

4. จงเปรียบเทียบค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดที่คำนวณตามวิธีการทั้ง 3 วิธีว่าในกลุ่มสิ่งมีชีวิตแบบใด วิธีการศึกษาแบบใดให้ผลสัมฤทธิ์น่าเชื่อถือมากที่สุด

ตาราง 12-1 แสดงค่าของ $\text{Log}_{10}N$ และ $n\text{Log}_{10}n$ สำหรับใช้คำนวณหาค่าดัชนีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตตามสูตรของแซนนอน-ไวเนอร์

or N	Log_{10} N	$n\text{Log}_{10}n$	n or N	Log_{10} N	$n\text{Log}_{10}n$	n or N	Log_{10} N	$n\text{Log}_{10}n$	or i v	Log_{10} N	$n\text{Log}_{10}n$
1	0.000	0.000	51	1.708	87.108	101	2.004	202.404	151	2.179	329.029
2	0.301	0.602	52	1.716	89.232	102	2.009	204.918	152	2.182	331.664
3	0.447	1.431	53	1.724	91.372	103	2.013	207.339	153	2.185	334.305
4	0.602	2.408	54	1.732	93.528	104	2.017	209.768	154	2.188	336.952
5	0.699	3.495	55	1.740	95.700	105	2.021	212.205	155	2.190	339.450
6	0.778	4.668	56	1.748	97.888	106	2.025	214.650	156	2.193	342.108
7	0.845	5.915	57	1.756	100.092	107	2.029	217.103	157	2.196	344.772
8	0.903	7.224	58	1.763	102.254	108	2.033	219.564	158	2.199	347.442
9	0.954	8.586	59	1.771	104.489	109	2.037	222.033	159	2.201	349.959
10	1.000	10.000	60	1.778	106.680	110	2.041	224.510	160	2.204	352.640
11	1.041	11.451	61	1.785	108.885	111	2.045	226.995	161	2.207	355.327
12	1.079	12.948	62	1.792	111.104	112	2.049	229.488	162	2.210	358.020
13	1.114	14.482	63	1.799	113.337	113	2.053	231.989	163	2.212	360.556
14	1.146	16.044	64	1.806	115.584	114	2.057	234.498	164	2.215	363.260
15	1.176	17.640	65	1.813	117.845	115	2.061	237.015	165	2.217	365.805
16	1.204	19.264	66	1.820	120.120	116	2.064	239.424	166	2.220	368.520
17	1.230	20.910	67	1.826	122.342	117	2.068	241.956	167	2.223	371.241
18	1.255	22.590	68	1.832	124.576	118	2.072	244.496	168	2.225	373.800
19	1.279	24.301	69	1.839	126.891	119	2.076	247.044	169	2.228	376.532
20	1.301	26.020	70	1.845	129.150	120	2.079	249.480	170	2.230	379.100
21	1.322	27.762	71	1.851	131.421	121	2.083	252.043	171	2.233	381.843
22	1.342	29.524	72	1.857	133.704	122	2.086	254.942	172	2.236	384.592
23	1.362	31.326	73	1.863	135.999	123	2.090	257.070	173	2.238	387.174
24	1.380	33.120	74	1.869	138.306	124	2.093	259.532	174	2.240	389.760
25	1.398	34.950	75	1.875	140.625	125	2.097	262.125	175	2.243	392.525
26	1.415	36.790	76	1.881	142.956	126	2.100	264.600	176	2.245	395.296
27	1.431	38.637	77	1.886	145.222	127	2.104	267.208	177	2.248	397.896
28	1.447	40.516	78	1.892	147.576	128	2.107	269.696	178	2.250	400.500
29	1.462	42.398	79	1.898	149.942	129	2.110	272.190	179	2.253	403.287
30	1.477	44.310	80	1.903	152.240	130	2.114	274.820	180	2.255	405.900
31	1.491	46.221	81	1.908	154.548	131	2.117	277.327	181	2.258	408.698
32	1.505	48.160	82	1.914	156.948	132	2.120	279.840	182	2.260	411.320
33	1.518	50.094	83	1.919	159.277	133	2.124	282.492	183	2.262	413.990
34	1.531	52.054	84	1.924	161.616	134	2.127	285.018	184	2.265	416.760
35	1.544	54.040	85	1.929	163.965	135	2.130	287.550	185	2.267	419.395
36	1.556	56.016	86	1.934	166.324	136	2.134	290.224	186	2.270	422.220
37	1.568	58.016	87	1.940	168.780	137	2.137	292.769	187	2.272	424.064
38	1.580	60.040	88	1.944	171.072	138	2.140	295.320	188	2.274	427.512
39	1.591	62.049	89	1.949	173.461	139	2.143	297.877	189	2.276	430.164
40	1.602	64.080	90	1.954	175.860	140	2.146	300.440	190	2.279	433.010
41	1.613	66.133	91	1.959	178.269	141	2.149	303.009	191	2.281	435.671
42	1.623	68.166	92	1.964	180.688	142	2.152	305.584	192	2.283	438.336
43	1.633	70.219	93	1.968	183.024	143	2.155	308.165	193	2.286	441.198
44	1.643	72.292	94	1.973	185.462	144	2.158	310.752	194	2.288	443.872
45	1.653	74.385	95	1.978	187.910	145	2.161	313.345	195	2.290	446.550
46	1.663	76.498	96	1.982	190.272	146	2.164	315.944	196	2.292	449.232
47	1.672	78.584	97	1.987	192.739	147	2.167	318.549	197	2.294	451.918
48	1.681	80.688	98	1.991	195.118	148	2.170	321.160	198	2.297	454.806
49	1.690	82.810	99	1.996	197.604	149	2.173	323.777	199	2.299	457.501
50	1.699	84.950	100	2.000	200.000	150	2.176	326.400	200	2.301	460.200

