

ภายในลำธารบริเวณที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกัน ($F_{3,11}=2.233$, $p>0.05$ และ $F_{33,101}=1.248$, $p>0.05$ ตามลำดับ)

ความหนาแน่นเฉลี่ยของหอยฝาดเดียวในลำธารบริเวณที่ 3 มีมากกว่าลำธารบริเวณที่ 1 และลำธารบริเวณที่ 2 คือ 430 239 และ 225 ตัวต่อตารางเมตรตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F_{2,149}=7.290$, $p<0.05$) ทั้งลำธารบริเวณที่ 1 และ ลำธารบริเวณที่ 2 มีความหนาแน่นของหอยฝาดเดียวในแต่ละสถานีของแต่ละบริเวณไม่แตกต่างกัน ($F_{11,35}=2.181$, $p>0.05$ และ $F_{3,11}=1.177$, $p>0.05$ ตามลำดับ) ส่วนลำธารบริเวณที่ 3 ความหนาแน่นของหอยฝาดเดียวในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F_{33,101}=3.180$, $p<0.05$)

จำนวนชนิดของหอยฝาดเดียวไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มตัวแปรใดเลย ส่วนความหนาแน่นของหอยฝาดเดียวมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับความลึกของน้ำในลำธาร ($r = -0.198$, $p=0.015$) ความเร็วของกระแสน้ำ ($r = -0.182$, $p=0.026$) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ($r = -0.220$, $p=0.007$) ค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำ ($r = -0.228$, $p=0.005$) และอุณหภูมิน้ำ ($r = 0.307$, $p=0.000$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ ปริมาณออกซิเจนละลาย ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม และองค์ประกอบของพื้นลำธารทุกประเภท

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบทั้งชนิดและจำนวนมากในลำธารที่ศึกษาคือ ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ แมลงสองปีก แมลงชีปะขาว ค้างคาว และหอยฝาดเดียว สำหรับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน 4 กลุ่มแรกมีจำนวนชนิดและจำนวนตัวเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นของป่าไม้เพิ่มขึ้น อุณหภูมิน้ำลดลง ความเร็วของกระแสน้ำเพิ่มขึ้น ความลึกของน้ำลดลง และส่วนมากพบตามบริเวณพื้นลำธารที่เป็นหินขนาดกลาง หินขนาดเล็ก และกรวด ยกเว้นแมลงสองปีกที่มีจำนวนมากขึ้นในพื้นที่ลำธารที่เป็นทราย ส่วนหอยฝาดเดียวนั้นมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำมากที่สุด โดยจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ และค่าของแข็งละลายน้ำ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนและความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ไม่มีความสัมพันธ์กับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินแต่ละอันดับ

4.3 การวิเคราะห์โครงสร้างชุมชนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินโดยสถิติเชิงซ้อน

ข้อมูลความหนาแน่นเฉลี่ยของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในระดับวงศ์ และระดับสกุล ถูกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์หลายตัวแปรโดยใช้การจัดกลุ่ม (Clustering) และการเรียงลำดับ (Ordination) สถานีต่างๆดังนี้

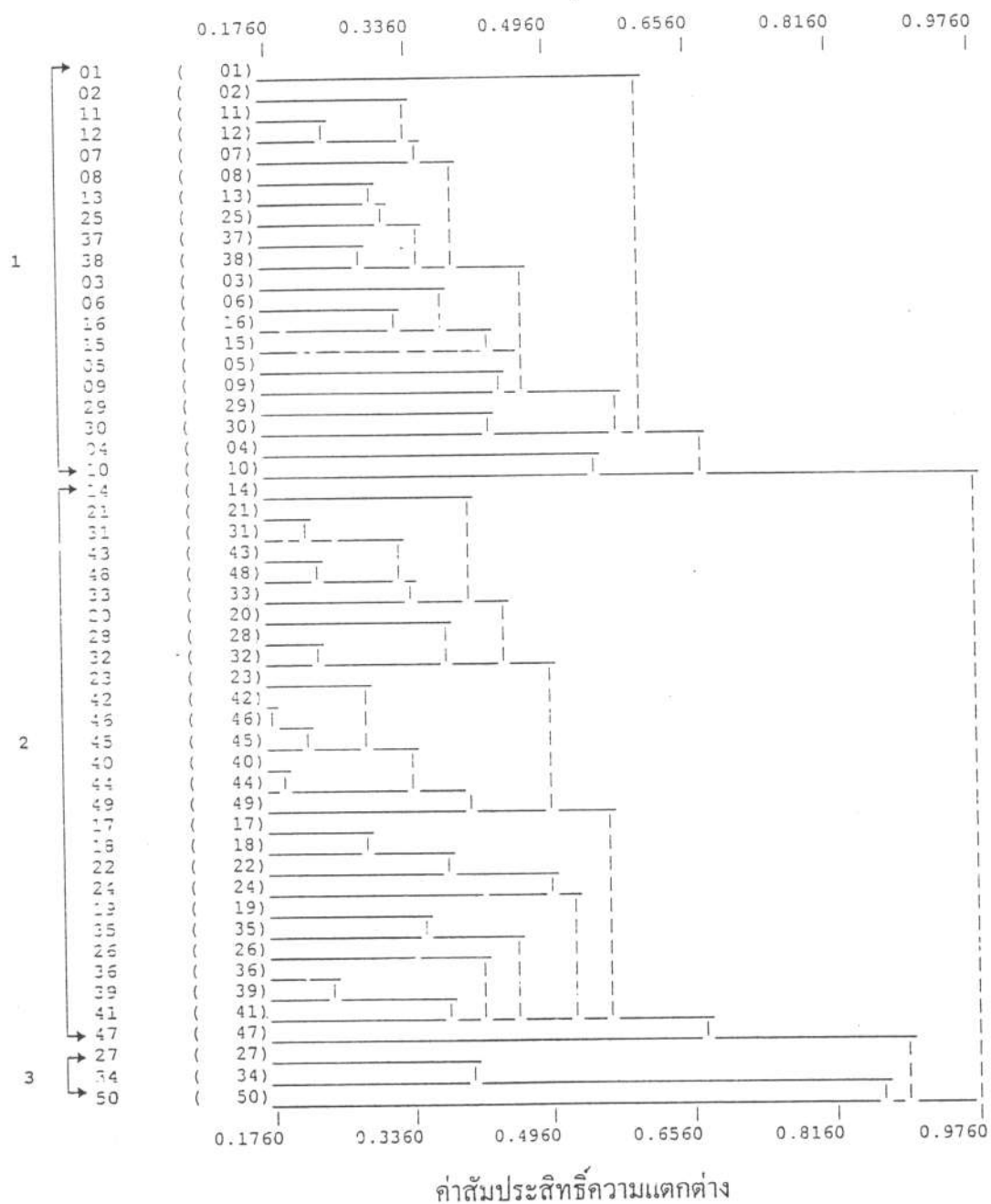
4.3.1 ระดับวงศ์

การจัดกลุ่มสถานี ด้วย (Unweighted Paired-Group Mean Averaging UPGMA) (Options ใน PATN) ผลที่ได้แสดงด้วย Dendrogram (รูปที่ 4.3.1ก) และกลุ่มสถานีใน Dendrogram ถูกแยกให้เป็น 3 กลุ่มใหญ่โดย (Group Definitions GDEF) (รูปที่ 4.3.1ข)

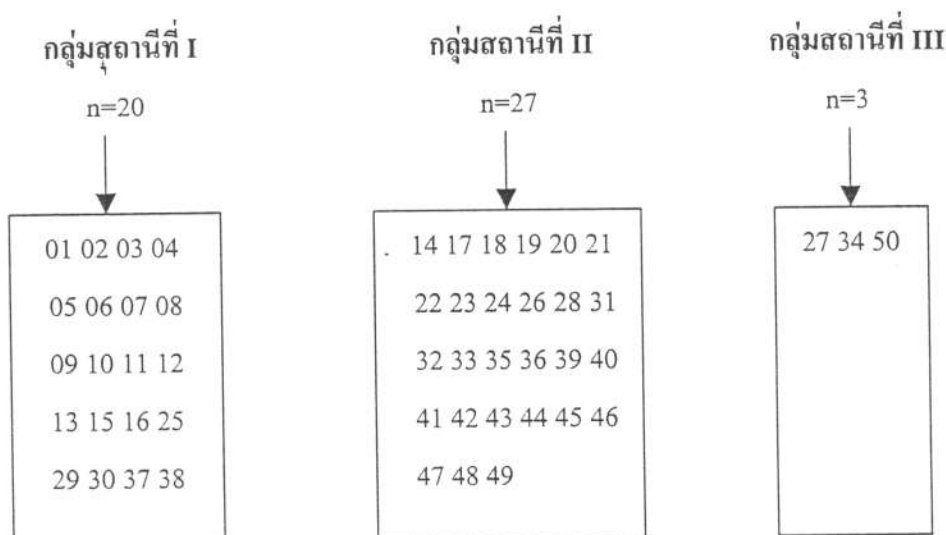
กลุ่มสถานีที่ I ประกอบด้วย 20 สถานี เป็นสถานีที่อยู่ในเขตอุทยานฯ และป่าสงวนแห่งชาติเกือบทั้งหมด (ยกเว้นสถานีที่ 14 ที่เป็นบริเวณลำธารในเขตป่าสงวนแห่งชาติเพียงสถานีเดียวที่ถูกแยกออกมาอยู่ในกลุ่มสถานีที่ II และสถานีที่อยู่ในเขตเกษตรกรรมที่ถูกจัดเข้าในกลุ่มสถานีที่ I มีจำนวน 5 สถานีคือสถานีที่ 25 29 30 37 และสถานีที่ 38)

