

ฝนกรด

เทพวิฑูรย์ ทองศรี

เมื่อย่างเข้าฤดูฝน สิ่งที่ทุกคนปฏิเสธไม่ได้คือจะมีฝนตกอยู่เสมอโดยไม่เลือกเวลา ซึ่งสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศที่มีอาชีพเกษตรกรรมคงจะมีความสุขที่มีน้ำจากธรรมชาติมาให้พืชพันธุ์ได้เติบโตโดยไม่ต้องกังวลใจกับปัญหาการขาดแคลนน้ำเหมือนในฤดูแล้งที่ผ่านมา นอกจากนี้ยังสามารถเก็บกักน้ำฝนไว้เป็นน้ำดื่มตลอดปีได้ แต่สำหรับชุมชนเมืองแล้วการที่ฝนตกลงมานั้นมักจะก่อปัญหา ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการจราจรติดขัด ปัญหาการระบายน้ำไม่ทันก่อให้เกิดน้ำท่วมที่อยู่อาศัย แต่ที่ทุกคนอาจจะนึกไม่ถึงเลยก็คือสมบัติของน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไปไม่เป็นน้ำฝนบริสุทธิ์เช่นในอดีต เพราะมีฤทธิ์เป็นกรดเพิ่มขึ้น ที่เราเรียกว่า ฝนกรด (acid rain) นั่นเอง

ฝนกรดคืออะไรและมีค่าความเป็นกรดเท่าใดจึงจะจัดว่าเป็นฝนกรดตามปกติ น้ำฝนจะมีค่าความเป็นกรดต่าง (ค่าพีเอช) ประมาณ 5.6-5.7 เพราะในอากาศมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ ฝนที่ตกลงมาจะทำปฏิกิริยาเป็นกรดคาร์บอนิก ทำให้น้ำฝนมีฤทธิ์เป็นกรดเล็กน้อย ถ้าน้ำฝนที่ตกลงมามีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.6 ก็จะได้ว่าเป็นฝนกรด แต่อย่างไรก็ตามจากรายงานการวิจัยความเป็นกรดของน้ำฝนในบางพื้นที่ พบว่ามีค่าพีเอชต่ำประมาณ 4-5 เท่านั้น ดังนั้น

การวินิจฉัยเรื่องฝนกรดจึงมุ่งประเด็นไปที่สิ่งเจือปนในน้ำฝนที่เป็นสาเหตุของความเป็นกรดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เองต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ เช่น การศึกษาปริมาณสารที่เป็นสาเหตุของความเป็นกรดเช่น ซัลเฟตและไนเตรตในน้ำฝน เป็นต้น

ฝนกรด คือ น้ำฝนที่มีฤทธิ์เป็นกรด สาเหตุการเพิ่มความเป็นกรดมาจากทั้งธรรมชาติและกิจกรรมที่มนุษย์ทำขึ้นเอง สาเหตุจากธรรมชาติ นั้นเกิดจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในบรรยากาศทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำฝนดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ในขณะที่ฝนตกจะเกิดฟ้าแลบฟ้าร้องและฟ้าผ่า ปรากฏการณ์นี้ก่อให้เกิดออกไซด์ของไนโตรเจน ทำให้มีอนุมูลของไนเตรตในธรรมชาติ นอกจากนั้นกระบวนการสลายตัวของซากสิ่งมีชีวิตตามวงจรไนโตรเจน (N-Cycle) เมื่อซากสิ่งมีชีวิตเน่าเปื่อยโดยจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนหรือไร้ออกซิเจนในบรรยากาศ จะเกิดแก๊สแอมโมเนียขึ้นก่อนแล้วแก๊สแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์เป็นไนตริกออกไซด์ได้

ส่วนสาเหตุจากกิจกรรมที่มนุษย์ทำขึ้นนั้นเกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูง โดยพบว่า การเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 550 องศาเซลเซียสจะไม่เกิดแก๊สไนตริกออกไซด์ และแก๊สจะเกิดมากที่อุณหภูมิสูงกว่า

