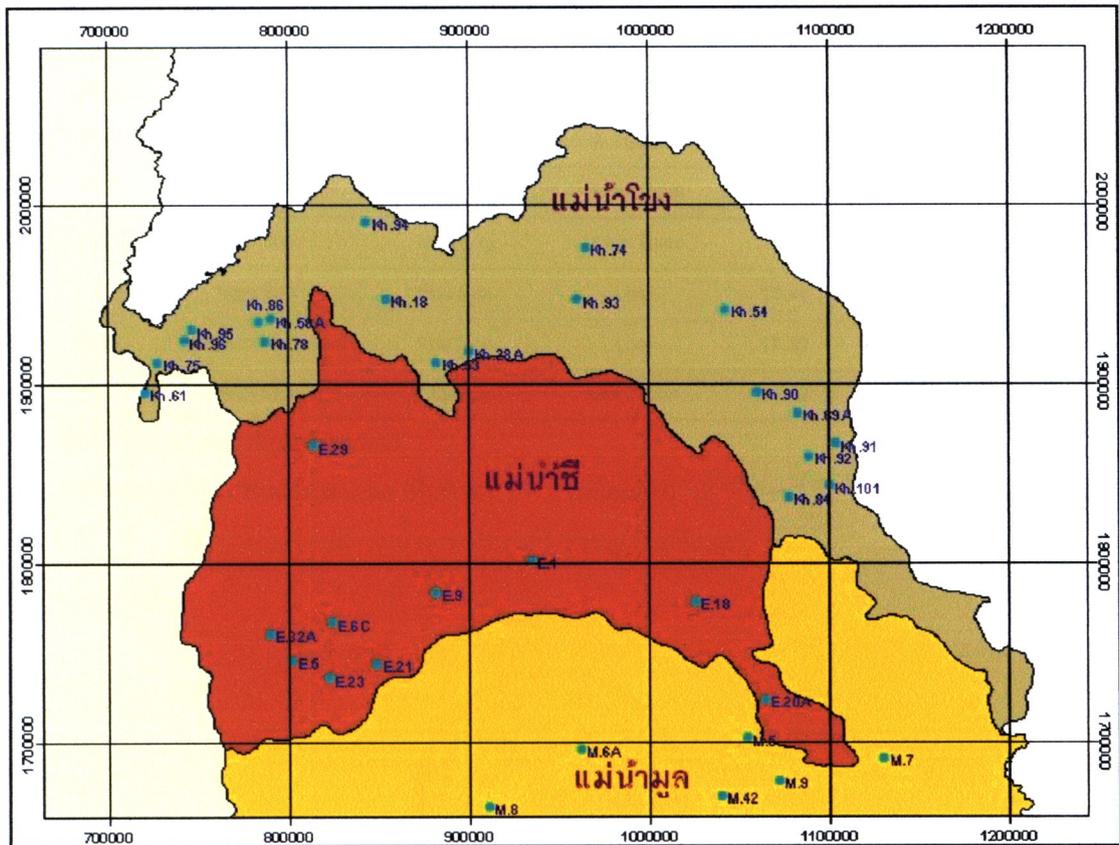


1) การประเมินปริมาณน้ำท่ารายปี

การประเมินปริมาณน้ำท่ารายปีของพื้นที่รับน้ำของกลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลุ่มน้ำโขง ลุ่มน้ำมูล และลุ่มน้ำชี สามารถคำนวณได้จากสมการของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีกับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทนที่มีปัจจัยทางกายภาพคล้ายคลึงกัน (หรือเป็นลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ภายในลุ่มน้ำดังกล่าว) ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางปฐพีวิทยาและธรณีวิทยา ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำฝน รายละเอียดของความสัมพันธ์ดังกล่าวของแต่ละลุ่มน้ำมีดังต่อไปนี้

(1) ลุ่มน้ำแม่น้ำโขง (Mae Nam Kong Basin)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีและขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลักษณะภูมิกายภาพของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำโขงที่คล้ายคลึงกัน โดยอาศัยข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จากสถานีที่อยู่บริเวณลุ่มน้ำโขงจาก ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน (ลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำชี) สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน จำนวน 19 ลุ่มน้ำ แสดงดังตารางที่ 4.1 (ภาพที่ 4.2) เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายปีของลุ่มน้ำ จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (Q) และขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ในแต่ละลุ่มน้ำมาหาความสัมพันธ์กันได้ดังสมการในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.2 สถานีวัดน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำโขง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำย่อยในลุ่มแม่น้ำโขง

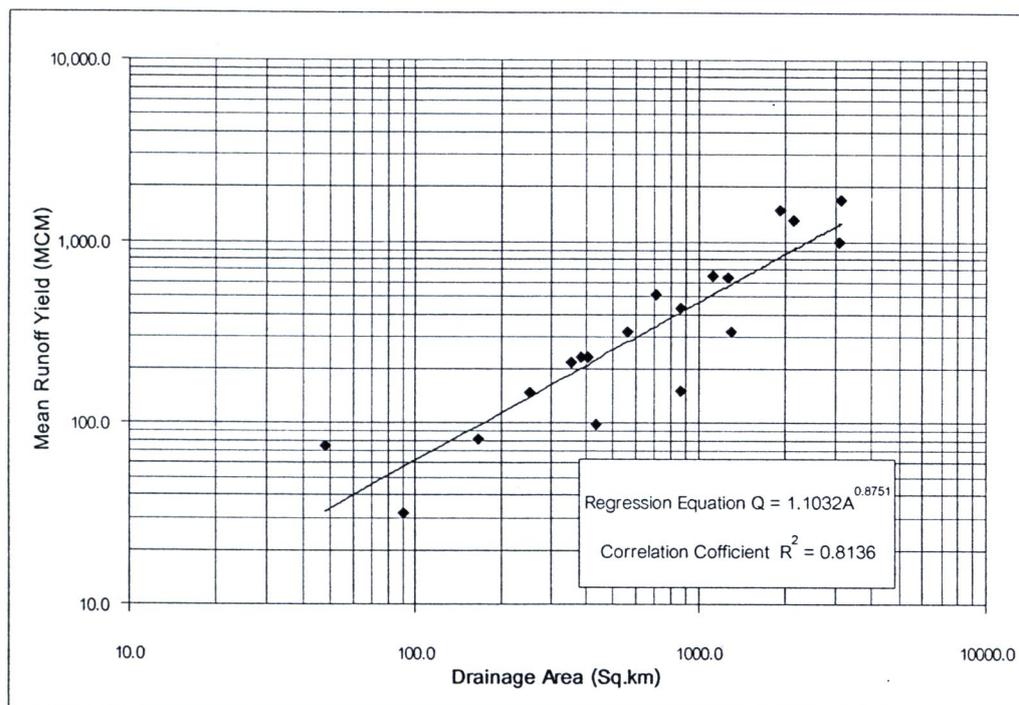
ST. Code	Stream	Amphoe	Changwat	Latitude	Longitude	D.A. (sq.Km)	Discharge (mcm)
Kh.18	Huai Mong	Ban Phu	Udon Thani	17.58	102.34	1,307.0	321.0
Kh.28A	Loei	Wang Saphung	Loei	17.31	102.77	1,262.0	630.6
Kh.53	Huai Luang	Nong Wua So	Udon Thani	17.26	102.60	436.0	98.0
Kh.54	Huai Nam Un	Si Songkhram	Nakhon Phanom	17.49	104.11	3,123.0	1,707.5
Kh.58A	Loei	Mueang	Loei	17.49	101.74	3,101.0	989.6
Kh.61	Loei	Phu Luang	Loei	17.13	101.08	562.0	321.4
Kh.69A	Lam Nam Kam	Na Kae	Nakhon Phanom	16.96	104.47	1,932.0	1,483.9
Kh.74	Songkham	Ban Mueang	Sakon Nakhon	17.82	103.39	2,145.0	1,321.8
Kh.75	Nam Man	Dan Sai	Loei	17.28	101.15	385.0	233.5
Kh.78	Huai Nam Huai	Mueang	Loei	17.38	101.71	869.0	149.8
Kh.84	Huai Sai	Khamcha - i	Mukdahan	16.54	104.41	48.0	75.1
Kh.86	Huai Nam Man	Mueang	Loei	17.48	101.68	91.0	31.6
Kh.90	Lam Nam Phung	Khok Si Suphon	Sakon Nakhon	17.07	104.26	848.0	35.9
Kh.91	Huai Chanot	That Phanom	Nakhon Phanom	16.80	104.66	167.0	81.6
Kh.92	Huai Bang Sai	Dong Luang	Mukdahan	16.74	104.52	1,118.0	650.6
Kh.93	Nam Song Kharm	Ban Dung	Udon Thani	17.56	103.34	707.0	514.5
Kh.94	Nam Som	Na Yung	Udon Thani	17.97	102.25	869.0	429.6
Kh.95	Nam San	Phu Rua	Loei	17.44	101.33	354.0	215.6
Kh.96	Huai Nam Khao Man	Phu Rua	Loei	17.39	101.29	252.0	147.7
Kh.101	Huai Muk	Mueang	Mukdahan	16.59	104.62	407.0	233.1

ที่มา: <http://water.rid.go.th/hydro3>

หมายเหตุ: D.A. = Drainage Area (พื้นที่ลุ่มน้ำ; ตารางกิโลเมตร)

Discharge = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร)





ภาพที่ 4.3 กราฟของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร) กับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร) ของลุ่มน้ำที่มีลักษณะทางกายภาพและการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเกณฑ์ที่กำหนด ของลุ่มแม่น้ำโขง

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีในรูปแบบของสมการถดถอย (Regression Equation) พบว่า ลุ่มแม่น้ำโขง (มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 46,773.2 ตารางกิโลเมตร) มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีทั้งลุ่มน้ำประมาณ 13,470.0 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือ 287,986.2 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตร

เมื่อทำการวิเคราะห์ช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ภายในลุ่มแม่น้ำโขง ซึ่งรวบรวมโดยศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (ลุ่มแม่น้ำโขงและลุ่มน้ำชี) สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทานของสถานี Kh.18, Kh.28A, Kh.53, Kh.54, Kh.58A, Kh.61, Kh.69A, Kh.74, Kh.75, Kh.78, Kh.84, Kh.86, Kh.90, Kh.91, Kh.92, Kh.93, Kh.94, Kh.95, Kh.96 และ Kh.101 (ภาพผนวกที่ 1 ถึง 20) พบว่า

