บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โพรโทซัว (Protozoa) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวพวกยูคารีโอต (eukaryotic organisms) มีขนาดตั้งแต่ 1 ไมโครเมตร ถึง 5 มิลลิเมตร มีนิวเคลียสอย่างน้อย 1 อัน หรืออาจจะมีมากกว่านั้นที่สำคัญไซโทพลาสซึมมีเยื่อหุ้ม การศึกษาวิจัยเซลล์ในทางชีววิทยาส่วนใหญ่จะใช้เซลล์ของโพรโทซัวในการศึกษา เนื่องจากเป็นเซลล์แบบยูคารีโอตที่มีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ ดังนั้นเซลล์ของโพรโทซัวจึงเป็นเซลล์ที่มีลักษณะพื้นฐานทั่วไปนั่นเอง โพรโทซัวดำรงชีวิตในน้ำหรือในสภาพชื้นจึงมีการปรับตัวเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในน้ำ ออร์แกเนลล์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ได้แก่ แฟลเจลลัม (flagellum) ซูโดโพเดียม (pseudopodium) หรือเท้าเทียม และซิเลีย (cilia) (นันทพร จารุพันธุ์, 2547) โพรโทซัวหลายชนิดมีคอนแทร็คไทล์แวคิวโอล (contractile vacuole) ถุงอาหาร (food vacuole) และพลาสติดซึ่งมี 3 ชนิด คือ คลอโรพลาสต์ (chloroplast) โครโมพลาสต์ (chromoplast) ลิวโคพลาสต์ นอกจากนี้ยังมีออร์แกเนลล์ตามปกติของเซลล์ เช่น ไมโทคอนเดรีย (mitochondria) กอลจิบอดี้ (Golgi body) เซนทริโอล (centriole) และไลโซโซม (lysosome) เป็นต้น (Levine *et al*., 1980)

โพรโทซัวที่พบมีมากกว่า 65,000 ชนิด ซึ่งครึ่งหนึ่งของจำนวนนี้เป็นฟอสซิล และประมาณ 10,000 ชนิด เป็นฟอสซิลของโพรโทซัวที่เป็นปรสิต โพรโทซัวที่ยังดำรงชีวิตอยู่ในโลกนี้ มีพวกที่ดำรงชีวิตแบบอิสระ (free living) จัดอยู่ในกลุ่มซาร์โคดินา (sarcodinas) มี 11,300 ชนิด แฟลเจลเลต (flagellates) 5,100 ชนิด และซิลิเอต (ciliates) 4,700 ชนิด ส่วนโพรโทซัวที่ดำรงชีวิตแบบปรสิตจัดอยู่ในกลุ่มซาร์โคดินา 250 ชนิด แฟลเจลเลต 1,800 ชนิด ซิลิเอต 2,500 ชนิดและสปอโรซัว (sporozoa) 5,600 ชนิด (Levine, 1980 : Anonymous, 2003)

1. สัณฐานวิทยาของโพรโทซัว

1.1 โครงสร้างที่ช่วยทำให้เซลล์คงรูป

เยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma membrane หรือ Cell membrane) ของโพรโทซัวเป็น mosaic membrane หรือ plasmalemma ซึ่งอาจหนาขึ้นและคงรูปได้มากขึ้นเป็นเพลลิเคิล (pellicle) นอกจากนี้ ยังอาจสร้างเปลือก (shell) หุ้มด้านนอกได้อีก เยื่อหุ้มเซลล์จึงเป็นตัวกลางระหว่างโพรโทพลาสซึมกับสิ่งแวดล้อมและมีคุณสมบัติเป็นเยื่อคัดผ่าน (selective permeable membrane) (นันทพร จารุพันธุ์, 2547) เยื่อหุ้มเซลล์ส่วนมากเป็นเยื่อชั้นเดียวที่อ่อนนุ่ม โพรโทซัวที่มีเยื่อหุ้ม

เซลล์แบบนี้จะไม่สามารถคงรูปร่างอยู่ได้ รูปร่างจึงเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของเซลล์ เช่น *Amoeba* sp. เยื่อหุ้มเซลล์ที่ซับซ้อนขึ้นอาจจะมีมากกว่าหนึ่งชั้นทำให้เยื่อหุ้มเซลล์หนาและแข็งขึ้น (Farmer, 1980) โพรโทซัวบางชนิดสามารถสร้างเปลือกขึ้นมาปกคลุมตัวมันเองเพื่อเพิ่มความแข็งแรง และ/หรือป้องกันตัว ได้แก่

ก. ทีกา (Theca) เป็นเปลือกหุ้มเซลล์สร้างมาจากเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง มีลักษณะคล้ายกับผนังเซลล์ของพืชที่เรียกว่าผนังเซลล์ (cell wall) ซึ่งสร้างมาจากสารเซลลูโลส อาจมีชั้นเดียวหรือเป็นแผ่นๆ ต่อกันหลายชั้น พบว่ามีสารพวกเจลลาติน (gelatinous substance) มาหุ้มรอบอีกชั้นหนึ่ง มักพบทีกาในพวกไดโนแฟลเจลเลต (dinoflagellate) หลายชนิด เช่น *Goniodoma acuminata* และ *Peridinium tabulatum* เป็นต้น (Farmer, 1980)

ข. เปลือก (Shell และ Test) เป็นส่วนหุ้มเซลล์สร้างจากเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นสารพวกไคติน เปลือกที่สร้างขึ้นมาใหม่นั้นจะไม่มีสี แต่เมื่อเวลาผ่านไปหรือเมื่อโพรโทซัวอายุมากขึ้นจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม เช่น *Arcella vulgaris* มีเปลือกเป็นสารพวกไคติน (chitinous test) เปลือกของ *Difflugia* spp. มีสารประกอบพวกเกลือแร่ (minerals test) ที่เกิดจากการนำวัตถุต่างๆรอบตัวมาห่อหุ้มเซลล์ เปลือกของไดอะตอมและสารอื่นๆ เข้าด้วยกัน หรือเกิดจากเจลลาติน (gelatin) ที่สร้างโดยเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งจะทำให้เม็ดทรายหรือเศษผงต่างๆ มายึดติดปะปนรวมอยู่ด้วยกัน เปลือกหินปูน (calcareous test) ประกอบด้วยสารหินปูน เช่น เปลือกของพวกฟอแรมินิเฟอแรน (foraminiferan) เปลือกซิลิคอน (siliceous test) เป็นสารประกอบซิลิกา เช่น เปลือกของพวกเรดิโอลาเรียน (radiolarian) ช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการป้องกันตัว (Farmer, 1980)

