บทที่ 4

ผลการวิจัย

นิเวศวิทยาและความหลากหลายของเทอริโตไฟต์

ผลการสำรวจเทอริโดไฟต์ที่ขึ้นอยู่ตามเส้นทางเดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว พบเทอริโดไฟต์จำนวน 18 วงศ์ 30 สกุล 61 ชนิด สามารถจำแนกเป็นกลุ่มเฟิร์นได้ 56 ชนิด ดังต่อไปนี้ วงศ์ Aspleniaceae 3 ชนิด วงศ์ Athyriaceae 2 ชนิด วงศ์ Blechnaceae 1 ชนิด วงศ์ Cyatheaceae 1 ชนิด วงศ์ Davalliaceae 2 ชนิด วงศ์ Dennstaedtiaceae 5 ชนิด วงศ์ Dryopteridaceae 4 ชนิด วงศ์ Lindsaeaceae 1 ชนิด วงศ์ Marattiaceae 1 ชนิด วงศ์ Oleandraceae 1 ชนิด วงศ์ Ophioglossaceae 1 ชนิด วงศ์ Parkeriaceae 5 ชนิด วงศ์ Polypodiaceae 13 ชนิด วงศ์ Pteridaceae 6 ชนิด วงศ์ Schizaeaceae 3 ชนิด วงศ์ Thelypteridaceae 6 ชนิด วงศ์ Vittariaceae 1 ชนิด และเป็นพืชใกล้เคียงเฟิร์นจำนวน 5 ชนิด คือ วงศ์ Selaginellaceae สามารถแบ่งตามถิ่นอาศัยที่ขึ้นอยู่ได้ 3 แบบคือ ขึ้นบนดิน (Terrestrial) ขึ้นบนหิน (Lithophytes) และอิงอาศัยบนต้นไม้ (Epiphytes) (ตาราง 1)

1. **เฟิร์นขึ้นบนดิน** (Terrestrial ferns)

ผลการศึกษาสามารถจำแนกเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นที่ขึ้นบนดินได้ 43 ชนิด 15 วงศ์ ดังนี้ วงศ์ Athyriaceae วงศ์ Blechnaceae วงศ์ Cyatheaceae วงศ์ Dennstaedtiaceae วงศ์ Dryopteridaceae วงศ์ Lindsaeaceae วงศ์ Marattiaceae วงศ์ Oleandraceae วงศ์ Ophioglossaceae วงศ์ Parkeriaceae วงศ์ Polypodiaceae วงศ์ Pteridaceae วงศ์ Schizaeaceae วงศ์ Selaginellaceae และ วงศ์ Thelypteridaceae ที่พบเป็นไม้ต้น 2 ชนิด คือ *Angiopteris evecta* (G. Forst.) Hoffm. และ *Cyathea gigantea* (Wall. ex Hook.) และพบว่าเฟิร์น *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn var. *wightianum* (Ag.) Tryon. จะกระจายอยู่ตามระดับความสูงตั้งแต่ 1,000 – 1,400 เมตร พบมากตามพื้นที่ลาดเขาที่รับแสงแดดเต็มที่และขึ้นอยู่เป็นกลุ่มอย่างหนาแน่น

2. **เฟิร์นขึ้นบนหิน** (Lithophytic ferns)

ผลการศึกษาพบเฟิร์นที่เจริญเติบโตบนหินที่มีมอสปกคลุม ตามซอกหินปูนในที่ร่มชุ่มชื้นหรือโล่งแจ้งจำนวน 10 ชนิด ได้แก่ *Asplenium pellucidum* Lamk., *A. nidus* Linn, *A. yoshinagae* Makino, *Crypsinus oxylobus* (Wall. ex Kunze) Sledge, *Microsorum*

membranaceum (D. Don) Ching., *M. musifolium* Copel., *Pyrrosia mannii* (Gies.) Ching., *P. varia* (Kaulf.) Farw., *P. nuda* (Gies.) Ching และ *Antrophyum callifolium* Blume.

3. **เฟิร์นอิงอาศัยบนต้นไม้** (Epiphytic ferns)

จากการศึกษาพบเฟิร์นอิงอาศัย 8 **ชนิด ซึ่งเจริญเติบโตอยู่ตามลำต้นและกิ่งก้านของ**ต้นไม้ ตัวอย่างเฟิร์นที่พบในกลุ่มนี้ได้แก่ *Davallia denticulata* (Burm. f.) Mett.ex Kuhn, *Davallia* solida (Forst.) Sw., *Arthromeris amplexifolia* (Christ) Ching, *Crypsinus cruciformis* (Ching) Tagawa, *Drynaria rigidula* (Sw.) Bedd, *Platycerium holttumii* Jonch & Hennipman, *Polypodium subauriculatum* Blume และ *Pyrrosia adnascens* (Sw.) Ching.ซึ่งอยู่ในวงศ์ Davalliacae และ Polypodiaceae

4. Unidentified species

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นจำนวน 4 ชนิดที่ไม่สามารถจัดจำแนกได้ ได้แก่ *Thelypteris* sp. จำนวน 2 ตัวอย่าง *Tactaria* sp. จำนวน 1 ตัวอย่าง *Drynaria* sp. จำนวน 1 ตัวอย่าง *Lycopodium* sp. จำนวน 1 ตัวอย่าง เนื่องจากมีสภาพโครงสร้างของตัวอย่างที่เก็บมายังเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์

5. **เฟิร์นชนิดหายากหรือใกล้สูญพันธุ์** (Rare species)

ปัจจุบันในประเทศไทยพบว่ามีเฟิร์นถูกค้นพบจำนวนมาก และมีเฟิร์นหลายชนิดมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วจากถิ่นที่อยู่อาศัยจากธรรมชาติจนทำให้เฟิร์นเหล่านี้จัดอยู่ในสถานภาพพืชหายากและมีสถานภาพใกล้สูญพันธุ์ ทั้งนี้เกิดจากการทำลายสภาพป่าธรรมชาติ เนื่องจากเฟิร์นมีสภาพการดำรงชีวิตที่ไวต่อแสงต่อน้ำ ความชื้น และธาตุอาหารต่างๆสูง จึงทำให้เฟิร์นจำนวนมากเกิดการสูญพันธุ์ไปจากแนวการแพร่กระจายพันธุ์ที่มีสภาพแวดล้อมที่จำกัด เช่น เฟิร์นสกุล Osmunda, Cyathea, Davallia และ Platycerium เป็นต้น (สุธีรา ลิมปิพิชัย, 2540) จากการศึกษาพบว่ามีเฟิร์นจำนวน 1 ชนิดจัดอยู่ใน CITES-listed plants คือ *Cyathea gigantea* (Wall.ex Hook.) Holtt. และจำนวน 5 ชนิดจัดเป็นเฟิร์นค่อนข้างหายากตาม Flora of Thailand Vol. 3 (Tagawa and Iwatsuki, 1979; 1985; 1988; 1989) ได้แก่ *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn var. *wightianum* (Ag.) Tryon, *Hemionitis arifolia* (Burm.f.) Moore., *Colysis pothifolia* (D. Don) C. Presl, *Crypsinus cruciformis* (Ching) Tagawa, *Platycerium holttumii* Jonch. & Hennipman, *Pyrrosia mannii* (Gies.) Ching

ตาราง 1 ชนิดของเทอริโดไฟต์ที่พบตามเส้นทางเดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อไทย	ถิ่นอาศัย	หมายเหตุ
ASPLENIACEAE	*Asplenium pellucidum* Lamk.	-	L	
	A. nidus L.	ข้าหลวงหลังลาย	L	
	A. yoshinagae Makino	-	L	
ATHYRIACEAE	*Anisocampium cumingianum* C. Presl	กูดเปื่อย	T	
	Diplazium esculentum (Retz.) Sw.	กูดกิน	T	
BLECHNACEAE	*Blechnum orientale* L.	กูดดอย	T	
CYATHEACEAE	*Cyathea gigantea* (Wall. ex Hook.) Holtt.	มหาสะดำ	T	**
DAVALLIACAE	*Davallia denticulata* (Burm. f.) Mett.ex Kuhn	นาคราช	E	
	D. solida (Forst.) Sw.	-	E	
DENNSTAEDTIACEAE	*Hypolepis punctata* (Thunb.) Mett. ex Kuhn	-	T	
	H. beddomei Nair & Ghosh	-	T	
	Microlepia puberula v.A.v. Ros.	-	T	
	M. speluncae (L.) Moore	กูดผี	T	
	Pteridium aquilinum (L.) Kuhn var. *wightianum* (Ag.) Tryon	กูดเกี๊ยะ	T	R
DRYOPTERIDACEAE	*Tactaria angulata* (Willd.) C. Chr.	-	T	
	T. herpetocaulos Holtt.	กูดหก	T	
	T. impressa (Fee) Holtt.	กูดซาง	T	
	T. polymorpha (Wall. ex Hook.) Copel.	กูดแก้ว, กูดแต้ม	T	
LINDSAEACEAE	*Lindsaea ensifolia* Sw.	หางนกกะลิง	T	
MARATTIACEAE	*Angiopteris evecta* (G. Forst.) Hoffm.	ว่านกีบแรด	T	
OLEANDRACEAE	*Oleandra undulata* (Willd.) Ching	-	T	
OPHIOGLOSSACEAE	*Ophioglossum petiolatum* Hook.	-	T	
PARKERIACEAE	*Adiantum caudatum* L.	หางนาคบก	T	
	A. philippense L.	กูดหูควาก	T	

ตาราง 1 (ต่อ)

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อไทย	ถิ่นอาศัย	หมายเหตุ
	A. zollingeri Mett. ex Kuhn	กูดใบเล็ก	T	
	Cheilanthes subrufa Bak.	-	T	
	Hemionitis arifolia (Burm.f.) Moore.	เฟิร์นใบลูกศร	T	R
POLYPODIACEAE	*Arthromeris amplexifolia* (Christ) Ching	-	E	
	Colysis pothifolia (D. Don) C. Presl	-	T	R
	Crypsinus oxylobus (Wall. ex Kunze) Sledge	กูดฮ่อม	L	
	C. cruciformis (Ching) Tagawa	-	E	R
	Drynaria rigidula (Sw.) Bedd.	กระปรอกเล็ก	E	
	Microsorum membranaceum (D. Don) Ching	-	L	
	M. musifolium Copel.	-	L	
	Platycerium holttumii Jonch. & Hennipman	ชายผ้าสีดา	E	R
	Polypodium subauriculatum Blume	-	E	
	Pyrrosia adnascens (Sw.) Ching	ผักปีกไก่	E	
	P. mannii (Gies.) Ching	-	L	R
	P. nuda (Gies.) Ching	-	L	
	P. varia (Kaulf.) Farw.	-	L	
PTERIDACEAE	*Pteris asperula* J. Sm. ex Hieron	-	T	
	P. biaurita L.	กูดหางค่าง	T	
	P. cretica L.	กูดผีเสื้อ	T	
	P. ensiformis Burm.f.	เฟิร์นเงิน	T	
	P. stenophylla Wall. ex Hook. & Grev.	-	T	
	P. venusta Kunze	-	T	
SCHIZAEACEAE	*Lygodium flexuosum* (L.) Sw.	ลิเภาใหญ่	T	
	L. microphyllum (Cav.) R.Br.	ลิเภายุ่ง	T	
	L. salicifolium C. Presl	ย่านลิเภา	T	

ตาราง 1 (ต่อ)

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อไทย	ถิ่นอาศัย	หมายเหตุ
SELAGINELLACEAE	*Selaginella argentea* (Wall. ex Hook.& Grev.) Spring	พ่อค้าตีเมีย	T	
	S. kurzii Baker	-	T	
	S. minutifolia Spring	กูดยี	T	
	S. monospora Spring	-	T	
	S. tenuifolia Spring	-	T	
THELYPTERIDACEAE	*Thelypteris immerse* (Blume) Ching	-	T	
	T. interrupta (Willd) K.Iwats	กูดยาง	T	
	T. nudata (Roxb.) Morton	กูดแดง	T	
	T. parasitica (L.) Fosberg	-	T	
	T. terminans (Hook.) Tagawa & K. Iwats.	-	T	
	T. truncata (Poir.) K. Iwats.	กูดก้านแดง	T	
VITTARIACEAE	*Antrophyum callifolium* Blume	เฟิร์นหญ้าใบกว้าง	L	

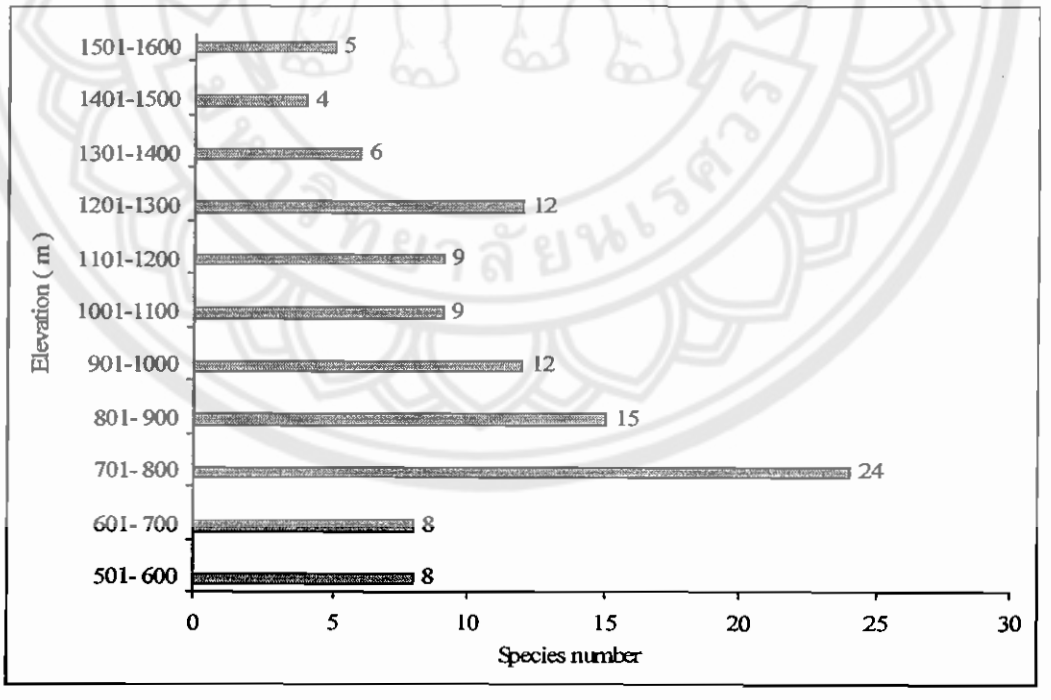
หมายเหตุ: E = epiphyte, L = lithophyte, T = terrestrial

R = rather rare (Tagawa and Iwatsuki, 1979; 1985; 1988; 1989)

** = CITES-listed plants

การกระจายตัวของเทอริโดไฟต์ที่ระดับความสูงต่างๆ ในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว

ผลการสำรวจการกระจายตัวของเทอริโดไฟต์บริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 500 – 1,633 เมตร พบว่าที่ระดับความสูงตั้งแต่ 501 เมตร ถึง 600 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล พบเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นจำนวน 8 ชนิด ระดับความสูงตั้งแต่ 601 เมตร ถึง 700 เมตร พบ 8 ชนิด ระดับความสูงตั้งแต่ 701 เมตร ถึง 800 เมตร พบ 24 ชนิด ระดับความสูงตั้งแต่ 801 เมตร ถึง 900 เมตร พบ 15 ชนิด ระดับความสูงตั้งแต่ 901 เมตร ถึง 1000 เมตร พบ 12 ชนิด ระดับความสูงตั้งแต่ 1001 เมตร ถึง 1100 เมตร พบ 9 ชนิด ระดับความสูงตั้งแต่ 1101 เมตร ถึง 1200 เมตร พบ 9 ชนิด ระดับความสูงตั้งแต่ 1201 เมตร ถึง 1300 เมตร พบ 12 ชนิด ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1301 เมตร ถึง 1400 เมตร พบ 6 ชนิด ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1401 เมตร ถึง 1500 เมตร พบ 4 ชนิด และที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1501 เมตร ถึง 1600 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล พบ 5 ชนิด (ภาพ 10) จากการสำรวจจะพบว่าที่ระดับความสูงตั้งแต่ 701 เมตร ถึง 800 เมตรพบจำนวนชนิดของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นมากที่สุด (24 ชนิด) รองลงมาคือที่ระดับความสูง 801 เมตร ถึง 900 เมตร (15 ชนิด) ซึ่งเป็นบริเวณของป่าดิบชื้นในเขตอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว



ภาพ 10 การกระจายตัวของเทอริโดไฟต์ที่ระดับความสูงต่างๆ

ปริมาณความเข้มข้นของธาตุและโลหะหนักในใบของเฟิร์นขึ้นบนดิน

การศึกษาปริมาณธาตุและโลหะหนักของเฟิร์นที่ขึ้นบนดิน ทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างเฟิร์นทุกชนิดที่ปรากฏอยู่ในแปลงสุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 193 แปลง ซึ่งมีเฟิร์นขึ้นบนดินที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทั้งหมด 19 ชนิด ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis pothifolia*, *Diplazium esculentum* , *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris ensiformis* Burm.f., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* แยกส่วนใบของเฟิร์นนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส โซเดียม แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง เหล็ก นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุและโลหะหนักแต่ละธาตุที่พบในใบเฟิร์นโดยใช้สถิติ t-distribution และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยตามวิธีการ Duncan's New multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01, 0.05 และ 0.1 แสดงลักษณะการกระจายของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 เมื่อพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่ากลุ่มแสดงว่าชนิดพืชนั้นจัดเป็น accumulator plant หรือ excluder plant ของธาตุชนิดนั้นตามลำดับ (Pampasit *et al.*, 2000)

ตาราง 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุและโลหะหนักในใบของเฟิร์นแต่ละชนิด

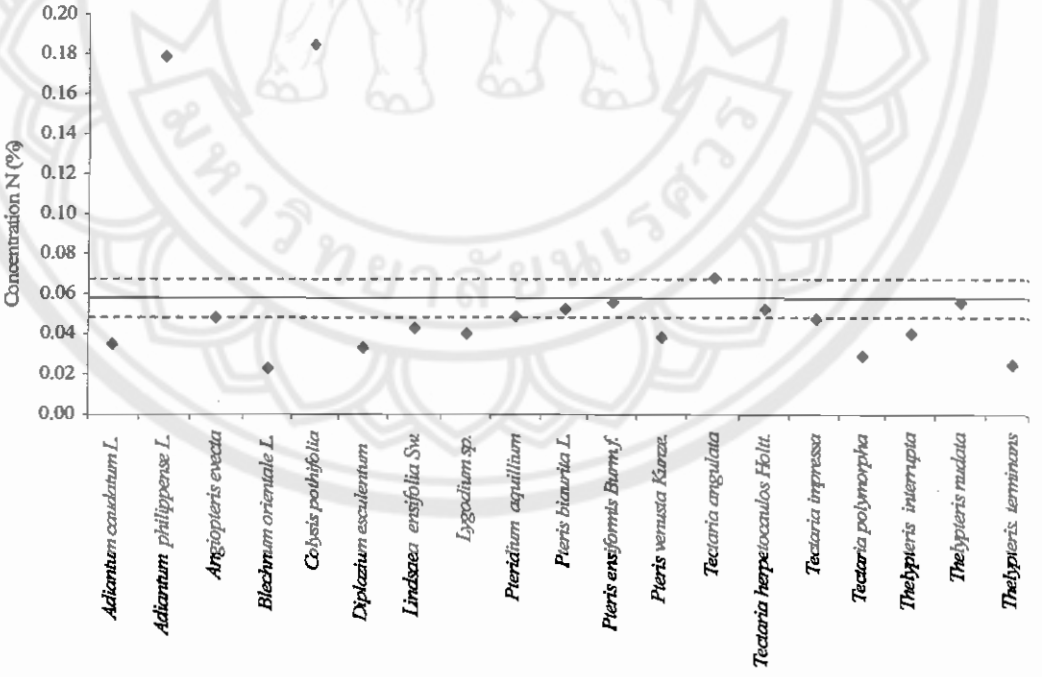
ชนิดเฟิร์น	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Na	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Adiantum caudatum L.	---	---	---	---	---	+++			+++	-	---	+++	+++	+++	+++
Adiantum philippense L.	+++	+++	+++		--	---	---			+++	+++	---	+++	+++	+++
Angiopteris evecta	--	---	---	---	---	--	---		---		---	---	---	---	---
Blechnum orientale L.	---	---	-	---	---	---	---					---	---	---	---
Colysis pothifolia	+++	--	---	+++	+++						---	---	++	---	+++
Diplazium esculentum	---	+++	---	---	+++	---						---	---	---	---
Lindsaea ensifolia Sw.	---	---	---	---	+++	+++	+++		+++		++	+++	+++	++	--
Lygodium sp.	---	---	---	---	---	+++	---		---		--	---	---	---	---
Pteridium aquillium	-	---	---	---	---	+++	---		--		---	---	+++	---	---
Pteris biaurita L.		+++	+++	---	---	---			-		+++	---	---		---
Pteris ensiformis Burm.f.		---	+++	+++	+++	--	+++			-	-		---	++	+++
Pteris venusta Kunze.	---	---	---	---	---	++	---		---		---	---	+++	---	---
Tectaria angulata	++	+++	+++	+++	---	---				+			---	++	+++
Tectaria herpetocaulos Holtt.		---	---	+++	---	--	---		+++			---	--	---	---
Tectaria impressa	--	---	---	+++	---	---					---	---		---	---
Tectaria polymorpha	---	+++	++	+++	--	---	-					+	---		+++
Thelypteris interrupta	---	---	--	+++							+++	---	---	---	---
Thelypteris nudata		---	---		--	---	---				++	---	+++	---	---
Thelypteris terminans	---	---	+++	--	+++	---	+++				+++	+++	---	---	---

