

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

แมลงอยู่ในกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (invertebrate) Class Insecta และอยู่ใน Phylum Arthropoda สัตว์ใน Phylum นี้เป็นสัตว์กลุ่มใหญ่ที่สุดในบรรดาสัตว์ที่อยู่ใน Kingdom Animalia สัตว์ใน Phylum Arthropoda นี้มีลำตัวเป็นปล้อง (segmented body) มีระยางค์เป็นคู่ และปล้องเช่นกัน ลำตัวมีลักษณะเหมือนกัน 2 ซีก (bilateral symmetry) มีโครงสร้างแข็งหุ้มภายนอกเรียกว่า เอกโซสเกเลตัน (exoskeleton) ภายในร่างกายมีระบบเลือดแบบเปิด (open circulatory system) โดยทั่วไปมีอวัยวะขับถ่ายที่เรียกว่า ท่อมัลพิเกียน (malpighian tubes) Arthropod แบ่งเป็น 2 subphyla คือ Subphylum Chelicerata และ Subphylum Mandibulata ส่วน Trilobite ซึ่งสูญพันธุ์ไปแล้วนั้นควรจัดเป็น subphylum Trilobita อีกต่างหาก แมลงมีการเจริญและมีวิวัฒนาการมาจากกลุ่ม Arthropod อื่น ๆ และมีลักษณะแตกต่างจากกลุ่ม Arthropod เหล่านี้ คือ มีร่างกายแบ่งเป็น 3 ส่วน การแบ่งร่างกายเป็นส่วน ๆ นี้เรียกว่า tagmata ซึ่งประกอบด้วยส่วนหัว (head) ทรวงอก (thorax) และท้อง (abdomen) ตัวเต็มวัยมีขา 3 คู่ มีปีก 1-2 คู่ มีหนวด (antenna) เป็นปล้อง 1 คู่ ออกมาจากส่วนหัว การที่แมลงมีขาเป็นปล้อง 3 คู่ จึงสามารถเรียกได้อีกอย่างว่าแมลงอยู่ในกลุ่มเฮกซาโปดา (Hexapoda) (สมร, 2535) รวมไปถึงแมลงน้ำก็จัดอยู่ในกลุ่ม Hexapoda นี้ด้วย

แมลงน้ำ (aquatic insects) คือ แมลงที่ช่วงใดช่วงหนึ่งหรือตลอดชีวิตอาศัยอยู่ในน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วแมลงจะอาศัยอยู่ในน้ำจืดมากกว่าน้ำกร่อย และพบในน้ำทะเลน้อยมาก โดย Williams and Felmate (1992) อ้างถึง Cheng, 1985 กล่าวว่าบริเวณน้ำทะเลมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่เพียงไม่กี่ชนิด ส่วนใหญ่เป็นแมลงในอันดับ Hemiptera เป็นกลุ่มของ วงศ์ Gerridae ซึ่งแมลงในกลุ่มนี้เกือบทั้งหมดอาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำเท่านั้น สาเหตุที่แมลงน้ำไม่สามารถอยู่ในน้ำทะเลได้เนื่องจากน้ำมีความเค็มและ สภาพทาง Physicochemical ที่มีอยู่ในน้ำทะเลทำให้กล้ำเนื้อ หรือระบบประสาทของแมลงไม่สามารถทนอยู่ในสภาพนี้ได้

วงจรชีวิตของแมลงน้ำ

แมลงน้ำมีการเจริญเติบโต 2 รูปแบบคือ แบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis) และแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete metamorphosis) การเจริญเติบโตแบบ complete metamorphosis มีขั้นตอนการพัฒนา 4 รูปแบบ คือ ไข่ (egg), ตัวอ่อนที่คล้ายตัวหนอน (larva), ดักแด้ (pupa) และ ตัวเต็มวัย (adult) ไข่จะถูกวางในน้ำ หรือใกล้กับน้ำ และพัฒนาเป็นตัวอ่อนกินอาหารและเจริญเติบโตในน้ำ เมื่อ

ตัวอ่อนพัฒนาเต็มที่แล้ว ก็จะเข้าสู่คักเค้ และเมื่อพัฒนาเต็มที่แล้วก็จะเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย และบางชนิดโผล่ขึ้นมาเหนือหน้า และอาศัยอยู่รอบ ๆ แหล่งน้ำ เช่น ริน (midge) และแมลงวัน (fly) บางชนิดอาศัยอยู่ในน้ำต่อไป เช่น riffle beetles หลังจากการผสมพันธุ์ แมลงน้ำบางชนิดก็จะวางไข่ในน้ำ บางชนิดก็จะวางไข่ริมน้ำ หรือใกล้ ๆ กับแหล่งน้ำเป็นการเริ่มต้นวงจรชีวิตใหม่อีกครั้ง สำหรับการเจริญเติบโตแบบ incomplete metamorphosis มีระยะการเจริญเพียง 3 ระยะเท่านั้นคือ ไข่ (egg), ตัวอ่อนที่คล้ายตัวเต็มวัย (naiad) และตัวเต็มวัย (adult) โดยตัวเต็มวัยจะวางไข่ใกล้กับแหล่งน้ำ ไข่พัฒนาออกเป็นตัวอ่อน ตัวอ่อนจะพัฒนาตัวเอง และมีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัยในระยะสุดท้าย (instar) จากนั้นพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย และโผล่ขึ้นมาอยู่เหนือหน้า เช่น แมลงชีปะขาว (mayflies), แมลงปอ (dragonflies), แมลงเกาะหิน (stoneflies) และมวนน้ำ (water bugs) (วงจรชีวิตของแมลง, 2547)

การกินอาหารของแมลงน้ำ

Williams and Feltmate (1992) ได้กล่าวว่าแมลงน้ำมีการกินอาหารหลายแบบ สามารถแบ่งแมลงออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการกินได้ดังนี้

1. Shedders เป็นพวกที่กินเศษซากพืช เช่นตัวอ่อนของแมลงเกาะหิน (stonefly nymphs), ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (caddisfly larvae)
2. Collectors เป็นพวกกรองกินพวก fine particle organic matter (FPOM) เช่น หนอนรินดำ (blackfly larvae), ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (mayfly nymphs) และหนอนรินน้ำจืด (midge larvae)
3. Scrapers เป็นพวกกินพืช ที่ขูดกินสาหร่ายที่เกาะติดกับพื้นผิวหรือขูดกิน FPOM เช่น มวนน้ำในวงศ์ Corixidae และหนอนรินน้ำจืดวงศ์ Chironomidae
4. Predators เป็นพวกที่กินสัตว์เป็นอาหาร เช่น ตัวอ่อนแมลงปอ และแมลงปอเข็ม, ตัวอ่อน และตัวเต็มวัยของด้วง

