

บรรณานุกรม

- Abrahamsen, G.** 1980. Impact of atmospheric sulfur deposition on forest ecosystem. In : D.S. Shriner, C.R. Richmond, and S.E. Lindberg. (eds.) **Atmospheric sulfur deposition** : Environmental impact and health effects. Ann Arbor Science Publishers, Inc., Ann Arbor. pp. 397-416.
- Agrics, G.N.** 1980. Plant Pathology. Academic Press, New York. 629 p.
- Allen, S.E., H.M. Grumshaw, J.A. Parkinson, and C. Quarmby.** 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 565 p.
- Barrett, L.B., and T.H. Waddell.** 1973. Cost of air pollution damage : A status report. Environmental Protection Agency. National Environmental Research Center, Research Triangle Park, North Carolina. 30 p.
- Brezonik, P.L., ES. Edgerton, and C.D. Hendry.** 1980. Acid precipitation. and sulfate deposition in Florida. *Science* **208** : 1027- 1029.
- Brosset, C.** 1972. Proceedings of the first international symposium on acid precipitation and the forest ecosystem. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Upper Darby, Pennsylvania.
- Bryson, R.A., and J.E. Ross.** 1972. The climate of the city. In : T.R. Detwyler, and M.G. Marcus (eds.). Urbanization and environment. Duxbury Press, Belmont, California. pp. 51-66.
- Changnon, S.A.** 1968. The La Porte weather anomaly : Fact or fiction? *Bull Amer. Meteor. Soc.* **49** : 4-1 1.
1970. **Recent** studies of urban effects on precipitation in the United States. In : *Urban climate*. World Meteorological Organization, **No. 254, Tech. paper 14 1, Tech. Note no. 108.**
- Cogbill C.V., and G.E. Linkens.** 1974. Acid precipitation and the forest ecosystem. Department of Agriculture. Washington, D.C., 27 p.
- Daines, R.H., /A. Leone, and E. Brennan** 1960. Air pollution as it affects agriculture in New Jersey. New Jersey Agr. Expt. Sta. Bull. 794.14 p.
- Darley, E.F., and J.T. Moddleton.** 1966. Problem of air pollution in plant pathology. *Ann Rev. Phytopathol.* **4** : 103-1 18.
- Detwyler, T.R., and M. G. Marcus.** 1972. Urbanization and Environment. Duxbury Press, Belmont. California. 167 p.
- Evans L.S., and K.F. Lewin.** 1980. Effects of simulated acid rain on growth and yield of soybeans. In : D.S. Shriner. C.R. Rii, and S.E. Lindberg. (eds.). **Atmospheric sulfur deposition** : Environmental impact and health effects. Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor. pp. 299-308.

- Galloway, J.N., G.E. Likens, and E.S. Edgerton. 1976. Acid precipitation in the northeastern United States : pH and acidity. *Science* 194 : 722-724.
- Gatz, D.F., 1980. An urban influence on deposition of sulfate and soluble metal in summer rains. In : D.S. Shriner, C.R. Richmond, and S.E. Lindberg (eds.). *Atmospheric sulfur deposition : Environmental impact and health effects*. Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor. pp. 245-262.
- Good, B.W., G. Vilcins, W.R. Harvey, D.A. Clabo, and A.L. Lewis. 1982. Effect of cigarette smoking and residential NO_x levels. *Environment International* 8 : 167-175.
- Hendry, C.D., and P.L. Brezonik, 1967. Chemistry of precipitation at Gainesville, Florida. *Environmental Science & Technology* 14 : 843-649.
- Hendry, C.D., P.L. Brezonik, and E.S. Edgerton 1981. In : S.J. Esienreich (ed.) *Atmospheric pollutants in natural waters*. Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor. pp. 199-216.
- Hindawi, I.J. 1970. Air pollution injury to vegetation. U.S. Department of Health Education and Welfare National Air Pollution Control Administration. Publication No. AP-17. Washington, DC.
- Junge, C.E. 1985. The distribution of ammonia and nitrate in rainwater over the United States. *Trans. Am. Geophys. Union* 39 : 241-148.
- Koenig, L.R. 1978 Effects of industrial effluents on local cloudiness and rainfall. *Water, Air, and Soil Pollution* 12 : 47-69.
- Lind, O.T. 1974. *Handbook and common methods in limnology*. C.V. Mosby Company, Saint Louis, 154p.
- Likens, G.E. R.F. Weight, J.N. Galloway, and T.J. Butler. 1979. Acid rain. *Scientific American* 241 : 39-47.
- McMurtrey, J.E. 1953. Environmental nonparasitic injuries. Year book. (USDA.) Washington D.C. pp. 94-100.
- Costing, H.J. 1956. *The study of plant communities*. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 440 p.
- Zar, J.H. 1974. *Biostatistical analysis* Prentice-Hall Inc., Englewood cliffs, New Jersey. 620 p.
- ดิศภาพร, สมคิด. 2525. โรคข้าวและการป้องกันกำจัด กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 48 หน้า.