ค. ลอริกา (Lorica) สร้างมาจากเยื่อหุ้มเซลล์มีลักษณะเป็นสารประกอบพวกไคติน ทั้งหมดพบในโพรโทซัว Class Oligohymenophorea เช่น *Vorticella convallaria* Class Suctoria เช่น *Acineta lacustris* และ *Tokophrya cyclopum* จะสร้างลอริกาหุ้มตัวและยึดติดกับที่อาศัย บางชนิดอาจจะสร้างลอริกาอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ลักษณะของลอริกาต่างจากเปลือก คือ โพรโทซัวที่สร้างลอริกาจะสามารถเคลื่อนที่เป็นอิสระอยู่ภายในลอริกา เช่น *Trachelomonas* sp. เมื่อลอริคาแตกออกสามารถว่ายน้ำเป็นอิสระได้ (Farmer, 1980)

ง. คิวติเคิล (Cuticle) เป็นเยื่อที่ไม่มีชีวิตประกอบด้วยสารประกอบไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรต พบเฉพาะในพวก Sporozoa และแฟลเจลเลตบางชนิดเท่านั้น (Farmer, 1980)

1.2 ออร์แกเนลล์ภายในของโพรโทซัว

1.2.1 นิวเคลียส (Nucleus) เป็นออร์แกเนลล์ที่สำคัญที่สุดในเซลล์ นิวเคลียสมีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น คือเยื่อหุ้มชั้นใน (inner membrane) กับเยื่อหุ้มชั้นนอก (outer membrane) โพรโทซัวโดยทั่วไปมีนิวเคลียสเพียงชนิดเดียวยกเว้นซิลิเอตที่มีนิวเคลียส 2 ชนิดซึ่งแตกต่างกันที่ขนาดและ

องค์ประกอบภายใน นิวเคลียสประกอบด้วยโครมาติน 2 ชนิดคือ โทรโฟโครมาติน (trophochromatin) ประกอบด้วยกรดไรโบนิวคลิอิค (RNA) และไอดิโอโครมาติน (idiochromatin) ประกอบด้วยกรดดิออกซิไรโบนิวคลิอิค (DNA) โครมาติน 2 ชนิดนี้อาจรวมอยู่ภายในนิวเคลียสเดียวกันหรือแยกกันเป็น 2 ชนิดก็ได้ Farmer (1980) กล่าวว่าโพรโทซัวใน Class Ciliophora มีนิวเคลียส 2 ชนิด คือ (1) มาโครนิวเคลียส (macronucleus) เป็นนิวเคลียสที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีโทรโฟโครมาตินทำหน้าที่ควบคุมเมแทบอลิซึม (metabolism) ของเซลล์ และ (2) ไมโครนิวเคลียส (micronucleus) มีขนาดเล็กกว่า มีไอดิโอโครมาตินทำหน้าที่เกี่ยวกับควบคุมการสืบพันธุ์ของเซลล์ ลักษณะนิวเคลียสแบบนี้ส่วนใหญ่พบในพวกซิลิเอต

1.2.2 นิวคลีโอลัส (Nucleolus) นิวคลีโอลัสอยู่ภายในนิวเคลียสมีสารประกอบพันธุกรรมและซึ่งสร้างขึ้นในระยะเทโลเฟส (telophase) นิวคลีโอลัสมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ไรโบโซม (ribosome) ในไซโทพลาซึม (Farmer, 1980)

1.2.3 คอนแทร็คไทล์แวคิวโอล (Contractile vacuole) พบมากในโพรโทซัวที่อยู่ในน้ำจืด ซึ่งจำเป็นจะต้องกำจัดน้ำที่เกิดจากการออสโมซีสของน้ำจากภายนอกเข้าสู่เซลล์ ทั้งนี้เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ให้คงที่อยู่ได้ อัตราการบีบตัวของคอนแทร็คไทล์แวคิวโอลขึ้นอยู่กับความดันออสโมซิสของน้ำที่เซลล์อาศัยอยู่ กล่าวคืออัตราการบีบตัวจะลดลงถ้าความดันออสโมซิสของน้ำที่มันอาศัยอยู่เพิ่มขึ้น แต่จะเร็วขึ้นถ้าความดันออสโมซิสของน้ำลดลง (บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์, 2539) Brandt and Pappas (1962) กล่าวว่าคอนแทร็คไทล์แวคิวโอล มีลักษณะเป็นถุงหุ้มด้วยเยื่อ (membrane) บางๆบริเวณรอบนอกที่มีท่อขนาดเล็กเรียงกันอยู่อย่างหนาแน่นซึ่งเป็นท่อนำน้ำเข้าสู่คอนแทร็คไทล์แวคิวโอล คอนแทร็คไทล์แวคิวโอลของโพรโทซัวน้ำจืดทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำภายในเซลล์ (osmoregulatory) Hausmann and Hulsmann (1996) กล่าวว่าคอนแทร็คไทล์แวคิวโอลมีหน้าที่ในการขับน้ำออกจากเซลล์ เพราะโพรโทซัวไม่มีเซลล์ในการขับน้ำ ในโพรโทซัวที่ไม่มีผนังเซลล์ส่วนใหญ่มีคอนแทร็คไทล์แวคิวโอล 1 อันบางชนิดมี 2 อันหรืออาจจะมีมากถึง 15-20 อัน เช่น *Dileptus* sp. และกลุ่ม Homalozoan

1.3 ออร์แกเนลล์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่

1.3.1 ซิเลีย (Cillia) เป็นออร์แกเนลล์ที่เจริญมาจากไคเนโทโซม (kinetosome) ที่ยื่นออกมาภายนอกเซลล์ พบในโพรโทซัว Class Ciliophora ลักษณะของซิเลียมีขนาดเล็กและสั้น ความยาวเท่ากันหรือไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของโพรโทซัว การเรียงตัวของซิเลียซับซ้อนเป็นแถวตามยาว (longitudinal) ตามขวาง (oblique) หรือเป็นเกลียว (spiral) ซิเลียเชื่อมรวมกันเป็นแผ่นสั้นๆ เช่น aboral membranellae ของ *Paramecium caudatum* บางทีอาจเป็นแถวและเป็นแผงยาว เช่น

undulating membranellae ของ *Spirostomum intermedium* และซิเลียที่รวมกันเป็นมัด แท่งแข็ง เรียกว่าเซอร์ไร (cirri) เช่น *Euplotes patella*

