# สถานภาพปัจจุบันของการดัดแปรสภาพอากาศในต่างประเทศ
# An Outline of Recent Activities in Weather Modification

## บทนำ

วัตถุประสงค์ของ การเขียนเรื่อง สถานภาพปัจจุบันของการดัดแปรสภาพอากาศในต่างประเทศนี้ เพื่อต้องการชี้ให้เห็นถึง ความเป็นมาของการดัดแปร-สภาพอากาศ ความหมายของการดัดแปรสภาพอากาศ กิจกรรมด้านการดัดแปรสภาพอากาศ และสถานภาพปัจจุบันของการดัดแปรสภาพอากาศในต่างประเทศ โดยอ้างอิงข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาโลกเป็นหลัก

## ความเป็นมาของการดัดแปรสภาพอากาศ

เป็นเวลากว่าพันปี มนุษย์พยายามที่จะแก้ไขสภาพภูมิอากาศ เพื่อขยายแหล่งทรัพยากรน้ำและบรรเทาสภาวะอากาศที่รุนแรง เช่น การทำพิธีบูชายัญเพื่อให้พายุสงบของชาวกรีกโบราณ การทำพิธีขอฝนของชาวอินเดียโบราณ การแห่นางแมวของประเทศไทย เป็นต้น[๑] แต่สำหรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการดัดแปรสภาพอากาศเริ่มต้นขึ้นเมื่อปี ค.ศ.๑๙๔๖ (พ.ศ. ๒๔๘๙) ที่มีการค้นพบว่า เม็ดน้ำเย็นยิ่งยวด (Supercooled Droplets) ในก้อนเมฆหากกระทบกับอนุภาคของสารที่เรียกว่า แกนน้ำแข็ง (Ice Nuclei) ก็จะกลายเป็นน้ำแข็งทันที และจะมีการคายความร้อนแฝงออกมาทำให้เมฆก่อยอดสูงขึ้น มีน้ำสะสมภายในเมฆมากขึ้น และให้ปริมาณน้ำฝนที่สูงมากกว่าการตกโดยไม่เกิดกระบวนการตกผลึกน้ำแข็ง แต่เนื่องจากในธรรมชาติ แกนน้ำแข็ง มีจำนวนไม่มากนัก ทำให้โอกาสที่เม็ดน้ำ เปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งจึงมีน้อย นักเคมีชาวอเมริกัน ชื่อ Vincent Schaefer[๒] ได้ทดลองใช้น้ำแข็งแห้ง และ นักวิทยาศาสตร์ด้านบรรยากาศชาวอเมริกันอีกคน Dr. Bernard Vonnegut[๓] ใช้อนุภาคของสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ แทนแกนเยือกแข็งในธรรมชาติ นับเป็นจุดเริ่มต้นของเทคโนโลยีการดัดแปรสภาพอากาศ ซึ่งต่อมาได้มีผลงานวิจัย ค้นคว้า ทดลอง ในด้านการดัดแปรสภาพอากาศเป็นจำนวนมากทั่วโลก

ปัจจุบัน มีการดำเนินงานด้านการดัดแปรสภาพอากาศ มากกว่า ๑๐๐ โครงการ ใน ๒๙ ประเทศ ตามที่องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) ได้รับรายงาน และเข้าร่วมการประชุม WMO Conference on Weather Modification เมื่อวันที่ ๔ – ๗ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๔[๔] ที่เมืองบาหลี ประเทศอินโดนีเซีย แต่ถึงกระนั้นก็ยังมีอีกหลายประเทศที่ไม่ได้รายงานให้กับ WMO

## ความหมายของการดัดแปรสภาพอากาศ

การดัดแปรสภาพอากาศ (Weather Modification) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศโดยตั้งใจ และไม่ตั้งใจจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งเพียงพอ จะทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนสภาพอากาศในระดับท้องถิ่นหรือระดับภูมิภาคได้ การเปลี่ยนแปลงโดยตั้งใจนั้น รวมไปถึงการปกคลุมพืชจากอากาศหนาวเย็นในเวลากลางคืน การใช้สารเคมีกับเมฆเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำฝน การเผาไหม้สารเคมีให้เป็นควันเข้าไปในก้อนเมฆเพื่อลดความรุนแรงของลูกเห็บ และเพื่อทำลายหมอกตามสนามบินต่าง ๆ เป็นต้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศโดยไม่ตั้งใจ ส่วนใหญ่ เป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมและเมืองใหญ่ ที่เพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ สู่ชั้นบรรยากาศเป็นพันล้านตันต่อปี[๕]