+++	$\alpha = 0.01$ %	---	$\alpha = 0.01$ %
++	$\alpha = 0.05$ %	--	$\alpha = 0.05$ %
+	$\alpha = 0.1$ %	-	$\alpha = 0.1$ %

1. **ไนโตรเจนทั้งหมด** (Nitrogen, N)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชทุกชนิด เป็นส่วนประกอบของโปรตีนและเอนไซม์ต่างๆ ในพืช รากพืชดูดไนโตรเจนไปใช้ในรูปไนเทรตและแอมโมเนียมไอออน พืชชั้นต่ำบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญคือไรโซเบียม (Rhizobium) เนื่องจากสามารถตรึงไนโตรเจนได้เมื่ออยู่ร่วมกับรากพืชตระกูลถั่ว

จากการศึกษาปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมดในใบเฟิร์นแต่ละชนิด พบว่า *Colysis pothifolia* และ *Adiantum philippense* L. มีการสะสมปริมาณไนโตรเจนสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.184 และ 0.178 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นชนิดอื่นๆ ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Blechnum orientale* L., *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta* และ *Thelypteris terminans* โดยมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 0.035, 0.023, 0.033, 0.043, 0.040, 0.038, 0.029, 0.040 และ 0.024 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพ 11 ตาราง 3)

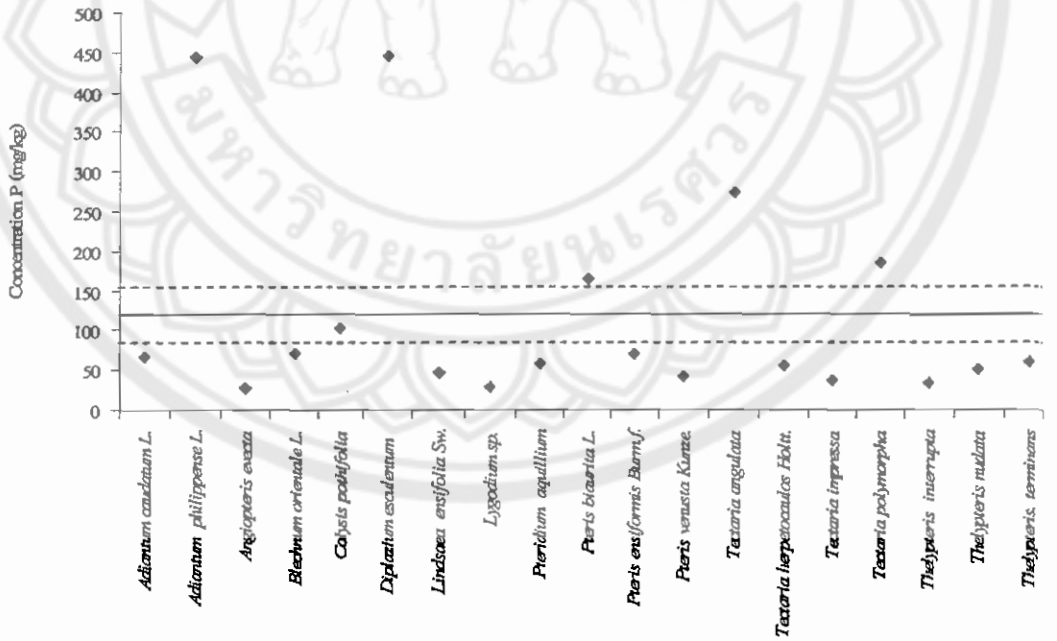


ภาพ 11 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนทั้งหมด (%) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

2. **ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P)**

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นองค์ประกอบของอินทรียสารที่สำคัญมากมายหลายชนิด เป็นส่วนประกอบของ phospholipids, phytin, phosphorylated sugar, nucleoproteins, ADP และสารประกอบอื่น ๆ ที่มีความสำคัญต่อกระบวนการต่างๆ ในพืช

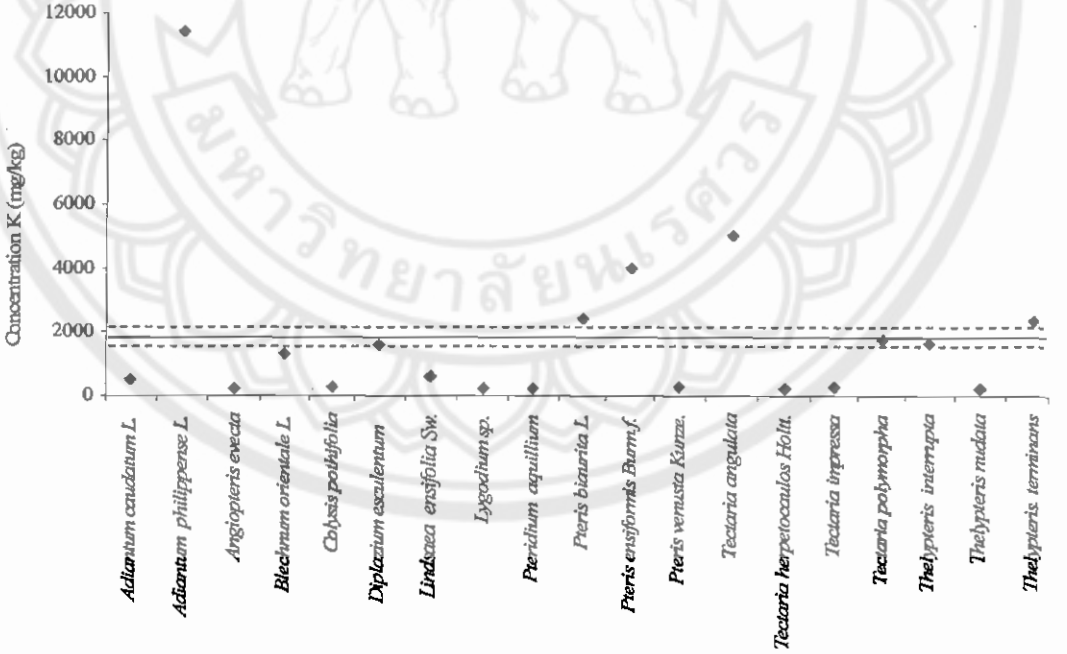
จากการศึกษาพบว่าเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณฟอสฟอรัสในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum philippense* L., *Diplazium esculentum*, *Pteris biaurita* L., *Tectaria angulata* และ *Tectaria polymorpha* โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 442.473, 445.343, 165.014, 273.576 และ 185.158 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris ensiformis* Burm.f., *Pteris venusta Kunze.*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณฟอสฟอรัสในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 64.706, 27.303, 70.764, 45.040, 27.595, 57.939, 70.788, 40.933, 55.343, 36.770, 32.033, 50.996 และ 59.573 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพ 12 ตาราง 3)



ภาพ 12 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณฟอสฟอรัสในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

3. **โพแทสเซียม** (Potassium, K)

โพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ K^+ พืชดูดไอออนนี้ด้วยกลไกที่มีการคัดเลือกอย่างเข้มงวด (Highly selective) แบบแอกทีฟ ในเชิงปริมาณธาตุนี้มีในพืชมากกว่าแคตไอออนอื่น ๆ จึงเป็นธาตุซึ่งทำหน้าที่ลดศักย์ออสโมซิสภายในเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชที่ไม่ทนเค็มทั่วไป จากการศึกษาปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบเฟิร์นแต่ละชนิดพบว่า *Adiantum philippense* L., *Pteris biaurita* L., *Pteris ensiformis* Burm.f., *Tectaria angulata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณโพแทสเซียมในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 11406.551, 2407.668, 4005.618, 5027.987 และ 2341.015 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis pothifolia*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa* และ *Thelypteris nudata* โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 471.274, 206.438, 1320.685, 248.744, 584.872, 223.780, 205.266, 298.959, 204.083, 260.767 และ 199.046 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพ 13 ตาราง 3)

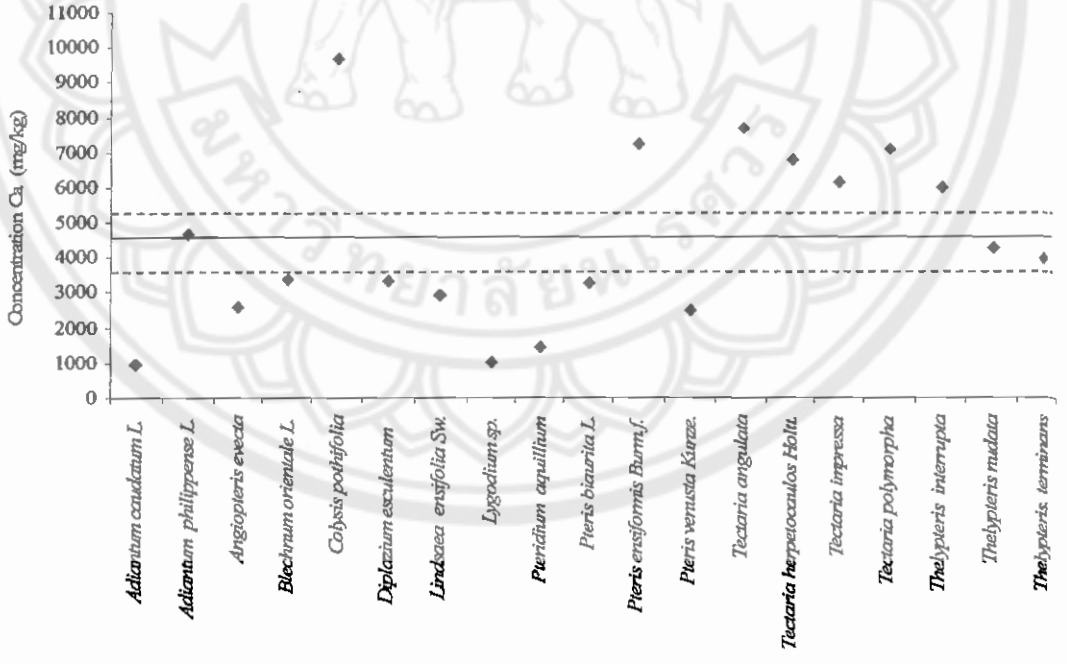


ภาพ 13 ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณโพแทสเซียมในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

4. **แคลเซียม** (Calcium, Ca)

แคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ให้ความแข็งแรงแก่เซลล์พืช เป็นตัวแก้ฤทธิ์ของสารพิษ การเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต ธาตุนี้มีอยู่มากในผนังเซลล์ (อะโพพลาสต์) พบธาตุนี้มากในมิดเดิลลาเมลลาซึ่งเป็นชั้นบางๆ ของผนังเซลล์ปฐมภูมิ

จากการศึกษาพบว่าเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณแคลเซียมในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Colysis pothifolia*, *Pteris ensiformis* Burm.f., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha* และ *Thelypteris interrupta* โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 9652.766, 7227.853, 7703.627, 6810.373, 6141.936, 7097.913 และ 6008.722 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L. และ *Pteris venusta* Kunze มีค่าความเข้มข้นของปริมาณแคลเซียมในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ภาพ 14 ตาราง 3)

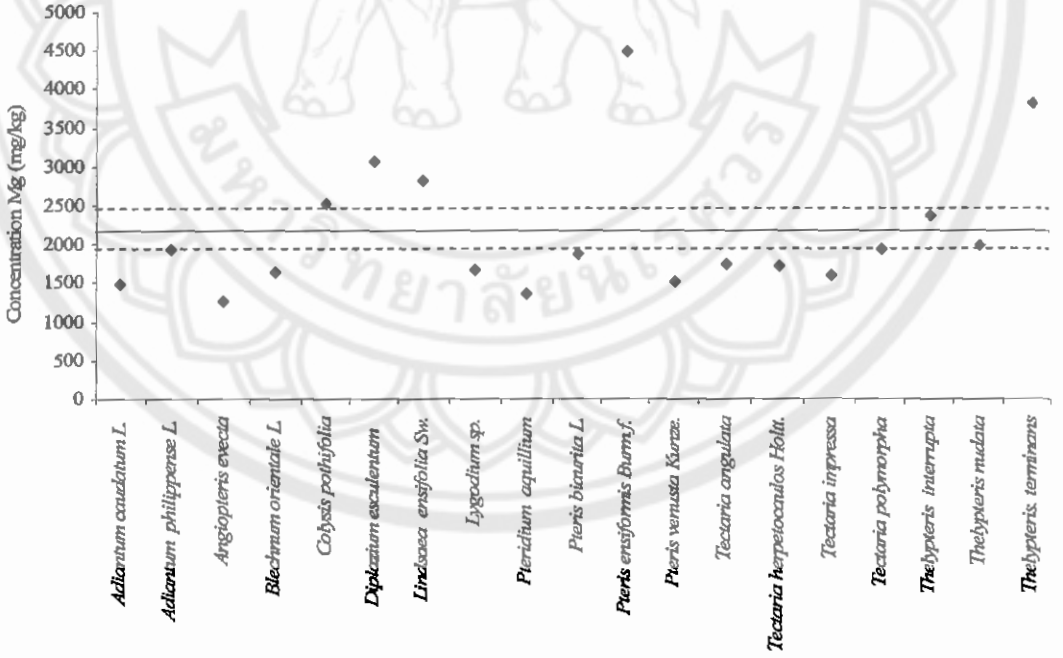


ภาพ 14 ความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดา (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณแคลเซียมในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

5. แมกนีเซียม (Magnesium, Mg)

แมกนีเซียมมีบทบาทสำคัญยิ่งในพืชสีเขียวเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลคลอโรฟิลล์และมีหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีน นอกจากนี้แมกนีเซียมยังกระตุ้นเอนไซม์หลายชนิดที่จำเป็นในการสังเคราะห์แสง การหายใจ การสร้าง DNA และ RNA

จากการศึกษาปริมาณธาตุแมกนีเซียมในใบเฟิร์นแต่ละชนิด พบว่า *Colysis pothifolia*, *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Pteris ensiformis* Burm.f. และ *Thelypteris terminans* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณแมกนีเซียมในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 2515.256, 3058.326, 2822.802, 4480.926 และ3808.412 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุแมกนีเซียมในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt. และ *Tectaria impressa* โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 1491.557, 1270.164, 1640.775, 1662.845, 1344.746, 1859.741, 1516.334, 1727.912, 1710.108 และ 1592.116 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพ 15 ตาราง 3)

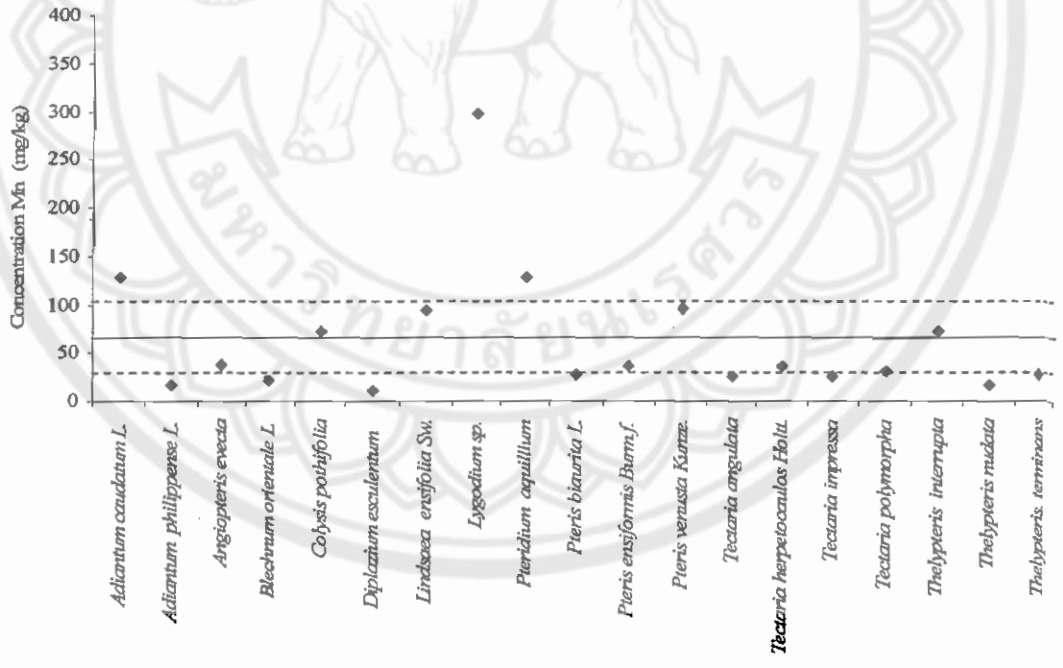


ภาพ 15 ความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียม (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณแมกนีเซียมในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

6. แมงกานีส (Manganese, Mn)

แมงกานีสในดินที่รากพืชดูดมาใช้ คือ Mn^{2+} แมงกานีสมีความสำคัญต่อระบบหายใจของพืช เป็นตัวการทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันของเหล็กและไนโตรเจนในกระบวนการเมตาโบลิซึม มีความสำคัญต่อโครงสร้างของเมมเบรนของคลอโรพลาสต์

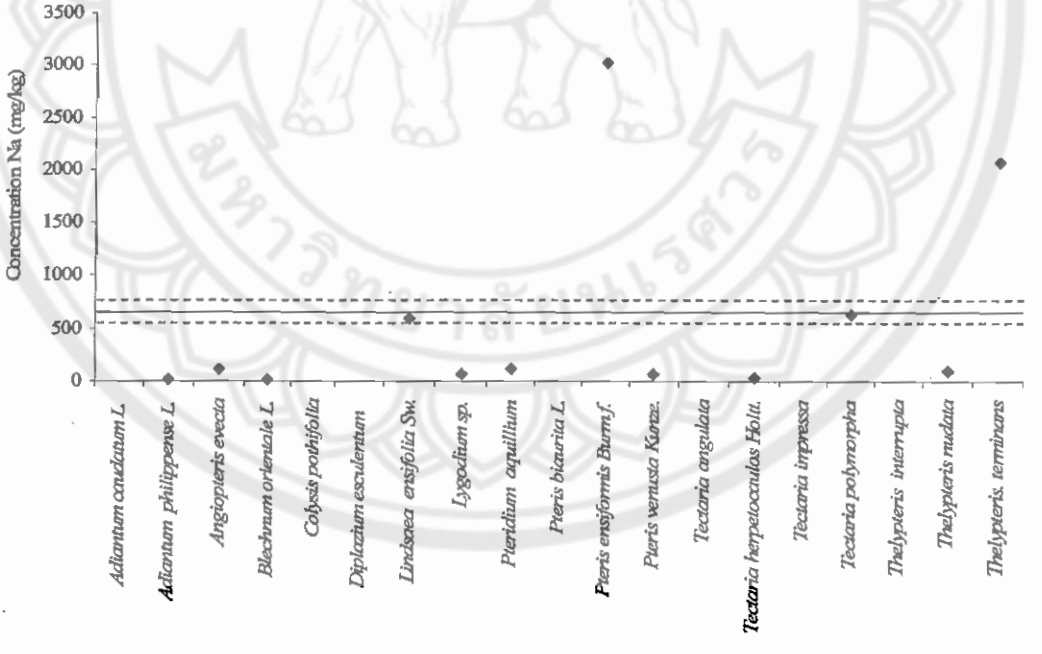
จากการศึกษาพบว่าเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณแมงกานีสในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Lygodium* sp. และ *Pteridium aquillium*. โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 127.991, 297.928 และ 127.663 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุแมงกานีสในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum philippense* L., *Blechnum orientale* L., *Diplazium esculentum*, *Pteris biaurita* L., *Tectaria angulata*, *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 16.552, 22.003, 10.235, 26.291, 25.647, 25.757, 31.196, 16.169 และ 26.895 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพ 16 ตาราง 3)



ภาพ 16 ความเข้มข้นของธาตุแมงกานีส (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณแมงกานีสในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

7. โซเดียม (Sodium, Na)

เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเฉพาะบางชนิด เช่น พืชทะเลทราย และพืช C_4 หลายชนิดต้องการโซเดียม จากการศึกษาปริมาณธาตุโซเดียมในใบเฟิร์นแต่ละชนิด พบว่า *Pteris ensiformis* Burm.f. และ *Thelypteris terminans* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณโซเดียมในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 7162.415 และ 2069.779 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุโซเดียมในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria herpetocaulos* Holtt. และ *Thelypteris nudata*. สำหรับเฟิร์นชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Colysis pothifolia*, *Diplazium esculentum*, *Pteris biaurita* L., *Tectaria angulata*, *Tectaria impressa* และ *Thelypteris interrupta* มีค่าความเข้มข้นของธาตุโซเดียมน้อยจนไม่สามารถตรวจวัดได้ที่ Detection limit 10 ppm (ภาพ 17 ตาราง 3)



ภาพ 17 ความเข้มข้นของธาตุโซเดียม (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณโซเดียมในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

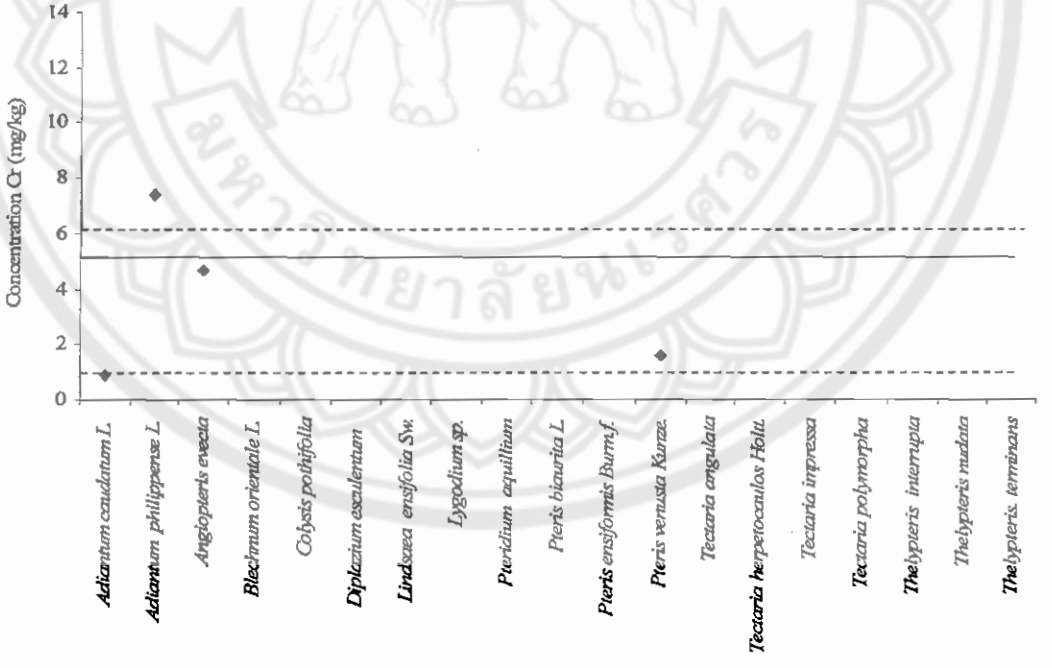
8. **แคดเมียม** (Cadmium, Cd)

แคดเมียมสามารถพบได้ในไซโตซอลเกาะกับเปปไตด์และกลุ่มของโปรตีนโมเลกุลเล็ก ๆ ในรูปของไอออนอิสระโดยมากแคดเมียมจะสะสมในพืชในส่วนเหนือดินและในผลหรือเมล็ด (Lehoczky, Szabados and Marth, 1996).