1.3.2 แฟลเจลลา (Flagella) เป็นออร์แกเนลล์มีลักษณะเป็นเส้นคล้ายเส้นขนที่ยื่นออกมาจากใต้เยื่อหุ้มเซลล์ พบใน Class Mastigophora จำนวนแฟลเจลลาของแต่ละชนิดมีจำนวนไม่เท่ากัน เช่น *Anisonema acinus* มี 2 เส้น *Certeria ellipsoidalis* มี 4 เส้น *Hexamita salmonis* มี 8 เส้น และ *Spirotrichonympha leidyi* มีมากกว่า 8 เส้น แฟลเจลลาประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1) elastic axial filament หรือ axoneme และ 2) contractile cytoplasmic sheath อยู่รอบๆ axoneme ของแฟลเจลลามีจุดกำเนิดมาจาก blepharoplast ซึ่งฝังตัวอยู่ในไซโทพลาซึม blepharoplast เป็นออร์แกเนลล์ขนาดเล็ก แต่ในพวกปรสิตจะมีขนาดใหญ่ลักษณะรูปไข่หรือลักษณะเป็นท่อนโครงสร้างของแฟลเจลลาและซิเลียคล้ายคลึงกัน แฟลเจลลาเป็นเส้นยาวเมื่อเทียบกับตัวเซลล์และเคลื่อนไหวแบบลูกคลื่นในระนาบเดียวหรือเป็นแบบเกลียว ส่วนซิเลียจะค่อนข้างสั้นเมื่อเทียบกับขนาดของเซลล์และมีการโบกแบบสลับคือจังหวะโบกไปเร็วและแรง (effective stroke) แล้วโบกกลับอย่างช้าๆ (recovery stroke) คล้ายการพายเรือ

1.3.3 เท้าเทียม (Pseudopodia) เป็นออร์แกเนลล์เกิดจากไซโทพลาซึมที่ยื่นออกไปชั่วคราวพบใน Class Sarcodina, Class Mastigophora บางชนิด และ Class Suctoria บางชนิด เท้าเทียมมี 4 แบบ คือ

ก. โลโบโพเดียม (Lobopodium) เกิดจากไซโทพลาซึมที่แผ่ขยายออกไปเนื่องจากเป็นการไหลของเอกโทพลาซึม (ectoplasm) และเอนโดพลาซึม (endoplasm) มีลักษณะป้าน และ/หรือคล้ายนิ้วมือ เช่น เท้าเทียมของ *Amoeba proteus*

ข. ฟิโลโพเดียม (Filopodium) เป็นไซโทพลาซึมที่ยื่นออกไปภายนอกเป็นเส้นรอบๆ ตัวโพรโทซัวในพวกที่มีเปลือก (testaceans) หลายชนิด เช่น *Euglypha* sp. และ *Clypeolina marginata* ใน *Amoeba radiosa* พบว่าเท้าเทียมมักเป็นแบบฟิโลโพเดียมมากกว่าที่จะเป็นแบบโลโบโพเดีย

ค. ไรโซโพเดียม (Rhizopodium) เป็นส่วนของไซโทพลาซึมที่แผ่ขยายยื่นออกไปมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ (filamentous) แตกแขนงและไขว้ทับกัน (anastomos) คล้ายรากฝอยของพืช พบในพวกฟอแรมินิเฟอแรน (foraminiferan) เช่น *Elphidium* sp. และ *Peneroplis* sp. พบในพวกที่มีเปลือก เช่น *Lieberkuhnia* sp. และ *Myxotheca* sp. การแตกแขนงและไขว้ทับกันของไรโซโพเดีย rhizopodium ซึ่งสร้างเป็นตาข่ายขนาดใหญ่ไว้สำหรับดักเหยื่อหรืออาหาร ส่วนปลายมีลักษณะค่อนข้างกลมทู่

ง. แอ็กโซโพเดียม (Axopodium) มีโครงสร้างแบบกึ่งถาวร (semipermanent structure) ประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นแกนเรียกว่า axial rod และไซโทพลาซึมหุ้มรอบนอก (cytoplasmic envelope) เช่นเท้าเทียมของ *Actinophrys sol*

1.4 การจัดจำแนกชนิดของโพรโทซัว

การจำแนกชนิดของโพรโทซัว นักชีววิทยาใช้ออร์แกเนลล์ที่ใช้กินอาหาร (feeding) การเคลื่อนที่ (locomotion) และการสืบพันธุ์ (reproduction) Kudo (1966) ได้จัดแบ่งโพรโทซัวที่การดำรงชีวิตแบบอิสระ (free living) ออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ โดยใช้ออร์แกเนลล์ในการเคลื่อนที่ คือ Class Ciliophora ใช้ซิเลียในการเคลื่อนที่ Class Mastigophora ใช้แฟลเจลลาในการเคลื่อนที่ Class Sarcodina และ Class Suctoria บางชนิดใช้เท้าเทียม (pseudopodia) ในการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ Class Suctoria มีก้าน (stalk) เพื่อใช้สำหรับยึดเกาะกับแหล่งที่อยู่อาศัย Levine *et al.* (1980) ได้จัดแบ่งโพรโทซัว เป็น 7 Phylum ได้แก่ Phylum Sarcomastigophora Phylum Labyrinthomorpha Phylum Apicomplexa Phylum Microspora Phylum Ascetospora Phylum Myxospora และ Phylum Ciliphora ซึ่งอาจมีการดำรงชีวิตแบบอิสระ (free-living) แบบพึ่งพาซึ่งกันและกัน (mutualism) แบบฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์แต่อีกฝ่ายไม่เสียประโยชน์ (commensalism) หรือเป็นปรสิต (parasitism) ก็ได้ Barrett *et al.* (1986) และ Farmer (1980) จัดโพรโทซัวอยู่ใน Kingdom Protista Subkingdom Protozoa โดยจัดแบ่งออกเป็น 6 Phylum คือ Phylum Sarcomastigophora Phylum Sporozoa (Apicomplexa) Phylum Microspora Phylum Ascetospora Phylum Myxozoa และ Phylum Ciliophora ซึ่งก็อาศัยลักษณะของออร์แกเนลล์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์ และการดำรงชีวิตในระบบนิเวศเช่นกัน การศึกษาครั้งนี้ใช้การจำแนกตามแบบของสมาคมนักโพรโทซัววิทยา ในปี ค.ศ 1985 ซึ่งมี Lee, Hutner และ Boves เป็นบรรณาธิการ คือ

