	74.3	75.5	118	124
K	mmol/kg	272	256	755**	887	613**	678	614	665
Ca	mmol/kg	86**	108	668	662	570	567	128	137
Mg	mmol/kg	25.5	24.8	93.0	90.5	67.0	66.8	83.9	82.3
S	mmol/kg	40.5**	11.0	115.4**	37.0	146.6**	20.2	162**	33.0
Na	mmol/kg	33.5**	21.8	32.6	27.9	15.20**	8.99	89**	143
Fe	mg/kg	60.0	64.9	2255**	1082	274	228	998**	510
Mn	mg/kg	2.00**	6.90	42	44.9	35	40	74	79.6
Cu	mg/kg	4.00**	2.20	7.00**	5.31	5.00	4.35	9.00**	7.47
Zn	mg/kg	16.8**	11.1	40.3	37.0	19.0	20.2	38.3	33.0
B	mg/kg	2.00	3.07	22.0	23.8	31.0	34.4	9.00	9.73

หมายเหตุ * หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างน้อยสองตัว (warning range)

** หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างน้อยสามตัว

5.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 2/2003

การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 2/2003 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการที่ 06 ทั้งตัวอย่างดินและพืช ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่า แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ 7 ค่า (ร้อยละ 16) และอยู่ในข่ายน่าสงสัย 7 ค่า (ร้อยละ 16) การวิเคราะห์ดินของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่าเป็นความถูกต้องแม่นยำมี 4 รายการ คือ ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์คาร์บอน แมกนีเซียม และ CEC (ตารางที่ 5-12 บน)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชพบว่า แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ 8 ค่า (ร้อยละ 20) และอยู่ในข่ายน่าสงสัย 4 ค่า (ร้อยละ 10) การวิเคราะห์พืชของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่าเป็นความถูกต้องแม่นยำ 6 รายการ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีส (ตารางที่ 5-12 ล่าง)

ตารางที่ 5-12 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 2/2003 ตารางบน คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ส่วน

ตารางล่าง คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช Labnet หมายถึงผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก median หมายถึงค่า median ของผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย WEPAL หลังจากตัดค่าที่มีความเียงเบนสูง (outlier) ออกแล้ว

Soil Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
pH in H ₂ O		7.35	7.59	5.30*	5.67	4.40	4.71	7.20	7.41
pH in KCl		6.95	7.10	4.55*	4.70	4.10	4.20	6.85	7.02
EC 1:5	mS/m	28.45	28.6	5.21	6.05	6.19	7.21	17.71	17.2
Org.C	g/kg	15.56	13.8	18.16	15.9	15.96	13.9	36.24	35.1
Bray II P	mg-P/kg	321**	117	8.0	4.38	356.5**	170	247**	91.6
Olsen P	mg-P/kg	108*	88.5	5.0	3.32	157.5**	115	255.5**	174
NH ₄ OAc Na	cmol(+)/kg	0.35*	0.22	0.22**	0.04	0.14*	0.06	0.43**	0.25
NH ₄ OAc K	cmol(+)/kg	0.64*	0.59	0.26	0.26	0.16	0.16	0.47	0.45
NH ₄ OAc Ca	cmol(+)/kg	23.03	25.6	6.69*	5.41	0.28	0.3	22.61	25.3
NH ₄ OAc Mg	cmol(-)/kg	1.87	1.94	3.82	4.01	0.08	0.08	1.95	1.81
CEC	cmol(-)/kg	21.60	18.5	16.03	15.2	5.71	5.65	17.41	16.7

Plant Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
Kj-N	mmol/kg	17727.7	1736	1820.6	1910	806.8	836	999.5	1028
P	mmol/kg	126.24	139	66.51	75.8	40.68	48.5	57.15	65.8
K	mmol/kg	601.0	585	682.8	673	191.8	204	626.6	597
Ca	mmol/kg	688.6	695	586.3	572	45.4	46.6	296.9	287
Mg	mmol/kg	137.0	135	65.0	67.7	43.6	47.5	63.3	65.8
S	mmol/kg	124.1**	89.6	137.9**	92.6	35.2**	29.4	61.8**	39.0
Na	mmol/kg								
Fe	mg/kg	129*	155	176*	225	161*	193	179	207
Mn	mg/kg	212	213	38.7	40.2	108	123	18.7	20.2
Cu	mg/kg	1.4**	7.01	0.05**	4.31	5.7	6.58	5.1*	6.75
Zn	mg/kg	45.8**	58.5	12.5**	20.0	42.5	47.8	100.7	105
B	mg/kg								

หมายเหตุ * หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ (warning range)

** หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ

5.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 3/2003

การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 3/2003 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการที่ 01 ผลการวิเคราะห์ดินพบว่า ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการอื่นในเครือข่ายนานาชาติ ยกเว้นผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสตัวอย่างที่ 1 และ 2 การวิเคราะห์ดินของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่า มีความถูกต้องแม่นยำ มี 6 รายการ คือ pH ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์คาร์บอน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (ตารางที่ 5-13 บน)

การทดสอบผลการวิเคราะห์ที่พืชพบว่า มีความแตกต่างจากห้องปฏิบัติการอื่นในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ 5 ค่า (ร้อยละ 14 ของจำนวนวิเคราะห์ทั้งหมด) (ตารางที่ 5-13 ล่าง) อย่างไรก็ตาม ในครั้งที่ 3/2003 ไม่ได้ทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์โซเดียมและกำมะถัน ซึ่งเป็นธาตุที่มีปัญหาในงวดก่อนๆ การวิเคราะห์พืชของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่ามีความถูกต้องแม่นยำ 5 รายการ คือ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และแมงกานีส

ตารางที่ 5-13 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 3/2003 ตารางบน คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ส่วนตารางล่าง คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช Labnet หมายถึงผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก median หมายถึงค่า median ของผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย WEPAL หลังจากตัดค่าที่มีความเบี่ยงเบนสูง (outliner) ออไปแล้ว

Soil Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
pH in H ₂ O		5.78	5.93	7.32	7.45	5.52	5.40	3.86	3.87
EC 1:5	mS/m	11.2	11.9	17.5	17.1	7.38	7.39	10.30	9.67
Org.C	g/kg	21.9	21.9	35.7	34.0	23.2	16.8	56.6	51.7
Bray II P	mg-P/kg	154.8**	42.7	247.8**	89.7	336	324	12.4	11.1
NH ₄ OAc Na	cmol(+)/kg								
NH ₄ OAc K	cmol(-)/kg	0.89	1.04	0.36	0.44	0.18	0.20	0.06	0.09
NH ₄ OAc Ca	cmol(+)/kg	22.4	21.9	25.5	26.0	2.25	2.51	0.19	0.16
NH ₄ OAc Mg	cmol(+)/kg	8.3	11.3	1.38	1.68	0.27	0.29	0.08	0.07
CEC	cmol(+)/kg								
Hot water B	ug/kg								

Plant Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
Kj-N	mmol/kg	1934	1907	2127**	1850	1113**	928	763	793
P	mmol/kg	70.7	75.3	120	141	39.7	45.2	57.8	64.7
K	mmol/kg	636	671	1230	1357	222	230	128	138
Ca	mmol/kg	626**	570	451**	404	59.6*	66.3	399	370
Mg	mmol/kg	65.4	67.1	141	150	56.8	55.8	51.4	43.4
S	mmol/kg								
Na	mmol/kg								
Fe	mg/kg	220	226	173	174	556	524	303	311
Mn	mg/kg	40.4	40.0	85.4	89.6	183	182	371	397
Cu	mg/kg	4.27	4.37	6.11**	4.38	10.6	11.2	7.55	8.06
Zn	mg/kg	22.3	19.9	58.9	54.5	67.5	61.7	63.7*	54.5
B	mg/kg								

หมายเหตุ * หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median ออกนอกลำดับ (warning range)

** หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ

5.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์งวดที่ 4/2003

การทดสอบประสิทธิภาพงวดที่ 4/2003 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการที่ 03 ทั้งตัวอย่างดินและพืช ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่า ผลการวิเคราะห์ pH ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม ต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 4 ค่า จากจำนวนทดสอบทั้งหมด 32 ค่า (ร้อยละ 12.5) และมีผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในข่ายน่าสงสัยอีก 2 ค่า (ตารางที่ 15.14 บน) การวิเคราะห์ดินของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่ามีความถูกต้องแม่นยำมี 5 รายการ คือ ค่าการนำไฟฟ้า ดินเหนียวคาร์บอน ไฮโดรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียม

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการวิเคราะห์พืชของห้องปฏิบัติการที่ 03 พบว่า มีผลการวิเคราะห์แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญมากถึง 8 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 32 ค่า (ร้อยละ 25) และมีผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในข่ายน่าสงสัยอีก 1 ค่า การวิเคราะห์พืชของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่ามีความถูกต้องแม่นยำมี 3 รายการ คือ แมกนีเซียม เหล็ก และทองแดง (ตารางที่ 15.14 ล่าง)

ตารางที่ 5-14 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์งวดที่ 4/2003 ตารางบน คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ส่วนตารางล่าง คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช Labnet หมายถึงผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก median หมายถึงค่า median ของผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย: WIPAT, ซึ่งจะจากตัวค่าที่มีความเบี่ยงเบนสูง (outlier) ออกแล้ว

Soil Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
pH in H ₂ O		7.24	7.72	5.36**	6.03	7.02**	7.5	4.00*	4.71
EC 1:5	mS/m	25.2	27.1	12.1	12.9	16.6	17.3	5.54	7.33
Org.C	g/kg	19.6	19.2	14.2	13.3	34.8	34.5	15.3	14.5
Bray II P	mg-P/kg	33.5	9.9	27.2**	10	105.4	78.8	315	191
NH ₄ OAc Na	cmol(+)/kg	0.23	0.18	0.14	0.1	0.31	0.27	0.09	0.07
NH ₄ OAc K	cmol(+)/kg	0.88	0.8	0.22	0.21	0.54	0.45	0.14	0.15
NH ₄ OAc Ca	cmol(+)/kg	41.9	37.9	7.89	8.03	30.7	26.6	0.22	0.27
NH ₄ OAc Mg	cmol(+)/kg	1.21*	1.89	0.40**	0.67	1.08	1.67	0.05	0.08

Plant Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
Kj-N	mmol/kg								
P	mmol/kg	26.6	29.2	63.7	65.4	108	187	70.7*	76.0
K	mmol/kg	100	116	403**	598	380**	557	439**	668
Ca	mmol/kg	404	406	332**	289	108.9**	55.3	603	574
Mg	mmol/kg	49	48.5	70.2	66	77.3	76.3	68.8	67.9
Fe	mg/kg	459	447	237	205	2822	2998	224	228
Mn	mg/kg	589	615	23.5	20.3	51.6**	39.4	41.0	40.1
Cu	mg/kg	9.42	8.74	7.34	6.71	10.6	10.2	4.69	4.26
Zn	mg/kg	91.4	88.1	108	107	39.0**	58.0	15.2**	20.0
B	mg/kg								

หมายเหตุ * หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ (warning range)

** หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ

5.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 1/2004

การทดสอบประสิทธิภาพครั้งที่ 1/2004 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการที่ 02 สำหรับตัวอย่างดิน และห้องปฏิบัติการที่ 04 สำหรับตัวอย่างพืช ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ดินพบว่า ผลการวิเคราะห์ ค่าการนำไฟฟ้า ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5-15 บน) โดยมีผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ 10 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 32 ค่า (ร้อยละ 31) ผลการวิเคราะห์ pH อินทรีย์คาร์บอน แคลเซียม แมกนีเซียม และ CEC ของห้องปฏิบัติการนี้ถือว่า มีความถูกต้องแม่นยำในระดับที่น่าเชื่อถือ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการวิเคราะห์พืชของห้องปฏิบัติการที่ 04 พบว่า มีผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญมากถึง 26 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 40 ค่า (ร้อยละ 65) และมีผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในช่วงน่าสงสัยอีก 3 ค่า (ร้อยละ 7.5) ไม่มีผลการวิเคราะห์ที่ได้ที่สามารถสรุปได้ว่า ห้องปฏิบัติการนี้สามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องแม่นยำเลย (ตารางที่ 5-15 ล่าง)

ตารางที่ 5-15 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 1/2004 ตารางบน คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ส่วนตารางล่าง คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช Labnet หมายถึงผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก median หมายถึงค่า median ของผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย WEPAL หลังจากตัดค่าที่มีความเบี่ยงเบนสูง (outlier) ออกแล้ว

Soil Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
pH in H ₂ O		7.60	7.70	7.25	7.39	7.35	7.50	7.50	7.61
EC 1:5	mS/m	28.8**	18.3	32.0	24.7	28.0**	17.4	46.8	38.0
Org.C	g/kg	19.0	18.0	38.7	45.0	33.3	36.0	31.0	31.0
Bray II P	mg-P/kg	72.00**	5.35	168.5	78.7	157.0	72.1	148.0**	14.8
NH ₄ OAc K	cmol(+)/kg	0.90**	0.44	0.99**	0.49	0.99**	0.47	0.77**	0.28
NH ₄ OAc Ca	cmol(-)/kg	23.8	27.8	24.7	27.4	22.0	24.7	24.4	26.9
NH ₄ OAc Mg	cmol(+)/kg	1.01	1.30	1.96	2.58	1.44	1.72	0.97	1.03
CFC	cmol(+)/kg	19.7	15.8	27.3	25.0	21.40	18.5	18.9	18.7
Hot water B	ug/kg								

Plant Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
Kj-N	mmol/kg	1794**	2089	807**	940	1649**	1929	1533**	1767
P	mmol/kg	112	124	83.6**	97.1	63.6**	75.1	172*	194
K	mmol/kg	843**	664	811**	618	869**	670	1310**	1092
Ca	mmol/kg	133	137	55.9**	41.5	577	571	2312	2089
Mg	mmol/kg	84.9	82.0	58.2**	39.3	83.7**	67.0	514	490
S	mmol/kg	145**	103	79.8**	40.2	135.5**	92.4	296*	252
Fe	mg/kg	458	505	94.0*	65.6	193	222	319	372
Mn	mg/kg	66.0**	79.6	4.00**	5.75	37.5	40.0	197	215
Cu	mg/kg	12.00**	7.49	7.50**	4.00	6.00**	4.28	13.0**	10.0
Zn	mg/kg	43.0**	33.1	37.0**	15.8	43.0**	19.9	95.0**	80.1
B	mg/kg								

หมายเหตุ * หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างน่าสงสัย (warning range)

** หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ

5.7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 2/2004

การทดสอบประสิทธิภาพครั้งที่ 2/2004 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก 2 ห้องปฏิบัติการ โดยแต่ละห้องปฏิบัติการได้ทำการทดสอบตัวอย่างดิน 2 ตัวอย่าง และตัวอย่างพืช 2 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของห้องปฏิบัติการที่ 05 (ตัวอย่างที่ 1 และ 2) ผลการวิเคราะห์แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ 6 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 16 ค่า (ร้อยละ 37.5) การวิเคราะห์ดินของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่าเป็นความถูกต้องแม่นยำ 4 รายการ คือ ค่าความนำไฟฟ้า อินทรีย์คาร์บอน โพแทสเซียม และแคลเซียม (ตารางที่ 5-16 บน)

ตารางที่ 5-16 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 2/2004 ตารางบน คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ส่วนตารางล่าง คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช Labnet หมายถึงผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก median หมายถึงค่า median ของผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย WEPAL หลังกำจัดค่าที่มีความเบี่ยงเบนสูง (outlier) ออกแล้ว

Soil Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
pH in H ₂ O		6.40**	6.98	6.90**	7.39	4.50	5.06	7.41	7.62
EC 1:5	mS/m	34.4	35.3	29.9	25.0	31.9	28.8	29.8	28.5
Org.C	g/kg	29.0	25.6	50.6	41.7	9.55	8.90	21.5	18.3
Bray II P	mg-P/kg	480**	148	148.0	80.2	24.0	14.3	41.46**	4.50
Olsen P	mg-P/kg					17.8*	9.3	50.3	45.6
NH ₄ OAc Na	cmol(+)/kg	0.64**	0.12	1.02**	0.27	0.32**	0.13	0.30	0.19
NH ₄ OAc K	cmol(+)/kg	0.15	0.13	0.43	0.49	0.30	0.35	0.80	0.83
NH ₄ OAc Ca	cmol(+)/kg	9.8	11.0	39.3	32.0	1.21	1.10	40.0	36.6
NH ₄ OAc Mg	cmol(+)/kg	0.74**	1.11	2.48	2.50	0.32	0.36	1.84	1.94
CEC	cmol(+)/kg					3.40	3.75	21.5	20.7
Hot water B	ug/kg								