บทปฏิบัติการที่ 13

การวัดความดันไอของไอน้ำในอากาศ

หลักการ

ความชื้น(humidity) และอุณหภูมิในบรรยากาศ เป็นสองปัจจัยหลักที่กำหนดชีวนิเวศ ในโลกของสิ่งมีชีวิต ปริมาณความชื้นในบรรยากาศขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ ไอน้ำ(water vapor) ซึ่งผันแปรตามอุณหภูมิ บทบาทสำคัญของไอน้ำในอากาศคือ ควบคุมการปิดเปิดของปากใบพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสรีรวิทยาของพืช ยิ่งไปกว่านั้นยังเกี่ยวข้องกับกลไกการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำและผิวดิน รวมทั้งมีอิทธิพลต่อการอยู่รอดของสัตว์อีกด้วย ดังเป็นที่ปรากฏชัดว่า ความชื้นในบรรยากาศถ้ามีน้อย(เช่นกรณีของทะเลทราย) จะเป็น ปัจจัยจำกัด(limiting factor) ต่อการแพร่กระจาย ความหลากหลาย และปริมาณชนิดของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นการวัดความชื้นในบรรยากาศและการหาอัตราการแลกเปลี่ยนน้ำในอากาศกับส่วนที่มีชีวิต(biotic portion) และส่วนไม่มีชีวิต(abiotic portion) จึงเป็นเรื่องจำเป็นต้องศึกษา เพื่อให้ตระหนักถึงความสำคัญของความชื้นที่มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศ จำเป็นต้องเข้าใจความหมายของคำว่า ความชื้นและระเบียบวิธีการวัดความชื้น สิ่งที่เป็นพื้นฐานขั้นแรก คือ ระเบียบวิธีวัดปริมาณไอน้ำในอากาศ

คำศัพท์เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับปริมาณไอน้ำในอากาศ คือ

ความดันไอ(vapor pressure) คือ ความดันย่อย(partial pressure)ของไอน้ำในอากาศ นิยมวัดเป็นมิลลิเมตรของปรอท อาจใช้หน่วยอื่นที่นิยมใช้ในเรื่องของความดัน ความดันไอนี้เป็นอิสระจากความดันย่อยของแก๊สอื่นที่มีอยู่ในบรรยากาศ

ความดันไอสูงสุด(maximum vapor pressure ใช้สัญลักษณ์ e_m) คือ ความดันไอที่วัดได้ในสภาวะสมดุลของอากาศและพื้นผิวของน้ำบริสุทธิ์(เหนือ 0°C) หรือของน้ำแข็ง(ต่ำกว่า 0°C) และจะเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิเหล่านี้ ข้อมูลของ e_m ดูได้ในตาราง 13-1* ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิที่สำคัญในระบบนิเวศ ความดันไอสูงสุดจะลดลงเมื่อเติมสารที่ละลายน้ำได้(solute)ลงไป จนทำให้สถานะการเป็นไอของน้ำอยู่ในสภาวะสมดุล ค่า ความดันไอปรากฏ(actual vapor pressure ใช้สัญลักษณ์ e) คือ ค่าความดันไอที่ปรากฏจริง ณ ระดับอิมตัวหรือต่ำกว่า

vapor pressure deficit หรือ saturation deficit คือ ค่าความต่างระหว่าง e และ e_m ณ อุณหภูมิหนึ่งของอากาศ

* ค่าที่นอกเหนือออกไปจากในตารางดูได้จาก Smithsonian Institution. 1951. Smithsonian meteorological tables. 6th ed. Smithsonian Misc. Coll., Vol. 114.

