บทที่ 5

บทสรุป

อภิปรายผลการวิจัย

1. นิเวศวิทยาและความหลากหลายของเทอริโดไฟต์

การศึกษาความหลากหลายของเทอริโดไฟต์บริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว ทำการจำแนกตัวอย่างเฟิร์นโดยอาศัยเอกสารและเปรียบเทียบตัวอย่างจากหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพรรณพืช และหอพรรณไม้ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาสามารถจำแนกเทอริโดไฟต์ได้ 18 วงศ์ 30 สกุล 61 ชนิด โดยสามารถจำแนกตามลักษณะถิ่นอาศัยได้เป็นประเภทขึ้นบนดินจำนวน 43 ชนิด ขึ้นบนหินจำนวน 10 ชนิด และอิงอาศัยบนต้นไม้จำนวน 8 ชนิด มีเฟิร์นชนิดหายากหรือใกล้สูญพันธุ์จำนวน 6 ชนิด โดยพบเทอริโดไฟต์ในวงศ์ Polypodiaceae มากที่สุดจำนวน 13 ชนิด อ้างถึงหนังสือ Flora of Thailand Volume III ของนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นที่ได้ทำการศึกษาเทอริโดไฟต์บริเวณภูเมี่ยง จังหวัดพิษณุโลกและเพชรบูรณ์ ได้รายงานไว้ว่าพบพืชจำนวน 78 ชนิด (Tagawa and Iwatsuki, 1979; 1985; 1988; 1989) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาทางอนุกรมวิธานในพื้นที่อื่น ได้แก่ อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวงพบเฟิร์นจำนวน 22 วงศ์ 40 สกุล และ 73 ชนิด มีทั้งชนิดที่เจริญเติบโตอยู่ในแหล่งน้ำ บนดินและอิงอาศัย พบขึ้นอยู่ในสังคมป่าประเภท ป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา และป่าเต็งรังผสมสน โดยพบเฟิร์นในวงศ์ Polypodiaceae มากที่สุดจำนวน 13 ชนิด (ศิริดารัตน์ จูเจี่ย, 2546) สำหรับการศึกษาเทอริโดไฟต์บริเวณอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก ได้จำนวนทั้งสิ้น 23 วงศ์ 55 สกุล 112 ชนิดและวงศ์ที่พบมากที่สุดคือ Polypodiaceae จำนวน 26 ชนิด (Wilawan and Boonkerd, 2003)

2. การกระจายตัวของเทอริโดไฟต์ที่ระดับความสูงต่าง ๆ ในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว

ความสูง (Elevation) เป็นปัจจัยสำคัญในการปรากฏของพันธุ์ไม้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากสภาพภูมิอากาศ (Climate) โดยอุณหภูมิของอากาศจะแปรผกผันกับระดับความสูงของพื้นที่ นอกจากอุณหภูมิจะลดลงตามความสูงของพื้นที่แล้ว ผลที่ตามมาคือแนวของเมฆที่ปรากฏอยู่ตามภูเขาในแนวเส้นละติจูดต่ำก็มีผลต่อพืชบริเวณนั้น เนื่องจากแนวเมฆจะป้องกันแสงและลดความเข้มของแสงอาทิตย์ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง จากการสำรวจจะพบว่าที่ระดับความสูงตั้งแต่ 701 เมตร ถึง 800 เมตรจากระดับน้ำทะเลพบจำนวนชนิดของเฟิร์นและพืชใกล้เคียง

เฟิร์นมากที่สุด จำนวน 24 ชนิด รองลงมาคือที่ระดับความสูง 801 เมตร ถึง 900 เมตร จำนวน 15 ชนิดซึ่งเป็นบริเวณของป่าดิบชื้นในเขตอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาความหลากหลายของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในป่าธรรมชาติและตามแนววางท่อก๊าซธรรมชาติ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 700 เมตร จะมีความหลากหลายของจำนวนวงศ์ สกุล และชนิดมากที่สุด เนื่องจากความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 700 เมตร จะมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงและมีปริมาณน้ำฝนต่อปีสูง จึงมีความหลากหลายของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นสูงเมื่อเทียบกับพื้นที่ต่ำลงมา (อรวรรณและทวีศักดิ์, 2546) การที่พบเฟิร์นต่างชนิดและปริมาณแตกต่างกันนั้นเนื่องจากว่าสภาพพื้นที่ได้รับแสงไม่เท่ากัน มีความสัมพัทธ์ทางอากาศแตกต่างกัน ประกอบกับอินทรียวัตถุในดินแตกต่างกัน (กัญญารัตน์ มานิตยกุล, 2548, หน้า 11) นอกจากนี้ยังพบว่าป่าดิบชื้นมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเทอริโดไฟต์มากที่สุด (Yuyen and Boonkerd, 2002)

3. **ปริมาณความเข้มข้นของธาตุและโลหะหนักในใบของเฟิร์นชั้นบนดิน**

การศึกษาปริมาณธาตุและโลหะหนักของเฟิร์นที่ขึ้นบนดินทั้งหมด 19 ชนิดโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 พบว่าเฟิร์นในวงศ์ Parkeriaceae Polypodiaceae, Athyriaceae Schizaeaceae และ Pteridaceae จะมีค่าความเข้มข้นของธาตุชนิดต่าง ๆ สูงกว่าเฟิร์นในวงศ์อื่น ๆ