ความหลากหลายของแมลง

ถ้ากล่าวถึงความหลากหลายของแมลง พบว่าแมลงเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดที่มีทั้งชนิด และปริมาณมากที่สุดในโลก มีความหลากหลายของชนิดมากถึงร้อยละ 50.8 ของสิ่งมีชีวิตในโลก และในประเทศไทยมีการวิจัยชื่อแล้วเพียง 6,121 ชนิดเท่านั้น จากแมลงที่ทราบชื่อแล้วทั่วโลกกว่า 751,012 ชนิด (วิสุทธิ์, 2538) มีแหล่งที่อยู่อาศัยหลายแห่งทั้งที่อาศัยอยู่ในดิน บนบก ตามต้นไม้ หรือน้ำ โดยทั่วไปแล้วมีการเข้าใจว่า แมลงส่วนใหญ่จะให้โทษต่อมนุษย์มากกว่าให้ประโยชน์

แต่อันที่จริงแล้วแมลงที่จัดว่าเป็นศัตรูต่อมนุษย์นั้นมีเพียงร้อยละ 0.01 ของแมลงที่มีอยู่ในโลก ส่วนอีกร้อยละ 99.9 เป็นแมลงที่มีประโยชน์ เช่น แมลงช่วยผสมเกสรดอกไม้ทั้งหมดในโลกมีประมาณ 30,000 ชนิด แมลงที่ให้ผลผลิตที่เป็นผลประโยชน์ เช่น ครั่ง น้ำผึ้ง แมลงทำลายหรือควบคุมประชากรของแมลงด้วยกันเอง แมลงช่วยสร้างเสริมความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน ซึ่งได้แก่แมลงที่อาศัยอยู่ในดินทำให้ดินโปร่ง มีการระบายอากาศได้ดี แมลงที่เป็นประโยชน์ต่อวงการศึกษาก็มีในปัจจุบัน นับว่ามีการศึกษากันอย่างแพร่หลายทั้งทางด้านสัณฐานวิทยา (morphology) วงจรชีวิต (life cycle) และแมลงที่เป็นอาหารของมนุษย์ และสัตว์ นอกจากนี้แมลงจะมีประโยชน์หลายอย่างแล้ว ความหลากหลายของแมลงก็มีความสำคัญเช่นกัน เพราะแมลงบางชนิดสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำและความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งแวดล้อมได้ด้วย เช่น ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ หรือแมลงเกาะหิน เป็นต้น ซึ่งมีผู้ที่สนใจ และทำการศึกษาทางด้านนี้มากพอสมควร ชิตชล (2538) ศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังประเภทเบนธอส บริเวณห้วยช้างเคียน และห้วยหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีแมลงที่พบในทั้งสองลำห้วยได้แก่ แมลงในอันดับ Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera และ Plecoptera ศุภฤกษ์ และสันต (2540) ศึกษาแมลงน้ำบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโดนงาช้าง จังหวัดสงขลา พบแมลงน้ำทั้งหมด 9 อันดับ และ วัลยลิกา (2542) ได้ทำการศึกษาการใช้กลุ่มแมลงน้ำในการตัดสินคุณภาพน้ำบริเวณลำธารน้ำบนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย พบแมลงน้ำ 54 วงศ์ ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2542 พบ 52 วงศ์ ในเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2542 และพบ 46 วงศ์ ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 โดยพบกลุ่มแมลงน้ำในอันดับ Trichoptera มากที่สุด แดงอ่อน (2542) ศึกษาความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำบนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย พบแมลงหนอนปลอกน้ำ 18 วงศ์ 153 ชนิด กัญญารัตน์ (2545) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของแมลงพืชน้ำกับปริมาณโลหะหนักที่ลำห้วยบริเวณโครงการทองผาภูมิ 72 พรรษา มหาราช และสุทธี (2547) ศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในพื้นที่โครงการทองผาภูมิ 72 พรรษา มหาราช อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบแมลงน้ำทั้งหมด 11 อันดับ 91 วงศ์ 197 ชนิด (morphotaxa) ซึ่งคุณภาพน้ำในทุกจุดศึกษามีค่าอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำปานกลาง นอกจากนี้บทบาทของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมก็ยังสามารถนำมาใช้ประเมินสภาพแวดล้อมได้ อาทิตย์ (2544) ศึกษาถึงบทบาทการกินของแมลงน้ำเพื่อเป็นดัชนีประเมินสภาพระบบนิเวศ และคุณภาพน้ำจากลำธาร ในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย และอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ พบแมลงน้ำทั้งหมด 79 วงศ์ ใน 9 อันดับ รูปของสารอาหารส่วนใหญ่เป็น fine particulate organic matter (FPOM) ซึ่งพบทั้งที่เป็นตะกอนแขวนลอย และตะกอนบริเวณพื้นลำธาร