สถานี Kh.18, Kh.54, Kh.74, Kh.92 และ Kh.101 มีช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป

สถานี Kh.58A และ Kh.93 มีช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป

สถานี Kh.53, Kh.61, Kh.69A และ Kh.78 มีช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป

สถานี Kh.84, Kh.91, Kh.94 และ Kh.96 มีช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป

สถานี Kh.69A, Kh.75 และ Kh.86 มีช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน

(2) ลุ่มน้ำชี (Chi Basin)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีกับขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลักษณะภูมิกายภาพของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำชีที่คล้ายคลึงกัน โดยอาศัยข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จากสถานีที่อยู่บริเวณลุ่มน้ำชีจาก ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (ลุ่มแม่น้ำโขงและลุ่มน้ำชี) สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน มีจำนวน 20 ลุ่มน้ำ ภาพที่ 4.4 และตารางที่ 4.2 โดยนำข้อมูลปริมาณน้ำท่าและพื้นที่ของลุ่มน้ำในแต่ละลุ่มน้ำมาหาความสัมพันธ์กันได้ดังภาพที่ 4.5

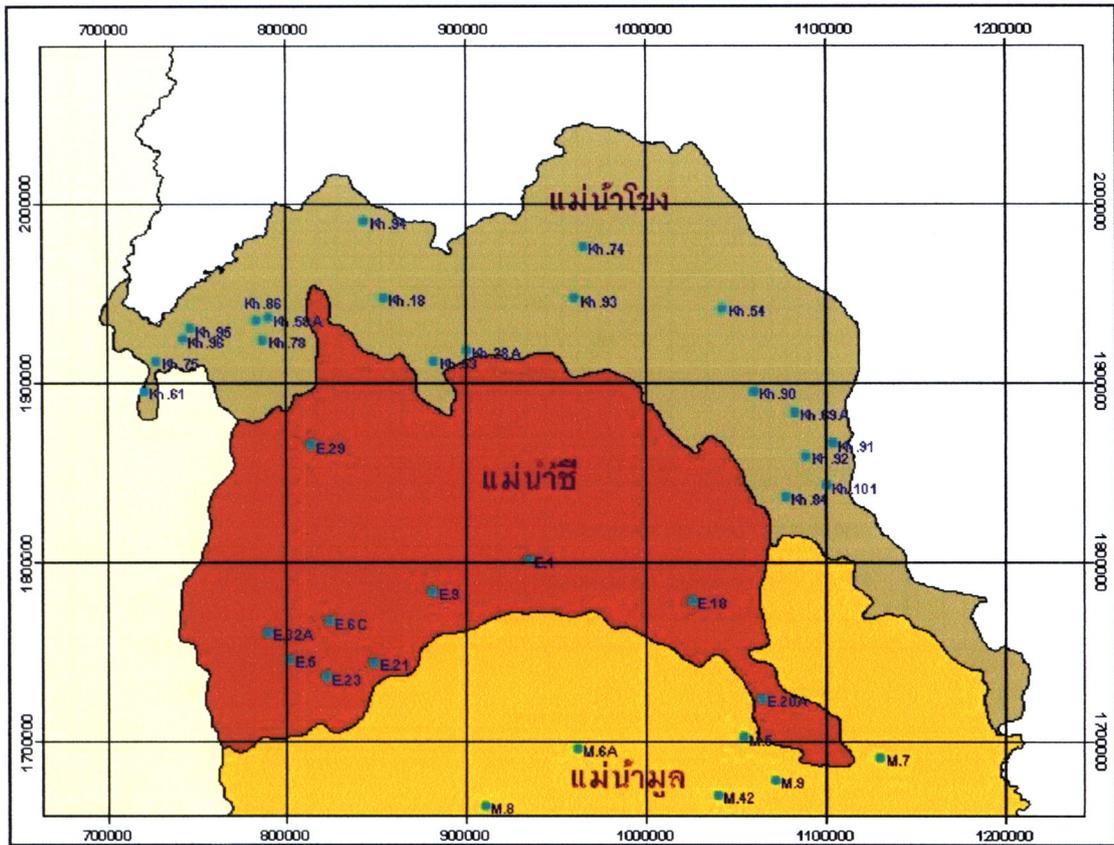
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำชี

ST. Code	Stream	Amphoe	Changwat	Latitude	Longitude	D.A. (sq.Km)	Discharge (mcm)
E.1	Chi	Kosum Phisai	Maha Sarakham	16.25	103.07	29,788.0	4,098.8
E.18	Chi	Selaphum	Roi-Et	16.03	103.91	41,594.0	6,438.7
E.20A	Chi	Maha Chana	Yasothon	15.53	104.26	47,818.0	9,025.4
E.21	Chi	Mueang	Chaiyaphum	15.75	102.26	8,912.0	1,250.8
E.23	Chi	Mueang	Chaiyaphum	15.68	102.01	6,835.0	1,112.5
E.29	Chi	Phu Kradung	Loei	16.85	101.95	945.0	277.4
E.32A	Chi	Ban Khwao	Chaiyaphum	15.91	101.71	2,905.0	754.9
E.5	Chi	Ban Khwao	Chaiyaphum	15.77	101.82	4,254.0	962.7
E.6C	Huai Pa Thao	Mueang	Chaiyaphum	15.96	102.03	300.0	107.5
E.9	Chi	Mancha Khiri	Khon Kaen	16.10	102.57	11,020.0	1,601.1

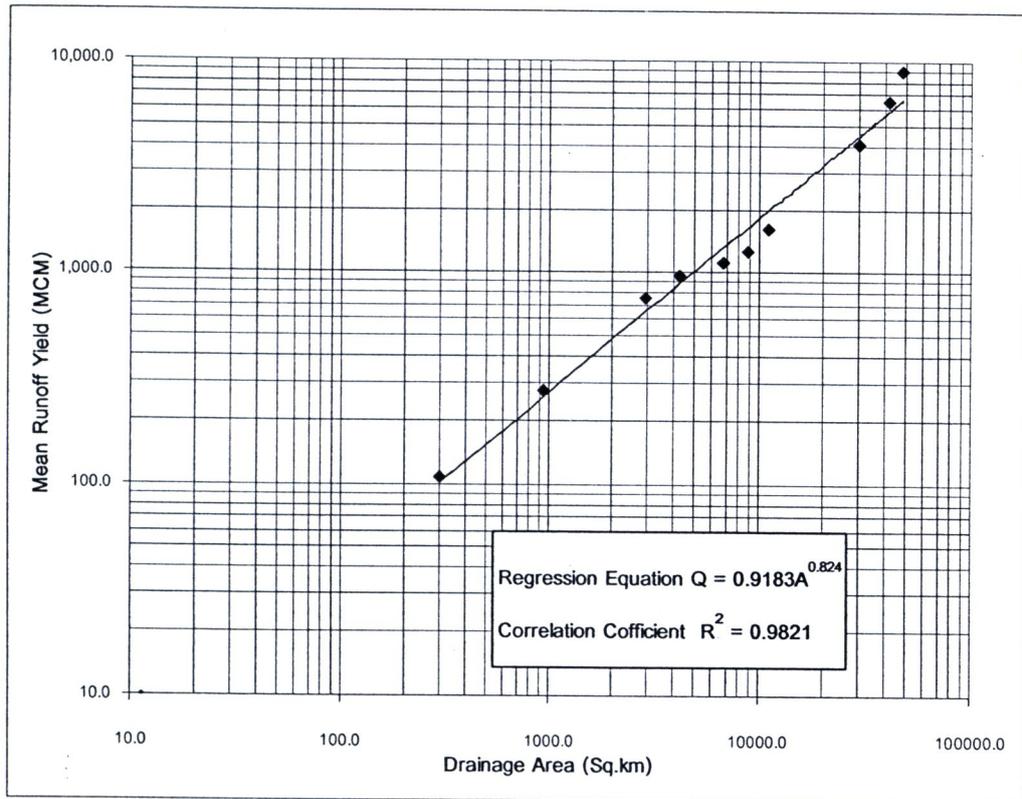
ที่มา: <http://water.rid.go.th/hydro3>

หมายเหตุ: D.A. = Drainage Area (พื้นที่ลุ่มน้ำ; ตารางกิโลเมตร)

Discharge = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร)



ภาพที่ 4.4 สถานีสำรวจอุทกวิทยาบริเวณลุ่มน้ำชี



ภาพที่ 4.5 กราฟของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร) กับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร) ของลุ่มน้ำที่มีลักษณะทางกายภาพและการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเกณฑ์ที่กำหนด ของลุ่มน้ำซี

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีในรูปแบบของสมการถดถอย (Regression Equation) พบว่า ลุ่มน้ำซี (มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 49,825.6 ตารางกิโลเมตร) มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีทั้งลุ่มน้ำประมาณ 6,818.4 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือ 136,846.3 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตร

เมื่อทำการวิเคราะห์ช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ภายในลุ่มน้ำซี ซึ่งรวบรวมโดยศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน (ลุ่มแม่น้ำโขงและลุ่มน้ำซี) สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน ของสถานี E.1, E.18, E.20A, E.21, E. 23, E. 29, E. 32A, E.5, E.6C และ E.9 (ภาพผนวกที่ 22 ถึง 31) พบว่า

สถานี E.21, E. 23, E. 29, E. 32A, E.5 และ E.9 มีช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป

สถานี E.20A และ E.6C มีช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป

สถานี E.1 และ E.18 มีช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน

(3) ลุ่มน้ำมูล (Mun Basin)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีกับขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลักษณะภูมิกายภาพของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำมูลที่คล้ายคลึงกัน โดยอาศัยข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จากสถานีที่อยู่บริเวณลุ่มน้ำมูลจาก ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (ลุ่มน้ำมูล) สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำกรมชลประทาน กรมชลประทาน มีจำนวน 21 ลุ่มน้ำ (ภาพที่ 4.6) แสดงดังตารางที่ 4.3 โดยนำข้อมูลปริมาณน้ำท่าและพื้นที่ของลุ่มน้ำในแต่ละลุ่มน้ำมาหาความสัมพันธ์กันได้ดังภาพที่ 4.7