เกรเดียนต์ของความดันไอ(vapor pressure gradient) คือ ค่าความแตกต่างของความดันปรากฏระหว่างสองจุดใด ๆ เกรเดียนต์ของความดันไอบ่งถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำและแปรผันตรงกับอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำ ดังนั้นจึงเป็นการวัดที่เหมาะสมมากกับการศึกษาเรื่องการระเหยของน้ำ(evaporation)

ความชื้นสัมพัทธ์(relative humidity) คือ ค่าอัตราส่วนระหว่าง ความดันไอปรากฏ กับ ความดันไออิ่มตัว(saturation vapor pressure) ณ อุณหภูมิเดียวกัน คูณด้วย 100

$$\text{relative humidity} = \frac{e}{c_m} \times 100$$

ความชื้นสัมบูรณ์(absolute humidity) คือ ค่าน้ำหนักของไอน้ำ ต่อ หน่วยปริมาตรของอากาศ ณ อุณหภูมิขณะหนึ่ง คำนวณได้จากสูตร

$$\text{absolute humidity} = \frac{(289.30)(e)}{T}$$

(grams/meter³)

เมื่อ e = ความดันย่อยของไอน้ำ(partial vapor pressure)

หน่วยเป็นมิลลิเมตรของปรอท

T = องศาสัมบูรณ์(absolute temperature)

จุดน้ำค้าง(dew point) คือ ค่าอุณหภูมิขณะที่ความดันไอปรากฏมีค่าเท่ากับความดันไออิ่มตัว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบระเบียบวิธีวัดค่าความดันไอของไอน้ำในอากาศ

ระเบียบวิธี

เครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นในอากาศมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีระเบียบวิธีใช้เฉพาะ โดยทั่วไปนิยมใช้ชนิดที่เรียกว่า เวนทิลเลเทดไซโครมิเตอร์(ventilated psychrometer) และ ไฮโกรมิเตอร์จุดน้ำค้าง(dew-point hygrometer)

1. เวนทิลเลเทดไซโครมิเตอร์ เป็นเครื่องสำเร็จที่ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์สองอันตั้งขนานกัน กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อันหนึ่งไม่ถูกหุ้มปล่อยให้สัมผัสกับอากาศ เรียกอันนี้ว่า กระเปาะแห้ง(dry-bulb) แต่กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อีกอันหนึ่งถูกหุ้มด้วยผ้าหรือสำลีเพื่อที่จะถูกทำให้เปียกได้ เรียกอันนี้ว่า กระเปาะเปียก(wet-bulb) เมื่อต้องการวัดความชื้น หยดน้ำกลั่นลงบน

วัสดุหุ้มกระเปาะจนเปียกชุ่ม แล้วใช้พัดลมเป่าให้อากาศผ่านกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ (อาจใช้เครื่องมือจับไซโครมิเตอร์แล้วหมุนสายไปมา) เพื่อให้ผลการวัดถูกต้อง ควรควบคุมกระแสลมที่พัดผ่านกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ด้วยความเร็วไม่ต่ำกว่า 3 เมตรต่อวินาที กระแสลมที่พัดผ่านกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ ทำหน้าที่กระตุ้นการระเหยของไอน้ำจากวัสดุหุ้มกระเปาะที่เปียก อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์อันนี้จะลดลงเนื่องจากน้ำสูญเสียความร้อนเพื่อการกลายเป็นไอ อัตราการระเหยจะสัมพันธ์กับ saturatin deficit ของอากาศ เมื่ออุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะเปียกไม่ลดลงอีกต่อไปแล้ว อ่านค่าอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองอัน คำนวณค่าความดันไอบรรยากาศจากสูตร

$$e = e'_m - 0.00066 P (t - t')(1 + 0.00114 t')$$

เมื่อ e = ความดันปรอทที่อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (หน่วยเป็นมิลลิเมตรของปรอท)

e'_m = ความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (หน่วยเป็นมิลลิเมตรของปรอท) อ่านจากตาราง 13-1

t = อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง ($^{\circ}\text{C}$)

t' = อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก ($^{\circ}\text{C}$)

P = ความดันของบรรยากาศ หน่วยเป็นมิลลิเมตรของปรอท(วัดจากเครื่องมือวัดความดันของบรรยากาศ)

เมื่อได้ค่าความดันปรอทแล้ว ก็สามารถคำนวณค่าอื่นที่เกี่ยวข้องกับค่าความชื้นได้จากสูตรที่แสดงไว้ข้างต้น

2. ไฮโกรมิเตอร์จุดน้ำค้าง เป็นเครื่องสำเร็จที่ประกอบด้วยหลอดโลหะฉนวนอย่างดี เมื่อต้องการวัดความชื้นปฏิบัติโดยใส่ เอทิลอีเทอร์(ethyl ether) (หรือสารอื่นที่กลายเป็นไอได้ง่าย) ลงไปในหลอดโลหะ แล้วใช้เครื่องเป่าลม เป่าให้ลมพัดผ่านสายยางเข้าไปใน เอทิลอีเทอร์ การระเหยของเอทิลอีเทอร์จำเป็นต้องใช้ความร้อนจึงดึงความร้อนจากหลอดโลหะ เมื่อไอน้ำมาเกาะที่ผิวหลอดโลหะแล้วจึงสอดเทอร์โมมิเตอร์ลงไปในเอทิลอีเทอร์ วัดอุณหภูมิขณะนั้นเป็นอุณหภูมิของจุดน้ำค้าง ตามปกติการหาจุดน้ำค้างใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเมื่อมีหยดน้ำมาเกาะที่ผิวของหลอดโลหะและอุณหภูมิเมื่อหยดน้ำระเหยจนหมด ในการปฏิบัติจริงควรหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจุดน้ำค้างหลายครั้ง ค่าความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิจุดน้ำค้าง(อ่านจากตาราง 13-1) มีค่าเท่ากับความดันปรอทที่ อุณหภูมิแวดล้อม(ambient temperature) ค่าอื่นที่เกี่ยวข้องกับค่าความชื้นสามารถคำนวณได้จากความดันไอบรรยากาศจากสูตรที่แสดงไว้ข้างต้น