1,100 องศาเซลเซียส ดังนั้นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่าง ๆ จึงก่อให้เกิดแก๊สดังกล่าวไม่เท่ากัน เพราะอุณหภูมิเฉลี่ยในการเผาไหม้ไม่เท่ากัน โดยถ่านหินจะให้แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาคือน้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติ ตามลำดับ และพบว่าประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแก๊สชนิดนี้มาจากแหล่งกำเนิดอยู่กับที่ (stationary sources) คือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภทที่กล่าวมาในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานถลุงโลหะ ฯลฯ และอีก 44 เปอร์เซ็นต์มาจากแหล่งปล่อยเคลื่อนที่ (mobile sources) ได้แก่ ยานพาหนะต่าง ๆ ทั้งรถยนต์ รถบรรทุก เครื่องบิน ฯลฯ

สำหรับแหล่งปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น ในธรรมชาติเกิดจากกระบวนการทางชีววิทยาเปลี่ยนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันของออกซิเจนหรือไอโซนในบรรยากาศที่มีฝุ่นละอองเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์มาจากกระบวนการทางชีววิทยาทั้งในดินและทะเล นอกจากนั้นยังมาจากแหล่งระเบิดของภูเขาไฟที่ปล่อยผงฝุ่นที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบขึ้นสู่บรรยากาศ แหล่งปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากกิจกรรมมนุษย์มีทั้งแหล่งปล่อยอยู่กับที่ และ

แหล่งปล่อยเคลื่อนที่ เช่นเดียวกับแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน แหล่งปล่อยอยู่กับที่ที่เกิดจากเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบได้แก่ ถ่านหิน น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ฯลฯ ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า หม้อน้ำอุตสาหกรรม และเกิดจากประเภทของอุตสาหกรรมที่มีขบวนการผลิตให้แก๊สดังกล่าว เช่น โรงงานผลิตกรดซัลฟิวริก และเกิดจากวัตถุดิบที่ใช้ในขบวนการผลิต เช่น โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานถลุงแร่ ตะกั่วหรือทองแดง เพราะในน้ำมันดิบและสินแร่เหล่านี้มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ทำให้มีการปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น ส่วนแหล่งปล่อยเคลื่อนที่นั้นเกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลในยานพาหนะทั้งรถยนต์ รถบรรทุก เรือยนต์ ฯลฯ เพราะในน้ำมันดีเซลมีองค์ประกอบกำมะถันอยู่

ฝนกรดโดยทั่วไปมี 2 รูปแบบคือ

1. Wet precipitation โดย SO_2/SO_3 หรือ NO_2 ทำปฏิกิริยาและละลายอยู่ในเมฆและน้ำฝนในรูปกรดซัลฟิวริกและกรดไนตริก

2. Dry deposition ที่สภาพของ SO_2/SO_3 หรือ NO_3^-/HNO_3^-

ตกลงมาจากบรรยากาศอยู่ในสภาพแก๊สหรือเกาะตัวกันเป็นอนุภาคหรือฝุ่นตกลงมา

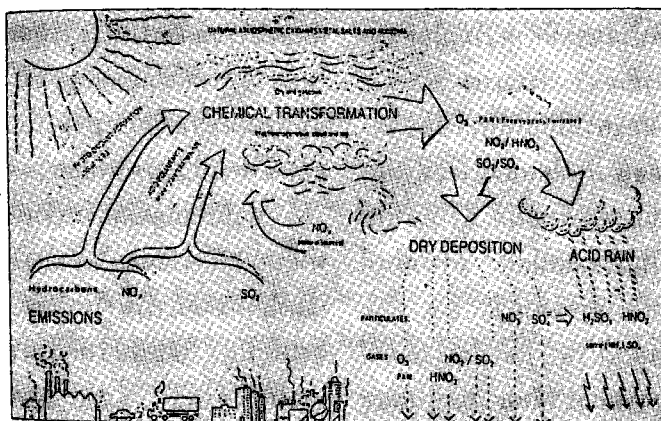
การเปลี่ยนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้เป็นซัลเฟตไอออนในบรรยากาศขึ้นกับปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนระหว่างแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับตัวเติมออกซิเจนที่ดี (strong oxidizing radical) เมื่อเกิดการปะทะกันในสภาวะแก๊ส (gas-phase collision) ซึ่งเป็นผลของปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลของไฮโดร-