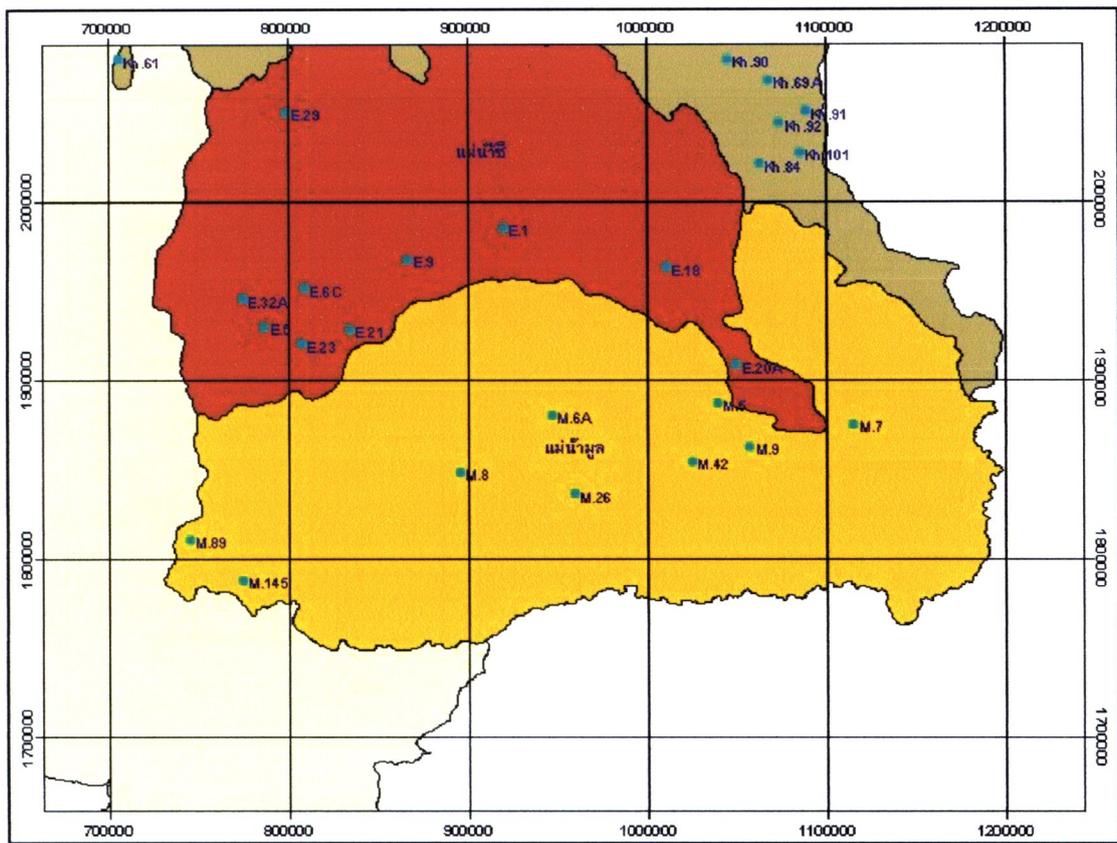
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำมูล

ST. Code	Stream	Amphoe	Changwat	Latitude	Longitude	D.A. (sq.Km)	Discharge (mcm)
M.5	Mun	Rasi Salai	Si Sa Ket	15.34	104.16	44,275.0	5,983.1
M.6A	Mun	Satuk	Buri Ram	15.30	103.30	28,275.0	2,248.47
M.7	Mun	Mueang	Ubon	15.22	104.86	106,673.0	19,229.0
M.8	Mun	Lam Plai Mat	Buri Ram	15.02	102.82	5,025.0	402.5
M.9	Mun	Mueang	Si Sa Ket	15.12	104.32	3,026.0	689.9
M.26	Mun	Mueang	Surin	14.90	103.41	2,927.0	586.7
M.42	Mun	Huai Thap Than	Si Sa Ket	15.05	104.02	1,794.0	634.7
M.89	Mun	Pak Chong	Nakhon	14.70	101.42	655.0	206.1
M.145	Mun	Pak Chong	Nakhon	14.49	101.69	333.0	85.7

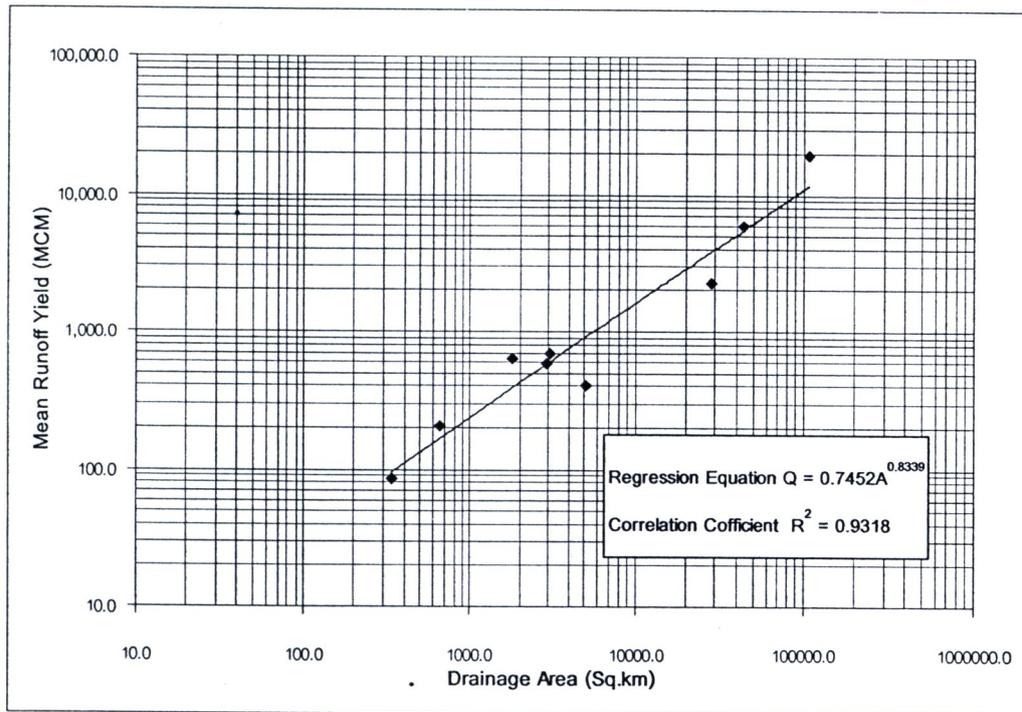
ที่มา: <http://water.rid.go.th/hydro4>

หมายเหตุ: D.A. = Drainage Area (พื้นที่ลุ่มน้ำ; ตารางกิโลเมตร)

Discharge = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร)



ภาพที่ 4.6 สถานีสำรวจอุทกวิทยาบริเวณลุ่มน้ำมูล



ภาพที่ 4.7 กราฟของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี (ล้านลูกบาศก์เมตร) กับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร) ของลุ่มน้ำที่มีลักษณะทางกายภาพและการใช้ประโยชน์ที่ดินตามเกณฑ์ที่กำหนด ของลุ่มน้ำมูล

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีในรูปแบบของสมการถดถอย (Regression Equation) พบว่า ลุ่มน้ำมูล (มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 71,089.2 ตารางกิโลเมตร) มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีทั้งลุ่มน้ำประมาณ 8,283.1 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือ 116,516.7 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตร

เมื่อทำการวิเคราะห์ช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของลุ่มน้ำย่อยที่อยู่ภายในลุ่มน้ำซี ซึ่งรวบรวมโดยศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (ลุ่มน้ำมูล) สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน ของสถานี M.5, M.6A, M.7, M.8, M.9, M.26, M.42, M.89 และ M.145 (ภาพผนวกที่ 32 ถึง 40) พบว่า

สถานี M.9, M.26 และ M.42 มีช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป

สถานี M.5, M.6A, M.7, M.8 และ M.145 มีช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนของปีถัดไป

สถานี M.89 มีช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำท่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ของปริมาณน้ำท่าทั้งหมดอยู่ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปปริมาณน้ำท่าที่คาดการณ์ได้ของกลุ่มน้ำย่อยทั้ง 3 กลุ่มน้ำของกลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ กลุ่มแม่น้ำโขง กลุ่มน้ำชี และกลุ่มน้ำมูล พบว่าปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปีของกลุ่มแม่น้ำโขง กลุ่มน้ำชี และกลุ่มน้ำมูล ที่คำนวณได้จากสมการ เท่ากับ 9,628.0; 5,941.1 และ 9,802.3 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือ 205,845.1; 119,237.1 และ 137,887.4 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณน้ำท่าที่คาดการณ์โดยใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีกับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับลุ่มน้ำศึกษา

ลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปีที่คำนวณได้จากสมการ	
		(ล้านลบ.ม.)	(ล้านลบ.ม./ตร.กม.)
กลุ่มแม่น้ำโขง	46,773.16	13,470.0	287,986.2
กลุ่มน้ำชี	49,825.58	6,818.4	136,846.3
กลุ่มน้ำมูล	71,089.20	8,283.1	116,516.7

ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า กลุ่มแม่น้ำโขงมีปริมาณน้ำท่าต่อพื้นที่มากที่สุด รองลงมาได้แก่ กลุ่มน้ำชี และกลุ่มน้ำมูลตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มน้ำที่มีขนาดพื้นที่มาก มักจะมีพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงค่อนข้างมาก ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ระบายน้ำได้ช้าและจะสูญเสียน้ำโดยการระเหยน้ำและซึมซาบลงสู่ดินชั้นล่างจึงทำให้ค่าปริมาณน้ำท่าต่อหน่วยพื้นที่ลดลงต่ำกว่าลุ่มน้ำที่มีขนาดเล็กกว่า และเมื่อทำการวิเคราะห์ลุ่มน้ำวิกฤตตามแบบจำลองในการประเมินสภาพลุ่มน้ำวิกฤตในประเทศไทย โดยใช้ลักษณะภูมิกายภาพ (Physiographic conditions) ของพื้นที่ลุ่มน้ำตามแบบจำลองของ Witthawatchutikul (1997) ที่พิจารณาอัตราการไหลของน้ำสูงสุดในฤดูฝน ปริมาณน้ำท่าต่ำสุดในฤดูแล้ง และปริมาณตะกอนที่ถูกพัดพาออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยกำหนดเกณฑ์ของสถานภาพสมดุลเดือนกษัย เสี่ยงกษัย และวิกฤตของลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความวิกฤตของลุ่มน้ำบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