## กิจกรรมด้านการดัดแปรสภาพอากาศ

องค์การอุตุนิยมวิทยาโลกได้แบ่งกิจกรรมด้านการดัดแปรสภาพอากาศและรวบรวมเทคนิคต่าง ๆ ของแต่ละกิจกรรม ออกเป็น ๔ ประเภท ได้แก่[๖]

### (๑) <u>การทำลายหมอก (Fog Dispersal)</u>

หมอกเป็นน้ำในอากาศ หรือ ไฮโดรมีทีเออร์ (Hydrometeor) ชนิดหนึ่ง ที่ประกอบด้วยกลุ่มละอองน้ำขนาดเล็กมาก สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าลอยอยู่ในอากาศใกล้พื้นดิน โดยปกติจะทำให้ทัศนวิสัยทางแนวนอนที่ผิวพื้นโลกลดลง เหลือน้อยกว่า ๑,๐๐๐ เมตร ถ้าทัศน-วิสัย มากกว่า ๑,๐๐๐ เมตร เรียกว่า หมอกบาง หรือหมอกน้ำค้าง (Mist) หมอกกับเมฆต่างกันแต่เพียงว่าหมอกนั้นมีฐานอยู่ติดกับพื้นดิน ส่วนเมฆจะมีฐานสูงเหนือพื้นดินขึ้นไป โดยทั่วไปขณะเกิดหมอก ทัศนวิสัยจะต่ำกว่า ๑ กิโลเมตร[๗]

ปัจจุบันมีเทคนิคต่าง ๆ เป็นจำนวนมากที่ใช้ในการทำลายหมอก ทั้งหมอกอุ่น (Warm Fogs) (อุณหภูมิสูงกว่า ๐ องศาเซลเซียส) และ หมอกเย็น (Cold (Supercooled) fogs)

สำหรับหมอกอุ่น มีการใช้เทคนิคความร้อนในการทำลายหมอก (Thermal Technique) เป็นวิธีที่ใช้ความร้อนสูงเข้าใส่หมอกโดยตรง เช่น การใช้เครื่องยนต์เจ็ท วิธีนี้สามารถกำจัดหมอกได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะเวลาอันสั้น และใช้กับหมอกอุ่นบางชนิด เท่านั้น อีกวิธีหนึ่งเป็นการทำลายหมอก

โดยการใช้เฮลิคอปเตอร์บินวนไปมา หรือการใช้อุปกรณ์ภาคพื้นดิน ทั้งสองเทคนิคมีราคาค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังพบว่ามีความพยายามใช้สารดูดความชื้นอื่น ๆ ทำลายหมอก แต่ค่อนข้างมีปัญหาในการกระจายสาร ชนิดของสารที่ใช้ และปริมาณที่ใช้

การทำลายหมอกเย็น เทคนิคที่นิยมใช้กัน ได้แก่ การเร่งการเจริญเติบโตของผลึกน้ำแข็ง โดยการใส่แกนน้ำแข็ง (Ice Nuclei) เข้าไปในหมอกจากภาคพื้นดินหรือทางอากาศ เช่น น้ำแข็งแห้ง ไนโตรเจนเหลว คาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ซิลเวอร์ไอโอไดด์ เป็นต้น

**ภาพที่ ๑ หมอกลงจัดที่สนามบินนานาชาติ xiantao เมือง Shenyang ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของจีน ทำให้เครื่องบินไม่สามารถขึ้นลงได้**

### (๒) การเพิ่มปริมาณน้ำฝนและหิมะ (Precipitation -Rain and Snow- Enhancement)

***๒.๑ Orographic Mixed-Phase Cloud Systems***

การเพิ่มปริมาณน้ำฝนหรือหิมะจากเมฆที่เกิดจากการยกตัวของมวลอากาศ ความชื้นสูงที่เคลื่อนที่ผ่านแนวเทือกเขา หรือ Orographic cloud นั้น ปัจจุบันมักใช้วิธียิงอนุภาคซิลเวอร์ไอโอไดด์ เข้าสู่ก้อนเมฆ โดยใช้เครื่องบิน หรือยิงจากภาคพื้นดิน ซึ่งมีผลเป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ว่า สามารถเพิ่มปริมาณน้ำฝน หรือหิมะได้ เทคนิคนี้ค่อนข้างยาก อันตราย และมีค่าใช้จ่ายสูง