คาร์บอน-ไนโตรเจนออกไซด์ ในส่วนของการเปลี่ยนไนโตรเจนออกไซด์เป็นไนตริกนั้น ตามปกติต้องผ่านขั้นตอนที่สลับซับซ้อน เมื่อมีการสันดาปที่อุณหภูมิสูงจะเกิดไนตริกออกไซด์มากกว่าไนโตรเจนออกไซด์ ระดับความเข้มข้นของแก๊สทั้งสองนี้เปลี่ยนแปลงไปมา จากนั้นจึงจะเปลี่ยนเป็นกรดไนตริกหรือสารประกอบไนเตรด

การส่งผ่านของสารที่ก่อให้เกิดเป็นฝนกรดมีอยู่ 3 รูปแบบด้วยกันดังนี้

1. Emission-> dispersion-> dry deposition
2. Emission-> chemical transformation/dispersion-> dry deposition
3. Emission-> chemical transformation/dispersion-> wet deposition

โดยสารเหล่านี้เมื่อถูกปล่อยสู่บรรยากาศสามารถกระจายและตกลงในสภาพแห้ง เมื่อฝนตกลงมาจึงจะทำปฏิกิริยาทำให้น้ำฝนเพิ่มสภาพเป็นกรด นอกจากนั้นสารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันขณะที่อยู่ในบรรยากาศเปลี่ยนแปลงรูปทางเคมีอยู่ในรูปสภาพแห้งหรือสภาพเปียก แล้วตกลงมาสู่สิ่งแวดล้อมในทั้งสองสภาวะได้ดังรูปที่ 1



Source : Environmental Resource United, 1983

รูปที่ 1 ขบวนการเกิดฝนกรด (Processes and Chemicals in Pollutant Emissions and Acid Precipitation)

ปัจจัยที่เอื้ออำนวยให้เกิดสภาวะฝนตก

1. ภูมิอากาศ (climate) เป็นปัจจัยที่สำคัญโดยเฉพาะปริมาณและความถี่ในการตกของฝน ในบริเวณที่มีลักษณะอากาศแห้ง จะมีการพัดพาฝุ่นละอองที่มีสมบัติเป็นด่างทำให้มีการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในบรรยากาศ ส่วนบริเวณที่มีอากาศชื้น เช่นแถบชายทะเล จะมีปริมาณฝุ่นละอองค่อนข้างน้อยในบรรยากาศ แนวโน้มของฝนที่ตกลงมาจะมีฤทธิ์เป็นกรด นอกจากนั้นทิศทางการเคลื่อนและความเร็ว เป็นปัจจัยที่ช่วยในการพัดพาและกระจายมลพิษในบรรยากาศ ความชื้นในอากาศ ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ (solar radiation) เป็นปัจจัยต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่จะเปลี่ยนสภาพแก๊สเป็นกรดได้เร็วขึ้น

2. ภูมิประเทศและลักษณะธรณี (topography/geology) พบว่าบริเวณที่ไวต่อฝนกรดนั้นได้แก่บริเวณที่มีชั้นหินที่หนาและแข็ง มีระดับผิวดินที่บาง ทำให้ขาดการปรับสภาพของดิน (buffering) เพราะระดับชั้นผิวของดินหนาจะช่วยลดปัญหาความเป็นกรดในดินได้ ตำแหน่งของแหล่งน้ำเป็นปัจจัย

อีกอย่างที่ต้องคำนึงถึง เช่น ความลึกของแหล่งน้ำ พื้นที่ชายฝั่งของแหล่งน้ำ เวลาการกักขังน้ำ สิ่งเหล่านี้จะช่วยเพิ่มหรือลดความเป็นกรดที่มาจากฝนต่อแหล่งน้ำนั้น

3. **สิ่งมีชีวิต (biota)** โดยเฉพาะพืชบริเวณที่มีฝนตกนั้นมีความสูง ความหนาแน่นของใบต่อดัน การผลัดใบ เพราะสิ่งเหล่านี้จะช่วยป้องกันและลดปริมาณของน้ำฝนลงสู่พื้นดินได้ส่วนหนึ่ง และพืชยังเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อความชื้นในบรรยากาศในรูปของการคายน้ำ การระเหยของน้ำสู่บรรยากาศ ถ้าการระเหยของน้ำมีมากใบของพืชจะได้รับผลกระทบของความเป็นกรดมากขึ้น

4. **กิจกรรมของมนุษย์ (human activity)** ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในน้ำฝนมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการใช้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การพัฒนาทางอุตสาหกรรมทำให้ปริมาณของแก๊สที่เป็นสาเหตุของฝนกรดถูกปล่อยสู่บรรยากาศมากขึ้นทุกปี

