

การทำฝนเทียม

การทำฝนเทียมหรือฝนหลวงเป็นกรรมวิธีการเหนี่ยวนำน้ำจากฟ้า ใช้เครื่องบินบรรทุกสารเคมีขึ้นไปโปรยในท้องฟ้า โดยดูจากความชื้นของเมฆและสภาพทิศทางลมประกอบกัน ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดฝนคือ ความร้อนชื้นปะทะความเย็น และมีแกนกลั่นตัวที่มีประสิทธิภาพในปริมาณที่เหมาะสม กล่าวคือ เมื่อมวลอากาศร้อนชื้นที่ระดับผิวพื้นขึ้นสู่อากาศเบื้องบน อุณหภูมิของมวลอากาศจะลดต่ำลงจนถึงความสูงที่ระดับหนึ่ง หากอุณหภูมิที่ลดต่ำลงนั้นมากพอก็จะทำให้อุณหภูมิในมวลอากาศอิ่มตัว จะเกิดกระบวนการกลั่นตัวของไอน้ำในมวลอากาศขึ้นบนแกนกลั่นตัว เกิดเป็นฝนตกลงมา ฉะนั้นสารเคมีที่ใช้จึงประกอบด้วย "สูตรร้อน" ใช้เพื่อกระตุ้นเร่งเร้ากลไกการหมุนเวียนของบรรยากาศ, "สูตรเย็น" ใช้เพื่อกระตุ้นกลไกการรวมตัวของละอองเมฆให้โตขึ้นเป็นเม็ดฝน และสูตรที่ใช้เป็นแกนดูดซับความชื้น เพื่อใช้กระตุ้นกลไกกระบวนการกลั่นตัวให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สารเคมีที่ใช้ทำฝนเทียม

สารเคมีประเภทคายความร้อนหรือทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น (Exothermic chemical) ปัจจุบันนี้มีใช้ในการทำฝนเทียมในประเทศไทย 3 ชนิด คือ

- * แคลเซียมคาร์ไบด์ (Calcium carbide; CaC_2)
- * แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium Chloride; CaCl_2)
- * แคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide; CaO)

สารเคมีประเภทดูดกลืนความร้อนหรือทำให้อุณหภูมิต่ำลง (Endothermic Chemicals) ปัจจุบันมีการใช้สารเคมีประเภทนี้อยู่ 3 ชนิด คือ

- * ยูเรีย (Urea; $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)
- * แอมโมเนียมไนเตรด (Ammoniumnitrate; NH_4NO_3)
- * น้ำแข็งแห้ง (Dry ice; $\text{CO}_2(\text{S})$)

สารเคมีที่ทำหน้าที่ดูดซับความชื้นประการเดียว

- * เกลือ (Sodium chloride; NaCl)
- * สารเคมีสูตร ท.1

การทำฝนเทียมเป็นเทคนิคการเลียนแบบธรรมชาติ โดยศึกษาจากกรรมวิธีของฝนในธรรมชาติ

1. กรรมวิธีการทำฝนเทียม

1.1 การทำฝนเทียมในเขตอบอุ่นซึ่งมีเมฆที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส หรือเรียกว่าการทำฝนเมฆเย็น โดยจะทำในตำแหน่งที่ยอดเมฆสูงเฉลี่ย 21,500 ฟุต หรือประมาณ 6,450 เมตร มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส เป็นเมฆคิวมูลัส (cumulus) จะเกิดเฉพาะช่วงต้นและปลายฤดูฝน การทำฝนเทียมในเมฆชนิดนี้ใช้โปรยหรือหว่านด้วยเม็ดน้ำแข็งแห้งเล็กๆ (dry ice) หรือ ซิลเวอร์ไอโอไดด์ (silver iodide) จะก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่เร่งเร้าให้เม็ดน้ำเย็นยิ่งยวดเปลี่ยนสถานะจาก ของเหลวเป็นผลึกหรือเกล็ดน้ำแข็งทันทีแล้วคายความร้อนแฝงออกมา พลังงานความร้อนดังกล่าวทำให้มวลอากาศภายในก้อนเมฆลอยตัวขึ้นเบื้องบน มีผลทำให้เกิดแรงดึงดูดใต้ฐานเมฆ ซึ่งจะดูดเอาความชื้นเข้ามาหล่อเลี้ยงทำให้อ่อนเมฆเจริญเติบโตและมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น