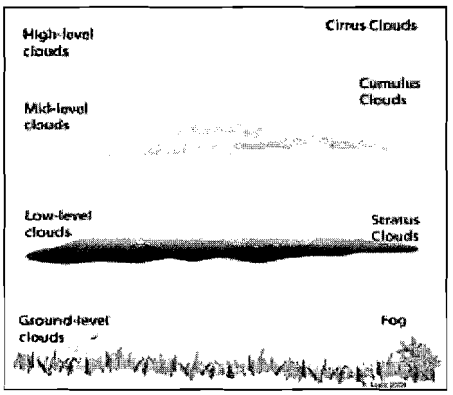
***๒.๒ เมฆแผ่น หรือเมฆชั้น (Stratiform Clouds)***

การทำฝนจากเมฆแผ่น ถือได้ว่าเป็นยุคใหม่ของการดัดแปรสภาพอากาศ แต่เมฆแผ่นที่มีความหนาพอ (ยอดเมฆมีอุณหภูมิไม่เกิน -๒๐ องศาเซลเซียส) และมีความเชื่อมโยงกับพายุไซโคลนและแนวปะทะอากาศ (fronts) ทำให้เกิดฝนได้อย่างมีนัยสำคัญ

***๒.๓ เมฆก้อน Cumuliform Clouds***

การทำฝนจากเมฆก้อนเป็นที่นิยมและมีโครงการต่าง ๆ มากที่สุดในโลก เทคนิคการเพิ่มปริมาณน้ำฝนจากเมฆก้อนนั้น มักมีอยู่สองวิธี คือ การทำฝนเมฆอุ่นโดยใช้สารเคมีประเภทสารดูดความชื้น (Hygroscopic Seeding) และการทำฝนเมฆเย็นโดยการเพิ่มแกนน้ำแข็ง (Glaciogenic Seeding) ทั้งสองวิธีนี้ จะประเมินปริมาณน้ำฝนจากถังวัดน้ำฝนและเรดาร์

การทำฝนเมฆอุ่นโดยใช้สารดูดความชื้น ปัจจุบันพบว่า มีสองแบบ คือ แบบแรกใช้สารเคมีที่มีอนุภาคเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ ๐.๕ - ๑.๐ ไมโครมิเตอร์ และ แบบที่สอง ใช้สารเคมีที่มีอนุภาคเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๓๐ ไมโครมิเตอร์ จากรายงานของ WMO พบว่า แบบที่สองสามารถเพิ่มปริมาณน้ำฝนได้มากกว่าแบบแรก โดยฝนจะตกหลังจากทำฝนประมาณหนึ่งถึงสี่ชั่วโมง




**ภาพที่ ๒ ลักษณะของเมฆชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการดัดแปรสภาพอากาศ**

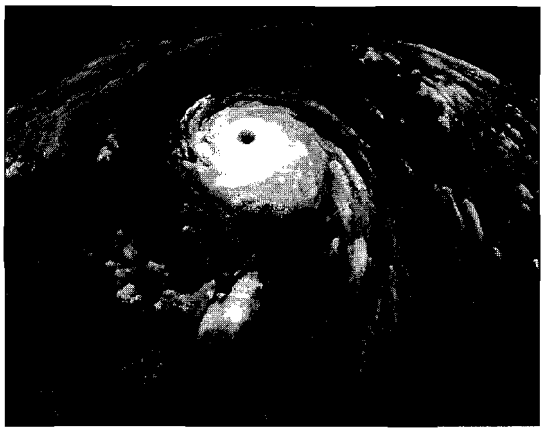
### (๓) การลดความรุนแรงของลูกเห็บ (Hail Suppression)

เนื่องจากลูกเห็บได้สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจทั้งทรัพย์สินและพืชผล นักวิทยาศาสตร์ด้านการดัดแปรสภาพอากาศหลายประเทศ จึงพยายามเสาะหาเทคนิควิธีการลดความรุนแรงของลูกเห็บ เช่น การลดขนาดของลูกเห็บ การขัดขวางกระบวนการการเกิดลูกเห็บ เป็นต้น ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์หันมาให้ความสนใจกับการเกิดพายุว่ามีผลต่อกระบวนการเกิดลูกเห็บหรือไม่อย่างไร โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