ประโยชน์ของแมลง

ประโยชน์ของแมลงซึ่งไม่เพียงแต่จะสามารถใช้เป็นตัวชี้บ่งถึงสภาวะของสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่เรายังสามารถนำแมลงมาเป็นอาหาร เนื่องจากแมลงสามารถหาได้ง่าย และพบได้ทั่วไป อีกทั้งแมลงยังมีจำนวน และความหลากหลายมาก ซึ่งความหลากหลายของแมลงที่นำมาบริโภคนั้นก็มิใช่ว่าจะอยู่ข้าง สุกผล (2527) พบแมลงกินได้ในภาคใต้ ของประเทศไทย จำนวน 14 ชนิด และในภาคตะวันออกเฉียงใต้พบแมลงกินได้มากกว่า 50 ชนิด ซึ่งแมลงเหล่านี้มีทั้งแมลงที่เป็นศัตรูพืช และแมลงที่ไม่เป็นศัตรูพืช ซึ่งแมลงส่วนใหญ่ที่ประชาชนนำมาบริโภคนั้นได้มาจากธรรมชาติ และชาวบ้านนิยมนำมาปรุงเป็นอาหารในทุกฤดูกาล (ประพิมพ์พร และคณะ, 2529) สำหรับแมลงที่เป็นแมลงศัตรูพืชในบางช่วงของปีก็มีจำนวนมาก จนกระทั่งมีการรณรงค์เพื่อส่งเสริมให้ประชาชนนิยมบริโภคแมลงมากขึ้น จนกลายมาเป็นอาชีพจับแมลงขายก็มี เช่น ตั๊กแตน หนอนเชื้อไฟ หรือหนอนรถคว้น และด้วงวงเจาะหน่อไม้ *Cyrtotrachelus dochrous* อยู่ในวงศ์ Curculionidae ซึ่งจะทำให้ความเสียหายให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกไม้ในเชิงการค้า เพราะแมลงชนิดนี้ไม่มีศัตรูธรรมชาติคอยควบคุม จึงมีการกำจัดไข่ และนำหนอนมาเป็นอาหาร (สมหมาย, 2536) นอกจากนี้ ชำนาญ (2529) รายงานว่า หนอนเชื้อไฟ *Omphisa* sp. อยู่ในวงศ์ Pyralidae เป็นศัตรูสำคัญของไม้กก และไม้ขางคอย พบมากทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดเลย แต่ปัจจุบันเริ่มหายากต้องนำเข้าจากพม่า และลาว เช่นเดียวกับแมลงอีกหลายชนิดที่มีน้อย และเริ่มหายากมากขึ้น ถ้าหากมีการศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงเพื่อเป็นการค้าคาดว่าจะน่าจะเป็นแหล่งรายได้ที่น่าสนใจ สุภาพ และคณะ (2542) ศึกษาแมลงที่เป็นอาหารในเขต จังหวัด ขอนแก่น พบแมลงที่เป็นอาหาร 22 ชนิด และศึกษาองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดจำแนกแมลงของชาวบ้าน พบว่าเป็นการถ่ายทอดในลักษณะภูมิปัญญาท้องถิ่น และวัฒนธรรมการกินเป็นส่วนใหญ่ เช่นการแบ่งแยกชนิดตามสี ขนาดของลำตัว อายุ สถานที่พบ เป็นต้น แต่ยังไม่พบการจัดจำแนกแมลงในลักษณะของนักกีฏวิทยามากนัก รวมทั้งความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแมลงยังมีอยู่น้อย อรุณ และคณะ (2542) ศึกษาความหลากหลายของแมลงที่นำมาบริโภคในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย พบแมลง 194 ชนิด ได้แก่ กลุ่มด้วงปีกแข็ง มวน จักจั่น ผีเสื้อ มด ตัวต่อ ปลวก ผีเสื้อ แมลงปอ จิ้งหรีด แมลงกระซอน และตั๊กแตน จากการนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารจากตัวอย่างแมลง 38 ตัวอย่าง พบว่าตั๊กแตนป่าทั้งทำให้โปรตีนมากที่สุด หนอนไหมให้ไขมันมากที่สุด ตั๊กแตนหญ้าคาให้พลังงานมากที่สุด หนอนนกให้แคลเซียมมากที่สุด และแมลงทับขาแดงให้ฟอสฟอรัสมากที่สุด นอกจากนี้ ยูพา และ อาจินต์ (2544) ได้ทำการศึกษาความหลากหลายของแมลงกินได้ พบแมลงกินได้ 8 อันดับ 32 วงศ์ 101 สกุล 158 ชนิด และศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ของจิ้งหรีดหางสั้น (จิโปม) สกุล *Brychytripes* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่ามีจำนวนโครโมโซม 2n อยู่ระหว่าง 9 – 16 และแมลง

ดานาก้เป็นแมลงที่มีการส่งเสริมให้ทำการเพาะเลี้ยง และจัดว่ามีความสำคัญทางเศรษฐกิจ แมลงที่ประชาชนนิยมนำมาบริโภคนั้น มีทั้งที่อาศัยอยู่บนบก ในดิน หรืออาศัยอยู่ตามต้นไม้ และรวมไปถึงแมลงที่อาศัยอยู่ในน้ำ แมลงที่นำมาบริโภคทั้งที่อยู่ในระยะตัวอ่อน และตัวเต็มวัย ขึ้นอยู่กับความชอบ และวิธีการบริโภค สำหรับการนำมาประกอบอาหารสามารถทำได้หลายอย่างเช่น ปิ้ง แ่ง ทอด คั่ว นึ่ง ผัด หมก ปั่น ดอง ลาบ ก้อย แก้ว เมี่ยง และกินสด (กันทวีร์, 2542) ไม่เพียงแต่ในประเทศไทยเท่านั้นที่มีการบริโภคแมลง ในต่างประเทศก็นิยมบริโภคแมลงเช่นเดียวกัน Maxwell and Lefroy (1909) รายงานว่าในแคว้นอัสสัมของประเทศอินเดียมีการกินมวนในสกุล *Aspongopus* ตั๊กแตน และด้วงคิ่งในวงศ์ *Dytiscidae* ส่วนในประเทศพม่ามีการบริโภคมดแดง (*Oecophylla smaragdina*) ตัวอ่อนของด้วงคิ่ง (*Eunectes sticticus*) เป็นอาหารเช่นเดียวกับในประเทศอินเดีย นอกจากนี้ชาวอาราเบีย และประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียง ยังนำเอาตั๊กแตนที่อพยพมาจำนวนมากมาตากแห้ง และบดผสมกับขนมปัง ส่วนพวกเบโกอินของอียิปต์นิยมปิ้งก่อนนำมากิน Gerad (1952) รายงานว่าประเทศในแถบเอเชีย และแอฟริกา นิยมรับประทานมด มด ตั๊กแตน ปลวก ตัวด้งเต้ไ้ไหม และจิ้งหรีด Metcalf (1962) กล่าวว่าในประเทศ Mexico นิยมรับประทานไข่ของแมลงที่อยู่ในน้ำ ส่วนชาวพื้นเมืองออสเตรเลียนิยมบริโภคผีเสื้อกลางคืน *Agrotis infusa* โดยนิยมนำไปปิ้ง หรือกินดิบ นอกจากนี้ Mayer and Rochow (1973) ศึกษาการบริโภคแมลงในชนกลุ่มต่าง ๆ 3 กลุ่ม ของปาปัว และนิวกินี ได้แก่เผ่า Kiriwinia เผ่า Chuavc และ เผ่า Onabasula นิยมรับประทานมดแดง (*Oecophylla smaragdina*) จิ้งหรีดใบไม้ วงศ์ *Gyllracrididae* จิ้งหรีดสีน้ำตาล *Tellogryllis* sp. ตั๊กแตนใบไม้ตัวเล็ก วงศ์ *Tettigoniidae* ตั๊กแตนหนวดสั้นตัวโต วงศ์ *Acridiidae* ตั๊กแตนใบไม้ วงศ์ *Phylliidae* ตั๊กแตนกิ่งไม้ วงศ์ *Podaconthinae* ตั๊กแตนดำขาว (*Hicrodula sternotica*) ด้วงงวงมะพร้าว (*Rhynchophorus bilineata*) มวนนักกล้ำม วงศ์ *Coreidae* ตัวอ่อนแมลงปอ วงศ์ *Libellulidae* เหาคน (Phthraptera) หนอนเจาะไม้ และหนอนเจาะรากไม้ วงศ์ *Scarbaeidae* สำหรับวิธีรับประทาน แมลงตัวเล็กรับประทานโดยตรง ส่วนแมลงขนาดกลาง เช่นมวนนักกล้ำม ตั๊กแตน หรือจิ้งหรีด อาจกินดิบหรือนำไปปิ้งให้สุก ส่วนมดแดงใช้เป็นเครื่องปรุงของแยม อาหารพวกแป้งเพื่อให้มีรสเปรี้ยว สำหรับตัวอ่อนของแมลงต่าง ๆ นำมาห่อด้วยใบตองแล้ววางบนหินเผาไฟประมาณ 45-60 นาทีก่อนรับประทาน ซึ่งสอดคล้องกับ Vane and Wright (1991) และ Unger (1999) ที่กล่าวว่ามีชนพื้นเมืองในหลาย ๆ ประเทศนำแมลงมาเป็นอาหารมานานแล้ว นอกจากนี้ Keninga (1999) ยังรายงานว่า แมลงสาบ (cockroach) หนอนแมลงวัน (fly larvae) แมลงชีปะขาว (mayfly) และแมลงหนอนปลอกน้ำ เป็นแมลงที่สามารถบริโภคได้สำหรับเหตุผลในการรับประทานแมลงนั้น Huang (1998) ได้ทดลองรับประทานแมลงหลายชนิด เช่น หนอนผึ้ง และผลิตภัณฑ์จากผึ้ง หนอนมดบางชนิด หนอนนกที่ปรุงเป็นขนมพาย (pie) พบว่ามีรสชาติอร่อย