ขณะเดียวกันแรงยกตัวจะหอบเอาเกล็ดน้ำแข็งเล็กๆ ขึ้นไปข้างบนทำให้เกล็ดน้ำแข็งเหล่านี้มีขนาดใหญ่ขึ้นพอน้ำหนักมากกว่าที่แรงยกตัวจะพยุงไว้ได้ก็ตกลงมา จนผ่านชั้นอากาศที่อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ ก้อนน้ำแข็งก็จะละลายกลายเป็นน้ำฝน

1.2 การทำฝนเทียมในเขตร้อนซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า 0 องศาเซลเซียส การทำฝนเทียมแบบนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการทำฝนเมฆอุ่น มีลักษณะของเมฆก่อตัวขึ้นเป็นแนวตั้งฉากเป็นเมฆคิวมูลัสซึ่งสังเกตได้จากกลุ่มเมฆจะมีลักษณะฐานเมฆสีดำ ก้อนเมฆก่อตัวขึ้นคล้ายดอกกะหล่ำปลีอยู่ที่ระดับความสูงของฐานเมฆไม่เกิน 16,000 ฟุต มีอุณหภูมิภายในก้อนเมฆสูงกว่า 0 องศาเซลเซียส การทำฝนเทียมในเมฆชนิดนี้จะใช้สารเคมีเพื่อกระตุ้นให้เกิดกระบวนการชนและรวมตัวกันของเม็ดเมฆขนาดต่าง ๆ

2. ขั้นตอนการทำฝนเทียม

"การทำฝนเทียม" เป็นกรรมวิธี [การดัดแปรสภาพอากาศเพื่อให้เกิดฝน] การทำฝนเทียมเป็นกรรมวิธีเลียนแบบธรรมชาติ โดยทำจากเมฆ ซึ่งมีลักษณะพอเหมาะที่จะเกิดฝนได้ จากนั้นจึงเร่งให้เกิดการควบแน่นของเมฆ ด้วย 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ ก่อทวน, เลี้ยงให้อ้วน, และโจมตี มักทำใน 2 สภาวะ คือ การทำฝนเมฆเย็นเมื่อเมฆมีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส และ การทำฝนเมฆอุ่น เมื่อเมฆมีอุณหภูมิสูงกว่า 0 องศาเซลเซียส การทำฝนเทียมในสองสภาวะนี้ จะใช้สารในการดัดแปรสภาพอากาศที่แตกต่างกัน

การทำฝนเทียมประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ก่อทวน (Triggering)

เป็นการดัดแปรสภาพอากาศด้วยการก่อทวนสมดุล (equilibrium) หรือ เสถียรภาพ (stability) ของมวลอากาศเป็นแห่งๆ โดยการโปรยสารเคมีประเภทคายความร้อน (exothermic chemical) ในท้องฟ้าที่ระดับใกล้เคียงกับระดับกลั่นตัวเนื่องจากการไหลพาความร้อนในแนวตั้ง (convective condensation level) ซึ่งเป็นระดับของฐานเมฆในแต่ละวัน และโปรยสารเคมีประเภทดูดความร้อน (endothermic chemicals) ที่ระดับสูงกว่า 2,000 - 3,000 ฟุต ทั้งนี้เพื่อช่วยให้เกิดเมฆเร็วขึ้นและปริมาณมากกว่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยเริ่มก่อทวนในช่วงเวลาเช้าทางด้านเหนือลมของพื้นที่ เป้าหมายหวังผลที่วางแผนกำหนดไว้ในแต่ละวัน

ก่อนปฏิบัติการ

ท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆ แต่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศไม่ต่ำกว่า 60%

ปฏิบัติการ

ก่อเมฆโดยใช้เครื่องบินเมฆอุ่นโปรยสารเกลือแอมโมเนียมบนดินของพื้นที่เป้าหมายที่ระดับความสูง 7,000-8,000 ฟุต โดยที่สารเกลือแอมโมเนียมจะทำหน้าที่เป็นแกนกลั่นตัว (Cloud Condensation Nuclei) ในการดูดซับความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ เกิดการควบแน่นกลายเป็นเม็ดน้ำและรวมตัวกันเป็นเมฆ

หลังปฏิบัติการ

เมฆจะก่อตัวขึ้นและเจริญเติบโตได้ดี และก่อยอดสูงขึ้นถึงระดับ 10,000 ฟุต

ขั้นที่ 2 เลี้ยงให้อ้วน (Fatten)