Plant Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
Kj-N	mmol/kg	2120	2082	844	845	1020	1057	970	979
P	mmol/kg	121	124	71.3	73.0	213	223	132	126
K	mmol/kg	632	666	454	496	508**	1171	130**	153
Ca	mmol/kg	132	137	20.5	21.8	507	495	19.4*	24.5
Mg	mmol/kg	81.4	82.4	36.2	36.4	126**	146	42.0**	51.0
S	mmol/kg	113	103	46.5	42.5	102.9**	83.9	28.1**	42.5
Na	mmol/kg								
Fe	mg/kg	471	509	209	216	863**	1329	50.3**	87.5
Mn	mg/kg	84.2	79.7	4.33**	7.80	104**	142.0	7.00**	9.64
Cu	mg/kg	7.33	7.50	3.83	3.81	6.00	5.88	5.50	5.04
Zn	mg/kg	34.2	33.3	14.3	15.6	71.0	78.8	23.3**	26.8
B	mg/kg								

หมายเหตุ * หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างน่าสงสัย (warning range)

** หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของห้องปฏิบัติการที่ 06 (ตัวอย่างที่ 3 และ 4) พบว่า ผลการวิเคราะห์แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ 2 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 20 ค่า (ร้อยละ 10) และมีผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในข่ายน่าสงสัยอีก 1 ค่า การวิเคราะห์ดินของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่ามีความถูกต้องแม่นยำมี 7 รายการ คือ pH ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์คาร์บอน โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและ CEC (ตารางที่ 5-16 1พ)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชของห้องปฏิบัติการที่ 05 (ตัวอย่างที่ 1 และ 2) พบว่า ผลการวิเคราะห์แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญเพียง 1 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 20 ค่า (ร้อยละ 5) ในขณะที่ผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการที่ 06 (ตัวอย่างที่ 3 และ 4) มีผลการวิเคราะห์แตกต่างจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญมากถึง 11 ค่า จากจำนวนที่วิเคราะห์ทั้งหมด 20 ค่า (ร้อยละ 55) และมีผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในข่ายน่าสงสัยอีก 1 ค่า การวิเคราะห์พืชของห้องปฏิบัติการนี้ถือได้ว่ามีความถูกต้องแม่นยำมี 3 รายการ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และทองแดง

5.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์งวดที่ 3/2004

การทดสอบประสิทธิภาพงวดที่ 3/2004 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก 2 ห้องปฏิบัติการ ได้แก่ และห้องปฏิบัติการได้ทำการทดสอบตัวอย่างดิน 2 ตัวอย่าง และตัวอย่างพืช 2 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่า ห้องปฏิบัติการที่ 04 ซึ่งรับผิดชอบวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีผลการวิเคราะห์ pH ฟอสฟอรัส และโซเดียมต่างไปจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีจำนวนผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญมากถึง 7 ค่า จากจำนวนที่ทดสอบทั้งหมด 16 ค่า (ร้อยละ 44 ของจำนวนผลการวิเคราะห์ทั้งหมด) ในขณะที่ห้องปฏิบัติการที่ 01 ซึ่งรับผิดชอบวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 3 และ 4 มีปัญหาเฉพาะผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ที่อยู่ในข่ายน่าสงสัย (warning range) เพียง 3 ค่า จากจำนวนที่ทดสอบทั้งหมด 14 ค่า (ร้อยละ 21) (ตารางที่ 5-17 1พ)

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชพบว่า ห้องปฏิบัติการที่ 04 ซึ่งรับผิดชอบวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 1 และ 2 มีผลการวิเคราะห์ที่ต่างไปจากผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายนานาชาติอย่างมีนัยสำคัญมากถึง 8 ค่า จากจำนวนที่ทดสอบทั้งหมด 20 ค่า (ร้อยละ 40 ของจำนวนผลการวิเคราะห์ทั้งหมด) และอยู่ในข่ายน่าสงสัยอีก 2 ค่า (ร้อยละ 10 ของจำนวนผลการวิเคราะห์ทั้งหมด) ในขณะที่ห้องปฏิบัติการที่ 01 ซึ่งรับผิดชอบวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 3 และ 4 มีผลการวิเคราะห์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะโพแทสเซียม ตัวอย่างที่ 3 เพียงตัวอย่างเดียว และอยู่ในข่ายน่าสงสัย 4 ค่า จากจำนวนที่ทดสอบทั้งหมด 18 ค่า (ร้อยละ 22) (ตารางที่ 5-17 2พ)

ตารางที่ 5-17 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 3/2004 ตารางบน คือผลการวิเคราะห์ที่ด้วยเครื่องดิน ส่วนตารางล่าง คือผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Labnet หมายถึงผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก median หมายถึงค่า median ของผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย WEPAAL หลังจากตัดค่าที่มีความเบี่ยงเบนสูง (outlier) ออกแล้ว

Soil Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
pH in H ₂ O		6.77**	7.59	6.80**	7.50	5.15	5.32	7.13	7.33
EC 1:5	mS/m	29.2	28.5	26.7	29.1	6.58	7.25	21.5	24.2
Org.C	g/kg	16.6	13.9	30.5	29.5	16.3	16.4	45.1	42.8
Bray II P	mg-P/kg	338**	107	142**	30.9	395*	228	140*	59.5
NH ₄ OAc Na	cmol(+)/kg	1.23**	0.24	1.69**	0.20				
NH ₄ OAc K	cmol(+)/kg	0.65	0.61	0.46**	0.40	0.18	0.21	0.43*	0.50
NH ₄ OAc Ca	cmol(+)/kg	29.2	26.2	40.9	30.5	2.25	2.50	29.9	32.6
NH ₄ OAc Mg	cmol(+)/kg	1.91	1.92	1.71	1.69	0.31	0.32	2.56	2.69
CEC	cmol(+)/kg								
Hot water B	ug/kg								

Plant Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
Kj-N	mmol/kg	842	883	1856**	2076	2049	2021	1949	1900
P	mmol/kg	90.4**	75.9	113*	124	74.3*	80.6	38.7*	52.0
K	mmol/kg	135	148	577**	661	327**	441	253	266
Ca	mmol/kg	187**	241	145	137	329	334	150	156
Mg	mmol/kg	65.8	65.1	78.2	82.3	94.6	99.0	98.7*	112
S	mmol/kg								
Na	mmol/kg	18.7**	15.1	75.9**	143				
Fe	mg/kg	1937	1666	607*	510	243	237	104.2	97.9
Mn	mg/kg	39.7	45.0	72.4	79.1	63.9	69.6	296	315
Cu	mg/kg	5.75	6.21	7.99	7.50	5.84*	5.07	5.70	5.92
Zn	mg/kg	14.5**	30.0	26.5**	33.0	62.2	65.9	17.4	18.6
B	mg/kg								

หมายเหตุ * หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่ห่างจากค่า median อย่างน้อย (warning range)

** หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ

5.9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 4/2004

การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 4/2004 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการที่ 03 ห้องปฏิบัติการที่เคยทดสอบประสิทธิภาพแล้วครั้งหนึ่งในครั้งที่ 4/2003 ผลการทดสอบประสิทธิภาพครั้งนี้พบว่า ห้องปฏิบัติการนี้ขาดความแม่นยำในการทดสอบ pH ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม สำหรับการทดสอบครั้งที่ 4/2004 พบว่าห้องปฏิบัติการนี้มีผลการวิเคราะห์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากค่า median เพียงค่าเดียว คือผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสเท่านั้น (ตารางที่ 5-9) แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการนี้ไปในทางที่ดีขึ้น

การทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์พืชครั้งที่ 4/2004 ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการที่ 05 ห้องปฏิบัติการที่เคยทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์กับเครือข่ายนานาชาติ WEPAAL มาแล้ว 2 ครั้ง คือครั้งที่ 1/2003 และ 2/2004 ผลการทดสอบครั้งนี้พบว่า ห้องปฏิบัติการนี้มีผลการวิเคราะห์แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ 11 ค่า จากจำนวนผลการวิเคราะห์ทั้งหมด 48 ค่า (ร้อยละ 22.9) และมีผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างน้อย 5 ค่า

อีก 2 ค่า ในภาพรวมห้องปฏิบัติการนี้ยังคงมีปัญหา การวิเคราะห์ที่แม่นยำ โดยเฉพาะ ธาตุโพแทสเซียม และจุลธาตุ ซึ่งจำเป็นต้องหาสาเหตุ และปรับปรุงแก้ไข

ตารางที่ 5-18 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ครั้งที่ 4/2004 ตารางบน คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ส่วนตารางล่าง คือผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช Labnet หมายถึงผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย หลัก median หมายถึงค่า median ของผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่าย WEPAI 7 ครั้ง จากวัดค่าที่มีความเบี่ยงเบนสูง (outlier) ยกเว้นแล้ว

Soil Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
pH in H ₂ O		4.28	4.70	6.77	6.90	3.66	3.95	7.17	7.29
EC 1:5	mS/m	6.10	6.63	32.8	35.7	25.5	25.8	23.8	24.0
Org.C	g/kg	15.6	14.0	29.4	25.0	17.0	17.0	42.0	45.2
Bray II P	mg-P/kg	308	194	456**	164	1.81	1.44	136.2	91.3
NH ₄ OAc Na	cmol(+)/kg	0.10	0.07	0.15	0.11	0.08	0.06	0.34	0.28
NH ₄ OAc K	cmol(+)/kg	0.17	0.16	0.16	0.13	0.10	0.09	0.53	0.49
NH ₄ OAc Ca	cmol(+)/kg	0.30	0.28	10.2	10.4	0.32	0.32	39.4	32.8
NH ₄ OAc Mg	cmol(+)/kg	0.08	0.09	1.10	1.10	0.11	0.12	2.60	2.64
CEC	cmol(+)/kg								
Hot water B	ug/kg								

Plant Parameter	Unit	Sample							
		1		2		3		4	
		Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median	Labnet	median
Kj-N	mmol/kg	2063	2115	1999	2088	1149	1071	1313	1254
P	mmol/kg	101	106	119	124	220	225	63.3	66.6
K	mmol/kg	847	902	664	664	1084	1160	885	933
Ca	mmol/kg	347	367	133	137	490	487	729	726
Mg	mmol/kg	74.0	78.2	79.0	82.3	142	145	194	204
S	mmol/kg	109	130	99	104	131.0**	84.5	166**	198
Na	mmol/kg	20.9**	11.6	113**	145	32.6**	48.5	16.53**	3.13
Fe	mg/kg	528	555	438**	512	1268	1320	170	166
Mn	mg/kg	25.0	27.6	76.0	79.0	140	140	28.5	31.0
Cu	mg/kg	9.5	10.6	6.00**	7.48	6.00	5.88	8.50	9.83
Zn	mg/kg	54.5	59.2	27.5**	33.0	85.5*	77.4	100.0	95.3
B	mg/kg	34.0*	41.0	6.00**	9.68	57.0**	75.3	38.0	43.0

หมายเหตุ * หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างน่าสงสัย (warning range)

** หมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากค่า median อย่างมีนัยสำคัญ

6. สรุป

การดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพเบื้องต้นกับห้องปฏิบัติการเครื่องมือช่วยหลัก ทำให้ค้นพบประเด็นปัญหาต่างๆ ของการวิเคราะห์และบริหารห้องปฏิบัติการ แผนภูมิควบคุมคุณภาพเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพในการบริหารจัดการแปรปรวนของการวิเคราะห์และรายการของห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งได้เป็นอย่างดี การร่วมทดสอบ (collaborative test) ระหว่างห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก เป็นเครื่องมือที่ใช้ระบุความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับห้องปฏิบัติการใดห้องปฏิบัติการหนึ่งเป็นอย่างดี ถึงแม้ห้องปฏิบัติการนั้นจะมีผลการวิเคราะห์ที่มีความแปรปรวนต่ำ แต่หากผลการวิเคราะห์ต่างไปจากห้องปฏิบัติการอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ย่อมชี้ให้เห็นว่า กระบวนการวิเคราะห์ที่มีจุดบกพร่อง ซึ่งห้องปฏิบัติการต่างๆ ได้ดำเนินการค้นหาและแก้ไขได้แล้วบางส่วน เช่น ห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่งพบว่า ความแตกต่างเกิดจากการเตรียมสารละลายมาตรฐานผิดพลาด เมื่อปรับปรุงกระบวนการเตรียมสารละลายมาตรฐานใหม่ ผลการวิเคราะห์ก็ใกล้เคียงกับห้องปฏิบัติการอื่นๆ เป็นต้น การทดสอบประสิทธิภาพกับเครือข่ายนานาชาติ (performance test) ช่วยให้ทราบว่าห้องปฏิบัติการนั้นๆ สามารถให้บริการวิเคราะห์ได้ถูกต้องแม่นยำในรายการใด

รายการวิเคราะห์ที่พบว่ามีค่าความแปรปรวนต่ำ คือ การเป็นกรดเป็นด่าง (pH) การนำไฟฟ้า และอินทรีย์วัตถุ การวิเคราะห์ธาตุที่เป็นโลหะ ซึ่งต้องใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) พบว่า มีความแปรปรวนสูง ถึงแม้จะจัดทำค่ารับรองได้แต่มีความเชื่อมั่นต่ำ ส่วนการวิเคราะห์ค่าเมทัลพบว่ามีค่าความแปรปรวนสูงมาก และมีความแตกต่างระหว่างห้องปฏิบัติการมากจนไม่สามารถจัดทำค่ารับรองได้ ความแปรปรวนน่าจะเกิดจากธรรมชาติของวิธีที่ใช้วิเคราะห์

7. เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. เยี่ยมชมเมื่อ 28 ตุลาคม 2547.

Fallavier, G., Limous, H., Breyse, M. and Cazeville, P. 1996. Quality assurance and control in a plant analysis laboratory. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27:441-450.

Hanlon, E.A. 1996. Laboratory quality : A method for change. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27:307-326.

Houba, V.J.G., Novozamsky, I. And van der Lee, J.J. 1994. Standardization and validation of methods of soil and plant analysis as condition for accreditation. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25:827-841.

Houba, V.J.G., Uittenbogaard, J. and Pelten, P. 1996. Wageningen evaluating programmes for analytical laboratories (WEPAL), organization and purpose. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27:421-431.

ISO. Visited 28 October 2004. International Standard ISO/IEC 17025. <http://www.iso.ch>.

Jones, J.B. and White, W.C. 1994. An accreditation program for soil and plant analysis laboratories. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25:843-857.

- Miller, R.O., Kotchy-Amacher, J. and Dellavalle, N.B. 1996. A proficiency testing program for the agricultural laboratory industry results of the 1994 program. *Commun. Soil Sci. Plant Anal* 27:451-461.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1996. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter, *In*. Soil Testing and Plant Analysis Part 3, Sparks, D.L. eds. Soil Science Society of America, and American Society of Agronomy. p.961-1010
- Schnug, E. 1996. Quality of soil and plant analyses in relation to sustainable agriculture. *Commun. Soil Sci. Plant Anal* 27:277-288.
- Tiessen, H. and Moir, J.O. 1993. Total and Organic Carbon. *In*. Soil Sampling and Methods of Analysis, Carter, M.R. ed. Lewis Publishers. Boca Raton. p. 187-199.
- Wolf, A.M., Jones, J.B. and Hood, T. 1996. Proficiency testing for improving analytical performance in soil testing laboratories : A summary of results from the Council's Soil and Plant Analysis Proficiency Testing Programs. *Commun. Soil Sci. Plant Anal* 27:1611-1622.
- van Reeuwijk L.P. 1998. Guidelines for Quality Management in Soil and Plant Laboratories : FAO Soils Bulletin No. 74, FAO Rome.