สถานี	ลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	Qp ^{1'} (cms)	QI ^{2'} (MCM)	ค่าวิกฤต		สถานะ	
					Qp/A	QI/A	อุทกภัย	ภัยแล้ง
Kh.18	Khong	1,307	148.0	86.3	0.11	0.11	ปกติ	ปกติ
Kh.28A	Khong	1,262	275.8	213.2	0.22	0.22	ปกติ	ปกติ
Kh.53	Khong	436	38.9	44.9	0.09	0.09	ปกติ	ปกติ
Kh.54	Songkhram	3,123	263.3	1331.8	0.08	0.08	ปกติ	ปกติ
Kh.58A	Khong	3,101	470.9	291.4	0.15	0.15	ปกติ	ปกติ
Kh.61	Khong	562	125.1	137.8	0.22	0.22	ปกติ	ปกติ
Kh.69A	Khong	1,932	224.3	348.6	0.12	0.12	ปกติ	ปกติ
Kh.74	Khong	2,145	331.4	450.7	0.15	0.15	ปกติ	ปกติ
Kh.75	Khong	385	59.2	86.9	0.15	0.15	ปกติ	ปกติ
Kh.78	Loei	869	34.3	21.9	0.04	0.04	ปกติ	เสี่ยงภัย
Kh.84	Huai Bang I	48	8.1	11.7	0.17	0.17	ปกติ	ปกติ
Kh.86	Loei	91	8.5	24.1	0.09	0.09	ปกติ	ปกติ
Kh.91	Khong	167	24.0	12.8	0.14	0.14	ปกติ	ปกติ
Kh.92	Khong	1,118	145.1	249.1	0.13	0.13	ปกติ	ปกติ
Kh.93	Khong	707	104.4	427.8	0.15	0.15	ปกติ	ปกติ
Kh.94	Khong	869	90.1	298.1	0.10	0.10	ปกติ	ปกติ
Kh.95	Khong	354	71.8	150.2	0.20	0.20	ปกติ	ปกติ
Kh.96	Khong	252	38.2	92.1	0.15	0.15	ปกติ	ปกติ
Kh.101	Khong	407	59.2	119.2	0.15	0.15	ปกติ	ปกติ
E.1	Chi	29,788	1290.3	827.1	0.04	0.04	ปกติ	เสี่ยงภัย
E.18	Chi	41,594	2134.9	1714.8	0.05	0.05	ปกติ	เตือนภัย
E.20A	Chi	47,818	2649.6	2581.8	0.06	0.06	ปกติ	เตือนภัย
E.21	Chi	8,912	589.5	355.9	0.07	0.07	ปกติ	ปกติ
E.23	Chi	6,835	455.9	373.1	0.07	0.07	ปกติ	ปกติ
E.29	Chi	945	129.7	87	0.14	0.14	ปกติ	ปกติ
E.32A	Chi	2,905	307.2	260.6	0.11	0.11	ปกติ	ปกติ
E.5	Chi	4,254	390.0	345.1	0.09	0.09	ปกติ	ปกติ
E.6C	Huai Pa Thao	300	37.3	28.3	0.12	0.12	ปกติ	ปกติ
E.9	Chi	11,020	920.5	346.7	0.08	0.08	ปกติ	ปกติ
M.5	Mun	44,275	2420.5	1531.98	0.05	0.05	ปกติ	เตือนภัย
M.6A	Mun	28,275	896.0	417.8	0.03	0.03	ปกติ	เสี่ยงภัย
M.7	Mun	106,673	6748.9	4898.1	0.06	0.06	ปกติ	เตือนภัย
M.8	Mun	5,025	116.7	85.53	0.02	0.02	ปกติ	เสี่ยงภัย

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

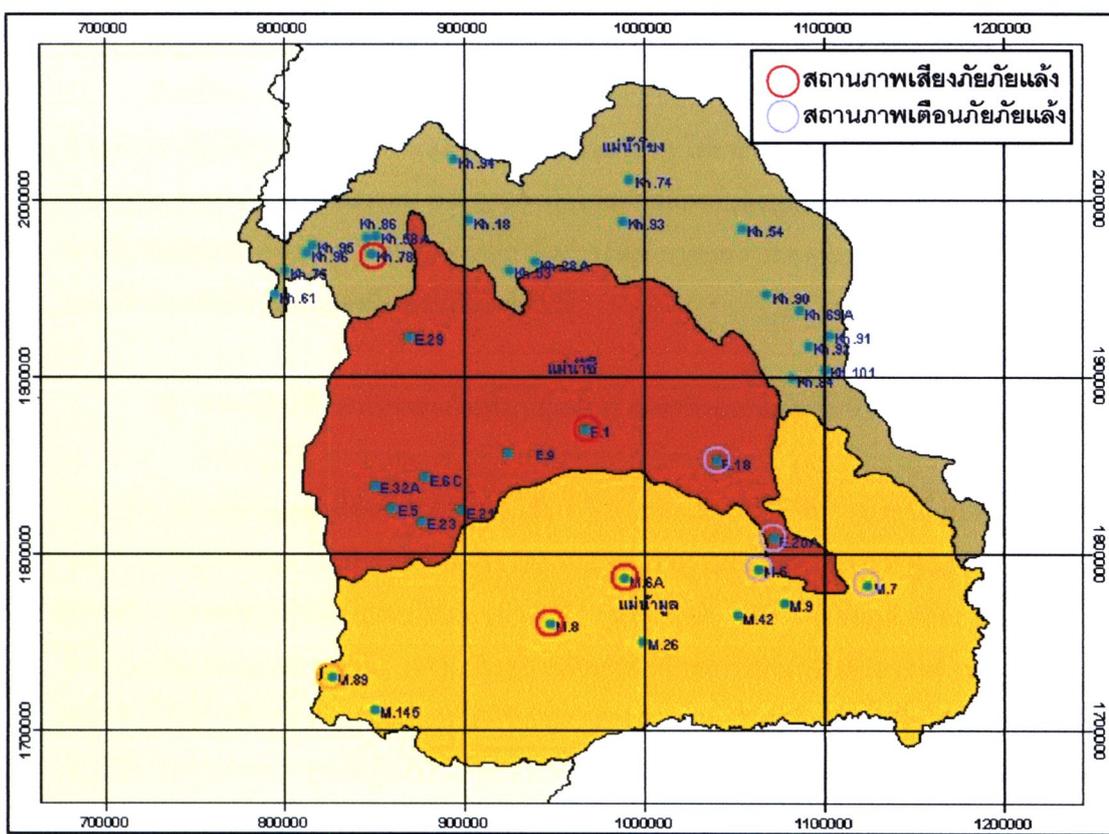
ลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	Qp ^{1'} (cms)	QI ^{2'} (MCM)	ค่าวิกฤต		สถานะ	
					Qp/A	QI/A	อุทกภัย	ภัยแล้ง
M.9	Mun	3,026	381.5	38.13	0.13	0.13	ปกติ	ปกติ
M.26	Mun	2,927	326.7	106.6	0.11	0.11	ปกติ	ปกติ
M.42	Mun	1,794	300.7	122.84	0.17	0.17	ปกติ	ปกติ
M.89	Mun	655	52.4	85.15	0.08	0.08	ปกติ	ปกติ
M.145	Mun	333	21.3	34.76	0.06	0.06	ปกติ	ปกติ

หมายเหตุ: ^{1'} และ ^{2'} พิจารณาตามการประเมินสภาพลุ่มน้ำวิกฤตในประเทศไทย โดยใช้ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อ้างอิงจากเกณฑ์ของ Withhawatchutikul (1997) ดังตารางที่ 2.1

จากผลการวิเคราะห์ความวิกฤตของพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยในตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า 500 ตารางกิโลเมตร จะมีสถานภาพความวิกฤตในระดับเตือนภัยถึงเสี่ยงภัยแล้ง (ภาพที่ 4.8) ดังนี้

ลุ่มน้ำที่มีสถานภาพความวิกฤตทางด้านภัยแล้งในระดับเตือนภัยแล้ง ได้แก่ ลุ่มน้ำห้วยน้ำฮวย (สถานี Kh.78) ของลุ่มแม่น้ำโขง แม่น้ำชี (สถานี E.18 และ E.20A) ของลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำแม่น้ำมูล (สถานี M.5 และ M.7) ของลุ่มน้ำมูล

ลุ่มน้ำที่มีสถานภาพความวิกฤตทางด้านภัยแล้งในระดับเสี่ยงภัยแล้ง ได้แก่ แม่น้ำชี (สถานี E.1) ของลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำแม่น้ำมูล (สถานี M.6A และ M.8) ของลุ่มน้ำมูล



ภาพที่ 4.8 สถานที่ที่มีสถานภาพเตือนภัยและเสี่ยงภัยแล้ง

4.2 การปฏิบัติการฝนหลวงบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

การศึกษาการปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลการปฏิบัติการของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลเรดาร์และภาพถ่ายดาวเทียม โดยทำการศึกษาข้อมูลปริมาณน้ำฝน จากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และที่ทำการติดตั้งเพิ่มเติม ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) การปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การปฏิบัติการฝนหลวงพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นหน้าที่ของศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงที่ 4 (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ อุดรธานี ยโสธร ร้อยเอ็ด มหาสารคาม นครพนม สกลนคร หนองคาย เลย หนองบัวลำภู และมุกดาหาร) และศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงที่ 5 (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ได้แก่ นครราชสีมา บุรีรัมย์ ชัยภูมิ ศรีสะเกษ สุรินทร์ อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี) แต่ขอบเขตการศึกษาของโครงการประกอบด้วยจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม และร้อยเอ็ด ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลผลการปฏิบัติการฝนหลวงของศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงที่ 5 โดยในการศึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลการปฏิบัติการทำฝนรายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 ซึ่งรวมเวลาที่ใช้ในการศึกษาทั้งสิ้น 671 วัน มีวันปฏิบัติการฝนหลวงรวมทั้งสิ้น 253 วัน และไม่ปฏิบัติการรวมถึงปิดดำเนินการจำนวน 418 วัน และมีรายงานของสำนักฝนหลวงและการบินว่ามีฝนตกในพื้นที่เป้าหมายจำนวน 221 วัน สามารถสรุปเป็นตารางการปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ดังตารางที่ 4.6 แสดงดังตารางผนวกที่ 1