เป็นการดัดแปรสภาพอากาศและก้อนเมฆด้วยการกระตุ้นหรือเร่งการเจริญเติบโตของก้อนเมฆที่ก่อตัวแล้ว ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นทางฐานเมฆและยอดเมฆ ให้ขนาดหยดน้ำใหญ่ขึ้น และปริมาณน้ำในก้อนเมฆมากขึ้น และหนาแน่นเกินกว่าที่จะปล่อยให้เจริญเองตามธรรมชาติ ด้วยการโปรยสารเคมีประเภทที่เมื่อดูดซับความชื้นแล้วทำให้อุณหภูมิต่ำลงที่ระดับฐานเมฆหรือยอดเมฆโดยบินโปรยสารเคมีเข้าสู่ก้อนเมฆโดยตรง หรือโปรยรอบๆ และระหว่างช่องว่างของก้อนเมฆทางด้านเหนือลมให้กระแสลมพัดพาสารเคมีเข้าสู่ก้อนเมฆ หรือโปรยสารเคมีประเภทคายความร้อนสลับสารเคมีประเภทคายความเย็นในอัตราส่วน 1:4 ทั่วยอดเมฆทั่วบริเวณที่มีความหนา 2,000 - 3,000 ฟุต ปกคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง หรือที่บริเวณพื้นที่ใต้ลมของบริเวณที่เริ่มต้นก่อตัว ทั้งนี้แล้วแต่สภาพของเครื่องบิน ภูมิประเทศ และขณะอากาศขณะนั้นจะอำนวยให้

ก่อนปฏิบัติการ

เมฆที่ก่อตัวและเจริญเติบโตขึ้นมาจากขั้นตอนที่ 1 หรือเมฆเดิมที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งก่อยอดสูงขึ้นถึงระดับ 10,000 ฟุต และเมฆนั้นกำลังเคลื่อนตัวตามทิศทางลมเข้าหาพื้นที่เป้าหมายหวังผลที่กำหนดไว้

ปฏิบัติการ

เลี้ยงเมฆให้อ้วนโดยเครื่องบินเมฆอุ่นโปรยสารแคลเซียมคลอไรด์เข้าไปในเมฆที่ระดับ 8,000 ฟุต ความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมีของสารแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อละลายน้ำหรือดูดซับความชื้นหรือเมื่อน้ำภายในเมฆ จะเร่งหรือเสริมแรงยกตัวของมวลอากาศภายในเมฆ ทำให้เมฆเจริญเติบโตต่อไปได้ดีและก่อยอดสูงขึ้น

หลังปฏิบัติการ

ยอดเมฆอาจจะเจริญเติบโตขึ้นไปถึงระดับ 15,000 ฟุต ซึ่งเรียกว่า “เมฆอุ่น” (เมฆที่มีอุณหภูมิภายในยอดเมฆสูงกว่าจุดเยือกแข็ง 0 องศาเซลเซียส) บางครั้งในก้อนเมฆอาจจะมีแรงยกตัวมากพอที่จะทำให้ยอดเมฆเจริญเติบโตขึ้นไปถึงระดับ 20,000 ฟุต ซึ่งเรียกว่า “เมฆเย็น” (เมฆที่มีอุณหภูมิภายในยอดเมฆต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง 0 องศาเซลเซียส)

ขั้นที่ 3 โจมตี (Attack)

เป็นการดัดแปรสภาพอากาศในก้อนเมฆโดยตรงหรือบริเวณใต้ฐานเมฆ หรือบริเวณที่ต้องการ ชักนำเมฆฝนที่ตกอยู่แล้วเคลื่อนเข้าสู่พื้นที่ที่ต้องการ เป็นการบังคับหรือเหนี่ยวนำให้เมฆที่แก่ตัวจัดแล้วตกเป็นฝนลงสู่พื้นที่เป้าหมายหวังผลที่วางแผนกำหนดไว้ โดยใช้เครื่องบิน บินโปรยสารเคมีประเภทดูดความร้อนเข้าไปโดยตรงที่ฐานเมฆ หรือยอดเมฆ หรือที่ระดับระหว่างฐานเมฆและยอดเมฆ ชิดขอบเมฆทางด้านเหนือลม หรือใช้เครื่องบิน 2 เครื่องโปรยพร้อมกันแบบแซนด์วิช (Sandwich) เครื่องหนึ่งโปรยที่ฐานเมฆด้านใต้ลม อีกเครื่องโปรยด้านเหนือลมชิดขอบเมฆที่ระดับยอดเมฆหรือไหล่เมฆ เครื่องบินทั้งสองทำมุมเอียงกัน 45 องศา หรือโปรยสารเคมีประเภทดูด ความร้อนที่ระดับต่ำกว่าฐานเมฆไม่น้อยกว่า 1,000 ฟุต หรือสร้างจุดเย็นด้วยสารเคมีประเภท ดูดความร้อนเป็นบริเวณแคบในบริเวณพื้นที่เป้าหมายหวังผล เพื่อเหนี่ยวนำให้ฝนที่กำลังตกอยู่เคลื่อนเข้าสู่บริเวณที่ต้องการ