พืชชั้นต่ำบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ เช่น แหนแดง (Azolla) ซึ่งจัดเป็นพืชตระกูลเฟิร์นชนิดหนึ่ง ในสภาพที่เหมาะสมแก่การตรึงไนโตรเจนต้องสังเคราะห์เล็กฮีโมโกลบิน จุลธาตุที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับเล็กฮีโมโกลบิน ได้แก่ ทองแดง โคบอลต์ และเหล็ก (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546, หน้า 208) ซึ่งเฟิร์น *Adiantum philippense L.* พบว่ามีปริมาณทองแดงในใบสูงสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนในใบ นอกจากนี้ยังพบว่าเฟิร์นชนิดนี้มีธาตุโพแทสเซียมในใบค่อนข้างสูง พืชต้องการธาตุโพแทสเซียมในปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากธาตุไนโตรเจน โดยชนิดเฟิร์นที่มีปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสูงที่สุดในใบคือ *Colysis pothifolia*

พืชจะดูดฟอสฟอรัสจากดินในรูปของไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO^-_4$) เป็นส่วนใหญ่ ถ้ามีการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตมากพืชจะดูดเอาฟอสฟอรัสได้มากขึ้น การเคลื่อนย้ายของอนุมูลฟอสเฟตในพืชจะเคลื่อนย้ายไปยังใบอ่อนเป็นส่วนใหญ่เพื่อนำไปสร้างสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต (ศุภลักษณ์ สิงหบุตร, 2549, หน้า 26) พบว่าเฟิร์น *Diplazium esculentum* และ *Adiantum philippense L.* มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่ในใบค่อนข้างสูง

ธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญของมิดเดิลลาเมลลาของผนังเซล์ การดูดซึมแคลเซียมของพืชจากดินมีความสัมพันธ์กับอัตราการคายน้ำของพืช ธาตุแคลเซียมจะสะสมในใบแก่ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสถียรภาพ เป็นสะพานเชื่อมระหว่างฟอสเฟตกับหมู่คาร์บอกซิลของฟอสโฟลิปิดและโปรตีน เฟิร์นที่มีแคลเซียมสูงที่สุดในใบคือ *Colysis pothifolia* ซึ่งปริมาณของแคลเซียมในพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ดินที่พืชเจริญเติบโตอยู่และปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความชื้น อุณหภูมิและแสงแดด ซึ่งล้วนมีผลต่อการดูดดึงแคลเซียมของพืชทั้งสิ้น (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548, หน้า 318)

สำหรับ *Adiantum philippense L.* พบว่าปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม ทองแดง โครเมียม นิกเกิลและตะกั่วสูงที่สุดในใบ โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ทำหน้าที่ลดศักย์ออสโมซิสภายในเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชไม่ทนเค็มอวัยวะของพืชที่จะพบปริมาณของโพแทสเซียมสูงมากเช่น ใบอ่อน เนื้อเยื่อเจริญ นิกเกิลเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ยูรีเอสซึ่งมีบทบาทเกี่ยวข้องกับเมตาโบลิซึมของไนโตรเจน (ศุภลักษณ์ สิงหบุตร, 2549) ดังนั้นปริมาณนิกเกิลในใบจึงสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน

พืชต้องการใช้โซเดียมเพื่อรักษาสมดุลของน้ำภายในเซลล์ใบ ธาตุแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ร่วมกับธาตุสังกะสีเพื่อช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสง การดูดแมกนีเซียมของพืชมีภาวะปฏิปักษ์ (Antagonism) กับ K^+, Ca^{2+}, Mn^{2+} และ H^+ หากในดินมีธาตุเหล่านี้ในระดับความเข้มข้นสูงจะทำให้อัตราการดูดแมกนีเซียมของพืชลดลง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) สำหรับอัตราการดูดสังกะสีของรากพืชอาจถูกแข่งขันโดยแคลเซียม เหล็ก ทองแดง และแมงกานีส สังกะสีมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนกรดอะมิโนทริพโทเฟนให้เป็นออกซิน เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดีสมิวเทส (SOD) ธาตุแมกนีเซียม โซเดียม และสังกะสีพบว่ามีปริมาณความเข้มข้นสูงที่สุดในเฟิร์น *Pteris ensiformis* Burm.f.