คุณค่าทางอาหารของแมลง

การบริโภคแมลงเริ่มมีความนิยมมากขึ้น และนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ ด้วยเหตุนี้เองจึงมีผู้สนใจศึกษาคุณค่าทางอาหารของแมลงที่นิยมนำมาบริโภค ดังที่ พงศ์ธร และ ประภาศรี (2526) วิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหารในแมลงบางชนิด พบว่าในแมลงมีปริมาณสารอาหารมากโดยเฉพาะโปรตีน และมากพอที่จะสนับสนุนให้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนของชาวชนบทได้ นอกจากนี้ อุษา และคณะ (2527) ศึกษาคุณค่าทางอาหาร ในแมลง 18 ชนิด ที่เป็นอาหารของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 38.6 – 65.5 ของน้ำหนักแห้ง และไขมันร้อยละ 4.7 – 33.9 ของน้ำหนักแห้ง และเมื่อนำไปปรุงเป็นอาหารความร้อนจะทำลายโปรตีนและไขมันบางส่วนไป โดยมีโปรตีนเหลือร้อยละ 17.45 – 46.41 ของน้ำหนักแห้ง และไขมันเหลือร้อยละ 3.9 – 33.5 ของน้ำหนักแห้ง และจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบที่เป็นพิษ พบกรดไฮโดรไซยานิกในแมลงปีกแข็งบางชนิด แต่ไม่ถึงระดับที่เป็นอันตราย ส่วนการตรวจหาสารฆ่าแมลงเซพวินในแมลงพบน้อยมาก ส่วนการศึกษาคุณภาพโปรตีนในแมลงนั้น สุทธิ (2528) ศึกษาคุณภาพโปรตีนในแมลง 8 ชนิด ที่ประชาชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมบริโภค พบว่าแมลงมีระดับโปรตีนสูงสุดถึง 61.5% ไขมันสูงสุด 20.6% นอกจากนี้ กัณฑ์วีร์ (2542) กล่าวถึงรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการทางอาหารของแมลงของ อุษา และคณะ (2527) ว่าแมลงเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่า และมีสารอาหารประเภทโปรตีนสูง และสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมให้แก่ชาวบ้านได้ แมลงที่ประชาชนนิยมนำมาบริโภค มีอยู่มากมายหลายชนิดตัวอย่าง เช่น ตั๊กแตน แมลงดานา จิ้งหรีด แมลงกระซอน ตัวอ่อนแมลงปอ มวนน้ำ ค้างคาว เป็นต้น ปัจจุบันแมลงเหล่านี้มีผู้นำมาเพาะเลี้ยงกันมากขึ้นเพื่อนำไปขาย

ไม่เพียงแต่ในประเทศไทยเท่านั้นที่มีการศึกษาถึงคุณค่าทางอาหารของแมลง ต่างประเทศก็มีการศึกษามานานแล้ว อาทิเช่น Behnke (1977) ตรวจหาคุณค่าทางอาหารในปลวกที่ทอดแล้ว พบว่ามีโปรตีนร้อยละ 23.2 – 45.6 ของน้ำหนักแห้ง และมีไขมันร้อยละ 44.0 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าโปรตีน และไขมันที่ได้จากเนื้อสัตว์บางชนิด นอกจากนี้ นฤมล (2525) อ้างถึง Elzinger (1978) ว่าได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารของปลวก ตั๊กแตน หนอนไหม และปลา พบว่าแมลงให้คุณค่าทางอาหารประเภทโปรตีน และแคลลอรี่สูงกว่าสัตว์ประเภทอื่น ๆ หลังจากนั้น Valle and Mena (1982) ศึกษาคุณค่าทางอาหารของแมลง พบว่าในตัวอ่อนของแมลงวันผลไม้แม็กซิกัน (*Anastrepha ludens*) มีโปรตีนร้อยละ 46.0 ของน้ำหนักแห้ง และไขมันร้อยละ 37.0 ของน้ำหนักแห้ง จากในอดีตซึ่งเก็บจากแหล่งธรรมชาติเพื่อนำมาบริโภคเท่านั้น ในการศึกษาในประเทศไทย ไพฑูรย์ (2535) ศึกษาวงจรชีวิตของแมลงดานา การฟักไข่ อัตราการอยู่รอดของตัวอ่อนในห้องทดลอง และคุณค่าด้านโภชนาการ รวมถึงศัตรูของแมลงดานาด้วย หนอน