กลุ่มสถานีที่ II ประกอบด้วย 27 สถานี เป็นสถานีที่อยู่ในเขตเกษตรกรรมเกือบทั้งหมด (ยกเว้นสถานีที่ 14 ซึ่งเป็นลำธารในเขตป่าสงวนแห่งชาติ)

กลุ่มสถานีที่ III ประกอบด้วย 3 สถานีซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ในเขตเกษตรกรรม



รูปที่ 4.3.1ก Dendrogram แสดงการจัดกลุ่มของสถานีในระดับวงศ์ (ตัวเลข 1-3) คือกลุ่มสถานีต่างๆที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 1.407$, $p < 0.05$) ตัวเลขในแกนตั้ง(1-50) แสดงเลขลำดับของสถานี ตัวเลขแกนนอนแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างของสถานีต่างๆ



รูปที่ 4.3.1ข การจัดกลุ่มสถานีด้วย GDEF ระดับวงศ์
(Options ใน PATN ตัวเลขในกลุ่มหมายถึงเลขลำดับของสถานี)

การจัดกลุ่มสถานีนี้ได้จัดตามความหนาแน่นเฉลี่ยจำนวนตัวของตัวอ่อนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน โดยกลุ่มสถานีที่ I มีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุด 819.07 ตัวต่อตารางเมตร รองลงมาคือกลุ่มสถานีที่ II มี 270.5 ตัวต่อตารางเมตร และน้อยที่สุดคือกลุ่มสถานีที่ III มี 116.04 ตัวต่อตารางเมตร สำหรับวงศ์ของสัตว์ที่มีความสำคัญในการแยกกลุ่มสถานีนอกจากกันมีจำนวนทั้งสิ้น 23 วงศ์ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.3.1ก เฉพาะวงศ์ที่มีค่าความสำคัญมาก 10 อันดับแรกโดยพิจารณาจากค่า Kruskal-Wallis (Options ใน PATN) ตั้งแต่ 17.406, $p \leq 0.0002$ ขึ้นไป ได้แก่แมลงหอน ปลอกน้ำจำนวน 4 วงศ์ คือวงศ์ Hydropsychidae วงศ์ Glossosomatidae วงศ์ Goeridae และวงศ์ Xiphocentronidae แมลงชีปะขาวจำนวน 2 วงศ์ คือวงศ์ Heptageniidae และวงศ์ Leptophlebiidae แมลงสองปีกจำนวน 2 วงศ์ คือวงศ์ Chironomidae และวงศ์ Athericidae คีว้น้ำจำนวน 1 วงศ์ คือวงศ์ Psephenidae และแมลงปอจำนวน 1 วงศ์ คือวงศ์ Gomphidae ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มสถานีโดยสถิติเชิงซ้อนที่ใช้ข้อมูลระดับวงศ์สามารถให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้ร้อยละ 80.7 (Options DFA ใน SPSS)

ตารางที่ 4.3.1ก วงศ์ของสัตว์ที่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญต่อการแบ่งกลุ่มสถานี

โดยพิจารณาจากค่า *Kruskal-Wallis* (*Group Statistic GSTA. Options* ใน *PATN*)

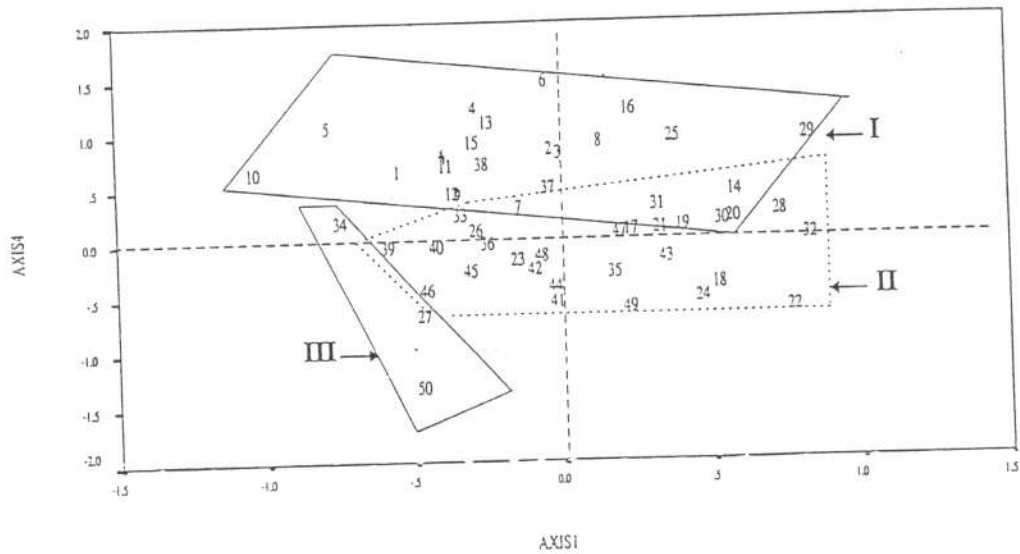
ลำดับ	วงศ์	Kruskal-Wallis	df	p
1	Hydropsychidae	29.800	2	0.0000
2	Psephenidae	26.105	2	0.0000
3	Glossosomatidae	25.106	2	0.0000
4	Heptageniidae	24.885	2	0.0000
5	Leptophlebiidae	23.465	2	0.0000
6	Goeridae	20.773	2	0.0000
7	Chironomidae	19.745	2	0.0001
8	Gomphidae	19.565	2	0.0001
9	Xiphocentronidae	17.663	2	0.0001
10	Athericidae	17.406	2	0.0002
11	Elmidae	14.553	2	0.0007
12	Caenidae	13.643	2	0.0011
13	Hydrophilidae	13.023	2	0.0015
14	Tipulidae	11.170	2	0.0038
15	Calamoceratidae	10.925	2	0.0042
16	Parathelphusidae	9.8777	2	0.0072
17	Psychomyiidae	8.6334	2	0.0133
18	Ceratopogonidae	8.5072	2	0.0142
19	Baetidae	7.9064	2	0.0192
20	Philopotamidae	7.2726	2	0.0264
21	Corixidae	7.1923	2	0.0274
22	Leptoceridae	7.0194	2	0.0299
23	Phryganeidae	6.3788	2	0.0412

การเรียงลำดับสถานี ด้วย (Semi-Strong Hybrid MultiDimensional Scaling HMDS) (Options SSH ใน PATN) ซึ่งสามารถจัดเรียงลำดับและแยกสถานีทั้งหมดออกเป็น 3 กลุ่มโดยยึดตามการแบ่งกลุ่มด้วย UPGMA ข้างต้น ดังผลการเรียงลำดับของสถานีบน Ordination space ระหว่างแกนที่ 1 กับแกนที่ 4 (รูปที่ 4.3.1ค) พบว่ามีความสอดคล้องกับการจัดแบ่งกลุ่มสถานีด้วย UPGMA ที่ใช้ความหนาแน่นของสัตว์เป็นข้อมูลในการแบ่งกลุ่มสถานีคือ สถานีต่างๆที่มีตำแหน่งอยู่ทางด้านบนมีความหนาแน่นของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินมากกว่าสถานีที่อยู่ทางด้านล่างของทั้งสองแกน

เมื่อพิจารณาถึงวงศ์ที่มีค่าสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ Ordination space พบว่ามีจำนวน 10 อันดับ 31 วงศ์จากทั้งหมด 15 อันดับ 60 วงศ์ โดยมีค่า $r > 0.40$ หรือประมาณร้อยละ 40 ขึ้นไป อันดับที่พบมากที่สุดได้แก่ แมลงหนอนปลอกน้ำพบจำนวน 9 วงศ์ ค้างคาวจำนวน 5 วงศ์ แมลงชีปะขาว และแมลงสองปีก อันดับละ 4 วงศ์ แมลงปอจำนวน 3 วงศ์ กุ้งและปู จำนวน 2 วงศ์ แมลงสโตนฟลาย แมลงช้าง มวนน้ำ และหอยฝาเดียวพบอันดับละ 1 วงศ์