Subkingdom Protozoa

Phylum Sarcomastigophora

Subphylum Mastigophora

Class Phytomastigophorea

Class Zoomastigophorae

Subphylum Opalinata

Class Opalinate

Subphylum Sarcodina

Superclass Rhizopodea

Class Lobosea

Class Acarpomyxea

Class Mycetozoea

Class Filosea

Class Granuloreticulosea

Superclass Actinopodea

Class Actinopodea

Class Polycystinea

Class Phaeodarea

Class Heliozoea

Phylum Labyrinthomorpha

Class Labyrinthomorpha

Phylum Apicomplexa

Class Telosporea

Class Piroplasmea

Phylum Myxospora

Class Myxosporea

Phylum Microspora

Class Microsporea

Class Haplosporea

Phylum Ciliophora

Subphylum Postciliodesmatophora

Class Karyorelictea

Class Spirotrichea

Subphylum Rhabdophora

Class Prostomatea

Class Litostomatea

Subphylum Cyrtophora

Class Polyhymenophorea

Class Phyllopharyngea

Class Nassophorea

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Class Oligohymenophorea

Class Kinetofragminophrea

Class Colpodea

2. การกระจายตัวของโพรโทซัว

โพรโทซัวมีการกระจายตัวได้ทั่วไปทั้งในแหล่งน้ำจืด และน้ำเค็ม พบได้ทั่วโลก (นันทพร จารุพันธ์, 2539) มีรายงานการพบชนิดใหม่ของโพรโทซัวในประเทศต่างๆ ดังนี้ ประเทศออสเตรีย ศึกษาโพรโทซัวพวกอะมีบาในดิน พบโพรโทซัวชนิดใหม่ ได้แก่ *Centropyxis pseudodeflandriana*, *Planhoogenraadia asturica*, *P. cantabrica* และ *P. gracilis* (Bonnet and Gomez-Sanchez, 1984) Foissner (1990) ศึกษาซิลิเอตในดินที่ประเทศออสเตรเลีย จัดจำแนกชนิดโดยใช้วิธี cilia silver impregnation method และดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนนับจำนวนแถวของ polykinety พบโพรโทซัวชนิดใหม่คือ *Kuenhneltiella terricola* นอกจากนี้ประเทศสหรัฐอเมริกา Foissner and Foissner (1993) สำรวจโพรโทซัวจากดินโดยศึกษาจากลักษณะภายนอกและ kinety พบโพรโทซัวชนิดใหม่ คือ *Spiromena terricola* และ *Stereonema geiseri* Foissner (1994) ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของโพรโทซัวกลุ่มซิลิเอตจากเนินทราย Sand dunes ประเทศสหรัฐอเมริกา พบชนิดใหม่คือ *Circinella arenicola* ซึ่งมีลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ ห่อหุ้มเซลล์ มี cirri ทางด้านท้องสั้น ไม่มี cirri ตามแนวขวางและทางด้านหาง มีขนาด 400 x 20 ไมโครเมตร Barria and Parodi (2001) พบโพรโทซัวกลุ่มซิลิเอตได้แก่ *Rhopalophrya salina*, *Uronema* sp. และ *Blepharisma* sp. ในประเทศอาร์เจนตินา และ Page (1983) พบโพรโทซัว เช่น *Mayorella vespertiliodes*, *M. cantabrigiensis*, *M. penardi* ในประเทศอังกฤษ ในทวีปเอเชียมีการศึกษาในบางประเทศ เช่น Song and Wilbert (1989) ศึกษาสัณฐานวิทยากลุ่มซิลิเอตจากดินที่ประเทศจีน โดยดูจากลักษณะรูปร่าง เซลล์แบนด้านบนและล่าง สีของแกรนูลส์ในไซโทพลาซึมเป็นสีดำ ตำแหน่งของมาโครนิวเคลียส การเรียงตัวและตำแหน่งของซิเลีย พบชนิดใหม่คือ *Uroleptoides gingdaoensi* Zhao and He (1999) พบโพรโทซัว 41 ชนิดในตอนเหนือของฮีบิในประเทศจีนชนิดที่พบบ่อยได้แก่ *Vorticella campanula*, *Epistylis breviramosa* และ *Euplotes terricola* Yang *et al.* (2005) ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะรูปแบบโครงร่าง ความสำคัญ และการกระจายตัวทางภูมิศาสตร์ของ *Difflugia mulanensis* ในทะเลสาบมู่ลานประเทศจีน โดยดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่ามีรูปร่างคล้ายเหยือกน้ำ ช่องเปิดเป็นปลอกคอรูปกรวยขนาดกว้าง คอยาว ปลายยอดกลม มี 1 นิวเคลียส เป็นสปีชีส์ที่มีรูปร่างแบบเดียวมีเพียงความสูงของปลอกคอที่มีความผันแปรได้ ซึ่งโพรโทซัวชนิดนี้มีการกระจายตัวเฉพาะแห่ง ในปีเดียวกัน Zhao *et al.* (2005) ยังได้สำรวจ

โพรโทซัวในประเทศจีนพบทั้งหมด 16 ชนิด โพรโทซัวกลุ่มที่มีความหนาแน่นมากที่สุดได้แก่ *Vorticella campanula* และ *Epistylis daphniae* สำหรับการศึกษาโพรโทซัวในประเทศไทยส่วนใหญ่ศึกษาความหลากชนิดในแหล่งน้ำจืด เช่น อินทิรา ปรุงเกียรติ (2542) ตรวจวัดคุณภาพน้ำและชนิดโพรโทซัวในคลองแม่ข่า จังหวัดเชียงใหม่ พบโพรโทซัว 104 ชนิด พินิจ หวังสมนึก และคณะ (2545) สำรวจโพรโทซัวในเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น พบโพรโทซัว 47 ชนิด Golemansky and Todorov (2000) พบโพรโทซัวกลุ่มอะมีบาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 91 ชนิด โดยมีโพรโทซัวจำนวน 18 ชนิดที่พบครั้งแรกในประเทศไทย นอกจากนี้ พินิจ หวังสมนึก (2544) ได้รายงานการสำรวจเบื้องต้นถึงความหลากชนิดของโพรโทซัวกลุ่มซิลิเอตที่อาศัยอยู่ในดินในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พบซิลิเอตโพรโทซัวทั้งหมด 40 ชนิด 13 ชนิด ยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน และชนิดที่ยังไม่สามารถจัดจำแนกได้ 12 ชนิดซึ่งในจำนวนนี้หลายชนิดมีรายงานว่าพบอยู่ในน้ำจืดด้วย ขัตติยา หนองหาร (2549) สำรวจความหลากชนิดของโพรโทซัวดินในบริเวณอุทยานแห่งชาติน้ำหนาวและอุทยานแห่งชาติภูเก้า-ภูพานคำ พบโพรโทซัวทั้งหมดจำนวน 52 ชนิด