ผลกระทบของฝนกรด

ฝนกรดสามารถทำลายองค์ประกอบต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม คือระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ ระบบนิเวศน์ภาคพื้นทวีป ผลผลิตทางเกษตรกรรม และป่าไม้ อาคารโครงสร้างสถาปัตยกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น รวมถึงสุขภาพของมนุษย์เอง ดังรูปที่ 2

ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ภาคพื้นทวีป (terrestrial ecosystems)

ดิน (soil) เนื่องจากสภาพของดินในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันและความ

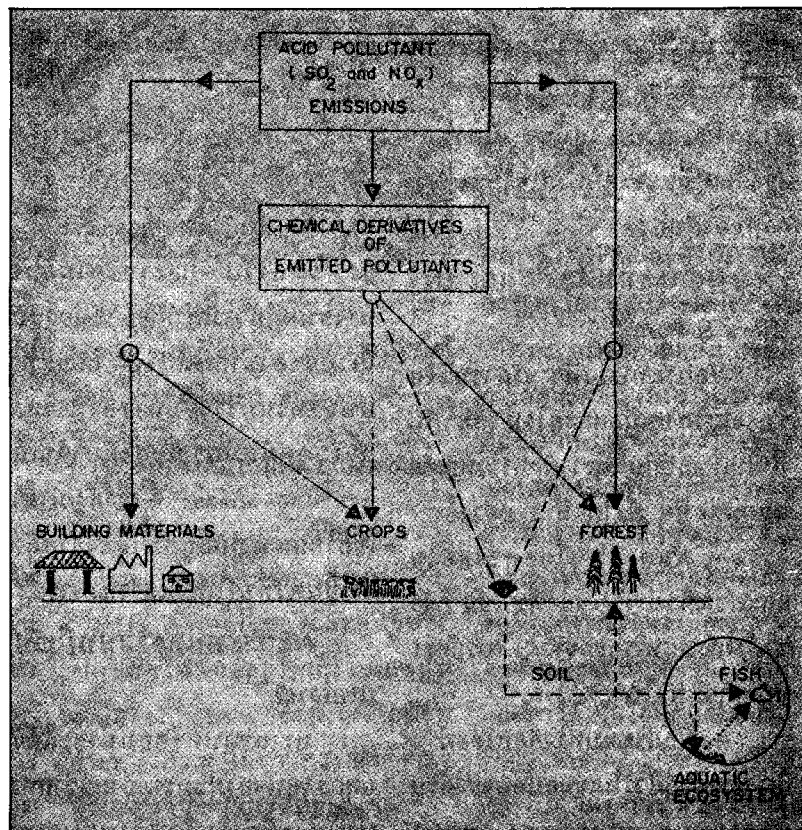
สามารถในการปรับสภาพให้เป็นกลางของดินต่างกัน ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทราบถึงผลกระทบของฝนกรดต่อระบบนิเวศน์ทั้งบนบกและในน้ำ ในดินนิยมวิเคราะห์ลักษณะของดินและความไวต่อการเกิดสภาพกรด (acidification)

ความไวของดินในการปรับสภาพเป็นกรดขึ้นกับปัจจัยหลายด้านที่สำคัญคือโครงสร้างของดิน (texture) ค่าการอิ่มตัวของด่าง (base saturation) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity, CEC) องค์ประกอบของสารอินทรีย์

(organic matter content) ค่าความสามารถในการเคลื่อนที่ของไอออน ความหนา (thickness) ลักษณะผิวหน้าของดิน และปริมาณอัตราของฝนตกในพื้นที่นั้น ๆ

โดยทั่วไปความไวต่อสภาพกรดของดินขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

1. ชั้นหินใต้ดินว่าเป็นหินแกรนิตแข็ง (hard granite) หรือชั้นของหินไนส์ (gneiss) ที่จะทำให้น้ำซึมผ่านได้ยาก มีค่าความอิ่มตัวของด่างและค่าความสามารถแลกเปลี่ยนไอออน (CEC) ต่ำ



KEY : Direct Process
Indirect Process
Possible Indirect Process

Source : Environmental Resources United, 1983

รูปที่ 2 ผลกระทบทางตรงและทางอ้อมของฝนกรด (Acid Pollutant Impacts-Direct or Indirect Process)