จากการศึกษาปริมาณค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในเฟิร์นพบว่าพบปริมาณแคดเมียมเพียงเล็กน้อยในเฟิร์น *Lygodium* sp. และ *Pteris venusta* Kunze. ในปริมาณ 0.296 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.172 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตาราง 3)

9. **โครเมียม** (Chromium, Cr)

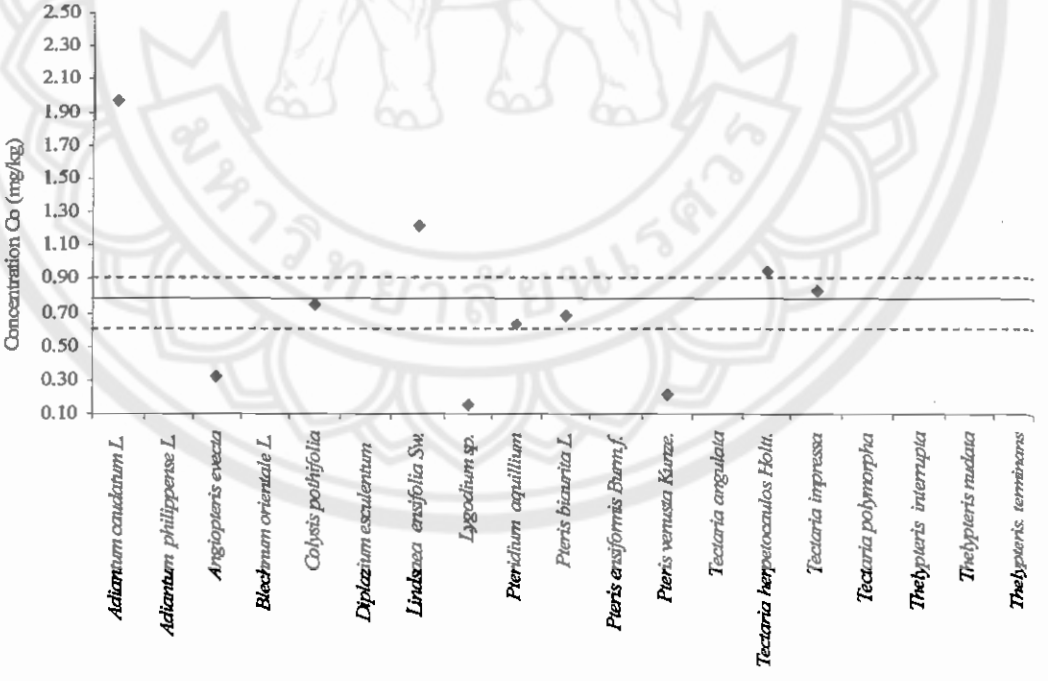
เคยมีรายงานในงานวิจัยบางเรื่องว่าพืชสามารถสะสมโครเมียม สำหรับผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่ามีเฟิร์นบางชนิด ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta* และ *Pteris venusta* Kunze. มีปริมาณโครเมียมในใบ (ภาพ 19) และเฟิร์น *Adiantum philippense* L. มีค่าความเข้มข้นของโครเมียมเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 7.351 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพ 18 ตาราง 3)



ภาพ 18 ความเข้มข้นของธาตุโครเมียม (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณโครเมียมในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

10. โคบอลต์ (Cobalt, Co)

โคบอลต์เป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อความสมบูรณ์ของพืช และมีบทบาทสำคัญในกระบวนการตรึงไนโตรเจน จากการศึกษาปริมาณธาตุโคบอลต์ในใบเฟิร์นแต่ละชนิด พบว่า *Adiantum caudatum* L., *Lindsaea ensifolia* Sw. และ *Tectaria herpetocaulos* Holtt. มีค่าความเข้มข้นของปริมาณโคบอลต์ในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 1.971, 1.214 และ 0.943 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุโคบอลต์ในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Angiopteris evecta*, *Lygodium* sp. และ *Pteris venusta* Kunze. โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.322, 0.156 และ 0.129 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์น *Adiantum philippense* L., *Blechnum orientale* L., *Diplazium esculentum*, *Pteris ensiformis* Burm.f., *Tectaria angulata*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าความเข้มข้นของธาตุโคบอลต์น้อยจนไม่สามารถตรวจวัดได้ที่ Detection limit 0.004 ppm (ภาพ 19 ตาราง 3)

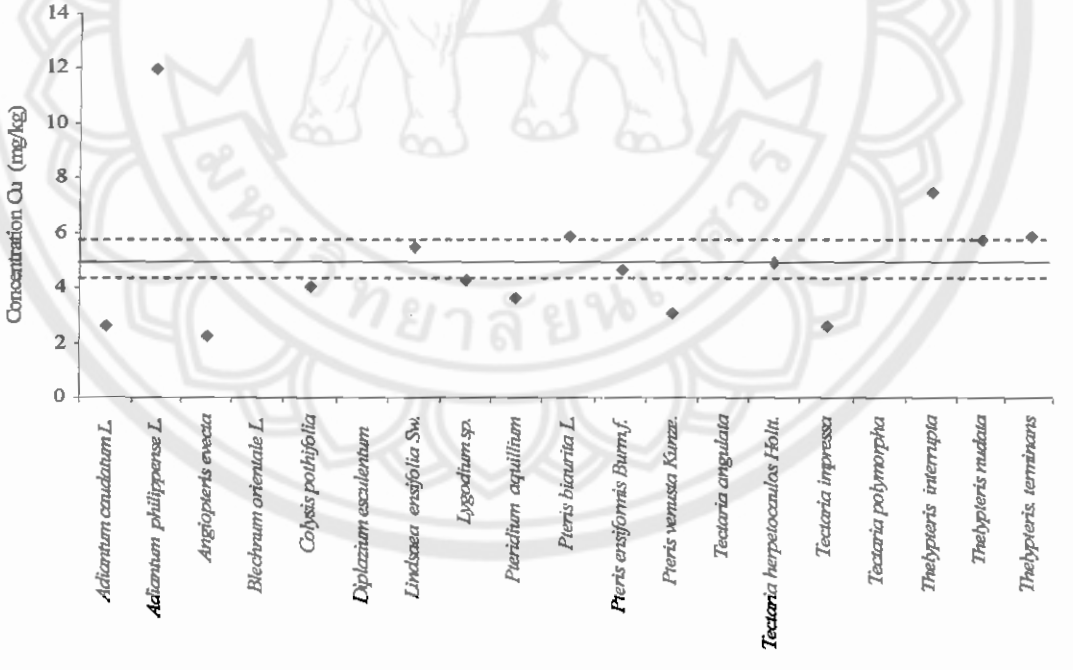


ภาพ 19 ความเข้มข้นของธาตุโคบอลต์ (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณโคบอลต์ในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

11. ทองแดง (Copper, Cu)

ทองแดงในดินรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ คิวปริกไอออน (Cu^{2+}) และคิวปรัสไอออน (Cu^{+}) ทองแดงเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ไซโทโครมออกซิเดส (Cytochrome oxidase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกระบวนการหายใจในไมโตคอนเดรีย

จากการศึกษาพบว่าเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณทองแดงในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum philippense* L., *Pteris biaurita* L., *Thelypteris interrupta* และ*Thelypteris terminans* โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 11.970, 5.861, 7.431 และ 5.838 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุทองแดงในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Angiopteris evecta*, *Colysis pothifolia*, *Pteridium aquillium*, *Pteris venusta* Kunze. และ *Tectaria impressa* สำหรับเฟิร์นชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Blechnum orientale* L., *Diplazium esculentum*, *Tectaria angulata* และ *Tectaria polymorpha* มีค่าความเข้มข้นของธาตุทองแดงน้อยจนไม่สามารถตรวจวัดได้ที่ Detection limit 0.01 ppm (ภาพ 20 ตาราง 3)

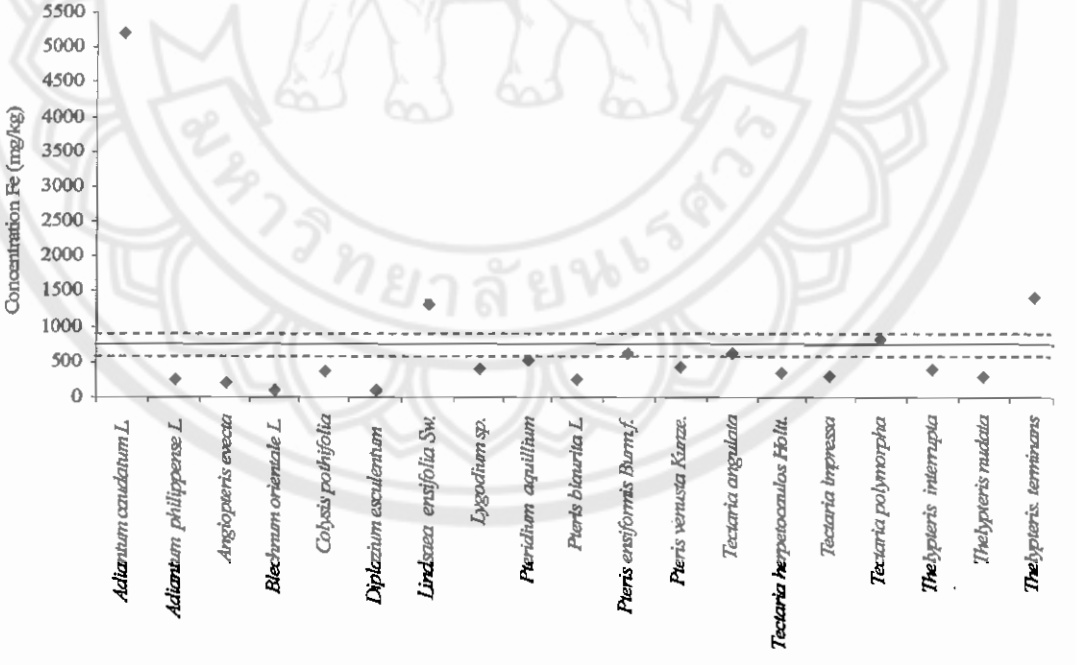


ภาพ 20 ความเข้มข้นของธาตุทองแดง (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณทองแดงในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

12. เหล็ก (Iron, Fe)

เหล็กมีหน้าที่ช่วยเสริมสร้างคลอโรฟิลล์ ช่วยในกระบวนการหายใจ เป็นสารประกอบของ Hemoglobin ซึ่งมีส่วนสำคัญในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยพวกบักเตรี และไรโซเบียม เป็นต้น พืชมักดูดใช้เหล็กในรูปเฟอรัสหรือเฟอริกไอออน

จากการศึกษาปริมาณธาตุเหล็กในใบเฟิร์นแต่ละชนิดพบว่า *Adiantum caudatum* L., *Lindsaea ensifolia* Sw. และ *Thelypteris terminans* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณเหล็กในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 5200.847, 1311.910, 1401.545 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis pothifolia*, *Diplazium esculentum*, *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Thelypteris interrupta* และ *Thelypteris nudata* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณเหล็กในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 256.833, 206.564, 101.085, 371.978, 106.143, 390.050, 528.662, 254.043, 409.369, 349.825, 299.834, 392.953 และ 291.264 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพ 21 ตาราง 3)

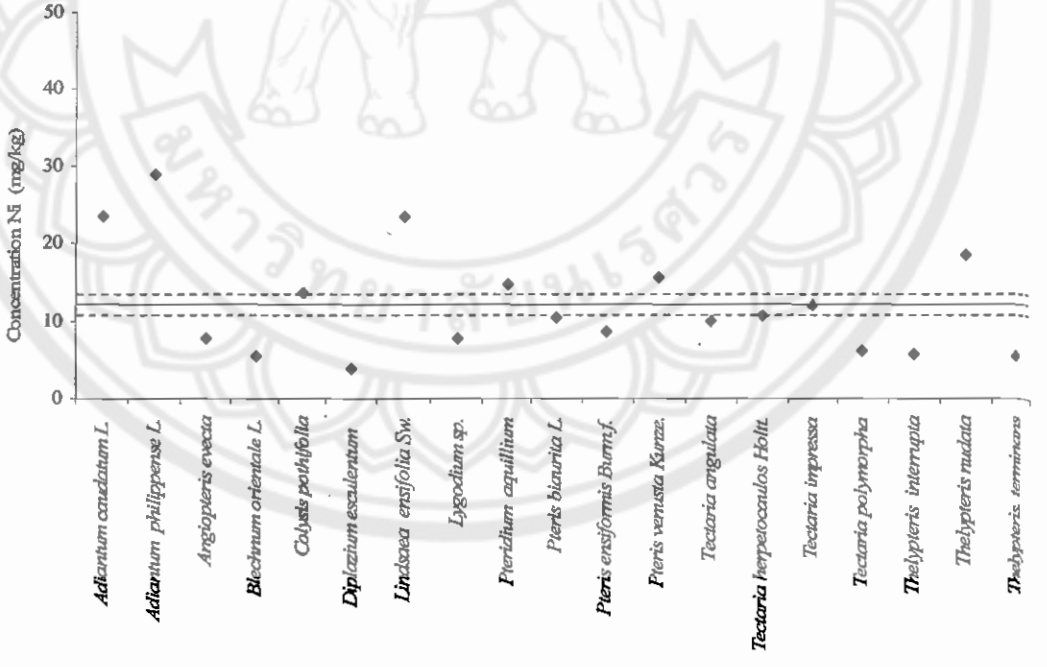


ภาพ 21 ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณเหล็กในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

13. นิกเกิล (Nickel, Ni)

พืชทั่วไปมีนิกเกิลในน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 1 – 10 ppm นิกเกิลเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ยูรีเอสของแบคทีเรียและพืชชั้นสูง ธาตุนี้อาจรวมกับซีสเทอีนหรือซิเทรตได้สารประกอบเชิงซ้อน และจับกับเอนไซม์บางชนิดในการทำหน้าที่เป็นโคแฟคเตอร์

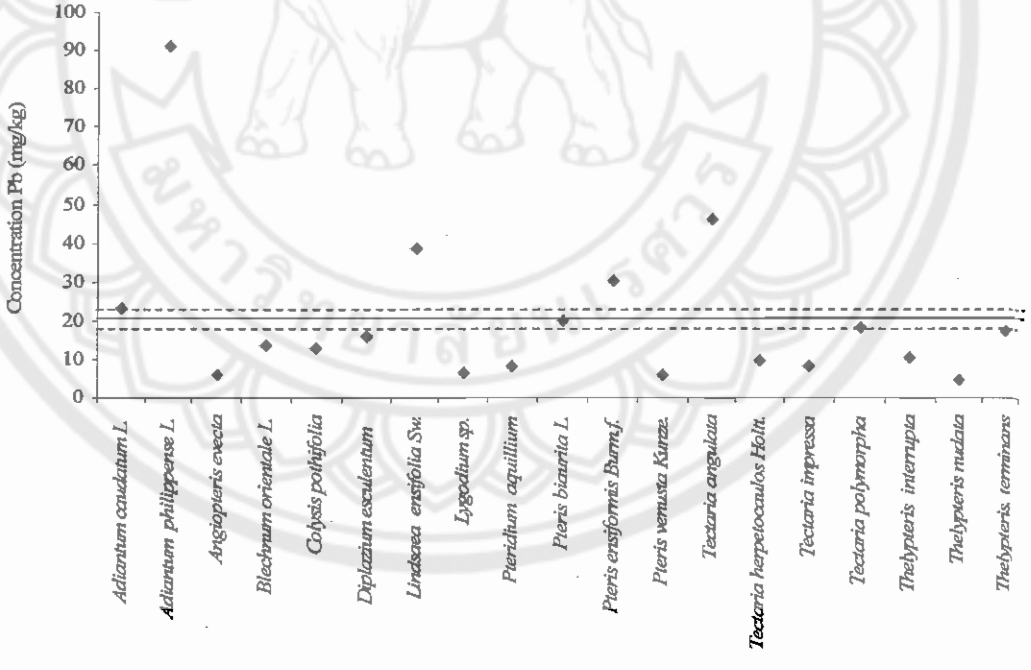
จากการศึกษาพบว่าเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณนิกเกิลในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Lindsaea ensifolia* Sw., *Pteridium aquillium*, *Pteris venusta* Kunze. และ *Thelypteris nudata* โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 23.516, 28.892, 23.470, 14.565, 15.652 และ 18.564 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุนิกเกิลในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Diplazium esculentum*, *Lygodium* sp., *Pteris biaurita L.*, *Pteris ensiformis* Burm.f., *Tectaria angulata*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta* และ *Thelypteris terminans* โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 7.591, 5.403, 3.742, 7.694, 10.440, 8.550, 9.900, 6.022, 5.697 และ 5.477 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพ 22 ตาราง 3)



ภาพ 22 ความเข้มข้นของธาตุนิกเกิล (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณนิกเกิลในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

14. ตะกั่ว (Lead, Pb)

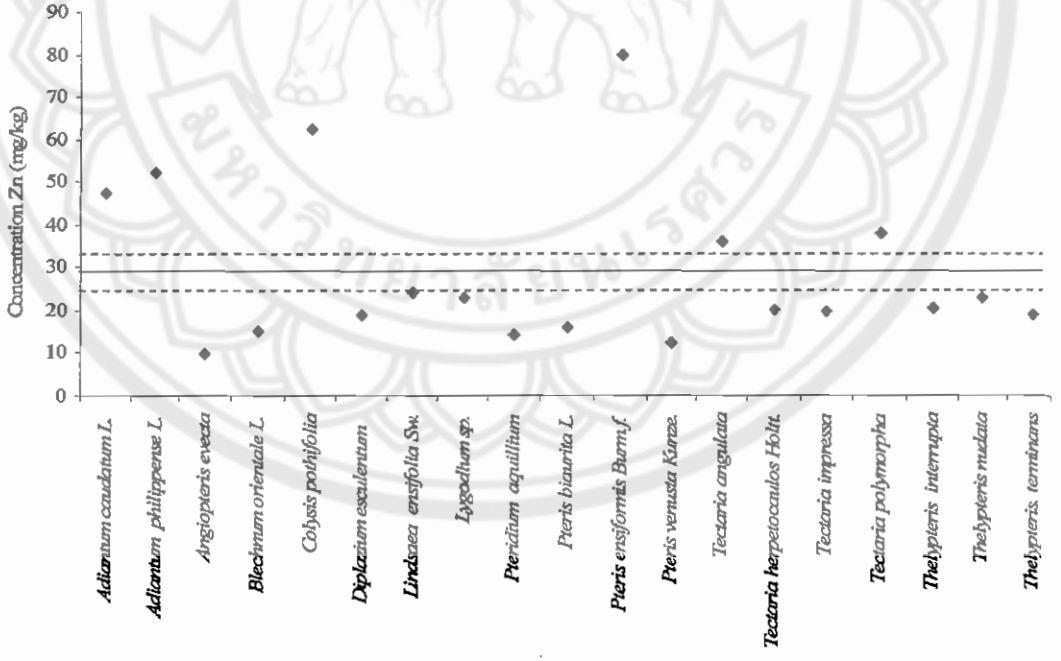
ตะกั่วเป็นธาตุที่ไม่มีประโยชน์ใด ๆ ต่อการเจริญเติบโตของพืช จากการศึกษาพบว่าเฟิร์น *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Lindsaea ensifolia* Sw., *Pteris ensiformis* Burm.f. และ *Tectaria angulata* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณตะกั่วในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 22.928, 90.786, 38.581, 30.370 และ 46.186 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์น *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis pothifolia*, *Diplazium esculentum*, *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณตะกั่วในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 5.857, 13.586, 12.645, 15.863, 6.552, 7.964, 5.729, 9.352, 8.245, 10.571, 4.447 และ 17.122 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพ 23 ตาราง 3)



ภาพ 23 ความเข้มข้นของธาตุตะกั่ว (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณตะกั่วในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%)

15. สังกะสี (Zinc, Zn)

สังกะสีในดินที่รากพืชดูดมาใช้ คือ Zn^{2+} สังกะสีเป็นส่วนประกอบของระบบเอนไซม์หลายชนิดในพืชที่ใช้ในการสร้างพลังงาน การสังเคราะห์โปรตีน และฮอร์โมนพืชสำหรับการเจริญเติบโต ช่วยในการสังเคราะห์ IAA (Indole acetic acid) และออกซินในพืช สังกะสียังมีบทบาทในกระบวนการเมตาบอลิซึมของไนโตรเจนในพืช จากการศึกษาพบว่าเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณสังกะสีในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Colysis pothifolia*, *Pteris ensiformis* Burm.f., *Tectaria angulata* และ *Tectaria polymorpha* โดยมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 47.348, 51.939, 62.306, 79.849, 35.665 และ 37.673 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Diplazium esculentum*, *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณสังกะสีในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ภาพ 24 ตาราง 3)