3. นิเวศวิทยาของโพรโทซัว

โพรโทซัวเป็นองค์ประกอบทางชีวภาพที่สำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำและห่วงโซ่อาหาร รวมทั้งเป็นอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อนและสัตว์น้ำอื่นๆ (บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์, 2539) การเจริญเติบโตของโพรโทซัวเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การกินอาหารและความต้องการน้ำ โพรโทซัวดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาวะที่มีความชื้นและมีอาหารเพียงพอ ซึ่งโพรโทซัวในดินนั้นสามารถรับรู้บริเวณที่มีน้ำ และอาจพบโพรโทซัวในดินได้บนผิวของพืชหรือบนดินที่มีน้ำเคลือบอยู่ ซึ่งโพรโทซัวเหล่านี้สามารถที่จะปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมได้ (Foissner, 1987) นอกจากนี้ยังมีส่วนสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินและมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่นๆ ในดิน โดยโพรโทซัวอยู่ในฐานะผู้บริโภคจุลินทรีย์โดยกินแบคทีเรีย สารอินทรีย์และจุลินทรีย์อื่นๆ เป็นอาหารและช่วยสร้างธาตุอาหารให้กับดิน เมแทบอลิซึมของโพรโทซัวยังไปกระตุ้นการเกิดเมแทบอลิซึมของแบคทีเรีย (ขัตติยา หนองหาร, 2549 ดัดแปลงจาก Ebringer *et al.*, 1969; Derbyshire, 1992) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการรักษาสมดุลของธาตุอาหารให้เกิดการหมุนเวียนเป็นวัฏจักร โพรโทซัวดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่ออยู่ในสภาวะที่ชุ่มชื้นและมีอาหารที่เพียงพอ ปริมาณและการแพร่กระจายของโพรโทซัวขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (soil fertility) อินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter) ความชื้นในดิน (soil moisture) อุณหภูมิดิน (soil temperature) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอนินทรียสาร (inorganic matter) โพรโทซัว

ดำรงชีวิตอยู่ทั้งในน้ำกร่อย น้ำจืดและบริเวณที่มีความชื้นอยู่ เช่นบริเวณที่มีหญ้ามอสเจริญ วัตถุอินทรีย์ที่กำลังย่อยสลายหรือแม้กระทั่งในดิน ซึ่งในบางครั้งจะมีโพรโทซัวเจริญขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยรวมแล้วโพรโทซัวสามารถทนต่อปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพและเคมีค่อนข้างกว้าง ในขณะที่องค์ประกอบทางชีวภาพมีความสำคัญในการบ่งชี้ความสัมพันธ์ของโพรโทซัวในแต่ละแหล่งอาศัย (Hausmann and Hulsmann, 1996) โพรโทซัวเจริญเติบโตได้ทั้งในสภาวะทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจนเป็นครั้งคราว (facultatively anaerobic) โดยทั่ว ๆ ไปโพรโทซัวเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส หากมีการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิในทันทีทันใดจะมีผลต่อพฤติกรรม และการดำรงชีวิตของโพรโทซัว ถ้าอุณหภูมิเพิ่มฉับพลันโพรโทซัวจะตาย หรือถ้าลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โพรโทซัวจะเข้าซีสต์ (บพิธ จารุพันธุ์, 2546) นอกจากนี้ยังพบว่าตัวเต็มวัยของโพรโทซัวสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในอุณหภูมิลดลงถึง 0 องศาเซลเซียส และทนต่อความร้อนสูงถึง 56 องศาเซลเซียส โพรโทซัวส่วนใหญ่ต้องการออกซิเจน มีโพรโทซัวไม่กี่ชนิดที่อาศัยอยู่ในท่อทางเดินอาหารของสัตว์เป็นกลุ่มที่หายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน (obligatory anaerobe) ส่วนโพรโทซัวที่ดำรงชีวิตอยู่ในน้ำที่มีการสลายตัวของสารอินทรีย์สูง เช่น ในบ่อเกรอะเป็นพวกที่หายใจโดยใช้ออกซิเจน (ถ้ามี) แต่สามารถหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ด้วย (facultative anaerobe) จากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้นพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของอาหารและออกซิเจน รวมทั้งการย่อยสลายของสารอินทรีย์มีผลต่อจำนวนประชากรที่จะอยู่รอดและชนิดของโพรโทซัว (บพิธ จารุพันธุ์และนันทพร จารุพันธุ์, 2545) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่านอกจากโพรโทซัวจะมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศ คือกลุ่มที่เป็นผู้ผลิตและกลุ่มที่เป็นผู้บริโภคแล้ว โพรโทซัวยังสามารถใช้เป็นดัชนีชีวภาพบ่งชี้คุณภาพน้ำรวมถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) Farmer (1980) รายงานการใช้โพรโทซัวบางชนิดเป็นเครื่องบ่งชี้ในการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยาของสภาพน้ำ เช่น *Synura uvella* และ *Stentor polymorphus* เป็นโพรโทซัวชนิดที่พบในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนสูงในขณะที่ *Chilomonas paramecium* เป็นโพรโทซัวที่พบในน้ำที่มีอินทรีย์สาร และ *Dileptus anser* พบในน้ำที่มีปริมาณแร่ธาตุสูง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า Booth (2001) ศึกษาระบบนิเวศของอะมีบามีเปลือกในชายฝั่งทะเลสาบ 2 แห่ง ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือในรัฐมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ากลุ่ม *Nebela tincta-parvula-collaris* มีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่างและไวต่อการถูกกระตุ้นจากสภาพแวดล้อมสามารถใช้เป็นเครื่องเตือนการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและความเป็นกรด – ด่างของน้ำได้ Darbyshire *et al.* (1976) สำรวจพบอะมีบาแฟลเจลเลตชนิดใหม่ที่อาศัยอยู่ในดินและน้ำ คือ *Paratetramitus jugsus* ซึ่งมีแฟลเจลลาสองเส้นโดยแฟลเจลลานี้จะเปลี่ยนแปลงตามอายุและพบคอนแทร์คไทล์แวคิวโอลที่จุดเริ่มต้นของแฟลเจลลา