ใหม่ก็เป็นตัวอ่อนแมลงอีกชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมบริโภค สำหรับประโยชน์ด้านอื่น อรทัย (2542) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และอายุการเก็บน้ำมันสกัดจากหนอนใหม่ผ่านกรรมวิธี ได้แก่กรดไขมันปาล์มติก กรดไขมันปาล์มโทเลอิก กรดไขมันสเตียริก กรดไขมันโอเลอิก กรดไขมันลินโนเลอิก และกรดไขมันลินโนเลนิก ซึ่งเห็นได้ว่าแมลงมีสารที่เป็นองค์ประกอบอยู่หลายชนิด สำหรับวิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารนั้น โพธิ์ศรี (2537) และทรงศักดิ์ และ ยุทธชัย (2542) ได้นำวิธีของ A.O.A.C. (1954, 1960 และ 1995) มาประยุกต์ใช้ ซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นที่นิยมสำหรับการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารในเวลาต่อมา

สารพิษในแมลง

นอกจากสารอาหารต่าง ๆ ในแมลงที่มีประโยชน์แล้ว และยังมีสารบางอย่างที่อาจเป็นโทษหลังจากที่รับประทานแมลง ซึ่งจากรายงานของ Daloz (1977) พบว่าด้วงบางชนิดมีการสะสม cardiac glycosides และยังพบว่าปริมาณของ cardiac glycosides มีส่วนสัมพันธ์กับชนิดของพืชที่แมลงกินเข้าไปด้วย นอกจากนี้ Blum (1978) พบว่าไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) เป็นสารอย่างหนึ่งที่แมลง โดยเฉพาะพวกด้วงสร้างขึ้นจากต่อมมีท่อ เพื่อใช้ในการป้องกันตัวเองจากศัตรู

พยาธิในแมลง

แมลงที่ถือว่าเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ ยังมีสารที่อาจก่อให้เกิดอันตรายดังที่กล่าวไว้ข้างต้น นอกจากนี้ยังมีอันตรายอีกอย่างหนึ่งที่ไม่ควรลืม นั่นก็คือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในแมลง ซึ่งได้แก่ พยาธิ จากการศึกษาปรสิตในแมลงบางชนิดที่เป็นอาหารของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของ อุษา และคณะ (2527) ตรวจพบพยาธิตัวกลมในวงศ์ Ascaropidae ในแมลงกินุน และก้นจี่ (2542) อ้างถึง สุภัทร (2531) ว่าแมลงน้ำโดยเฉพาะแมลงกึ่งแขน (ตัวอ่อนด้วงคึ่ง) และตัวอ่อนแมลงปอ สามารถเป็นโฮตที่กึ่งกลาง (Intermediate host) ของพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็กชนิด *Phaneropsolus bonei* และ *Prosthodendium molenkapi* นอกจากนี้ การศึกษาของ อุษา และคณะ (2527) เรื่องพยาธิในแมลง 8 ชนิด พบว่าถ้านำแมลงมาทำให้สุกก่อนจะช่วยป้องกันการติดต่อของพยาธิจากแมลงได้ แม้ว่าการศึกษาพยาธิที่มีอยู่ในแมลงกินได้ของประเทศไทยยังพบน้อยอยู่ แต่ในต่างประเทศก็มีรายงานการพบพยาธิในแมลงอยู่บ้าง Johnson and Kleve (2002) ได้ศึกษาพยาธิตัวกลม *Strelkovimermis rubtsovi* ที่เป็นชนิดใหม่พบในตัวเต็มวัยของแมลงวงศ์ Chironomidae ซึ่งนับว่าเป็นแหล่งที่อยู่ของพยาธิที่ใหม่ แปลก และแตกต่างไปจากที่อยู่เดิมของพยาธิในสกุลนี้ พบในรัฐมิเนโซตา ประเทศสหรัฐอเมริกา หลังจากนั้น Johnson and Kleve (2003) ยังคงศึกษาพยาธิตัวกลมที่มีอยู่ในแมลง ซึ่งพบพยาธิที่เป็นชนิดใหม่คือ *Strelkovimermis papilosus*

ในตัวของแมลงกลุ่ม Chironomid เช่นเดียวกัน นอกจากพยาธิที่พบในแมลงกลุ่มของ Chironomid แล้ว Hirasawa and Urabe (2003) ยังพบพยาธิตัวกลมชนิด *Rhabdochona denudate honshuensis* และ *Rhabdochona coronacauda* ในแมลงชีปะขาว *Ephemera strigata* ซึ่งเป็นโฮสต์กึ่งกลางของพยาธิทั้งสองชนิดนี้ด้วย

ปรสิตวิทยา (Parasitology)

ปรสิตวิทยา (Parasitology) หมายถึง การศึกษาเกี่ยวข้องกับ organisms หนึ่งในที่เรียกว่าปรสิต (parasite) ที่ไปพักชั่วคราวหรือถาวรภายนอกหรือภายใน organisms อื่นที่เรียกว่าโฮสต์หรือโฮสต์ (host) เพื่อเป็นแหล่งอาหาร โดยปกติจะหมายถึง animal parasites ประกอบด้วย protozoa, helminthes และ arthropods (ชโลบล, 2548 อ้างถึง Neva and Brown, 1994)

ในการศึกษาทางด้านปรสิตนั้นจำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านสัณฐานวิทยา (morphology) กายวิภาค (taxonomy) ของปรสิตนั้นจึงจะกล่าวถึงลักษณะสำคัญของในแต่ละ Phylum ดังนี้ (ชโลบล, 2548)

โปรโตซัว (Protozoa)

โปรโตซัวเป็นสัตว์เซลล์เดียว (unicellular animals) หรือรวมกันเป็นกลุ่ม (colony) มีอวัยวะช่วยในการเคลื่อนที่คือเท้าเทียม (pseudopodia) ขี้เลีย (cilia) แฟลกเจลลา (flagella) อาหารผ่านทางโครงสร้างที่เรียกว่า cytostome มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) และแบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) (ชโลบล, 2548)

Phylum Platyhelminthes

คำว่า Platyhelminthes แยกเป็น plate หมายถึง แบน และ helminthe หมายถึง หนอนพยาธิ ที่มีลักษณะลำตัวแบนหรือกลม รวมคำแล้วหมายถึงหนอนพยาธิที่มีลำตัวแบนหรือลำตัวกลมนั่นเอง มีการดำรงชีพแบบ parasite ส่วนใหญ่ต้องมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตอื่นเพื่อให้ได้มาซึ่งปัจจัยในการดำรงชีพ เป็นต้นว่า สารอาหาร ออกซิเจน ที่อยู่อาศัย การหลบภัย และการสืบพันธุ์ โดยกลุ่มของหนอนพยาธิประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตใน Phylum Platyhelminthes, Acanthocephala, Nematoda (ชโลบล, 2548 อ้างถึง Faust, 1970)