3. บันทึกผลการทดลองในตารางท้ายบทปฏิบัติการ รายงานผลโดยใช้ค่าถามท้ายบทเป็นเกณฑ์

ตาราง 13-1 แสดงค่าความดันไออิ่มตัว(e_s) ที่อุณหภูมิระหว่าง -25°C ถึง $+50^{\circ}\text{C}$ ค่าต่ำกว่า 0°C เป็นค่าความดันของไอน้ำเหนือกว่าความเป็นน้ำแข็ง(ice)

Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
-25	0.48					13	11.23	11.40	11.53	11.68	11.83
-24	0.53	0.52	0.50	0.50	0.49	14	11.99	12.14	12.30	12.46	12.62
-23	0.58	0.51	0.56	0.55	0.54	15	12.79	12.95	13.12	13.29	13.46
-22	0.64	0.63	0.62	0.60	0.59	16	13.63	13.81	13.99	14.17	14.35
-21	0.70	0.69	0.68	0.66	0.65	17	14.53	14.72	14.90	15.09	15.28
-20	0.76	0.76	0.75	0.73	0.72	18	15.48	15.67	15.87	16.07	16.27
-19	0.85	0.84	0.82	0.81	0.79	19	16.48	16.68	16.89	17.10	17.32
-18	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	20	17.54	17.75	17.97	18.20	18.42
-17	1.03	1.01	0.99	0.98	0.96	21	18.65	18.88	19.11	19.35	19.59
-16	1.13	1.11	1.09	1.07	1.05	22	19.83	20.07	20.32	20.56	20.82
-15	1.24	1.22	1.20	1.18	1.15	23	21.07	21.32	21.58	21.84	22.11
-14	1.36	1.34	1.31	1.29	1.26	24	22.38	22.65	22.92	23.20	23.48
-13	1.49	1.46	1.44	1.41	1.39	25	23.76	24.04	24.33	24.62	24.91
-12	1.62	1.60	1.57	1.55	1.52	26	25.21	25.51	25.81	26.12	26.43
-11	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66	27	26.74	27.06	27.37	27.70	28.02
-10	1.95	1.92	1.88	1.85	1.82	28	28.33	28.68	29.02	29.35	29.70
-9	2.13	2.09	2.06	2.02	1.98	29	30.04	30.39	30.74	31.10	31.46
-8	2.33	2.28	2.25	2.21	2.17	30	31.82	32.19	32.56	32.93	33.31
-7	2.54	2.49	2.45	2.41	2.37	31	33.70	34.08	34.47	34.86	35.26
-6	2.76	2.72	2.67	2.63	2.58	32	35.66	36.07	36.48	36.89	37.31
-4	3.01	2.96	2.91	2.86	2.81	33	37.73	38.16	38.58	39.02	39.46
-3	3.27 3.28	3.21 3.22	3.14 3.17	3.07 3.12	3.00 3.04	34 35	40.00 39.90	40.44 40.34	40.88 40.72	41.32 41.15	41.76 41.51
-1	3.88	3.82	3.75	3.69	3.63	36	44.56	45.05	45.55	46.05	46.56
-0	4.22 4.30	4.15 4.30	4.08 4.43	4.01 4.29	3.95 4.29	37 38	47.07 46.89	47.58 50.23	48.10 50.77	48.63 51.32	49.16 51.86
0	4.58	4.65	4.72	4.78	4.86	39	52.44	53.01	53.58	54.16	54.74
1	4.93	5.00	5.07	5.14	5.22	40	55.32	55.91	56.51	57.11	57.72
2	5.29	5.37	5.45	5.52	5.60	41	58.34	58.96	59.58	60.22	60.86
4	5.68	5.77	5.85	5.93	6.02	42	61.50	62.14	62.80	63.46	64.12
5	6.10	6.19	6.27	6.36	6.45	43 44	64.80 64.80	65.48 68.97	66.18 69.16	66.88 70.41	67.59 71.14
6	7.01	7.11	7.21	7.31	7.41	45	71.88	72.62	73.36	74.12	74.88
7	7.51	7.62	7.72	7.83	7.94	46	75.65	76.43	77.21	78.00	78.80
8	8.04	8.16	8.27	8.38	8.49	47	79.60	80.41	81.23	82.05	82.87
9	8.61	8.73	8.84	8.96	9.09	48	83.71	84.56	85.42	86.28	87.14
10	9.21	9.33	9.46	9.58	9.71	49	88.02	88.90	89.79	90.69	91.59
11	9.84	9.98	10.11	10.24	10.38	50	92.51				
12	10.52	10.66	10.80	10.94	11.08						