การดูดแมงกานีสจะถูกแข่งขันโดยแมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก และ สังกะสี แมงกานีสเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดีสมิวเทส (SOD) จากการศึกษา *Lygodium* sp. มีปริมาณความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสและแคดเมียมสูงสุดในใบ

Adiantum caudatum L. มีปริมาณความเข้มข้นของธาตุเหล็กและโคบอลต์สูงที่สุด ธาตุเหล็กในพืชจะอยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อน เป็นส่วนประกอบของคลอโรพลาสต์ ฮีมโปรตีน การดูดธาตุเหล็กของพืชจะถูกแข่งขันกับแมงกานีส ทองแดง แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และสังกะสี

4. ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของเฟิร์นขึ้นบนดินกับลักษณะสมบัติของดิน

4.1 ชนิดการกระจายตัวของเฟิร์นขึ้นบนดิน

พบว่าการกระจายตัวของเฟิร์นขึ้นบนดินมีลักษณะดังนี้ *Pteris ensiformis* Burm.f. *Lindsaea ensifolia* Sw. และ *Adiantum philippense* L.พบที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1201 – 1600 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล สำหรับเฟิร์นขึ้นบนดินที่พบที่ระดับความสูงตั้งแต่ 801 – 1200 เมตร ได้แก่ *Lygodium* sp. สำหรับเฟิร์นขึ้นบนดินชนิดอื่นที่พบที่ระดับความสูงตั้งแต่ 401 – 800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ได้แก่ *Colysis pothifolia, Diplazium esculentum, Adiantum caudatum* L. และ *Adiantum philippense* L. เฟิร์นเป็นพืชที่ต้องการน้ำ แสงสว่าง อุณหภูมิที่เหมาะสม และความชื้นสูงในการดำรงชีวิตเกือบตลอดชีพจักร (จารุพันธ์ ทองแถม, 2539) แต่เนื่องจากเฟิร์นเป็นพืชที่เจริญเติบโตช้าและต้องการธาตุอาหารในการเจริญเติบโตค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงพบเฟิร์นเจริญเติบโตได้ทั้งบนพื้นดิน อิงอาศัยบนต้นไม้ (ปัทมา แซ่ลี้, 2543) บนหินที่มีแร่ธาตุน้อย เช่น *Adiantum rockii* C. Chr. (วีระชัย ณ นคร, 2541) หรือบนหินปูนที่มีสารประกอบพวกแคลเซียมสูง เช่น *Adiantum capillus-veneris* L. (Proctor, 1989) หรือแม้กระทั่งสามารถพบในน้ำ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเฟิร์น เช่น ความสูงจากระดับน้ำทะเล สภาพภูมิประเทศ และสภาพภูมิอากาศ (Bookerd and Pollawatn, 2000) บางชนิดต้องการความชื้น บางชนิดต้องการอยู่ในที่ร่ม แสงแดดรำไร แต่บางชนิดสามารถอยู่ในที่มีแสงแดดจัดได้ (Belonias and Banoc, 1994)

4.2 ลักษณะคุณสมบัติของดินและคุณสมบัติของดินในเฟิร์นขึ้นบนดินแต่ละชนิด

ลักษณะเนื้อดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวพบว่ามีลักษณะดินร่วนปนทราย (Sandy loam) และดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ค่าความจุความชื้นเฉลี่ยของดินมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 16.59 ± 2.97 เปอร์เซ็นต์ ดินมีสภาพเป็นกรด ค่าปฏิกิริยาของดินมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 5.69 ± 0.42 การสะสมปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 ± 2.88 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการศึกษาของกิตติพงษ์และคณะ (2531) ได้ศึกษาคุณสมบัติดินในป่าธรรมชาติบริเวณลุ่มน้ำห้วยไร่ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร พบว่าป่าดิบแล้งในบริเวณศูนย์การศึกษาการพัฒนาภูพานมีวัตถุต้นกำเนิดเป็นหินทราย หินดินดานและหินปูน มีค่าปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก มีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 5 ± 0.4 สำหรับป่าดิบเขาที่มีต้นปาล์มดีกดำบรรพ์ขึ้นอยู่พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยเท่ากับ 18.10 ± 15.81 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจัดว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุสูง (เสวียน เปรมประสิทธิ์และคณะ, 2549) โดยปริมาณอินทรียวัตถุมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน เช่น การจับตัวของเม็ดดิน ความ

คงทนของเม็ดดิน การอุ้มน้ำของดิน สีดิน การถ่ายเทอากาศ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน เป็นต้น

อินทรียวัตถุในดินแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เป็นสารฮิวมิกและส่วนที่ไม่ใช่สารฮิวมิก ส่วนที่ไม่ใช่สารฮิวมิกยังคงพบในปริมาณค่อนข้างมากในดินเพราะส่วนใหญ่เข้าไปยึดเกาะกับอนุภาคดินเหนียวหรือทำปฏิกิริยากับแคตไอออนของโลหะบางชนิดเช่น เหล็ก หรือ ทองแดง (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548, หน้า 241) อินทรียวัตถุมีความสามารถในการดูดซับไอออนในดิน ความสามารถในการดูดซับนี้มาจากประจุลบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากของอินทรียวัตถุ จากการศึกษาพบว่าเฟิร์น *Blechnum orientale* L. มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงสุดและมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนในดิน เนื่องจากไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรียวัตถุและหากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงจะทำให้การเกิดปฏิกิริยาของโลหะหนักในดินลดลง เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินจะดูดซับโลหะหนักไว้ทำให้เกิดการสะสมโลหะหนักไว้ในอินทรียวัตถุจึงมีการดูดดึงไปใช้ได้น้อยลง

ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.06 ± 2.00 me/100g เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในป่าดิบเขาซึ่งมีต้นปาล์มดึกดำบรรพ์ขึ้นอยู่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.75 ± 5.27 me/100g ดินในป่าดิบแล้งที่มีต้นลูกชิดขึ้นอยู่มีค่าเท่ากับ 29.71 ± 12.62 me/100g (เสวียน เปรมประสิทธิ์และคณะ, 2546; 2549) พบว่าค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีค่าต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะเนื้อดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวพบว่ามีลักษณะดินร่วนปนทราย (Sandy loam) และดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ซึ่งปริมาณอนุภาคดินเหนียวจะแปรผันโดยตรงกับค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548, หน้า 182-185)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ของดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.44 ± 4.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินในป่าเต็งรังบริเวณอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวงซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.34 ± 6.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เสวียน เปรมประสิทธิ์และคณะ, 2548) แต่น้อยกว่าดินในป่าดิบแล้งที่มีต้นลูกชิดขึ้นอยู่โดยมีค่าเท่ากับ 30.57 ± 21.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เสวียน เปรมประสิทธิ์และคณะ, 2546) ปกติแล้วปริมาณฟอสฟอรัสจะถูกเปลี่ยนรูปหรือตรึงไว้ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ลักษณะของเนื้อดินซึ่งถ้าเป็นดินเนื้อละเอียดจะมีความสามารถในการดูดยึดมากกว่าดินเนื้อหยาบและดินที่มีอินทรียวัตถุมากกว่าจะมีความสามารถในการดูดซับธาตุฟอสฟอรัสได้ดีกว่า (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548, หน้า 182-185)

ดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ย 158.034 ± 51.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมที่สกัดได้เฉลี่ย1492.22 ± 597.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้เฉลี่ยมีค่า 140.982 ± 34.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในป่าดิบเขาที่มีต้นปาล์มดึกดำบรรพ์ขึ้นอยู่มีค่าเท่ากับ 45.69 ± 15.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เสวียน เปรมประสิทธิ์และคณะ, 2549) ดินในป่าดิบแล้งที่มีต้นลูกชิดขึ้นอยู่โดยมีค่าเท่ากับ 71.03 ± 23.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เสวียน เปรมประสิทธิ์และคณะ, 2546, หน้า 45) ดินในป่าเต็งรังของอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวงซึ่งมีค่าเท่ากับ 48.73 ± 18.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เสวียน เปรมประสิทธิ์และคณะ, 2548, หน้า 88) สำหรับดินในป่าเต็งรังอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง จังหวัดพิษณุโลก มีความเข้มข้นของแคลเซียมเท่ากับ 130.96 ± 80.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินที่มีฤทธิ์เป็นกรดรุนแรงมากจะมีการละลายของธาตุแมกนีเซียมออกมาในรูปของไอออนอิสระได้ดีกว่าดินที่มีฤทธิ์เป็นกรดน้อยกว่า (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548, หน้า 196) นอกจากนี้ดินที่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงกว่าจึงทำให้มีการดูดซับประจุบวกของแมกนีเซียมได้ดี

สำหรับธาตุชนิดอื่นได้แก่ Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Pb และ Zn พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเท่ากับ 1.728, 1.109, 1.150, 0.978, 179.404, 140.982, 28.045, 39.053, 1.598, 11.041 และ 4.506 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความเข้มข้นของเหล็กในดินป่าดิบเขาที่มีต้นปาล์มดึกดำบรรพ์ขึ้นอยู่มีค่าเท่ากับ 23.04 ± 12.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เสวียน เปรมประสิทธิ์และคณะ, 2549) และดินในป่าดิบแล้งที่มีต้นลูกชิดขึ้นอยู่มีค่าความเข้มข้นของเหล็กเท่ากับ 13.52 ± 6.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เสวียน เปรมประสิทธิ์และคณะ, 2546, หน้า 45) ซึ่งดินที่มีสภาพเป็นกรดสูงจะมีการละลายของธาตุเหล็กออกมาในรูปไอออนอิสระได้ดีกว่าดินที่มีสภาพเป็นด่าง (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548, หน้า 196) นอกจากนี้ดินที่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงจึงทำให้มีการดูดซับประจุบวกของเหล็กได้ดีทำให้มีปริมาณเหล็กสูงกว่าในดินชนิดอื่นๆ สำหรับธาตุแมงกานีสของดินในป่าดิบเขาที่มีต้นปาล์มดึกดำบรรพ์ขึ้นอยู่มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 126.66 ± 103.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และดินในป่าดิบแล้งที่มีต้นลูกชิดขึ้นอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดอยผาช้าง จังหวัดน่าน มีค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในดินเท่ากับ 53.69 ± 30.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (เสวียน เปรมประสิทธิ์และคณะ, 2546) ดินในพื้นที่ศึกษามีฤทธิ์เป็นกรดทำให้เกิดการละลายของธาตุแมงกานีสในดินเป็นไอออนอิสระได้ดี ประกอบกับดินในพื้นที่ศึกษามีปริมาณอนุภาคดินเหนียวมากซึ่งมีผลต่อการดูดซับไอออนของธาตุแมงกานีสได้ดีจึงมีปริมาณแมงกานีสที่ถูกดูดซับไว้ในดินมากกว่า

ดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวมีการสะสมปริมาณตะกั่วที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยผันแปรอยู่ในช่วง 1.822 - 22.343 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณตะกั่วในดินมีรูปแบบความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับระดับความสูงจากน้ำทะเลและค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Schilling and Lehman (2002) พบว่าค่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับระดับความสูง และความเข้มข้นของโลหะหนักบางชนิดในพืช เช่น แคดเมียม นิกเกิล และแมงกานีส จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับความเข้มข้นที่มีอยู่ในดิน (Davis, 1984)

5. การเปรียบเทียบการสะสมปริมาณธาตุและโลหะหนักในดินและใบของเฟิร์น

การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของธาตุแต่ละชนิดพบว่าค่าความเข้มข้นของธาตุทุกชนิดในใบมีค่าสูงกว่าในดิน ธาตุแคลเซียมมีปริมาณความเข้มข้นสูงสุดทั้งในดินและพืช ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นและพืชต้องการในปริมาณมากและดินส่วนใหญ่มักไม่ค่อยขาดธาตุเหล่านี้ แคลเซียมที่มีอยู่ในพืชส่วนมากจะสะสมอยู่ที่ใบและลำต้น

ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นที่พืชต้องการจะถูกควบคุมโดยลักษณะของดินและพืชในสภาพทั่ว ๆ ไปการสะสมธาตุในดินและพืชจะเป็นไปในทางเดียวกันเนื่องจากพืชต้องการธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ความเข้มข้นของธาตุที่มีปริมาณสูงในดินเป็นผลให้พืชมีค่าความเข้มข้นของธาตุสูงขึ้นเช่นกัน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าปริมาณการสะสมของธาตุในพันธุ์ไม้ขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุที่มีอยู่ในดิน (Rendig and Taylor, 1989)

ป่าร้อนชื้นในเขตปานามาเจริญบนดินที่อุดมไปด้วยธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งสลายตัวมาจากหินตะกอน ในขณะที่ premontane wet forest เจริญบนดินที่อุดมไปด้วยจุลธาตุอาหารที่เกิดจากหินบะซอลต์ ในทางตรงกันข้ามกลับพบความอุดมสมบูรณ์ต่ำในป่าอะเมซอนและมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส แคลเซียม และโพแทสเซียมต่ำในพืช (Pampasit, 1998).

ผลการศึกษาพบว่าเฟิร์นมีศักยภาพในการดูดซับธาตุในดิน ยกเว้น ไนโตรเจน แคดเมียม และโคบอลต์ สำหรับพืชที่สามารถทนทานและสะสมโลหะหนักได้ในปริมาณมาก พบว่าปริมาณธาตุที่พบในใบจะต้องมีปริมาณมากกว่าในดิน (Meharg, 2002) และพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับโดยมากจะสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุในใบแต่ไม่สัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุในดิน

เฟิร์น *Colysis pothifolia* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุไนโตรเจนสูงที่สุดและ *Diplazium esculentum* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุฟอสฟอรัสสูงที่สุด สำหรับเฟิร์นที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุแมกนีเซียม แคลเซียม โซเดียม และสังกะสีสูงที่สุด คือ *Pteris ensiformis* Burm.f. ในเฟิร์น *Adiantum* sp. พบว่า *Adiantum philippense* L. แสดงค่า

สัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด ในขณะที่ *Adiantum caudatum* L. มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุโคบอลต์ เหล็ก นิกเกิล และตะกั่วสูงที่สุด สำหรับธาตุแมงกานีสและแคดเมียมพบว่าเฟิร์น *Lygodium* sp. มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับสูงที่สุด

ปริมาณแคดเมียมในดินไม่ได้ถูกดูดดึงไปโดยพืชทั้งหมด การดูดดึงแคดเมียมของพืชขึ้นกับรูปฟอร์มของแคดเมียมในดิน (Adriano, 1985) คุณลักษณะของดินที่มีผลต่อการดูดดึงแคดเมียม ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณอินทรียวัตถุ ศักย์รีดอกซ์ และอุณหภูมิ ปริมาณแคดเมียมและไอออนชนิดอื่น เช่น Cu, Ni และ Zn (Lehoczky, Szabados and Marth, 1996)

Pteris biaurita L. มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุทองแดงและโครเมียมสูงสุด เฟิร์นสกุล *Pteris* sp. เช่น *P. ensiformis* Burm.f. ไม่พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของโคบอลต์ในใบแต่เฟิร์นชนิดนี้พบตะกั่วได้ในใบในปริมาณสูง (30.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากการศึกษาของ Zhao *et al.*, (2002) พบว่าเฟิร์น *Pteris cretica*, *Pteris longifolia* รวมถึง *Pteris vittata*, *Pityrogramma calomelanos* จัดเป็นเฟิร์นที่สามารถทนทานและสะสมโลหะอะเซนิกได้ในปริมาณมากแต่เฟิร์นสกุล *Pteris* sp. ไม่ได้มีความสามารถในการสะสมได้ทุกธาตุโลหะหนัก พืชมีความสามารถในการดูดซับธาตุได้แตกต่างกัน พืชสามารถดูดซับโลหะแคดเมียม นิกเกิล สังกะสี และทองแดง ได้ดีกว่าโลหะตะกั่ว ปรอท และแมงกานีส ซึ่งปัจจัยในการสะสมจะแตกต่างกันไปตามชนิดดิน (Caille *et al.*, 2004) ในสภาวะบางอย่างที่พืชเกิดความเครียดหรือสภาพแวดล้อมผิดปกติไป พืชบางชนิดอาจจะสะสมพวกจุลธาตุมากพอๆ กับธาตุอาหารหลักได้ เช่น อาจมีการสะสมเหล็ก หรือแมงกานีสมากพอๆกับกำมะถันและแมกนีเซียม หรือบางครั้งพืชอาจดูดเอาธาตุชนิดอื่นที่ไม่จำเป็นต่อตนเอง หรือดูดเอาธาตุที่เป็นพิษเข้าไป (ศุภลักษณ์ สิงหบุตร, 2549)