2. บริเวณนั้นมีปริมาณฝนตกชุกมากน้อยเพียงใด

3. มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์สูง และ/หรือ มีความสามารถดูดซับซัลเฟตต่ำ

4. เป็นบริเวณที่มีอัตราการทำลายป่าไม้สูง หรือมีการทำเกษตรกรรมมาก

เมื่อดินบริเวณนั้นได้รับน้ำฝนที่มีฤทธิ์เป็นกรดเป็นเวลานาน จะทำให้ดินเสื่อมสมรรถภาพในการปรับสภาพน้ำฝนที่ขังหรือซึมลงดินให้เป็นกลางได้ และก่อให้เกิดการขาดธาตุอาหาร เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ในป่าบริเวณนั้น นอกจากนั้นอะลูมิเนียมและโลหะหนักต่าง ๆ ในดินจะหลุดออกมาสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวจะถูกทำลายในสภาวะกรดของฝนกรด

ผลกระทบต่อพืชและสัตว์ (flora & fauna)

ผลกระทบต่อพืช จากงานวิจัยของอเมริกาเหนือและยุโรป เกี่ยวกับพืชในเขตอบอุ่น พบว่าผลกระทบของฝนกรดต่อพืช ป่าไม้ มี 2 อย่างคือ

— ผลกระทบโดยตรงต่อใบ และส่วนผิวต่าง ๆ ของพืช เช่น การชะล้างสารอาหารออกจากใบ การกัดเซาะชั้นเคลือบผิวใบ

— ผลกระทบทางอ้อมโดยผ่านดิน และถึงแม้ว่าในเขตอบอุ่นจะได้รับผลกระทบของฝนกรดสูง แต่ผลกระทบโดยตรงกับพืชยังน้อยซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าอายุของใบไม้ในเขตอบอุ่นจะมีช่วงยาวและทนกว่าเขตร้อนซึ่งความเป็นกรดในฝนจะต้องเข้มข้นมากพอที่จะทำลายได้ จะต้องมีการศึกษาต่อไป

ค่าพีเอชของฝนที่ตกในเอเชียจะมีค่าสูง แต่ไม่ได้ทำให้ปริมาณซัลเฟตและไนเตรตต่ำ แต่จะเพิ่มค่าฝุ่นแอสคาไลน์ (alkaline dust) หรือเป็นไปได้ที่ไนเตรตระบบนิเวศน์เขตร้อนและมีเส้นศูนย์สูตรจะมีสารอาหารจำกัด โดยเฉพาะไนโตรเจนและกำมะถัน การปนเปื้อนของสารเหล่านี้ในบรรยากาศที่ลงมากับฝนมีผลต่อสารอาหารในดินบริเวณนั้น กล่าวคืออัตราการนำธาตุอาหารกลับมาใช้ตลอดจนอัตราการหมุนเวียนของธาตุอาหารสู่หน้าผิวดินหรือน้ำใต้ดินเปลี่ยนแปลงไป เมื่อค่าพีเอชลดต่ำลงใบของพืชจะแสดงอาการขาดอาหารหลัก เช่น โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ให้เห็น

ผลกระทบต่อสัตว์ ฝนกรดจะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตโดยเฉพาะสัตว์น้ำ เช่น กบ และ salamanders ยุง แมลงวัน และจุลชีพในดินซึ่งบางชนิดมีความสำคัญมากต่อระบบนิเวศน์ของภาคพื้นทวีป โดยเฉพาะบทบาทในการเพิ่มสารอาหารและความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเป็นวงจรและ aeration ซึ่งสำคัญมากในเขตร้อนและศูนย์สูตร เนื่องจากสัตว์จะเป็นตัวที่ทำให้เกิดสารอาหาร

ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ

ทะเลสาบหรือแม่น้ำจะได้รับผลกระทบของฝนกรด ถึงแม้ว่าแหล่งน้ำนั้นจะมีด่างหรือสภาพเป็นกลางหรือแหล่งน้ำนั้นมีความเป็น alkalinity หรือ acid neutralizing capacity (ANC) แต่ต้องขึ้นกับระยะเวลาสัมผัสบริเวณผิวน้ำกับฝนที่ตกลงมา ทะเลสาบหรือแหล่งน้ำที่มีค่า ANC ต่ำ จะสามารถปรับสภาพความเป็นกรดจาก

ฝนกรดได้ง่าย

เมื่อค่าพีเอชของแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป ผลกระทบที่ตามมาคือ ผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production) การทำงานของจุลินทรีย์ลดลง ทำให้การย่อยสลายอินทรีย์สารน้อยลง สารอินทรีย์จะสะสมในระบบนิเวศน์ ทำให้ขาดวัฏจักรการนำเอาธาตุอาหารกลับมาใช้ประโยชน์ นอกจากนั้นสัตว์น้ำขนาดเล็กซึ่งอาศัยอยู่ตามท้องน้ำ (benthic invertebrates) จะลดลงและพบว่าสารโลหะหนักเช่น นิเกิล ทองแดง เหล็ก อะลูมิเนียม โปรท แมงกานีส ฯลฯ ตกสะสมในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากฝนกรดทำลายการจับยึดไอออนของโลหะหนักไว้ โดยเฉพาะถ้าระดับอะลูมิเนียมไอออนในน้ำเพิ่มขึ้นจะก่อความระคายเคืองแก่เหงือกของปลา และปลาจะพยายามสร้างเมือกห่อหุ้มส่วนที่เกิดระคายเคือง ทำให้สภาพของเหงือกทรุดลงและตายไปในที่สุด

เมื่อฝนกรดตกลงมาบริเวณริมขอบน้ำที่มีหินคาร์บอเนตและเมื่อรวมกับสภาพดินที่เป็นกรดอยู่แล้ว จะทำให้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังขึ้นกับปริมาณฝนกรดที่ได้รับ การปรับสภาพเป็นกลางน้อยส่งผลให้ผลผลิตจากแหล่งน้ำลดลง โดยเฉพาะในเอเชีย ทำให้เพิ่มสภาพการขาดอาหารในระบบนิเวศน์แหล่งน้ำนั้น

ผลกระทบของฝนกรดต่อสุขภาพและสิ่งก่อสร้าง

ฝนกรดจะทำลายผิวของสิ่งก่อสร้างไม่ว่าจะเป็นรูปปั้น อนุสาวรีย์ ดึก หรือยานพาหนะ โครงสร้างที่ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่เป็นวัสดุประเภทหินปูน (limestone) หินอ่อน

(marble) หรือหินทราย (sandstone) นอกจากนั้น ดึก สะพาน โครงสร้าง อุตสาหกรรม เครื่องมือ และอุปกรณ์ ทางไฟฟ้า สิ่งทอ สีที่ทาภายนอก และ เขื่อนก็ได้รับผลกระทบจากฝนกรด

ผลกระทบต่อสุขภาพ นอกจาก สภาพของฝนที่มีความเป็นกรดแล้ว ยังมีละอองลอยเชิงกรด (acidic aerosols) โดยเฉพาะซัลเฟตและไนเตรต ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง เมื่อได้รับสัมผัสทางผิวหนัง ตา และการหายใจ ทำให้ปอดทำงานได้ไม่เต็มที่ ทำให้เป็นไข้และมีอาการภูมิแพ้ ปัญหาในระบบทางเดินหายใจ และรวมถึงโรคปอดได้

ผลกระทบอีกอย่างคือการปนเปื้อนในน้ำอุปโภคบริโภค โดยความเป็นกรดจะทำให้ความเป็นพิษของโลหะหนักจากดินและน้ำหุดออกมา และจะไปสะสมในสัตว์น้ำ เช่น ปลา หรือสะสมในพืชผลที่ปลูกเนื่องจากสภาพของดินเป็นกรด เมื่อนำมาบริโภคจะเป็นสาเหตุของโรคและปัญหาทางสุขภาพต่อไป

จะเห็นได้ว่าปัญหาของฝนกรดนั้นไม่ได้สร้างปัญหาในพื้นที่หนึ่งพื้นที่ใดโดยเฉพาะ แต่จะเป็นปัญหาระดับประเทศและระดับภูมิภาคทีเดียว และผลกระทบที่เกิดขึ้นสร้างความเสียหายทั้งแก่มนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างใหญ่หลวง ดังนั้นการร่วมมือกัน

ป้องกัน แก้ปัญหา ตลอดจนการหามาตรการที่จะลดระดับความรุนแรงของปัญหา ย่อมจะเป็นประโยชน์ต่อตัวเราและสิ่งแวดล้อมที่ดีต่อไป สำหรับแนวทางการลดปัญหาและควบคุมการปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนพอจะสรุปได้ดังนี้

การควบคุมปริมาณการปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

— ก่อนการเผาไหม้ โดยการขจัดหรือลดปริมาณองค์ประกอบของกำมะถันในเชื้อเพลิงที่ใช้ถ่านหิน อาจใช้เทคนิค coal cleaning หรือ coal gasification หรือ desulfurization ซึ่งอันหลังนี้ใช้ได้ทั้งเชื้อเพลิงแข็งและเหลว

— ระหว่างการเผาไหม้ โดยการขจัดองค์ประกอบของกำมะถันออกจากเชื้อเพลิง นิยมเลือกใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้แบบ fluidized-bed ซึ่งวิธีนี้จะผสมหินปูนหรือปูนขาวกับถ่านหินในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อเผา แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกดูดซับไว้ด้วยปูนขาวหรือหินปูนดังกล่าว

— หลังจากการเผาไหม้ เป็นการลดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นด้วยการเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพเช่น scrubber หรือ stack flue gas desulfurization ซึ่งแต่ละ

วิธีจะให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เท่ากัน ราคาติดตั้งก็ไม่เท่ากัน จึงควรเลือกให้เหมาะสม

การควบคุมปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน โดยจากแหล่งที่อยู่กับที่นั้นสามารถทำได้โดยการปรับปรุงออกแบบ เตาถลุง หัวฉีดเชื้อเพลิง และสภาวะระหว่างการเผาไหม้เพื่อที่จะควบคุมอุณหภูมิในอุณหภูมิการเผาไหม้ เพราะแก๊สดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้นที่สภาวะอุณหภูมิต่ำๆ นอกจากนั้นอาจใช้เทคนิคที่เรียกว่า stage combustion ที่มีการควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ การพ่นน้ำเพื่อลดอุณหภูมิในเตาเผา เหล่านี้จะสามารถลดปริมาณของแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนได้อีกระดับหนึ่ง

แม้จะมีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณการปล่อยแก๊สที่ก่อให้เกิดสภาวะฝนกรด แต่ถ้าเราไม่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์หรือคำนึงในด้านเศรษฐศาสตร์มากกว่าสังคม ปัญหาของฝนกรดและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ จะยังปรากฏและทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นในอนาคตอันใกล้ เมื่อถึงเวลานั้นอาจจะสายเกินไปที่จะฟื้นฟูสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมให้เหมือนเดิมได้

เอกสารอ้างอิง

- จิคาโอะ คานาโอกะ และ วิวัฒน์ คัมทะพานิชกุล. มลภาวะอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2531.
- พิมล เรียนวัฒนา และ ชัยวัฒน์ เจนวนิชย์. เคมีสภาวะแวดล้อม. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2525.
- วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ. มลภาวะอากาศ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
- แสงสันต์ พานิช. ความรู้เกี่ยวกับฝนกรด. สิ่งแวดล้อม, ธันวาคม, 2530, ฉบับที่ 11, หน้า 27-31
- Dobbins, RA. **Atmospheric motion and air pollution.** New York : John Wiley & sons, 1979.
- Foell, WK. and Sharma, D. **Second annual workshop on acid rain and emission in Asia.** Pathumthani : Asian Institute of Technology, 1990.
- Phanu Kritiporn. Acid rain control strategies for Thailand. **Second annual workshop on acid rain and emission in Asia, Bangkok, Thailand, 19-22 November, 1990.** Pathumthani : Asian Institute of Technology.
- Rodhe, H. and Herrera, R. **Acidification in tropical countries.** London : International Council of Scientific Unions, 1988.
- Thailand, Office of the Prime minister. Thailand coal development and utilization study. **Report of the joint UNDP/World Bank Energy Sector Assessment Program.** Bangkok : Office of the Prime minister, 1989.
- Tienchai Chongpeerapien et al. **Energy and Environment : choosing the right mix, No. 7, TDRI Year-End Conference, 1990.**
- United State. Environmental Protection Agency. **Acid Rain.** Washington, D.C. : Office of Research and Development, 1980.
- Wark, K. and Warner, CF. **Air pollution : its origin and control.** 2nd ed. New York : Harper & Row, 1981.