นอกจากนี้โพรโทซัวยังสามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของดินและสิ่งแวดล้อมได้ (Foissner, 1987) พบว่าโพรโทซัวในดินที่สำคัญที่สุด คือกลุ่มของอะมีบาซึ่ง Stout *et al.* (1982) ได้ศึกษาถึงจำนวนของแฟลเจลเลต ซิลิเอต อะมีบาที่มีเปลือกและไม่มีเปลือกในดินที่แตกต่างกัน พบว่าอะมีบาไม่มีเปลือกมีประมาณ 10^{3}- 10^{7} เซลล์ต่อหนึ่งกรัม นอกจากนี้ในดินที่ใช้ทำการปลูกพืชและดินฟาร์มมีแนวโน้มที่มีการเพิ่มจำนวนชนิดของโพรโทซัวเมื่อเทียบกับบริเวณที่ไม่มีการเพาะปลูก ซึ่ง Foissner (1987) ได้รายงานสำรวจโพรโทซัวจากดินที่ทำการเกษตรกรรม ที่ประเทศเช็คโกสโลวเกีย 147 ตัวอย่าง โดยพบกลุ่มซิลิเอตซึ่งเป็นชนิดที่พบเฉพาะในดินที่ทำการเกษตรเท่านั้น เช่น *Colpoda inflata*, *C. steinii*, *Cyrtolophosis elongata*, *Gonostomon affine*, *Histriculus muscorum*, *Homalogastra setosa* และ *Leptopharynx costatus* เป็นต้น แต่ผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์จากดินที่ส่งผลให้พบโพรโทซัวน้อยลงนั้นยังมีอีก เช่น ผลกระทบจากยาฆ่าแมลง สารเคมีกำจัดวัชพืชต่างๆ (Foissner, 1987) สำหรับดินที่มักมีการใช้สารเคมีและโลหะหนักเป็นจำนวนมาก อาจเป็นสาเหตุให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และเกิดการสะสมของสารเคมีซึ่งจะส่งผลกระทบต่อจำนวนสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในดิน และทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์เหล่านี้ในดินได้ โพรโทซัวก็เช่นเดียวกันเมื่อดินไม่มีความอุดมสมบูรณ์ก็ทำให้กระทบต่อประชากรของโพรโทซัวด้วย ดังนั้นความหลากชนิดและปริมาณของโพรโทซัวในดินจึงอาจเป็นตัวชี้วัดถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ดี หากมีการศึกษาเกี่ยวกับโพรโทซัวที่อาศัยอยู่ในดินมากขึ้นก็อาจจะได้เห็นความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงกันระหว่างโพรโทซัวที่อาศัยในดินกับโพรโทซัวที่อาศัยในน้ำ (Foissner, 1987) นอกจากนี้ความเค็มยังเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเจริญของโพรโทซัว เช่น การศึกษาของ Finley (1930) พบว่าโพรโทซัวมีอัตราการตายสูงเมื่อนำไปเลี้ยงในน้ำเกลือที่เจือจางเป็นช่วงๆ สูงขึ้นในขณะเดียวกันถ้าค่อยๆ เพิ่มความเค็มจะทำให้อัตราการรอดของโพรโทซัวสูงขึ้น Dragesco (1968) ศึกษาชนิดของโพรโทซัวในน้ำกร่อยประเทศจีนพบ *Pleuronema smalli*, *P. borrori*, *P. roscoffensis* และ *P. puytoraci* Smurov and Fokin (1999) นำ *Paramecium* ทั้งหมด 10 ชนิดไปเลี้ยงในน้ำเกลือแล้วค่อยๆ เพิ่มความเค็มจาก 2.1 กรัมต่อหนึ่งลิตรไปถึง 18.7 กรัมต่อหนึ่งลิตร พบว่าสามารถปรับตัวเข้ากับความเค็มได้ในช่วงความเค็มภายใน 48 ชั่วโมง Alexey Smirnov and Roland Thar (2001) ศึกษาการกระจายของอะมีบาในน้ำกร่อยจากอ่าว Niva (ทะเลบอลติก) โดยนำอะมีบามาเลี้ยงในอาหารเพื่อหาความหลากชนิด พบอะมีบาสามารถเจริญได้ดี มีการกระจายตัว 3 แบบ คือ แบบกลุ่ม เกาะกลุ่ม และกระจายแบบทั่วไป นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใช้เครื่องมือนับเซลล์ (microelectrode) พบว่าการกระจายตัวของอะมีบาไม่สัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนที่สะสมในตะกอน ก้อนตะกอนที่นำมาศึกษาประกอบด้วยการกระจายอย่างหลากหลาย โดยพบมากถึง 4 ชนิดอยู่รวมกันในบริเวณเดียวกัน อะมีบา 7 ชนิดพบตั้งแต่ 1 - 4 สไลด์ที่ศึกษา

Al-Rasheid *et al.* (2001) สำรวจในโอเอซีสอัลฮัสซา (Al-Hassa) ประเทศซาอุดิอาระเบีย พบโพรโทซัวชนิด *Blepharisma intermedium* โดยปกติโพรโทซัวสกุล *Blepharisma* มีกระจายอยู่ทั่วไปทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำทะเล รวมทั้งในดินหลายแห่งของโลก และมีเพียงบางชนิดที่พบในสภาพที่น้ำกร่อยมากๆ เช่น *B. halophila, B. dileptus* และ *B. tardum* Humbert *et al.* (2001) ศึกษาผลกระทบของเกลือต่อโพรโทซัวที่ความเข้มข้นที่ 3, 10 และ 40 ส่วนในพันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง โดยเพิ่มความเข้มข้นในปริมาณที่แตกต่างกัน จาก 3 ถึง 10 ส่วนในพัน พบโพรโทซัวรอดชีวิต คือ *Vorticella* spp. และ *Opercularia articulata* สามารถทนเกลือได้ดีกว่าพวกซิลิเอตชนิดอื่นๆ และที่ความเข้มข้น 20 กรัมต่อหนึ่งลิตร ทำให้ความหลากชนิดของซิลิเอตลดจำนวนลง และที่ความเข้มข้น 40 กรัมต่อหนึ่งลิตร ไม่พบชนิดของโพรโทซัวเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง Mikrjukov and Patterson (2001) ศึกษาโพรโทซัวในประเทศอังกฤษกลุ่ม Heliozoca พวก Actinophryid พบว่ามี Actinophryid อาศัยอยู่ในดินและมอส หรืออยู่ในน้ำกร่อยได้ เช่นสกุล *Actinophryids* Kuosa (2002) ศึกษาโพรโทซัวในทะเลบอลติก ซึ่งมีปริมาณเกลือเฉลี่ย 0.7% พบสิ่งมีชีวิตพวกสาหร่าย แบคทีเรียและโพรโทซัวสามารถปรับตัวอยู่รอดได้ในสภาพที่เป็นน้ำแข็งของทะเลบอลติก พินิจ หวังสมนึก และประสิทธิ์ ใจศีล (2548) ศึกษาการพัฒนาตัวชี้วัดชีววิทยาของดินโดยใช้โพรโทซัวที่อาศัยอยู่ในดินซึ่งเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณต่างๆ เช่น เศษใบไม้ผุ ดินจอมปลวก มอสและดินบริเวณที่ไม่มีต้นไม้ขึ้นปกคลุมจำนวน 20 ตัวอย่าง โพรโทซัวดิน 4 ชนิดที่พบมากคือ *Stylonychia vorax*, *Tetrahymena pyriformis*, *Arcella* sp. และ *Centropyxis* sp. โดยโพรโทซัวกลุ่มอะมีบาและซิลิเอตมีจำนวนชนิดและปริมาณเพิ่มขึ้นตามลำดับชนิดของดินจากดินที่ไม่มีพืชขึ้น ดินในทุ่งหญ้า ดินบริเวณต้นไม้ใหญ่