ก่อนปฏิบัติการ

เมฆอุ่นที่เจริญเติบโตขึ้นจนถึงขั้นเริ่มแก่ตัว มียอดเมฆสูงตั้งแต่ระดับ 10,000 ฟุตขึ้นไป และกลุ่มเมฆนั้นเริ่มเคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่เป้าหมาย

ปฏิบัติการ

โจมตีเมฆอ่อนด้วยเทคนิค SANDWICH โดยใช้เครื่องบินเมฆอ่อน 2 เครื่อง เครื่องหนึ่งโปรยสารเกลือ โซเดียมคลอไรด์ ท้ายยอดเมฆหรือไหล่เมฆที่ระดับ 9,000 - 10,000 ฟุต ทางด้านเหนือลมของก้อนเมฆ อีกเครื่องหนึ่งโปรยสารยูเรีย ที่ระดับขีดฐานเมฆทางด้านใต้ลม และแนวโปรยทั้งสองทำมุมเอียงกัน 45 องศา

หลังปฏิบัติการ

เมฆจะมีความหนาแน่นของเม็ดน้ำขนาดใหญ่ปริมาณมากและตกลงสู่บริเวณฐานเมฆ หนาแน่นจนใกล้ ตกเป็นฝนหรือเริ่มตกเป็นฝนแต่ตกไม่ถึงพื้น หรือตกถึงพื้นแต่เป็นฝนเบาบาง

ขั้นตอนการปฏิบัติเสริมต่อเนื่อง

ขั้นตอนที่ 4 เสริมการโจมตี (Enhancing)

ก่อนปฏิบัติการ

เมฆที่แก้ตัวเริ่มจะตกเป็นฝนจากขั้นตอนที่ 3 แต่เนื่องจากบรรยากาศใต้ฐานเมฆมีอุณหภูมิสูงกว่าและแห้งกว่า มวลอากาศภายในเมฆเม็ดฝนที่ตกผ่านฐานเมฆลงมาจึงถูกระเหยหายไปอย่างรวดเร็วจนตกไม่ถึงพื้น หรือตกเป็นเม็ดเล็กๆ เบาบาง

ปฏิบัติการ

เสริมการโจมตีโดยใช้เครื่องบินเมฆอ่อนโปรยเกล็ดน้ำแข็งแห้ง ที่บริเวณต่ำกว่าฐานเมฆประมาณ 1,000 ฟุต เพื่อปรับลดอุณหภูมิของอากาศใต้ฐานเมฆ และทำให้อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น ซึ่งจะช่วยลดการระเหยของน้ำออกจากเม็ดฝนลง

หลังปฏิบัติการ

ฝนจะตกจากฐานเมฆถึงพื้นดินได้เร็วขึ้น และเป็นเม็ดฝนขนาดใหญ่ ฝนจึงตกหนักขึ้น และให้ปริมาณน้ำฝนสูงกว่าการปล่อยให้ตกเองตามธรรมชาติ

ขั้นตอนที่ 5 โจมตีเมฆเย็นด้วยซิลเวอร์ไอโอไดด์

ก่อนปฏิบัติการ

เมฆเย็นซึ่งเจริญเติบโตมาจากเมฆที่เลี้ยงให้อ้วนในขั้นตอนที่ 2 มียอดเมฆสูงตั้งแต่ 20,000 ฟุตขึ้นไป

ปฏิบัติการ

โจมตีเมฆเย็นด้วยสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ โดยใช้เครื่องบินเมฆเย็น 1 เครื่อง ยิงพลุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ เข้าสู่ยอดเมฆ ที่ระดับประมาณ 21,500 ฟุต

หลังปฏิบัติการ

จะมีผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้นจำนวนมากยิ่งขึ้นบริเวณยอดเมฆ และมีกระแสอากาศปั่นป่วน เนื่องจากการคายความร้อนแฝง ผลึกน้ำแข็งจะเจริญเติบโตได้ดี และตกลงมาละลายกลายเป็นฝนตกลงสู่พื้นดิน