ภาพ 24 ความเข้มข้นของธาตุสังกะสี (มก./กก.) ในใบของเฟิร์นในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว (เส้นตรง : ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณสังกะสีในใบเฟิร์น เส้นประ : ค่าวิกฤตที่ α = 0.01%

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุและโลหะหนักที่พบในใบเฟิร์นขึ้นบนดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว

ชื่อวิทยาศาสตร์	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Na	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
	%	mg/kg													
Adiantum caudatum L.	0.035	64.706	471.274	956.515	1491.557	127.991	Tr	Tr	1.971	0.874	2.610	5200.847	23.516	22.928	47.348
Adiantum philippense L.	0.178	442.473	11406.551	4672.723	1943.149	16.552	13.141	Tr	Tr	7.351	11.970	256.833	28.892	90.786	51.939
Angiopteris evecta	0.048	27.303	206.438	2587.003	1270.164	38.165	113.210	Tr	0.322	4.671	2.214	206.564	7.591	5.857	9.899
Blechnum orientale L.	0.023	70.764	1320.685	3352.406	1640.775	22.003	11.980	Tr	Tr	Tr	Tr	101.085	5.403	13.586	14.933
Colysis pothifolia	0.184	102.734	248.744	9652.766	2515.256	72.867	Tr	Tr	0.745	Tr	4.025	371.978	13.532	12.645	62.306
Diplazium esculentum	0.033	445.343	1604.517	3322.562	3058.326	10.235	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	106.143	3.742	15.863	18.670
Lindsaea ensifolia Sw.	0.043	45.040	584.872	2902.715	2822.802	94.051	590.454	Tr	1.214	Tr	5.487	1311.910	23.470	38.581	24.155
Lygodium sp.	0.040	27.595	223.780	974.467	1662.845	297.928	58.856	0.296	0.156	Tr	4.295	390.050	7.694	6.552	22.821
Pteridium aquillium	0.049	57.939	205.266	1453.354	1344.746	127.663	123.426	Tr	0.637	Tr	3.607	528.662	14.565	7.964	14.307
Pteris biaurita L.	0.052	165.014	2407.668	3281.274	1859.741	26.291	Tr	Tr	0.682	Tr	5.861	254.043	10.440	19.966	15.721
Pteris ensiformis Burm.f.	0.056	70.788	4005.618	7227.853	4480.926	36.920	7162.415	Tr	Tr	Tr	4.628	619.984	8.550	30.370	79.849
Pteris venusta Kunze.	0.038	40.933	298.959	2453.313	1516.334	95.994	74.113	0.172	0.219	1.596	3.058	409.369	15.652	5.729	12.218
Tectaria angulata	0.034	273.576	5027.987	7703.627	1727.912	25.647	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	624.170	9.900	46.186	35.665
Tectaria herpetocaulos Holtt.	0.052	55.343	204.083	6810.373	1710.108	36.544	37.800	Tr	0.943	Tr	4.889	349.825	10.514	9.352	19.992
Tectaria impressa	0.047	36.770	260.767	6141.936	1592.116	25.757	Tr	Tr	0.835	Tr	2.599	299.834	11.955	8.245	19.428
Tectaria polymorpha	0.029	185.158	1731.396	7097.913	1939.824	31.196	632.428	Tr	Tr	Tr	Tr	827.523	6.022	18.254	37.673
Thelypteris interrupta	0.040	32.033	1625.478	6008.722	2368.722	71.699	Tr	Tr	Tr	Tr	7.431	392.953	5.697	10.571	20.345
Thelypteris nudata	0.056	50.996	199.046	4281.342	1980.484	16.169	96.635	Tr	Tr	Tr	5.719	291.264	18.564	4.447	22.639
Thelypteris terminans	0.024	59.573	2341.015	3977.237	3808.412	26.895	2069.779	Tr	Tr	Tr	5.838	1401.545	5.477	17.122	18.646

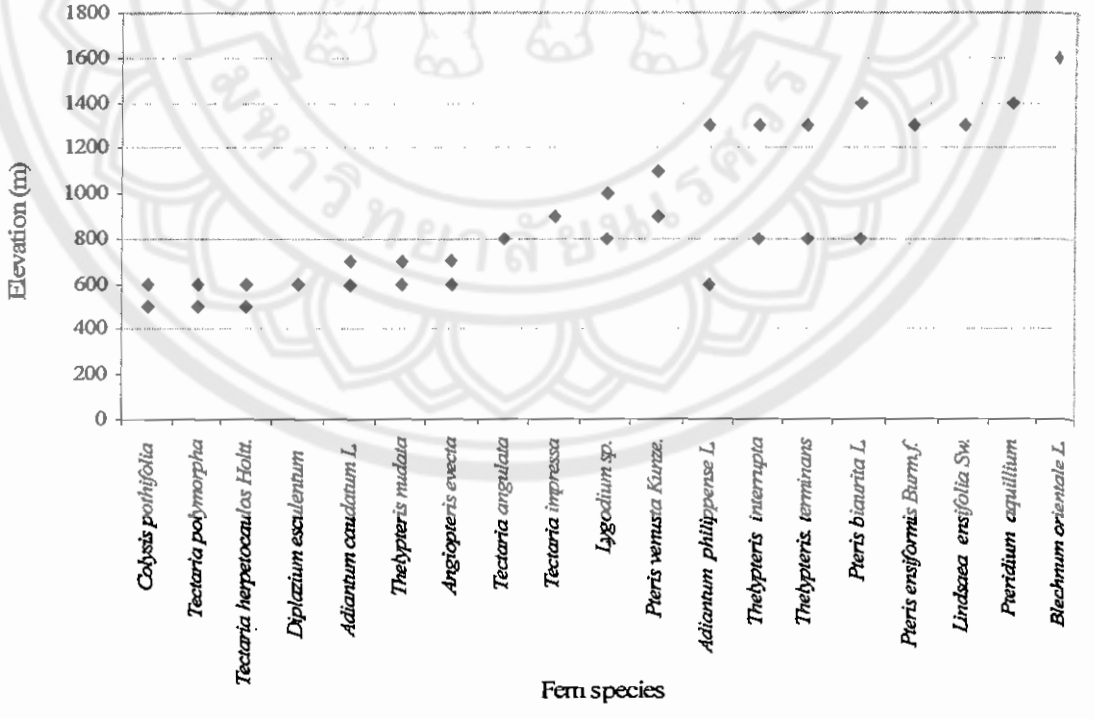
หมายเหตุ: Tr = Trace หมายถึง มีจำนวนน้อยจนไม่สามารถอ่านค่าได้

N = จำนวนตัวอย่าง (262)

ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของเฟิร์นขึ้นบนดินกับลักษณะสมบัติของดิน

1. ชนิดและการกระจายตัวของเฟิร์นขึ้นบนดิน

จากการเก็บตัวอย่างเฟิร์นทุกชนิดที่ปรากฏอยู่ในแปลงสุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 193 แปลง ซึ่งมีเฟิร์นขึ้นบนดินที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทั้งหมด 19 ชนิด พบว่าการกระจายตัวของเฟิร์นขึ้นบนดินมีลักษณะดังนี้ *Blechnum orientale* L., *Pteridium aquillium*, *Pteris ensiformis* Burm.f., *Lindsaea ensifolia* Sw., *Pteris biaurita* L., *Thelypteris terminans*, *Thelypteris interrupta* และ *Adiantum philippense* L. พบที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1201 – 1600 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล สำหรับเฟิร์นขึ้นบนดินที่พบที่ระดับความสูงตั้งแต่ 801 – 1200 เมตร ได้แก่ *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria impressa*, *Lygodium* sp. และ *Tectaria angulata* สำหรับเฟิร์นขึ้นบนดินชนิดอื่นที่พบที่ระดับความสูงตั้งแต่ 401 – 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ได้แก่ *Colysis pothifolia*, *Tectaria polymorpha*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Diplazium esculentum*, *Adiantum caudatum* L., *Thelypteris nudata* และ *Angiopteris evecta*. สำหรับเฟิร์น *Adiantum philippense* L., *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris terminans* และ *Pteris biaurita* L. สามารถพบได้ที่ระดับความสูง 1201 – 1600 เมตร และ 401 – 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล (ภาพ 25)



ภาพ 25 การกระจายตัวของเฟิร์นขึ้นบนดินที่ระดับความสูงต่าง ๆ ในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว

2. ลักษณะและคุณสมบัติของดิน

ดิน (Soil) เป็นวัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งเกิดจากการสลายตัวทางกายภาพและทางเคมีของหินและแร่ รวมกับสารอินทรีย์ที่เกิดจากการสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์เป็นผิวชั้นบนที่หุ้มห่อโลก ดินมีลักษณะและคุณสมบัติต่างกันไปในที่ต่างๆ ตามสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ วัตถุต้นกำเนิด สิ่งมีชีวิต และระยะเวลาการสร้างตัวของดิน

2.1 **ลักษณะเนื้อดิน** (Soil texture)

เนื้อดิน เป็นสมบัติทางฟิสิกส์ขั้นมูลฐานซึ่งจะมีผลควบคุมคุณสมบัติทางฟิสิกส์อื่น ๆ ของดิน เนื้อดินสื่อความหมายด้านขนาดหรือความหยาบละเอียดของอนุภาคอนินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของดินนั้น โดยเนื้อดินจะถูกกำหนดโดยปริมาณของอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ซึ่งเนื้อดินจะมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติบางอย่างของดิน เช่น ความ สามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ความสามารถในการอุ้มน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ความคงทนของเม็ดดิน ความสามารถในการถ่ายเทอากาศ เป็นต้น จากการศึกษาลักษณะเนื้อดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวพบว่ามีลักษณะดินร่วนปนทราย (Sandy loam) และดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam)

2.2 **ความจุความชื้นของดิน** (Soil moisture)

ความชื้นของดินมี 2 ภาวะ คือ ของเหลว น้ำในดิน (Soil water) ก๊าซ และไอน้ำในดิน (Soil water vapor) ถ้าช่องว่างมีน้ำขังเต็มไม่มีก๊าซเลยเรียกว่า ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation soil) จากการศึกษาพบว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีค่าความจุความชื้นของดินอยู่ในช่วง 11.72 – 20.11 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความจุความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 16.59 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4)

2.3 **ปฏิกริยาของดิน** (Soil reaction)

ปฏิกริยาของดิน (pH) มีค่าแตกต่างกันไปตามวัตถุต้นกำเนิดดิน ซึ่งมีปริมาณประจุบวกที่มีอิทธิพลต่อความเป็นปฏิกริยาดิน เช่น Ca, Mg, K และ Na การชะล้างประจุบวกออกจากดินโดยน้ำก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ปฏิกิริยาดินเปลี่ยนไป นอกจากนี้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินก็มีอิทธิพลต่อปฏิกริยาของดินเช่น แบคทีเรีย เห็ดรา ไมคอร์ไรซ่า เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ดินในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีค่าปฏิกิริยาของดินผันแปรเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.78 – 6.20 แนวโน้มของค่าปฏิกริยาของดิน (pH) พบว่ามีความสัมพันธ์กับความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยมีความสัมพันธ์แบบผกผันซึ่งเมื่อระดับความสูงจากน้ำทะเลเพิ่มขึ้นค่าปฏิกิริยาของดินจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.01$) ($r = - 0.628$) และพบว่าเฟิร์น *Lindsaea ensifolia* Sw. มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำสุด (4.78) สำหรับ *Blechnum orientale* L. ค่าความเป็นกรดด่างสูงสุด (6.02) (ตาราง 4)

2.4 **ปริมาณอินทรียวัตถุ** (Organic matter)

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเป็นสารประกอบที่สลับซับซ้อนที่เกิดมาจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ รวมทั้งสารที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้นมาจากกิจกรรมจุลินทรีย์ เช่น amino acids, amino sugar, nucleic acids, phytin, phospholipids, cellulose, simple sugars, lignin, organic acid และ waxes สารประกอบเหล่านี้จะรวมตัวเป็นสารที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนหรืออยู่ในสภาพเดียวก็ได้ อินทรียวัตถุมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวเคมีของดิน เช่น การจับกันเป็นก้อนของเม็ดดิน ความคงทนของเม็ดดิน การอุ้มน้ำของดินสีดิน การถ่ายเทอากาศ ความสามารถในการดูดซับประจุบวก ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน (Brady, 1974) จากการศึกษาพบว่าดินในอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.89 - 10.70 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับระดับความสูงจากน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 สำหรับเฟิร์น *Blechnum orientale* L. มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงสุดและ *Adiantum caudatum* L. มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้อยที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 10.70 และ 0.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 4)

2.5 **ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน** (Cation exchange capacity, CEC)

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน เช่น ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ความสามารถในการทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่อปฏิกิริยาของดิน การฟุ้งกระจาย การเกาะกลุ่มของคอลลอยด์ดิน การยืดหดตัวของดิน ความสามารถในการดูดยึดน้ำของดิน เป็นต้น ซึ่งความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกจะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของชนิดดินและวัตถุต้นกำเนิดดิน (Brady, 1974) จากการศึกษาค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวพบว่ามีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 4.31 – 11.91 me/100g โดยค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่าความสัมพันธ์เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 กับระดับความสูงจากน้ำทะเลและเฟิร์น *Blechnum orientale* L. มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 11.91 me/100g สำหรับเฟิร์นที่มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 4.31 me/100g คือ *Tectaria polymorpha* (ตาราง 4)

2.6 **ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน** (Total Nitrogen)

ธาตุไนโตรเจนที่พืชทั่ว ๆ ไปดึงดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้นั้น จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเทรตไอออน (NO_3^-) ธาตุไนโตรเจนในดินที่อยู่ในรูปเหล่านี้จะมาจากการสลายตัวของสารอินทรีย์วัตถุในดินโดยจุลินทรีย์ในดินจะเป็นผู้

ปลดปล่อยให้ ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนในดินจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จากการศึกษาพบว่า การสะสมปริมาณไนโตรเจนในดินบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.061 – 0.140 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจนในดินมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสูงจากระดับน้ำทะเล ปริมาณอินทรียวัตถุ และค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.01$) ($r=0.410, 0.449, 0.602$ ตามลำดับ) โดยปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในดินทำให้ดินมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น (ตาราง 5)

2.7 **ฟอสฟอรัสที่สกัดได้** (Extractable Phosphorus)

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีแหล่งที่มาทั้งที่มาจากอินทรีย์ฟอสฟอรัสและมาจากการผุพังสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดิน ปริมาณฟอสฟอรัสบนผิวโลกมีประมาณ 0.12% ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่วนปัจจัยที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ต่อพืชของฟอสฟอรัสในดิน คือ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปฏิกิริยาดินที่ pH 6 – 7 การตรึงฟอสฟอรัสโดยไฮดรัสอ๊อกไซด์ของเหล็ก อลูมิเนียมและแมกนีเซียม การตรึงโดยอนุภาคดินเหนียวและการตรึงโดยคาร์บอเนต (Brady, 1974) จากตาราง 4 แสดงให้เห็นว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 1.699 – 18.264 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 5)

2.8 **โพแทสเซียมที่สกัดได้** (Extractable Potassium)

ปริมาณโพแทสเซียมส่วนใหญ่มาจากการผุพังเน่าสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดินและรูปที่เป็นประโยชน์คือ relatively unvailable form, readily available forms, slowly available forms เป็นต้น รูปของโพแทสเซียมที่พืชใช้เป็นประโยชน์ไม่ได้ทันที ส่วนใหญ่เป็นวัตถุต้นกำเนิดดินที่มาจากแร่ feldspar และ mica ซึ่งเป็นแร่ที่สลายตัวยากแต่เป็นแหล่งโพแทสเซียมให้แก่ดินซึ่งมีประมาณ 90 - 98% ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ส่วนรูปของโพแทสเซียมที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันทีมีอยู่ประมาณ 1.2% ซึ่งอยู่ในสารละลายดินและผิวดินเหนียวที่แลกเปลี่ยนได้ นอกจากนี้ยังมีรูปของโพแทสเซียมที่พืชใช้ประโยชน์ได้บ้างซึ่งเป็นรูปที่โพแทสเซียมที่ถูกตรึงอยู่ระหว่างช่องว่างของอนุภาคดินเหนียวมีประมาณ 1 – 10 % ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Brady, 1974) จากการศึกษาพบว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 66.548 – 289.125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมในดินมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดด่างและค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

2.9 **แคลเซียมที่สกัดได้** (Extractable Calcium)

ปริมาณแคลเซียมในดินปกติมีประมาณ 0.1 – 2.0 % ในดินหินปูนมีแคลเซียมมากกว่า 25% แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ 1 – 50 me/100g ปริมาณแคลเซียมในดินส่วนใหญ่จะมาจากการผุพังสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดิน รูปของแคลเซียมที่อยู่ในดินมีดังนี้ รูปของแคลเซียมที่เป็นองค์ประกอบของหิน gabbro, basalt, limestone และ marble ในแร่ anorthite, calcite, amphiboles, gypsum และ apatite สำหรับแคลเซียมที่อยู่ในรูปของเกลือคาร์บอเนต ที่พบ $CaCO_3$ หรือ $CaMgCO_3$ ส่วนแคลเซียมที่ถูกดูดยึดบนผิวอนุภาคดินเหนียวซึ่งสามารถถูกไล่ที่ออกมาอยู่ในสารละลายดินได้ นอกจากนี้ยังมีแคลเซียมที่อยู่ในสารละลายดินซึ่งจะอยู่ในสภาพสมดุลกับแคลเซียมที่ถูกยึดบนผิวอนุภาคดินเหนียวซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมมีดังนี้ ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณของแคลเซียมที่อิ่มตัวในคอลลอยล์ดิน ชนิดของคอลลอยล์ดินและธรรมชาติของประจุบวกชนิดอื่นที่ถูกดูดยึดร่วมกับแคลเซียม (Brady, 1974) จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้เฉลี่ยมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 317.660 - 2618.609 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้มีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P<0.01$ และมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ($P<0.05$, $r=0.771$) โดยพบว่าเมื่อปริมาณแคลเซียมในดินมากขึ้นค่าพีเอชในดินจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

2.10 **แมกนีเซียมที่สกัดได้** (Extractable Magnesium)

ปริมาณแมกนีเซียมในดินบนผิวโลกเฉลี่ยประมาณ 1.93% ในดินที่มีการชะล้างเกิดขึ้นน้อยจะมีแมกนีเซียมอยู่มากในดินที่มีเนื้อละเอียด รูปของแมกนีเซียมในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของหินและแร่ เช่น หินปูน หินอัคนี หินเซลล์และหินทรายในแร่ augite, hornblende, biotite, olivine, magnesite และ dolomite เป็นต้น ส่วนแคลเซียมที่ถูกดูดยึดบนผิวอนุภาคดินเหนียวและอยู่ในสารละลายดินจะมีประโยชน์น้อยมากในดินทั่วไป ในดินปกติแมกนีเซียมจะอยู่ในสภาพสมดุลย์ระหว่างแมกนีเซียมในสารละลายดินกับแคลเซียมที่ถูกดูดยึดบนผิวอนุภาคดินเหนียว ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมคือ ปริมาณของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณของแมกนีเซียมที่ที่อิ่มตัวในคอลลอยล์ดิน ชนิดของคอลลอยล์ดิน และธรรมชาติของประจุบวกชนิดอื่นที่ถูกดูดยึดร่วมกับแมกนีเซียม (Brady, 1974) จากการศึกษาพบว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้เฉลี่ยมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 42.482 - 180.030 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 5) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้มีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 และมีความสัมพันธ์

ในเชิงบวกกับค่าปฏิกิริยาดิน (pH) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 โดยพบว่าเมื่อปริมาณแมกนีเซียมในดินมากขึ้นค่าพีเอชในดินจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

2.11 **แมงกานีส** (Extractable Manganese)

แมงกานีสมีความสำคัญต่อระบบหายใจของพืชเป็นตัวการทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรีดักชันของเหล็กและไนโตรเจนในกระบวนการเมตาโบลิซึม นอกจากนี้แมงกานีสยังเป็นส่วนประกอบของแร่หลายชนิดเช่น pyrolusite (MnO_2), manganosite (MnO), manganite (MnOOH), rhodochrosite ($MnCO_3$) เป็นต้น จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 8.448 - 76.569 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้ในดินมีรูปแบบความสัมพันธ์กับระดับความสูงจากน้ำทะเลในเชิงลบและมีรูปแบบความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าปฏิกิริยาดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

2.12 **โซเดียมที่สกัดได้** (Extractable Sodium)

โซเดียมเป็นองค์ประกอบของแร่ Paragonite, Albite, Andesine, Nephelite, Carnegicite, Hornblende, Mirabilite เป็นต้น จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณโซเดียมที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 15.170 - 77.253 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโซเดียมในดินมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุและค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่าปฏิกิริยาดิน (pH) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

2.13 **แคดเมียมที่สกัดได้** (Extractable Cadmium)

แคดเมียมเป็นโลหะหนักมีสีขาว ฟ้า วาวมีลักษณะเป็นเนื้ออ่อนสามารถบิดโค้งงอได้และถูกตัดได้ง่ายด้วยมีด มักอยู่ในรูปแท่ง แผ่น เส้นลวด หรือเป็นผงเม็ดเล็กๆในอากาศที่มีความชื้น แคดเมียมจะถูกออกซิไดส์ช้าๆ ให้แคดเมียมออกไซด์ ในธรรมชาติแคดเมียมมักจะรวมอยู่กับกำมะถันเป็นแคดเมียมซัลไฟด์ และมักปนอยู่ในสินแร่สังกะสี ตะกั่ว หรือทองแดง ในดินที่ไม่มีการปนเปื้อน ปริมาณแคดเมียมในดินจะมาจากวัตถุต้นกำเนิดดิน โดยเฉพาะหินแร่ volcanic จะมีปริมาณแคดเมียมน้อยกว่าหินแร่ alluvial (Lehoczky, Szabados and Marth, 1996) แคดเมียมสามารถเคลื่อนย้ายได้ดีในดิน ดังนั้นจึงสามารถปนเปื้อนเข้ามาในระบบสิ่งแวดล้อมได้ (Allaway, 1968 and Hutchinson, 1981) จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณแคดเมียมที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 1.214 - 1.943 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณแคดเมียมในดินมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลและปริมาณอินทรียวัตถุในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 และมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดด่างในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