**ภาพที่ ๓ ลูกเห็บสร้างความเสียหายให้กับทรัพย์สินของประชาชนที่เมือง Perth ประเทศ ออสเตรเลีย**

(๔) <u>การลดความรุนแรงของสภาพอากาศอื่น ๆ (Other Severe Weather Moderation)</u>

พายุหมุนเขตร้อน ได้สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินในหลายพื้นที่ ดังนั้น WMO จึงสนับสนุนงานวิจัยด้านการดัดแปรสภาพอากาศ ที่สามารถลดความรุนแรงของลม คลื่นพายุซัดฝั่ง (Strom Surge) และฝนที่มีมากเกินไปจนสร้างความเสียหาย รวมถึง การลดความรุนแรงของพายุเฮอร์ริเคน



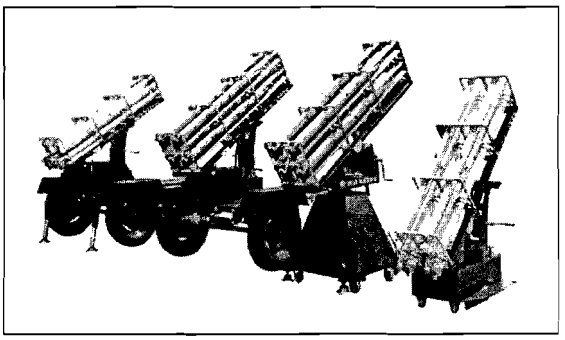
<u>ภาพที่ ๔</u> **ภาพถ่ายดาวเทียมของพายุเฮอร์ริเคน Katrina ที่สร้างความเสียหายมหาศาลให้แก่ชายฝั่งด้านตะวันออกของสหรัฐอเมริกา ทางตอนใต้ของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองนิวออร์ลีนส์ รัฐลุยเซียนา**

นอกจากนี้ ยังมีการนำเอาศาสตร์การดัดแปรสภาพอากาศ ไปใช้ในการลดความรุนแรงของฟ้าผ่า ที่ทำให้เกิดไฟป่าและอันตรายต่ออุปกรณ์ทางด้านอวกาศ โดยการยิงอนุภาคซิลเวอร์ไอโอไดด์ เข้าใส่พายุฝนฟ้าคะนอง แต่ผลที่ได้ยังไม่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์

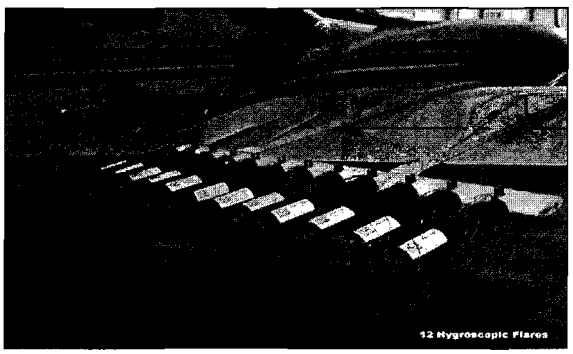
## สถานภาพปัจจุบันของการดัดแปรสภาพอากาศในต่างประเทศ

จากกิจกรรมด้านการดัดแปรสภาพอากาศจาก WMO ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปสถานภาพปัจจุบันของการดัดแปรสภาพอากาศในต่างประเทศ จำนวน ๒๕ ประเทศ ตามที่สามารถรวบรวมได้ ซึ่งประกอบไปด้วย ประเทศ กิจกรรมการดัดแปรสภาพอากาศ เทคนิคที่ใช้ ผู้ดำเนินการโครงการ/แหล่งเงินทุน ซึ่งได้รวบรวมไว้ในตารางที่ ๑

<u>ภาพที่ ๕</u> **การเผาสารอะซีโตน/ซิลเวอร์ไอโอไดด์/โพรเพนจากอุปกรณ์ภาคพื้นดิน ในรัฐโคโลราโด สหรัฐอเมริกา**



<u>ภาพที่ ๖</u> **อุปกรณ์การยิงจรวดบรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์เพื่อเพิ่ม/ลด ปริมาณฝน และลดความรุนแรงของลูกเห็บ**




<u>ภาพที่ ๗</u> **การติดตั้งพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำฝนในเมืองดูไบ ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ [๙]**

<u>ภาพที่ ๘</u> **การโปรยสารฝนหลวง เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำฝนในประเทศไทย**

ตารางที่ ๑ แสดงสถานภาพปัจจุบันของการดัดแปรสภาพอากาศในต่างประเทศ [๕]

| ประเทศ | กิจกรรม การดัดแปรสภาพอากาศ | เทคนิคที่ใช้ | ผู้ดำเนินการโครงการ /แหล่งเงินทุน |
|---|---|---|---|
| ๑. กรีซ | ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงปืนใหญ่ที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้าน การเกษตร-รัฐบาล |
| ๒. เกาหลีใต้ | ๑. เพิ่มปริมาณน้ำฝนและหิมะ | - เมฆเย็น ยิงกระสุนซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากเครื่องบิน<br>- เมฆอุ่น ยิงพลุแคลเซียมคลอไรด์ จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้าน อุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| | ๒. ทำลายหมอก | - ยิงพลุบรรจุสารแคลเซียมคลอไรด์ จากภาคพื้นดิน | |
| ๓. แคนาดา | ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์ และอะซีโตน จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้านการ ประกันภัย-เอกชน |
| ๔. โครเอเชีย | ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงจรวดที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากภาคพื้นดิน<br>- ใช้ควันจากการเผาสารอะซีโตน จากอุปกรณ์ภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้าน การเกษตร-รัฐบาล หน่วยงานด้านการ ประกันภัย-เอกชน |
| ๕. จีน | ๑. ทำลายหมอก | - ยิงจรวดที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้าน อุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| | ๒. เพิ่ม/ลด ปริมาณน้ำฝน | - ยิงปืนใหญ่ และจรวด ที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากภาคพื้นดิน<br>- พ่นสารเคมีจากเครื่องบิน เช่น ไนโตรเจนเหลว น้ำแข็งแห้ง<br>- ยิงพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์จากเครื่องบิน | |
| | ๓. ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงปืนใหญ่ และจรวด ที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ | |
| | ๔. ลดความรุนแรงของฟ้าผ่า | - ยิงจรวดที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากภาคพื้นดินสู่พายุฝนฟ้าคะนอง | |
| ๖. ซาอุดิอาระเบีย | เพิ่มปริมาณน้ำฝน | - ยิงกระสุนซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้าน อุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| ๗. ซิมบับเว | เพิ่มปริมาณน้ำฝน | - ยิงพลุบรรจุสาร Potassium/ Sodium, lithium carbonate/ magnesium oxide จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้าน อุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| ๘. เซอร์เบีย | ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงจรวดที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้าน การเกษตร-เอกชน หน่วยงานด้าน อุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| ๙. เซเนกัล | เพิ่มปริมาณน้ำฝน | - ยิงกระสุนซิลเวอร์ไอโอไดด์จาก เครื่องบิน<br>- ยิงจรวดที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้าน อุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |

| ประเทศ | กิจกรรม<br>การดัดแปรสภาพอากาศ | เทคนิคที่ใช้ | ผู้ดำเนินการโครงการ<br>/แหล่งเงินทุน |
|---|---|---|---|
| ๑๐. ไทย | ๑. เพิ่มปริมาณน้ำฝน | - เมฆเย็น ยิงกระสุนซิลเวอร์ไอโอไดด์จากเครื่องบิน<br>- เมฆอุ่น โปรยสารโซเดียมคลอไรด์/แคลเซียมคลอไรด์/แคลเซียมออกไซด์/ยูเรีย/น้ำแข็งแห้ง จากเครื่องบิน<br>- ยิงพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้านการเกษตร-รัฐบาล |
| | ๒. ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงกระสุนซิลเวอร์ไอโอไดด์จากเครื่องบิน | |
| ๑๑. บัลแกเรีย | ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงจรวดที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์จากภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้านการเกษตร-รัฐบาล |
| ๑๒. ฝรั่งเศส | ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ใช้ควันจากการเผาสารอะซีโตนและซิลเวอร์ไอโอไดด์จากอุปกรณ์ภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้านการเกษตร-เอกชน |
| ๑๓. มาซิโดเนีย | ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงจรวดที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์จากภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้านอุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| ๑๔. มาเลเซีย | เพิ่มปริมาณน้ำฝน | - ใช้สารโซเดียมคลอไรด์ในรูปสเปรย์น้ำ ฉีดจากเครื่องบิน | หน่วยงานด้านอุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| ๑๕. โมร็อคโค | เพิ่ม/ลด ปริมาณน้ำฝน | - ใช้ควันจากการเผาสารอะซีโตน/ซิลเวอร์ไอโอไดด์/โพรเพน จากอุปกรณ์ภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้านอุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| ๑๖. เยอรมนี | ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์ และอะซีโตนจากเครื่องบิน | หน่วยงานด้านการปกครอง-รัฐบาล |
| ๑๗. รัสเซีย | ๑. เพิ่ม/ลด ปริมาณน้ำฝน | - ยิงจรวดที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์จากภาคพื้นดิน<br>- ยิงพลุโซเดียมคลอไรด์/ซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากเครื่องบิน<br>- ใช้ควันจากการเผาสารอะซีโตน/ซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากอุปกรณ์ภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้านการเกษตรและอุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| | ๒. ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงจรวดที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์จากภาคพื้นดิน<br>- ใช้ควันจากการเผาสารอะซีโตน/ซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากอุปกรณ์ภาคพื้นดิน | |
| ๑๘. สหรัฐอเมริกา | ๑. เพิ่มปริมาณน้ำฝน/หิมะ | - ยิงกระสุนซิลเวอร์ไอโอไดด์จากเครื่องบิน<br>- ยิงจรวดที่บรรจุสารซิลเวอร์ไอโอไดด์จากภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้านการเกษตร-รัฐบาล/เอกชน |
| | ๒. ลดความรุนแรงของพายุเฮอร์ริเคน | - เทไนโตรเจนเหลวลงในทะเล เพื่อทำให้พายุเฮอร์ริเคนสูญเสียพลังงานในการก่อตัว | ความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยกับเอกชน |

| ประเทศ | กิจกรรม การดัดแปรสภาพอากาศ | เทคนิคที่ใช้ | ผู้ดำเนินการโครงการ /แหล่งเงินทุน |
|---|---|---|---|
| | | - ยิงแสงเลเซอร์เข้าไปในพายุ ที่คาดว่าจะกลายเป็นพายุเฮอร์ริเคน<br>- ยิงผงโพลิเมอร์เข้าไปในพายุเฮอร์ริเคน เพื่อดูดซับปริมาณน้ำ | |
| ๑๙. สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ | เพิ่มปริมาณน้ำฝน | - ยิงพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้านอุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| ๒๐. ออสเตรีย | เพิ่ม/ลด ปริมาณน้ำฝน | - ยิงพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์ และอะซีโตน จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้านการเกษตร-เอกชน |
| ๒๑. ออสเตรเลีย | เพิ่ม/ลด ปริมาณน้ำฝน | - ยิงพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์ และอะซีโตน จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้านพลังงาน-รัฐบาล |
| ๒๒. อินเดีย | เพิ่มปริมาณน้ำฝน | - ยิงพลุโซเดียมคลอไรด์ จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้านอุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| ๒๓. อินโดนีเซีย | เพิ่ม/ลด ปริมาณน้ำฝน | - ยิงกระสุนซิลเวอร์ไอโอไดด์/ พลุซิลเวอร์ไอโอไดด์ / พลุโซเดียม-คลอไรด์ จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้านอุตุนิยมวิทยา-รัฐบาล |
| ๒๔. อุเบกิสสถาน | ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ยิงพลุซิลเวอร์ไอโอไดด์จากเครื่องบิน | หน่วยงานด้านการเกษตร-รัฐบาล |
| ๒๕. ฮังการี | ลดความรุนแรงของลูกเห็บ | - ใช้ควันจากการเผาสารอะซีโตน และซิลเวอร์ไอโอไดด์ จากอุปกรณ์ภาคพื้นดิน | หน่วยงานด้านการเกษตร-รัฐบาล/ เอกชน |