พื้นที่เขตเกษตรกรรมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นพื้นที่แห้งแล้งและขาดน้ำ ขณะที่บางส่วนของภูมิภาคมีปัญหาดินเค็มจัด 1.5 ล้านไร่ เค็มปานกลาง 3.5 ล้านไร่ และเค็มเล็กน้อยอีกประมาณ 12 ล้านไร่ (อารีย์ สิทธิมังค์, 2523) กระจายในเขตจังหวัดนครราชสีมา มหาสารคาม อุดรธานี และขอนแก่น การวัดระดับความเค็มของดินสามารถวัดได้โดยเครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity meter) โดยวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินขณะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544) โดยมีระดับความเค็มที่แตกต่างกันตามเกณฑ์ดังตารางที่ 2-1 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายดินเค็มคือ การมีแหล่งเกลือ การชะล้างพังทลายของดิน การตัดไม้ทำลายป่า การทำนาเกลือ และการชลประทานโดยแหล่งเกลือในดินของภูมิภาคนี้ ได้แก่ หินเกลือ หินทราย และหินดินดานซึ่งมีเกลือเป็นองค์ประกอบอยู่ในเนื้อดิน พบที่ระดับความลึกตั้งแต่ 20 - 100 เมตร (สมาน พานิชย์พงศ์ และไพบูลย์ ประโมลนีย์, 2527) ส่วนใหญ่เกลือในดินแพร่กระจายทั่วไปตามการไหลผ่านของน้ำทำให้เกิดเป็นแหล่งน้ำกร่อยขึ้น (saline water) ซึ่ง

สามารถแบ่งได้ตามระดับความเค็มวัดจากความเข้มข้นของเกลือดังตารางที่ 2-2 (http://th.wikipedia.org) Zhao and He (1999) ศึกษาแหล่งน้ำกร่อยในตอนเหนือของฮีบิประเทศจีน พบโพรโทซัว 41 ชนิด ชนิดที่พบบ่อยได้แก่ *Vorticella campanula*, *Epistylis breviramosa* และ *Euplotes terricola* Zhao *et al.* (2005) สำรวจทะเลสาบน้ำกร่อยตอนเหนือของทิเบตในประเทศจีน พบโพรโทซัว 16 ชนิด กลุ่มที่มีความหนาแน่นมากได้แก่ *Vorticella campanula* และ *Epistylis daphniae* นอกจากนี้ยังพบโพรโทซัวหลายชนิดที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในน้ำเค็ม เช่น ที่ทะเลสาบน้ำเค็ม (Great Salt Lake) ในรัฐยูทาห์ (Utah) พบแฟลเจลเลต อะมีบาและซิลิเอต รวมทั้งฟอแรมินิเฟอแรน (foraminiferan) และเรดิโอลาเรียน (radiolarian) โดยฟอแรมินิเฟอแรนจะอาศัยอยู่ตามท้องทะเล แม้แต่ในที่ลึกมาก ส่วนเรดิโอลาเรียนลอยอยู่บนผิวน้ำ แต่อาจจมตัวลงไปในสภาวะอากาศที่ไม่เหมาะสม ส่วนแฟลเจลเลตหลายกลุ่มดำรงชีวิตอยู่ในทะเลโดยเฉพาะไดโนแฟลเจลเลตสามารถพบในทะเลปริมาณที่มากกว่าโพรโทซัวกลุ่มอื่นๆ (Farmer, 1980) Zobell *et al.* (1937) และ Zobell (1946) พบว่าโพรโทซัวเมื่ออยู่ในน้ำที่มีเกลือสูงจะตายขณะเดียวกันอัตรารอดชีวิตสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเกลือลดเหลือ 3.5 กรัมต่อหนึ่งลิตร Golemansky and Todorov (2004) ศึกษาโพรโทซัวในดินเค็มประเทศบัลแกเรีย พบอะมีบามีเปลือกทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ *Centropyxiella lucida*, *Cyphoderia littoralis*, *Messemvriella filsa*, *Ogdeniella elegans*, *O. maxima*, *Pomoriella valkanovi*, *Psuedocorythion acutum* และ *Rhumbleriella filosa* การศึกษาโพรโทซัวส่วนใหญ่ของประเทศไทยเน้นเกี่ยวกับความหลากชนิดในแหล่งน้ำจืด การศึกษาโพรโทซัวในน้ำกร่อยมีน้อยมาก เช่น ณัฐนันท์ ประยูรชาญ (2547) ศึกษาความหลากชนิดของโพรโทซัวในน้ำกร่อยฤดูแล้งจากตำบลบ้านหว้า อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พบโพรโทซัวทั้งหมด 15 ชนิด

ตารางที่ 2-1 ความสัมพันธ์ของค่าการนำไฟฟ้า (ECe) กับปริมาณเกลือในดิน ระดับความเค็มของดิน

ECe (ds/m)	เกลือในดิน (%)	ระดับความเค็มในดิน
2	< 0.1	ไม่เค็ม
2-4	0.1 – 0.2	เค็มเล็กน้อย
4-8	0.2 – 0.4	เค็มปานกลาง
8-16	0.3 – 0.8	เค็มมาก
>16	> 0.8	เค็มจัด