เฟิร์นที่มีความสามารถในการดูดซับโลหะ ได้แก่ *Adiantum caudatum* L., *Pteris biaurita* L. และ *Lygodium* sp. ลักษณะคุณสมบัติของดินของเฟิร์นคือเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวและดินร่วนเหนียวปนทราย มีความเป็นกรดด่างปานกลาง ปริมาณอินทรียวัตุและค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่าค่อนข้างต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีค่าต่ำ มีเอกสารงานวิจัยรายงานว่าพืชสามารถดูดซับโลหะหนักโดยขึ้นกับคุณลักษณะของดิน ได้แก่ ชนิดดิน ปริมาณดินเหนียว ปริมาณอินทรียวัตถุ ค่าพีเอช ศักย์รีดอกซ์ รูปฟอร์มของโลหะหนัก และแหล่งปนเปื้อนของโลหะหนัก (Kurz, Schulz and Römheld, 1999) จากการวิจัยของ Lasat *et al.* (1996) และ McGrath *et al.* (1997) รายงานว่าการดูดดึงโลหะหนักโดย hyperaccumulator plants ไม่เพียงขึ้นกับกลไกการดูดดึงโลหะหนักในพืชแต่ขึ้นกับการดูดยึดธาตุในดินด้วย

ค่าความเป็นกรดด่างมีผลต่อการดูดดึงโลหะหนักของพืช ค่าพีเอชที่สูงทำให้การดูดดึงโลหะหนักของพืชลดลง (Siriratpiriya *et al.*, 1985) แต่ค่าพีเอชไม่ได้เป็นปัจจัยที่ยืนยันว่าค่าความเข้มข้นของธาตุในใบเกิดจากค่าพีเอช ยังมีปัจจัยทางธรณีวิทยาอื่นที่มีอิทธิพลต่อการสะสมธาตุในพืชและปัจจัยต่างๆ ต้องทำงานร่วมกัน (Reimann *et al.*, 2007) อัตราการดูดดึงธาตุของพืชมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่เฟิร์นมีความสามารถในการสะสมธาตุได้แตกต่างกัน การดูดดึงโลหะหนักจะลดลงเมื่อค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้นและมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดิน (Chaney, 1982) การดูดซับธาตุตะกั่วในพืชไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขนส่งธาตุอาหารในพืชและเหตุผลว่าทำไมพืชบางชนิดสามารถทนทานหรือสะสมธาตุโลหะต่างๆ นั้นไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจน แต่สามารถอธิบายได้ว่าการสะสมธาตุแต่ละชนิดในพืชแตกต่างกันนั้นเนื่องมาจากกระบวนการเมตาโบลิซึมที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละชนิดพืช (Reimann *et al.*, 2007)

6. **การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างธาตุในดินกับการสะสมธาตุในใบเฟิร์น**

แนวโน้มของปริมาณค่าไนโตรเจน แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม และเหล็กในดินไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณไนโตรเจน แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม และเหล็กในใบเฟิร์นแต่ละชนิด สำหรับธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสีในดินมีความสัมพันธ์กับการสะสมธาตุในใบเฟิร์นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก (Macro nutrients) และเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ ธาตุแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ยากจึงพบได้ในบริเวณเนื้อเยื่อเจริญ เช่น ลำต้นรากและใบ โดยเฉพาะบริเวณที่มีการแบ่งตัว (นิตย์ ศกุนรักษ์, 2541,หน้า 125) ดังนั้นการสะสมธาตุแคลเซียมพันธุ์ไม้จึงมีความสัมพันธ์กับการสะสมธาตุแคลเซียมในดิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Matsunaga *et al.* (1988, p. 17-30) ได้ศึกษารูปแบบการกระจายของต้นไม้ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะคุณสมบัติของดินในเกาะสุมาตราประเทศอินโดนีเซียพบว่า ธาตุแคลเซียมในดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสะสมธาตุแคลเซียมในต้นไม้

แมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก (Macro nutrients) และเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างความสมดุลกรด – เบสในเซลล์ให้เหมาะสม (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546, หน้า 264) ธาตุแมกนีเซียมพบได้ทั่วไปในเซลล์ชนิดต่าง ๆและกลุ่มเนื้อเยื่อต่างๆของพันธุ์ไม้ในบริเวณราก เปลือกไม้ และใบเนื่องจากเป็นส่วนที่ต้องสัมผัสกับอากาศโดยตรง ซึ่งต้องมีการปรับสภาพของเซลล์ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ จึงจำเป็นต้องมีการปรับสภาพสมดุลของน้ำและความเป็นกรดและเบสภายในเซลล์ให้มีความสมดุลย์ ดังนั้นปริมาณแมกนีเซียมในดินจึงมีความสัมพันธ์กับการสะสมแมกนีเซียมในพันธุ์ไม้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pampasit *et al.* (2000) ได้ศึกษาการสะสมธาตุของดินและพันธุ์ไม้ในป่าดิบเขา จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าการสะสมธาตุแมกนีเซียมในพันธุ์ไม้มีความสัมพันธ์กับการสะสมธาตุแมกนีเซียมในดิน

ทองแดงเป็นธาตุองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์บริเวณใบและเปลือกไม้ที่มีสีเขียว เพื่อใช้ในกระบวนการหายใจที่เกิดขึ้นในไมโตคอนเดรีย (นิตย์ ศกุนรักษ์, 2541, หน้า 125) การเจริญของตายอด และในกระบวนการแบ่งตัวของเซลล์ในกลุ่มเนื้อเยื่อเจริญทุกส่วนของพืช (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546, หน้า 264) ดังนั้นการสะสมธาตุทองแดงของพันธุ์ไม้จึงสัมพันธ์กับการสะสมธาตุทองแดงในดินซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Matsunaga *et al.* (1988,p. 17-30) ได้ศึกษารูปแบบการกระจายของต้นไม้ที่มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของดินบนเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย พบว่าธาตุทองแดงในดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสะสมธาตุทองแดงในลำต้นของพันธุ์ไม้

โซเดียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชในเขตร้อน เขตทะเลทราย หรือในช่วงฤดูกาลที่มีอุณหภูมิสูงและความแห้งแล้ง โซเดียมเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย (นิตย์ ศกุนรักษ์, 2541, หน้า 120) เมื่อโซเดียมเข้าสู่เซลล์พืชแล้วจะนำไปใช้ในส่วนของการควบคุมสมดุลของเกลือแร่ในเซลล์พืชและทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ในการเคลื่อนย้ายของไอออนต่างๆ ในเซลล์และเนื้อเยื่อพืช (ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2542, หน้า 133) ดังนั้นการสะสมโซเดียมในพันธุ์ไม้จึงสัมพันธ์การสะสมธาตุโซเดียมในดิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Matsunaga *et al.* (1988, p. 17-30) ได้ศึกษารูปแบบการกระจายของพันธุ์ไม้ที่มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของดินในเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย และงานวิจัยของ Pampasit *et al.* (2000) ได้ศึกษาการสะสมธาตุของดินและพันธุ์ไม้ในป่าดิบเขา จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าธาตุโซเดียมในดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสะสมธาตุโซเดียมในต้นไม้

ธาตุเหล็กเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย (Micro nutrients) และเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายในโฟลเอม แต่อาจเกิดการตกตะกอนในรูปของเฟอริกออกไซด์ภายในเซลล์ของใบได้ ในดินที่มีสภาพเป็นกรดจะมีการละลายของธาตุเหล็กเป็นไอออนและสะสมธาตุเหล็กได้ดีในเซลล์พืช (นิตย์ ศกุนรักษ์, 2541, หน้า 126) ปริมาณค่าไนโตรเจน แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม และเหล็กในดินไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณในใบเฟิร์นแต่ละชนิด ซึ่งสอดคล้องกับการ ศึกษาของ Schilling and Lehman (2002) ที่พบว่าค่าความเข้มข้นของโลหะในตัวอย่างดินที่ Massanutten ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของโลหะที่พบในตัวอย่างมอสที่

เก็บจากตำแหน่งและสถานที่เดียวกัน และจากผลการศึกษาสังเกตได้ว่าเฟิร์นที่มีความสามารถในการดูดซับสูงจะมีระบบรากคล้ายกัน มีลำต้นสั้น ตั้งตรง (creeping to erect) ซึ่งการที่ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลำต้นและรากพืชด้วย (Kurz, Schulz and Römheld, 1999)

สรุปผลการวิจัย

1. ความหลากหลายของเทอริโดไฟต์ที่ขึ้นอยู่ตามเส้นทางเดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว พบเทอริโดไฟต์จำนวน 18 วงศ์ 30 สกุล 61 ชนิด สามารถจำแนกเป็นกลุ่มเฟิร์นได้ 56 ชนิด โดยวงศ์ Polypodiaceae พบชนิดเทอริโดไฟต์มากที่สุดจำนวน 13 ชนิด

2. เฟิร์นชนิดหายากหรือใกล้สูญพันธุ์ในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวซึ่งจัดอยู่ใน CITES-listed plants จำนวน 1 ชนิด คือ *Cyathea gigantea* (Wall. ex Hook.) Holtt. และจำนวน 5 ชนิดจัดเป็นเฟิร์นค่อนข้างหายากระบุใน Flora of Thailand Vol. 3 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.