**บทสรุป**

ในช่วงสิบปีที่ผ่านมา ศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการดัดแปรสภาพอากาศ ถูกนำมาใช้กับการเพิ่มปริมาณน้ำฝน และลดความรุนแรงของลูกเห็บมากที่สุด ดังจะเห็นได้จากโครงการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในหลายภูมิภาคทั่วโลก ทั้งที่เป็นโครงการทดลอง วิจัย และการปฏิบัติการ นอกจากนี้ ยังมีโครงการด้านการดัดแปรสภาพอากาศอื่น ๆ อีก เช่น การทำลายหมอก การเพิ่มปริมาณหิมะ และการลดปริมาณฝน เป็นต้น โครงการวิจัยเหล่านี้สนับสนุนให้มีการพัฒนาการด้านเทคโนโลยีการดัดแปรสภาพอากาศเป็นอย่างมาก เช่น การประเมินผลทางสถิติขั้นสูง การปรับปรุงความสามารถของคอมพิวเตอร์ การพัฒนาแบบจำลองต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจกระบวนการเมฆฟิสิกส์อย่างไม่เคยมีมาก่อน เป็นต้น เทคโนโลยีด้านการดัดแปรสภาพอากาศปัจจุบันเจริญก้าวหน้าไปมาก ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ เพื่อจะพัฒนาต่อไปในอนาคต WMO ได้ให้คำแนะนำ การดัดแปรสภาพอากาศไว้ว่า

(ก) ทุกประเทศที่มีกิจกรรมด้านการดัดแปรสภาพอากาศ ควรให้ความสำคัญอย่างยิ่งกับข้อมูลในเรื่อง เมฆ หมอก ปริมาณน้ำ (ฝน, หิมะ) สภาพอากาศ แหล่งทรัพยากรน้ำ และการปฏิบัติการ

(ข) โครงการปฏิบัติการต่าง ๆ ควรจะมีการประเมินผลโครงการทั้งในด้านกายภาพ และสถิติ

(ค) โครงการด้านการดัดป่านสภาพอากาศ ควรให้ความสำคัญกับการศึกษาด้านการฝึกอบรม ด้านเมฆฟิสิกส์ เคมี และศาสตร์ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ

(ง) ควรมีการวัดและประเมินผลโครงการ ด้านการดัดแปรสภาพอากาศทั้งก่อน และหลังการจัดทำโครงการ

(จ) ประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านการดัดแปรสภาพอากาศ เช่น มีอุปกรณ์เครื่องมือที่ทันสมัย มีแบบจำลองและการประเมินผลโครงการ ที่เป็นวิทยาศาสตร์และน่าเชื่อถือ ประเทศเหล่านี้ ควรให้ความช่วยเหลือประเทศสมาชิกอื่น (ของ WMO) ที่ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่จะใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ โดยการให้ความช่วยเหลือ ด้านการศึกษา การฝึกอบรม การจัดโครงการความร่วมมือนานาชาติ เป็นต้น

**เอกสารอ้างอิง :**


[๑] http://en.wikipedia.org/wiki/Weather_control

[๒] http://en.wikipedia.org/wiki/Vincent_Schaefer

[๓] http://en.wikipedia.org/wiki/Bernard_Vonnegut

[๔] http://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/๑๐thWeatherModBali๒๐๑๑.html

[๕] McGraw-Hill Science & Technology Encyclopedia

[๖] WMO, WMO Statement on Weather Modification, ๒๐๑๐, Abu Dhabi

[๗] http://www.aeromet.tmd.go.th/met/story/show_๙.htm

[๘] สรุปจากเอกสารการเข้าร่วมประชุมและนำเสนอผลงานทางวิชาการ ๑๐th Scientific Conference on Weather Modification, ๒๐๑๑ บาหลี อินโดนีเซีย

[๙] GUO Xueliang, ๒๐๐๙, Advances in Weather Modification from ๑๙๙๗ to ๒๐๐๗ in China, ADVANCES IN ATMOSPHERIC SCIENCES, VOL. ๒๖, NO. ๒, ๒๐๐๙, ๒๔๐–๒๕๒

[๑๐] Jean-Pierre Challon, ๒๐๑๐, An Outline of recent WMO activities in Weather Modification, Toulouse France

[๑๑] สำนักฝนหลวงและการบินเกษตร, ๒๐๐๑, ศูนย์วิจัยปฏิบัติการฝนหลวงเฉลิมพระเกียรติ, กรุงเทพฯ

[๑๒] NCAR, ๒๐๑๑, Feasibility for Rainfall Enhancement-UAE, Colorado, US