ตารางบันทึกข้อมูลการวัดความดันไอของไอน้ำในอากาศ

ชื่อนักศึกษา

วันที่

ชนิดของเครื่องสำเร็จ	ความดันไอปรากฏ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความชื้นสัมบูรณ์
ventilated psychrometer			
dew-point hygrometer			

แบบฝึกหัดบทปฏิบัติการที่ 13

1. เครื่องสำเร็จแบบ ventilated psychrometer และ dew-point hygrometer มีความยากง่ายต่อการใช้งานต่างกันอย่างไร
2. การใช้เครื่องสำเร็จทั้งสองแบบใช้วัดค่าความดันไอของไอน้ำในอากาศ เครื่องสำเร็จชนิดใดให้ผลการวัดถูกต้องมากกว่า
3. ท่านสามารถนำผลการทดลองนี้มาอธิบายลักษณะและกลไกภายในระบบนิเวศได้อย่างไร

บทปฏิบัติการที่ 14

กิจกรรมของมนุษย์และมลพิษทางน้ำ

หลักการ

การพัฒนาอุตสาหกรรมและการดำรงชีวิตอย่างสะดวกสบายของมนุษย์ ทำให้มี ของเสีย (waste) และของเหลือใช้เกิดขึ้นทุกวัน และสะสมมากขึ้นแม้จะมีกระบวนการจัดของเสียเหล่านี้ อยู่บ้างก็ตาม ของเสียที่มาจากอุตสาหกรรม การเกษตร ที่พักอาศัย และแหล่งอื่น ทำให้เกิด มลพิษ (pollution) ทางอากาศ ทางบก และทางน้ำ ตามลักษณะของกระบวนการที่เป็นแหล่งกำเนิด มลพิษ ไม่ว่าจะมลพิษครั้งแรกจะเกิดขึ้นในส่วนใดของระบบนิเวศ ผลที่เกิดตามมา คือ มลพิษเหล่านั้นจะถูกชะล้างมาโดยน้ำแล้วสะสมอยู่ในแหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีการสะสมมลพิษไว้มากที่สุด

สารพิษ (pollutant) จากอุตสาหกรรม เช่น สารพวกกรด และไอออนของโลหะหนัก เรียกว่า สารมลพิษเคมี (chemical pollutant) มีผลกระทบต่อ pH คุณภาพน้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำและพื้นที่ ไกล่เคียง สารมลพิษจากการเกษตร เช่น ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และสารมลพิษจากที่พักอาศัย เช่น ผงซักฟอก สิ่งขับถ่าย เศษอาหาร ทั้งสองแหล่งดังกล่าวเป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษพวก ฟอสเฟต ไนเตรท สารมลพิษอินทรีย์ (organic pollutant) ก็มาจากแหล่งดังกล่าวเช่นเดียวกัน เมื่อถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดการเจริญผิดปกติอย่างรวดเร็ว * (bloom) ของแพลงตอนพืช เข้าสู่สภาวะ eutrophication มีจำนวนแพลงตอนพืชเกินความต้องการของแพลงตอนสัตว์ซึ่งทำหน้าที่ กินแพลงตอนพืช แพลงตอนพืชส่วนเกินนี้เมื่อตายตามช่วงอายุอันสั้น แล้วจมลงสู่ก้นแหล่งน้ำเป็นอาหารของแบคทีเรียที่ทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายต่อไป ช่วงที่แพลงตอนพืชมีการเจริญอย่างรวดเร็ว ย่อมจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนสำหรับกระบวนการเมแทบอลิซึม และช่วงที่มีการย่อยสลายโดยแบคทีเรียก็จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนเช่นเดียวกัน ดังนั้นแหล่งน้ำดังกล่าวจึงอยู่ใน สภาพขาดออกซิเจน (anoxia) ไม่เหมาะต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิด

ภาวะมลพิษอันเนื่องมาจากสารอินทรีย์ จนทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนถึงขั้นอันตราย นิยมใช้ค่าของ BOD (biochemical oxygen demand) เป็นดัชนี โดยทั่วไป ค่า BOD ตามมาตรฐานสากล มักคล้อยตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา คือ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ประเทศไทยก็ใช้ค่านี้นี้เช่นเดียวกัน ยกเว้นในแหล่งที่มีการเพาะเลี้ยงกุ้งที่ต้องการน้ำมีคุณภาพสูง ค่า BOD จึงอยู่ที่ 10 มิลลิกรัม/ลิตร มลพิษอันเนื่องมาจากสารเคมี นิยมใช้วิธี bioassay โดยใช้สิ่งมีชีวิตเป็นเครื่องวัด (parameter) เกณฑ์ทั่วไปสำหรับการวัด ความเป็นพิษ (toxicity) เรียกว่า LD₅₀ หมายถึงปริมาณ