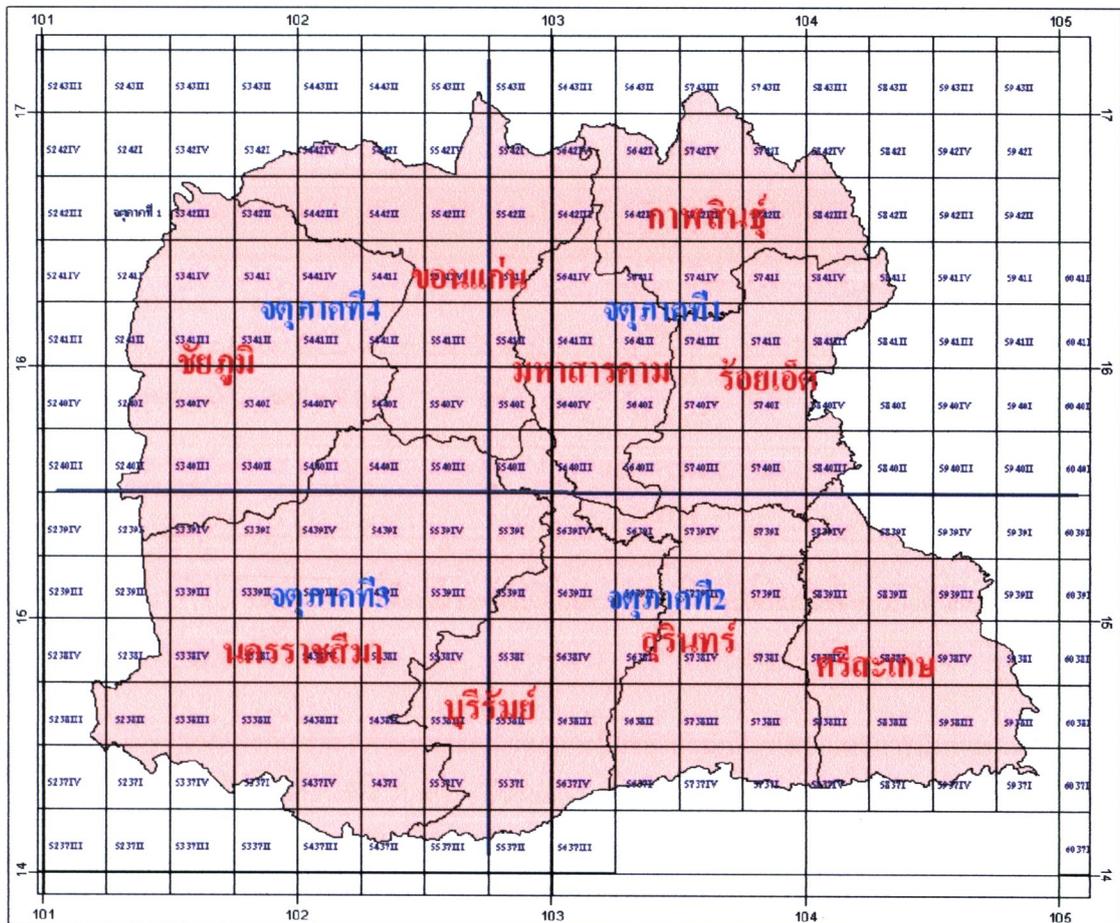
ตารางที่ 4.6 การปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550

ศูนย์ ปฏิบัติการ ฝนหลวง	จำนวนวัน (วัน)			
	ปฏิบัติการ ฝนหลวง	ไม่ปฏิบัติการฝนหลวง และปิดดำเนินการ	รวมระยะเวลา ที่ทำการศึกษา	มีรายงานฝนตกใน พื้นที่เป้าหมาย
นครราชสีมา	253	418	671	221

2) วิธีการปฏิบัติการฝนหลวงบริเวณลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การปฏิบัติการฝนหลวงในพื้นที่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตรจังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550

จำแนกตามวิธีการทำฝนในแต่ละวัน เวลาที่บินโปรยสารเคมีและกำหนดตำแหน่งของการบินทำฝนเมื่อกำหนดพื้นที่ออกเป็น 4 จตุภาค (ภาพที่ 4.9) ตามลักษณะของระวางในแผนที่ลำดับชุด L7017 มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร (รายละเอียดของระวางแผนที่แสดงดังตารางผนวกที่ 2.1) สามารถสรุปผลการทำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ดังตารางที่ 4.7 (รายละเอียดวิธีการทำฝนในแต่ละวัน เวลาที่บินโปรยสารเคมีและกำหนดตำแหน่งของการบินทำฝนแสดงดังตารางผนวกที่ 2.2)



ภาพที่ 4.9 จำแนกตำแหน่งและทิศทางการบินทำฝนจากระวางแผนที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็น 4 จตุภาค เพื่อประกอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบินทำฝน

ตารางที่ 4.7 ผลการประเมินเปรียบเทียบวิธีการทำฝน (เวลาเริ่มโปรยสาร และทิศทางการบิน) ของ
สำนักฝนหลวงและการบินเกษตรบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.
2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550

ช่วงเวลาการ โปรยสารเคมี	ตำแหน่งบินทำฝน ^{1/}	จำนวนวันที่ เก็บข้อมูล (วัน)	ระยะห่างจากเรดาร์ (ระยะห่างเฉลี่ย) (กิโลเมตร)	การกระจายของฝนในพื้นที่รูปกรวย	
				ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตรต่อวัน)	ร้อยละของ พื้นที่
7.30 – 9.00น.	จุดภาคที่ 2	1	62.47	7.4	57.1
9.00 – 10.30น.	จุดภาคที่ 2 3 4	49	7.31-178.73 (110.0)	0.0-37.0 (11.3)	31.0
10.30 – 12.00น.	จุดภาคที่ 1 2 3 4	107	21.76-209.46 (123.4)	0.0-50.6 (12.9)	34.7
12.00 – 13.30น.	จุดภาคที่ 1 2 3 4	8	30.60-172.17 (90.7)	0.0-20.3 (9.0)	28.5
13.30 – 15.00น.	จุดภาคที่ 2 3	27	30.08-188.14 (116.1)	0.0-28.0 (8.7)	21.3
15.00 – 16.50น.	จุดภาคที่ 3	8	46.66-134.22 (100.8)	0.0-20.6 (6.1)	21.1

หมายเหตุ: 1/ ตำแหน่งบินทำฝน แบ่งพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือออกเป็น 4 จุดภาค ดังภาพที่ 4.9 และรายละเอียด
วิธีการทำฝนในแต่ละวัน เวลาที่บินโปรยสารเคมีและกำหนดตำแหน่งของการบินทำฝนแสดงดังตาราง
ภาคผนวกที่ 2.2

จากการวิเคราะห์ตำแหน่งและเวลาการบินของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตรบริเวณ
จังหวัดนครราชสีมา (ตารางที่ 4.7) พบว่า มีช่วงเวลาการโปรยสารเคมีและตำแหน่งการบินโปรยสารเคมี
มากที่สุดเวลา 10:30 – 12:00น. จำนวน 107 วัน และเป็นช่วงเวลาที่ทำให้เกิดฝนตกเฉลี่ยมากและ
ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง โดยการโปรยสารเคมีที่ระยะห่างเฉลี่ยจากเรดาร์ประมาณ 123.4
กิโลเมตร มีฝนตกเฉลี่ยในพื้นที่รูปกรวย 12.9 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 34.7 ของพื้นที่รูปกรวย

และเมื่อจำแนกการปฏิบัติการทำฝน ออกเป็นแต่ละจุดภาคแล้ว ช่วงเวลาการโปรยสารเคมีและ
ตำแหน่งการบินโปรยสารเคมีที่ทำให้เกิดฝนตกมากและครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ในแต่ละจุดภาค
มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ในจุดภาคที่ 1 พบว่าช่วงเวลาการโปรยสารเคมีและตำแหน่งการบินในจุดภาคนี้ ไม่พบฝนตกในพื้นที่รูปกรวย (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินเปรียบเทียบวิธีการทำฝน (เวลาเริ่มโปรยสาร และทิศทางการบิน) ของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตรบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 ในจุดภาคที่ 1

ช่วงเวลา	การโปรยสารเคมี ^{1/}		จำนวนวันที่เก็บข้อมูล (วัน)	การกระจายของฝนในพื้นที่รูปกรวย	
	ระวางแผนที่	ระยะห่างจากเรดาร์ (กิโลเมตร)		ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตรต่อวัน)	ร้อยละของพื้นที่
9.00 – 10.30น.	5840III	84	1	0.0	0.0
10.30 – 12.00น.	5840III	190	1	0.0	0.0
12.00 – 13.30น.	5840III	138	1	0.0	0.0

หมายเหตุ: 1/ ตำแหน่งบินทำฝน แบ่งพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือออกเป็น 4 จุดภาค ดังภาพที่ 4.9 และรายละเอียดวิธีการทำฝนในแต่ละวัน เวลาที่บินโปรยสารเคมีและกำหนดตำแหน่งของการบินทำฝนแสดงดังตารางภาคผนวกที่ 2.2

2/ ระวางแผนที่แสดงดังตารางผนวกที่ 2.1

ในจุดภาคที่ 2 พบว่าช่วงเวลาการโปรยสารเคมีและตำแหน่งการบินที่ทำให้เกิดฝนตกมากคือ เวลา 10:30 – 12:00น. โดยการโปรยสารเคมีที่ระวางอำเภอคูเมือง (5639IV) ที่ระยะห่างจากเรดาร์ 62.7 กิโลเมตร มีฝนตกเฉลี่ยในพื้นที่รูปกรวย 46.3 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 54.8 ของพื้นที่รูปกรวย และช่วงเวลาการโปรยสารเคมีและตำแหน่งการบินที่ทำให้เกิดฝนตกครอบคลุมเป็นบริเวณกว้างระหว่าง เวลา 10:30 – 12:00น. โดยการโปรยสารเคมีที่ระวางอำเภอกิ่งอำเภอลำดวน (5738III) ที่ระยะห่างจากเรดาร์ 132.1 กิโลเมตร มีฝนตกเฉลี่ยในพื้นที่รูปกรวย 27.9 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 93.8 ของพื้นที่รูปกรวย (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินเปรียบเทียบวิธีการทำฝน (เวลาเริ่มโปรยสาร และทิศทางการบิน) ของ
สำนักฝนหลวงและการบินเกษตรบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.
2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 ในจุดภาคที่ 2