ลักษณะทั่วไปของพยาธิตัวแบน

ลำตัวแบนทางด้านบน-ล่าง (dorso-ventrally flattened) แบ่งแบบ bilateral symmetry ระบบทางเดินอาหารไม่สมบูรณ์ (incomplete digestive system) คือมีปาก (mouth) ไม่มีทวารหนัก (anus) ไม่มีช่องว่างลำตัว (acoelomate) ส่วนใหญ่มีสองเพศอยู่ในตัว หรือเรียกว่ากระเทย (hermaphrodite) ไม่มีระบบเลือด (circular system) และระบบหายใจ (respiratory system) อาศัยการแลกเปลี่ยนก๊าซผ่านผิวหนังของลำตัว ระบบขับถ่ายเป็นแบบ flame cell (ชโลบล, 2548)

การจัดจำแนกแบ่งออกเป็น 4 Class ดังนี้

- | | |
|-------|----------------|
| Class | 1. Turbellaria |
| | 2. Monogenea |
| | 3. Trematoda |
| | 4. Cestoda |

Phylum Nematoda (พยาธิตัวกลม) (ชโลบล, 2548)

แต่เดิมพยาธิตัวกลม (Nematoda) จัดอยู่ใน Phylum Nemathelminthes ร่วมกับ Acanthocephala และ Nematomorpha แต่ภายหลังได้แยกออกมาเป็นคณะ Phylum คือ Nematoda, Acanthocephala และ Nematomorpha (ชโลบล, 2548 อ้างถึง Chitwood and Chitwood, 1950) Nematoda ประกอบด้วยหนอนตัวกลมที่เป็นอิสระในน้ำ และดิน และพยาธิตัวกลมที่เป็นปรสิตในพืช และสัตว์เช่น หอย แอนนิลิด อาร์โทรพอด และสัตว์มีกระดูกสันหลังซึ่งมีมากกว่า 80,000 ชนิด Nematode ในคนมีขนาดลำตัวยาวตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร (*Strongyloides stercoralis*) ถึงมากกว่า 1 เมตร (*Dracunculus medinensis*) (ชโลบล, 2548 อ้างถึง Neva and Brown, 1994) พยาธิตัวกลมมีลำตัวกลมเรียวยาวเป็นรูปทรงกระบอก หัว-ท้ายเรียว ลำตัวไม่มีปล้อง มีสมมาตรสองข้างลำตัว (bilateral symmetry)

Phylum Acanthocephala (พยาธิหัวหนาม) (ชโลบล, 2548)

พยาธิหัวหนามมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า thorny-headed หรือ spiny-headed worms ลำตัวแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของ Prosoma และ Metasoma (trunk)

ปัจจัยทางกายภาพ และเคมีบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของแมลงน้ำ

แมลงน้ำสามารถพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำมีทั้งกลุ่มสัตว์ที่ลอยลอยมากับกระแสน้ำ (drift) กลุ่มที่อาศัยอยู่ตามพื้นท้องน้ำ (benthos) กลุ่มที่อาศัยอยู่ตามผิวน้ำ (surface water) และกลุ่มที่อาศัย

อยู่ตามพันธุ์ไม้น้ำ (periphyton) ซึ่งแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงน้ำสามารถแบ่งได้หลายแบบ Williams and Felmate (1992) ได้กล่าวถึงลักษณะที่อยู่อาศัยของแมลงน้ำว่า สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

1. แหล่งที่อยู่อาศัยถาวร (permanent habitats) เป็นแหล่งที่มีน้ำจืดอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะมี ความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยา ลักษณะภูมิประเทศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ลักษณะของป่า องค์ประกอบของดิน ปริมาณน้ำ และคุณภาพทางเคมี ของน้ำ ซึ่งยังสามารถแบ่งได้เป็นแหล่งน้ำไหล (Running water หรือ Lotic) และแหล่ง น้ำนิ่ง (Standing water หรือ Lentic)
2. แหล่งที่อยู่ชั่วคราว (temporary habitats) มีน้ำบางช่วงขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพ และสภาพแวดล้อม รวมไปถึงแหล่งน้ำจืดที่เกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาตามแอ่งต่าง ๆ เช่น กระจบอกไม้ไฟ แอ่งตามพื้นดิน ในแหล่งที่อยู่ชั่วคราวนี้สิ่งมีชีวิตต้องมีการปรับตัว อย่างมากเพื่อให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป
3. แหล่งที่อยู่ที่มีมนุษย์สร้างขึ้น (man-made habitats) ได้แก่ อ่างเก็บน้ำ คลองส่งน้ำ เขื่อน หนอง เป็นต้น

ค่า **dissolved oxygen (DO)** ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางชีวภาพ และชีวเคมี รวมทั้งจากอากาศ ซึ่งออกซิเจนนับว่ามีความสำคัญมากในปฏิกิริยาทางชีวเคมีและชีวภาพ (Goldman and Horn, 1983) รวมถึงสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีวิตอยู่ในน้ำด้วย ทั้งนี้ปฏิกิริยาทางชีวเคมีและชีวภาพที่เกิดขึ้นนั้น สามารถบ่งชี้ให้ทราบว่าแหล่งน้ำนั้นสามารถรองรับปริมาณ สารอินทรีย์ได้มากน้อยเพียงใด โดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำ นอกจากนี้ออกซิเจนยังได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ รวมทั้งสาหร่าย และแพลงก์ตอนพืชด้วย ออกซิเจนยังถูกนำไปใช้ในการหายใจ และปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ โดยทั่วไปความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ไม่ควรต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ค่า **biochemical oxygen demand (BOD)** คือปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่สามารถย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน กรรณิการ์ (2525) ได้กล่าวว่า จากกระบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนต่อไป โดยผลผลิตขั้นสุดท้ายของการออกซิไดส์สารอาหารเหล่านี้อาจจะได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ หรือแอมโมเนียขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร ถ้ามีสิ่งสกปรกที่มีอินทรีย์สารมาก ก็จะทำให้มีการย่อยสลายมาก และออกซิเจนที่ละลายอยู่ก็จะลดลงไปด้วย ค่า BOD มีความสำคัญในการควบคุมความสกปรกของน้ำในแม่น้ำ แสดงความรุนแรงของการปนเปื้อน หรือการเน่าเสียของน้ำโดย