2.14 โคบอลต์ที่สกัดได้

ธาตุโคบอลต์สามารถพบได้ในแร่หลายชนิดในรูปของสารประกอบแต่จะไม่พบโคบอลต์บริสุทธิ์ได้ในธรรมชาติ โคบอลต์พบได้ในหิน ดิน น้ำ พืช และสัตว์ในปริมาณเพียงเล็กน้อย และมักจะปะปนอยู่กับธาตุนิกเกิล และธาตุทั้งสองชนิดนี้มักเป็นส่วนประกอบของ meteoric iron. สำหรับดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณโคบอลต์ที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 0.545 - 1.724 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 5)

2.15 โครเมียมที่สกัดได้

โครเมียมสามารถพบได้ในแร่โครไมต์ ในธรรมชาติจะพบโครเมียมได้ค่อนข้างยากหรือในปริมาณน้อย จากการศึกษาพบว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณโครเมียมที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 0.339 – 3.543 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโครเมียมในดินมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

2.16 ทองแดงที่สกัดได้ (Extractable Copper)

ทองแดงเป็นธาตุทรานซิชัน (Transition element) ธาตุหนึ่งจึงมีคุณสมบัติคล้ายธาตุเหล็ก ในสภาพธรรมชาติแร่ปฐมภูมิของทองแดงเกิดอยู่ในรูปซัลไฟด์เป็นจำนวนมาก แร่เหล่านี้สลายตัวได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพกรด ทำให้ทองแดงถูกปลดปล่อยออกมาในรูปไอออน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุโลหะหนักทั่วไป ทองแดงจึงจัดได้ว่าเป็นพวกเคลื่อนที่ได้ดี (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540, หน้า 246) ผลการศึกษาพบว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณทองแดงที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 0.369 - 2.914 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทองแดงที่สกัดได้มีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

2.17 เหล็กที่สกัดได้ (Extractable Iron)

เหล็กมีหน้าที่ช่วยเสริมสร้างคลอโรฟิลล์ ช่วยในกระบวนการหายใจเป็นองค์ประกอบของสาร ferrodoxin ใช้ในการลดและเติมออกซิเจนในปฏิกิริยาชีวเคมี เป็นสารประกอบของฮีโมโกลบิน ซึ่งมีส่วนสำคัญในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยพวกบักเตรี และไรโซเบียม เป็นต้น ธาตุเหล็กสามารถพบได้ในหินแร่ ได้แก่ olivine, pyroxines, amphibole และ orthoclase สำหรับดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณเหล็กที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 48.775 -

551.791 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 5) ปริมาณเหล็กในดินมีรูปแบบความสัมพันธ์กับระดับความสูงจากน้ำทะเลในเชิงบวกและเชิงลบกับค่าปฏิกิริยาดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$, $r=0.704$ และ $P<0.05$, $r= -0.714$ ตามลำดับ) โดยค่าปฏิกิริยาดินที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณเหล็กในดินลดลง

2.18 นิกเกิลที่สกัดได้

นิกเกิลเป็นธาตุที่สามารถพบได้ทั่วไปในดิน น้ำ และหิน มักพบว่าเป็นส่วนประกอบของ meteorites ธาตุนิกเกิลได้รับการยืนยันล่าสุดว่ามีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด ผลการศึกษาดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวพบว่ามีการสะสมปริมาณนิกเกิลที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 0.851 - 3.632 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 5) ปริมาณนิกเกิลที่สกัดได้มีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

2.19 ตะกั่วที่สกัดได้

ตะกั่วเป็นโลหะสีเทาเงิน หรือแกมน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติในเปลือกโลก เปลือกโลกเรามีตะกั่วประมาณ 10 – 15 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ตะกั่วที่เกิดเป็นธาตุอิสระมีน้อย มากพบส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบ ตัวอย่างแร่ที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบได้แก่ Gelenite หรือ Galena ซึ่งเป็นซัลไฟด์ของตะกั่ว (PbS) และ Pyrite (FeS_2)เป็นต้น ตะกั่วในพื้นดินอาจเกิดตามธรรมชาติหรืออาจเกิดจากภาวะมลพิษต่าง ๆ จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณตะกั่วที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 1.822 - 22.343 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณตะกั่วในดินมีรูปแบบความสัมพันธ์กับระดับความสูงจากน้ำทะเลในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$, $r=0.501$) และมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 แต่มีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดด่างในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

2.20 สังกะสีที่สกัดได้ (Extractable Zinc)

สังกะสีเป็นธาตุที่พบมากบนเปลือกโลก รูปสังกะสีในดินที่พืชดูดมาใช้ได้ คือ Zn^{2+} ในสารละลายดินกับสังกะสีแลกเปลี่ยนได้ สองส่วนนี้ได้มาจากการสลายตัวของหินและแร่ที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน เช่น แร่แมกนีไทต์ ไบโอไทต์ และฮอร์นแบลนด์ สารประกอบสังกะสีออกไซด์ ซัลเฟต และซิลิเกต (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) จากการศึกษาพบว่าดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติ ภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณสังกะสีที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 0.971 – 7.445

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณสังกะสีในดินมีรูปแบบความสัมพันธ์กับค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 0.01

3. คุณสมบัติของดินในเฟิร์นขึ้นบนดินแต่ละชนิด

ลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อปริมาณธาตุต่างๆ ในดิน ในที่ต่างๆกัน ดินจะมีคุณลักษณะทั้งทางกายภาพและทางเคมีแตกต่างกันไป ซึ่งปัจจัยที่ทำให้คุณลักษณะของดินมีความแตกต่างกันได้แก่ วัตถุต้นกำเนิดดิน สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ และชนิดพันธุ์พืช ถึงแม้ว่าจะเป็นพื้นที่ที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินและสภาพภูมิอากาศที่เหมือนกันแต่ถ้ามีชนิดพันธุ์พืชและสภาพภูมิประเทศต่างกันแล้วคุณลักษณะของดินก็จะแตกต่างกัน

3.1 *Adiantum caudatum* L.

คุณสมบัติดินของเฟิร์น *Adiantum caudatum* L. พบว่ามีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) มีค่าความเป็นกรดปานกลาง เท่ากับ 5.92 ค่าความจุความชื้นของดินเท่ากับ 18.30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับต่ำและค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.89 เปอร์เซ็นต์ และ 6.91 me/100g ตามลำดับ (ตาราง 4) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยในดินมีค่าเท่ากับ 0.079 เปอร์เซ็นต์ 3.246 และ 233.257 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีค่าความเข้มข้นของธาตุโครเมียมในดินเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.543 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 5)

3.2 *Adiantum philippense* L.

ดินของเฟิร์น *Adiantum philippense* L. มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) มีค่าความเป็นกรด-ด่างและความจุความชื้นของดินเท่ากับ 5.41 และ 19.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลางเท่ากับ 2.37 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 8.77 me/100g (ตาราง 4) ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ย เท่ากับ 0.095 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ย เท่ากับ 6.083 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมในดินเฉลี่ย เท่ากับ 195.668 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5

3.3 *Angiopteris evecta*

ลักษณะดินของเฟิร์น *Angiopteris evecta* พบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) มีค่าความเป็นกรดปานกลาง เท่ากับ 5.80 ปริมาณความชื้นในดินเฉลี่ย 20.11 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.57 เปอร์เซ็นต์ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในระดับปานกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.55 me/100g ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.014 เปอร์เซ็นต์ 7.451 และ 289.125

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เฟิร์นชนิดนี้มีค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมและแมงกานีสในดินเฉลี่ยสูงสุด

3.4 *Blechnum orientale* L.

ลักษณะดินของ *Blechnum orientale* L. พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (6.20) มีค่าความจุความชื้นของดินเฉลี่ยเท่ากับ 11.72 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุสูงมากและค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในระดับปานกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.70 เปอร์เซ็นต์ และ 11.91 me/100g ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.140 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยเท่ากับ 12.156 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมในดินเฉลี่ยเท่ากับ 124.420 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5 เฟิร์นชนิดนี้มีค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน เหล็ก และโคบอลต์ในดินเฉลี่ยสูงสุด ไม่พบปริมาณทองแดงและโครเมียมในดินของเฟิร์นชนิดนี้

3.5 *Colysis pothifolia*

ดินที่พบเฟิร์น *Colysis pothifolia* มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ค่าเฉลี่ยความจุความชื้นของดินเท่ากับ 18.74 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดด่างปานกลาง เท่ากับ 6.02 มีปริมาณอินทรียวัตถุในปริมาณสูง เท่ากับ 8.65 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 9.30 me/100g ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.088 เปอร์เซ็นต์ 1.699 และ 168.983 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เฟิร์นชนิดนี้มีปริมาณแคลเซียมในดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5

3.6 *Diplazium esculentum*

ลักษณะดินของ *Diplazium esculentum* พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ค่าเฉลี่ยความจุความชื้นของดินเท่ากับ 17.93 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดปานกลาง (6.00) ปริมาณอินทรียวัตถุและค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ เท่ากับ 1.29 เปอร์เซ็นต์ และ 7.10 me/100g ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ย เท่ากับ 0.066 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยเท่ากับ 5.643 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมในดินเฉลี่ย เท่ากับ 158.610 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 5)

3.7 *Lindsaea ensifolia* Sw.

ดินที่พบ *Lindsaea ensifolia* Sw. พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ระดับความเป็นกรด-ด่างในดินเป็นกรดแก่ (4.78) ค่าเฉลี่ยความจุความชื้น

ของดินเท่ากับ 12.28 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงมาก (5.91 เปอร์เซ็นต์) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 6.37 me/100g. ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.061 เปอร์เซ็นต์ 4.757 และ 66.548 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เฟิร์นชนิดนี้มีค่าความเข้มข้นของธาตุทองแดง แคดเมียม นิกเกิล และตะกั่วในดินเฉลี่ยสูงสุด ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5

3.8 *Lygodium* sp.

เฟิร์น *Lygodium* sp. มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) มีสภาพเป็นกรดแก่ (5.46) ค่าความจุความชื้นของดินเฉลี่ยเท่ากับ 15.38 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลางเท่ากับ 2.45 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 8.32 me/100g ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ย เท่ากับ 0.094 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ เท่ากับ 8.091 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้เท่ากับ 151.280 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตาราง 5)

3.9 *Pteridium aquillium*

ลักษณะดินของ *Pteridium aquillium* มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ดินมีสภาพเป็นกรดแก่ (5.15) ค่าความจุความชื้นของดินเฉลี่ยเท่ากับ 12.83 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูงมาก มีค่าเท่ากับ 7.15 เปอร์เซ็นต์ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 9.89 me/100g ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยในดินมีค่าเท่ากับ 0.117 เปอร์เซ็นต์ 15.256 และ 163.823 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโซเดียมในดินพบมากในเฟิร์นชนิดนี้โดยมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 77.253 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5

3.10 *Pteris biaurita* L.

ดินที่พบเฟิร์น *Pteris biaurita* L. พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ค่าความจุความชื้นของดินเฉลี่ยเท่ากับ 18.62 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดปานกลาง เท่ากับ 5.91 มีปริมาณอินทรียวัตถุและค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ มีค่าเท่ากับ 1.17 เปอร์เซ็นต์ และ 5.26 me/100g ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.079 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยเท่ากับ 5.982 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมในดินเฉลี่ยเท่ากับ 135.600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5

3.11 *Pteris ensiformis* Burm.f.

ลักษณะดินของ *Pteris ensiformis* Burm.f. พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ดินมีสภาพเป็นกรดจัด (4.91) มีค่าความจุความชื้นของดินเฉลี่ยเท่ากับ 12.28 เปอร์เซ็นต์ ค่าอินทรียวัตถุในดินมีปริมาณสูงมาก (4.93 เปอร์เซ็นต์) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ มีค่าเท่ากับ 6.79 me/100g. ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.083 เปอร์เซ็นต์ 6.640 เท่ากับ 75.413 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตาราง 5)

3.12 *Pteris venusta* Kunze.

ลักษณะดินของ *Pteris venusta* Kunze. พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ค่าเฉลี่ยความจุความชื้นของดินเท่ากับ เท่ากับ 18.89 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.68 (เป็นกรดปานกลาง) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างสูงมีค่าเท่ากับ 2.61เปอร์เซ็นต์ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ (7.67 me/100g) ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ย เท่ากับ 0.098 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยเท่ากับ 5.912 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมในดินเฉลี่ยเท่ากับ 163.902 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5

3.13 *Tectaria angulata*

ดินของเฟิร์น *Tectaria angulata* พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ค่าเฉลี่ยความจุความชื้นของดินเท่ากับ 16.21 เปอร์เซ็นต์ ดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (6.15) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินในระดับสูงมาก (5.18 เปอร์เซ็นต์) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ มีค่าเท่ากับ 6.97 me/100g ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยในดินมีค่าเท่ากับ 0.083 เปอร์เซ็นต์ 6.725 และ 120.650 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณสังกะสีในดินพบมากในเฟิร์นชนิดนี้โดยมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 7.486 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5

3.14 *Tectaria herpetocaulos* Holtt.

ลักษณะดินของ *Tectaria herpetocaulos* Holtt. พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ค่าความจุความชื้นของดินเฉลี่ยเท่ากับ 19.84 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.83 มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูง (3.54 เปอร์เซ็นต์) แต่มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในระดับค่อนข้างต่ำ (7.79 me/100g) ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.096 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยเท่ากับ 9.117 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ

ปริมาณโพแทสเซียมในดินเฉลี่ย เท่ากับ 135.778 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5

3.15 *Tectaria impressa*

เฟิร์น *Tectaria impressa* มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) มีค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าเฉลี่ยความจุความชื้นของดินเท่ากับ 5.94 และ 13.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินและค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเท่ากับ 2.42 เปอร์เซ็นต์ และ 10.61 me/100g ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยในดินมีค่าเท่ากับ 0.100 เปอร์เซ็นต์ 11.144 และ 153.038 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตาราง 5)

3.16 *Tectaria polymorpha*

ลักษณะดินของ *Tectaria polymorpha* พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ค่าความจุความชื้นของดินเฉลี่ยเท่ากับ 14.22 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.97 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างต่ำ (1.92 เปอร์เซ็นต์) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ (4.31 me/100g) ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ย เท่ากับ 0.061 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ เท่ากับ 7.229 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้เท่ากับ 130.858 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5

3.17 *Thelypteris interrupta*

ลักษณะเนื้อดินของ *Thelypteris interrupta* เป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ค่าความจุความชื้นของดินเฉลี่ยเท่ากับ 19.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.46 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับสูงมาก มีค่าเท่ากับ 5.85 เปอร์เซ็นต์ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในระดับค่อนข้างต่ำ (9.44 me/100g) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.118 เปอร์เซ็นต์ 17.543 และ 210.112 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตาราง 5)

3.18 *Thelypteris nudata*

ลักษณะดินของ *Thelypteris nudata* พบว่ามีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าเฉลี่ยความจุความชื้นของดินเท่ากับ 6.14 และ 16.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างสูง (2.59 เปอร์เซ็นต์) มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในระดับค่อนข้างต่ำเท่ากับ 5.80 me/100g ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.073 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้เท่ากับ 6.918 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เท่ากับ 137.434 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแต่ละธาตุในดินแสดงในตาราง 5

3.19 *Thelypteris terminans*

เฟิร์น *Thelypteris terminans* มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ค่าความจุความชื้นของดินเฉลี่ยเท่ากับ 19.15 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.39 มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงมาก (6.36 เปอร์เซ็นต์) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ (9.34me/100g) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยในดินมีค่าเท่ากับ 0.111 เปอร์เซ็นต์ 18.264 และ 188.149 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เฟิร์นชนิดนี้มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยสูงสุด (ตาราง 5)

ตาราง 4 คุณลักษณะของดินในเฟิร์นขึ้นบนดินแต่ละชนิด

ชื่อวิทยาศาสตร์	ลักษณะเนื้อดิน	ความชื้น (%)	pH	OM (%)	CEC (me/100g.)
Adiantum caudatum L.	Sandy loam	18.30	5.92 ± 0.53	0.89 ± 0.67	6.91 ± 3.63
Adiantum philippense L.	Sandy loam	19.89	5.41 ± 0.68	2.37 ± 1.51	8.77 ± 2.46
Angiopteris evecta	Sandy loam	20.11	5.80 ± 0.38	8.57 ± 5.05	10.55 ± 1.60
Blechnum orientale L.	Sandy clay loam	11.72	6.20 ± 0.28	10.70 ± 1.19	11.91 ± 1.36
Colysis pothifolia	Sandy loam	18.74	6.02 ± 0.03	8.65 ± 5.15	9.30 ± 3.59
Diplazium esculentum	Sandy loam	17.93	6.02 ± 0.03	1.29 ± 0.40	7.10 ± 3.16
Lindsaea ensifolia Sw.	Sandy clay loam	12.28	4.78 ± 0.09	5.91 ± 3.73	6.37 ± 1.13
Lygodium sp.	Sandy loam	15.38	5.46 ± 0.43	2.45 ± 1.08	8.32 ± 0.83
Pteridium aquillium	Sandy loam	12.83	5.15 ± 0.47	7.15 ± 4.85	9.89 ± 2.51
Pteris biaurita L.	Sandy clay loam	18.62	5.91 ± 0.13	1.17 ± 0.23	5.26 ± 0.55
Pteris ensiformis Burm.f.	Sandy clay loam	12.28	4.91 ± 0.10	4.93 ± 2.35	6.79 ± 1.93
Pteris venusta Kunze.	Sandy loam	18.89	5.68 ± 0.38	2.61 ± 1.21	7.67 ± 3.11
Tectaria angulata	Sandy loam	16.21	6.15 ± 0.19	5.18 ± 3.48	6.97 ± 0.63
Tectaria herpetocaulos Holtt.	Sandy loam	19.84	5.83 ± 0.37	3.54 ± 2.91	7.79 ± 2.64
Tectaria impressa	Sandy clay loam	13.35	5.94 ± 0.60	2.42 ± 1.02	10.61 ± 0.92
Tectaria polymorpha	Sandy loam	14.22	5.97 ± 0.74	1.92 ± 0.03	4.31 ± 1.28
Thelypteris interrupta	Sandy loam	19.10	5.46 ± 0.44	5.85 ± 4.32	9.44 ± 1.57
Thelypteris nudata	Sandy loam	16.31	6.14 ± 0.23	2.59 ± 1.01	5.80 ± 2.83
Thelypteris terminans	Sandy loam	19.15	5.39 ± 0.50	6.36 ± 4.46	9.34 ± 1.53
ค่าเฉลี่ย		16.59 ± 2.97	5.69 ± 0.42	4.45 ± 2.88	8.06 ± 2.00

หมายเหตุ: Values are reported in means ± SD

ตาราง 5 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุและโลหะหนักในดินของเฟิร์นขึ้นบนดินแต่ละชนิดในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว

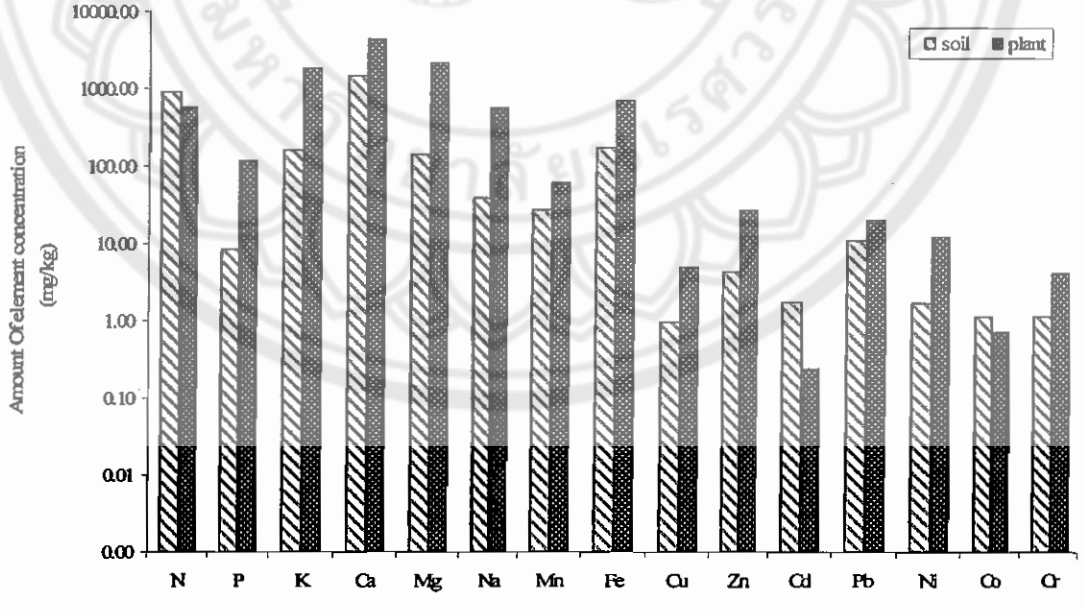
ชื่อวิทยาศาสตร์	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Na	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
	—%—	mg/kg													
Adiantum caudatum L.	0.079	3.246	233.257	1299.240	121.683	28.585	27.846	1.769	1.144	3.543	0.508	150.263	0.868	1.822	3.520
Adiantum philippense L.	0.095	6.083	195.668	1992.609	158.394	17.148	32.110	1.748	1.045	1.969	0.844	137.701	2.023	9.439	5.957
Angiopteris evecta	0.114	7.451	289.125	1778.970	174.201	76.569	51.590	1.745	1.300	0.621	0.565	136.872	1.499	16.047	3.936
Blechnum orientale L.	0.140	12.156	124.420	583.000	42.482	22.248	15.170	1.214	1.724	Tr	Tr	551.791	0.851	2.641	5.285
Colysis pothifolia	0.088	1.699	168.983	2618.609	163.403	13.161	29.482	1.856	0.575	Tr	1.033	180.822	1.292	1.604	6.519
Diplazium esculentum	0.066	5.643	158.610	1253.060	147.310	8.448	30.557	1.569	1.168	Tr	Tr	70.827	1.192	11.285	4.130
Lindsaea ensifolia Sw.	0.061	4.757	65.548	409.755	81.600	9.666	46.998	1.943	0.826	Tr	2.914	134.544	3.632	22.343	0.971
Lygodium sp.	0.094	6.091	151.280	1415.590	165.078	18.046	38.792	1.664	1.574	Tr	1.276	160.201	1.457	12.633	3.540
Pteridium aquilium	0.117	15.256	163.823	1091.009	134.099	21.109	77.253	1.632	1.273	0.363	1.676	404.270	1.169	15.617	3.239
Pteris biaurita L.	0.079	5.982	135.600	1475.120	127.980	8.448	28.689	1.547	0.886	Tr	0.369	68.506	1.309	10.903	3.666
Pteris ensiformis Burm.f.	0.083	6.640	75.413	317.660	104.240	9.666	46.154	1.718	1.135	Tr	1.756	208.472	2.464	20.635	1.731
Pteris venusta Kunze.	0.098	5.912	163.902	1878.123	158.880	24.466	37.632	1.796	1.233	0.339	0.730	135.004	1.583	9.818	4.638
Tectaria angulata	0.083	6.725	120.650	1575.280	155.470	51.254	30.267	1.836	1.438	Tr	Tr	177.006	2.470	11.899	7.446
Tectaria herpetocaulos Holtt.	0.096	9.117	135.778	2073.259	154.492	43.624	30.208	1.738	1.300	Tr	0.642	164.562	1.491	6.010	6.950
Tectaria impressa	0.100	11.144	153.038	2226.762	180.030	31.402	59.761	1.732	0.545	Tr	0.489	107.329	0.989	10.628	6.654
Tectaria polymorpha	0.061	7.229	130.858	1475.750	141.789	73.703	27.816	1.817	0.875	Tr	Tr	191.090	1.479	3.159	4.953
Thelypteris interrupta	0.118	17.543	210.112	1535.894	167.820	36.027	50.070	1.860	1.125	Tr	0.598	172.467	1.577	18.081	4.204
Thelypteris nudata	0.073	6.918	137.434	1873.309	146.666	12.268	30.192	1.808	1.235	Tr	0.697	48.775	1.476	6.535	4.168
Thelypteris terminans	0.111	16.264	188.149	1483.016	155.050	27.020	49.562	1.843	0.951	Tr	0.589	218.161	1.543	18.417	4.084

หมายเหตุ: Tr = Trace หมายถึง มีจำนวนน้อยจนไม่สามารถอ่านค่าได้

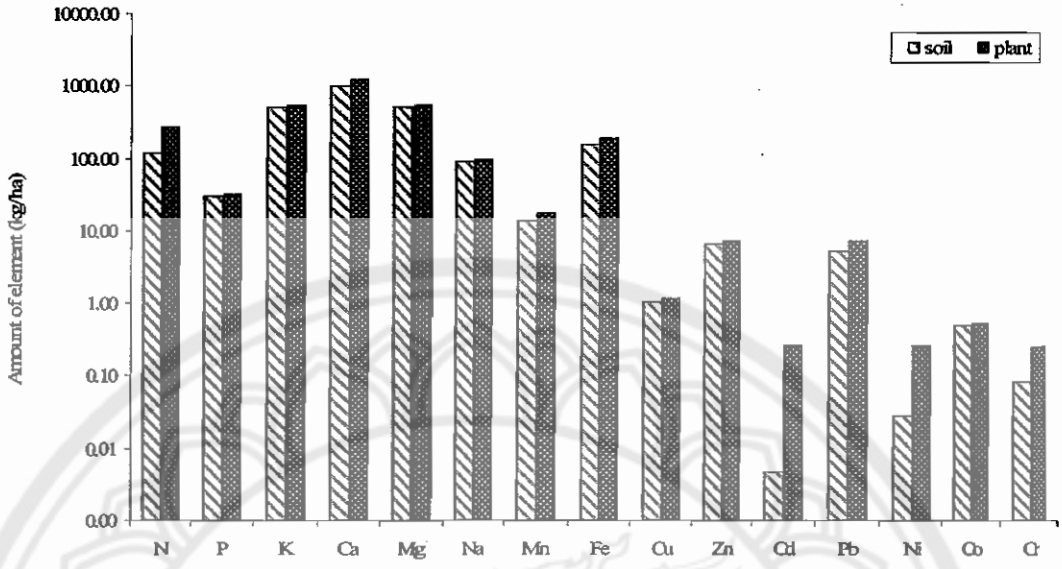
N = จำนวนตัวอย่าง (193)

การเปรียบเทียบการสะสมปริมาณธาตุและโลหะหนักในดินและใบของเฟิร์น

พืชต้องการดิน อุณหภูมิ น้ำ อากาศ แสงสว่าง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงและต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นอย่างเพียงพอในกระบวนการเมตาโบลิซึม ดังนั้นพันธุ์ไม้แต่ละชนิดจึงมีการสะสมปริมาณธาตุและโลหะหนักแตกต่างกันซึ่งอาจขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ชนิดของป่า เป็นต้น ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมและแคลเซียมเป็นธาตุอาหารมหัพภาคที่จำเป็นสำหรับพืช สำหรับแมงกานีส เหล็ก ทองแดง สังกะสี และนิกเกิลจัดเป็นจุลธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย จากการศึกษาพบว่าธาตุแคลเซียมมีปริมาณความเข้มข้นสูงสุดทั้งในดินและพืช ปริมาณธาตุและโลหะหนักในเฟิร์นมีค่าความเข้มข้นเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ Ca > Mg > K> Fe > Na >N > P > Mn > Zn > Pb > Ni > Cu > Cr > Co > Cd สำหรับปริมาณธาตุและโลหะหนักในดินมีค่าความเข้มข้นเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ Ca > N > Fe > K> Mg > Na > Mn > Pb > P > Zn > Cd > Ni > Cr > Co > Cu และพบว่าค่าความเข้มข้นของธาตุและโลหะหนักในใบจะมีปริมาณมากกว่าในดินยกเว้นธาตุ N, Cd และ Co ดังแสดงในภาพ 26 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมธาตุพบว่าธาตุแคลเซียมมีการสะสมในดินและพืชมากที่สุด รองลงมาคือธาตุโพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โซเดียม ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แมงกานีส สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง โคบอลต์ โครเมียม นิกเกิล และแคดเมียม (ภาพ27)



ภาพ 26 เปรียบเทียบระหว่างปริมาณธาตุและโลหะหนักในดินและใบของเฟิร์น



ภาพ 27 เปรียบเทียบการสะสมปริมาณธาตุและโลหะหนักในดินและใบของเฟิร์น

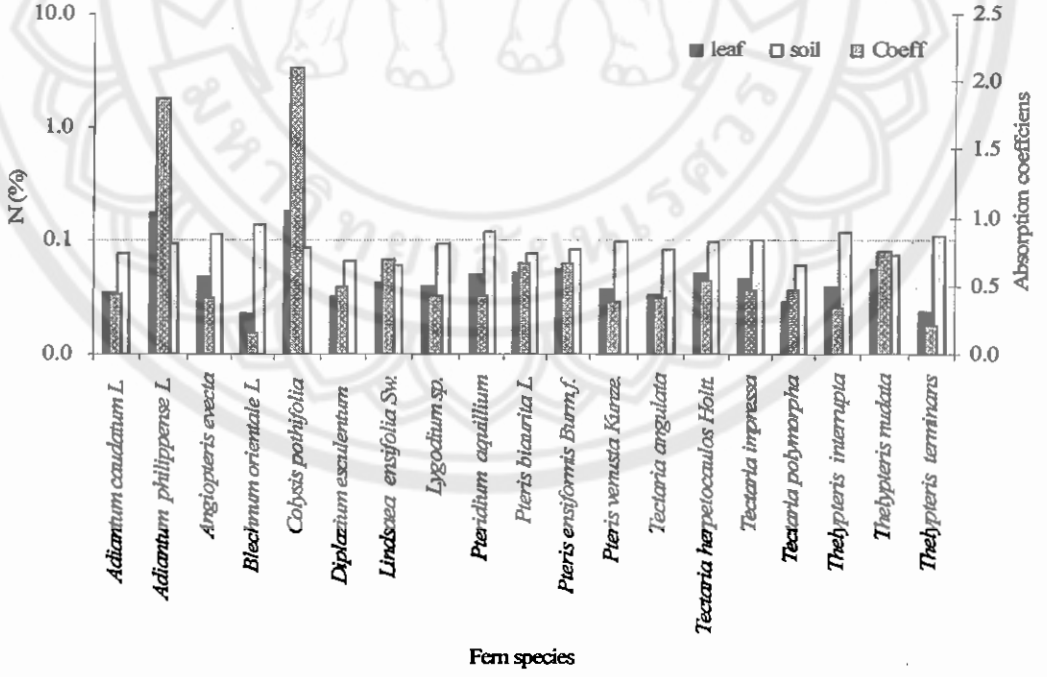
การศึกษาความสามารถในการสะสมธาตุในเฟิร์นแต่ละชนิดเปรียบเทียบโดยการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) โดยค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนค่าความเข้มข้นของธาตุในใบกับค่าความเข้มข้นของธาตุในดินดังสมการ (Zhenggui *et al.*, 2001).

Absorption coefficients = concentration in plant leaves/ concentration in host soil

จากการศึกษาเฟิร์นขึ้นบนดินทั้ง 19 ชนิดพบว่าเฟิร์นบางชนิดมีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับค่อนข้างสูงแสดงว่ามีความสามารถในการดูดดึงธาตุไปการสะสมไว้มาก ความสามารถในการสะสมธาตุและค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับในเฟิร์นแต่ละชนิดแสดงดังต่อไปนี้

1. การสะสมธาตุไนโตรเจนในดินและในใบของเฟิร์น

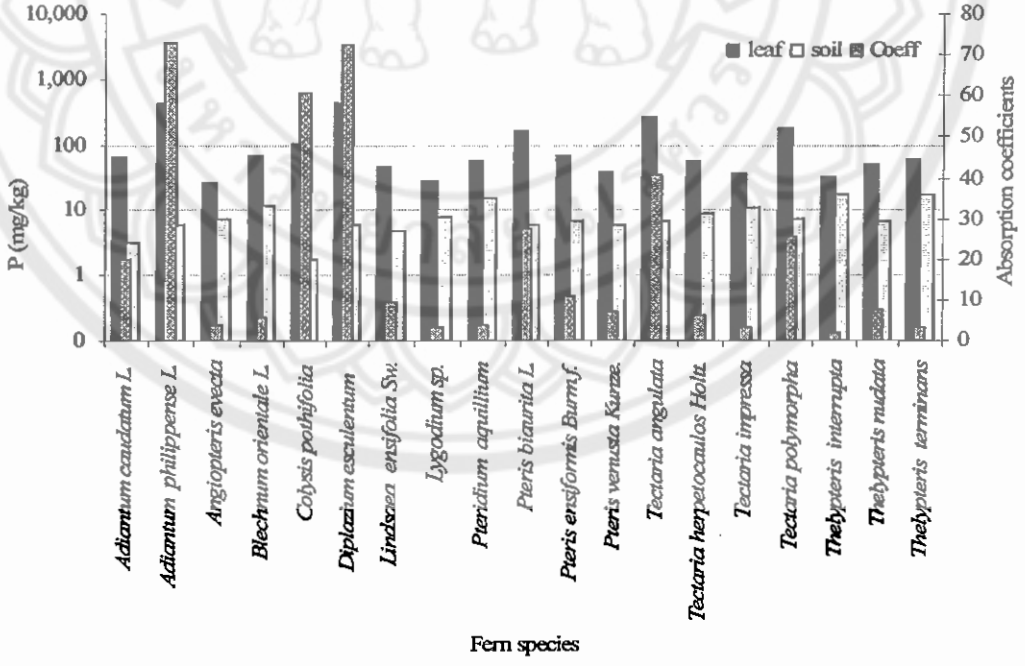
ไนโตรเจนในรูปไนเทรต NO^{3-} และแอมโมเนียมไอออน NH_4^+– N ในดินเป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชทุกชนิด จากภาพ 28 *Colysis pothifolia* มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนในใบสูงสุด เท่ากับ 0.184 % และมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในดินมีค่าเท่ากับ 0.088 % สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับ พบว่าเฟิร์น *Colysis pothifolia* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุไนโตรเจนสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.10 รองลงมาคือ *Adiantum philippense* L. ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 1.88 สำหรับเฟิร์น *Adiantum caudatum* L., *Angiopteris evecta*, *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris ensiformis* Burm.f., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata*, *Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุไนโตรเจนเฉลี่ยเท่ากับ 0.44, 0.42, 0.50, 0.70,0.42, 0.42, 0.66, 0.67, 0.39, 0.41, 0.55, 0.47, 0.48, 0.34, 0.76, 0.22 ตามลำดับ และเฟิร์นที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับต่ำสุดคือ *Blechnum orientale* L. มีค่าเท่ากับ 0.16



ภาพ 28 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) **และค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด**

2. การสะสมธาตุฟอสฟอรัสในดินและในใบของเฟิร์น

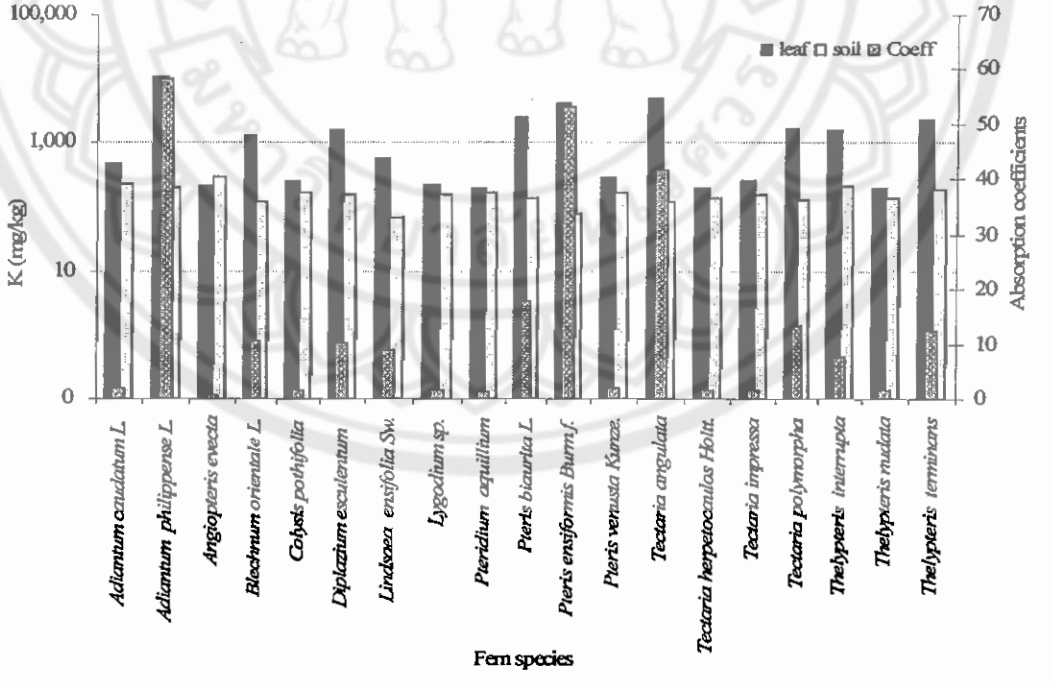
แหล่งที่มาของธาตุฟอสฟอรัสในดินมาจากฟอสเฟตอินทรีย์ ได้แก่ flour-apatite และมาจากฟอสเฟตอินทรีย์ ได้แก่ necromass (Pampasit, 1998). สำหรับเฟิร์นที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยสูงที่สุดคือ *Thelypteris terminans* มีค่าเท่ากับ 18.264 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่พบว่าเฟิร์น *Diplazium esculentum* มีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยสูงสุดในใบและมีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในดินเท่ากับ 5.643 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 78.92 สำหรับเฟิร์น *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis pothifolia*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris ensiformis* Burm.f., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris nudata*, *Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 19.93, 72.74, 3.66, 5.82, 60.48, 9.47, 3.41, 3.80, 27.59, 10.66, 6.92, 40.68, 6.07, 3.30,25.61, 7.37, 3.26 ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับต่ำสุดคือ *Thelypteris interrupta* มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.83 (ภาพ 29)



ภาพ 29 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) และค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด

3. การสะสมธาตุโพแทสเซียมในดินและในใบของเฟิร์น

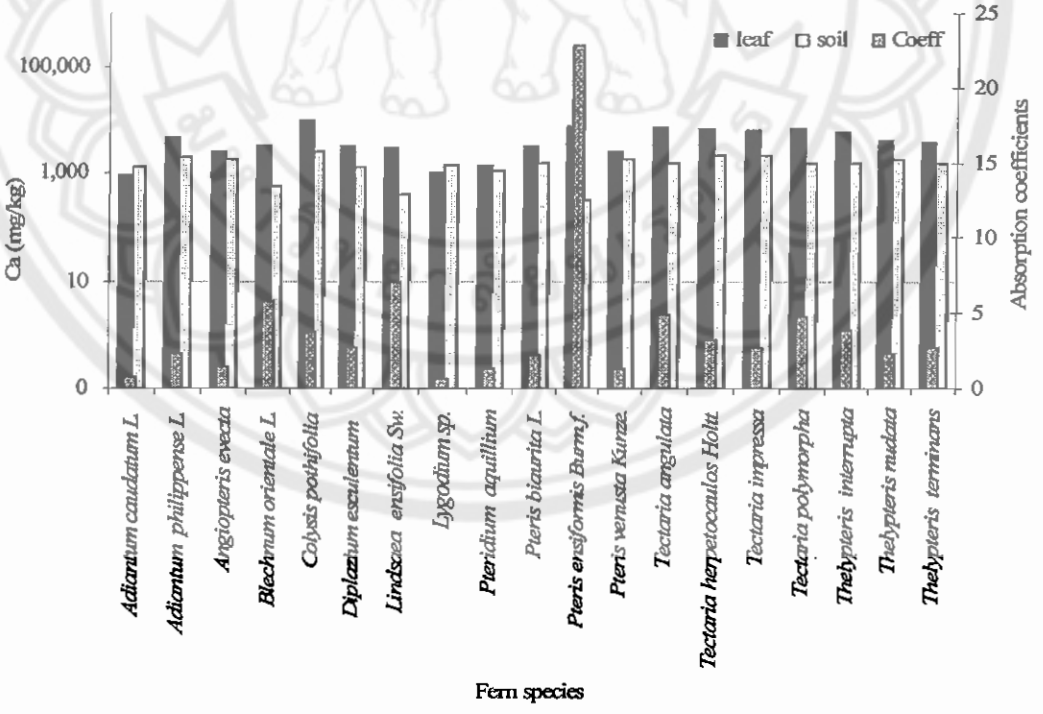
รูปของโพแทสเซียมที่พืชใช้เป็นประโยชน์ไม่ได้ทันที ส่วนใหญ่เป็นวัตถุต้นกำเนิดดินที่มาจากแร่ feldspar และ mica ซึ่งเป็นแร่ที่สลายตัวยากแต่เป็นแหล่งโพแทสเซียมให้แก่ดินซึ่งมีประมาณ 90 - 98% ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ผลการศึกษาพบว่า *Angiopteris evecta* มีปริมาณโพแทสเซียมในดินเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 289.125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เฟิร์น *Adiantum philippense* L. มีปริมาณโพแทสเซียมในใบเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 11406.551 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 58.30 สำหรับเฟิร์น *Adiantum caudatum* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis pothifolia*, *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris ensiformis* Burm.f., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุโพแทสเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 2.02, 0.71, 10.61, 1.47, 10.12, 8.79, 1.48, 1.25, 17.76, 53.12, 1.82, 41.67, 1.50, 1.70, 13.23, 7.74, 1.45 และ 12.44 ตามลำดับ (ภาพ 30)



ภาพ 30 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) และค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด

4. การสะสมธาตุแคลเซียมในดินและในใบของเฟิร์น

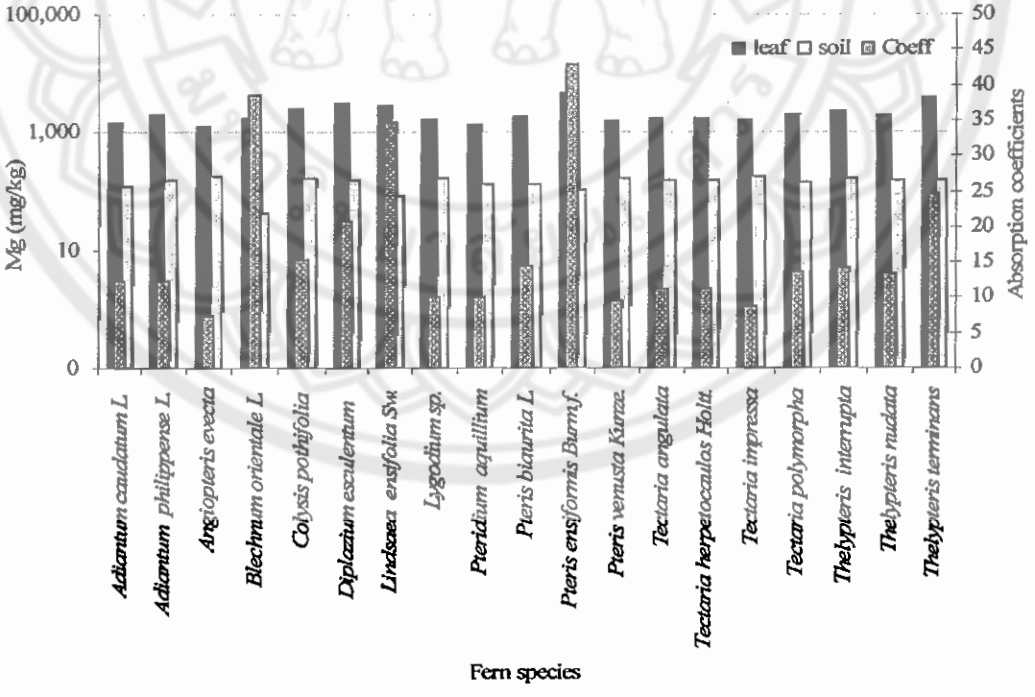
ปริมาณแคลเซียมในดินส่วนใหญ่จะมาจากการผุพังสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดิน รูปของแคลเซียมที่เป็นองค์ประกอบของหิน ได้แก่ amphiboles, dolomite, calcite, gypsum, apatite และ calcium feldspars (Pampasit, 1998) จากการศึกษาพบว่า *Colysis pothifolia* มีปริมาณแคลเซียมในดินเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 2618.609 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณแคลเซียมในใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 9652.766 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่เฟิร์น *Pteris ensiformis* Burm.f. มีสัมประสิทธิ์การดูดซับธาตุแคลเซียมสูงสุดเท่ากับ 22.75 สำหรับเฟิร์น *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis pothifolia*, *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุแคลเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 0.74, 2.35, 1.45, 5.75, 3.69, 2.65, 7.08, 0.69, 1.33, 2.22, 1.31, 4.89, 3.28, 2.76, 4.81, 3.91, 2.29 และ 2.68 ตามลำดับ (ภาพ 31)



ภาพ 31 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) **และค่าความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด**

5. การสะสมธาตุแมกนีเซียมในดินและในใบของเฟิร์น

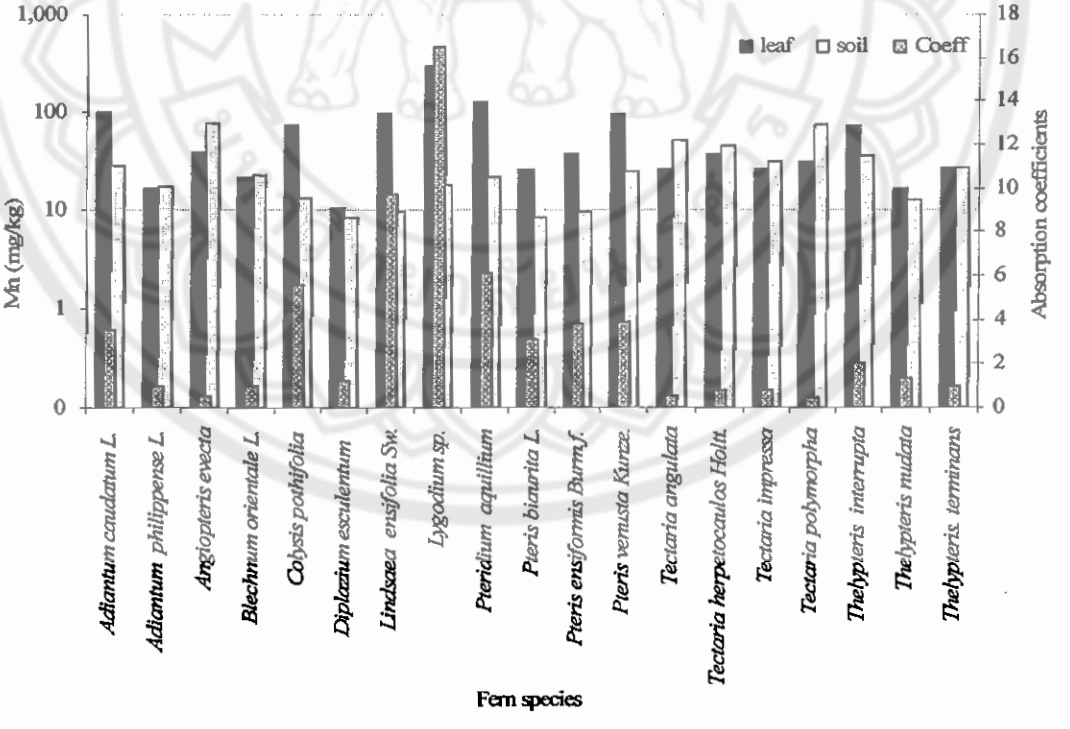
รูปของแมกนีเซียมในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของหินและแร่ เช่น หินปูน หินอัคนี หินเชลล์และหินทรายในแร่ augite, magnesite, dolomile, biotite, chlorite, serpentine และ olivine (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) จากการศึกษาพบว่า *Tectaria impressa* มีปริมาณแมกนีเซียมเฉลี่ยในดินสูงสุดเท่ากับ 180.030 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับ *Pteris ensiformis* Burm.f. พบว่ามีปริมาณแมกนีเซียมเฉลี่ยในใบสูงสุดเท่ากับ 4480.900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 42.99 รองลงมาคือ *Blechnum orientale* L.ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุแมกนีเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 38.62 สำหรับเฟิร์น *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Colysis* pothifolia, *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata*, *Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุแมกนีเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 12.26, 12.42, 7.29, 15.39, 20.76, 34.59, 10.07, 10.03, 14.53, 9.54, 11.11, 11.07, 8.84, 13.68, 14.11, 13.50, 24.56 ตามลำดับ (ภาพ 32)



ภาพ 32 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) **และค่าความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด**

6. การสะสมธาตุแมงกานีสในดินและในใบของเฟิร์น

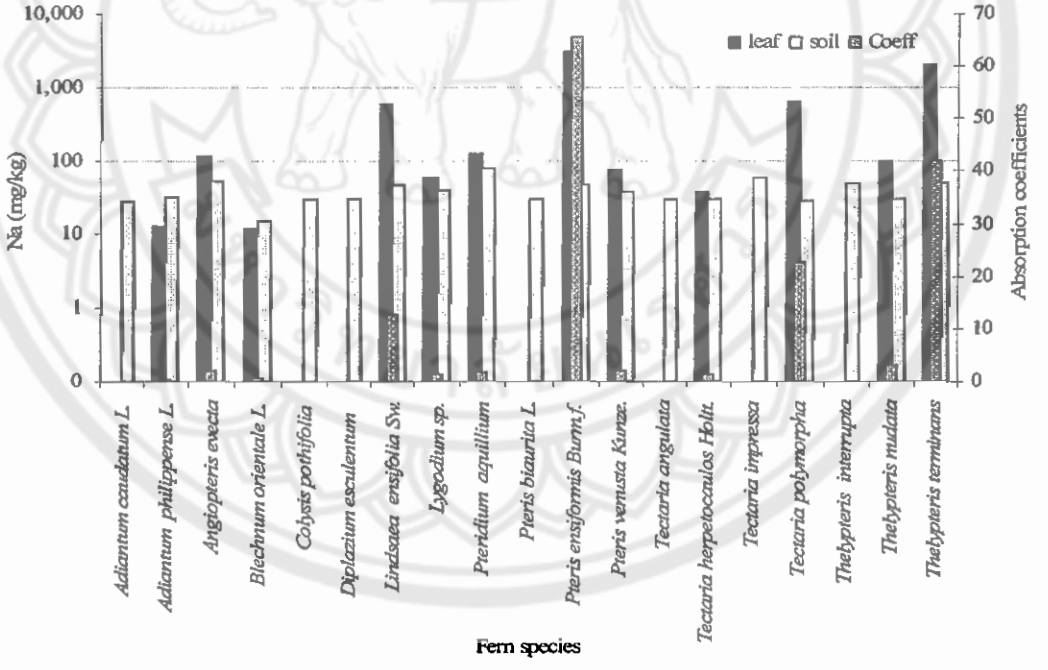
วัตถุต้นกำเนิดแมงกานีส ได้แก่หิน olivine, pyroxines, amphibole และ orthoclase ค่าปกติของแมงกานีสที่พบได้ในพืชทั่วๆ ไปจะอยู่ในช่วง 20 - 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมักมีค่าไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในพืชที่ปลูกในดินทั่วๆ ไป (Reeves and Alan, 1984) จากการศึกษาพบว่าเฟิร์น *Angiopteris evecta* มีค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินเฉลี่ยสูงสุด (76.569 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับเฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในใบเฉลี่ยสูงสุดและมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเฉลี่ยสูงสุด คือ *Lygodium* sp. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.51 สำหรับเฟิร์นชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis* pothifolia, *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris ensiformis* Burm.f., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ*Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุแมงกานีสเฉลี่ยเท่ากับ 8.95, 0.97, 0.50, 0.99, 5.54, 1.21, 9.73, 6.05, 3.11, 3.82, 3.92, 0.50, 0.84, 0.82, 0.42, 1.99, 1.32 และ 1.00 ตามลำดับ (ภาพ 33)



ภาพ 33 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) **และค่าความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด**

7. การสะสมธาตุโซเดียมในดินและในใบของเฟิร์น

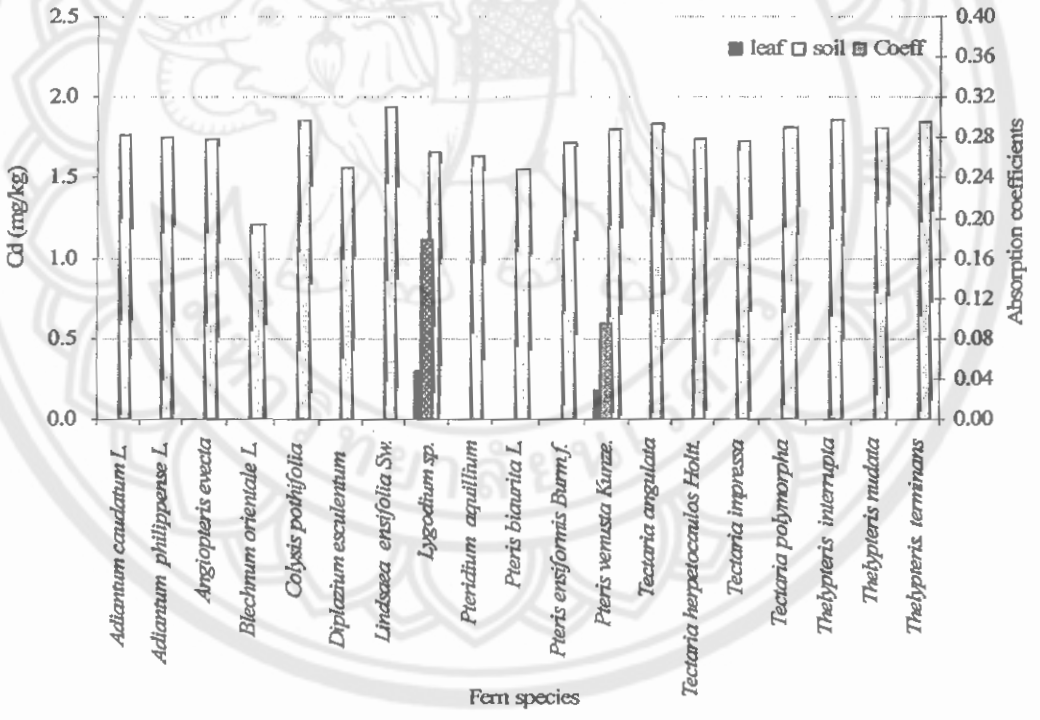
โซเดียมเป็นธาตุในตารางธาตุ (group 1A, atomic number 11) ธาตุโซเดียมสามารถพบได้ในธรรมชาติในรูปสารประกอบและไม่ได้อยู่ในรูปอิสระเหมือนธาตุทั่วๆไป พบมากที่สุดในรูปของเกลือโซเดียม (Sodium chloride) จากการศึกษาพบว่าปริมาณโซเดียมในดินพบมากในเฟิร์น *Pteridium aquillium* สำหรับเฟิร์น *Pteris ensiformis* Burm.f. พบว่ามีปริมาณโซเดียมสูงสุดในใบ (3024.279 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับสูงสุด เท่ากับ 65.53 สำหรับเฟิร์นชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุโซเดียมเฉลี่ยเท่ากับ 0.41, 2.19, 0.79, 12.56, 1.52, 1.60, 1.97, 1.25, 22.74, 3.20 และ 41.76 ตามลำดับ (ภาพ 34)



ภาพ 34 **ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ** (Absorption coefficients) **และค่าความเข้มข้นของธาตุโซเดียมในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด**

8. **การสะสมธาตุแคดเมียมในดินและในใบของเฟิร์น**

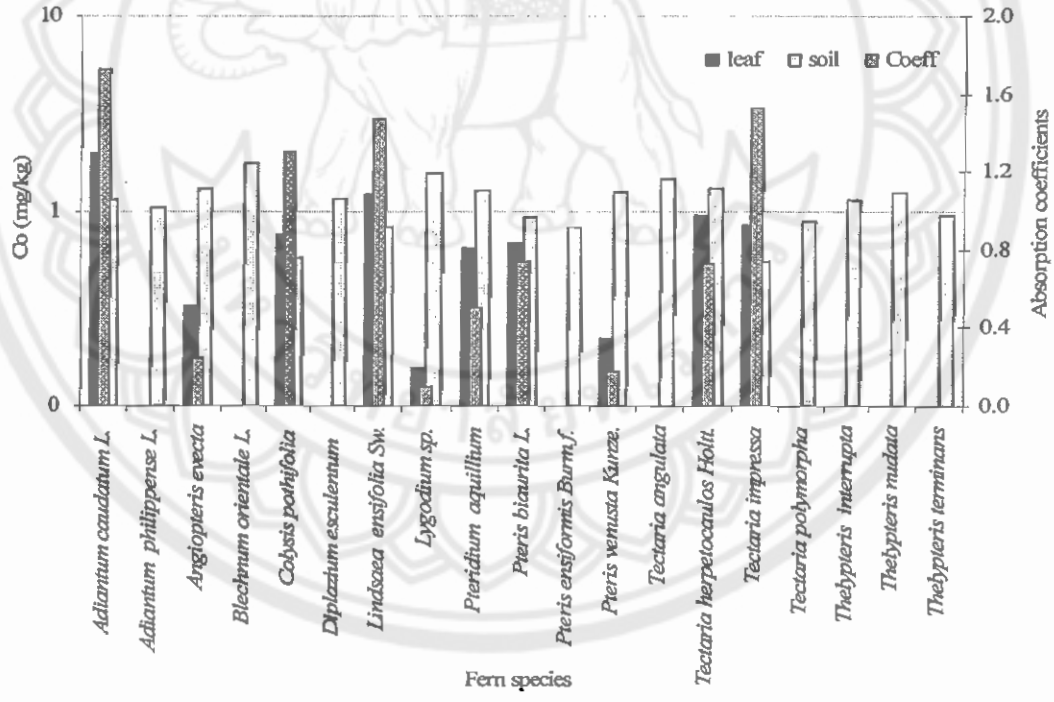
ในดินที่ไม่ได้รับการปนเปื้อนพบว่าปริมาณแคดเมียมในดินมาจากวัตถุต้นกำเนิดดิน หินภูเขาไฟมักจะมีปริมาณแคดเมียมน้อยกว่าหินตะกอนหรือดินที่เกิดจากน้ำพัดพามา (Lehoczky, Szabados and Marth, 1996) แคดเมียมไม่ค่อยเคลื่อนย้ายในดินดังนั้นจึงสามารถสะสมและเป็นอันตรายสู่สิ่งแวดล้อม (Allaway, 1968 and Hutchinson, 1981) จากภาพ 35 เฟิร์น *Lindsaea ensifolia* Sw. มีค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียมในดินสูงสุด (1.943 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่ไม่พบปริมาณแคดเมียมในใบของเฟิร์นชนิดนี้ สำหรับเฟิร์นซึ่งพบปริมาณแคดเมียมในใบคือ *Lygodium* sp. และ *Pteris venusta* Kunze ซึ่งมีปริมาณแคดเมียมในดินเฉลี่ยเท่ากับ 1.664 และ 1.796 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับของ *Lygodium* sp. และ *Pteris venusta* Kunze พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.18 และ 0.10 ตามลำดับ



ภาพ 35 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) และค่าความเข้มข้นของธาตุแคดเมียมในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด

9. การสะสมธาตุโคบอลต์ในดินและในใบของเฟิร์น

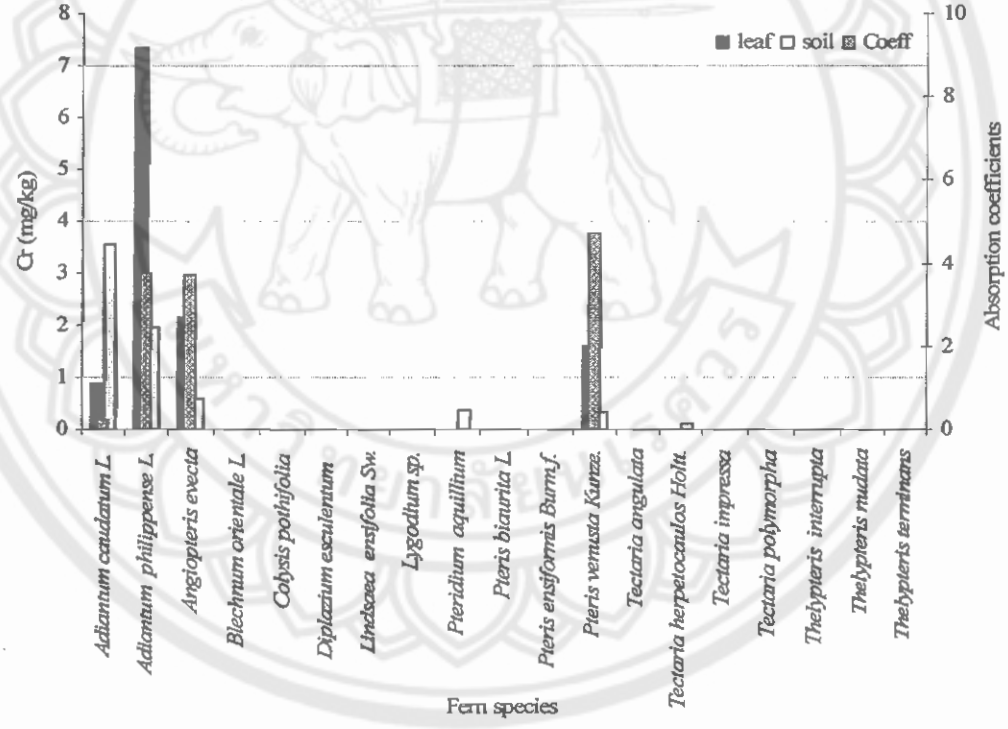
ธาตุโคบอลต์สามารถพบได้ในแร่หลายชนิดแต่ไม่สามารถพบโคบอลต์บริสุทธิ์ได้ในธรรมชาติ สารที่มีโคบอลต์เป็นองค์ประกอบมีหลายรูป โคบอลต์ในปริมาณน้อยๆ สามารถพบได้ในหิน ดิน น้ำ พืช สัตว์ และมักจะปะปนมากับธาตุนิกเกิลเนื่องจากธาตุทั้งสองเป็นองค์ประกอบของ meteoric iron จากผลการศึกษาพบว่า *Thelypteris nudata* มีปริมาณธาตุโคบอลต์ในดินเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.776 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่เฟิร์น *Adiantum caudatum* L. มีปริมาณความเข้มข้นของธาตุโคบอลต์เฉลี่ยสูงสุดในใบและมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.72 สำหรับเฟิร์น *Angiopteris evecta*, *Colysis* pothifolia, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa* และ *Thelypteris nudata* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุโคบอลต์มีค่าเท่ากับ 0.25, 1.30, 1.47, 0.10, 0.50, 0.74, 0.18, 0.73, 1.53 และ 0.05 ตามลำดับ (ภาพ 36)



ภาพ 36 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) **และค่าความเข้มข้นของธาตุโคบอลต์ในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด**

10. การสะสมธาตุโครเมียมในดินและในใบของเฟิร์น

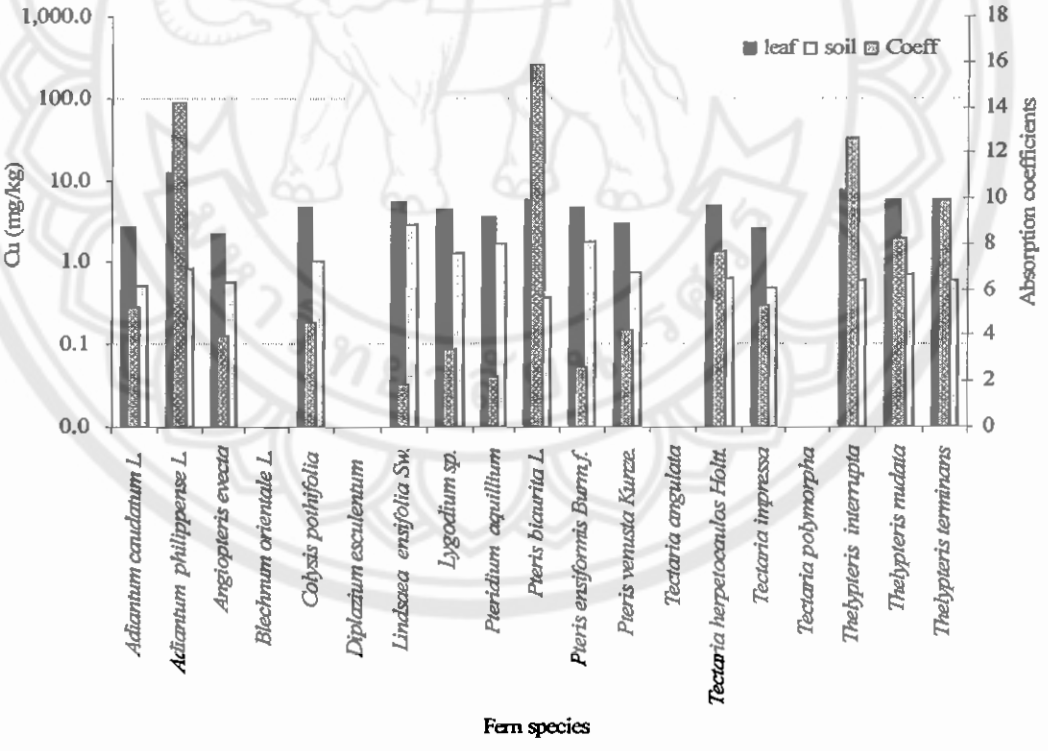
โครเมียมพบได้ในแร่โครไมต์ ปริมาณโครเมียมในดินพบในเฟิร์นชนิด *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Pteris venusta* Kunze. และ *Tectaria herpetocaulos* Holtt. ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.543, 1.969, 0.621, 0.339 และ 0.099 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับเฟิร์นที่มีปริมาณโครเมียมในใบสูงสุดคือ *Adiantum philippense* L. (7.351 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับเฟิร์นที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับสูงสุดคือ *Pteris venusta* Kunze. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 รองลงมาคือ *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta* และ *Adiantum caudatum* L. ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเท่ากับ 3.73, 3.69 และ 0.25 ตามลำดับ (ภาพ 37)



ภาพ 37 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) **และค่าความเข้มข้นของธาตุโครเมียมในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด**

11. การสะสมธาตุทองแดงในดินและในใบของเฟิร์น

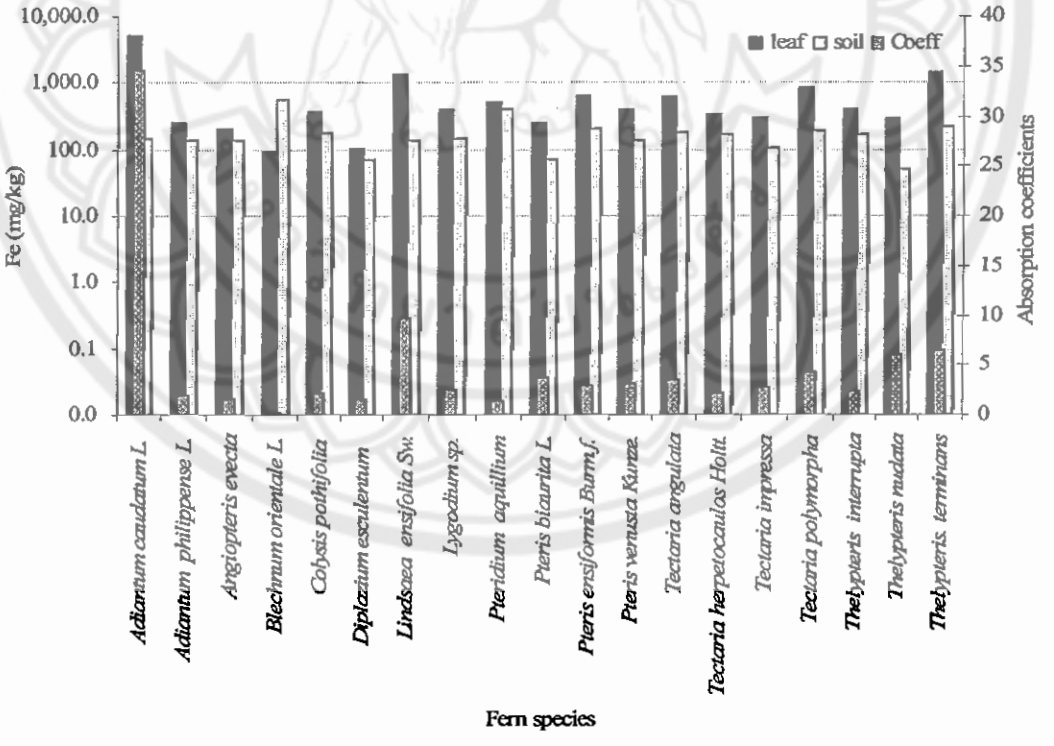
ทองแดงเป็นจุลธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชและสัตว์ในปริมาณหนึ่งถ้าได้รับมากเกินไปอาจทำให้เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตได้ จากผลการศึกษาพบว่าเฟิร์น *Lindsaea ensifolia* Sw. มีปริมาณความเข้มข้นของธาตุทองแดงเฉลี่ยในดินสูงสุด *Adiantum philippense* L. มีปริมาณความเข้มข้นของธาตุทองแดงในใบสูงสุด เฟิร์นที่พบว่ามีสัมประสิทธิ์การดูดซับของธาตุทองแดงสูงสุดคือ *Pteris biaurita* L. มีค่าเท่ากับ 15.88 สำหรับเฟิร์น *Adiantum caudatum* L., *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Colysis* pothifolia, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris ensiformis* Burm.f., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata*, *Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุทองแดงมีค่าเท่ากับ 5.14, 14.19, 3.92, 3.90, 1.88, 3.37, 2.15, 2.64, 4.19, 7.62, 5.32, 12.62, 8.21, 9.91 ตามลำดับ (ภาพ 38)



ภาพ 38 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) **และค่าความเข้มข้นของธาตุทองแดงในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด**

12. การสะสมธาตุเหล็กในดินและในใบของเฟิร์น

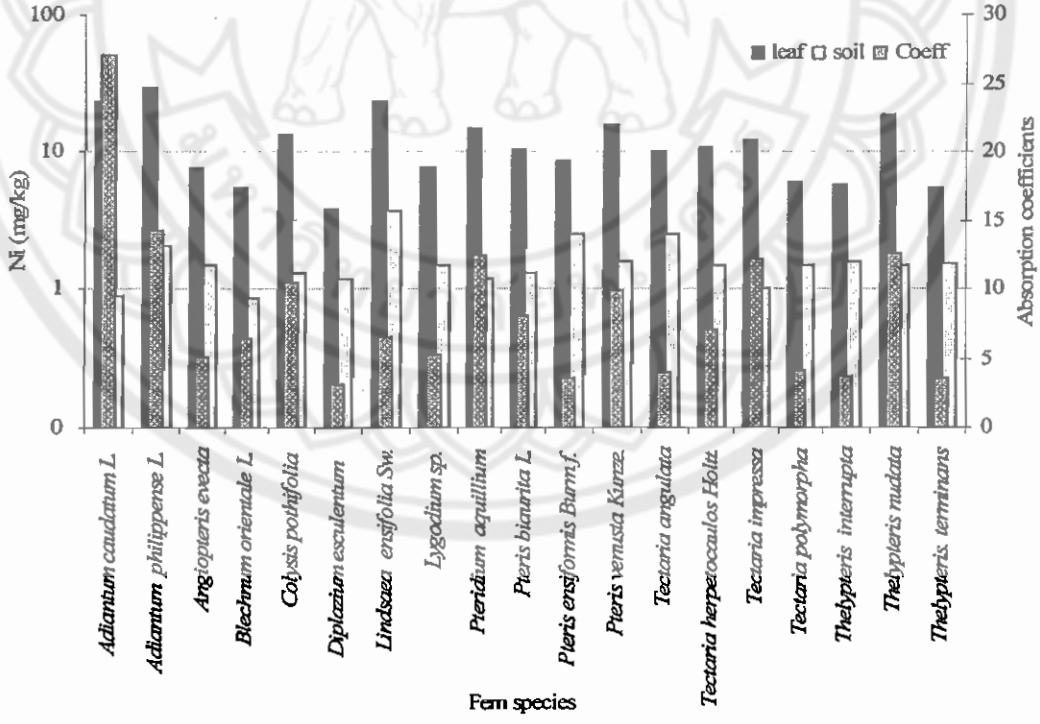
ธาตุเหล็กเป็น electron carrier ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ แหล่งของธาตุเหล็กมาจากหิน ได้แก่ olivine, pyroxines, amphibole และ orthoclase จากการศึกษาพบว่าเฟิร์น *Blechnum orientale* L. มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุเหล็กในดินสูงสุดเท่ากับ 551.791 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับเฟิร์น *Adiantum caudatum* L. พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของธาตุเหล็กในใบสูงสุด (5200.847 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับสูงสุดเท่ากับ 34.61 สำหรับเฟิร์นชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis* pothifolia, *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris ensiformis* Burm.f., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุเหล็กเฉลี่ยเท่ากับ 1.87, 1.51, 0.18, 2.06, 1.50, 5.09, 2.60, 1.31, 3.71, 2.97, 3.03, 3.53, 2.13, 2.79, 4.33, 2.28, 5.97 และ 6.42 ตามลำดับ (ภาพ 39)



ภาพ 39 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) **และค่าความเข้มข้นของธาตุเหล็กในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด**

13. การสะสมธาตุนิกเกิลในดินและในใบของเฟิร์น

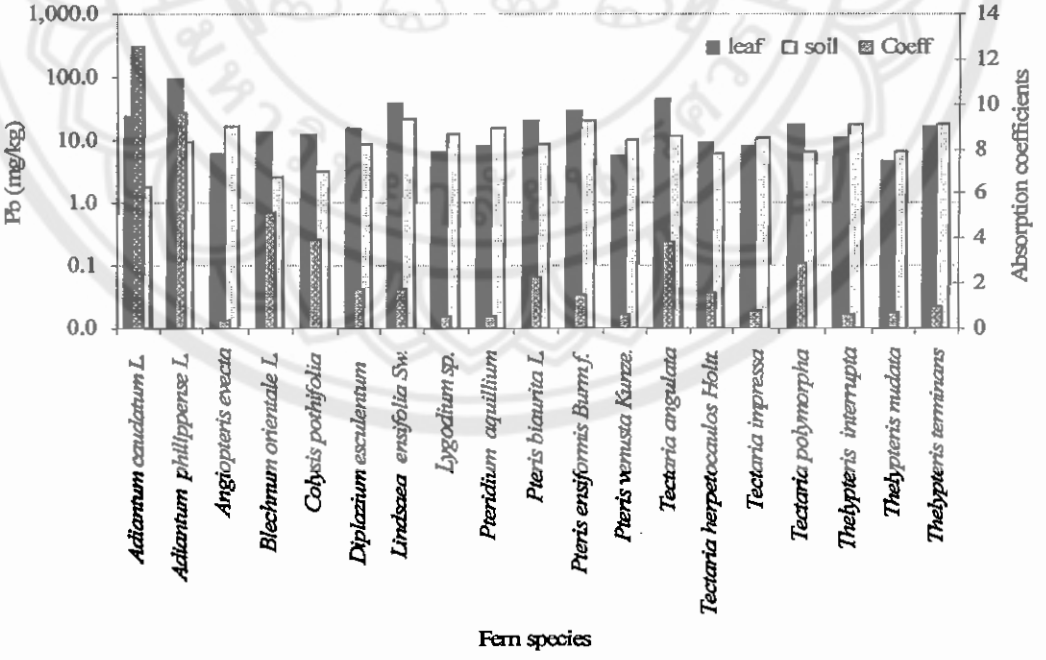
นิกเกิลสามารถพบได้ในดิน น้ำ อากาศ และจากการสลายตัวผุพังของแร่และหิน นิกเกิลจัดเป็นจุลธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด จากการศึกษาพบว่า เฟิร์น *Lindsaea ensifolia* Sw. มีปริมาณความเข้มข้นของนิกเกิลในดินสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 3.632 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับเฟิร์น *Adiantum philippense* L. พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของนิกเกิลในใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 28.892 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่พบว่าเฟิร์น *Adiantum caudatum* L. มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 27.09 รองลงมาคือ *Pteris biaurita* L. มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเท่ากับ 20.39 สำหรับเฟิร์นชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *Adiantum philippense* L., *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis* pothifolia, *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris ensiformis* Burm.f., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุนิกเกิลเท่ากับ 14.28, 5.06, 6.35, 5.24, 7.31, 6.46, 5.28, 12.46, 3.47, 9.89, 4.01, 7.05, 12.09, 2.04, 3.61, 12.58 และ 3.53 ตามลำดับ (ภาพ 40)



ภาพ 40 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) และค่าความเข้มข้นของธาตุนิกเกิลในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด

14. การสะสมธาตุตะกั่วในดินและในใบของเฟิร์น

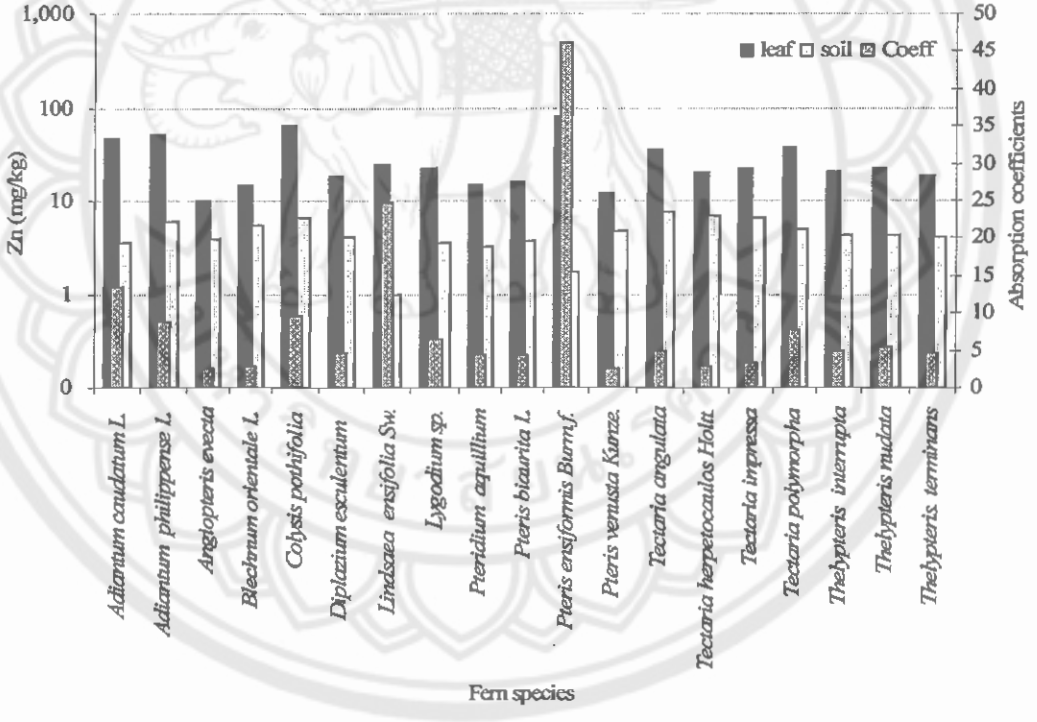
ตะกั่วจัดเป็นธาตุทรานสิชั่นและโลหะหนัก โลหะตะกั่วในธรรมชาติพบได้ยากมักจะพบตะกั่วในแร่สังกะสี เงิน และทองแดง แหล่งที่มาของตะกั่วคือแร่ galena (PbS) ซึ่งมีปริมาณตะกั่วถึง 86.6% รูปอื่นๆ ของตะกั่ว ได้แก่ cerussite ($PbCO_3$) และ anglesite ($PbSO_4$) จากการศึกษาพบว่าเฟิร์น *Lindsaea ensifolia* Sw. มีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในดินเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 22.343 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับ *Adiantum philippense* L. พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในใบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 90.786 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับเฟิร์น *Adiantum caudatum* L. พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับธาตุตะกั่วสูงสุดเท่ากับ 12.58 รองลงมาคือ *Adiantum philippense* L. โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเท่ากับ 9.61 เฟิร์นชนิดอื่น ๆ ได้แก่ *Angiopteris evecta*, *Blechnum orientale* L., *Colysis* pothifolia, *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Lygodium* sp., *Pteridium aquillium*, *Pteris biaurita* L., *Pteris ensiformis* Burm.f., *Pteris venusta* Kunze., *Tectaria angulata*, *Tectaria herpetocaulos* Holtt., *Tectaria impressa*, *Tectaria polymorpha*, *Thelypteris interrupta*, *Thelypteris nudata* และ *Thelypteris terminans* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุตะกั่วมีค่าเท่ากับ 0.37, 5.14, 3.94, 1.79, 1.73, 0.52, 0.51, 2.26, 1.47, 0.58, 3.88, 1.56, 0.78, 2.89, 0.59, 0.68 และ 0.93 ตามลำดับ (ภาพ 41)



ภาพ 41 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) และค่าความเข้มข้นของธาตุตะกั่วในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด

15. การสะสมธาตุสังกะสีในดินและในใบของเฟิร์น

สังกะสีเป็นธาตุที่พบได้มากในเปลือกโลก แหล่งของธาตุสังกะสีมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินจำพวก magnetite, biotite และ hornblende (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) สังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ เฟิร์น *Tectaria angulata* มีปริมาณความเข้มข้นฉลี่ยของธาตุสังกะสีในดินสูงสุดเท่ากับ 7.446 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับเฟิร์นที่พบว่ามีปริมาณธาตุสังกะสีในใบสูงสุดคือ *Pteris ensiformis* Burm.f. มีค่าเท่ากับ 79.849 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเฉลี่ยสูงสุดท่ากับ 46.13 รองลงมาคือ *Lindsaea ensifolia* Sw. มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับเท่ากับ 24.87 สำหรับเฟิร์นที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับต่ำสุดคือ *Angiopteris evecta* มีค่าเท่ากับ 2.52 (ภาพ 42)



ภาพ 42 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (Absorption coefficients) และค่าความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในดินและในใบเฟิร์นแต่ละชนิด

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างธาตุในดินกับการสะสมธาตุในใบเฟิร์น

จากผลการศึกษาวิจัยสามารถนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์นได้ด้วย Pearson correlation ซึ่งผลการศึกษาพบว่าแนวโน้มของปริมาณค่าไนโตรเจน แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม และเหล็กในดินไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณไนโตรเจน แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม และเหล็กในใบเฟิร์นแต่ละชนิด สำหรับธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสีในดินมีความสัมพันธ์กับการสะสมธาตุในใบเฟิร์นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังตาราง 6

ตาราง 6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุในดินกับการสะสมธาตุในใบเฟิร์นด้วย Pearson correlation

Species	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Na	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Adiantum caudatum L.															-
Adiantum philippense L.											-		+	++	
Angiopteris evecta															
Blechnum orientale L.															
Colysis pothifolia				++											
Diplazium esculentum		--			--	++							--		--
Lindsaea ensifolia Sw.					--								--		
Lygodium sp.															
Pteridium aquillium															
Pteris biaurita L.			--												
Pteris ensiformis Burm.f.			++	++	--		++							--	--
Pteris venusta Kunze.															
Tectaria angulata		++	++	++										--	+
Tectaria herpetocaulos Holtt.															
Tectaria impressa															
Tectaria polymorpha		+		--									--		-
Thelypteris interrupta				++							--				
Thelypteris nudata															
Thelypteris terminans					+		++								

หมายเหตุ: ++ ; -- หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ($P< 0.01$)

+; - หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P< 0.05$)

ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์น *Diplazium esculentum* พบว่า มีค่าความสัมพันธ์เป็นลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และมีความสัมพันธ์เป็นบวกใน *Tectaria angulata* และ *Tectaria polymorpha* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และ ($P<0.05$) ตามลำดับ

สำหรับเฟิร์น *Pteris biaurita* L. พบว่าปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์นค่าความสัมพันธ์เป็นลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และมีความสัมพันธ์เป็นบวกใน *Pteris ensiformis* Burm.f. และ *Tectaria angulata* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

ปริมาณธาตุแคลเซียมในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์นพบว่ามีความสัมพันธ์เป็นบวกใน *Colysis pothifolia*, *Pteris ensiformis* Burm.f., *Tectaria angulata* และ *Thelypteris interrupta* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และมีค่าความสัมพันธ์เป็นลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ใน *Tectaria polymorpha*

ปริมาณธาตุแมกนีเซียมพบว่า *Thelypteris terminans* มีค่าความสัมพันธ์ของธาตุแมกนีเซียมในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์นเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีความสัมพันธ์เป็นลบใน *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw. และ *Pteris ensiformis* Burm.f. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.01$)

สำหรับปริมาณธาตุสังกะสีในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์น *Tectaria angulata* พบว่า มีค่าความสัมพันธ์เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.01$) และมีความสัมพันธ์เป็นลบใน *Diplazium esculentum*, *Pteris ensiformis* Burm.f., *Tectaria polymorpha* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และมีค่าความสัมพันธ์เป็นลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ใน *Adiantum caudatum* L.

สำหรับเฟิร์น *Adiantum philippense* L. และ *Thelypteris interrupta* พบว่าปริมาณธาตุทองแดงในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์นค่าความสัมพันธ์เป็นลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) และ ($P< 0.01$) ตามลำดับ

ปริมาณธาตุแมงกานีสในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์นค่าความสัมพันธ์เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.01$) ในเฟิร์น *Diplazium esculentum*

สำหรับปริมาณธาตุนิกเกิลในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์นพบว่า *Diplazium esculentum*, *Lindsaea ensifolia* Sw., *Tectaria polymorpha* มีค่าความสัมพันธ์เป็นลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.01$) และมีค่าความสัมพันธ์เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) ใน *Adiantum philippense* L.

สำหรับเฟิร์น *Pteris ensiformis* Burm.f. และ *Thelypteris terminans* พบว่าปริมาณธาตุโซเดียมในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์นมีค่าความสัมพันธ์เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ธาตุตะกั่วพบว่าเฟิร์น *Adiantum philippense* L.มีปริมาณตะกั่วในดินและปริมาณธาตุที่พบในใบเฟิร์นมีค่าความสัมพันธ์เป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และมีความสัมพันธ์เป็นลบใน *Pteris ensiformis* Burm.f. และ *Tectaria angulata* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)