* อุณหภูมิน้ำที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นปัจจัยเสริมให้เกิด algal bloom ด้วย

ของสารที่ให้กับสัตว์ทดลองเพียงครั้งเดียว(single dose) สามารถทำให้สัตว์ทดลองเสียชีวิตถึงร้อยละ 50 ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ค่า LD_{50} มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของสารพิษต่อน้ำหนักเป็นกิโลกรัมของสัตว์ทดลอง ความเข้มข้นของ LD_{50} ผันแปรตามวิธีการให้สารพิษ อายุ เพศ และชนิดของสัตว์ทดลอง และยังมีปัจจัยแปรอื่นอีก แม้กระทั่งลมฟ้าอากาศ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของสารฆ่าแมลงที่มีความเข้มข้นต่างกันต่อสัตว์น้ำ
2. เพื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงต่อสัตว์น้ำต่างชนิดกัน

วัสดุอุปกรณ์

เตรียมสัตว์น้ำสำหรับทดลอง 2 ชนิด ควรเลือก ไรน้ำ(*Daphnia* sp., Phylum Arthropoda) (รูป 14-1) และ หนอนแดง(*Tubifex* sp., Phylum Annelida) (รูป 14-2) เพราะมีขนาดเล็กเหมาะกับการทดลองในหลอดแก้วและไม่เล็กลงจนมองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า

- สารฆ่าแมลงชนิดใดชนิดหนึ่ง (Dieldrin, Parathion, etc.)
- หลอดแก้วทดลองความยาวไม่ต่ำกว่า 12 เซนติเมตร พร้อมทั้งตั้ง
- ปิเปต กระจกตวง หลอดหยด

ระเบียบวิธี

1. การเตรียมสารละลายเจือจางของสารฆ่าแมลง

1.1 อ่านฉลากข้างขวดสารฆ่าแมลงว่าประกอบด้วย สารฆ่าแมลงจริง(active ingredient) ร้อยละเท่าใด(โดยปริมาตร)ของปริมาตรทั้งหมด นำสารฆ่าแมลง 10 มิลลิลิตรมาเติมลงในน้ำประปา(ที่เก็บไว้ในภาชนะไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง) 90 มิลลิลิตรโดยใช้กระจกตวง สารฆ่าแมลงที่ทำให้เจือจางลงในขั้นตอนนี้มีปริมาตรทั้งหมด 100 มิลลิลิตร

1.2 ถ้าสารฆ่าแมลงมี active ingredient ร้อยละ 12 (ที่เหลืออีกร้อยละ 88 เป็น inert ingredient) หมายความว่า มีสารละลายฆ่าแมลงจริง 12 ส่วน ในสารละลายทั้งหมด 100 ส่วน นั่นคือ 12 pph (parts per hundred) แบ่งมาใส่ในกระจกตวง 10 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำลงไป 90 มิลลิลิตร 12 pph จึงถูกทำให้เจือจางลงสิบเท่า(one tenth)

ดังนั้นสารละลายที่ทำให้เจือจางในขั้นตอนนี้จึงมีความเข้มข้น 12 ส่วนในพัน(parts per thousand) เทสารละลายที่ได้ลงในขวด ติดป้ายบอกความเข้มข้นเป็น parts per thousand ($\times 10^3$)

1.3 ทำซ้ำโดยลดความเข้มข้นลงสิบเท่า เพื่อให้ได้สารฆ่าแมลงเจือจางลงตามลำดับดังนี้

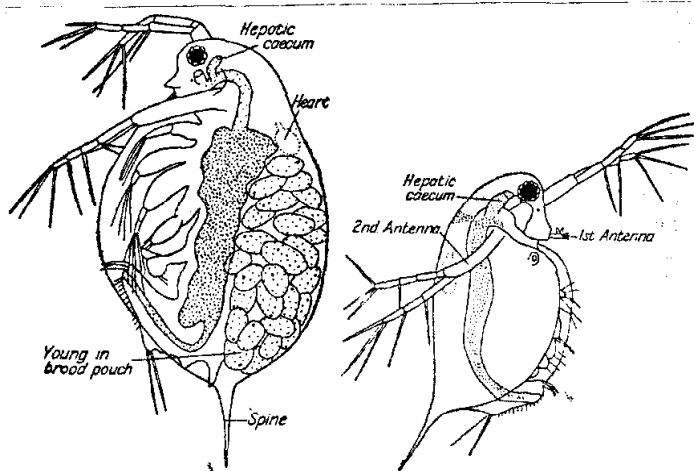
- | | | |
|---|--------|-------------------------------|
| (1) parts per thousand (x1 0 ³) | = PPT | } ใช้สำหรับ <i>Tubifex</i> |
| (2) parts per ten thousand (x10 ⁴) | = PPTT | |
| (3) parts per hundred thousand (x1 0 ⁵) | = PPHT | } ไม่ใช่สำหรับ <i>Daphnia</i> |
| (4) parts per million (x10 ⁶) | = PPM | |
| (5) parts per ten million (x10 ⁷) | = PPTM | |
| (6) parts per hundred million (x10 ⁸) | = PPHM | |
| (7) parts per billion (x10 ⁹) | = PPB | |
| (8) parts per ten billion (x10 ¹⁰) | = PPTB | |