3. คุณลักษณะของดินที่พบในบริเวณอุทยานแห่งชาติภูสอยดาวพบว่าเนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียวและดินร่วนเหนียวปนทราย ค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ย 5.69 ค่าความจุความชื้นในดินเฉลี่ย 16.59 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 เปอร์เซ็นต์ และค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยเท่ากับ 8.06 me/100g. ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยในดินมีค่าเท่ากับ 0.092 เปอร์เซ็นต์ 8.440 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 158.034 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

4. ปริมาณค่าความเข้มข้นของธาตุในดิน ได้แก่ Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Pb และ Zn มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1492.22, 1.728,1.109, 1.150, 0.978, 179.404, 140.982, 28.045, 39.053, 1.598, 11.041 และ 4.506 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

5. ปริมาณค่าความเข้มข้นของธาตุที่พบในใบเฟิร์น พบว่าปริมาณไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.056 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสมีค่า 118.636 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมมีค่า 1089.167 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณความเข้มข้นของธาตุ Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Ni, Pbและ Zn มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4466.216, 0.234, 0.773, 2.996, 4.994, 733.874, 2143.900, 61.759, 570.509, 12.166, 20.263 และ 27.626 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

6. เฟิร์นขึ้นบนดินทั้งหมด 19 ชนิด พบว่า *Colysis pothifolia* มีปริมาณไนโตรเจนและแคลเซียมสูงกว่าเฟิร์นชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณฟอสฟอรัสในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ *Diplazium esculentum*, *Adiantum philippense* L. มีค่าความเข้มข้นของปริมาณ K, Co, Cu, Cr, Fe, Ni และ Pb ในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *Pteris ensiformis* Burm.f. มีค่าความเข้มข้นของปริมาณ Mg, Na และ Zn ในใบสูง ส่วน *Lygodium* sp. มีค่าความเข้มข้นของปริมาณ Cd และ Mn ในใบสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7. เฟิร์นขึ้นบนดินที่มีค่าความเข้มข้นของธาตุต่ำและไม่สะสมธาตุในใบได้แก่

7.1 เฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบต่ำได้แก่ *Blechnum orientale* L., *Tectaria polymorpha* และ *Thelypteris terminans*.

7.2 *Angiopteris evecta*, *Lygodium* sp. และ *Thelypteris interrupta* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณฟอสฟอรัสในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7.3 เฟิร์น *Tectaria herpetocaulos Holtt.* และ *Thelypteris nudata* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7.4 เฟิร์นที่มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุแมงกานีสในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้แก่ *Adiantum philippense L*, *Diplazium esculentum* และ *Thelypteris nudata*

7.5 *Adiantum caudatum* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุ Ca, Mg, Cu ในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและไม่สะสม Na และ Cd.

7.6 *Angiopteris evecta* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุ P, Mg, Cu, Fe, Zn, Co, Pb ในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและไม่สะสม Cd.

7.7 *Pteridium aquillium* มีค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุ K, Ca, Mg และ Zn ในใบต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและไม่สะสม Cr และ Cd.

8. ค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับ พบว่า

8.1 เฟิร์น *Colysis pothifolia* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด

8.2 เฟิร์น *Diplazium esculentum* มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุฟอสฟอรัสสูงที่สุด

8.3 เฟิร์น *Pteris biaurita* L. มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุทองแดงและโครเมียมสูงที่สุด

8.4 เฟิร์นสกุล *Adiantum* sp. ได้แก่ *Adiantum philippense* L. มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุโพแทสเซียมสูงสุด ส่วนเฟิร์น *Adiantum caudatum* L. มีค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุโคบอลต์ เหล็ก นิกเกิล และตะกั่วสูงสุด

8.5 *Lygodium* sp. ค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับธาตุแคดเมียมและแมงกานีสสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1. **ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงชนิดของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นที่ขึ้นกระจายอยู่ในพื้นที่อื่นในเขตอุทยานแห่งชาติภูสอยดาว**

2. **ควรมีการศึกษาความสามารถในการสะสมธาตุโลหะหนักหรือธาตุต่างๆ ที่เป็นพิษในดิน**และพืชในเชิงการทดลอง เพื่อประเมินศักยภาพและขีดความสามารถของพืชในการดูดซับธาตุต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดมลพิษทางดิน

3. ควรมีการศึกษากระบวนการทางชีวเคมี กระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชในการดูดซับธาตุหรือโลหะหนักได้แตกต่างกัน

4. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของลักษณะทางชีวภาพของดิน เพื่อประเมินกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน และนำข้อมูลไปเชื่อมโยงกับลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินที่ส่งผลต่อการสะสมธาตุในพืชและเพื่อประเมินความสามารถในการย่อยสลายหรือดูดซับสารมลพิษชนิดต่างๆในดินของจุลินทรีย์ร่วมกับการสะสมธาตุที่เป็นพิษในพืช

5. ควรมีการศึกษาของเพิ่มเติมในพื้นที่อื่น ๆ ในบริเวณเขตร้อนของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หรือในแหล่งปนเปื้อนสารมลพิษ