การทดสอบเครื่อง atomic absorption spectrophotometer ระหว่างห้องปฏิบัติการ

- คำนำ
- วัตถุประสงค์และวิธีการ
- ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลครั้งที่ 1
- ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลครั้งที่ 2
- ปัญหาในการใช้เครื่อง
- ความแตกต่างระหว่างยี่ห้อ
- สรุป
- เอกสารอ้างอิง

1. คำนำ

atomic absorption spectrophotometer (AAS) เป็นเครื่องมือในห้องปฏิบัติการในครัว้อยู่หลักทุกห้องปฏิบัติการมีใช้ เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารรองและจุลธาตุที่เป็นโลหะ ทั้งนี้เพราะ AAS มีราคาไม่สูงเกินไปนักสำหรับงบประมาณของหน่วยงานไทย สามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว สามารถวิเคราะห์ได้หลายธาตุ และมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ต่ำ ถึงแม้ AAS ไม่สามารถวิเคราะห์ธาตุหลายธาตุได้พร้อมกัน แต่มักไม่ใช่ข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการต่างๆ ทั้งนี้เพราะห้องปฏิบัติการมักวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวนเล็กน้อยในแต่ละครั้ง AAS มีช่วงความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ที่วิเคราะห์ได้ (working range) ค่อนข้างแคบ ทำให้การวิเคราะห์แต่ละครั้งมักมีตัวอย่างจำนวนหนึ่งต้องนำมาปรับความเข้มข้นใหม่ ทำให้เสียเวลาและเป็นอุปสรรคต่อการวิเคราะห์เครื่องส่งตัวอย่างอัตโนมัติ (auto-sampler) ห้องปฏิบัติการที่มีงบประมาณเพียงพอจึงหันไปใช้เครื่อง inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometer (ICP-AES) แทน ซึ่งช่วยให้เครื่องส่งตัวอย่างอัตโนมัติทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากกว่า ลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานของผู้วิเคราะห์ห้อง และวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวนมากได้เร็วขึ้น

AAS จากผู้ผลิตทุกรายมีหลักการทำงานและส่วนประกอบพื้นฐานเหมือนกัน แต่ผู้ผลิตแต่ละรายออกแบบให้อุปกรณ์มีรายละเอียดแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับเหตุผลและวัตถุประสงค์ของผู้ผลิตแต่ละราย เช่น ต้องการลดต้นทุน เพื่อทำให้เครื่องมีราคาถูกลง ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานบางอย่าง หรือเพื่อความปลอดภัย เป็นต้น ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง AAS แตกต่างกันไปในแต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อ นอกจากนี้ในขณะที่ใช้งาน ผู้ผลิตยังออกแบบเครื่องให้ผู้วิเคราะห์สามารถปรับแต่งเงื่อนไขต่างๆ ให้เหมาะสมกับธาตุที่ต้องการวัด และลักษณะของตัวอย่างที่วัด ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง AAS แตกต่างกันไปในแต่ละห้องปฏิบัติการ ความแตกต่างเหล่านั้น ได้แก่

- **ทางเดินของลำแสง** เครื่อง AAS มีทางเดินของลำแสง 2 ประเภท คือ ลำแสงเดี่ยว (single beam) และ ลำแสงคู่ (double beam) เครื่องประเภทลำแสงเดี่ยวมีอุปกรณ์น้อยกว่า และการประมวลผลสัญญาณง่ายกว่า ทำให้มีราคาต่ำกว่า แต่เกิด base-line shift ได้ง่ายกว่า โดยเฉพาะในกรณีที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ามีแรงดันไม่คงที่ และต้องใช้เวลาอุ่นเครื่องนานกว่า (Pecsok et al., 1976; Ewing, 1985; Skoog and Leary, 1992)
- **ความเข้มและขนาดของลำแสง** เครื่อง AAS จำเป็นต้องใช้แสงจากหลอดกำเนิดแสงประเภท hollow cathode lamp (HCL) ผู้ผลิตบางรายออกแบบหลอด HCL ให้มีความเข้มสูงและขนาดลำแสงใหญ่ ซึ่งจะช่วยให้การวิเคราะห์มีเสถียรภาพดีกว่า เนื่องจากไม่ต้องใช้กำลังขยายสัญญาณสูง การเปลี่ยนแตรอุณหภูมิของเปลวไฟและตำแหน่งความเข้มข้นของไดอะแกรม ไม่ส่งผลต่อการวัดมากนัก ประสิทธิภาพการวิเคราะห์ของเครื่อง AAS ที่ติดตั้งหลอด HCL ชนิดนี้จึงดีกว่าด้วย อย่างไรก็ตามหลอด HCL ประเภทนี้มีราคาแพง ทำให้ไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน
- **ใบพัดผสมละอองสารละลาย (flow spoiler)** การติดตั้งใบพัดผสมละอองสารละลายภายใน mixing chamber ช่วยให้ละอองของสารละลายตัวอย่างเข้าสู่เปลวไฟอย่างสม่ำเสมอ สัญญาณจากาวัดจึงมีเสถียรภาพดีขึ้น ในขณะเดียวกันก็ทำให้สัดส่วนของตัวอย่างที่เข้าสู่เปลวไฟต่ำลง ความไวในการวิเคราะห์จึงด้อยลงไปด้วย (Pecsok et al., 1976; Ewing, 1985; Skoog and Leary, 1992) ผู้ผลิตทำให้ผู้ใช้เป็นผู้เลือกขณะใช้งานว่าจะติดตั้งหรือไม่ติดตั้ง ดังนั้น การเลือกที่แตกต่างกันทำให้ผลการวัดของแต่ละห้องปฏิบัติการแตกต่างกันออกไป
- **อัตราการดูดสารละลายเข้าสู่เปลวไฟ** อัตราการดูดสารละลายที่ต่ำเกินไปย่อมทำให้ความไวในการวิเคราะห์ต่ำลงไปด้วย แต่อัตราที่สูงเกินไปก็ทำให้สัญญาณจากาวัดมีความแปรปรวนสูง และประสิทธิภาพการเกิดไดอะแกรมต่ำลง (Pecsok et al., 1976; Ewing, 1985; Skoog and Leary, 1992) ผู้ผลิตมักออกแบบเครื่องให้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งได้ขณะใช้งาน โดยผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดอัตราสูงสุด การปรับแต่งที่แตกต่างกันทำให้ผลการวัดของแต่ละห้องปฏิบัติการแตกต่างกันออกไป
- **อุณหภูมิของเปลวไฟ** อุณหภูมิสูงสุดที่เป็นไปได้ของเปลวไฟถูกกำหนดโดยชนิดของแก๊สที่ใช้ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิยังเปลี่ยนแปลงตามอัตราส่วนของแก๊สที่ใช้อีกด้วย วัสดุแต่ละวัสดุต้องการชนิดและสัดส่วนของแก๊สที่เหมาะสมต่างกัน (Pecsok et al., 1976; Ewing, 1985; Skoog and Leary, 1992) การปรับอัตราส่วนของแก๊สที่แตกต่างกันทำให้ผลการวัดของแต่ละห้องปฏิบัติการแตกต่างกันออกไป
- **สารละลายมาตรฐาน** สารละลายมาตรฐานเป็นสิ่งที่ผู้วิเคราะห์ต้องจัดเตรียมขึ้นเองก่อนการวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำให้แต่ละห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง หรือแม้แต่การวัดแต่ละครั้งของห้องปฏิบัติการเดียวกัน ใช้สารละลายมาตรฐานที่แตกต่างกัน ความแตกต่างเหล่านี้ ได้แก่ ความเข้มข้น ความแม่นยำ ความหนืด และสิ่งปนเปื้อน เป็นต้น ส่งผลให้ผลการวิเคราะห์แตกต่างกัน
- **วิธีประมวลผลสัญญาณและสร้างกราฟมาตรฐาน** ในปัจจุบันเครื่อง AAS ส่วนใหญ่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยประมวลผลติดตั้งมาพร้อมด้วย ผู้ผลิตแต่ละรายอาจมีเทคนิคและวิธีการในการประมวลผลสัญญาณ

และสร้างกราฟมาตรฐานแตกต่างกัน โดยอาจแจ้งและไม่แจ้งวิธีการหรือเทคนิคเหล่านั้นให้ผู้รับทราบ ความแตกต่างเหล่านี้ทำให้ผลการวัดของแต่ละห้องปฏิบัติการแตกต่างกันออกไป

ตารางที่ 6-1 ผลการวิเคราะห์เมงกานีสและสังกะสีในดินตัวอย่างข้างเคียงใต้รั้วกันจำนวน 19 แห่ง ของห้องปฏิบัติการต่างๆ ในเครือข่ายหลัก (หน่วย: mg/kg)

No.	Lab 1		Lab 2		Lab 3	
	Mn	Zn	Mn	Zn	Mn	Zn
1	7.44	0.01	18.49	1.26	8.02	0.56
2	7.53	0.02	19.00	1.35	8.64	0.41
3	5.45	0.07	18.38	1.09	8.20	0.23
4	5.44	0.04	19.63	1.69	7.95	0.40
5	7.22	0.08	18.43	1.46	8.27	0.23
6	7.22	0.09	19.55	1.82	8.17	0.24
7	6.66	0.14	19.18	1.18	8.30	0.22
8	6.62	0.10	19.55	1.98	7.95	0.70
9	6.00	0.07	19.67	1.33	7.70	0.39
10	5.70	0.08	19.06	1.09	7.85	0.69
11	5.96	0.06	19.62	1.06	8.08	0.23
12	5.96	0.10	19.07	1.51	8.32	0.28
13	6.34	0.11	19.12	0.95	8.23	0.31
14	6.00	0.06	18.26	1.23	8.23	0.31
15	5.92	0.09	18.76	1.04	7.82	0.22
16	5.96	0.09	18.27	1.01	7.99	0.34
17	7.00	0.08	18.20	1.18	8.16	0.49
18	7.12	0.16	16.85	1.92	7.72	0.51
19	6.06	0.04	17.88	1.14	7.83	0.23
mean	6.39	0.08	18.79	1.33	8.07	0.37
SD	0.68	0.04	0.73	0.32	0.24	0.16
%RSD	10.61	47.19	3.89	23.79	2.98	42.21

No.	Lab 4		Lab 5		Lab 6	
	Mn	Zn	Mn	Zn	Mn	Zn
1	11.46	0.06	20.10	0.50	5.10	0.30
2	11.25	0.07	20.10	0.50	4.10	0.20
3	10.95	0.06	19.60	0.50	4.70	0.20
4	11.34	0.06	19.30	0.60	5.10	0.20
5	11.40	0.06	21.00	0.50	4.40	0.30
6	11.07	0.05	21.20	0.50	5.20	0.20
7	11.27	0.06	20.00	0.50	4.70	0.20
8	11.28	0.07	19.20	0.50	4.60	0.30
9	11.27	0.05	19.60	0.50	4.70	0.20
10	11.06	0.05	19.40	0.50	4.60	0.22
11	11.58	0.08	18.90	0.50	5.80	0.13
12	11.34	0.09	19.20	0.50	4.50	0.19
13	10.68	0.06	18.30	0.60	5.60	0.30
14	10.16	0.09	18.70	0.50	4.40	0.28
15	10.56	0.05	19.20	0.50	4.60	0.29
16	11.71	0.10	19.40	0.60	4.80	0.15
17	11.70	0.09	18.30	0.50	4.60	0.27
18	12.00	0.05	19.10	0.50	4.90	0.25
19	11.33	0.05	19.20	0.60	4.70	0.20
mean	11.23	0.07	19.46	0.52	4.79	0.23
SD	0.43	0.02	0.77	0.04	0.41	0.05
%RSD	3.82	24.15	3.94	8.04	8.64	23.07

จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอ้างอิงระหว่างห้องปฏิบัติการทั้งเครื่องหลักและเครื่องสำรอง พบว่า ผลการวิเคราะห์ธาตุที่เป็นโลหะ ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS มีความแปรปรวนสูง และบางกรณีพบว่า ความแปรปรวนภายในห้องปฏิบัติการเดียวกันสูงด้วยเช่นกัน (รายละเอียดได้กล่าวไว้ในบทที่ 5) ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์แมงกานีสและสังกะสีในตัวอย่างอ้างอิงที่ 5 (ตัวอย่างดินรุดระแงะ : Ra) (ตารางที่ 6-1) ในกรณีของแมงกานีสพบว่า ผลการวิเคราะห์มีความแปรปรวนภายในห้องปฏิบัติการเดียวกันต่ำกว่าระดับสังกะสีมาก ทุกห้องปฏิบัติการมีผลการวิเคราะห์ต่ำกว่าหรือใกล้เคียง 10 %RSD ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ แต่เมื่อนำผลการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการมาเปรียบเทียบกันพบว่า ผลการวิเคราะห์มีความแตกต่างกันในช่วงกว้าง โดยมีค่ากลางต่างกันในช่วง 4.79 – 19.48 mg/kg ทำให้ยากที่จะสรุปว่า ผลการวิเคราะห์แมงกานีสของดินตัวอย่างนี้มีความเชื่อถือได้ที่ระดับใด ในกรณีของสังกะสีพบว่า ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการ 5 แห่ง มีความแปรปรวนค่าค่อนข้างสูง (สูงกว่า 10 %RSD) นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ระหว่างห้องปฏิบัติการก็มีความแตกต่างในช่วงกว้างด้วยเช่นกัน โดยอยู่ในช่วง 0.87 – 1.33 mg/kg ด้วยเหตุนี้คณะนักวิจัยจึงมีความเห็นว่า การค้นหาสาเหตุที่แท้จริง และแสดงให้เห็นได้ เครื่อง AAS สามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องตรงกัน โดยได้กำหนดให้มีการทดสอบเครื่อง AAS ที่ห้องปฏิบัติการต่างๆ ไม่ควรขยายผลที่ใช้อยู่ในหัวข้อต่อไป

- Base-line shift (blank shift) : โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงค่า absorbance (Abs) ของ blank ก่อนและหลังอ่านค่าของสารละลายตัวอย่างไปเรื่อย ๆ 10 ครั้ง
- Sensitivity shift : พิจารณาจากความแตกต่างของค่า Abs ของสารละลายมาตรฐานที่อ่านได้ก่อนและหลังการวิเคราะห์สารละลายตัวอย่าง
- Signal stability : พิจารณาจากความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์สารละลายตัวอย่างเดียวกัน 10 ครั้ง
- Precision of standard : พิจารณาจากค่า R square ของกราฟมาตรฐาน
- Sensitivity : พิจารณาจากค่า characteristic concentration ของแต่ละธาตุ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างเป็นเกณฑ์
- Calibration curve พิจารณาจากความแตกต่างระหว่างผลการคำนวณโดยสมการคณิตศาสตร์ที่ผู้ผลิตกำหนด และสมการ quadratic
- ปัญหาในการใช้เครื่อง : พิจารณาจากปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างใช้เครื่อง และอาจเป็นสาเหตุให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาด
- ความแตกต่างระหว่างวิธีหาค่า : พิจารณาจากความแตกต่างที่เด่นชัดระหว่างวิธีหาค่า ในรายการเปรียบเทียบข้างต้น

หลังจากการทดสอบในครั้งแรกพบว่า ข้อมูลจากการทดสอบไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ เนื่องจากห้องปฏิบัติการบางแห่งยังมีการในการทดสอบต่างออกไปจากที่กำหนดไว้ เนื่องจากปัญหาในการสื่อสาร ทำให้มีความเข้าใจไม่ตรงกัน ดังนั้น จึงได้ดำเนินการทดสอบใหม่เป็นครั้งที่ 2 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนขึ้น

2. วิธีวัดและวิธีการ

2.1 การสอบเทียบครั้งที่ 1

ทางโครงการฯ ได้มอบหมายให้ห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เตรียมสารละลาย 2 ชนิด โดยสารละลายชนิดที่ 1 ประกอบด้วย Fe, Mn, Cu, และ Zn และสารละลายที่ 2 ประกอบด้วย Mg โดยให้ความเข้มข้นของแต่ละธาตุอยู่ในช่วงที่สามารถวัดได้โดยตรงด้วย AAS โดยไม่ต้องเจือจางอีก การเตรียมสารละลายแต่ละชนิดทำเพียงครั้งเดียว แล้วแบ่งให้ห้องปฏิบัติการต่างๆ นำไปใช้ทดสอบ การดำเนินการเช่นนี้เพื่อป้องกันมิได้ว่าสารละลายตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งได้รับ มีความเข้มข้นเท่ากัน ทางโครงการได้กำหนดวิธีทดสอบดังนี้

- 2.1 วัดห้องปฏิบัติการต่างๆ ปรับแต่งเครื่อง AAS สำหรับวิเคราะห์สารละลายแต่ละธาตุตามวิธีปกติของห้องปฏิบัติการนั้นๆ
- 2.2 กำหนดให้เครื่องอ่านค่าเป็น 0 Abs ด้วยน้ำ แล้วอ่านค่า Abs ของสารละลายมาตรฐานที่ห้องปฏิบัติการนั้นๆ ใช้งานตามปกติ พร้อมทั้งกำหนดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน เพื่อให้เครื่องสามารถวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างได้โดยอัตโนมัติ
- 2.3 อ่านค่า Abs และความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 10 ครั้ง สมมติการอ่านค่าความเข้มข้นของตัวอย่างตามปกติ
- 2.4 อ่านค่า Abs และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานซ้ำอีกครั้ง โดยไม่ต้องกำหนดให้เครื่องอ่านค่าเป็น 0 ใหม่