พิษภัยของฝนกรด

ศาสตราจารย์ ดร. วิมลพร

การแข่งขันกันในด้านเศรษฐกิจของประเทศที่กำลังพัฒนาเป็นเหตุใหญ่ที่ทำให้มีการเร่งรัดพัฒนาอุตสาหกรรมกันอย่างหนัก ขณะเดียวกันประเทศที่พัฒนาแล้วก็พยายามรักษาสภาพของตัวเองโดยเร่งรัดพัฒนาเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมหนีประเทศที่กำลังพัฒนาได้ตามมา ผลที่ติดตามมาของการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมคือระดับมลภาวะทางอากาศที่สูงขึ้น ส่งผลให้เกิดฝนกรดในหลายพื้นที่ในโลกนี้ บางพื้นที่ก็ได้รับผลกระทบของฝนกรดมากกว่าพื้นที่อื่นเนื่องจากตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ สภาพอากาศ และลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่นั้น ฝนกรดนอกจากจะมีผลโดยตรงต่อความเป็นกรดของดิน น้ำ ความเสียหายต่อพืชผลแล้ว ผลในทางอ้อมที่เราเริ่มให้ความสนใจกันมากคือ การนำพาโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม จึงเป็นเหตุให้คนได้รับโลหะหนักอย่างอะลูมิเนียม โปรท และตะกั่วมากขึ้น ฝนกรดเพิ่มความเข้มข้นของโลหะหนักเหล่านี้ในน้ำและอาหาร ความเข้มข้นของโลหะหนักอาจสะสมในตัวคนมากขึ้นจนถึงขั้นเป็นอันตรายต่อสุขภาพและชีวิตได้ แน่นอนเส้นทางสายหลักที่โลหะหนักเข้ามาสะสมในตัวคนคือลูกโซ่อาหาร โลหะหนักและสารพิษต่างๆ จะเข้มข้นมากขึ้นในสิ่งมีชีวิตที่อยู่ปลายลูกโซ่อาหาร (Biological magnification)

ศัพท์ acid rain ปรากฏเป็นครั้งแรกในรายงานของ Robert Anhus Smith ในปี 1872 สมบัติใช้คำนี้บรรยายความเป็นกรดของฝนในแมนเชสเตอร์ ศัพท์คำนี้เริ่มมีคนใช้กันมากขึ้นในสองทศวรรษที่แล้ว ซึ่งแนวโน้มของความเป็นกรดในน้ำฝนมากขึ้นจนผิดสังเกต มีการศึกษาวิจัยกันมากในย่านสแกนดิเนเวียและย่านตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐซึ่ง pH ของน้ำฝนที่วัดได้มีค่าต่ำกว่า 4 บางครั้งก็ถึง 2.2 จึงเท่ากับน้ำส้มสายชู

โดยทั่วไปแล้วฝนกรดเป็นผลที่เกิดจากมลพิษที่เป็นกรดจากโรงงานอุตสาหกรรม การพิจารณาสังกัดฝนกรดจะแยกขาดจากมลภาวะในบรรยากาศไม่ได้เพราะมี gas-phase reaction ซึ่งทำให้พื้นผิวโลกได้รับความเป็นกรดด้วย ในกรณีนี้มลพิษที่เป็นกรดจะตกลงสู่พื้นผิวโลกโดยตรงทำความเสียหายให้กับพืช คน และสัตว์ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในเรื่องนี้ได้แก่ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ความเป็นกรดของมลพิษที่ตกลงมาในรูปนี้เรียกว่า dry deposition แต่ก็ยังมีอีกรูปแบบหนึ่งที่มลพิษรวมกับน้ำในบรรยากาศและตกลงมาในรูปของฝนกรด กรณีนี้เป็น water-phase reaction ในบรรยากาศซึ่งจัดเป็น wet deposition

ตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดฝนกรดคือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินและน้ำมันเชื้อเพลิงโรงงานถลุงแร่ที่มีปล่องควันสูงมาก ๆ และ

ใช้ถ่านหินเป็นแหล่งพลังงาน สามารถปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ขึ้นไปสู่บรรยากาศโลกได้ ฝนกรดที่เกิดจากโรงงานเหล่านี้จะไปตกในประเทศอื่นที่อยู่ใต้ทิศทางลม โรงงานถลุงนิกเกิลที่ใหญ่ที่สุดในโลก Sudbury, Ontario ประเทศแคนาดาปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา 1% ของปริมาณทั้งหมดในโลกนี้ Ohio Volley เป็นฐานอุตสาหกรรมที่ใหญ่ที่สุดของสหรัฐอเมริกา มีโรงงานที่สร้างมลพิษมากที่สุดถึง 17 โรงงาน ฝนกรดที่เกิดจากโรงงานเหล่านี้ไปตกในย่านภูเขาอาดิรอนแดคในนิวยอร์กและนิวอิงแลนด์ ป่าสน ทะเลสาบ และสัตว์น้ำในทะเลสาบ ย่านนั้นได้รับความเสียหายอย่างหนัก

มลพิษที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือจากรถยนต์ถ้าไม่มีลม มลพิษก็จะตกอยู่ในบริเวณนั้น แต่ถ้าความเร็วลมเกิน 8 ไมล์ต่อชั่วโมง ลมจะพัดพามลพิษไปตกในพื้นที่อื่น ถ้าความเร็วลมมากมลพิษก็อาจไปตกในพื้นที่ที่ห่างไกลจากแหล่งเกิดได้หลายร้อยไมล์ ถ้าพิจารณาปัจจัยความเร็วลมแล้วมลภาวะจากย่านโรงงานอุตสาหกรรมในสมุทรปราการและมลภาวะที่เกิดจากรถยนต์ในกรุงเทพฯ จะไปตกในพื้นที่ทางตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้หรือมรสุมจากตะวันออกเฉียงเหนือ

ย้อนกลับมาดูพิษวิทยาของฝนกรดกันดูบ้าง เป้าหมายที่อ่อนไหวง่ายกับฝนกรดคือพื้นที่ที่มีหินใต้ดินเป็นหินแกรนิตและมีผิวดินค่อนข้างบาง โอกาสที่ฝนจะซึมลงไปทำปฏิกิริยากับหินใต้ดินจึงมีมาก การละลายแร่ธาตุต่างๆ ทั้งในดินและในหินใต้ดินก็มีมาก ถ้าจะแบ่งเป้าหมายของฝนกรดออกเป็นพวกใหญ่ๆ ก็แบ่งได้เป็น 2 พวก พวกแรกก็คือ เป้าหมายที่ได้รับผลโดยตรง และพวกที่สองคือ เป้าหมายที่ได้รับผลทางอ้อม

เป้าหมายที่ได้รับผลโดยตรงเป้าหมายแรกก็คือ ความเป็นกรดของดิน ปกติการวัดความเป็นกรดเป็นค่าที่วัดจากความเข้มข้นของ H^+ กรดเมื่อแตกตัวจะให้ H^+ H^+ นอกจากจะทำให้ดินเป็นกรดแล้วยังเป็นตัวที่เข้าแทนที่แคทไอออนอย่าง Na^+ , K^+ , Mg^{++} และ Ca^{++} ได้ง่าย แคทไอออนเหล่านี้จะเกาะติดกับอนุภาคดินซึ่งพืชดูดเอาไปใช้ได้แต่เมื่อ H^+ เข้ามาไล่ที่ไอออนเหล่านี้จะถูกชะล้างลงไปดินชั้นล่างเป็นเหตุให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง การแทนที่ของ H^+ และแคทไอออนอื่นๆ จัดเรียงตามลำดับได้ดังนี้ $H^+ > Ca^{++} > Mg^{++} > K^+ > Na^+$ ฝนกรดทำให้เกิดความเสียหายได้โดยตรงกับใบพืชและระดับ pH ในเซลล์พืช ใบพืชหลายชนิดเช่น ถั่วเหลือง หัวผักกาด ถั่วคินี่บีน ไวต่อฝนกรดมาก นอกจากทำความเสียหายให้กับใบแล้วยังมีรายงานว่าฝนกรดกัด cuticle ของใบ และมีผลต่อจุลชีพที่อยู่บนใบของพืช ต้นพืช และในดินอีกด้วย

ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับคนยังเห็นไม่ชัดเจนและมีรายงานเรื่องนี้น้อยมาก แน่นนอนเม็ดฝนกรดใหญ่เกินกว่าที่จะผ่านเข้าไปในผิวหนังคนหรือเข้าไปในปอดคน แต่

ละอองน้ำหรือ aerosol ที่เป็นกรดมีขนาดเล็กพอที่จะหายใจเข้าไปในปอดได้ อันตรายในแง่มน
นี้ร้ายแรงทำให้คนตายได้ดังจะเห็นได้จากพิษภัยของ smog ในลอนดอนปี 1952 ซึ่งทำให้คน
ตายมากกว่า 2000 คน

เป้าหมายในทางอ้อมที่ได้รับความสนใจมากขึ้นในระยะหลังคือ อันตรายของ
โลหะหนักที่เป็นพิษ การเคลื่อนตัวของโลหะหนักที่เป็นพิษโดยทั่วไปมักมากับน้ำ น้ำฝน
ที่เป็นกรดเป็นตัวช่วยให้การเคลื่อนตัวของโลหะหนักที่มีอยู่ตามธรรมชาติออกมาอยู่ในรูปที่
เป็นพิษ นอกจากนี้ยังทำให้ระดับความเข้มข้นของโลหะหนักมากขึ้นกว่าปกติอีกด้วย โลหะ
หนัก 3 ธาตุที่ศึกษากันมากในเรื่องพิษภัยของฝนกรดคือ อะลูมิเนียม โปรท และตะกั่ว

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีมากที่สุดในเปลือกโลก โดยทั่วไปมักพบในหินและในดิน
ตามธรรมชาติมักมีอยู่หลายรูปเช่น ซิลิเกต แอลลุ่ม ออกไซด์ ความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นของดิน
ทำให้อะลูมิเนียมไอออนถูกชะล้างไปอยู่ในรูปที่เป็นพิษมากขึ้นเช่น Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$ และ $Al(O)_2^+$
แคทไอออนเหล่านี้จะพบในน้ำที่ไหลลงสู่แม่น้ำลำคลองและทะเลสาบ ขบวนการชะล้างนี้
รวดเร็วมากในพื้นที่ที่มีหินใต้ดินเป็นพวกแกรนิต มี buffering capacity ต่ำและมีฝนกรดชุก
รายงานการศึกษาวิจัยพบว่าน้ำบาดาลที่มี pH ต่ำกว่า 5 มีความเข้มข้นของอะลูมิเนียมสูงกว่าปกติ
ถึง 10 เท่า ความเสียหายของอะลูมิเนียมที่มีต่อพืชมีการศึกษาวิจัยกันมานานแล้ว รากพืชเป็น
ส่วนที่ได้รับความเสียหายมากถ้ามี Al^{3+} มาก ฉะนั้น ความเป็นกรดของดินจึงคุกคามต่อ
ความอยู่รอดของป่า ความเสียหายของป่าไม้ Black Forest ในเยอรมันนีและป่าในย่านอาดีรอนแดค
ในรัฐนิวยอร์กเกิดจากการชะล้างอะลูมิเนียมโดยฝนกรด ระบบนิเวศในน้ำก็ได้รับผลกระทบ
จากความเข้มข้นของอะลูมิเนียมที่เพิ่มขึ้นด้วย สิ่งมีชีวิตในน้ำรวมทั้งปลานอกจากจะลดจำนวน
ลงแล้วชนิดของสิ่งมีชีวิตในน้ำก็พลอยลดไปด้วย เรื่องนี้มีผลต่อการเปลี่ยน Species dominance
และโครงสร้างของโซ่อาหารในน้ำ จากการศึกษาทะเลสาบบางแห่งในย่านอาดีรอนแดคและ
ในออนตาริโอ ในช่วง 40 ปี ที่ผ่านมามีพบว่าจำนวนปลาลดลงอย่างน่าใจหาย ข้อที่พึงสังวรใน
แง่มนนี้คือ การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในน้ำและผลกระทบที่มีต่อโซ่อาหาร กลไกของความเป็น
พิษของอะลูมิเนียมในปลาค่อนข้างจะซับซ้อน จากการศึกษาพบว่าอะลูมิเนียมทำให้เซลล์ในตัวปลาเสีย
 Na^+ ได้ง่าย ซึ่งผลที่ติดตามมาคือการสูญเสียระบบ osmotic regulatory ในปลา อะลูมิเนียมยัง
ทำให้เกิดการอุดตันของเหงือกปลา ทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์
ไม่สะดวก