ช่วงเวลา	การโปรยสารเคมี ^{1/}		จำนวนวันที่เก็บ ข้อมูล (วัน)	การกระจายของฝนในพื้นที่รูปกรวย	
	ระวางแผนที่	ระยะห่างจากเรดาร์ (กิโลเมตร)		ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตรต่อวัน)	ร้อยละของ พื้นที่
การโปรยสารเคมี	1:50,000 ^{2/}				
10.30 – 12.00น.	5537II	107.2	1	0.0	0.0
10.30 – 12.00น.	5838II	205.6	1	0.0	0.0
10.30 – 12.00น.	5839II	209.5	1	0.0	0.0
10.30 – 12.00น.	5839III	176.4	1	0.0	0.0
12.00 – 13.30น.	5538I	48.6	1	0.0	0.0
13.30 – 15.00น.	5639IV	64.0	1	0.0	0.0
9.00 – 10.30น.	5539II	35.8	1	0.2	8.0
9.00 – 10.30น.	5537I	103.7	1	0.8	2.6
12.00 – 13.30น.	5539II	40.2	1	6.5	29.4
10.30 – 12.00น.	5539II	35.8	1	11.7	52.0
13.30 – 15.00น.	5738IV	111.9	1	13.5	46.2
13.30 – 15.00น.	5538II	66.9	1	13.9	17.2
10.30 – 12.00น.	5538II	75.6	1	13.9	25.0
10.30 – 12.00น.	5639III	73.6	1	16.3	58.8
15.00 – 16.50น.	5539I	46.7	1	20.6	53.6
13.30 – 15.00น.	5839III	176.4	1	21.7	52.0
10.30 – 12.00น.	5538I	35.3	1	24.9	86.7
10.30 – 12.00น.	5738III	132.1	1	27.9	93.8
10.30 – 12.00น.	5639IV	62.7	1	46.3	54.8

หมายเหตุ: 1/ ตำแหน่งบินทำฝน แบ่งพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือออกเป็น 4 จุดภาค ดังภาพที่ 4.9 และรายละเอียด
วิธีการทำฝนในแต่ละวัน เวลาที่บินโปรยสารเคมีและกำหนดตำแหน่งของการบินทำฝนแสดงดังตาราง
ภาคผนวกที่ 2.2
2/ ระวางแผนที่แสดงดังตารางผนวกที่ 2.1

ในจุดภาคที่ 3 พบว่าช่วงเวลากการโปรยสารเคมีและตำแหน่งการบินที่ทำให้เกิดฝนตกมากและครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างคือเวลา 10:30 – 12:00น. โดยการโปรยสารเคมีที่ระวางอำเภอตาพระยา (5537II) ที่ระยะห่างจากเรดาร์ 133.89 กิโลเมตร มีฝนตกเฉลี่ยในพื้นที่รูปกรวย 49.2 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 100 ของพื้นที่รูปกรวย (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินเปรียบเทียบวิธีการทำฝน (เวลาเริ่มโปรยสาร และทิศทางการบิน) ของ ลำนักฝนหลวงและการบินเกษตรบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 ในจุดภาคที่ 3

ช่วงเวลา	การโปรยสารเคมี ¹⁾		จำนวนวันที่เก็บ ข้อมูล (วัน)	การกระจายของฝนในพื้นที่รูปกรวย	
	ระวางแผนที่	ระยะห่างจากเรดาร์ (กิโลเมตร)		ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตรต่อวัน)	ร้อยละของ พื้นที่
การโปรยสารเคมี	1:50,000 ²⁾				
10.30 – 12.00น.	5437II	105.12	1	0.0	0.0
13.30 – 15.00น.	5338III	109.36	1	0.0	0.0
15.00 – 16.50น.	5337I	134.22	2	0.88	4.02
13.30 – 15.00น.	5438IV	54.85	1	1.3	9.5
13.30 – 15.00น.	5437III	114.28	2	1.55	5.88
13.30 – 15.00น.	5237I	160.86	2	1.59	9.21
13.30 – 15.00น.	5338II	106.59	1	2.3	10.0
15.00 – 16.50น.	5338IV	122.46	1	2.4	34.6
15.00 – 16.50น.	5338II	100.67	2	2.65	7.89
10.30 – 12.00น.	5339IV	113.91	1	3.5	5.6
9.00 – 10.30น.	5239I	129.80	2	3.79	19.12
15.00 – 16.50น.	5537IV	101.19	1	4.0	3.6
9.00 – 10.30น.	5237III	178.73	1	4.4	42.1
9.00 – 10.30น.	5237I	159.79	2	4.86	9.65
9.00 – 10.30น.	5238I	136.35	2	4.95	6.92
13.30 – 15.00น.	5239II	137.90	6	5.49	27.82
9.00 – 10.30น.	5339III	110.80	2	5.63	27.78
9.00 – 10.30น.	5339I	71.95	2	6.27	43.42
13.30 – 15.00น.	5437IV	109.55	1	6.5	23.3
13.30 – 15.00น.	5537IV	85.96	2	6.63	16.09
9.00 – 10.30น.	5538IV	45.06	5	6.71	28.92
10.30 – 12.00น.	5338II	104.21	1	7.0	15.4
12.00 – 13.30น.	5239I	132.07	3	7.32	15.35
9.00 – 10.30น.	5439II	7.31	1	7.6	30.8
10.30 – 12.00น.	5238IV	154.75	5	7.84	38.14

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ช่วงเวลา การไปรษณีย์	การไปรษณีย์ ¹⁾		จำนวนวันที่เก็บ ข้อมูล (วัน)	การกระจายของฝนในพื้นที่รูปกรวย	
	ระวางแผนที่ 1:50,000 ²⁾	ระยะห่างจากเรดาร์ (กิโลเมตร)		ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตรต่อวัน)	ร้อยละของ พื้นที่
9.00 – 10.30น.	5238III	157.34	2	8.00	25.71
10.30 – 12.00น.	5239I	127.94	3	8.95	35.30
13.30 – 15.00น.	5337IV	122.34	2	9.13	39.84
10.30 – 12.00น.	5237III	196.03	2	9.23	46.18
9.00 – 10.30น.	5338II	101.41	1	9.3	30.0
10.30 – 12.00น.	5238I	134.46	7	9.39	29.28
9.00 – 10.30น.	5239II	132.12	2	9.43	7.58
12.00 – 13.30น.	5438I	80.28	3	9.47	36.10
10.30 – 12.00น.	5337I	105.60	3	9.63	19.13
10.30 – 12.00น.	5438III	90.64	1	9.6	60.7
10.30 – 12.00น.	5239II	132.01	4	9.85	31.89
10.30 – 12.00น.	5437I	97.66	7	10.06	28.88
13.30 – 15.00น.	5438III	87.03	1	10.5	17.1
13.30 – 15.00น.	5439I	30.08	1	10.5	47.1
10.30 – 12.00น.	5437IV	105.15	2	10.64	28.45
10.30 – 12.00น.	5537IV	90.93	6	10.65	35.19
10.30 – 12.00น.	5537III	117.20	3	10.77	37.62
13.30 – 15.00น.	5338IV	106.55	1	10.9	83.3
9.00 – 10.30น.	5238IV	150.81	4	11.24	28.62
10.30 – 12.00น.	5438I	54.11	1	11.7	23.5
13.30 – 15.00น.	5337I	134.22	1	11.7	4.3
10.30 – 12.00น.	5237II	165.97	4	11.97	22.47
10.30 – 12.00น.	5337IV	139.45	6	12.45	23.10
9.00 – 10.30น.	5438III	82.23	3	12.46	42.63
10.30 – 12.00น.	5238III	160.32	5	12.66	27.45
12.00 – 13.30น.	5538IV	30.60	1	12.9	50.0
9.00 – 10.30น.	5437I	86.16	1	13.4	18.2
10.30 – 12.00น.	5237I	155.12	7	13.49	40.21
10.30 – 12.00น.	5539IV	30.51	4	13.67	24.25
10.30 – 12.00น.	5438II	68.15	1	14.0	33.3
9.00 – 10.30น.	5239III	145.66	1	14.1	46.9
15.00 – 16.50น.	5438III	66.66	1	14.5	53.1

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ช่วงเวลา	การโปรยสารเคมี ^{1/}		จำนวนวันที่เก็บ ข้อมูล (วัน)	การกระจายของฝนในพื้นที่รูปกรวย	
	ระวางแผนที่	ระยะห่างจากเรดาร์ (กิโลเมตร)		ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตรต่อวัน)	ร้อยละของ พื้นที่
การโปรยสารเคมี	1:50,000 ^{2/}				
10.30 – 12.00น.	5337III	149.40	2	14.75	45.64
10.30 – 12.00น.	5238II	148.96	7	14.87	43.54
9.00 – 10.30น.	5438II	52.19	1	15.0	12.1
9.00 – 10.30น.	5438I	48.60	2	16.02	36.81
9.00 – 10.30น.	5238II	144.54	3	16.70	28.89
9.00 – 10.30น.	5337IV	142.23	6	16.71	34.08
9.00 – 10.30น.	5437II	109.89	1	16.9	64.3
12.00 – 13.30น.	5339III	101.62	2	17.63	51.43
9.00 – 10.30น.	5537III	121.52	1	18.6	88.9
10.30 – 12.00น.	5237IV	180.31	2	18.73	6.19
10.30 – 12.00น.	5338III	121.64	5	19.87	54.17
10.30 – 12.00น.	5337II	128.37	1	23.0	61.1
9.00 – 10.30น.	5437IV	109.60	1	23.8	64.9
13.30 – 15.00น.	5438II	76.15	1	24.0	5.6
9.00 – 10.30น.	5537II	129.04	1	24.5	61.1
10.30 – 12.00น.	5439I	35.32	1	24.8	27.3
13.30 – 15.00น.	5238I	130.38	1	26.1	2.6
10.30 – 12.00น.	5538III	66.22	2	32.65	86.90
9.00 – 10.30น.	5338III	118.84	1	37.0	17.1
10.30 – 12.00น.	5537II	133.89	1	49.2	100.0

หมายเหตุ: 1/ ตำแหน่งบินทำฝน แบ่งพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือออกเป็น 4 จุดภาค ดังภาพที่ 4.9 และรายละเอียดวิธีการทำฝนในแต่ละวัน เวลาที่บินโปรยสารเคมีและกำหนดตำแหน่งของการบินทำฝนแสดงดังตารางภาคผนวกที่ 2.2

2/ ระวางแผนที่แสดงดังตารางผนวกที่ 2.1

ในจุดภาคที่ 4 พบว่าช่วงเวลาการโปรยสารเคมีและตำแหน่งการบินที่ทำให้เกิดฝนตกมากและครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างคือเวลา 09:00 – 10:30น. โดยการโปรยสารเคมีที่ ระยะเวลาอำเภอดาพระ ยา (5240II) ที่ระยะห่างจากรถอาร์ 123.49 กิโลเมตร มีฝนตกเฉลี่ยในพื้นที่รูปกรวย 25.2 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 6.9 ของพื้นที่รูปกรวย และช่วงเวลาการโปรยสารเคมีและตำแหน่งการบินที่ทำให้เกิดฝนตกครอบคลุมเป็นบริเวณกว้างคือเวลา 9:00 – 10:30น. โดยโปรยสารเคมีที่จุดภาคที่ 4 ระยะเวลาบ้าน เหลื่อม (5340III) ที่ระยะห่างจากรถอาร์ 120.62 กิโลเมตร มีฝนตกเฉลี่ยในพื้นที่รูปกรวย 12.8 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 79.2 ของพื้นที่รูปกรวย (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 ผลการประเมินเปรียบเทียบวิธีการทำฝน (เวลาเริ่มโปรยสาร และทิศทางการบิน) ของ สำนักฝนหลวงและการบินเกษตรบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 ในจุดภาคที่ 4

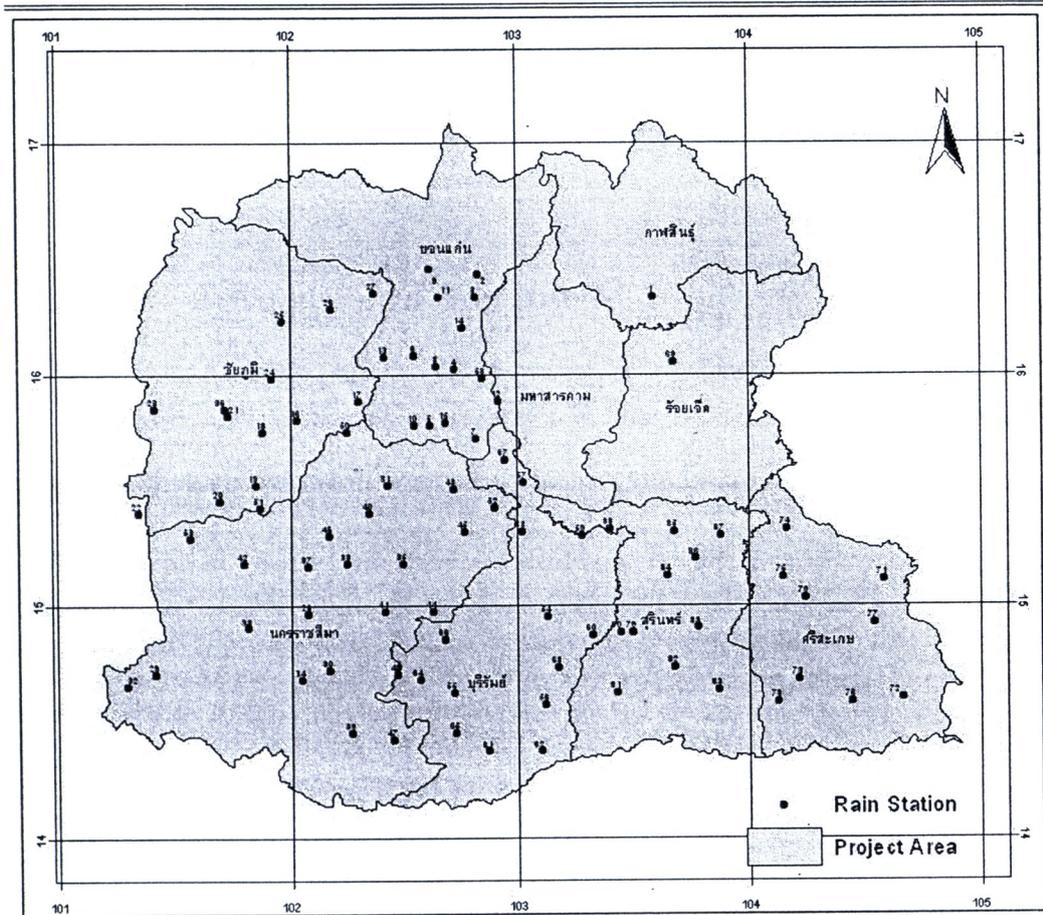
ช่วงเวลา	การโปรยสารเคมี ^{1/}		จำนวนวันที่เก็บ ข้อมูล (วัน)	การกระจายของฝนในพื้นที่รูปกรวย	
	ระวางแผนที่	ระยะห่างจากรถอาร์ (กิโลเมตร)		ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตรต่อวัน)	ร้อยละของ พื้นที่
การโปรยสารเคมี	1:50,000 ^{2/}	(กิโลเมตร)	(วัน)	(มิลลิเมตรต่อวัน)	พื้นที่
9.00 – 10.30น.	5340III	104.94	1	4.0	12.1
10.30 – 12.00น.	5240I	147.76	1	6.4	15.6
7.30 – 9.00น.	5440III	62.47	1	7.4	57.1
12.00 – 13.30น.	5440II	46.89	1	11.8	33.3
9.00 – 10.30น.	5340III	120.62	1	12.8	79.2
10.30 – 12.00น.	5240II	139.55	1	21.8	23.8
10.30 – 12.00น.	5240II	123.49	1	25.2	6.9

หมายเหตุ: 1/ ตำแหน่งบินทำฝน แบ่งพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือออกเป็น 4 จุดภาค ดังภาพที่ 4.9 และรายละเอียดวิธีการทำฝนในแต่ละวัน เวลาที่บินโปรยสารเคมีและกำหนดตำแหน่งของการบินทำฝนแสดงดังตารางภาคผนวกที่ 2.2
2/ ระวางแผนที่แสดงดังตารางผนวกที่ 2.1

3) การศึกษาการกระจายของฝนและปริมาณฝนตกในบริเวณลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การศึกษาการกระจายของฝนและปริมาณฝนตกในบริเวณลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน จากเว็บไซต์ของศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และ ตอนล่าง ของ สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำกรมชลประทาน กรมชลประทาน (<http://water.rid.go.th>) จำนวน 89 สถานี และได้ทำการติดตั้งเพิ่มเติมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและค่าสะท้อนของเมฆอีกจำนวน 20 สถานี

สำหรับการวิเคราะห์การกระจายของฝนและปริมาณฝนตกในบริเวณลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเริ่มวิเคราะห์ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 รายชื่อและปริมาณฝนในแต่ละสถานีแสดงดังตารางผนวกที่ 3.1-3.22 ตำแหน่งของแต่ละสถานีแสดงดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 สถานีตรวจวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เฉพาะพื้นที่ศึกษาของโครงการ

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำฝนที่ตกครอบคลุมพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือรายวัน ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 พบว่า

การจำแนกการกระจายของฝนตามเกณฑ์การพยากรณ์อากาศบริเวณที่มีฝนตก (ตารางที่ 4.12) และการจำแนกปริมาณน้ำฝนตามเกณฑ์การกำหนดปริมาณน้ำฝนที่ตกรวมระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.13) จากการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนรายวันที่ครอบคลุมพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 สรุปจำนวนวันที่มีปริมาณน้ำฝนที่กระจายตามร้อยละของพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และสรุปจำนวนวันที่มีปริมาณน้ำฝนที่กระจายตามร้อยละของพื้นที่ที่ฝนตกในช่วงที่ปฏิบัติการฝนหลวง (วิเคราะห์ตามพื้นที่รูปกรวยการทำฝน) ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.12 เกณฑ์การพยากรณ์อากาศบริเวณที่มีฝนตก

ฝนตกทั้งพื้นที่	เกณฑ์
น้อยกว่า 20%	ฝนตกบางส่วน
20-40%	ฝนตกเป็นแห่งๆ
40-60%	ฝนตกกระจาย
60-80%	ฝนตกเกือบทั่วไป
มากกว่า 80%	ฝนตกทั่วไป

ตารางที่ 4.13 เกณฑ์การกำหนดปริมาณฝนตกรวมระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ปริมาณฝนตก (มิลลิเมตร)	เกณฑ์
น้อยกว่า 0.1	ฝนตกวัดจำนวนไม่ได้
0.1-10.0	ฝนตกเล็กน้อย
10.1-20.0	ฝนตกเล็กน้อยถึงปานกลาง
20.1-35.0	ฝนตกปานกลาง
35.1-90	ฝนตกหนัก
มากกว่า 90	ฝนตกหนักมาก

ตารางที่ 4.14 จำนวนวันที่มีฝนตกในพื้นที่โครงการฯ จำแนกตามเกณฑ์ปริมาณฝน 24 ชั่วโมง และเกณฑ์การกระจายของฝน ในระหว่างวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550