เก็บสารละลายที่ทำให้เจือจางลงนี้ใส่ในขวดพร้อมติดป้ายบอกความเข้มข้นเพื่อใช้สำหรับการทดลองต่อไป

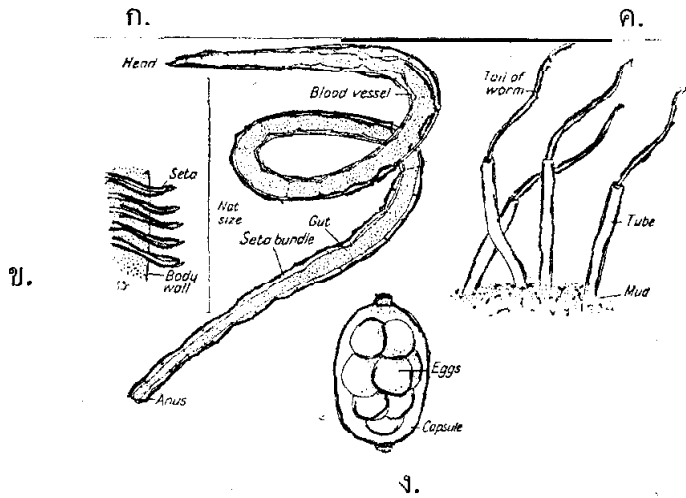
รูป 14-1 ลักษณะและโครงสร้างทั่วไปของ *Daphnia pulex* ก. เพศเมียขนาดเท่าตัวจริง ความยาว 2 มิลลิเมตร ข. เพศผู้ขนาดเท่าตัวจริงความยาว 1 มิลลิเมตร (จาก Mellanby, 1963)

ก.

ข.



รูป 14-2 ลักษณะและโครงสร้างทั่วไปของ *Tubifex* sp. ก. ทั้งตัว ข. แถวของขน (setae) ค. ตัวหนอน และปลอกที่ฝังอยู่ในโคลน ง. แคปซูลและไข่ (จาก Mellanby, 1963)

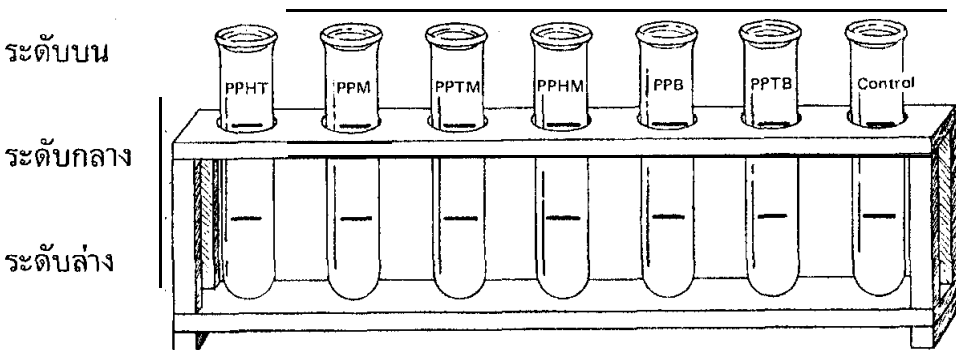


2. การศึกษาผลกระทบของสารฆ่าแมลงต่อไรน้ำ

2.1 จัดตั้งหลอดแก้วทดลอง 7 หลอดลงในที่ตั้ง ใช้ดินสอเขียนแก้วขีดเส้นแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับล่าง ระดับกลาง และระดับบน

2.2 นำสารละลายฆ่าแมลงที่ทำให้เจือจางตามข้อ 1.3 มาเติมลงในหลอดแก้วจนเกือบเต็มหลอด โดยเริ่มที่ความเข้มข้น parts per hundred thousand (PPHT) ข้อ 1.3(3) ติดป้ายทุกหลอด หลอดที่ 7 เติมด้วยน้ำประปา เพื่อทำหน้าที่เป็นหลอด ควบคุม(control) (รูป 14-3)

รูป 14-3 แผนภาพการจัดเตรียมหลอดแก้วทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของสารฆ่าแมลงระดับความเข้มข้นต่างกันที่มีต่อไรน้ำ