2.1 การสอบเทียบครั้งที่ 2

ทางโครงการฯ ยังคงได้มอบหมายให้ห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เตรียมสารละลายตัวอย่างเช่นเดิม โดยเตรียมเพียง 1 ตัวอย่าง ภายในสารละลายที่เตรียมขึ้น ประกอบด้วยธาตุ Fe, Mn, และ Zn เพียง 3 ธาตุ เนื่องจากผลการทดสอบครั้งแรกพบว่า ห้องปฏิบัติการทั้ง 6 แห่ง มีผลการวิเคราะห์ธาตุ Cu และ Mg สอดคล้องกัน นอกจากนี้ยังกำหนดให้ผู้เตรียมสารละลายตัวอย่าง เตรียมสารละลายให้มีค่าความเข้มข้นของแต่ละธาตุที่ไม่รบกวน และปรับเปลี่ยนความเข้มข้นในอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับ working range ที่ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งใช้อยู่ จากนั้นแบ่งสารละลายที่เตรียมขึ้นส่งให้แก่ห้องปฏิบัติการต่างๆ ทำเนิการทดสอบตามวิธีการเดิม

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล : ผลการทดสอบครั้งที่ 1

3.1 Base-line shift (blank shift)

มีห้องปฏิบัติการที่ทดสอบตามวิธีที่กำหนดเพียง 4 ห้องปฏิบัติการ เนื่องจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน โดยทั่วไปพบว่า base-line shift ไม่เกิน 0.003 Abs unit ยกเว้นการวิเคราะห์ Mg ของห้องปฏิบัติการภาคิวิฑาหรือวิทยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) ซึ่งพบว่า base line shift ไปมากถึง 0.032 Abs unit ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (DOA1) ไม่ได้กำหนดให้เครื่องอ่านค่าเป็น 0 Abs unit ก่อน ทำให้ค่าอ่านค่าได้สูงกว่าห้องปฏิบัติการอื่น แต่ไม่พบว่า base-line shift ไปมาก (ตารางที่ 6-1)

ตารางที่ 6-1 ค่า Abs ของน้ำที่เปลี่ยนไป ก่อนและหลังวัดตัวอย่าง 10 ครั้ง

ธาตุ	DOA1		KKU		KU		WU	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
Fe	0.0023	0.0012	-0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Mn	0.0058	0.0029	0.001	-0.002	0.002	0.000	0.000	0.003
Cu	0.0014	0.0011	0.001	-0.001	-0.002	0.000	0.000	0.000
Zn	0.0061	0.0059	0.000	0.001	-0.003	0.000	0.000	-0.003
Mg			0.000	0.032	0.002	0.000	0.000	0.000

หมายเหตุ DOA1 = ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

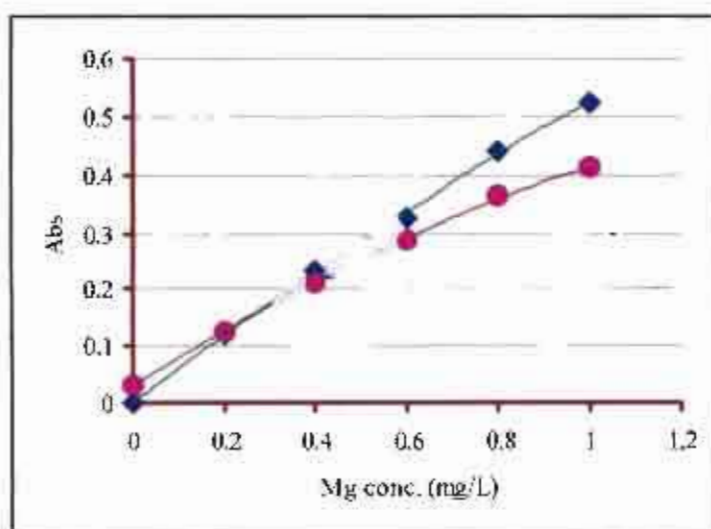
KU = ห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตร

KKU = ห้องปฏิบัติการภาควิทยาศาสตร์การที่ดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น

WU = ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

3.2 Sensitivity shift

sensitivity shift เป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งของการใช้ AAS เมื่อวัดตัวอย่างไปหลายๆ ตัวอย่างมักพบว่า sensitivity เปลี่ยนไป ทำให้อ่านค่าความเข้มข้นของสารละลายที่หาค้นได้สูงขึ้นหรือต่ำลง ผู้ใช้จึงจำเป็นต้องตรวจสอบ sensitivity ของเครื่องเป็นระยะๆ โดยปกติมักมีการตรวจสอบทุกๆ 10 – 20 ตัวอย่าง การทดสอบ sensitivity shift ทำได้โดยเปรียบเทียบค่า Abs ของสารละลายมาตรฐานก่อนและหลังจากวิเคราะห์ตัวอย่าง 10 ครั้ง โดยเฉลี่ยพบว่า sensitivity ของเครื่อง AAS เปลี่ยนไปประมาณ 3.7 % เจตนาที่ผู้จัดทำรายงานการวิเคราะห์ทางเคมีของห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตร (KU) และการวิเคราะห์แมกนีเซียมของห้องปฏิบัติการภาควิทยาศาสตร์การที่ดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) (ตารางที่ 6-2 และรูปที่ 6-1)



รูปที่ 6-1 สันนิษฐานมาตรฐานที่เปลี่ยนไปเนื่องจาก sensitivity shift กรณีการวิเคราะห์แมกนีเซียมของห้องปฏิบัติการภาควิทยาศาสตร์การที่ดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 6-2 ค่า Abs ของสารละลายมาตรฐานก่อนและหลังวัดสลายตัวอย่าง 10 ครั้ง

ธาตุ	DOA1			KKU			KU		
	ก่อน	หลัง	%	ก่อน	หลัง	%	ก่อน	หลัง	%
Fe	0.1327	0.1289	2.9	0.056	0.055	1.8	0.009	0.010	11.1
	0.2550	0.2493	2.2	0.111	0.110	0.9	0.019	0.019	0.0
	0.6165	0.6096	1.1	0.179	0.172	3.9	0.038	0.037	2.6
	0.7332	0.7160	2.3	0.239	0.226	5.4	0.052	0.050	3.8
	0.8140	0.7941	2.4	0.301	0.289	4.0	0.091	0.089	2.2
Mn	0.0918	0.0999	8.8	0.065	0.063	3.1	0.018	0.016	11.1
	0.1908	0.1862	2.4	0.124	0.129	4.0	0.038	0.036	5.3
	0.3888	0.3703	4.8	0.188	0.188	0.0	0.077	0.073	5.2
	0.7027	0.7377	5.0	0.244	0.250	2.5	0.114	0.112	1.8
	0.8308	0.8725	5.0	0.302	0.307	1.7	0.188	0.185	1.6
Cu	0.0956	0.0952	0.4	0.052	0.050	3.8	0.010	0.006	40.0
	0.1903	0.1910	0.4	0.103	0.098	4.9	0.021	0.012	42.9
	0.3683	0.3564	3.2	0.148	0.144	2.7	0.033	0.033	0.0
	0.6916	0.6778	2.0	0.199	0.197	1.0	0.043	0.046	7.0
	0.8185	0.8259	0.9	0.243	0.241	0.8	0.057	0.060	5.3
Zn	0.0691	0.0678	1.9	0.062	0.059	4.8	0.034	0.038	11.8
	0.1408	0.1348	4.3	0.116	0.114	1.7	0.070	0.072	2.9
	0.2651	0.2565	3.2	0.170	0.166	2.4	0.105	0.107	1.9
	0.4680	0.4587	2.0	0.218	0.211	3.2	0.138	0.138	0.0
	0.5585	0.5469	2.1	0.266	0.254	4.5	0.181	0.182	0.6
Mg				0.122	0.125	2.5	0.144	0.148	2.8
				0.232	0.213	8.2	0.281	0.288	2.5
				0.327	0.289	11.6	0.416	0.416	0.0
				0.442	0.365	17.4	0.538	0.539	0.2
				0.524	0.411	21.6	0.648	0.653	0.8

ธาตุ	MJU			WU					
	ก่อน	หลัง	%	ก่อน	หลัง	%			
Fe	0.063	0.065	3.2	0.043	0.040	7.0			
	0.305	0.307	0.7	0.085	0.079	7.1			
	0.539	0.538	0.2	0.125	0.118	5.6			
	0.703	0.699	0.6	0.163	0.154	5.5			
Mn	0.083	0.082	1.2	0.048	0.047	2.1			
	0.160	0.159	0.6	0.093	0.092	1.1			
	0.467	0.449	3.9	0.136	0.135	0.7			
	0.718	0.693	3.5	0.178	0.178	0.0			
				0.217	0.217	0.0			
Cu				0.257	0.256	0.4			
	0.052	0.054	3.8	0.023	0.024	4.3			
	0.103	0.104	1.0	0.046	0.046	0.0			
	0.149	0.158	6.0	0.069	0.069	0.0			
	0.196	0.203	3.6	0.092	0.091	1.1			
Zn				0.113	0.113	0.0			
	0.191	0.188	1.6	0.120	0.114	5.0			
	0.329	0.342	4.0	0.234	0.221	5.6			
	0.458	0.463	1.1	0.338	0.321	5.0			
	0.563	0.564	0.2	0.429	0.417	2.8			
Mg				0.521	0.512	1.7			
	0.429	0.431	0.5	0.124	0.125	0.8			
	0.656	0.663	1.1	0.241	0.238	1.2			
	0.795	0.797	0.3	0.358	0.358	0.0			
	0.939	0.940	0.1	0.467	0.455	2.6			
				0.576	0.569	1.2			

หมายเหตุ MJU = ห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3.3 Signal stability

การศึกษาในประเด็นนี้ต้องการศึกษาเสถียรภาพของสัญญาณเมื่ออ่านค่าความเข้มข้นหรือ Abs ของสารละลายตัวอย่างเดียวกันหลายๆ ครั้ง ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือรุ่นใหม่มักมีค่าเป็นสัญญาณโดยตรง แต่เป็นสัญญาณที่ผ่านการประมวลผลระดับหนึ่งแล้ว จกมวิธีที่ผู้ผลิตเป็นผู้กำหนด ค่าที่อ่านได้จึงมักมีเสถียรภาพดีกว่าสัญญาณที่มาจากเครื่องโดยตรง การปรับแต่งพารามิเตอร์ที่ได้ประมวลผลสัญญาณ เช่น integration time, หรือจำนวนข้อมูลดิบที่นำมาเฉลี่ยเป็นต้น ก่อนส่งผลให้ค่าที่อ่านได้มีเสถียรภาพแตกต่างกันออกไป โดยทั่วไปความแปรปรวนของสัญญาณไม่ควรเกิน 2% (%CV) จึงจะถือว่าเสถียรภาพของสัญญาณอยู่ในระดับที่น่าพอใจ จากการศึกษพบว่า ส่วนใหญ่มีความแปรปรวนไม่เกินระดับดังกล่าว ยกเว้น การวิเคราะห์เหล็กของห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตร (KU) และห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU)

ตารางที่ 6-3 ค่า Abs ของสารละลายตัวอย่างเดียวกันเมื่ออ่านต่อเนื่องกัน 10 ครั้ง โดยใช้เครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการต่างๆ

	ห้องปฏิบัติการ					
	DOA1	DOA2	KKU	KU	MJU	WU
Fe	0.2852	0.0779	0.072	0.045	0.136	0.047
	0.2815	0.0762	0.070	0.046	0.140	0.047
	0.2832	0.0784	0.068	0.047	0.142	0.048
	0.2797	0.0778	0.069	0.047	0.141	0.048
	0.2838	0.0777	0.066	0.048	0.138	0.048
	0.2845	0.0777	0.063	0.048	0.141	0.048
	0.2860	0.0770	0.064	0.050	0.137	0.048
	0.2874	0.0757	0.064	0.049	0.142	0.048
	0.2801	0.0774	0.062	0.050	0.138	0.048
	0.2781	0.0769	0.062	0.050	0.138	0.049
mean	0.283	0.077	0.066	0.048	0.139	0.048
SD	0.003	0.001	0.004	0.002	0.002	0.001
%CV	1.065	1.071	5.392	3.675	1.553	1.185
Mn	0.4010	0.1475	0.143	0.079	0.315	0.052
	0.4020	0.1476	0.145	0.079	0.315	0.052
	0.4146	0.1494	0.145	0.079	0.315	0.053
	0.4182	0.1463	0.144	0.079	0.314	0.053
	0.4265	0.1460	0.143	0.079	0.312	0.053
	0.4276	0.1475	0.147	0.079	0.309	0.053
	0.4443	0.1459	0.142	0.079	0.317	0.053
	0.4439	0.1471	0.145	0.079	0.316	0.053
	0.4393	0.1470	0.147	0.079	0.313	0.053
	0.4397	0.1457	0.138	0.077	0.313	0.053
mean	0.426	0.147	0.144	0.079	0.314	0.053
SD	0.016	0.001	0.003	0.001	0.002	0.000
%CV	3.847	0.753	1.837	0.803	0.727	0.799

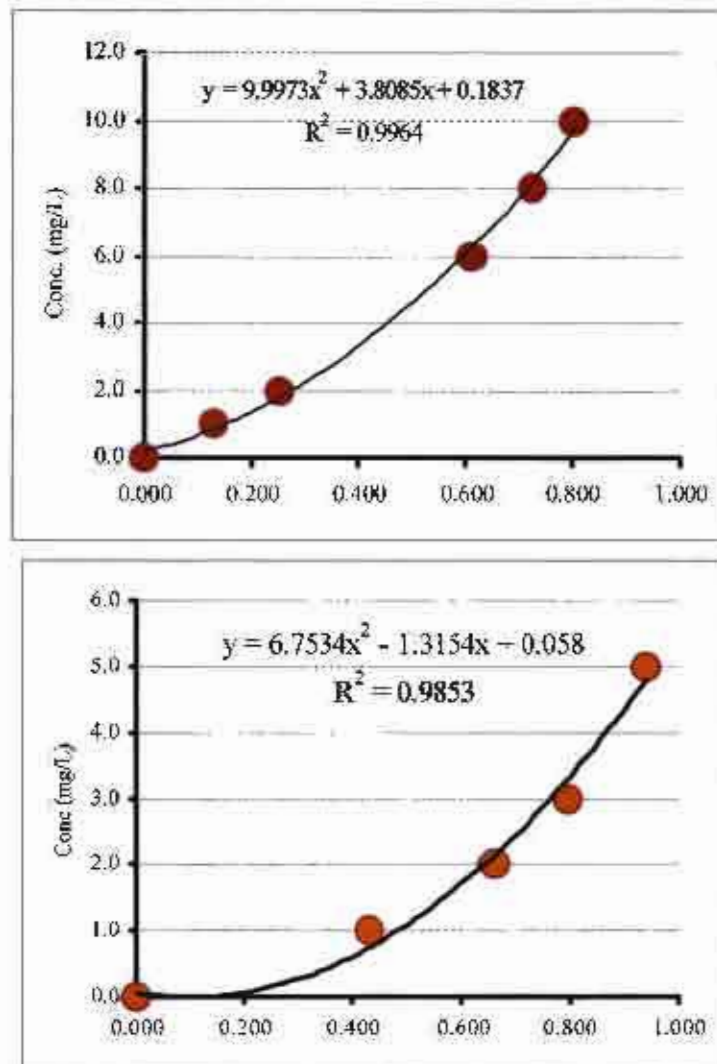
ตารางที่ 6-3 (ต่อ)

	ห้องปฏิบัติการ					
	DOA1	DOA2	KKU	KU	MJU	WU
Cu	0.3017	0.0391	0.079	0.048	0.153	0.068
	0.3005	0.0389	0.078	0.048	0.153	0.068
	0.3027	0.0389	0.079	0.047	0.151	0.069
	0.3026	0.0388	0.078	0.048	0.151	0.069
	0.3024	0.0391	0.078	0.048	0.150	0.068
	0.3048	0.0392	0.077	0.047	0.153	0.069
	0.3001	0.0388	0.078	0.047	0.151	0.070
	0.3015	0.0385	0.079	0.046	0.150	0.069
	0.3012	0.039	0.076	0.046	0.149	0.069
	0.3051	0.0389	0.076	0.046	0.150	0.069
mean	0.302	0.039	0.078	0.047	0.151	0.069
SD	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
%CV	0.547	0.511	1.459	1.859	0.959	0.919
Zn	0.3571	0.1696	0.136	0.092	0.358	0.414
	0.3585	0.1686	0.142	0.090	0.349	0.413
	0.3623	0.1693	0.136	0.090	0.349	0.415
	0.3623	0.1685	0.139	0.089	0.351	0.413
	0.3608	0.1686	0.137	0.089	0.347	0.416
	0.3577	0.1685	0.138	0.088	0.354	0.416
	0.3554	0.1693	0.138	0.088	0.350	0.416
	0.3591	0.1696	0.139	0.087	0.345	0.413
	0.3558	0.1701	0.138	0.087	0.341	0.415
	0.3572	0.1695	0.135	0.086	0.353	0.413
mean	0.359	0.169	0.138	0.089	0.350	0.414
SD	0.002	0.001	0.002	0.002	0.005	0.001
%CV	0.693	0.337	1.443	2.005	1.368	0.326
Mg		0.0200	0.472	0.346	0.407	0.258
		0.0204	0.470	0.342	0.398	0.259
		0.0206	0.478	0.339	0.384	0.250
		0.0204	0.476	0.339	0.384	0.248
		0.0204	0.463	0.336	0.384	0.245
		0.0205	0.467	0.335	0.380	0.244
		0.0204	0.481	0.334	0.376	0.244
		0.0203	0.481	0.333	0.374	0.243
		0.0200	0.492	0.334	0.379	0.244
		0.0201	0.466	0.332	0.374	0.244
mean		0.020	0.475	0.337	0.384	0.248
SD		0.000	0.009	0.004	0.011	0.006
%CV		1.024	1.848	1.320	2.786	2.416