สำหรับวงศ์ที่มีค่าสหสัมพันธ์มาก 10 อันดับแรกเมื่อพิจารณาจากค่า $r > 0.69$ หรือประมาณร้อยละ 70 ขึ้นไปพบว่ามีจำนวน 5 อันดับ อันดับที่พบมากที่สุดคือ แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae วงศ์ Glossosomatidae และวงศ์ Xiphocentronidae แมลงชีปะขาววงศ์ Leptophlebiidae วงศ์ Caenidae และวงศ์ Heptageniidae ค้างคาววงศ์ Elmidae และวงศ์ Psephenidae แมลงปอวงศ์ Gomphidae และแมลงสองปีกวงศ์ Chironomidae (ตารางที่ 4.3.1ข) เมื่อนำเอาวงศ์ของสัตว์ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทั้งหมดข้างต้นไปพล็อตลงบน Ordination space ระหว่างแกนที่ 1 กับแกนที่ 4 ด้วยสเกลเดียวกันกับการเรียงลำดับกลุ่มสถานี (รูปที่ 4.3.1ง) พบว่าสัตว์ส่วนมากมีทิศทางการกระจายอยู่ทางด้านบนมากกว่าทางด้านล่างของทั้งสองแกน ซึ่งการกระจายนี้สอดคล้องกับตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มสถานีที่ I ทั้งหมดและบางสถานีของกลุ่มสถานีที่ II ที่มีตำแหน่งอยู่ใกล้กับกลุ่มสถานีที่ I โดยเฉพาะวงศ์ที่มีค่าความสัมพันธ์ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไปพบมากในกลุ่มสถานีที่ I และจะพบน้อยในบางสถานีและไม่พบเลยในสถานีส่วนมากของกลุ่มสถานีที่ II และกลุ่มสถานีที่ III ส่วนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีทิศการกระจายมากพบในตำแหน่งกลุ่มสถานีที่ II และกลุ่มสถานีที่ III ได้แก่ หอยฝาเดียว และ กุ้งฝอย ซึ่งพบน้อยในกลุ่มสถานีที่ I

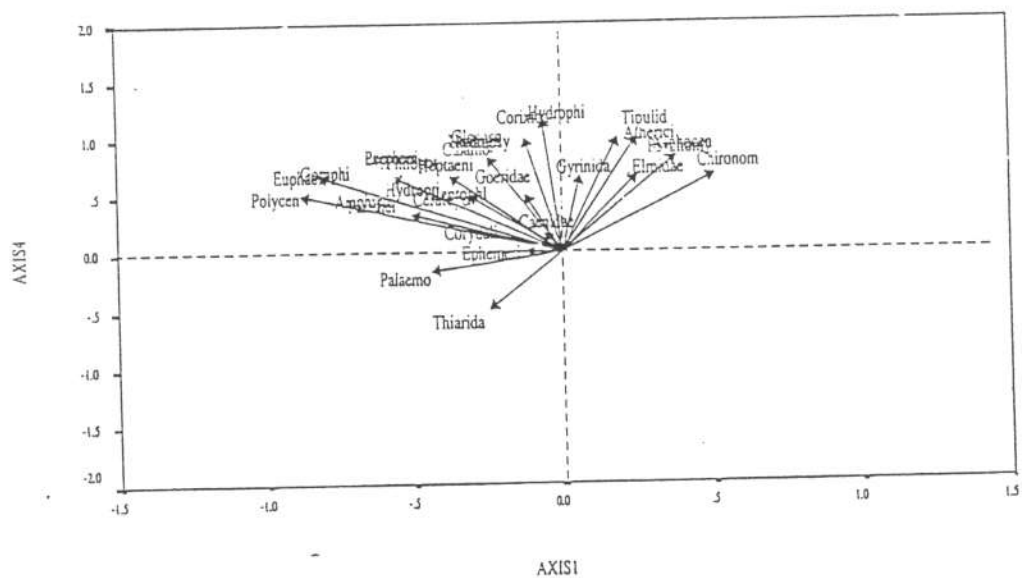
เมื่อพิจารณาระหว่างวงศ์ที่มีค่าสหสัมพันธ์กับแกน Ordination มากตั้งแต่ $r = 0.70$ ขึ้นไป (ตารางที่ 4.3.1ข) กับวงศ์ที่มีค่าความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญต่อการแบ่งกลุ่มสถานีด้วย UPGMA โดยใช้ค่า Kruskal Wallis = 14.0 $p < 0.0002$ ขึ้นไป (ตารางที่ 4.3.1ก) ได้แก่แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae วงศ์ Glossosomatidae วงศ์ Xiphocentronidae และวงศ์ Goeridae แมลงชีปะขาววงศ์ Leptophlebiidae วงศ์ Heptageniidae และวงศ์ Caenidae ค้างคาววงศ์ Elmidae



รูปที่ 4.3.1ค แสดงตำแหน่งของสถานีต่างๆใน Ordination space (Stress 0.1483)

เมื่อพล็อตระหว่างแกนที่ 1 กับแกนที่ 4

(หมายเลข I II III คือกลุ่มที่แยกโดย UPGMA)



รูปที่ 4.3.1ง แสดงทิศทาง (Vectors) การปรากฏตัวของวงศ์ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ Ordination space

วงศ์ Psephenidae และแมลงสองปีกวงศ์ Chironomidae พบว่าสัตว์เหล่านี้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับแกนของ Ordination และค่าความสำคัญในการแยกกลุ่มสถานีสองตรงกัน สัตว์ส่วนใหญ่ที่กล่าวในข้างต้นเป็นสัตว์อยู่ในกลุ่มที่มีความไวสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม เช่น แมลงชีปะขาวอยู่ในอันดับ Ephemeroptera และแมลงหนอนปลอกน้ำอยู่ในอันดับ Trichoptera หรือกล่าวว่าเป็นแมลงสองกลุ่ม ET จากแมลงสามกลุ่ม EPT ที่ใช้เป็นดัชนีประเมินคุณภาพน้ำ และสิ่งแวดล้อม (Lenat 1993) สัตว์ดังกล่าวนี้มีความหนาแน่นอยู่ในแต่ละกลุ่มสถานีย่อยแตกต่างกัน ซึ่งพบในกลุ่มสถานีที่ I มากที่สุด ขณะที่ในกลุ่มสถานีที่ II มีความหนาแน่นน้อยมากและกลุ่มสถานีที่ III ไม่พบวงศ์ของสัตว์ที่กล่าวมานี้เลยดังรายละเอียดในตารางที่ 4.3.1ค

ตารางที่ 4.3.1ข แสดงวงศ์ของสัตว์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับ Ordination space อย่างมีนัยสำคัญ ทดสอบด้วย Monte-Carlo จำนวน 100 ครั้ง
(Options Monte-Carlo permutations test ใน PATN) (r =ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์)

วงศ์	r	วงศ์	r
Hydropsychidae	0.859	Parathelphusidae	0.595
Leptophlebiidae	0.803	Polycentropodidae	0.594
Gomphidae	0.802	Leptoceridae	0.561
Elmidae	0.772	Tipulidae	0.530
Psephenidae	0.764	Philopotamidae	0.518
Caenidae	0.763	Palaemonidae	0.508
Heptageniidae	0.725	Ceratopogonidae	0.493
Chironomidae	0.720	Euphaeidae	0.491
Glossosomatidae	0.711	Calamoceratidae	0.490
Xiphocentronidae	0.692	Corydalidae	0.482
Psychomyiidae	0.690	Thiaridae	0.460
Goeridae	0.689	Hydroptilidae	0.451
Athericidae	0.666	Amphipterygidae	0.445
Hydrophilidae	0.655	Corixidae	0.421
Ephemeridae	0.619	Gyrinidae	0.400

ตารางที่ 4.3.1ค ความหนาแน่นเฉลี่ย (ตัวต่อตารางเมตร) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน แสดงเฉพาะวงศ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับ Ordination space ตั้งแต่

$$r \geq 0.70 \text{ และค่าสถิติ Kruskal-Wallis} > 17.0$$

(จากการแบ่งกลุ่มสถานีด้วย UPGMA ระหว่างกลุ่มสถานีทั้งสาม)

วงศ์	กลุ่มสถานีที่ I	กลุ่มสถานีที่ II	กลุ่มสถานีที่ III
Hydropsychidae	99.63	1.50	0
Glossosomatidae	9.44	0	0
Xiphocentronidae	13.33	1.09	0
Goeridae	39.07	0.27	0
Leptophlebiidae	27.77	0.54	0
Heptageniidae	16.11	0.13	0
Caenidae	16.11	4.11	0
Elmidae	50.37	19.75	0
Psephenidae	44.63	0.54	0
Chironomidae	142.6	54.33	0

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมกับการแบ่งกลุ่มสถานีโดยข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินระดับวงศ์

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับแกนที่ 1 ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ($r = 0.346$, $p < 0.05$) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ($r = -0.379$, $p < 0.05$) และค่าของแข็งละลายน้ำ ($r = -0.383$, $p < 0.05$) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ และ ค่าของแข็งละลายน้ำ ลดลงจากแกนด้านลบไปยังแกนด้านบวก อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจากแกนด้านลบไปหาแกนด้านบวก ตัวอย่างเช่น สถานีที่ 10 และ สถานีที่ 22 ซึ่งอยู่คนละด้านของแกนที่ 1 มีความแตกต่างกันของค่าตัวแปรทั้ง 3 ตัวดังนี้คือ สถานีที่ 10 มีอุณหภูมิอากาศ 24.17 องศาเซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 444.33 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร และค่าของแข็งละลายน้ำ 296.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสถานีที่ 22 มีอุณหภูมิอากาศ 28.67 องศา

เซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 370 ไมโครซิเมนต่อเซ็นติเมตร และค่าของแข็งละลายน้ำ 248.67 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับเกณฑ์ 4 คือ อุณหภูมิอากาศ ($r = -0.646$, $p < 0.05$) ความลึกของระดับน้ำ ($r = -0.676$, $p < 0.05$) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ($r = 0.645$, $p < 0.05$) ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม ($r = 0.371$, $p < 0.05$) ค่าของแข็งละลายน้ำ ($r = 0.640$, $p < 0.05$) ความเร็วของกระแสน้ำ ($r = 0.435$, $p < 0.05$) อุณหภูมิน้ำ ($r = -0.609$, $p < 0.05$) และองค์ประกอบพื้นลำธาร ($r = -0.292$, $p < 0.05$) โดยอุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิอากาศ และความลึกของระดับน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจากแกนด้านบวกไปหาแกนด้านลบ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ค่าของแข็งละลายน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำ ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม และขนาดขององค์ประกอบพื้นลำธารลดลงจากแกนด้านบวกไปหาแกนด้านลบ ตัวอย่างเช่น สถานีที่ 6 และสถานีที่ 50 ซึ่งอยู่คนละด้านของเกณฑ์ 4 มีความแตกต่างกันของค่าตัวแปรทั้ง 8 ตัวแปรดังนี้คือ สถานีที่ 6 มีอุณหภูมิ น้ำ 22.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 24.9 องศาเซลเซียส ความลึกของระดับน้ำ 0.07 เมตร ความเร็วของกระแสน้ำ 0.56 เมตรต่อวินาที ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 446.00 ไมโครซิเมนต่อเซ็นติเมตร ความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุมร้อยละ 70 ค่าของแข็งละลายน้ำ 297.67 มิลลิกรัมต่อลิตร และองค์ประกอบพื้นลำธารที่มีขนาดใหญ่ เช่น ก้อนหินและก้อนกรวดร้อยละ 18.20 ทรายและตะกอนละเอียดร้อยละ 61.34 ส่วนสถานีที่ 50 มีอุณหภูมิ น้ำ 25.23 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศ 29.0 องศาเซลเซียส ความลึกของระดับน้ำ 0.42 เมตร ความเร็วของกระแสน้ำ 0.22 เมตรต่อวินาที ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 396.67 ไมโครซิเมนต่อเซ็นติเมตร ความหนาแน่นของป่าไม้ปกคลุมร้อยละ 0 ค่าของแข็งละลายน้ำ 267.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และองค์ประกอบพื้นลำธารที่มีขนาดใหญ่ เช่น ก้อนหินและดินแข็งร้อยละ 35 ทรายและตะกอนละเอียดร้อยละ 64.5

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้แยกจากกัน (Discriminant Function Analysis DFA Options ใน SPSS) ได้ผลดังนี้คือ Function ที่ 1 ซึ่งมีจำนวนตัวแปรที่ได้ทดสอบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญมากกว่าถึง 6 ตัวแปร โดยเฉพาะตัวแปรค่าการนำไฟฟ้าของน้ำและค่าของแข็งละลาย เป็นปัจจัยที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงถึง -0.830 และ -0.821 ตามลำดับเมื่อเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองใน Function ที่ 2 ส่วนตัวแปรความหนาแน่นของป่าไม้ปกคลุม อุณหภูมิอากาศ ความลึก และอุณหภูมิ น้ำ ก็มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงและมีความสำคัญมากกว่าตัวแปรเหล่านี้ใน Function ที่ 2 โดยมีตัวแปรที่ได้ทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญจำนวน 4 ตัวแปร และมีตัวแปรต่างๆคือ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และองค์ประกอบพื้นลำธาร ทั้งหมดเป็นตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใน Function ที่ 2 ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ไม่มีความสัมพันธ์ใน Function ที่ 1

สรุปได้ว่า Function ที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.81 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ถึงร้อยละ 91.1 ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับค่าของ Function ที่ 2 ที่มีค่าต่ำกว่า (r) เท่ากับ 0.4 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้เพียงร้อยละ 8.9 ดังรายละเอียดใน ตารางที่ 4.3.1ง ดังนั้นตัวแปรใน Function ที่ 1 ซึ่งได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ค่าของแข็งละลายน้ำ ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ ปกคลุม อุณหภูมิอากาศ ความลึกของน้ำ และอุณหภูมิน้ำ จึงเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อการกระจายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน วงศ์ต่างๆในกลุ่มสถานีทั้ง 3 กลุ่ม โดยเฉพาะ 4 ตัวแปรแรกที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มาก ยังมีความสำคัญต่อการกระจายและคงอยู่ของสัตว์เป็นอย่างมาก

ตารางที่ 4.3.1ง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับกลุ่มสถานี UPGMA (ทั้งสอง Functions ทดสอบด้วย Wilks' Lambda ที่ $p < 0.05$ Options ใน SPSS)

ตัวแปร	Function1	Function2
ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ	-0.830*	0.154
ค่าของแข็งละลาย	-0.821*	0.148
ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้	-0.641*	-0.106
อุณหภูมิอากาศ	0.616*	-0.185
ความลึก	0.370*	-0.287
อุณหภูมิน้ำ	0.319*	-0.194
ปริมาณออกซิเจนละลาย	0.120	0.669*
ความเร็วกระแสน้ำ	-0.123	0.615*
ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ	0.092	0.259*
องค์ประกอบพื้นลำธาร	0.039	-0.072*
Cononical Correlation (r)	0.81	0.4
Percent of variance explained	91.1	8.9

* คือตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

4.3.2 ระดับสกุล

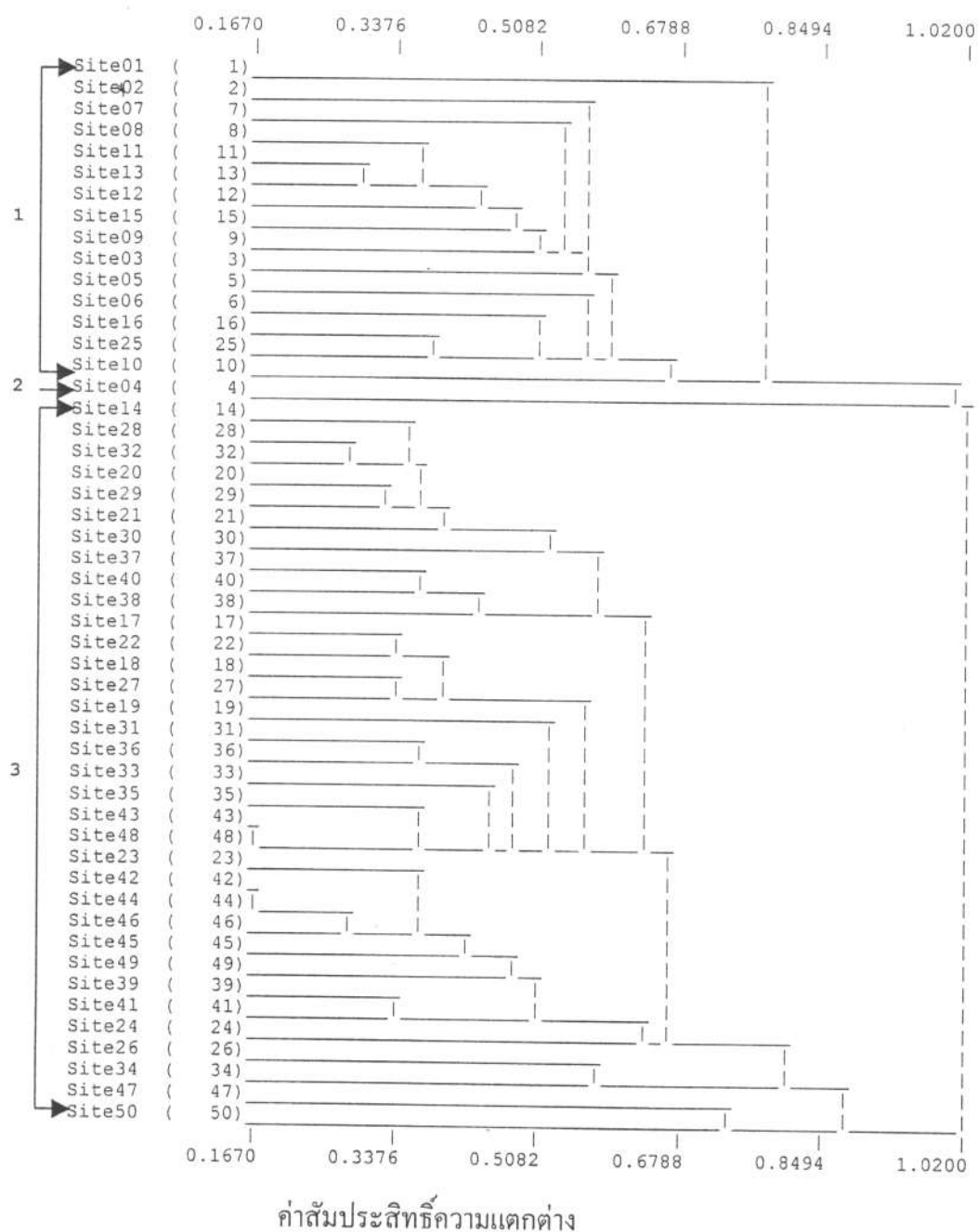
การจัดระดับกลุ่มสถานี โดยใช้ข้อมูลความหนาแน่นเฉลี่ยของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในระดับสกุล ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบเดียวกับระดับวงศ์คือใช้ UPGMA เป็นตัวจัดกลุ่มสถานี ผลที่ได้แสดงด้วย Dendrogram (รูปที่ 4.3.2ก) และกลุ่มสถานีใน Dendrogram ถูกแยกให้เป็น 3 กลุ่มใหญ่โดย GDEF (รูปที่ 4.3.2ข)