(ที่มา: ดัดแปลงจาก U.S. Soil Salinity Laboratory Staff 1954)

ตารางที่ 2-2 การแบ่งน้ำตามระดับความเค็มวัดจากความเข้มข้นของเกลือ

น้ำแบ่งตามระดับความเค็มวัดจากความเข้มข้นของเกลือ			
น้ำจืด	**น้ำกร่อย**	**น้ำเกลือ/น้ำเค็ม**	**น้ำเกลือเข้มข้น**
< 0.05 %	0.05 – 3 %	3 – 5 %	> 5 %
< 0.5 ppt	0.5 – 30 ppt	30 – 50 ppt	> 50 ppt

(ที่มา: http://th.wikipedia.org)

4. การศึกษาเอกสารเกี่ยวกับดินเค็ม

ดินเค็มที่เกิดในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออยู่ในรูปของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) คล้ายคลึงกับดินเค็มชายทะเล แต่ดินเค็มชายทะเลมีแมกนีเซียมอยู่ในรูปคลอไรด์และซัลเฟตมากกว่าดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การแบ่งชั้นความเค็มของดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ใช้ลักษณะของคราบเกลือที่ปรากฏบนผิวดิน ลักษณะของพื้นที่ ความสูงของพื้นที่ตลอดจนพืชปกคลุมหรือการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ แบ่งเป็น 5 ชั้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544) คือ

1. บริเวณที่ลุ่มที่มีเกลือปริมาณมาก พบคราบเกลืออยู่ทั่วไปบนผิวดินและในระดับความลึกความชันต่างๆ ของดิน พื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะว่างเปล่าเป็นหย่อมๆ เนื่องจากมีเกลือมาก มีพื้นที่นาข้าวเป็นส่วนน้อย พืชที่ขึ้นได้มักเป็นไม้พุ่มมีหนาม เช่น หนามแดง หนามพรม หนามปี

2. บริเวณที่ลุ่มที่มีเกลือปานกลาง พบคราบเกลือตามผิวดินเป็นหย่อม ยกเว้นบริเวณที่ลึกจากผิวดินลงไป 1 เมตร ส่วนมากเป็นนาข้าวหรือต้นไม้

3. บริเวณที่ลุ่มที่มีเกลือน้อย ไม่พบคราบเกลือตามผิวดินและในชั้นดิน แต่พบว่าตามแหล่งน้ำ เช่น สระและบ่อน้ำตื้นๆ มักจะเค็ม ส่วนใหญ่เป็นนาข้าวและมีต้นไม้หลายชนิดขึ้นอยู่ประปราย

4. บริเวณที่ราบสูงประกอบด้วยหินที่มีเกลือ เป็นที่ดอน ในบริเวณที่ราบเป็นชั้นๆ (middle terrace) ไม่พบคราบเกลือตามผิวดิน แต่ภายใต้ดินเป็นหินชุดในยุค Mesozoic ที่มีเกลืออยู่ เมื่อชั้นแผ่นหิน (shale) และชั้นหินทราย (sandstone) ที่มีเกลืออยู่ด้วยสลายตัวก็จะถูกน้ำชะและพัดพาไปทำให้เกิดดินเค็มในบริเวณพื้นที่ที่ต่ำกว่า

5. บริเวณที่ไม่มีเกลือเลย บริเวณนี้ไม่ปรากฏว่ามีเกลืออยู่เลย

ในการจัดการฟื้นฟูและปรับปรุงดิน แบ่งดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือออกเป็น 3 พวก คือ

1. ดินเค็มมาก (Highly salt affected areas) หรือบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มมาก ได้แก่ บริเวณที่พบคราบเกลือตามผิวดินกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปเป็นปริมาณมากกว่า 10 % ของพื้นที่ มักปล่อยทิ้งไว้ให้ว่างเปล่า มีน้ำใต้ดินที่เค็มจัดอยู่ในระดับที่ตื้นมาก

2. ดินเค็มปานกลาง (Moderately salt affected areas) เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มปานกลาง พบตามบริเวณที่มีคราบเกลือกระจัดกระจายตามผิวดินเป็นปริมาณ 1 ถึง 10 % ของพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบต่ำ พบทั้งบริเวณชายเนินและที่ลุ่มถัดลงมา พื้นที่เหล่านี้พอจะใช้ประโยชน์ปลูกข้าวได้ แต่มักจะได้ผลผลิตต่ำ

3. ดินเค็มน้อย (Slightly salt affected soils) จัดได้ว่าเป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มน้อย พบว่ามีปริมาณคราบเกลือเหลือน้อยกว่า 1 % ของพื้นที่ ศักยภาพของดินที่กล่าวมานี้พอจะใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าวและพืชไร่บางชนิดได้ คุณภาพของน้ำใต้ดินเป็นน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มแต่จะลึกมากกว่า 2 เมตรจากผิวดิน

มีรายงานเกี่ยวกับการศึกษาดินเค็ม ได้แก่ Lantin and Cayton (1978) ศึกษาเกี่ยวกับการใส่เกลือในดิน โดยเพิ่มเกลือ 4 ระดับ (0, 0.1, 0.2 และ 0.4% NaCl) ผลปรากฏว่าเมื่อเพิ่มเกลือขึ้นจะทำให้ดินเป็นกรดมากขึ้นและเมื่อ pH ต่ำมากจะทำให้ความสามารถในการละลายของธาตุอาหารต่างๆ ลดลงด้วย เทพฤทธิ์ ตุลาพิทักษ์ และคณะ (2546) ศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินเค็ม โดยใช้หลักการทำเกลือ พบว่ามีบริเวณทำเกลืออยู่ 4 บริเวณ มีการทำเกลือ 2 วิธีคือ การตากและการต้ม การทำเกลือด้วยวิธีการตากมีผลต่อการเกิดดินเค็มมาก เพราะน้ำเกลือที่เล็ดลอดจากขบวนการผลิตจะซึมออกไปสู่พื้นที่ข้างเคียง ส่วนการต้มเกลือมีผลต่อบริเวณใกล้โรงต้ม ซึ่งไม่มีผลรุนแรงเท่าการตาก ดินเค็มที่ทำการศึกษาพบ 3 ชุดดินคือ ชุดดินกุลาร้องไห้ ชุดดินอุดร และชุดดินนครพนมที่มีคราบเกลือเป็นต้น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น