สารอินทรีย์ เนื่องจากน้ำที่มีค่า BOD สูง หมายถึง น้ำนั้นมีสารปนเปื้อนอยู่ในปริมาณมาก ในแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีค่า BOD ไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าค่า BOD มีค่าสูงเกินกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ถือว่าเป็นน้ำเสียจากพระราชบัญญัติน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม กำหนดว่าน้ำก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองต้องมีค่า BOD ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (พระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535)

อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิมีความสำคัญอย่างมากในการศึกษาทางนิเวศวิทยาแหล่งน้ำ นันทนา (2539) กล่าวว่าอุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ในแหล่งน้ำ ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ มีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต ความหนาแน่นของน้ำ และการละลายของธาตุ และก๊าซในน้ำ เมื่อแสงส่องผ่านลงไปแหล่งน้ำ และถูกดูดซึมจะเปลี่ยนเป็นความร้อน (Goldman and Horn, 1983) ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อปฏิกิริยาชีวเคมีของสิ่งมีชีวิตทำให้อุณหภูมิเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อแมลงน้ำ พบว่าในลำธารขนาดใหญ่อุณหภูมิของดินน้ำจะต่ำกว่าอุณหภูมิของปลายน้ำ เนื่องจากผลของความสูงจากระดับน้ำทะเล (Hynes, 1970)

ลักษณะพื้นท้องน้ำ (substrate) ลักษณะพื้นท้องน้ำของสัตว์มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับลักษณะพื้นท้องน้ำ Winnell and Jude (1989) ศึกษาตัวอ่อนของแมลงวงศ์ Chironomidae พบว่าตัวอ่อนที่อาศัยอยู่ในตะกอนละเอียดจะมีรูปร่างเล็ก เปรียว สามารถเคลื่อนไหวได้เร็ว และมีผิวหนังเหนียวสำหรับตัวอ่อนที่อาศัยอยู่ในทรายหยาบ ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยที่มั่นคงกว่า พบจำนวนชนิดมากกว่า และมีรูปร่างหลากหลาย รวมไปถึงสัตว์ลำตัวนิ่มที่อาศัยอยู่ในปลอกด้วย ในบริเวณที่น้ำไหลแรงพื้นท้องน้ำเป็นก้อนหิน และกรวดขนาดใหญ่ สัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณนี้จะปรับตัวเพื่อไม่ให้ถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำ โดยมีโครงสร้างพิเศษเกาะติดอยู่กับก้อนหิน และหลายชนิดมีรูปร่างเพียวเพื่อลดการต้านทานกระแสน้ำ หรือมีรูปร่างแบนราบไปกับพื้นผิวที่เกาะ บางชนิดอาศัยอยู่ใต้ก้อนหิน หรือตามรอยแตกของก้อนหิน ในบริเวณที่อัตราเร็วของกระแสน้ำลดลงจะมีการทับถมของทราย และตะกอนดินที่มีอินทรีย์วัตถุมักพบตัวอ่อนของแมลงน้ำ เช่น แมลงในอันดับ Ephemeroptera ที่ขุดรูอยู่ รวมทั้งตัวอ่อนของแมลงในอันดับ Odonata และหนอน Oligochaeta สำหรับในบริเวณน้ำลึกและกระแสน้ำไหลเอื่อย พบสัตว์ที่สามารถว่ายน้ำได้ และเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว หรืออาจมีสัตว์บางประเภทอาศัยอยู่ตามพืชน้ำ ได้แก่ แมลงน้ำในวงศ์ Chironomidae, Potamantidae และ Polymitacidae เป็นต้น (Hynes, 1970)

ความขุ่น (turbidity) ความขุ่นของแหล่งน้ำเกิดจากสิ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน อาทิเช่น ดินละเอียด แผลงก์ตอน สารอินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่น ๆ สารแขวนลอยเหล่านี้จะขัดขวางทางเดินของแสงโดยการดูดซึม และกระเจิงแสงแทนการปล่อยให้แสงเดินทางผ่านเป็นเส้นตรง (วิลโลกซ์, 2531) ความขุ่นเป็นคุณสมบัติของน้ำผิวดิน ซึ่งน้ำใต้ดินมักจะไม่มี ความขุ่น (มันสิน, 2540) ทั้งนี้ในแหล่งน้ำไหลจะมีความขุ่นมากกว่าในแหล่งน้ำนิ่ง ถ้าน้ำที่มีความขุ่นมากแสงทะลุผ่านลงสู่พื้นได้น้อย มีผลให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ นอกจากนี้เร็นส (2539) ยังกล่าวว่าความขุ่นของน้ำมีความสำคัญต่อการเพิ่ม หรือลดจำนวนของแพลงก์ตอนพืชพวกไดอะตอม พบว่าในเขตร้อนปริมาณแพลงก์ตอนพืชจะสูงสุดในช่วงหลังฤดูฝน และหลังฤดูหนาว แต่มีปริมาณน้อยมากในฤดูฝน และฤดูหนาว เนื่องจากในฤดูฝน ฝนตกชุกน้ำจึงมีความขุ่นสูง (กุศยา, 2529)

ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) เป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น และชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิของน้ำ สารประกอบอนินทรีย์ เช่น ด่างกับเกลือ เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เพราะเมื่อแตกตัวจะให้ไอออนที่สามารถนำไฟฟ้าได้ ตรงข้ามกับสารประกอบอินทรีย์ เช่น น้ำตาลซูโครส เบนซีน สารเหล่านี้ไม่สามารถแตกตัวได้ในน้ำ จึงไม่นำไฟฟ้า อย่างไรก็ตามค่าการนำไฟฟ้าของน้ำไม่สามารถบอกให้ทราบถึงชนิดของสารที่อยู่ในน้ำ แต่บอกได้ว่าการเพิ่ม หรือลดลงของไอออนที่ละลายน้ำเท่านั้น กล่าวคือ ถ้าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแสดงว่ามีสิ่งปนเปื้อนในน้ำเพิ่มขึ้น และถ้าค่าการนำไฟฟ้าลดลงแสดงว่าสิ่งปนเปื้อนในน้ำลดลง ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่มีคุณภาพดีจะมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ แสดงว่าน้ำนั้นมีมลพิษ (ณรงค์, 2525)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นคุณสมบัติทางเคมีของน้ำอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต ซึ่งพืชสามารถใช้หาค่าความเป็นด่าง ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ และสมดุลกรด-เบสอื่น ๆ ตลอดจนแสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายได้ น้ำผิวดินมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.5 – 8.5 น้ำใต้ดินอาจมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6.0 เนื่องจากมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำอยู่ในปริมาณสูง ช่วงของค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตมีค่าอยู่ในช่วง 6.0 – 9.0 น้ำตามธรรมชาติส่วนมากมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7.0 เนื่องจากน้ำมีปริมาณไอออนของพวกไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนตอยู่ด้วย (นันทนา, 2539) นอกจากนี้ Prescott (1951) แบ่งสภาพของแหล่งน้ำออกเป็น 2 ลักษณะ ตามสภาพของค่าความเป็นกรด-ด่าง คือ แหล่งน้ำอ่อน (soft water) เป็นแหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 7 และ