สถานีกลุ่มที่ I ประกอบด้วย 15 สถานี ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ในลำธารบริเวณเขตอุทยานฯ และป่าสงวนแห่งชาติเกือบทั้งหมด (ยกเว้นสถานีที่ 4 และสถานีที่ 14) และมีสถานีที่ 25 ซึ่งอยู่ในลำธารบริเวณเขตเกษตรกรรมถูกจัดเข้าในกลุ่มนี้

กลุ่มสถานีที่ II มีเพียงสถานีเดียวคือสถานีที่ 4 ซึ่งถูกแยกเป็นอิสระจากกลุ่มสถานีที่อยู่ในลำธารบริเวณเขตอุทยานฯ

กลุ่มสถานีที่ III ประกอบด้วย 34 สถานี เป็นสถานีที่อยู่ในลำธารบริเวณเขตเกษตรกรรมเกือบทั้งหมดยกเว้นสถานีที่ 14 สถานีเดียวที่เป็นสถานีในลำธารบริเวณเขตป่าสงวนแห่งชาติที่ถูกจัดเข้าในกลุ่มนี้

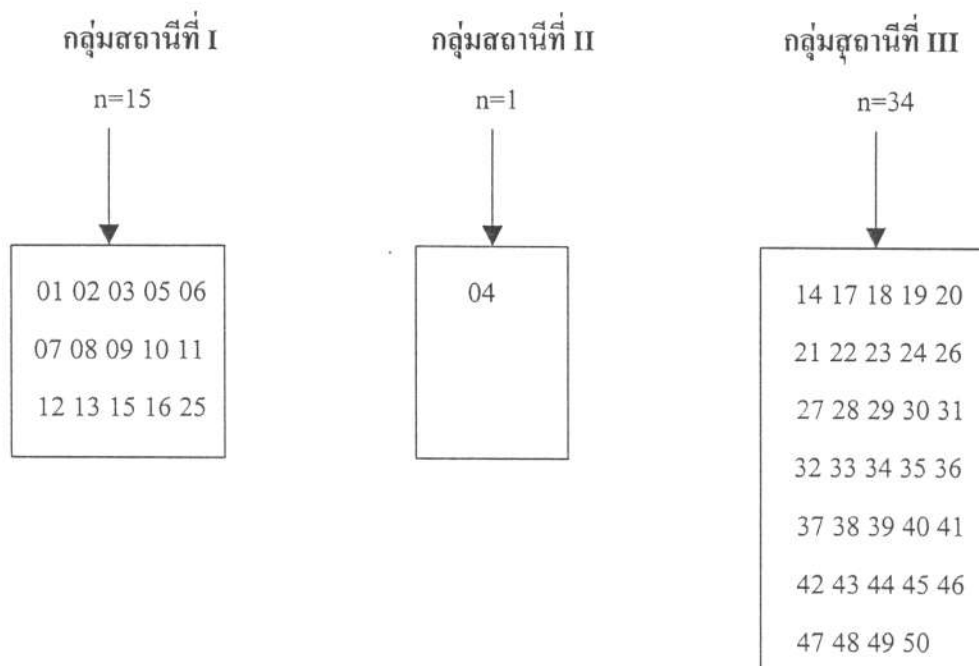
เมื่อพิจารณาถึงความหนาแน่นของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในแต่ละกลุ่มสถานีพบว่ากลุ่มสถานีที่ I มีความหนาแน่นเฉลี่ยของสัตว์มากที่สุดคือ 920.5 ตัวต่อตารางเมตร รองลงมาคือกลุ่มสถานีที่ III มีความหนาแน่นเฉลี่ย 292.3 ตัวต่อตารางเมตร และกลุ่มสถานีที่ II มีความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ 263 ตัวต่อตารางเมตร



- รูปที่ 4.3.2ก Dendrogram แสดงการจัดกลุ่มของสถานีในระดับสกุล

หมายเลข (1-3) คือกลุ่มสถานีต่างๆที่มีระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($F=3.4861, p<0.05$)

ตัวเลขในแกนตั้ง (1-50) แสดงเลขลำดับของสถานี ตัวเลขในแกนนอนแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างของสถานีต่างๆ



รูปที่ 4.3.2ข การจัดกลุ่มสถานีด้วย GDEF ในระดับสกุล
(ตัวเลขในกลุ่มหมายถึงเลขลำดับของสถานี)

สำหรับสกุลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่มีความสำคัญในการแยกกลุ่มสถานี (ตารางที่ 4.3.2ก) ซึ่งมีจำนวน 48 สกุลจากทั้งสิ้น 150 สกุล สกุลที่มีความสำคัญมาก 14 ลำดับแรกโดยพิจารณาจากค่า Kruskal Wallis มากตั้งแต่ 21.005 $p = 0.0000$ ขึ้นไป ได้แก่ แมลงหนอนปลอกน้ำจำนวน 5 สกุลคือ *Cernotina* *Phylloicus* *Setodes* *Diplectrona* และ *Leptocerus* ค้างคาวน้ำจำนวน 3 สกุลคือ *Hydrophilidae* *Alameubria* และ *Acneus* แมลงปอ จำนวน 3 สกุลคือ *Gomphus* *Trigomphus* และ *Orientogomphus* แมลงสโตนฟลาย 1 สกุลคือ *Amphinemula* แมลงสองปีก 1 สกุลคือ tribe *Diamesinae* และปูหิน 1 สกุลคือ *Somaniathelphusa* ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มสถานีโดยสถิติเชิงซ้อนที่ใช้ข้อมูลระดับสกุลสามารถให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้ถึงร้อยละ 95 (Options ใน SPSS)

ตารางที่ 4.3.2ก สกูลของสัตว์ที่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญในการแบ่งกลุ่มสถานี
โดยพิจารณาจากค่า *Kruskal-Wallis* $p < 0.05$ (GSTA. Options ใน PATN)

ลำดับ	อันดับ	สกุล	Kruskal-Wallis	df	p
1	Trichoptera	<i>Cernotina</i>	49.000	2	0.0000
2	Coleoptera	Hydrophilidae	49.000	2	0.0000
3	Trichoptera	<i>Phylliocus</i>	49.000	2	0.0000
4	Trichoptera	<i>Setodes</i>	49.000	2	0.0000
5	Coleoptera	<i>Alabameubria</i>	25.181	2	0.0000
6	Plecoptera	<i>Amphinemula</i>	25.181	2	0.0000
7	Trichoptera	<i>Diplectrona</i>	25.181	2	0.0000
8	Odonata	<i>Gomphus</i>	25.181	2	0.0000
9	Trichoptera	<i>Leptocerus</i>	25.181	2	0.0000
10	Odonata	<i>Trigomphus</i>	25.181	2	0.0000
11	Diptera	tribe <i>Diamesinae</i>	24.229	2	0.0000
12	Coleoptera	<i>Acneus</i>	21.444	2	0.0000
13	Odonata	<i>Orientogomphus</i>	21.444	2	0.0000
14	Decapoda	<i>Somaniathelphusa</i>	21.005	2	0.0000
15	Trichoptera	<i>Goera</i>	18.841	2	0.0001
16	Ephemeroptera	<i>Choroterpes</i>	18.089	2	0.0001
17	Trichoptera	<i>Nyctiophylax</i>	16.929	2	0.0002
18	Mesogastropoda	<i>Tarebia</i>	15.673	2	0.0004
19	Diptera	<i>Atherix</i>	15.637	2	0.0004
20	Trichoptera	<i>Agapetus</i>	15.591	2	0.0004
21	Trichoptera	<i>Pseudoneureclipsis</i>	15.591	2	0.0004
22	Coleoptera	<i>Hydrobius</i>	14.701	2	0.0006
23	Trichoptera	<i>Hydropsyche</i>	14.48	2	0.0007
24	Trichoptera	<i>Xiphocentron</i>	12.879	2	0.0016

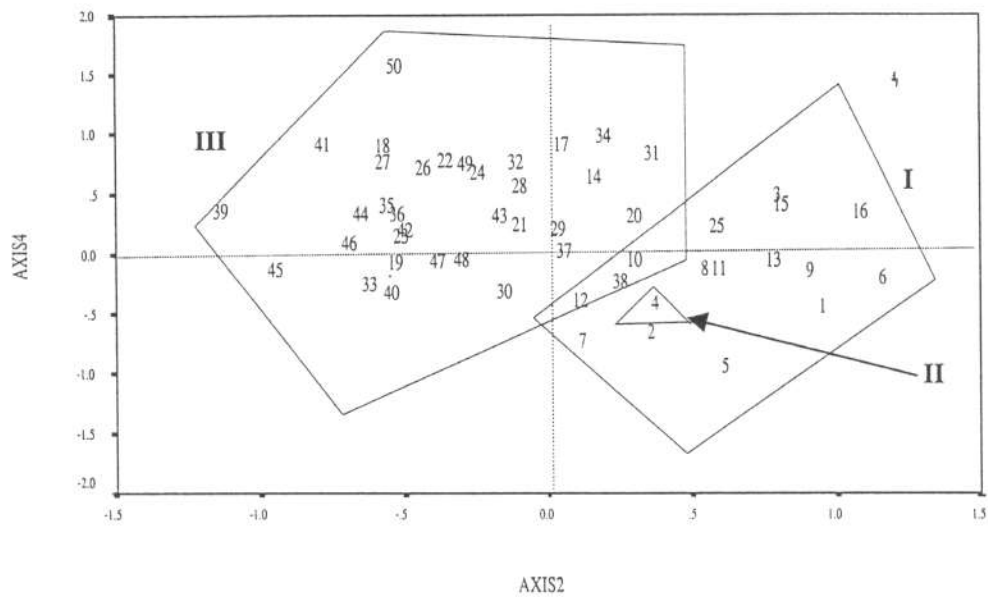
ตารางที่ 4.3.2 ก สกูลของสัตว์ที่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญในการแบ่งกลุ่มสถานี (ต่อ)