เทคนิคการโจมตีเมฆอ่อนแบบ Sandwich

เครื่องมือและอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ประกอบในการทำฝนหลวง

เครื่องมืออุตุนิยมวิทยา ใช้ในการตรวจวัดและศึกษาสภาพอากาศประกอบการวางแผนปฏิบัติการนอกเหนือจากแผนที่อากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม ที่ได้รับสนับสนุนเป็นประจำจากกรมอุตุนิยมวิทยาที่มีใช้ได้แก่

1. เครื่องวัดลมชั้นบน (pilot balloon) ใช้ตรวจวัดทิศทางและความเร็วลมระดับสูงจากผิวดินขึ้นไป
2. เครื่องวิทยุหยังอากาศ (radiosonde) เป็นเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยเครื่องส่งวิทยุ ซึ่งจะติดไปกับบอลลูน และเครื่องรับสัญญาณวิทยุซึ่งจะบอกให้ทราบถึงข้อมูลอุณหภูมิความชื้น ของบรรยากาศในระดับต่างๆ
3. เครื่องเรดาร์ตรวจอากาศ ที่มีใช้อยู่เป็นแบบดิตรถยนต์เคลื่อนที่ได้มีประสิทธิภาพ สามารถบอกบริเวณที่มีฝนตกและความแรง หรือปริมาณน้ำฝนและการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝนได้ในรัศมี 200-400 กม. ซึ่งนอกจากจะใช้ประกอบการวางแผนปฏิบัติการแล้ว ยังใช้เป็นหลักฐานในการประเมินผลปฏิบัติการฝนหลวงอีกด้วย
4. เครื่องมือตรวจอากาศผิวพื้นต่างๆ เช่น เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลม เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน เป็นต้น
5. เครื่องมือเตรียมสารเคมี ได้แก่เครื่องบดสารเคมีเครื่องผสมสารเคมี ทั้งแบบน้ำและแบบผง ถังและกรวยโปรยสารเคมี เป็นต้น
6. เครื่องมือสื่อสาร ใช้ในการติดต่อสื่อสารและสั่งการระหว่างนักวิชาการบนเครื่องบินกับฐานปฏิบัติการหรือระหว่างฐานปฏิบัติการ 2 แห่ง หรือใช้รายงานผลระหว่างฐานปฏิบัติงานสำนักงานฯ ในส่วนกลางโดยอาศัยความร่วมมือของวิทยุตำรวจ ศูนย์สื่อสารสำนักงาน ปลัดกระทรวงมหาดไทย วิทยุเกษตร และกรมไปรษณีย์โทรเลข เครื่องมือสื่อสารที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่วิทยุซิงเกิลไซด์แบนด์ วิทยุ FM.1, FM.5 เครื่องโทรพิมพ์ เป็นต้น
7. เครื่องมือทางวิชาการอื่นๆ เช่น อุปกรณ์ทางการวางแผนปฏิบัติการ เข็มทิศ แผนที่ กล้องส่องทางไกล เครื่องมือตรวจสอบสารเคมี กล้องถ่ายภาพ ฯลฯ
8. สถานีเรดาร์ฝนหลวง หรือ เรดาร์ดอปเพลอร์ (Doppler radar) ในบรรดาเครื่องมืออุปกรณ์วิทยาศาสตร์ภายใต้โครงการวิจัยทรัพยากรบรรยากาศประยุกต์จำนวน 8 รายการนั้น เรดาร์ดอปเพลอร์จัดเป็นเครื่องมือที่มีมูลค่าสูงสุด เรดาร์นี้ใช้เพื่อวางแผนการทดลองและติดตาม ประเมินผลปฏิบัติการฝนหลวงชาติ เครื่องมือชนิดนี้ทำงานโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ (Microvax 3400) ควบคุมสั่งการ เก็บบันทึก รวบรวมข้อมูลสามารถนำข้อมูลกลับมาแสดงใหม่จากเทปบันทึก ในรูปแบบการทำงานของ IRIS (IRIS Software) ผ่านโปรเซสเซอร์ (RUP-6) กล่าวคือ ข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในเทปบันทึกข้อมูลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำมาใช้ได้ตลอด ซึ่งเชื่อมต่อกับระบบเรดาร์ การแสดงผล/ข้อมูล โดยจอภาพ สถานีที่ตั้งเรดาร์ดอปเพลอร์นี้ อยู่ที่ตำบลยางเปียง อำเภอมกนัง จังหวัดเชียงใหม่