พิษของอะลูมิเนียมที่พบในสัตว์ทดลองและในคนมีมากมายหลายอย่างไม่น้อยหน้า
พิษภัยในระบบนิเวศในน้ำ อะลูมิเนียมไอออนสามารถรวมกับโปรตีนในเซลล์ ยับยั้งการสร้าง
เอนไซม์ที่สำคัญ เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก ทำให้เซลล์ตายในที่สุด โรคหลาย

ชนิดเป็นผลที่เกิดจากพิษของอะลูมิเนียม โรคกระดูกที่เรียกว่า osteomalacia พบมากในพื้นที่ระดับอะลูมิเนียมในน้ำสูง (1000-2000 ppm) อีกโรคหนึ่งที่เกิดจากระดับอะลูมิเนียมในน้ำสูงคือโรค Alzheimer การตรวจศพผู้ตายด้วยโรคนี้พบว่าระดับอะลูมิเนียมในสมองสูงเป็นเหตุให้การติดต่อกองระบบประสาทขัดข้อง แม้ว่ากรณีนี้ยังไม่ได้รับการยืนยันอย่างแน่นอนนัก แต่ข้อควรปฏิบัติที่เห็นชัดคือการกำจัดอะลูมิเนียมจากน้ำกินน้ำใช้

ปรอทที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมมาจากทั้งแหล่งตามธรรมชาติอย่างการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิงและจากโรงงานอุตสาหกรรม รูปที่พบมีหลายรูปทั้งในรูปของ metallic mercury, inorganic, mercurial salts และ organomercurial compounds ในสภาพที่เหมาะสมปรอทรูปหนึ่งเปลี่ยนไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ง่าย อย่างไรก็ตามรูปที่อยู่ในความสนใจของเราคือ methylmercury ซึ่งเป็นรูปที่คนได้รับกันทั่วไปในสิ่งแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เมทิลเมอร์คิวรีเกิดตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ใน sediments ในแม่น้ำหรือในทะเลสาบเป็นตัวรวมเมทิลเข้ากับปรอท พิษของเมทิลเมอร์คิวรีจึงเห็นได้ชัดในสิ่งมีชีวิตในน้ำและระดับความเข้มข้นก็เพิ่มขึ้นตามลำดับโซ่อาหาร ความเข้มข้นในปลาที่อยู่ปลายลูกโซ่อาหารจึงสูง ถ้าคนบริโภคปลาที่ไม่ต้องสงสัยเลยว่าพิษจะตกทอดมาถึงผู้บริโภค ความเป็นกรดในแม่น้ำลำคลองมีผลให้ระดับปรอทในตัวปลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเห็นได้ชัดในปลาใหญ่มากกว่าปลาเล็ก อย่างไรก็ตามกลไกของเรื่องนี้ยังไม่เป็นที่เข้าใจแจ่มชัดนัก การวิจัยหลายรายพบว่าการเปลี่ยน pH อาจทำให้จุลินทรีย์สร้างเมทิลเมอร์คิวรีได้มากขึ้น ตัวอย่างที่กล่าวขวัญถึงเสมอในเรื่องนี้คือ กรณีของอ่าวมินามาตะ ซึ่งมีคนตกเป็นเหยื่อของโรคมินามาตะมากกว่า 800 คน ในปี 1975