2.3 ใช้หลอดหยดดูดโรน้าจากสต็อก แบ่งใส่ในหลอดแก้วขนาดเล็ก 7 หลอดๆ ละ 10 ตัว

2.4 ใช้หลอดหยดดูดโรน้าทั้ง 10 ตัวนี้ ใส่ลงในส่วนบนของหลอดที่มีสารฆ่าแมลงที่ทำให้เจือจางตามลำดับ รวมทั้งหลอดควบคุมด้วย

2.5 นับจำนวนโรน้าที่รอดชีวิตในแต่ละระดับของแต่ละหลอด ทุก 3, 6, 9, 12, 15 และ 60 นาที บันทึกผลการสังเกตลงในตาราง 14-1 ควรสังเกตพฤติกรรมการว่ายน้ำและการเคลื่อนตัวหนีสารพิษในกรณีที่มีความเข้มข้นไม่ถึงขั้นทำให้ตาย (sublethal)

2.6 เมื่อครบ 60 นาทีแล้ว นับจำนวนโรน้าที่ตายในแต่ละหลอด บันทึกผลลงในตาราง 14-2 รายงานค่า LD_{50} * ว่าอยู่ที่ความเข้มข้นเท่าใด

3. การศึกษาผลกระทบของสารฆ่าแมลงต่อหนอนแดง

3.1 เตรียมเปตริดิช หรือ vial ใว้ 9 อัน ติดป้ายบอกความเข้มข้นของสารฆ่าแมลงที่ทำให้เจือจางไว้ตามลำดับในข้อ 1.3 โดยเริ่มจากระดับความเข้มข้น parts per thousand (PPT) ข้อ 1.3 (1) ถึงข้อ 3.1(8)

3.2 เติมสารละลายฆ่าแมลงที่ทำให้เจือจางไว้แล้วลงไป 20 มิลลิลิตร ให้ตรงตามที่ติดป้ายไว้ สำหรับเปตริดิชสุดท้าย (ที่ 9) เติมน้ำประปา เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม

3.3 ใช้คีบหนีบ (forceps) คีบหนอนแดง ใส่ลงในแต่ละเปตริดิช โดยนับจำนวนให้ได้ประมาณ 10 ตัว **

สังเกตระยะเวลาว่า ในเปตริดิชความเข้มข้นของสารฆ่าแมลงระดับใด ทำให้หนอนแดงเกิดการเปลี่ยนแปลงถึงขั้นตาย หลังจาก 60 นาทีแล้วจึงนับจำนวนตายทั้งหมด บันทึกผลการทดลองลงในตาราง 14-2 รายงานค่า LD_{50} ว่าอยู่ที่ความเข้มข้นเท่าใด

* ปกติค่า LD_{50} วัดที่ 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ หรือ 1 เดือน ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ที่ใช้ทดลอง

** หนอนแดงมักม้วนพันกันเป็นก้อน จึงยากต่อการนับ ควรใช้คีบหนีบเขี่ยให้กระจายออกจากกันก่อนการนับ จำนวนที่นับได้น่าจะให้ผิดพลาดได้ไม่เกิน 2 ตัว

ตารางบันทึกข้อมูลการศึกษาสารมลพิษต่อสัตว์น้ำ

ชื่อนักศึกษา

วันที่

ตาราง 14-1 สำหรับบันทึกจำนวนโรน้ำในแต่ละระดับ

ความเข้มข้น	ระดับ	ช่วงเวลา				
		3 นาที	6 นาที	12 นาที	15 นาที	60 นาที
PPHT	บน กลาง ล่าง					
PPM	บน กลาง ล่าง					
PPTM	บน กลาง ล่าง					
PPHM	บน กลาง ล่าง					
PPB	บน กลาง ล่าง					
PPTB	บน กลาง ล่าง					
control	บน กลาง ล่าง					

ตาราง 14-2 สำหรับบันทึกจำนวนสัตว์ตายหลังจาก 60 นาที

ความเข้มข้น	จำนวนโร้น้ำตาย	จำนวนหนอนแดงตาย
PPT	—	
PPTT	—	
PPHT		
PPM		
PPTM		
PPHM		
PPB		
PPTB		
control		

แบบฝึกหัดบทปฏิบัติการที่ 14

1. จงอธิบายว่าเหตุใด LD_{50} จึงเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา
2. ในกรณีที่สารพิษ(สารฆ่าแมลง) มีความเข้มข้นไม่ถึงระดับที่ทำให้ตาย จะมีผลกระทบต่อพฤติกรรมอย่างไรบ้าง อธิบายพร้อมทั้งชักตัวอย่าง
3. ความเข้มข้นของสารฆ่าแมลง ณ ระดับเดียวกันมีผลกระทบต่อโร้น้ำและหนอนแดงต่างกันมากน้อยเพียงใด สัตว์ชนิดใดทนทานต่อสารพิษมากกว่ากัน
4. ค่า LD_{50} ทั้งของโร้น้ำและของหนอนแดงที่ได้จากผลการทดลองนี้เป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือทางสถิติหรือไม่