

ภาคผนวก

**ความเป็นกรดและปริมาณไนเตรทของ
น้ำฝนในบริเวณ.....ชานเมืองกรุงเทพฯ
และ.....พวงระอบที่มีต่อพืช**

**pH and Nitrate of Rain in Suburban Bangkok
and Their Effects on Plants**

ดร. ไพบุลย์ ภูริเวทย์

Abstract

Wet-only precipitation collected from May to October 1981 indicate that the rain is acidic with pH values ranging from 4.6 to 5.7. NO_3^- -N are in the range of .217-.365 mg l^{-1} . Comparison of NO_3^- -N concentrations with the range generally found in rainwater and those found in recent studies suggest that H_2SO_4 could probably be the primary source of H^+ . The rate of wet deposition of NO_3^- -N is .48 $\text{kg ha}^{-1}\text{month}^{-1}$. The results suggest that atmospheric loading of N can be a significant source of eutrophication. Observations of the paddy plants during the six month study period suggest that acid rain might synergistically affect the plants along with other pathogens. In addition to the ragged stunt virus which severely affected the plants from June to August, there are symptoms that are probably caused by pollution both directly as gases and as dissolved compounds in rainwater.

บทคัดย่อ

น้ำฝนที่เก็บแบบ wet-only precipitation ในเขตชานเมืองกรุงเทพฯ ชานบางกะปิ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2524 มีฤทธิ์เป็นกรดโดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.6 - 5.7 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนที่วิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำฝนอยู่ในช่วง .217 - .365 มิลลิกรัมต่อลิตร แม้ว่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนที่พบค่อนข้างสูง แต่เมื่อเทียบกับปริมาณไนเตรท

ที่พบในน้ำฝนโดยทั่วไป และที่พบในน้ำฝนที่ได้มีการศึกษากันในฟลอริดา และย่านตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐแล้ว เป็นไปได้ที่ไฮโดรเจนไอออนส่วนใหญ่ที่ทำให้หน้าฝนมีฤทธิ์เป็นกรด น่าจะมาจากกรดซัลฟิวริก ปริมาณในเตรท-ไนโตรเจน ที่น้ำฝนเพิ่มให้กับพื้นที่อยู่ในอัตรา 0.94 กิโลกรัม ต่อไร่ต่อปี ปริมาณที่เป็นจริงควรมากกว่านี้ถ้าประเมินปริมาณในเตรทของน้ำฝนอีก 6 เดือนที่ไม่ได้ศึกษา และปริมาณในเตรทที่ได้จาก *dryprecipitation* เข้าไปด้วย จากการสังเกตซากในนาในบริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำฝนชี้แนะว่า อาจเป็นได้ที่ฝนกรดมีผลแบบ synergistic effect ร่วมกับโรคพืชอื่น ๆ ซึ่งทำให้ผลผลิตข้าวลดลง นอกจากโรคจู่ของข้าวที่ระบาดมากตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม ซึ่งเป็นระยะที่ค่า pH ของน้ำฝนต่ำ ต้นข้าวยังแสดงอาการอื่น ๆ ที่สาเหตุอาจเกิดจากมลภาวะทั้งโดยทางตรงในรูปของแก๊สและทั้งที่ละลายมากับน้ำฝน ฝนกรดยังมีผลต่อการชะล้างธาตุอาหารที่มีประจุบวกอื่น ๆ ในดิน และเชื่อว่าเป็นสาเหตุหนึ่งของ eutrophication ในแม่น้ำลำคลองด้วย

บทนำ

บรรยากาศเป็นทางผ่านที่สำคัญในการหมุนเวียนของแร่ธาตุที่สำคัญ (Junge, 1958; Lodge et al., 1968) ผลการศึกษาวิจัยของนักวิทยาศาสตร์หลายคนได้ชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อากาศและภูมิอากาศภายในเมืองเปลี่ยนไป (Bryson and Ross, 1972; Lowry, 1967; Petersen, 1969) การเปลี่ยนสภาพพื้นผิวของพื้นที่ให้มีลักษณะกั้นน้ำโดยปกปิดพื้นผิวด้วยคอนกรีต อาคารบ้านเรือน และแอสฟัลท์ ทำให้น้ำไหลซึมลงสู่พื้นดินไม่ได้ พื้นผิวที่เปลี่ยนสภาพไปนี้ ดูดความร้อนได้ดี และยังมีผลในการวัดความเร็วของลม ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากขบวนการ โรงงานอุตสาหกรรม ร้านค้า บ้านเรือน ตลอดจนความร้อนจากร่างกายคนในเมืองทำให้สภาพอากาศภายในเมืองเหมือนเกาะความร้อน นอกจากนี้ฝุ่นละอองและมลพิษภายในเมืองซึ่งมีมากกว่าปกติหลายเท่า ยังเป็นนิวเคลียสสำหรับการรวมตัวของไอน้ำ เป็นเหตุให้ในเมืองมีเมฆ หมอก และฝน มากกว่านอกเมือง (Detwyler and Marcus, 1972) มลพิษในเมืองซึ่งส่วนใหญ่เป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ จะรวมกับน้ำฝน ทำให้น้ำฝนมีคุณสมบัติเป็นกรด ฝนกรดเป็นที่ทราบกันดีและเป็นปัญหาสำคัญในสแกนดิเนเวีย (Brackke, 1976) ในสหรัฐอเมริกามีการศึกษาวิจัยเรื่องฝนกรดกันในเขตรัฐตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา (Cogbill and Likens, 1974; Likens, 1976) ยังมีรายงานปรากฏการณ์ฝนกรดทางภาคตะวันออกของมิสซิสซิปปี (Likens et al., 1979) ในฟลอริดามีรายงานการศึกษาฝนกรดที่เมืองทัลลาฮัสซี และเมืองเกนส์วอลล์ (Hendry and Brezonik, 1980) ซึ่งความเป็นกรดของน้ำฝนมีมากถึง 25-30% ของความเป็นกรดของน้ำฝนในเขตตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐฯ

ความเป็นกรดของสารละลาย เช่น น้ำฝนขึ้นอยู่กับปริมาณไฮโดรเจนไอออน มาตรการที่ใช้วัดความเป็นกรดของสารละลาย คือ pH ซึ่งเป็นค่าล็อกกาลีทัมลบของความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน สเกล pH มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 14 โดยมีค่า 7 เป็นค่าที่บอกว่าสารละลาย นั้นเป็นกลาง ค่าที่ต่ำกว่า 7 บ่งว่าสารละลายนั้นเป็นกรด ค่าที่สูงกว่า 7 แสดงว่าสารละลายนั้น เป็นด่าง ที่ควรระวังไว้เสมอ คือค่า pH เป็นล็อกกาลีทัมมีคสเกล ฉะนั้น สารละลายที่มี pH 6.5 และ 4 จะมปริมาณไฮโดรเจนไอออนมากกว่ากัน 10 และ 100 เท่าตามลำดับ

น้ำฝนปกติมีค่า pH เป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย (Allen et. al., 1974) ค่า pH ของ น้ำฝนที่วัดได้ในเขตตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา ในปี 1974 มีค่าต่ำกว่า 5.6 (Galloway et. al., 1974) ค่า pH เฉลี่ยของน้ำฝนในฟลอริดาต่ำกว่า 4.7 ซึ่งเมื่อเทียบความเป็นกรด กับน้ำฝนในช่วง 25 ปีที่ผ่านมา ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นโดยแฟกเตอร์ของ 1.6 และ 4.5 (Brezonik et. al., 1980).

น้ำฝนในสก๊อตแลนด์ในปี 1974 มีค่า pH 2.4 ซึ่งเท่ากับน้ำส้มสายชู (Likens et. al., 1979) กรดที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนไอออนกับน้ำฝนมีอยู่หลายชนิด แต่กรดที่สำคัญที่มีผลทำให้ค่า pH ของน้ำฝนลดลง คือ กรดซัลฟิวริกและกรดไนตริก (Galloway et. al., 1974)

ปกติฝนกรดจะตกในพื้นที่ที่อยู่ใต้ทิศทางลมถ้ามลประจำที่พัดผ่านเมืองที่มี มลภาวะทางอากาศสูง มีความเร็วเกิน 8 ไมล์ต่อชั่วโมง ลมอาจพัดมลพิษนี้ไปตกเป็นฝนกรด ในพื้นที่ไกลจากแหล่งมลภาวะได้ไกลถึง 150 ไมล์ อย่างลมที่พัดผ่านนครชิคาโกซึ่งหอบเอา มลพิษต่าง ๆ ไป มีผลต่อเมืองแมดดิสันในมลรัฐวิสคอนซิน (Changnon, 1968; Changnon, 1970) เหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นเช่นกันในฮ่องกงเมื่อกระแสลมพัดเอามลภาวะทางอากาศจากแม่น้ำ เปร็ลในแคนตันไปถึงเกาะฮ่องกงซึ่งอยู่ไกลกันถึง 70 ไมล์ (Bryson and Ross, 1972)

ในเมืองใหญ่ที่มีประชากรหนาแน่นอย่างกรุงเทพมหานคร ปัญหามลภาวะทางอากาศ เป็นสิ่งที่สามารถพบเห็นและพิสูจน์ตัวเองได้ในชีวิตประจำวันของคนกรุงเทพฯ มลภาวะของ อากาศส่วนใหญ่เกิดจากไอเสียของยานยนต์ทางบกและโรงงานอุตสาหกรรม อากาศเสีย ส่วนใหญ่จากสองแหล่งดังกล่าว ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ ในฤดู ที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านกรุงเทพฯ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ลม มรสุมจะพัดอากาศเสียซึ่งมีไนโตรเจนออกไซด์ไปพร้อมกับเมฆฝน เมฆฝนที่มีมลพิษทาง อากาศปนอยู่ด้วยนี้เมื่อตกลงมาไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะรวมตัวกับ น้ำฝนเกิดเป็นกรดไนตริกและซัลฟิวริกทำให้ฝนมีคุณสมบัติเป็นกรด

ฝนกรดนี้ถ้าตกในเมืองความเสียหายก็จะเกิดกับอาคารสิ่งก่อสร้าง สุขภาพ ฯลฯ ซึ่งประเมินค่าเสียหายในรูปของเงินได้ (Barret and Waddell, 1973) ถ้าฝนกรดนี้ไปตกนอกเมือง ความเสียหายก็จะตกอยู่กับเกษตรกรที่ทำนาหรือทำสวนอยู่ในบริเวณรอบเมือง ฝนกรดมีผล

โดยตรงต่อพืชทำให้พืชมีอาการคล้ายเป็นโรค และทำให้ผลผลิตลดลง (Daines, 1960; Darley and Middleton, 1966; McMurtrey, 1953; Hindawi, 1970) นอกจากนี้ยังเพิ่มความเป็นกรดให้ดินในรูปของไฮโดรเจนไอออน และเพิ่มปริมาณไนเตรทและซัลเฟตให้ดินอีกด้วย

ในกรุงเทพฯ และบริเวณชานเมืองกรุงเทพฯ ยังไม่เคยมีรายงานการศึกษาวิจัยเรื่องฝนกรดการศึกษา pH และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำฝนและผลกระทบที่มีต่อข้าวในนาในเขตบางกะปิจะเป็นข้อมูลสำหรับนักวิทยาศาสตร์และนักวิชาการด้านสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อ

- (1) ศึกษาระดับความเป็นกรดของน้ำฝนในบริเวณชานเมืองกรุงเทพฯ ในฤดูลมมรสุม (พฤษภาคม-ตุลาคม)
- (2) เพื่อศึกษาความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำฝนในฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-ตุลาคม)
- (3) ประเมินปริมาณ ไนเตรท-ไนโตรเจนจากน้ำฝนที่เพิ่มให้ดิน ในช่วงระยะพฤษภาคมถึงตุลาคม
- (4) พิจารณาผลกระทบที่มีต่อข้าวในนาในบริเวณที่ทำการศึกษา

สถานที่เก็บตัวอย่าง

สถานที่เก็บตัวอย่างเป็นนาข้าวในเขตอำเภอบางกะปิ พื้นที่นี้เป็นนาข้าวอยู่ห่างจากถนนรามคำแหงกิโลเมตรที่ ประมาณ 1.5 กิโลเมตร บริเวณใช้เก็บตัวอย่างน้ำฝนเป็นพื้นที่นาประมาณ 100 ไร่ จุดที่ตั้งเครื่องมือเก็บน้ำฝนมีทั้งหมด 8 จุด แต่ละจุดได้มาโดยวิธีการแบ่งพื้นที่เป็นแปลงและสุ่ม ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้จุดที่ได้จากการสุ่มอยู่ใกล้เคียงกันหรือไปตกอยู่ในบริเวณเดียวกันหมด บริเวณรอบ ๆ พื้นที่ที่ใช้เก็บตัวอย่างเป็นนาข้าวและสวนบัว ปกติพื้นที่นี้ใช้ปลูกข้าวปีละหนึ่งครั้งตามฤดูกาลเพาะปลูกปกติ พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูก คือ พันธุ์ กข. 7 เริ่มปลูกหลักในจุดที่จะใช้เก็บตัวอย่างในเดือนเมษายน 2524

นอกจากนี้ยังได้ตั้งสถานีเก็บตัวอย่างไว้ที่มหาวิทยาลัยรามคำแหงและที่สะพานควายเพื่อศึกษา pH เปรียบเทียบ

วิธีเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

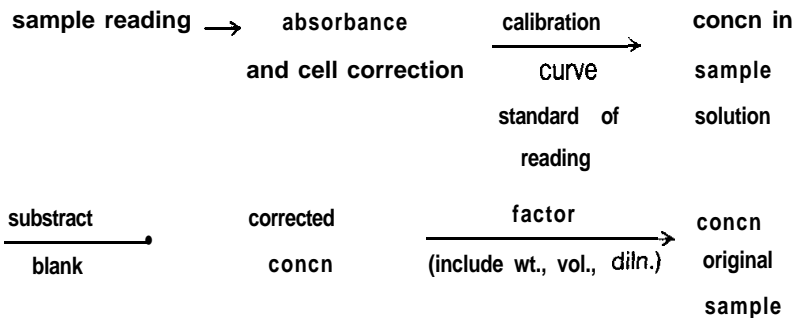
การเก็บตัวอย่างน้ำฝนเก็บเป็นแบบ wetonly precipitation collection เครื่องเก็บประกอบด้วย Nalgene polyethylene cylinder ขนาด 1000 ml. เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ซม. และกรวยโพลีเอททิลีนของ Nalgene เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ซม. ตั้งเครื่องเก็บน้ำฝนนี้สูงจากพื้น 1.5 เมตร

โดยมัดติดกับหิ้งไม้ขนาด 14×14 ซม. หิ้งไม้ติดต่อกับหลักไม้ขนาด 4×4×200 ซม. เครื่องเก็บน้ำฝนทุกชั้นล้างด้วยกรดเกลือ 10% หลังจากล้างด้วยน้ำประปาและผงซักฟอก และล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนในที่สุด รายละเอียดการทำความสะอาดเครื่องเก็บน้ำฝนทำตามขั้นตอนที่ Lind (1974) บรรยายไว้ นำเครื่องมือไปติดตั้งกับหลักที่ปักไว้ตามจุดต่าง ๆ ในพื้นที่เก็บตัวอย่างเมื่อฝนเริ่มตก

การเก็บตัวอย่างเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2524 โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 2-4 ครั้ง การวัด pH ของตัวอย่างทำทันทีที่ฝนหยุดตกโดยใช้เครื่องวัด pH ของ Horiba Model การปรับ pH ให้ได้มาตรฐานทำได้โดยใช้ Fisher Certified pH 4.00

หลังจากวัด pH ตัวอย่างจะถูกถ่ายลงขวดโพลีเอทที่ลิ้นขนาด 500ml. ของ Nalgene ซึ่งผ่านการทำความสะอาดเช่นเดียวกับเครื่องเก็บน้ำฝนแล้วนำขวดเก็บตัวอย่างน้ำฝนแช่น้ำแข็งขณะที่ขนส่งกลับมายังห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ทำทันทีที่มาถึงห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธี phenodisulphonic acid method หลังจากกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 44 เพื่อกรองเอาฝุ่นละอองและสารแขวนลอยอื่น ๆ ออก ขั้นตอนการวิเคราะห์ดำเนินตามขั้นตอนของ Allen et. al., (1974) แล้ววัดเครื่อง spectrophotometer 70 ของ Bausch&Lomb อ่านค่าเป็น transmittance percentage ซึ่งจะถูกเปลี่ยนค่าเป็น absorbance โดยใช้สูตร $A = -\log_{10} \frac{T}{100}$ $A = \text{absorbance}$ $T = \text{transmittance}$ ขั้นตอนการคำนวณดำเนินไปตามลำดับดังนี้



น้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นน้ำกลั่นสองครั้ง ซึ่งผ่านการกำจัดไอออนโดยกรองผ่าน Decmanlac demineralizer

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้ analysis of variance (Zar, 1974) ตั้งระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญไว้ที่ 0.05

ผลการศึกษา

ค่า pH ของน้ำฝนที่นำเข้ามาในเขตบางกะปิตั้งแต่วันที่ 24 พฤษภาคม ถึงวันที่ 28 ตุลาคม 2524 อยู่ในช่วง 4.2–5.9 เดือนมิถุนายนและเดือนสิงหาคมเป็นเดือนที่ค่าเฉลี่ย pH ต่ำ และมีค่าเท่ากัน คือ 4.6 เดือนพฤษภาคมและเดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ย pH เท่ากัน คือ 05.1 ค่า pH เดือนกรกฎาคมเท่ากับ 4.9 ค่า pH เดือนตุลาคมขึ้นไป 5.7 (รูปที่ 1) ค่า pH ของแต่ละเดือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

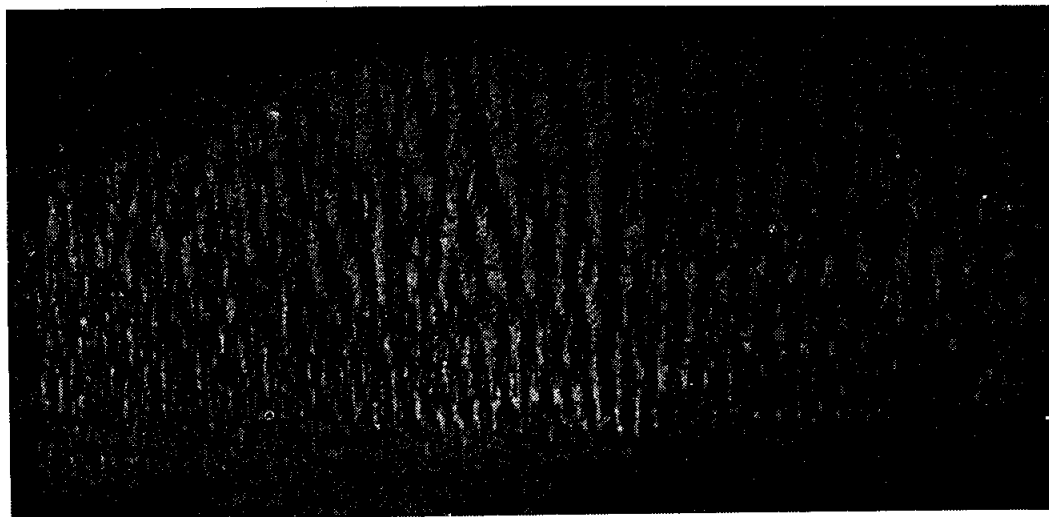
ค่า pH ของน้ำฝนที่สถานีมหาวิทยาลัยรามคำแหงและสะพานควายเก็บได้ไม่ครบ 6 เดือน เนื่องจากการปนเปื้อนและกระบอกเก็บน้ำฝนล้นเพราะลมแรง ค่า pH ของน้ำฝนที่มหาวิทยาลัยรามคำแหงตั้งแต่เดือนพฤษภาคม–กันยายน อยู่ในช่วง 4.1–5.5 (ตารางที่ 1) ส่วนที่สะพานควายเก็บตัวอย่างน้ำฝนได้ 4 เดือน คือ มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม และตุลาคม ค่า pH อยู่ในช่วง 5.3–6.0 เมื่อเปรียบเทียบค่า pH ของแต่ละเดือนในแต่ละสถานี pH ของแต่ละเดือนแตกต่างกันโดยมีนัยสำคัญทางสถิติ pH ของทั้งสามสถานีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

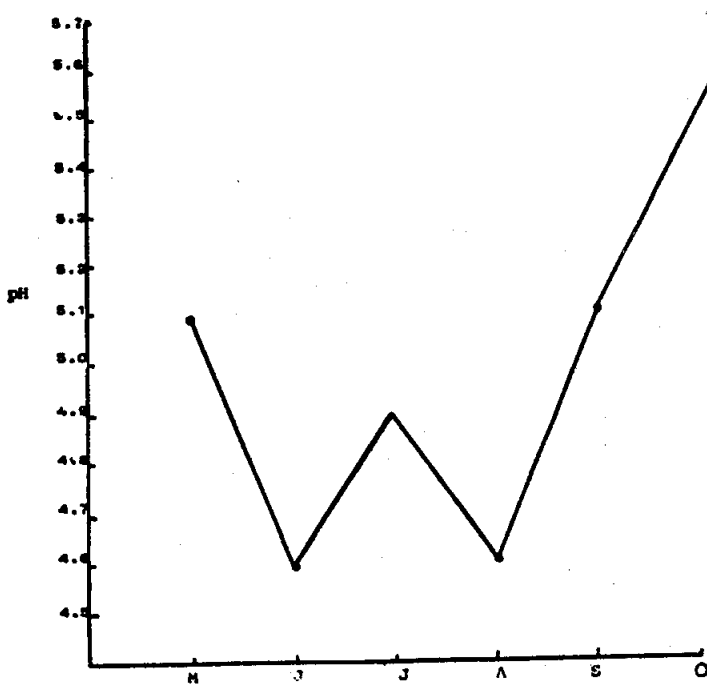
ปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ ของน้ำฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม 2524 ที่นำเข้ามาในเขตบางกะปิอยู่ในช่วง .14–.365 มิลลิกรัม/ลิตร เดือนพฤษภาคมเป็นเดือนที่ปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ มีค่า 0.365 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นค่าสูงสุด เดือนที่มีปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ รองลงมา ได้แก่ เดือนกรกฎาคมและมิถุนายน ซึ่งปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ 0.360 และ 0.330 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ ที่ต่ำสุดพบในตัวอย่างน้ำฝนของเดือนตุลาคม ส่วนเดือนสิงหาคมและกันยายนปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ เท่ากับ 0.250 และ 0.217 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (รูปที่ 2) ปริมาณไนเตรทของแต่ละเดือนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อประเมินปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ เป็นน้ำหนัก/พื้นที่/เดือน แล้ว ปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ ที่ได้จากน้ำฝนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม 2524 อยู่ในช่วง .23–1.07 กก./เฮกตาร์/เดือน (ตารางที่ 2) การประเมินปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ ที่พื้นที่ได้รับจากน้ำฝนทำโดยคำนวณจากปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ได้จากสถานีเก็บเขตบางกะปิ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม 2524 ซึ่งเดือนพฤษภาคมเป็นเดือนที่มีฝนตกสูงสุด 29.27 ซม. เดือนกันยายนเป็นเดือนที่ฝนตก รองลงมา (17.86 ซม.) ในรอบ 6 เดือน ที่ทำการวิจัย (รูปที่ 2) จำนวนครั้งที่ฝนตกและปริมาณน้ำฝนที่กรมอุตุนิยมวิทยาวัดได้จากสถานีวัดเขตบางกะปิตลอดปี 2524 แสดงไว้ในตารางที่ 3 ถ้าประเมินปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ ที่พื้นที่ได้รับในระยะ 6 เดือน พื้นที่จะได้รับปริมาณ $\text{NO}_3\text{-N}$ ถึง 78 กรัม/ไร่/เดือน

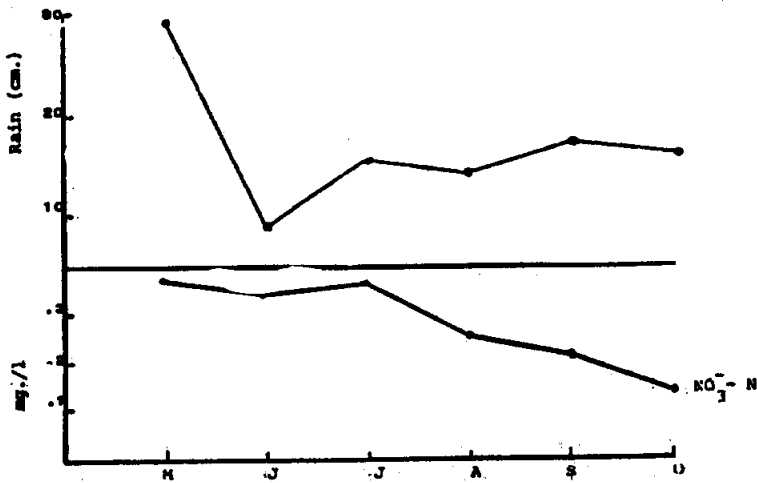
ตารางที่ 1 ค่า pH ของน้ำฝนที่เก็บที่มหาวิทยาลัยรามคำแหงและสะพานควาย

	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	สะพานควาย
พฤษภาคม	5.3	-
มิถุนายน	4.8	5.3
กรกฎาคม	-	5.5
สิงหาคม	5.5	5.9
กันยายน	4.1	-
ตุลาคม	-	6.0





รูปที่ 1 pH ของน้ำฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) ที่นาข้าวในเขตบางกะปิ



2 ปริมาณน้ำฝนและ $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ในน้ำฝนจากนาข้าวในเขตบางกะปิ (พฤษภาคม-ตุลาคม)

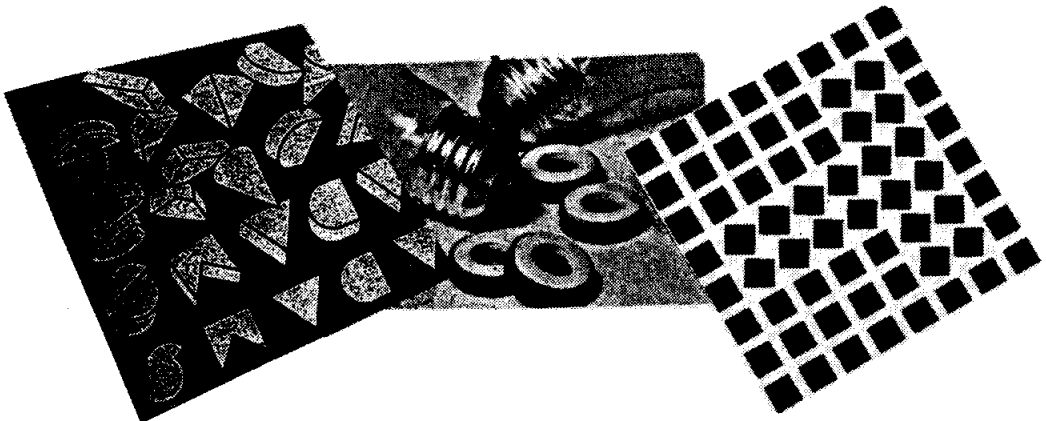
ตารางที่ 2

pH, NO_3^- -N และ wet deposition ของ NO_3^- -N
ที่สถานีที่เก็บตัวอย่างในเขตบางกะปิ

Month	pH	NO_3^- -N Wet. deposition NO_3^- -N	
		(av cone mg/1)	(kg/ha/month)
May	5.1	.365	1.07
June	4.6	.330	.29
July	4.9	.360	.58
August	4.6	.250	.37
September	5.1	.217	.39
October	5.7	.140	.23

ผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข. 7 ที่เก็บเกี่ยวปลายปี 2527 ได้ประมาณไร่ละ 47 ถึง โรคสำคัญที่เกิดขึ้นกับข้าวพันธุ์นี้ในบริเวณที่เก็บตัวอย่างน้ำฝน ได้แก่ โรคจุ่มหรือโรคใบหงิก ซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ผลผลิตลดต่ำลง โรคจุ่มเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสซึ่งเชื้อแพร่กระจายโดยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบโรคนี้นุกระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวอาการที่เห็นชัด คือ ข้าวต้นเตี้ยสั้นจุ่ม ใบสีเขียวเข้ม ใบใหม่ที่แตกออกมาบิดเป็นเกลียว ในช่วงระยะที่เก็บน้ำฝน พบโรคจุ่มมากในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม

นอกจากนี้ต้นข้าวยังแสดงอาการใบสีช้ำและอาการใบเหลืองเป็นจุด ซึ่งอาจเป็นผลของมลพิษหรือขาดธาตุอาหาร ต้นข้าวที่มีอาการดังกล่าวพบอยู่ประปรายตลอดระยะเวลา 6 เดือนที่เก็บตัวอย่างน้ำฝน แม้ว่าต้นข้าวจะไม่มีอาการรุนแรงแต่เชื่อว่ามีผลกระทบต่อเจริญเติบโตและผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้



ตารางที่ 3 จำนวนวันที่ฝนตกของแต่ละเดือนและปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่วัด
ได้ในปี พ.ศ. 2524 ที่สถานีเขตบางกะปิ กรมอุตุนิยมวิทยา

	จำนวนวันที่ฝนตก	ปริมาณน้ำฝนทั้งหมด (มม.)
มกราคม	0	0
กุมภาพันธ์	1	23
มีนาคม	0	0
เมษายน	6	128.8
พฤษภาคม	12	292.7
มิถุนายน	7	87.4
กรกฎาคม	5	159.9
สิงหาคม	12	146.0
กันยายน	10	178.6
ตุลาคม	8	164.7
พฤศจิกายน	9	93.6
ธันวาคม	0	0
	<u>70</u>	<u>1,567.7</u>

วิจารณ์ผล

โดยทั่วไป ความเป็นกรดของสารละลายเช่นน้ำฝนขึ้นอยู่กับไฮโดรเจนไอออน (H^+) H^+ ในน้ำฝนส่วนหนึ่งมาจากกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งเกิดมาจากการละลายของคาร์บอน-ไดออกไซด์ในบรรยากาศกับน้ำฝน H_2CO_3 เป็นกรดอ่อนซึ่งจะแตกตัวให้ H^+ และไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) ในบรรยากาศที่มีความเข้มข้นและความดันของ CO_2 ปกติ น้ำฝนจะมีค่า pH 5.6 (Linkens et. al., 1979) ถ้า pH ของน้ำฝนมีค่าต่ำกว่า 5.6 แก๊สสำคัญที่ทำให้ pH ของน้ำฝนลดลง ได้แก่ SO_2 และ NO_x (Galloway et. al., 1976) เมื่อพิจารณาค่า pH ของน้ำฝนที่เก็บจากนา ในเขตบางกะปิตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม น้ำฝนของทุกเดือนยกเว้นเดือนตุลาคม มีความเป็นกรดสูงกว่าปกติ เดือนพฤษภาคมและเดือนกันยายนน้ำฝนมีความเป็นกรดไม่มาก อาจเนื่องจากปริมาณน้ำฝนมาก น้ำฝนที่สถานีเขตบางกะปิของกรมอุตุนิยมวิทยาวัดได้ในเดือนพฤษภาคมและกันยายน มีปริมาณ 29.27 ซม. และ 17.26 ซม. ซึ่งสูงกว่าเดือนอื่น ๆ ในรอบหกเดือนที่ศึกษา นอกจากนี้จำนวนวันที่ฝนตกของทั้งสองเดือนก็มาก (10 วัน) เป็นไปได้

ที่ความเข้มข้นของ H_2SO_4 และ HNO_3 ในน้ำฝนน้อยลงเนื่องจากน้ำฝนมาก หรืออาจเป็นเพราะ SO_2 และ NO_x ในบรรยากาศละลายไปกับน้ำฝนที่ตกในระยะแรกของเดือน ทั้งสองเหตุผลนี้อธิบายค่า pH ของน้ำฝนในเดือนมิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคมได้ เพราะปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่ตกน้อย ถ้าคิดค่า pH ปกติของน้ำฝนเท่ากับ 5.6 เดือนตุลาคมเป็นเดือนที่น้ำฝนมีค่า pH สูงกว่าปกติเพียง .1 อาจเป็นเพราะมีไอออนที่มีประจุบวก (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , Mg^+ และ NH_4^+) อยู่ในน้ำฝนมาก NH_4^+ ในน้ำฝนส่วนใหญ่มาจากแก๊สแอมโมเนีย ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเน่าเปื่อยของอินทรีย์วัตถุ เป็นไปได้ที่ Na^+ และ Mg^+ จะมีในน้ำฝนมาก เพราะพื้นที่เขตบางกะปิอยู่ไม่ไกลจากทะเลมากนัก เหตุผลที่เป็นไปได้อีกข้อหนึ่ง คือเดือนตุลาคมเป็นเดือนที่ทิศทางลมเปลี่ยนจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มาเป็นมรสุมเหนือ ตัวอย่างน้ำฝนที่เก็บมาวิเคราะห์ 3 ครั้ง เป็นตัวอย่างในระยะ 2 สัปดาห์สุดท้ายของปลายเดือนตุลาคม มรสุมเหนือไม่ได้ผ่านเมืองใหญ่อย่างกรุงเทพฯ ฉะนั้น เมฆฝนที่น้ำฝนมาตกในเขตบางกะปิจึงอาจมีมลพิษต่าง ๆ น้อย

ค่า pH ของน้ำฝนที่มหาวิทยาลัยรามคำแหงไม่ต่างจาก pH ของน้ำฝนที่เก็บจากนาข้าว เขตบางกะปิมากนัก เดือนมิถุนายนและกันยายน ค่า pH ของน้ำฝนที่มหาวิทยาลัยรามคำแหงต่ำถึง 4.1 ถ้าพิจารณาปริมาณขดยวนและความหนาแน่นของประชากรในบริเวณรอบมหาวิทยาลัยรามคำแหงแล้ว เป็นไปได้ที่ SO_2 และ NO_x จะมากกว่าบรรยากาศในท้องที่นา Good et. al., (1982) พบว่า 90% ของความเข้มข้นของ NO_2 ในบรรยากาศในบริเวณที่ชุมชนหนาแน่นมาจากการเผาไหม้ของเตาแก๊สในครัว ฉะนั้น เหตุผลดังกล่าวอาจมีส่วนทำให้ค่า pH ในเดือนที่ฝนตกน้อยต่ำ

ค่า pH ของน้ำฝนที่ซอยสุขุมวิท สะพานควาย ซึ่งลองเก็บไว้เพียงเพื่อเปรียบเทียบกับบริเวณชานเมืองกรุงเทพฯ ปรากฏว่าใกล้เคียงกับ ค่า pH ปกติ (5.6) ยกเว้น pH ของเดือนตุลาคมที่ pH สูงถึง 6.0 จะว่าความเข้มข้นของ SO_2 และ NO_x ในอากาศน้อยกว่าปกติคงไม่ถูกนัก เพราะจุดที่ตั้งเครื่องเก็บน้ำฝนห่างจากถนนพหลโยธินที่การจราจรคับคั่งเพียง 700 เมตร ฉะนั้น ที่ค่า pH สูงกว่า 5.3 ขึ้นมาอาจเป็นเพราะไอออนบวกในน้ำฝนมากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำฝนในเขตบางกะปิกับรายงานการศึกษาฝนกรดของต่างประเทศ pH ของน้ำฝนในบริเวณชานเมืองกรุงเทพฯ มีค่าใกล้เคียงกับค่า pH ของน้ำฝนที่เมืองเกนส์วิลล์ฟลอริดา (Hendry et. al., 1980) แต่มีค่า pH สูงกว่าน้ำฝนในเขตตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา (Galloway, et. al., 1976) และ pH สูงกว่าน้ำฝนในสแกนดิเนเวีย (Brosset, 1972) มีค่า pH สูงกว่า สาเหตุหนึ่งอาจมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในกรุงเทพฯ สูงกว่า

ปริมาณ NO_3^--N ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำฝนจากท้องนาเขตบางกะปิมีความเข้มข้นไม่เกินช่วงที่พบทั่วไปในน้ำฝน ($0.05-0.4 \text{ mg l}^{-1}$) ที่ Allen et. al., 1974 รายงานไว้ ซึ่งชี้ว่าความเป็นกรดของน้ำฝนส่วนใหญ่เกิดจาก SO_4^- ความเข้มข้นของ SO_4^- ที่พบในฝนกรดมักมากกว่าความเข้มข้นของ NO_3^- 2-4 เท่า (Gatz, 1980; Brezonik, 1980) อย่างไรก็ตามก็ดี ความเข้มข้นเฉลี่ย NO_3^--N ที่พบในน้ำฝนจากท้องนาบางกะปิสูงกว่าน้ำฝนในฟลอริดา (Brezonik et. al., 1980; Hendry et. al., 1980, Hendry et. al., 1981) และสูงกว่าน้ำฝนในเขตตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกา (Galloway et. al., (1976)

ปกติไนเตรท-ไนโตรเจน ในระบบนิเวศเป็นที่สนใจกัน เพราะปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนจำนวนมากถูกปล่อยลงแม่น้ำลำคลองในรูปของปุ๋ยและของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ไนเตรทที่เพิ่มมากขึ้นนี้ เมื่อพิจารณาไปพร้อมกับฟอสฟอรัสเป็นตัวการที่ทำให้เกิด eutrophication ในแม่น้ำลำคลองและทะเล ไนเตรท-ไนโตรเจนที่มากับน้ำฝนจะมาในรูปของ HNO_3 ซึ่งจะทำให้ดินมีคุณสมบัติเป็นกรด ในกรณีที่ HNO_3 แยกตัว H^+ จะไปแทนที่ไอออน ประจุบวกที่เกาะอยู่ตามอนุภาคของดินเหนียวรวมทั้งไอออนประจุบวกที่เป็นธาตุอาหารที่รากพืชดูดเอาไปใช้ ส่วน NO_3^- ละลายน้ำได้จึงมักถูกชะล้างไปพร้อมกับน้ำ ถ้าล้างสู่มแม่น้ำลำคลองก็จะทำให้เกิด eutrophication อีกทางหนึ่ง

เมื่อประเมิน NO_3^--N ที่มากับฝนในระยะหกเดือนที่ศึกษา ปริมาณ NO_3^--N เฉลี่ยเป็น 488 กรัม/เฮกตาร์/เดือน หรือประมาณ 937.6 กรัม/ไร่/ปี ปริมาณที่เป็นจริงจะมากกว่านี้ ถ้าคิดรวมปริมาณ NO_3^--N ของอีก 6 เดือนที่ไม่ได้ศึกษาเข้าไปด้วย นอกจากนี้ เนื่องจากการเก็บน้ำฝนเป็นแบบ Wet-only precipitation ถ้าเก็บทั้ง Wet และ Dry precipitation ค่าที่ได้ควรจะสูงกว่านี้

เมื่อพิจารณาผลกระทบที่มีต่อพืช ฝนกรดลดน้ำหนักแห้งของถั่วเหลือง ลดขนาดเมล็ดและลดผลผลิต (Evans and Lewin, 1980) ฝนกรดจะชะล้าง K, Ca, และ Mg จากใบและลำต้นพืชจากไปพร้อมกับน้ำฝน (Abrahamsen, 1980) H^+ ของฝนกรดที่ตกลงดินจะแทนที่ไอออนประจุลบ เช่น Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ ไอออนที่ถูกแทนที่จะถูกชะไปกับน้ำลงไปดินชั้นล่างหรือไหลไปกับน้ำลงสู่มแม่น้ำ (Oosting, 1956) ดินจะมีความเป็นกรดสูงขึ้น ดินที่มีความเป็นกรดสูงอาจทำให้สภาพแวดล้อมในดินไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชการที่ข้าวเป็นโรครุ่ยหรือโรคใบหงิก (Ragged stunt virus) มากจนทำให้ผลผลิตลดลง เก็บเกี่ยวได้ไม่ถึง 50 ถึงต่อไร่ สาเหตุส่วนหนึ่งอาจมาจากฝนกรดที่ถูกต้นข้าวโดยตรงและที่ลงไปดินในนาที่เป็นไปได้คือ Synergistic effect ซึ่งเป็นผลมาจากการที่สาเหตุของโรครุ่ยมากกว่าหนึ่งอย่าง เมื่อสาเหตุอยู่ร่วมกัน ผลที่เกิดจะรุนแรงมากกว่าเพียงสาเหตุเดียว โรครุ่ยที่เป็นมากับต้นข้าว

ในปลายเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงที่ pH ของน้ำฝนต่ำอาจเป็นลักษณะของ Synergism ประกอบกับพันธุ์ข้าว กข. 7 เป็นพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อโรคนี (ดิสาพร, 2525) ความเสียหายจึงมาก ความเป็นกรดของน้ำฝนยังมีผลโดยตรงต่อต้นข้าว ถ้าพิจารณาสาเหตุของโรคที่เกิดจากมลพิษ อากาศใบเป็นจุดสีเหลืองซีดที่มีอยู่ประปรายตลอด 6 เดือน เป็นลักษณะหนึ่งที่ชี้ว่าสาเหตุของโรคข้าวเกิดจากมลพิษโดยทั่วไป มลพิษ เช่น SO_2 และ O_2 ในความเข้มข้นที่ต่ำมากมีผลต่อพืช แม้ว่าจะไม่ละลายน้ำฝน (Agrios, 1969) ผลผลิตของข้าวที่ลดลงจึงอาจมาจากมลพิษโดยตรง และจากมลพิษที่ละลายมากับน้ำฝน

ปัญหาเรื่องฝนกรดเป็นเรื่องที่ควรจะต้องพิจารณาแก้ไข โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อแนวโน้มการพัฒนาอุตสาหกรรมในเขตเมืองและชานเมืองสูงขึ้น การขยายตัวของเมืองรวดเร็ว จำนวนประชากรเพิ่มขึ้น แนวโน้มการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันมีมากขึ้น ทั้งหมดนี้สัมพันธ์กับการปล่อยแก๊สพิษพวกซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์มากขึ้น ทั้งยังมีส่วนในการสร้างฝุ่นละอองและควันในเมืองมากขึ้น (Koenig, 1978) แน่นนอน ฝนกรดจะยังคงมีต่อไปถ้าไม่มีมาตรการควบคุมมลภาวะในอากาศที่เข้มแข็งเพียงพอ การแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ คือลดจำนวนประชากร อาจมีส่วนช่วย แต่แนวความคิดแบบลดอัตราการเจริญของประชากรให้เท่ากับ 0 หรือ Zero growth ก็มีข้อบกพร่องที่ว่า ถ้าการเจริญของประชากรเท่ากับ 0 เราก็คงยังมีสไตล์ชีวิตการเป็นอยู่แบบเดิม คือ พึ่งอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีการผลิต มลภาวะก็ยังคงจะมีอยู่คู่ฟ้าอีกต่อไป

สรุป

1. น้ำฝนในบริเวณชานเมืองกรุงเทพฯ ในเขตบางกะปิ มีคุณสมบัติเป็นกรด ความเป็นกรดนี้อยู่ในระดับที่สูง ซึ่งมีผลต่อการเจริญและผลผลิตของข้าว
2. ความเป็นกรดของน้ำฝนนี้มีสาเหตุส่วนหนึ่งจากไนโตรเจนออกไซด์ในบรรยากาศ แต่สาเหตุใหญ่อาจเกิดจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์
3. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในฝนกรดในชานเมืองกรุงเทพฯ อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง Wet deposition ของ NO_3^-N จึงอยู่ในระดับที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับรายงานการศึกษาฝนกรดในสหรัฐอเมริกา
4. ฝนกรดมีผลต่อความเป็นกรดของดินและอาจมีส่วนในการเกิด eutrophication ในน้ำ