ลำดับ	อันดับ	สกุล	Kruskal-Wallis	df	p
25	Diptera	<i>Tipula</i>	11.798	2	0.0027
26	Trichoptera	<i>Glossosoma</i>	11.714	2	0.0029
27	Ephemeroptera	<i>Stenacron</i>	11.714	2	0.0029
28	Trichoptera	<i>Anisocentropus</i>	10.196	2	0.0061
29	Odonata	<i>Ophiogomphus</i>	10.000	2	0.0067
30	Trichoptera	<i>Heteroplectron</i>	9.942	2	0.0069
31	Trichoptera	<i>Ptilostomis</i>	9.942	2	0.0069
32	Diptera	<i>Bezzia</i>	9.6878	2	0.0079
33	Trichoptera	<i>Chimarra</i>	9.0583	2	0.0108
34	Hemiptera	<i>Micronecta</i>	9.0245	2	0.0110
35	Trichoptera	<i>Oecetis</i>	9.0245	2	0.0110
36	Diptera	<i>Pseudolimnophila</i>	7.7377	2	0.0209
37	Trichoptera	<i>Cheumatopsyche</i>	7.5844	2	0.0225
38	Mesogastropoda	<i>Brotia</i>	7.5298	2	0.0232
39	Diptera	tribe <i>Orthoclaadiinae</i>	7.5298	2	0.0232
40	Odonata	<i>Anisopleula</i>	7.2978	2	0.026
41	Diptera	<i>Limonia</i>	7.2978	2	0.026
42	Ephemeroptera	<i>Heptagenia</i>	7.2978	2	0.026
43	Diptera	<i>Simulium</i>	7.2978	2	0.026
44	Ephemeroptera	<i>Stenonema</i>	7.2978	2	0.026
45	Coleoptera	<i>Cleptelmis</i>	7.1739	2	0.0277
46	Ephemeroptera	<i>Caenis</i>	6.5558	2	0.0377
47	Ephemeroptera	<i>Paraleptophlebia</i>	6.5467	2	0.0379
48	Diptera	tribe <i>Tanypodiinae</i>	6.0902	2	0.0476

การเรียงลำดับ ด้วย HMDS ซึ่งสามารถจัดเรียงลำดับ และแยกสถานีทั้งหมดออกเป็น 3 กลุ่มโดยยึดตามหลักการแบ่งกลุ่มด้วย PGMA ดังผลการเรียงลำดับของสถานีที่พล็อตระหว่างแกนที่ 2 กับแกนที่ 4 (รูปที่ 4.3.2 ค) พบว่ากลุ่มสถานีที่ I ซึ่งมีตำแหน่งอยู่ด้านบวของแกนที่ 2 มีความหนาแน่นของสัตว์มากกว่ากลุ่มสถานีที่ III ซึ่งอยู่ด้านลบของแกนที่ 2

เมื่อพิจารณาถึงสกุลที่มีค่าสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ Ordination space พบว่ามีจำนวน 50 สกุลจากทั้งหมด 150 สกุลที่มีค่าความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่าตั้งแต่ (r) เท่ากับ 0.354 หรือประมาณร้อยละ 35 ขึ้นไปมีจำนวน 9 อันดับจากทั้งสิ้น 15 อันดับ อันดับที่มีมากที่สุดคือแมลงหนอนปลอกน้ำ 17 สกุล แมลงสองปีกและแมลงปออันดับละ 7 สกุล ค้างคาวและ แมลงชีปะขาว อันดับละ 6 สกุล หอยฝาเดียว มวนน้ำ อันดับละ 2 สกุล กุ้ง ปู และแมลงหางคืด อย่างละ 1 สกุล

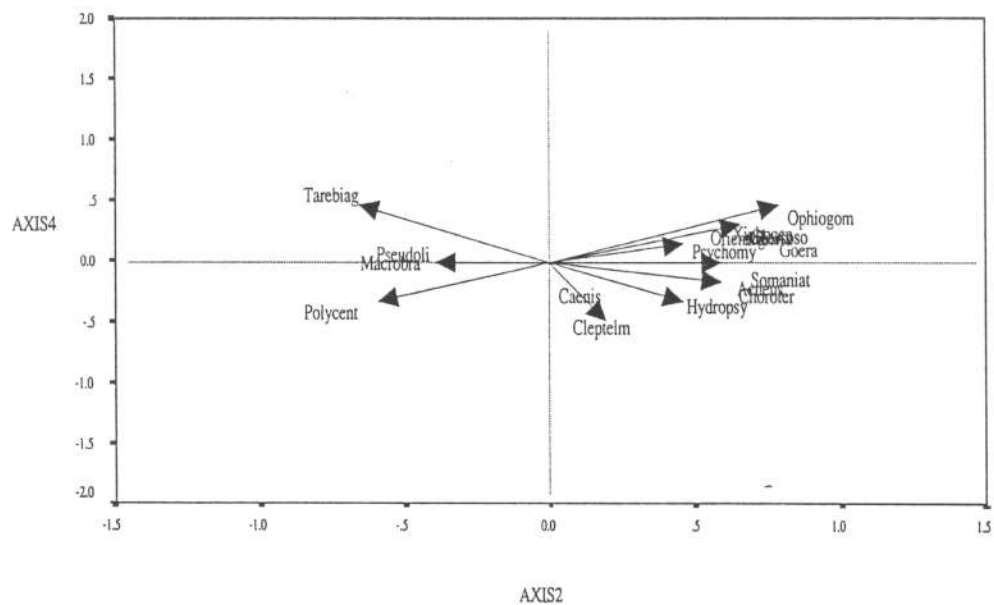
สกุลที่มีค่าความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ Ordination space มากตั้งแต่ (r) เท่ากับ 0.596 หรือ ประมาณร้อยละ 60 ขึ้นไปจำนวน 17 ลำดับแรกพบว่าเป็นแมลงหนอนปลอกน้ำ 6 สกุล ได้แก่ *Goera* *Xiphocentron* *Hydropsyche* *Polycentropus* *Psychomyia* และ *Glossosoma* ค้างคาว 2 สกุล ได้แก่ *Acneus* และ *Cleptelmis* แมลงสองปีก 2 สกุล ได้แก่ *Pseudolimnophila* และ *Atherix* แมลงชีปะขาว 2 สกุล ได้แก่ *Caenis* และ *Choroterpes* กุ้ง ปู 2 สกุล ได้แก่ *Macrobrachium* และ *Somaniathelphusa* แมลงปอ 2 สกุล ได้แก่ *Orientogomphus* และ *Ophiogomphus* และหอยฝาเดียว 1 สกุล ได้แก่ *Tarebia* (ตารางที่ 4.3.2 ข) เมื่อนำเอา 17 สกุลที่มีค่าสหสัมพันธ์มากข้างต้นไป พล็อตระหว่างแกนที่ 2 กับแกนที่ 4 ด้วยสเกลเดียวกันกับการจัดกลุ่มสถานี (รูปที่ 4.3.2 ง) พบว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินส่วนมากมีทิศทางการกระจายอยู่ด้านบวมากกว่าที่กระจาย อยู่ด้านลบของแกนที่ 2 และตามแกนที่ 4 พบว่าสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินส่วนมากมีทิศทางการกระจายอยู่ด้านลบมากกว่าอยู่ด้านบวของแกน ซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มสถานีที่ I ทั้งหมด และบางสถานีของกลุ่มสถานีที่ III ที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ใกล้กับกลุ่มสถานีที่ I โดยสัตว์ที่พบมากในตำแหน่งกลุ่มสถานีที่ I ได้พบน้อยในบางสถานีและไม่พบเลยในสถานีส่วนมากของกลุ่มสถานีที่ III ได้แก่แมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Goera* *Xiphocentron* *Hydropsyche* และ *Glossosoma* แมลงปอ สกุล *Ophiogomphus* และ *Orientogomphus* แมลงสองปีกสกุล *Atherix* ค้างคาวสกุล *Acneus* ปูสกุล *Somaniathelphusa* และแมลงชีปะขาวสกุล *Choroterpes* สัตว์ที่พบในทุกกลุ่มสถานีได้แก่แมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Psychomyia* แมลงชีปะขาวสกุล *Caenis* ค้างคาวสกุล *Cleptelmis* และสัตว์ที่พบมากในกลุ่มสถานีที่ III แต่พบน้อยในกลุ่มสถานีที่ I และกลุ่มสถานีที่ II ได้แก่แมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Polycentropus* แมลงสองปีกสกุล *Pseudolimnophila* กุ้งฝอยสกุล *Macrobrachium* และ หอยฝาเดียวสกุล *Tarebia*