พิษของเมทิลเมอร์คิวรีส่วนใหญ่มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง อาการที่ปรากฏเป็นผลจากสมองส่วนซีรีเบลลัมและวิซซวลคอร์เท็กซ์ถูกทำลาย ผลของเมทิลเมอร์คิวรีรุนแรงในเด็กมากกว่าในผู้ใหญ่ สตรีมีครรภ์ถ้าได้รับเมทิลเมอร์คิวรีที่คลอดมาจะมีความพิการทางสมองในภายหลัง ในระดับเซลล์เมทิลเมอร์คิวรีเหนี่ยวนำการแบ่งเซลล์และเมตาโบลิซึมในเซลล์ และยับยั้งการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกและโปรตีน

โลหะหนักตัวสุดท้ายที่มีพิษภัยเกี่ยวข้องกับฝนกรดคือตะกั่ว ตะกั่วทำลายเซลล์ที่สร้างเม็ดโลหิตทำให้เกิดโรคโลหิตจาง ตะกั่วยังทำลายระบบประสาทและเนื้อเยื่อสมอง การศึกษาในระยะหลังพบว่าตะกั่วมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ อายุก็มีส่วนในเรื่องพิษภัยของสารตะกั่ว เด็กทารกและเด็กเล็กถ้าได้รับสารตะกั่วมากจะทำให้การเจริญเติบโตของสมองช้ากว่าปกติ ฝนกรดสามารถละลายตะกั่วจากท่อฟ้าได้ จากการศึกษาในกลาสโกว์พบว่าระดับตะกั่วในน้ำดื่มที่ pH 5 มากกว่าในน้ำที่เป็นกลางถึง 6 เท่า เมื่อเติมปูนขาวเพื่อลดความเป็นกรดระดับความเข้มข้นของตะกั่วจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญจนไม่มีผลต่อสุขภาพ ข้อที่ควรตระหนักในเรื่องนี้คือความเป็นกรดของน้ำบาดาล ถ้านำไปใช้เป็นน้ำดื่มและระบบการส่งน้ำใช้ท่อที่มีสารตะกั่ว

ฝนกรดเป็นปรากฏการณ์ที่ค่อนข้างจะซับซ้อน ความเข้าใจเรื่องฝนกรดอย่างถ่องแท้ ทั้งแง่ของสาเหตุ ผลกระทบและเป้าหมายที่ได้รับผลกระทบจำเป็นต้องศึกษากันอย่างละเอียด ทั้งในแง่อุตุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา ฟิสิกส์เคมี จุลชีววิทยา สรีรวิทยาของพืชและสัตว์และพิษวิทยา จำเป็นต้องวิจัยและประเมินผลกระทบในเชิงปริมาณกันอีกมาก การศึกษาวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าน้ำฝนที่ตกลงมาจากท้องฟ้า ไม่ได้นำความชื้นน้ำมาให้ชาวไร่ชาวนาเท่านั้น น้ำฝนยังนำอันตรายที่แฝงเร้นมากับความเป็นกรดทำความเสียหายให้ระบบนิเวศและยังมีพิษภัยต่อสุขภาพของเราอีกด้วย เนื่องจากสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมีความสัมพันธ์กันอย่าง สลับซับซ้อน ข้อควรพิจารณาในการศึกษาในด้านนี้จึงควรศึกษากันอย่างละเอียดทุกแง่มุม ซึ่งจะดีกว่าการเน้นประเด็นไปที่มลภาวะจากอุตสาหกรรมแต่เพียงอย่างเดียว

บรรณานุกรม

1. Alabaster and Lloyd, 1980 Water Quality Criteria for Frest water fish. FAO, Butter worth, London
2. Linhurst R.A. 1984. Direct and indirect effects of acidic deposition on vegetation. Acid precipitation series, **Vol 9**, Ed. Teaseley, J.I. Butter worth Publishers.
3. Linkens GE, Weight JN, Golloway and Butler T.J. 1979. Acid Rain-Scientific American 241 : 39-47
4. Wellburn A. 1988. Air pollution and acid rain. The biological impact. John Wiley and Sons, New York.
- 5 . ไพบุลย์ ภูริเวทย์ 2 5 2 8 ความเป็นกรดและปริมาณไนเตรทของน้ำฝนในเขตชานเมือง กรุงเทพฯ. วารสารรามคำแหง มีนาคม หน้า 54-67