3.4 Precision of standard

สารละลายมาตรฐานในห้องปฏิบัติการต่างๆ เติร์ดขึ้นความเข้มข้นสูง เนื่องจากใช้จำนวนน้อย ห้องปฏิบัติการต่างๆ มักใช้สารละลายมาตรฐานในการวิเคราะห์แต่ละชุดไม่เกิน 10 สารละลาย ดังนั้นกราฟมาตรฐานควรมีค่า square of error (R-square) ไม่ต่ำกว่า 0.999 จากการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ส่วนใหญ่ของทุกห้องปฏิบัติการเป็นไปตามเกณฑ์ทั่วไปดังกล่าว ยกเว้น การวิเคราะห์เหล็กของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (DOA1) และการวิเคราะห์แมกนีเซียมของห้องปฏิบัติการภาควิทยาศาสตร์ปฐพีและสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (MJU) (รูปที่ 6-2) ซึ่งหากพบเหตุการณ์เช่นนี้ ทางโครงการฯ ได้แนะนำให้ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเตรียมสารละลายมาตรฐานใหม่



รูปที่ 6-2 กราฟมาตรฐานที่เกิดจากสารละลายมาตรฐานมีความแม่นยำต่ำ (บน) กราฟมาตรฐานจากการวิเคราะห์เหล็กของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (ล่าง) กราฟมาตรฐานจากการวิเคราะห์แมงกานีสของห้องปฏิบัติการมาคิชาฯ ทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3.5 Sensitivity

ความไวในการวิเคราะห์ธาตุแต่ละธาตุของเครื่อง AAS ขึ้นอยู่กับการปรับแต่งเครื่องของผู้ใช้ และการออกแบบของผู้ผลิต โดยทั่วไปเมื่อปรับแต่งให้เครื่องมีความไวมากขึ้น มักทำให้สปีดของสัญญาณต่ำลง ดังนั้นระดับความไวที่เหมาะสมจึงเป็นดุลยพินิจของผู้ใช้และผู้ผลิต ทางโครงการฯ ได้ศึกษาความไวของเครื่อง AAS ที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักแต่ละแห่งใช้โดยวิธีเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นที่ทำให้เกิดการดูดกลืนแสง 1% (characteristic concentration) โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างที่แตกต่างให้เห็นผลในการคำนวณ จากการศึกษาพบว่า

เครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (DOA1) ถูกปรับแต่งให้มีความไวสูงกว่าเครื่องของห้องปฏิบัติการอื่นทุกธาตุ ส่วนเครื่องของห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรฯ และห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ถูกปรับแต่งให้มีความไวต่ำกว่าห้องปฏิบัติการอื่น (ตารางที่ 6-4) ยกเว้นกรณีแมกนีเซียม ซึ่งพบว่าห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืช สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (DOA2) ปรับแต่งเครื่องให้มีความไวต่ำกว่าห้องปฏิบัติการอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 6-4)

ตารางที่ 6-4 ค่าความเข้มข้นที่ทำให้เกิดการดูดกลืนแสง 1% ของธาตุต่างๆ โดยเครื่อง AAS ที่ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักแต่ละแห่งไว้อยู่ (หน่วย mg/L)

	ห้องปฏิบัติการ					
	DOA1	DOA2	KKU	KU	MJU	WU
Fe	0.036	0.119	0.156	0.244	0.071	0.241
Mn	0.024	0.062	0.070	0.115	0.028	0.185
Cu	0.024	0.171	0.085	0.159	0.044	0.096
Zn	0.007	0.033	0.038	0.050	0.014	0.020
Mg		0.219	0.006	0.013	0.010	0.018

3.6 Calibration curve

เครื่อง AAS ไม่สามารถอ่านค่าความเข้มข้นของสารละลายที่วัดได้โดยตรง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) จากค่าที่เครื่องอ่านได้โดยตรง (Abs) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน จากนั้นเครื่องจึงจะสามารถอ่านค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างได้ วิธีสร้างเส้นกราฟมีอยู่หลายวิธี ผู้ผลิตเครื่องแต่ละรายอาจเลือกใช้วิธีที่ไม่เหมือนกัน ผู้ผลิตบางราย เช่น PerkinElmer อาจแจ้งให้ผู้ซื้อทราบว่าจะสร้างเส้นกราฟด้วยวิธีใด แต่ผู้ผลิตบางรายไม่แจ้งผู้ซื้อ หรือผู้ใช้ไม่สนใจที่จะรู้ โดยทั่วไปผู้ผลิตมักกำหนดให้ผู้ใช้เลือกวิธีสร้างเส้นกราฟโดยวิธีใดวิธีหนึ่งในสองวิธี คือ วิธีเส้นตรง (linear) และวิธีไม่เส้นตรง (non-linear) นอกจากนี้ในแต่ละวิธีดังกล่าว ผู้ผลิตยังอาจกำหนดให้ผู้ซื้อเลือกสร้างเส้นกราฟผ่านจุดเริ่มต้น (zero-intercept) หรือไม่ผ่านจุดเริ่มต้น (non zero-intercept) ซึ่งสร้างความสับสนให้ผู้ซื้อพอสมควร เพราะผู้ใช้ไม่เข้าใจหลักเกณฑ์ในการเลือก วิธีสร้างเส้นกราฟที่ต่างกันย่อมส่งผลให้ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของตัวอย่างต่างกัน ซึ่งความแตกต่างมีสาเหตุมาจากทั้งตัวแปรที่ผู้ผลิตกำหนดให้ผู้ซื้อเลือก และวิธีสร้างเส้นกราฟที่ผู้ซื้อเลือก ดังนั้นทางโครงการฯ จึงได้ทดสอบความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างที่คำนวณได้จากเครื่อง AAS ที่แต่ละห้องปฏิบัติการใช้อยู่ กับความเข้มข้นที่คำนวณได้โดยใช้สมการ quadratic ($C = a + bA + cA^2$ เมื่อ a, b, และ c เป็นค่าคงที่ของสมการ C คือความเข้มข้นของสารละลาย และ A คือ Abs ที่อ่านได้จากเครื่องมือ) ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 6-5 ซึ่งแต่ละธาตุพบว่า

- **เหล็ก** ผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง 2 วิธี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (DOA1) ห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (MJU) และห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ (WU) ทั้งนี้จะเนื่องมาจากวิธีที่เครื่อง AAS ของแต่ละห้องปฏิบัติการใช้ในการคำนวณต่างจาก quadratic เช่น เครื่อง AAS ของ WU คำนวณโดยใช้สมการ $C = (aA + bA^2)/(cA - 1)$ (เมื่อ a, b, และ c เป็นค่าคงที่ของสมการ C คือความเข้มข้นของสารละลาย และ A คือ Abs ที่อ่านได้จากเครื่องมือ) และกำหนดขอบเขตในการคำนวณเป็นแบบ 'zero-intercept' ในขณะที่การคำนวณด้วยสมการ quadratic ไม่ได้กำหนดขอบเขตเช่นนี้

- **แมงกานีส** ผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง 2 วิธี แตกต่างกันไม่เกิน 5% ทุกห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่า Abs ที่อ่านได้จากเครื่องมือเกือบจะเป็นเส้นตรง ทำให้ไม่มีความแตกต่างระหว่างวิธีที่ใช้ในการคำนวณ
- **ทองแดง** ผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง 2 วิธี แตกต่างกันไม่เกิน 5% ทุกห้องปฏิบัติการเช่นเดียวกับแมงกานีส และน่าจะมีเหตุผลเดียวกับแมงกานีส
- **สังกะสี** ผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง 2 วิธี แตกต่างกันไม่เกิน 5% ทุกห้องปฏิบัติการเช่นเดียวกับแมงกานีส และน่าจะมีเหตุผลเดียวกับแมงกานีส
- **แมกนีเซียม** ผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง 2 วิธี แตกต่างกันกว่า 30% ในขณะที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทั้งนี้จะเนื่องมาจากห้องปฏิบัติการนี้ปรับแต่งเครื่องให้มีความไวสูง แต่ใช้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานในช่วงกว้าง เส้นกราฟมาตรฐานจึงมีความโค้งมาก ผลการคำนวณด้วยวิธีที่ต่างกันทำให้ได้ค่าความเข้มข้นที่ต่างกันมาก (รูปที่ 6-2 ล่าง)

ตารางที่ 6-5 ผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างเดียวกันโดยเครื่อง AAS ของแต่ละห้องปฏิบัติการ เปรียบเทียบกับผลการคำนวณโดยสมการ quadratic Instrument หมายถึงค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่องมือ Quadratic หมายถึงค่าความเข้มข้นที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ quadratic และ Diff. หมายถึงผลต่าง (หน่วย mg/L)

	DOA1			DOA2			KKU		
	Instrument	Quadratic	Diff.	Instrument	Quadratic	Diff.	Instrument	Quadratic	Diff.
Fe	2.313	2.062	0.251	2.082	2.036	0.046	2.345	2.350	0.005
Mn	2.332	2.262	0.070	2.082	2.040	0.042	2.287	2.291	0.004
Cu	1.631	1.633	0.001				1.503	1.513	0.010
Zn	0.576	0.587	0.011				1.186	1.190	0.004
Mg				1.012	1.000	0.012	0.888	0.887	0.000

	KU			MJU			WU		
	Instrument	Quadratic	Diff.	Instrument	Quadratic	Diff.	Instrument	Quadratic	Diff.
Fe	2.657	2.656	0.002	2.246	1.953	0.293	2.619	2.419	0.200
Mn	2.068	2.069	0.000	1.991	1.989	0.002	2.218	2.219	0.000
Cu	1.700	1.713	0.014	1.521	1.482	0.039	1.495	1.497	0.002
Zn	1.012	1.020	0.008	1.081	1.052	0.029	1.904	1.913	0.009
Mg	0.998	0.980	0.018	0.896	0.549	0.347	1.022	1.024	0.001

3.7 ผลการวิเคราะห์

ถึงแม้ห้องปฏิบัติการต่างๆ ในเครือข่ายจะวิเคราะห์ตัวอย่างที่เป็นสารละลาย ซึ่งเตรียมขึ้นในครั้งเดียวกัน ดังนั้นสารละลายตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจึงเชื่อได้ว่ามีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบพบว่า มีความแตกต่างกันในช่วงประมาณ 5 - 33 % (%CV) (ตารางที่ 6-6 และ 6-7) แสดงให้เห็นว่า แม้จะใช้ตัวอย่างที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน ก็ยังมีความแตกต่างระหว่างห้องปฏิบัติการอยู่ระดับหนึ่งโดยธรรมชาติ ชาติ ถือว่าความแปรปรวนที่ต่ำกว่า 10 % (%CV) ถือว่าเป็นค่าปกติ ดังนั้นผลการวิเคราะห์สังกะสีและแมกนีเซียมถือว่า มีความแปรปรวนสูงผิดปกติ ผลการวิเคราะห์สังกะสีของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (DOA1) ต่ำกว่าห้องปฏิบัติการอื่นมาก และผลการวิเคราะห์แมกนีเซียมของห้องปฏิบัติการห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (MJU) ต่ำกว่าห้องปฏิบัติการอื่นมากเช่นกัน โดยเฉพาะเมื่อคำนวณโดยใช้สมการ quadratic (ตารางที่ 6-7)

ตารางที่ 6-6 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในสารละลายตัวอย่างที่เตรียมขึ้น ความเข้มข้นที่แสดงเป็นผลจากการคำนวณโดยสมการสร้างการมาตรฐานของเครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการนั้นๆ เอง

ห้องปฏิบัติการ	ความเข้มข้น (mg/L)				
	Fe	Mn	Cu	Zn	Mg
DOA1	2.313	2.332	1.631	0.576	
DOA2	2.082	2.082	1.509	1.266	1.012
KKU	2.345	2.287	1.503	1.186	0.888
KU	2.657	2.068	1.700	1.012	0.998
MJU	2.246	1.991	1.521	1.081	0.896
WU	2.619	2.218	1.495	1.904	1.022
LDD	2.33	2.25	1.48	1.40	1.01
mean	2.370	2.175	1.548	1.204	0.971
SD	0.203	0.128	0.083	0.404	0.062
%CV	8.580	5.893	5.384	33.561	6.356

ตารางที่ 6-7 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบในสารละลายตัวอย่างที่เตรียมขึ้น ความเข้มข้นที่แสดงเป็นผลจากการนำค่า Abs ที่อ่านได้จากเครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการต่างๆ มาคำนวณใหม่โดยใช้สมการ quadratic

ห้องปฏิบัติการ	ความเข้มข้น (mg/L)				
	Fe	Mn	Cu	Zn	Mg
DOAI	2.062	2.262	1.633	0.587	
DOA2	2.036	2.040	1.524	1.173	1.000
KKU	2.350	2.291	1.513	1.190	0.887
KU	2.656	2.069	1.713	1.020	0.980
MJU	1.953	1.989	1.482	1.052	0.549
WU	2.419	2.219	1.497	1.913	1.024
LDD	2.13	2.22	1.41	1.28	1.47
mean	2.229	2.156	1.533	1.174	0.986
SD	0.253	0.120	0.101	0.396	0.296
%CV	11.350	5.568	6.588	33.741	30.003

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล : ผลการทดสอบครั้งที่ 2

การทดสอบครั้งที่ 2 ยังคงมีปัญหที่เกิดจากห้องปฏิบัติการบางแห่ง ไม่ดำเนินการทดสอบทุกหัวข้อตามที่กำหนดไว้ ทำให้ข้อมูลขาดความสมบูรณ์ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่อง AAS บางยี่ห้อบางรุ่น ไม่สามารถทดสอบตามวิธีที่กำหนดได้ หรืออาจเกิดจากผู้ใช้เครื่อง ไม่ได้ปฏิบัติตาม : ผลการทดสอบที่ได้มีดังนี้

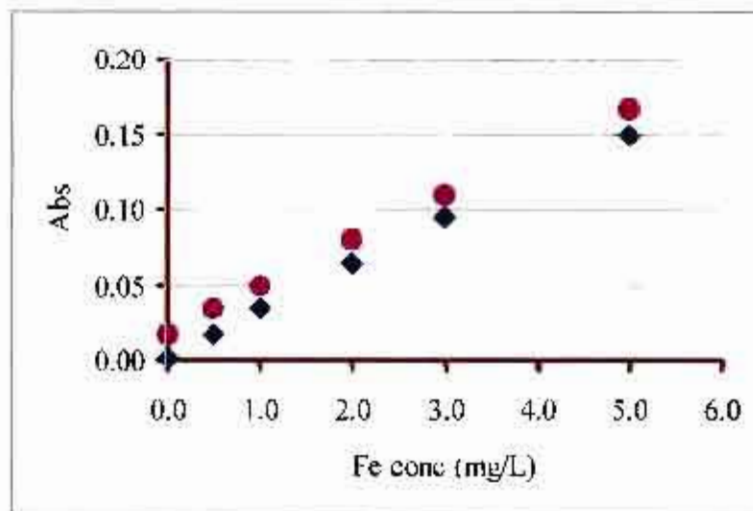
4.1 Base-line shift (blank shift)

มีห้องปฏิบัติการเพียง 4 แห่ง ที่ให้ข้อมูลผลการทดสอบ (ตารางที่ 6-8) ผลการทดสอบพบว่า เครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการ KU มีค่า base-line shift มากที่สุด ซึ่งจากการทดสอบครั้งแรกไม่พบปัญหานี้ base-line shift เกิดได้จากหลายสาเหตุ ได้แก่ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไม่มีเสถียรภาพ ใช้เวลาอุ่นเครื่องน้อยเกินไป โดยเฉพาะในเครื่องแบบ single-beam หรือหลอด HCL เสื่อมคุณภาพ เป็นต้น

ตารางที่ 6-8 ค่า Abs ของน้ำที่เปลี่ยนไปก่อนและหลังวัดสารละลายตัวอย่าง 10 ครั้ง

ห้องปฏิบัติการ	Fe		Mn		Zn	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
LDD1	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	-0.007
KU	0.001	0.018	0.000	-0.004	0.000	0.033
KKU	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001
MJU	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.006

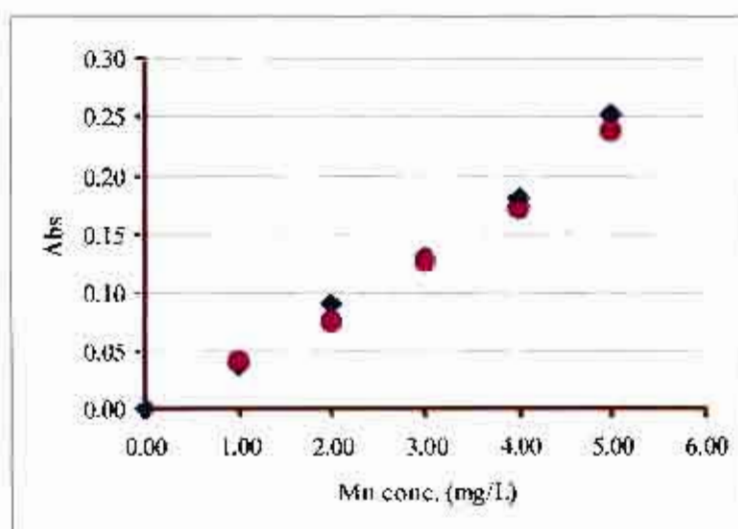
หมายเหตุ LDD1 = ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน



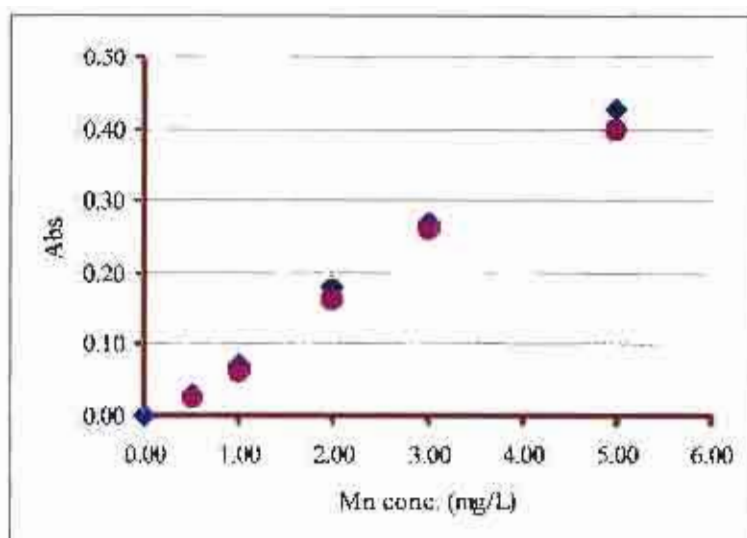
รูปที่ 6-3 เส้นกราฟมาตรฐานที่เปลี่ยนไปเนื่องจาก base-line shift การวิเคราะห์เหล็ก ของห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU)

4.2 Sensitivity shift

เครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการฯ แห่งที่ทดสอบมีค่า sensitivity shift อยู่ในระดับเดียวกับการทดสอบครั้งเก่า และพบว่า มีค่า sensitivity shift สูงในการวิเคราะห์แมงกานีสของห้องปฏิบัติการ LDD2 และ KU ซึ่งมีค่า sensitivity shift เฉลี่ยตลอดช่วงเส้นกราฟร้อยละ 7.6 และ 10.9 ตามลำดับ (รูปที่ 6-4 และ 6-5)



รูปที่ 6-4 เส้นกราฟมาตรฐานที่เปลี่ยนไปเนื่องจาก sensitivity shift การวิเคราะห์แมงกานีส ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืช สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน วมพัฒนาที่ดิน (LDD2)



รูปที่ 6-5 เส้นกราฟมาตรฐานที่เปลี่ยนไปเนื่องจาก sensitivity shift การวิเคราะห์เครื่องแก๊ส ของห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU)

4.3 Signal stability

ผลการทดสอบพบว่า สัญญาณมีความแปรปรวนน้อยกว่า 2% (%CV) ซึ่งถือว่าเป็นความแปรปรวนที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ความแปรปรวนที่สูงกว่าระดับนี้พบในการวิเคราะห์เหล็กและแมงกานีสของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืช กรมพัฒนาที่ดิน (LDD2) และห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU) ส่วนความแปรปรวนที่สูงมากในการวิเคราะห์เหล็กของห้องปฏิบัติการ KKU เป็นผลมาจากค่า Abs ที่ต่ำมากอย่างไม่ปกติ (ตารางที่ 6-9 6-10 และ 6-11)

ตารางที่ 6-9 ค่า Abs ของสารละลายตัวอย่างเดียวกันเมื่ออ่านค่าต่อเนื่อง 10 ครั้ง โดยใช้เครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการต่างๆ ในกรมวิเคราะห์เหล็ก

No.	ห้องปฏิบัติการ						
	DOA1	DOA2	LDD1	LDD2	KU	KKU	MJU
1	0.239	0.056	0.062	0.080	0.074	0.007	0.096
2	0.232	0.056	0.063	0.090	0.075	0.006	0.098
3	0.227	0.056	0.061	0.091	0.075	0.007	0.096
4	0.225	0.057	0.063	0.086	0.077	0.005	0.096
5	0.229	0.056	0.063	0.089	0.077	0.006	0.097
6	0.229	0.056	0.063	0.088	0.078	0.006	0.097
7	0.229	0.056	0.061	0.084	0.079	0.006	0.099
8	0.229	0.056	0.062	0.084	0.079	0.006	0.099
9	0.231	0.056	0.062	0.081	0.081	0.006	0.098
10	0.232	0.056	0.062	0.084	0.082	0.007	0.096
mean	0.230	0.056	0.062	0.087	0.078	0.006	0.097
SD	0.004	0.000	0.001	0.003	0.003	0.001	0.001
%CV	1.560	0.692	1.242	3.685	3.381	10.201	1.205

ตารางที่ 6-10 ค่า Abs ของสารละลายตัวอย่างเดียวกันเมื่ออ่านค่าต่อเนื่อง 10 ครั้ง โดยใช้เครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการต่างๆ ในการวิเคราะห์แมงกานีส

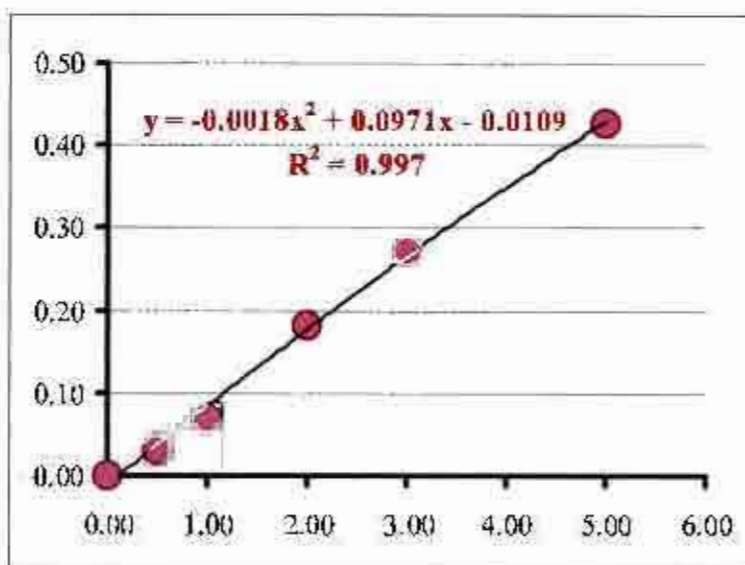
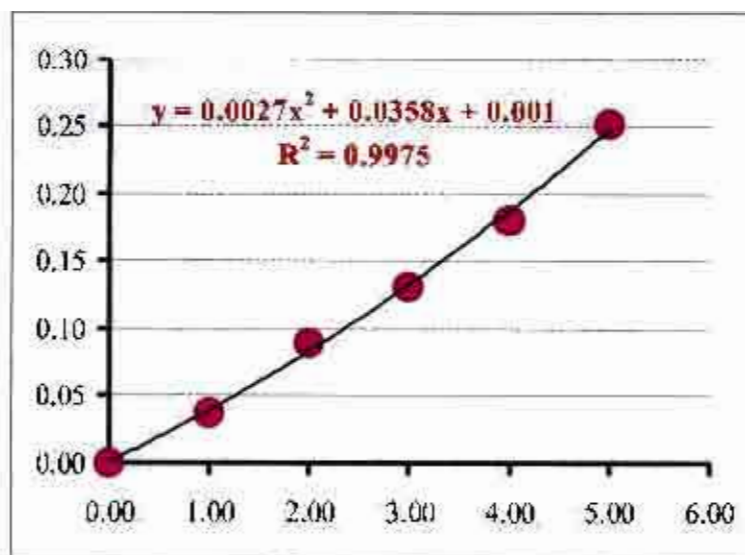
No.	ห้องปฏิบัติการ						
	DOA1	DOA2	LDD1	LDD2	KU	KKU	MJU
1	0.550	0.217	0.085	0.212	0.243	0.142	0.512
2	0.556	0.217	0.086	0.211	0.249	0.141	0.500
3	0.554	0.216	0.084	0.214	0.239	0.142	0.514
4	0.556	0.217	0.086	0.217	0.233	0.143	0.502
5	0.553	0.217	0.087	0.214	0.237	0.143	0.498
6	0.552	0.215	0.086	0.201	0.236	0.141	0.501
7	0.554	0.216	0.084	0.199	0.237	0.142	0.505
8	0.554	0.214	0.085	0.198	0.232	0.145	0.504
9	0.543	0.218	0.085	0.206	0.237	0.143	0.503
10	0.538	0.218	0.094	0.200	0.239	0.141	0.507
mean	0.551	0.216	0.086	0.207	0.238	0.142	0.505
SD	0.006	0.001	0.001	0.007	0.005	0.001	0.005
%CV	1.057	0.668	1.212	3.486	2.055	0.880	1.016

ตารางที่ 6-11 ค่า Abs ของสารละลายตัวอย่างเดียวกันเมื่ออ่านค่าต่อเนื่อง 10 ครั้ง โดยใช้เครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการต่างๆ ในการวิเคราะห์สังกะสี

No.	ห้องปฏิบัติการ						
	DOA1	DOA2	LDD1	LDD2	KU	KKU	MJU
1	0.464	0.221	0.196	0.663	0.263	0.165	0.443
2	0.462	0.222	0.195	0.665	0.261	0.164	0.444
3	0.462	0.218	0.195	0.660	0.260	0.164	0.442
4	0.462	0.219	0.193	0.673	0.260	0.164	0.441
5	0.459	0.220	0.194	0.682	0.259	0.164	0.438
6	0.463	0.219	0.194	0.683	0.262	0.166	0.440
7	0.460	0.222	0.194	0.674	0.260	0.166	0.439
8	0.459	0.222	0.193	0.674	0.260	0.166	0.441
9	0.460	0.220	0.192	0.676	0.260	0.164	0.440
10	0.461	0.220	0.194	0.676	0.262	0.166	0.443
mean	0.461	0.220	0.194	0.672	0.261	0.166	0.441
SD	0.002	0.001	0.001	0.008	0.001	0.001	0.002
%CV	0.342	0.656	0.595	1.131	0.480	0.600	0.466

4.4 Precision of standard

ในการทดสอบครั้งที่ 2 พบว่าการเตรียมสารละลายมาตรฐานของห้องปฏิบัติการต่างๆ มีค่า square of error (R-square) ต่ำกว่า 0.999 ในหลายกรณี แต่ทุกกรณีค่า R-square ยังคงสูงกว่า 0.99 การใช้สารละลายมาตรฐานที่มีความแม่นยำต่ำ ทำให้ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างมีความแม่นยำต่ำไปด้วย



รูปที่ 6-6 ตัวอย่างกราฟมาตรฐานที่เกิดจากสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง

(บน) กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์เมงกานีสของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืช กรมพัฒนาที่ดิน (LDD2)

(ล่าง) กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์เมงกานีสของห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KU)

4.5 Sensitivity

ความไวในการวิเคราะห์เป็นตัวแปรที่มีความแปรปรวนสูง ทั้งความแปรปรวนระหว่างธาตุวิเคราะห์ และความแปรปรวนระหว่างห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 6-12) ในภาพรวมพบว่า เครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร (DOA1) มีความไวสูงกว่าเครื่องในห้องปฏิบัติการอื่นๆ ความคิดเห็นว่าทิศทางการทดสอบครั้งนี้ พบว่าเครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการทรัพยากรที่ดินฯ คง

เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) มีความไวในการวิเคราะห์หลักต่ำผิดปกติ ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากการปรับค่าความยาวคลื่นในการวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากหลักมีความยาวคลื่น 2 ค่า ที่ใกล้เคียงมาก คือ 248.3 และ 248.8 นาโนเมตร (Perkin-Elmer, 1976, Skoog and Leary, 1992) ทำให้มีโอกาสดัชนีพลาดได้ง่ายหากไม่ตรวจสอบการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 248.8 นาโนเมตร มีความไวต่ำกว่า 248.3 นาโนเมตร การเลือกวิเคราะห์ที่มีความยาวคลื่น 248.8 นาโนเมตร จึงทำให้ความไวต่ำลง

ตารางที่ 6-12 ค่าความเข้มข้นที่ทำให้เกิดการดูดกลืนแสง 1% (characteristic concentration) ของธาตุที่ทดสอบ (หน่วย mg/L)

ห้องปฏิบัติการ	ธาตุที่ทดสอบ		
	Fe	Mn	Zn
DOA1	0.040	0.025	0.015
DOA2	0.134	0.061	0.034
LDD1	0.206	0.082	0.033
LDD2	0.096	0.091	0.010
KU	0.142	0.061	0.024
KKU	1.600	0.090	0.044
MJU	0.105	0.024	0.015

4.6 Calibration curve

ผลการทดสอบพบว่า ค่าวิเคราะห์ที่อ่านได้จากเครื่อง AAS โดยตรงของแต่ละห้องปฏิบัติการ ต่างจากค่าที่ได้จากการคำนวณโดยสมการ quadratic เช่นเดียวกับผลการทดสอบครั้งแรก (ตารางที่ 6-13) โดยในการทดสอบครั้งนี้พบว่า ความแตกต่างของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (LDD1) มีค่าสูงสุด แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของวิธีคำนวณ หรือขั้นตอนในการคำนวณเป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่ทำให้ผลการวิเคราะห์มีความแตกต่างกันระหว่างห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 6-13 ผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างเดียวกันโดยเครื่อง AAS ของแต่ละห้องปฏิบัติการ (Instr.) เปรียบเทียบกับผลการคำนวณโดยสมการ quadratic (Quad.) Diff. หมายถึงผลต่างที่เกิดจากการคำนวณโดยวิธีทั้งสอง (หน่วย mg/L)

ห้องปฏิบัติการ	Fe			Mn			Zn		
	Instr.	Quad.	Diff.	Instr.	Quad.	Diff.	Instr.	Quad.	Diff.
DOA1	2.111	2.108	0.003	3.147	3.130	0.017	1.616	1.621	0.005
DOA2	1.704	1.676	0.028	3.019	2.973	0.046	1.685	1.622	0.063
LDD1	2.896	3.003	0.108	1.596	1.760	0.165	1.438	1.521	0.083
LDD2	1.883	1.960	0.067	4.279	4.348	0.042	1.592	1.545	0.046
KU	2.502	2.430	0.072	2.759	2.684	0.075	1.415	1.444	0.029
KKU	2.255	2.247	0.008	2.912	2.940	0.028	1.636	1.635	0.002
MJU	2.330	2.394	0.064	2.772	2.759	0.013	1.544	1.591	0.047

4.7 ผลการวิเคราะห์

ถึงแม้ห้คงปฏิบัติกรต่างๆ จะวิเคราะห์ตัวอย่างสารละลายเดียวกัน แต่กลับพบว่าผลการวิเคราะห์มีความแตกต่างกัน 6.4 – 24.8 % (%CV) (ตารางที่ 6-14) ผลการวิเคราะห์ห้สังเกติ ซึ่งเคยมีความแปรปรวนสูงที่สุดในการทดสอบครั้งแรกกลับพบว่า มีความแปรปรวนน้อยที่สุดในการทดสอบครั้งนี้ ส่วนผลการวิเคราะห์แ่งกานิสซึ่งเคยมีความแปรปรวนต่ำในการทดสอบครั้งแรก กลับพบว่ามีความแปรปรวนสูงถึง 24.8 % (%CV)

ตารางที่ 6-14 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ Fe Mn และ Zn ในสารละลายตัวอย่างเดียวกันของห้องปฏิบัติการต่างๆ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ 10 ครั้ง และเป็นค่าที่เกิดจากการคำนวณของเครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการนั้นๆ

ห้องปฏิบัติการ	ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง (mg/L)		
	Fe	Mn	Zn
DQA1	2.111	3.147	1.616
DQA2	1.704	3.019	1.685
LDO1	2.896	1.596	1.438
LDO2	1.883	4.279	1.592
KU	2.502	2.759	1.415
KKU	2.255	2.912	1.635
MJU	2.330	2.772	1.544
WU	2.396	3.031	1.469
median	2.292	2.965	1.568
mean	2.259	2.939	1.549
SD	0.370	0.729	0.099
%CV	16.389	24.738	6.415

5 ปัญหาในการใช้เครื่อง

ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เครื่อง AAS และอาจเป็นสาเหตุให้ผลการวิเคราะห์ผิดเพี้ยนมีหลายปัญหา ทางโครงการต้องการพิจารณาเฉพาะปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบสารละลายตัวอย่างในครั้งนี้เท่านั้น และได้เก็บข้อมูลไว้เป็นหลักฐานแสดงให้เห็นว่า หากเกิดปัญหาเช่นนี้ขึ้นจะก่อให้เกิดผลกระทบข้อความถูกต้องของการวิเคราะห์ ผู้ใช้ AAS ไม่ควรมองข้าม และควรแก้ไขปัญหาน้อยๆไว้ เพื่อมิให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาด ปัญหาที่พบมี 2 ปัญหา คือ

5.1 ปัญหาการไหลของสารละลายเข้าสู่ burner : โดยปกติก่อนลงมือวัดตัวอย่าง ผู้ใช้ AAS ควรปรับแต่ง nebulizer ให้สามารถอ่านค่า Abs ของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ที่ความเข้มข้นใดก็ตามเข้มข้นหนึ่ง ให้ได้ค่าสูงสุด จึงลงมือวิเคราะห์จริง ปกติครั้งที่ผู้ใช้ไม่ได้ปรับ เนื่องจากคิดว่าเคยปรับแต่งไว้แล้ว หรือคิดว่าก่ดการไหลของสารละลายที่เปลี่ยนไป ไม่ส่งผลอะไร ต่อการวิเคราะห์ เนื่องจากการวิเคราะห์แต่ละครั้งได้ทำการวัดเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานอยู่แล้ว ปัญหานี้พบในกรณีการวิเคราะห์เหล็กของห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ผู้ใช้เริ่มใช้เครื่องโดยคิดว่าเคยปรับ nebulizer ให้มีอัตราการไหลที่เหมาะสมไว้ก่อนแล้ว ทำ

การวิเคราะห์สารละลายตัวอย่างเหล้าจนเสร็จ เมื่อนำข้อมูลมาตรวจสอบว่า ค่า Abs ต่ำกว่าปกติ ความไวลดลงมากผิดปกติ และความแปรปรวน (%CV) สูงผิดปกติ (ตารางที่ 6-15 และ 6-16) ผู้ใช้จึงได้ปรับแต่ง nebulizer ใหม่ ผู้ใช้สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ทันที และทำการแก้ไขได้อย่างถูกต้องเนื่องจากเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยสำหรับเครื่อง AAS ของห้องปฏิบัติการนี้ ในขณะที่ห้องปฏิบัติการอื่นไม่พบปัญหาทำนองนี้เลยนัก สาเหตุน่าจะเนื่องมาจาก AAS ของห้องปฏิบัติการนี้ใช้ nebulizer ที่ทำด้วยพลาสติก ในขณะที่ห้องปฏิบัติการอื่นๆ ใช้ nebulizer ที่ทำด้วยโลหะไม่เป็นสนิม ถึงแม้ nebulizer ที่ทำด้วยพลาสติกจะทนต่อการกัดกร่อนของกรดได้ดี แต่มีปัญหาด้านเสถียรภาพ ซึ่งผู้ผลิตคงได้ให้ข้อมูลข้อรู้ไว้ทราบอยู่ก่อนแล้ว nebulizer ชนิดพลาสติกไม่ได้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานของเครื่อง AAS ดังนั้น จึงไม่น่าเป็นปัญหากับห้องปฏิบัติการอื่นๆ

ตารางที่ 6-15 ค่า Abs ของสารละลายมาตรฐาน Fe ชุดเดียวกันที่อ่านได้จากเครื่องซึ่งมีอัตราการไหลของสารละลายเข้าสู่ burner ต่ำผิดปกติ

Code	ก่อนวิเคราะห์ตัวอย่าง		หลังวิเคราะห์ตัวอย่าง	
	Abs	Conc (mg/L)	Abs	Conc (mg/L)
Std. 0	0.000	0.000	0.001	0.000
Std. 1	0.017	2.004	0.012	1.482
Std. 2	0.034	4.008	0.024	2.935
Std. 3	0.050	6.012	0.036	4.300
Std. 4	0.066	8.016	0.046	5.557
Std. 5	0.079	10.020	0.056	6.816
Std. 6	0.093	12.024	0.066	8.084

ตารางที่ 6-16 ค่า Abs ของสารละลายตัวอย่าง Fe ตัวอย่างเดียวกันที่อ่านได้จากเครื่องซึ่งมีอัตราการไหลของสารละลายเข้าสู่ burner ต่ำผิดปกติจำนวน 10 ครั้ง

Code	Abs	Conc (mg/L)
Sam. 1	0.020	2.393
Sam. 2	0.016	1.962
Sam. 3	0.016	1.963
Sam. 4	0.016	1.865
Sam. 5	0.015	1.752
Sam. 6	0.014	1.642
Sam. 7	0.014	1.736
Sam. 8	0.014	1.710
Sam. 9	0.016	1.834
Sam. 10	0.016	1.880
mean	0.016	1.874
SD	0.002	0.211
%CV	11.387	11.271

5.2 ปัญหาการระบายสารละลายจาก mixing chamber อุดตัน : เครื่อง AAS ที่สร้างไออะตอมโดยใช้เปลวไฟ จำเป็นต้องมีที่ระบายสารละลายออกจาก mixing chamber ระบบระบายสารละลายนอกจากเป็นช่องทางให้สารละลายไหลออกแล้ว ยังอาจทำให้แก๊สรั่วไหลออกมาได้ด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการระเบิดขึ้นได้ ผู้ผลิต AAS จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้แก๊สไหลออกมาพร้อมกับสารละลาย เมื่อระบบอุดตันจะทำให้สารละลายตกค้างอยู่ใน mixing chamber มากเกินไปจนทำให้เปลวไฟดับ และไม่สามารถวิเคราะห์ต่อไปได้ หากผู้ใช้ระบายสารละลายเสร็จแล้วเพียงแค่จุดเปลวไฟใหม่ และวิเคราะห์ต่อไปพบว่า ความไวในการวิเคราะห์เปลี่ยนไปจากเดิมมาก ปัญหานี้พบในการวิเคราะห์เหล็กของห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ตารางที่ 6-17 และ 6-18) ผู้ให้ทราบปัญหาและแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง สาเหตุน่าจะมาจากการออกแบบระบบระบายสารละลายที่ไม่เหมาะสมของผู้ผลิต

ตารางที่ 6-17 ค่า Abs ของสารละลายมาตรฐาน Fe ชุดเดียวกันที่อ่านได้จากเครื่อง AAS ซึ่งเปลวไฟดับขณะวิเคราะห์

Code	ก่อนเปลวไฟดับ		หลังเปลวไฟดับ	
	Abs	Conc (mg/L)	Abs	Conc (mg/L)
Std. 0	-0.001	0.000	-0.002	-0.002
Std. 1	0.009	2.000	0.005	1.200
Std. 2	0.016	4.000	0.010	2.221
Std. 3	0.025	6.000	0.013	3.004
Std. 4	0.031	8.000	0.020	4.715
Std. 5	0.339	10.000	0.027	3.467

ตารางที่ 6-18 ค่า Abs ของสารละลายตัวอย่างเดียวกันที่อ่านได้ก่อนเปลวไฟดับ (Sam.1 – Sam.4) และหลังไฟดับ (Sam.5 – Sam.10)

Code	Abs	Conc (mg/L)
Sam. 1	0.009	1.923
Sam. 2	0.008	1.859
Sam. 3	0.008	1.709
Sam. 4	0.010	2.155
Sam. 5	0.008	1.316
Sam. 6	0.008	1.235
Sam. 8	0.007	1.490
Sam. 10	0.009	1.372
mean	0.008	1.331
SD	0.002	0.331
%CV	20.158	20.280

6 ความแตกต่างระหว่างยี่ห้อ

ห้องปฏิบัติการต่างๆ ในเครือข่ายใช้เครื่อง AAS ต่างยี่ห้อกันดังนี้

- ห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้เครื่องยี่ห้อ Pye Unicam
- ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืช สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ใช้เครื่องยี่ห้อ Hitachi
- ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ใช้เครื่องยี่ห้อ GBC
- ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน ใช้เครื่องยี่ห้อ Shimadzu
- ห้องปฏิบัติการห้องปฏิบัติการภาควิทยาศาสตร์ดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ใช้เครื่องยี่ห้อ GBC
- ห้องปฏิบัติการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ใช้เครื่องยี่ห้อ PerkinElmer
- ห้องปฏิบัติการห้องปฏิบัติการภาควิทยาศาสตร์ดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ใช้เครื่องยี่ห้อ Varian Techtron

จากการศึกษาเปรียบเทียบในประเด็นต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วพบว่า AAS ของแต่ละผู้ผลิตมีความแตกต่างในบางประเด็นสำคัญดังนี้

- เครื่อง AAS ยี่ห้อ Pye Unicam และ PerkinElmer ถูกออกแบบให้มีความไวต่ำ โดยพบความแตกต่างจากยี่ห้ออื่นอย่างชัดเจนในการวิเคราะห์วิเคราะห์หลัก ในขณะที่ยี่ห้อ GBC เน้นออกแบบให้เครื่องมีความไวสูง
- โปรแกรมสร้างกราฟมาตรฐานที่ผู้ผลิตให้มาไม่มีความแตกต่างระหว่างยี่ห้อ เมื่อกราฟเป็นเส้นตรง แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อกราฟเป็นเส้นโค้ง
- เครื่อง AAS ยี่ห้อ GBC บางรุ่นมีปัญหาต่อระบบสารละลายจาก mixing chamber ออกตันบ่อยครั้ง
- เครื่อง AAS ยี่ห้อ PerkinElmer เฉพาะเมื่อใช้ nebulizer ทำด้วยพลาสติก มักมีปัญหาต่อระบบการดูดสารละลายเข้าสู่ mixing chamber

เครื่อง AAS ทุกยี่ห้อที่ศึกษาไม่พบว่ามีปัญหา baseline shift บางเครื่องมีปัญหาจาก sensitivity shift แต่ไม่อาจบอกได้ว่ามีสาเหตุมาจากความบกพร่องของการออกแบบเครื่องมือ

7. สรุป

การทดสอบ AAS ทั้งสองครั้งพบว่า ถึงแม้ห้องปฏิบัติการต่างๆ จะใช้ตัวอย่างสารละลาย ซึ่งเป็นสารเนื้อเดียว แต่ผลการวิเคราะห์ยังคงมีความแปรปรวนสูงในบางธาตุ การทดสอบครั้งแรกพบว่า ผลการวิเคราะห์สังกะสีมีความแปรปรวนสูงที่สุดในบรรดาธาตุที่ทดสอบ (Fe Mn Cu Zn และ Mg) แต่การทดสอบครั้งที่ 2 กลับพบว่า ผลการวิเคราะห์สังกะสีมีความแปรปรวนในระดับที่ยอมรับได้ ในขณะที่ผลการวิเคราะห์แมงกานีสซึ่งไม่มีปัญหาในการทดสอบครั้งแรก กลับมีความแปรปรวนสูงที่สุดในบรรดาธาตุที่ทดสอบ (Fe Mn และ Zn)

การทดสอบทั้ง 6 รายการ คือ Base-line shift, Sensitivity shift, Signal stability, Precision of standard, Sensitivity, และ Calibration curve ล้วนพบว่ามีค่าต่างระหว่างห้องปฏิบัติการ และอาจเป็นสาเหตุให้ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างผิดพลาดได้ทั้งสิ้น Base-line shift และ Signal stability น่าจะไม่ใช่อุปสรรคสำคัญ เนื่องจากพบว่า เครื่อง AAS ของทุกห้องปฏิบัติการไม่แสดงความผิดพลาดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากเครื่องของห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งอาจเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้

8. เอกสารอ้างอิง

- Ewing, G.W. 1985 Instrumental Methods of Chemical Analysis, 5th ed. McGraw Hill, New York
- Skoog, D.A and Leary J.J. 1992. Principles of Instrumental Analysis, 4th ed. Saunders College Publishing, Fort Worth.
- Peacock, R.L., Shields, L.D., Cairns, T. and McWilliam, I.G. 1976 Modern Methods of Chemical Analysis, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Perkin-Elmer, 1976. Operating Manual for AAS. Perkin-Elmer Co. Ltd.



การทดสอบประสิทธิภาพของห้องปฏิบัติการ ในเครือข่ายเสริม

- คำนำ
- วิธีการทดสอบ
- ผลการทดสอบ
- สรุปและข้อคิดเห็น

1. คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืชกระจายอยู่ทั่วไปทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค สิ่งกีดขวางวิสัยต่างๆ และองค์กรของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หลายห้องปฏิบัติการมีความพร้อมที่จะวิเคราะห์ดินที่ส่งตัวอย่างดินและตัวอย่างพืช บางแห่งวิเคราะห์ได้เฉพาะตัวอย่างดินและบางแห่งการเท่านั้น เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องเครื่องมือ อุปกรณ์ที่จำเป็น รวมทั้งบุคลากร โครงการจัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืชที่ได้ดำเนินการมาเป็นระยะเวลา 2 ปี 6 เดือน มีคณะผู้ร่วมดำเนินการวิจัยจาก 6 ห้องปฏิบัติการที่เป็นเครือข่ายหลัก (รายชื่อปรากฏอยู่ในบทที่ 2) เป็นห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อมในการวิเคราะห์ทั้งตัวอย่างดินและตัวอย่างพืช จากนั้นได้รับห้องปฏิบัติการวิเศษด้านการประกันคุณภาพเข้าร่วมเป็นเครือข่ายเสริมจำนวน 13 ห้องปฏิบัติการ (รายชื่อปรากฏอยู่ในบทที่ 2)

เครือข่ายหลักกับเครือข่ายเสริมได้มีความสัมพันธ์ และดำเนินกิจกรรมร่วมกันอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากคณะนักวิจัยของเครือข่ายหลักได้ไปเยี่ยมชม สำนวณ และรับทราบข้อมูลเบื้องต้น เพื่อประเมินความพร้อมและศักยภาพในการให้บริการของห้องปฏิบัติการเครือข่ายเสริมทั้ง 18 แห่ง มีกิจกรรมเพื่อการถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยีทั้งในด้านเทคนิคการวิเคราะห์ การบริหารห้องปฏิบัติการ การประกันคุณภาพ การประเมินผลค่าวิเคราะห์ ในรูปการอบรมเชิงปฏิบัติการ 3 ครั้ง การสัมมนา 1 ครั้ง ทุกครั้งจะมีเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานจากห้องปฏิบัติการเครือข่ายเสริมได้เข้าร่วมการอบรม เรียนรู้เพิ่มทักษะ และมีส่วนร่วมโดยตลอด ซึ่งสำคัญได้ร่วมกิจกรรมในการประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการด้วยการวิเคราะห์ตัวอย่างอ้างอิงทางโครงการจัดส่งให้

2. วิธีการทดสอบ

นอกจากการแลกเปลี่ยนตัวอย่างระหว่างห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักแล้ว ทางโครงการ ได้มีตัวอย่างอ้างอิงที่ได้เตรียมขึ้นทั้งดินและพืชส่งให้แกห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเสริมจำนวน 17 ห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์ด้วย โดยทางโครงการ ได้จัดส่งตัวอย่างมีอินทรีย์ 21 เมษายน 2546 (ดินส่งตัวอย่างจาก มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จ. นครศรีธรรมราช) และขอความร่วมมือห้องปฏิบัติการส่งผลการวิเคราะห์ภายใน 31 ตุลาคม 2546 ห้องปฏิบัติการที่ส่งผลการวิเคราะห์กลับคืนมายังโครงการทั้งหมดมี 14 ห้องปฏิบัติการ รายการวิเคราะห์เป็นไปตามศักยภาพของแต่ละห้อง

ปฏิบัติภารกิจที่สามารถวิเคราะห์ได้ จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับค่ารับรอง (certified value) ซึ่งทางโครงการจัดทำขึ้น (รายละเอียดการจัดทำอธิบายในข้อที่ 5)

3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวิเคราะห์ตัวอย่างดินอ้างอิง

3.1.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ห้องปฏิบัติการที่ 05 และ 07 วัด pH ของดินโดยใช้อัตราส่วนดินน้ำ เท่ากับ 1:5 ส่วนห้องปฏิบัติการที่เหลือใช้อัตราส่วน 1:1 อย่างไรก็ตามพบว่า ผลการวิเคราะห์ด้วยอัตราส่วนต่างกันเหล่านี้มีผลการวิเคราะห์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ค่ารับรองก็จัดทำขึ้นจากผลการวัด pH ทั้งอัตราส่วน 1:1 และ 1:2.5 ซึ่งพบว่าอัตราส่วนที่แตกต่างกันนี้ ไม่ทำให้ค่าที่วัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 7-1 ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเสริมจำนวน 14 ห้องปฏิบัติการ และค่ารับรองของโครงการ ผลการวิเคราะห์ที่แสดงด้วยตัวอักษรสีแดงหมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่สูงหรือต่ำกว่า $\text{mean} \pm 2\text{SD}$ ของค่ารับรอง

หมายเลข ห้องปฏิบัติการ		รหัสตัวอย่าง				
		Pr	Tk	Ki	Kh	Re
01		7.3	7.5	6.8	4.9	3.7
02		7.50	7.80	6.80	5.00	3.60
03		7.16	7.20	6.52	4.33	3.51
04		6.70	6.90	6.40	5.30	3.80
05*		7.30	7.50	6.30	5.10	3.90
06		7.57	7.78	6.76	4.94	3.91
07*		7.51	7.50	6.95	5.34	4.00
08		7.53	7.55	6.95	4.74	3.70
09		6.46	6.66	6.23	4.38	2.47
10		7.55	7.69	6.70	4.88	3.81
11		6.73	7.02	6.36	5.10	4.10
12		7.4	7.6	6.8	4.9	3.8
13		6.60	6.80	6.30	5.30	3.70
14		7.17	7.14	6.59	5.35	4.50
ค่ารับรอง	mean	7.46	7.69	6.80	4.96	3.81
	SD	0.27	0.23	0.24	0.24	0.14

หมายเหตุ ห้องปฏิบัติการที่ 05 และ 07 วัดโดยใช้อัตราส่วนดินน้ำ เท่ากับ 1:5 ส่วนห้องปฏิบัติการที่เหลือใช้อัตราส่วน 1:1

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการวัด pH พบว่าห้องปฏิบัติการที่ 09 วัดค่า pH ได้ต่ำกว่าค่ารับรองอย่างมีนัยสำคัญทุกตัวอย่าง (นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) ห้องปฏิบัติการที่ 04 11 และ 13 วัดค่า pH ได้ต่ำกว่าค่ารับรองอย่างมีนัยสำคัญในกรณีดินตาง ห้องปฏิบัติการที่ 03 วัดค่า pH ได้ต่ำกว่าค่ารับรองอย่างมีนัยสำคัญในกรณีดินกรด ห้องปฏิบัติการที่วัดค่า pH ได้ถูกต้องและแม่นยำเมื่อเทียบกับค่ารับรองของตัวอย่างอ้างอิงคือ ห้องปฏิบัติการที่ 01 02 06 07 08 10 และ 12 รวม 7 ห้องปฏิบัติการ หรือเพียงครึ่งหนึ่งของจำนวนห้องปฏิบัติการทั้งหมดที่ส่งข้อมูลให้แก่โครงการ (ตารางที่ 7-1)

3.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีเพียง 10 ห้องปฏิบัติการที่ส่งข้อมูลผลการวัดค่า EC ให้แก่โครงการฯ ทุกห้องปฏิบัติการวัดค่าการนำไฟฟ้าโดยใช้อัตราส่วน 1:5 ถึงแม้ค่า EC จะสามารถวัดได้ง่าย กระบวนการวัดไม่มีความซับซ้อนใดๆ แต่พบว่ามีเพียง 2 ห้องปฏิบัติการเท่านั้นที่วัดค่า EC ได้ถูกต้องและแม่นยำเมื่อเทียบกับค่ารับรองของตัวอย่างอ้างอิง (ตารางที่ 7-2) ห้องปฏิบัติการที่ 03 รายงานผล EC ของตัวอย่างอ้างอิง Ki ต่ำมาก ทั้งๆ ที่ดินตัวอย่างนี้เป็นดินเค็ม คาดว่าน่าจะเกิดจาก การบันทึกหรือรายงานหน่วยของการวัดผิดพลาด ห้องปฏิบัติการที่ 06 รายงานผลการวัดสูงกว่าค่ารับรองอย่างมีนัยสำคัญถึง 4 ค่า ส่วนห้องปฏิบัติการอื่นๆ รายงานผลต่ำกว่าค่ารับรองอย่างมีนัยสำคัญในบางตัวอย่าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขาดความแม่นยำในการวัด

ตารางที่ 7-2 ผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายสมัครจำนวน 10 ห้องปฏิบัติการ และค่ารับรองของโครงการ ผลการวิเคราะห์ที่แสดงด้วยตัวอักษรสีแดงหมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่สูงหรือต่ำกว่าค่า mean $\pm$ 2SD ของค่ารับรอง ทุกห้องปฏิบัติการวัดโดยใช้อัตราส่วนดิน น้ำ เท่ากับ 1:5 (หน่วย mS/cm)

หมายเลข ห้องปฏิบัติการ		รหัสตัวอย่าง				
		Pc	Tk	Ki	Kh	Ra
01		0.12	0.19	5.05	0.05	0.41
02		0.1	0.16	4.1	0.02	0.34
03		0.0942	0.1531	0.00443	0.0277	0.328
04		0.08	0.14	4.42	0.02	0.3
05		0.065	0.130	4.600	0.015	0.256
06		0.21	0.289	5.46	0.165	0.435
07		0.12	0.19	4.96	0.06	0.38
09		0.17	0.22	5.31	0.02	0.41
10		0.13	0.21	5.24	0.37	0.04
14		0.1118	0.182	4.47	0.0232	0.327
ค่ารับรอง	mean:	0.12	0.17	4.97	0.023	0.36
	SD	0.02	0.01	0.45	0.004	0.03

3.1.3 อินทรีย์วัตถุและอินทรีย์คาร์บอน ทุกห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินหริยวัตถุหรืออินทรีย์คาร์บอนโดยวิธี Walkley&Black ตรวจรายงานผลการวิเคราะห์แตกต่างกัน บางห้องปฏิบัติการรายงานผลเพียงค่าใดค่าหนึ่ง ในการขึ้นทางโครงการฯ จะคำนวณแปลเป็นอีกค่าหนึ่ง โดยใช้สมมุติฐานว่า อินทรีย์วัตถุประกอบด้วยอินทรีย์คาร์บอน 58 % เพื่อให้สามารถนำผลการวิเคราะห์มาซึ่งเปรียบเทียบกับห้องปฏิบัติการได้ มีเพียง 4 ห้องปฏิบัติการจากทั้งหมด 14 ห้องปฏิบัติการ เท่านั้นที่ระบุได้ว่า สามารถวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนได้อย่างถูกต้องแม่นยำกับค่ารับรองของตัวอย่างอ้างอิง (ห้องปฏิบัติการที่ 01 06 07 และ 08) ส่วนห้องปฏิบัติการที่ 09 ส่งข้อมูลผ่านทางโครงการฯ เพียง 3 ตัวอย่าง ทำให้ไม่สามารถนำมาพิจารณาได้ ห้องปฏิบัติการที่ 03 วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าค่ารับรองอย่างมีนัยสำคัญทุกตัวอย่าง (ตารางที่ 7-3)

ตารางที่ 7-3 ผลการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเสริมจำนวน 14 ห้องปฏิบัติการ และค่ารับรองของโครงการฯ ผลการวิเคราะห์ที่แสดงด้วยตัวอักษรสีแดงหมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่สูงหรือต่ำกว่าค่า $\text{mean} \pm 2\text{SD}$ ของค่ารับรอง ห้องปฏิบัติการที่รายงานผลเป็นค่าอินทรีย์วัตถุ ทางโครงการฯจะแปลเป็นค่าอินทรีย์คาร์บอนโดยใช้สมมุติฐานว่า อินทรีย์วัตถุประกอบด้วยอินทรีย์คาร์บอน 58 % (หน่วย %)

หมายเลข ห้องปฏิบัติการ	รหัสตัวอย่าง				
	Pc	Tk	Ki	Kh	Ra
C1	1.01	2.60	0.23	0.67	1.72
C2	0.76	2.27	0.13	0.36	1.61
C3	0.76	2.30	0.12	0.42	1.43
C4	1.00	2.48	0.21	0.56	1.43
C5	0.77	1.84	0.21	0.53	1.21
C6	1.01	2.54	0.21	0.70	1.66
C7	1.04	2.76	0.23	0.74	1.80
C8	0.90	2.66	0.19	0.63	1.75
C9	0.96	2.63	0.23	nd	nd
10	1.13	2.98	0.24	0.66	1.12
11	1.33	2.76	0.23	0.61	1.90
12	1.22	3.20	0.26	0.74	1.97
13	1.10	2.71	0.20	0.70	2.12
14	0.51	0.96	0.32	0.76	1.87
ค่ารับรอง	mean	1.02	0.23	0.65	1.76
	SD	0.08	0.15	0.03	0.13

3.1.4 ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) มีเพียง 7 ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเสริมที่วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างดิน ทุกห้องปฏิบัติการวิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl ผลการวิเคราะห์โดยวิธีนี้ไม่รวมสารระกษาไนเตรทที่อยู่ในดิน โดยทั่วไปพบว่า ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในดิน ยกเว้นดินที่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมใหม่ๆ ห้องปฏิบัติการที่ 01 และ 07 วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดได้ถูกต้องและแม่นยำเมื่อเทียบกับค่ารับรองของตัวอย่างอ้างอิง ห้องปฏิบัติการที่ 03 มีผลการวิเคราะห์สูงกว่าค่ารับรองอย่างมีนัยสำคัญถึง 4 ตัวอย่าง ซึ่งนางตัวอย่างหา วสูงถึง 10 เท่าของค่ารับรอง และมักมีผลการวิเคราะห์สูงกว่าห้องปฏิบัติการอื่นๆ ในเครือข่ายเสริมด้วยเช่นกัน แสดงให้เห็นว่ากระบวนการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดของห้องปฏิบัติการนี้ผิดปกติอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 7-4)

ตารางที่ 7-4 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเสริมจำนวน 7 ห้องปฏิบัติการ และค่ารับรองของโครงการ ผลการวิเคราะห์ที่แสดงด้วยตัวอักษรสีแดงหมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่สูงหรือต่ำกว่าค่า mean $\pm$ 2SD ของค่ารับรอง (หน่วย %)

หมายเลข ห้องปฏิบัติการ		รหัสตัวอย่าง				
		Pc	Tk	Ki	KH	Ra
01		0.09	0.24	0.01	0.05	0.12
02		0.09	0.25	0.02	0.07	0.14
03		0.81	2.30	0.03	0.37	0.33
07		0.08	0.22	0.02	0.04	0.11
11		0.099	0.252	0.014	0.042	0.138
12		0.1037	0.232	0.0512	0.0381	0.1169
14		0.093	0.189	0.021	0.036	0.100
ค่ารับรอง	mean	0.088	0.239	0.017	0.042	0.110
	SD	0.007	0.021	0.002	0.002	0.008

3.1.5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ทุกห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเสริมวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray No.2 ถึงแม้จะเป็นดินต่าง (ตัวอย่าง Pc และ Tk) ห้องปฏิบัติการที่ 39 วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าค่ารับรองอย่างมีนัยสำคัญทุกตัวอย่าง ห้องปฏิบัติการที่ 03 และ 14 วิเคราะห์ที่ได้ใกล้เคียงค่ารับรองในกรณีของตัวอย่างที่มีฟอสฟอรัสสูง (Pc และ Tk) แต่วิเคราะห์ที่ต่ำกว่าค่ารับรองมากในกรณีตัวอย่างดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำ (Ki Kn และ Ra) ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการที่ 39 ต่ำมากและต่ำกว่าห้องปฏิบัติการอื่นๆ ในเครือข่ายเสริมทุกห้องปฏิบัติการในกรณีของตัวอย่างที่มีฟอสฟอรัสสูง (Pc และ Tk) แสดงให้เห็นว่าการคำนวณการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของห้องปฏิบัติการเหล่านี้ผิดปกติ มีเพียง 4 ห้องปฏิบัติการคือ ห้องปฏิบัติการที่ 04 10 12 และ 13 ที่มีผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เมื่อเทียบกับค่ารับรองของตัวอย่างอ้างอิง (ตารางที่ 7-5)

ตารางที่ 7-5 ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเสริมจำนวน 14 ห้องปฏิบัติการ และค่ารับรองของโครงการ ผลการวิเคราะห์ที่แสดงด้วยตัวอักษรสีแดงหมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่สูงหรือต่ำกว่าค่า mean $\pm$ 2SD ของค่ารับรอง ทุกห้องปฏิบัติการวิเคราะห์โดยวิธี Bray No.2 (หน่วย mg-P/kg)

หมายเลขห้อง ปฏิบัติการ		รหัสตัวอย่าง				
		Pc	Tk	Ki	Kn	Ra
01		20.5	27.6	1.8	2.5	1.8
02		20.56	31.8	0.77	1.69	2.57
03		21.45	33.85	2.60	8.73	5.55
04		19.50	29.95	3.03	3.64	3.73
05		13.33	21.41	0.51	1.36	1.11
06		19.68	29.00	4.00	5.66	4.68
07		19.06	22.33	3.00	4.94	4.66
08		15.13	23.97	3.53	4.69	1.78
09		3	2	2	nd	nd
10		19	32	3	4	4
12		19	28	3	4	3
13		24	37	4	3	3
14		23.0	32.4	2.1	5.6	5.3
ค่ารับรอง	mean	19.92	31.25	2.99	3.82	3.37
	SD	2.20	3.61	0.61	0.61	0.94

3.1.6 กำมะถันที่เป็นประโยชน์ (available S) มีห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเสริมเพียง 4 ห้องปฏิบัติการ ที่ส่งผลการวิเคราะห์กำมะถันกลับมายังโครงการ อย่างไรก็ตามทางโครงการ ไม่สามารถจัดทำคำรับรองของตัวอย่างอ้างอิงได้ เนื่องจากผลการวิเคราะห์กำมะถันของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลักมีความแปรปรวนสูงมาก และไม่มีผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการอ้างอิงมาเทียบเคียง ค่าที่ระบุไว้ในแถว mean เป็นค่ากลางของผลการวิเคราะห์ 2 – 4 ห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก ไม่ใช่ค่าที่ทางโครงการ รับรอง ผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการที่ 02 ในกรณีของตัวอย่าง Ki Kh และ Ra แตกต่างไปจากห้องปฏิบัติการอื่นมากอย่างน่าสงสัย แต่ไม่อาจระบุได้ว่าเป็นผลการวิเคราะห์ที่มีผิดปกติ (ตารางที่ 7-6)

ตารางที่ 7-6 ผลการวิเคราะห์กำมะถันที่เป็นประโยชน์ ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเสริมจำนวน 4 ห้องปฏิบัติการ ค่าในแถว mean เป็นค่ากลางของผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการในเครือข่ายหลัก 2-4 ห้องปฏิบัติการ ไม่ใช่คำรับรองของโครงการ ผลการวิเคราะห์ที่แสดงด้วยตัวอักษรสีแดงหมายถึง ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างไปจากห้องปฏิบัติการอื่นมากอย่างน่าสงสัย (หน่วย mg-S/kg)

หมายเลข ห้องปฏิบัติการ	รหัสตัวอย่าง				
	Pc	Tk	Ki	Kh	Ra
01	50	12.5	68.8	12.5	468.8
02	58.37	8.55	169.53	60.16	1,728
07	14.34	14	46.6	9.46	494.5
12	5	7	41	7	650
mean	13	14	44	9	384