รูปที่ 4.3.2ค แสดงตำแหน่งสถานีต่างๆใน Ordination space (Stress 0.162)

เมื่อพล็อตระหว่างแกนที่ 2 กับแกนที่ 4

(หมายเลข I II III คือกลุ่มสถานีที่แยกโดย PGMA)



รูปที่ 4.3.2ง แสดงทิศทาง (Vectors) การปรากฏตัวของสกุลสัตว์ที่มีค่าความสัมพันธ์
อย่างมีนัยสำคัญมากกับ Ordination space

ตารางที่ 4.3.2ข แสดงสกุลที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับ Ordination space อย่างมีนัย

สำคัญเมื่อทดสอบด้วย Monte-Carlo จำนวน 100 ครั้ง

(Options Monte-Carlo permutations test ใน PATN) (r =ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์)

ลำดับ	สกุล	r	ลำดับ	สกุล	r
01	<i>Goera</i>	0.805	26	<i>Nyctiophylax</i>	0.521
02	<i>Caenis</i>	0.792	27	<i>Stenacron</i>	0.517
03	<i>Pseudolimnophila</i>	0.784	28	<i>Shaogomphus</i>	0.507
04	<i>Xiphocentron</i>	0.740	29	<i>Paraleptophlebia</i>	0.504
05	<i>Acneus</i>	0.718	30	<i>Bezzia</i>	0.501
06	<i>Macrobrachium</i>	0.716	31	tribe. <i>Chironominae</i>	0.496
07	<i>Hydropsyche</i>	0.713	32	<i>Hexatoma</i>	0.488
08	<i>Polycentropus</i>	0.701	33	<i>Cernotina</i>	0.458
09	<i>Orientogomphus</i>	0.686	34	Hydrophilidae	0.458
10	<i>Cleptelmis</i>	0.673	35	<i>Phylloicus</i>	0.458
11	<i>Choroterpes</i>	0.659	36	<i>Setodes</i>	0.458
12	<i>Psychomyia</i>	0.656	37	<i>Cleptelmis</i>	0.454
13	<i>Atherix</i>	0.652	38	<i>Philoganga</i>	0.453
14	<i>Tarebia</i>	0.646	39	<i>Tinodes</i>	0.450
15	<i>Somaniathelphusa</i>	0.636	40	Corydalidae	0.439
16	<i>Glossosoma</i>	0.612	41	<i>Centroptilum</i>	0.437
17	<i>Ophiogomphus</i>	0.596	42	<i>Micronecta</i>	0.436
18	<i>Oecetis</i>	0.589	43	tribe <i>Orthocladiinae</i>	0.429
19	<i>Chimarra</i>	0.573	44	<i>Oxythira</i>	0.421
20	<i>Brotia</i>	0.564	45	<i>Melligomphus</i>	0.416
21	<i>Ephemera</i>	0.560	46	<i>Homophylax</i>	0.405
22	<i>Agapetus</i>	0.553	47	<i>Isotomurus</i>	0.393
23	<i>Limnophila</i>	0.527	48	<i>Argriocnemis</i>	0.381
24	<i>Hydrobius</i>	0.526	49	<i>Mesovelis</i>	0.381
25	<i>Pseudoneureclipsis</i>	0.526	50	<i>Scirtes</i>	0.354

เมื่อพิจารณาระหว่างสกุลที่มีค่าสหสัมพันธ์กับแกน Ordination มากตั้งแต่ (r) เท่ากับ 0.596 หรือประมาณร้อยละ 60 ขึ้นไปจำนวน 17 สกุล (ตารางที่ 4.3.2 ข) กับสกุลที่มีค่าความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญในการแบ่งกลุ่มสถานี UPGMA โดยใช้ค่า Kruskal-Wallis = 16.929 $p < 0.0002$ ขึ้นไปจำนวน 17 สกุลเช่นกัน (ตารางที่ 4.3.1 ก) ได้แก่ แมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Goera* แมลงชีปะขาวสกุล *Choroterpes* ค้างคาวหัวเหลี่ยมสกุล *Acneus* แมลงปอสกุล *Orientogomphus* และปูหินสกุล *Somaniathelphusa* พบว่าสัตว์สกุลต่างๆเหล่านี้ มีทั้งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับ Ordination space และค่าความสำคัญในการแบ่งกลุ่มสถานีสูงตรงกัน สัตว์เหล่านี้พบมากในสถานีในลำธารเขตอุทยานฯและป่าสงวนแห่งชาติ แต่พบน้อยมากในลำธารเขตเกษตรกรรม ซึ่งสังเกตได้จากผลการวิเคราะห์การเรียงลำดับบน Ordination space เมื่อนำเอาสัตว์สกุลต่างๆเหล่านี้ไปเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่ตั้งของสถานี พบว่ามีความหนาแน่นเฉลี่ยและการกระจายของสัตว์สอดคล้องกับตำแหน่งของกลุ่มสถานีที่ I ที่อยู่ในลำธารเขตอุทยานฯและป่าสงวนแห่งชาติ ซึ่งเป็นกลุ่มสถานีที่มีสภาพแวดล้อมดีไม่ถูกรบกวนมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่นๆในกลุ่มสถานีที่ III ซึ่งถูกรบกวนมากกว่าเนื่องจากอยู่ในเขตเกษตรกรรม พบว่ามีความหนาแน่นเฉลี่ยและการกระจายของสกุลเหล่านี้ น้อยมาก

ตารางที่ 4.3.2 ค ความหนาแน่นเฉลี่ย (ตัวต่อตารางเมตร) ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน แสดงเฉพาะสกุลที่มีความสัมพันธ์กับ Ordination space ตั้งแต่ $r > 0.59$ และ ค่าสถิติ Kruskal-Wallis > 16.929

(จากการแบ่งกลุ่มสถานีด้วย UPGMA) ระหว่างกลุ่มสถานีทั้งสามกลุ่ม

อันดับ	สกุล	กลุ่มสถานีที่ I	กลุ่มสถานีที่ II	กลุ่มสถานีที่ III
Trichoptera	<i>Goera</i>	46.66	0	2.61
Ephemeroptera	<i>Choroterpes</i>	24.69	0	0.43
Coleoptera	<i>Acneus</i>	17.53	0	0.54
Odonata	<i>Orientogomphus</i>	9.62	0	0.32
Decapoda	<i>Somaniathelphusa</i>	9.87	0	0.54

จากการเปรียบเทียบความหนาแน่นเฉลี่ยระหว่างแต่ละกลุ่มสถานี (ตารางที่ 4.3.2 ค) แสดงถึงความแตกต่างทางด้านความหนาแน่นเฉลี่ยของสัตว์ทั้ง 5 สกุล ซึ่งเป็นกลุ่มสัตว์ที่สามารถใช้เป็นดัชนี

ในการแยกความแตกต่างด้านสภาพสิ่งแวดล้อมของสถานี หรือ กลุ่มสถานีของลำธารที่ศึกษาในครั้งนี้ได้

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมกับการแบ่งกลุ่มสถานีโดยใช้ข้อมูลสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินระดับสกุล

เมื่อนำข้อมูลตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับแกน Ordination space ที่พล็อต ระหว่างแกนที่ 2 กับแกนที่ 4 พบว่าตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมที่ทดสอบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับแกนที่ 2 มีจำนวน 8 ตัวแปรคือ อุณหภูมิอากาศ ($r = -0.596$, $p < 0.05$) ระดับความลึกของน้ำในลำธาร ($r = -0.762$, $p < 0.05$) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ($r = 0.700$, $p < 0.05$) ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม ($r = 0.505$, $p < 0.05$) ค่าของแข็งละลายน้ำ ($r = 0.689$, $p < 0.05$) ความเร็วของกระแสน้ำ ($r = 0.495$, $p < 0.05$) องค์ประกอบพื้นลำธาร ($r = -0.473$, $p < 0.05$) และอุณหภูมิน้ำ ($r = -0.611$, $p < 0.05$) โดยตัวแปรที่มีความสำคัญมากคือ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ค่าของแข็งละลายน้ำ ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม ความเร็วของ กระแสน้ำ และขนาดขององค์ประกอบตามพื้นลำธาร ได้ลดลงจากแกนด้านบวกไปหาแกนด้านลบ ขณะที่อุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิอากาศและระดับลึกของน้ำในลำธารเพิ่มขึ้นจากแกนด้านบวกไปหาแกนด้านลบ ตัวอย่างเช่น สถานีที่ 16 และสถานีที่ 39 ซึ่งอยู่คนละด้านของแกนที่ 2 มีความแตกต่างของค่าตัวแปรต่างๆทั้ง 8 ตัวแปรดังนี้คือ สถานีที่ 16 มีอุณหภูมิอากาศ 25 องศาเซลเซียส ระดับลึกของน้ำในลำธาร 0.18 เมตร ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 445 ไมโครซิเมนต่อเซ็นติเมตร ความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุมร้อยละ 70 ค่าของแข็งละลายน้ำ 297 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเร็วของกระแสน้ำ 0.48 เมตรต่อวินาที องค์ประกอบของพื้นลำธารประเภทที่มีขนาดใหญ่ (หิน และกรวด) ร้อยละ 13.65 ประเภทที่มีขนาดเล็ก (ทรายและตะกอน) ร้อยละ 86.32 และอุณหภูมิ น้ำ 22.5 องศาเซลเซียส ในขณะที่สถานีที่ 39 มีอุณหภูมิอากาศ 26.93 องศาเซลเซียส ระดับลึกของน้ำในลำธาร 0.48 เมตร ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 389.67 ไมโครซิเมน ต่อเซ็นติเมตร ความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุมร้อยละ 30 ค่าของแข็งละลายน้ำ 261.33 มิลลิกรัม ต่อลิตร ความเร็วของ กระแสน้ำ 0.24 เมตรต่อวินาที องค์ประกอบของพื้นลำธาร ประเภทที่มีขนาดใหญ่ (ก้อนหิน และกรวด) ร้อยละ 0.27 ประเภทที่มีขนาดเล็ก (ทรายและตะกอนละเอียด) ร้อยละ 99.7 และอุณหภูมิ น้ำ 24.3 องศาเซลเซียส

ตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับแกนที่ 4 มีจำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่อุณหภูมิอากาศ ($r = 0.403$, $p < 0.05$) ระดับลึกของน้ำในลำธาร ($r = 0.304$, $p < 0.05$) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ($r = -0.438$, $p < 0.05$) ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม ($r = -0.379$, $p < 0.05$) และค่า

และค่าของแข็งละลายน้ำ ($r = -0.443$, $p < 0.05$) โดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ค่าของแข็งละลายน้ำ และความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุมลดลงจากด้านลบไปหาด้านบวกของแกน ขณะที่อุณหภูมิอากาศ และระดับลึกของน้ำในลำธารเพิ่มขึ้นจากด้านลบไปหาด้านบวกของแกน ตัวอย่าง เช่น สถานีที่ 5 และสถานีที่ 50 ซึ่งอยู่คนละด้านของแกนที่ 4 มีความแตกต่างกันของค่าตัวแปรทั้ง 5 ตัวแปรคือ สถานีที่ 5 มีอุณหภูมิอากาศเท่ากับ 25.5 องศาเซลเซียส ระดับลึกของน้ำในลำธาร 0.12 เมตร ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 445 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร ความหนาแน่นของป่าไม้ปกคลุมร้อยละ 70 และค่าของแข็งละลายน้ำ 296.67 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่สถานีที่ 50 มีอุณหภูมิอากาศ 29 องศาเซลเซียส ระดับลึกของน้ำในลำธาร 0.42 เมตร ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ 396.67 ไมโครซิเมนต่อเซนติเมตร ความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุมร้อยละ 0 และค่าของแข็งละลายน้ำ 267.33 มิลลิกรัมต่อลิตร

ระหว่างกลุ่มตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมทั้ง 9 ตัวแปรข้างต้นและค่าออกซิเจนละลาย เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เพราะฉะนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ว่าตัวแปรใดหรือกลุ่มตัวแปรกลุ่มใดที่มีผลต่อการดำรงอยู่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดมากที่สุด ซึ่งถูกแบ่งกลุ่มสถานีที่สัตว์อาศัยอยู่นั้นด้วย UPGMA โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ทำให้มีการแยกจากกัน (DFA Options ใน SPSS) ซึ่งผลสรุปว่า Function 1 มีตัวแปรที่มีนัยสำคัญมากกว่า Function 2 เช่นเดียวกันกับการใช้ข้อมูลชีวภาพระดับวงศ์ เนื่องจาก Function 1 มีจำนวนตัวแปรที่ทดสอบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญถึง 7 ตัวแปร ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงได้แก่ ค่าของแข็งละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ตัวแปรที่มีค่าสูงและมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันรองลงมาได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม และอุณหภูมิน้ำ ตัวแปรดังกล่าวเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากใน Function 1 ขณะที่ตัวแปรใน Function 2 ได้ผลทดสอบตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญได้เพียง 3 ตัวแปร แต่มีตัวแปรที่เด่นคือปริมาณออกซิเจนละลาย เป็นตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงมากถึง 0.925 แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดระหว่างทั้งสอง Function พบว่า Function ที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.92 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรต่างๆ ได้ถึงร้อยละ 83.7 มากกว่า Function ที่ 2 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.71 ต่ำกว่าและสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรต่างๆ ได้เพียงร้อยละ 16.3 (ตารางที่ 4.3.2 ง) ดังนั้นตัวแปรใน Function 1 จำนวน 7 ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญคือ ค่าของแข็งละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ อุณหภูมิอากาศ ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม อุณหภูมิน้ำ ระดับลึกของน้ำในลำธาร และความเป็นกรด-ด่างของน้ำ จึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำรงอยู่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำจืดสกุลต่างๆ ที่อยู่ในกลุ่มสถานีทั้ง 3 กลุ่ม โดยเฉพาะ 5 ตัวแปรแรกตามลำดับ

ตารางที่ 4.3.2๑ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับกลุ่มสถานี UPGMA

(ทั้งสอง Functions ทดสอบด้วย Wilks' Lambda ที่ $p < 0.05$ Options ใน SPSS)

ตัวแปร	Function 1	Function 2
ค่าของแข็งละลาย	-0.725*	0.187
ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ	-0.701*	0.180
อุณหภูมิอากาศ	0.356*	-0.150
ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม	-0.340*	0.060
อุณหภูมิน้ำ	0.333*	-0.201
ความลึก	0.293*	-0.021
ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ	0.172*	0.141
ออกซิเจนละลาย	0.069	0.925*
องค์ประกอบพื้นลำธาร	0.134	-0.165*
ความเร็วกระแสน้ำ	0.019	0.038*
Canonical correlation (r)	0.92	0.71
Percent of variance explained	83.7	16.3

* ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

สรุปได้ว่าตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการกระจายและการดำรงอยู่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินในแต่ละกลุ่มสถานี โดยการใช้ข้อมูลทางชีวภาพระดับวงศ์และระดับสกุล พบว่าได้ผลสอดคล้องกันคือ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ค่าของแข็งละลายน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความหนาแน่นของป่าไม้ปกคลุมและอุณหภูมิน้ำ ล้วนแต่เป็นตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงใน Function ที่ 1 และตัวแปรเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการกระจายและการดำรงอยู่ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินทั้งในระดับวงศ์และระดับสกุล สำหรับ Function ที่ 2 ของทั้งสองระดับพบว่าตัวแปรปริมาณออกซิเจนละลายเป็นตัวแปรที่เด่น ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูง ดังนั้นตัวแปรนี้ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในลำธารเช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อการกระจายของชนิดและจำนวนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดิน โดยการใช้ค่าสถิติที่แตกต่างกันและระดับข้อมูลชีวภาพที่แตกต่างกัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3.2๑ พบว่าการวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติที่แตกต่างกันได้ผลใกล้เคียงกัน แต่

สถิติเชิงเดียวให้ผลที่ละเอียดกว่า และสำหรับวิธีของสถิติเชิงซ้อนที่ใช้ข้อมูลชีวภาพระดับสฤทจะให้ผลลัพธ์ที่ละเอียดกว่าข้อมูลชีวภาพระดับวงศ์ นอกจากนี้การวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อ 4.1 พบว่าความลึกของน้ำมีความสัมพันธ์กับความเร็วของกระแสน้ำอย่างมีนัยสำคัญ และค่าของแ่งละลายน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน

ผลการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเชิงเดียว สรุปได้ว่าตัวแปรทางด้านกายภาพที่มีความสำคัญต่อการกระจายของชนิด และความหนาแน่นของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในการศึกษาครั้งนี้คือ ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ ความลึกของน้ำ ค่าของแ่งละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ และ องค์ประกอบของพื้นลำธาร ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงซ้อนโดยใช้ข้อมูลทางชีวภาพระดับต่างกันคือระดับวงศ์และระดับสฤท ก็พบว่าตัวแปรเหล่านี้มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญต่อการกระจายและดำรงอยู่ของสัตว์ในแต่ละกลุ่มสถานะเช่นเดียวกันกับผลของสถิติเชิงเดียว

ตารางที่ 4.3.2จ เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวแปรกายภาพด้วยค่าสถิติต่างกัน และข้อมูล

ชีวภาพระดับต่างกัน

(+ หมายถึงมีความสำคัญ - หมายถึงไม่มีความสำคัญ)

ตัวแปรกายภาพ	สถิติเชิงเดียว	สถิติเชิงซ้อน	
		ข้อมูลชีวภาพระดับวงศ์	ข้อมูลชีวภาพระดับสฤท
1. ร้อยละของความหนาแน่นป่าไม้ปกคลุม	+	+	+
2. อุณหภูมิอากาศ	+	+	+
3. อุณหภูมิน้ำ	+	+	+
4. ความลึกของน้ำ	+	+	+
5. ความเร็วของกระแสน้ำ	-	-	-
6. ค่าของแ่งละลาย	+	+	+
7. ค่านำไฟฟ้าของน้ำ	+	+	+
8. องค์ประกอบพื้นลำธาร	+	-	+
9. ค่าออกซิเจนละลาย	-	-	-
10. ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ	+	-	-
รวมจำนวนตัวแปรที่มีความสำคัญ	8	6	7