แหล่งน้ำกระด้าง (hard water) เป็นแหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.1 – 9.8 ค่า ค่าความเป็นกรด-ด่างมีส่วนในการควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ โดยปกติแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 5 – 9 ถ้าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำน้อยกว่า 5 หรือมากกว่า 9 สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำจะได้รับอันตราย

สารอาหาร (nutrients) เป็นดัชนีที่บอกการปนเปื้อนของแหล่งน้ำอีกปัจจัยหนึ่ง และนับว่ามีความจำเป็นอย่างมากสำหรับผู้ผลิตทั้งบนบก และในน้ำ ซึ่งในแหล่งน้ำต่าง ๆ จะมีปริมาณสารอาหารเจือปนอยู่ สารอาหารตามธรรมชาตินั้นได้มาจากการที่น้ำฝนชะล้างแร่ธาตุ และดินลงสู่แหล่งน้ำ การปล่อยของเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ รวมทั้งของเสียจากสัตว์ด้วย สารอาหารที่มีความจำเป็นต่อผู้ผลิต ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ปกติในน้ำธรรมชาติมีความเข้มข้นของไนเตรทค่อนข้างต่ำ ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (นันทนา, 2539) ปริมาณไนเตรทที่มากกว่าปกติอาจเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าน้ำได้รับการปนเปื้อนจากมูลสัตว์ หรือสารอินทรีย์เน่าเปื่อย (ณรงค์, 2525)

ไนโตรเจน (nitrogen) ในธรรมชาติทั่วไป น้ำทั้งต่าง ๆ มีสารไนโตรเจนหลายรูปแบบ เช่น ในรูปของสารไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ ซึ่งไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ สามารถเปลี่ยนรูปกลับไปกลับมาได้ และล้วนเป็นส่วนประกอบในวัฏจักรไนโตรเจนทั้งสิ้น (วิไลลักษณ์, 2531) ซึ่งไนโตรเจนในน้ำเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงการปนเปื้อนของน้ำที่ดี เนื่องจากชนิดของไนโตรเจนที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ผ่านไป เริ่มจากการปนเปื้อนของน้ำเกิดขึ้น น้ำที่เพิ่งสกปรกใหม่ ๆ จะมีการตรวจพบแอมโมเนียในปริมาณมากกว่าปกติ แต่เมื่อเวลาผ่านไปปฏิกิริยาชีวเคมีทำให้ไนโตรเจนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไนเตรท (สุทธินิ, 2547) กรรณิการ์ (2525) และศิริเพ็ญ (2537) กล่าวว่า ไนเตรทเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่พบมากที่สุดในการลำธารและทะเลสาบ เนื่องจากไนเตรทเป็นสารประกอบที่สามารถถูกชะล้างไปได้ง่ายเมื่อมีการไหลผ่านของน้ำไปบนพื้นดิน ทำให้ปริมาณไนเตรทไหลลงสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้นเมื่อมีการพังทลายของดินมาก นอกจากนี้ไนโตรเจนยังเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ เพราะเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช และสัตว์

จากการศึกษาของ Peter and Peterson (1993) ถึงผลของการเพิ่มไนเตรท และสารฟอสเฟตที่มีต่อกระบวนการทางชีววิทยา และประชากรในแต่ละลำดับขั้นของสายใยอาหารของระบบแม่น้ำเป็นเวลา 4 ฤดูร้อน พบว่ามวลชีวภาพของสาหร่าย ผลผลิตของแหล่งน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์มีการสะสมมากขึ้น ส่วนประชากรของไดอะตอมเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เป็นผลให้กลุ่มของแมลงน้ำมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้แพลงก์ตอนสัตว์ยังสามารถคัดแปลงสภาพแวดล้อมของสาหร่าย

ในเชิงสารอาหารผ่านกระบวนการสะสม และนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แพลงก์ตอนสัตว์จะใช้สารไนเตรทที่มีอยู่น้อยในแหล่งน้ำได้มากกว่าสารฟอสเฟต และสารคาร์บอนอินทรีย์ และในขณะเดียวกันก็ปล่อยสารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสในรูปแอมโมเนียไนโตรเจน และฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ตามลำดับ ซึ่งแอมโมเนียไนโตรเจนตามธรรมชาติจะมีอยู่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าไม่ทำให้เกิดพิษ แต่ในสภาพที่มีความเข้มข้นสูงจะเกิดพิษต่อสิ่งมีชีวิต โดยไปเพิ่ม pH ของน้ำให้สูงขึ้น ถ้าในน้ำธรรมชาติมี pH น้อยกว่า 5.0 หรือมากกว่า 9.0 สิ่งมีชีวิตในน้ำจะได้รับอันตราย (นันทนา, 2539)

ฟอสฟอรัส (phosphorus) มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการแปรรูปของพลังงานในระบบนิเวศ และเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ และแพลงก์ตอนพืช โดยจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ โดยเฉพาะในกระบวนการถ่ายเทพลังงาน และกระบวนการสร้างกรดนิวคลีอิก (ลัดดา, 2538) ฟอสฟอรัสในน้ำธรรมชาติ และน้ำโสโครกอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ กันของฟอสเฟต เช่น ออร์โธฟอสเฟต อินทรีย์ฟอสเฟต ซึ่งฟอสเฟตเหล่านี้อาจอยู่ในรูปของซากพืช ซากสัตว์ หรือในรูปที่ละลายน้ำ ฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำอาจได้มาจากกิจกรรมการชักล้าง จากการใช้ปุ๋ยในกิจกรรมการเกษตร มักพบว่าฟอสเฟตเป็น Growth-limiting nutrient ของแหล่งน้ำเสมอ (กรรณิการ์, 2525) จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานว่าไม่ควรมีปริมาณฟอสเฟตสูงเกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศิริเพ็ญ, 2537)