ปริมาณฝนเฉลี่ย ในพื้นที่เป้าหมาย	จำนวนวันที่ฝนตก ตามร้อยละของพื้นที่โครงการฯ (วัน)					รวม
	< 20%	20-40%	40-60%	60-80%	> 80%	
มี.ค.49 – ธ.ค.50						
น้อยกว่า 0.1 มม.	243	0	0	0	0	243
0.1-10.0 มม.	187	97	54	9	2	349
10.1-20.0 มม.	0	0	19	35	9	63
20.1-35 มม.	0	0	0	2	10	12
35.1-90 มม.	0	0	0	0	4	4
รวม	430	97	73	46	25	671
ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน (SIM:มี.ค.49 – เม.ย. 49, มี.ค.50 – เม.ย. 50)						
น้อยกว่า 0.1 มม.	34					34
0.1-10.0 มม.	68	10	5			83
10.1-20.0 มม.			2	3		5
20.1-35 มม.						0
35.1-90 มม.						0
รวม	102	10	7	3	0	122
ช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจากอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (OSM:พ.ค.-มิ.ย.49,พ.ค.-มิ.ย. 50)						
น้อยกว่า 0.1 มม.	4					4
0.1-10.0 มม.	51	37	17	2		107
10.1-20.0 มม.			2	8		10
20.1-35 มม.				1		1
35.1-90 มม.						0
รวม	55	37	19	11	0	122
ช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SM:ก.ค.-ก.ย.49, ก.ค.-ก.ย.50)						
น้อยกว่า 0.1 มม.	11					11
0.1-10.0 มม.	50	46	25	6		127
10.1-20.0 มม.			14	20	3	37
20.1-35 มม.					8	8
35.1-90 มม.					1	1
รวม	61	46	39	26	12	184
ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว (WIM: ต.ค. 49 และ ต.ค. 50)						
น้อยกว่า 0.1 มม.	28					28
0.1-10.0 มม.	9	2	6	1	2	20
10.1-20.0 มม.			1	3	4	8
20.1-35 มม.				1	2	3
35.1-90 มม.					3	3
รวม	37	2	7	5	11	62

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

ปริมาณฝนเฉลี่ย ในพื้นที่เป้าหมาย	จำนวนวันที่ฝนตก ตามร้อยละของพื้นที่โครงการฯ (วัน)					รวม
	< 20%	20-40%	40-60%	60-80%	> 80%	
ช่วงฤดูหนาวจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NM:พ.ย. 49 – ก.พ. 50, พ.ย-ธ.ค.50)						
น้อยกว่า 0.1 มม.	166					166
0.1-10.0 มม.	9	2	1			12
10.1-20.0 มม.				1	2	3
20.1-35 มม.						0
35.1-90 มม.						0
รวม	175	2	1	1	2	181

จากจำนวนวันที่ฝนตกตามร้อยละของพื้นที่ที่ฝนตกในช่วงฤดูต่างๆ ทั้ง 5 ฤดู ได้แก่ ในช่วงฤดูฝน (SM) ช่วงปลายฤดูฝนต้นฤดูหนาว (WIM) ช่วงฤดูหนาว (NM) ช่วงฤดูแล้ง (SIM) และช่วงต้นฤดูฝน (OSM) สามารถสรุปได้ว่า ในช่วงเวลาดังกล่าวที่ไม่มีการปฏิบัติการทำฝนระหว่างวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 มีจำนวนวันที่ฝนตก 671 วัน มีจำนวนวันที่ฝนตกบางส่วน (<20% ของพื้นที่) 430 วัน มีจำนวนวันที่ฝนตกเป็นแห่งๆ (20-40% ของพื้นที่) 97 วัน มีจำนวนวันที่มีฝนตกกระจาย (40-60% ของพื้นที่) 73 วัน และมีจำนวนวันที่ฝนตกเกือบทั่วไป (60-80% ของพื้นที่) 46 วัน และมีจำนวนวันที่ฝนตกทั่วไป (>80% ของพื้นที่) 25 วัน

ในจำนวนวันที่ฝนตก 671 วัน พบว่า มีจำนวนวันที่ฝนตกวัดปริมาณไม่ได้ (<0.1 มิลลิเมตร) 243 วัน มีจำนวนวันที่ฝนตกน้อย (0.1-10.0 มิลลิเมตร) 349 วัน และจำนวนวันที่ฝนตกเล็กน้อยถึงปานกลาง (10.1-20.0 มิลลิเมตร) 63 วัน ฝนตกปานกลาง (20.1-35.0 มิลลิเมตร) 12 วัน และฝนตกหนัก (35.1-90.0 มิลลิเมตร) 4 วัน

เมื่อพิจารณาภาพรวมของการกระจายน้ำฝนเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่ ของพื้นที่โครงการฯ (ตารางที่ 4.14) พบว่า มีฝนตกในพื้นที่ศึกษาในช่วงเวลาระหว่างวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 จำนวน 424 วัน (จำนวนวันที่มีฝนมากกว่า 0.1 มิลลิเมตร หรือเท่ากับ 349+63+12+4) คิดเป็นร้อยละ 63 ของจำนวนวันทั้งหมด

ตารางที่ 4.15 จำนวนวันที่มีฝนตกในพื้นที่เป้าหมาย (พื้นที่ได้รับอิทธิพลจากการปฏิบัติการฝนหลวงหรือพื้นที่รูปกรวย) จากปฏิบัติการของศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงที่ 4 จำแนกตามเกณฑ์ปริมาณฝน 24 ชั่วโมง และเกณฑ์การกระจายของฝน ในระหว่างวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550

ปริมาณฝนเฉลี่ย ในพื้นที่เป้าหมาย	จำนวนวันที่ฝนตก ตามร้อยละของพื้นที่เป้าหมาย (วัน)					รวม
	< 20%	20-40%	40-60%	60-80%	> 80%	
มี.ค.49 – ธ.ค.50						
น้อยกว่า 0.1 มม.	35					35
0.1-10.0 มม.	45	17	8	4	2	76
10.1-20.0 มม.	14	24	25	7	6	76
20.1-35 มม.	5	5	4	4	5	23
35.1-90 มม.	1		2		4	7
รวม	100	46	39	15	17	217
ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน (SIM:มี.ค.49 – เม.ย. 49, มี.ค.50 – เม.ย. 50) ผลสำเร็จ 16 วัน						
น้อยกว่า 0.1 มม.	15					15
0.1-10.0 มม.	5					5
10.1-20.0 มม.	1	2				3
20.1-35 มม.	1		1			2
35.1-90 มม.						0
รวม	22	2	1	0	0	25
ช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจากอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (OSM:พ.ค.-มิ.ย.49,พ.ค.-มิ.ย. 50) ผลสำเร็จ 69 วัน						
น้อยกว่า 0.1 มม.	8					8
0.1-10.0 มม.	15	7	3	3		28
10.1-20.0 มม.	8	11	11	2	2	34
20.1-35 มม.	2	1	2		1	6
35.1-90 มม.					1	1
รวม	33	19	16	5	4	77
ช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้(SM:ก.ค.-ก.ย.49, ก.ค.-ก.ย.50) ผลสำเร็จ 98 วัน						
น้อยกว่า 0.1 มม. -	11					11
0.1-10.0 มม.	25	9	3	1	1	39
10.1-20.0 มม.	5	10	13	4	4	36
20.1-35 มม.	2	4	1	4	4	15
35.1-90 มม.	1		2		2	5
รวม	44	23	19	9	11	106

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

ปริมาณฝนเฉลี่ย ในพื้นที่เป้าหมาย	จำนวนวันที่ฝนตก ตามร้อยละของพื้นที่เป้าหมาย (วัน)					รวม
	< 20%	20-40%	40-60%	60-80%	> 80%	
ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว (WIM: ต.ค. 49 และ ต.ค. 50) ผลสำเร็จ 8 วัน						
น้อยกว่า 0.1 มม.	1					1
0.1-10.0 มม.		1	2		1	4
10.1-20.0 มม.		1	1	1		3
20.1-35 มม.						0
35.1-90 มม.					1	1
รวม	1	2	3	1	2	9
ช่วงฤดูหนาวจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NM:พ.ย. 49 – ก.พ. 50)						
น้อยกว่า 0.1 มม.						
0.1-10.0 มม.						
10.1-20.0 มม.						
20.1-35 มม.						
35.1-90 มม.						
รวม	ไม่ปฏิบัติการหรือหยุดปฏิบัติการ					

ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 มีวันปฏิบัติการฝนหลวง 253 วัน พบว่ามีฝนตกในพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากปฏิบัติการฝนหลวงหรือพื้นที่รูปกรวยจำนวน 221 วัน แต่เนื่องจากบางวันไม่มีข้อมูลภาพพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากปฏิบัติการฝนหลวงหรือพื้นที่รูปกรวย จึงสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้เพียง 217 วัน (ตารางที่ 4.15) คือมีจำนวนวันที่มีฝนตกในพื้นที่เป้าหมายจำแนกตามเกณฑ์ปริมาณฝน 24 ชั่วโมง และเกณฑ์การกระจายของฝน ในระหว่างวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 คือมีจำนวนวันที่ฝนตกบางส่วน (<20% ของพื้นที่) 100 วัน มีจำนวนวันที่ฝนตกเป็นแห่งๆ (20 - 40% ของพื้นที่) 46 วัน มีจำนวนวันที่มีฝนตกกระจาย (40 - 60% ของพื้นที่) 39 วัน มีจำนวนวันที่ฝนตกเกือบทั่วไป (60 - 80% ของพื้นที่) 15 วัน และฝนตกทั่วไป (>80% ของพื้นที่) 17 วัน มีจำนวนวันที่ฝนตกวัดปริมาณไม่ได้ (<0.1 มิลลิเมตร) 35 วัน มีจำนวนวันที่ฝนตกน้อย (0.1 - 10.0 มิลลิเมตร) 76 วัน จำนวนวันที่ฝนตกปานกลาง (10.1 - 35.0 มิลลิเมตร) 76 วัน จำนวนวันที่ฝนตกหนัก (35.1 - 90.0 มิลลิเมตร) 23 วัน และจำนวนวันที่ฝนตกหนักมาก (> 90.0 มิลลิเมตร) 7 วัน

จะเห็นได้ว่าฝนที่ตกกระจายถึงฝนตกทั่วไป (มากกว่า 40% ของพื้นที่) มีถึง 76 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 33 ของฝนที่ตกทั้งหมด และมีฝนตกมากกว่า 0.1 มิลลิเมตร ถึง 172 วัน (หรือคำนวณจาก 76+76+23+7) หรือคิดเป็นร้อยละ 79 ของฝนที่ตกทั้งหมด ดังนั้นแสดงให้เห็นได้ว่าการปฏิบัติการฝนหลวงสามารถเพิ่มเติมน้ำฝนบริเวณพื้นที่รูปกรวยได้เป็นอย่างดี



4) วิเคราะห์ประสิทธิภาพการปฏิบัติการทำฝนด้วย Double ratio

การจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการปฏิบัติการฝนหลวงจากค่าอัตราส่วนเชิงซ้อน (double ratio) ซึ่งวางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยวิธีจับฉลากวันที่มีการปฏิบัติการฝนหลวงว่ามีการทำฝนหลวง (seeded) ในพื้นที่โครงการฯ กับวันที่ไม่มีการปฏิบัติการฝนหลวง (non seeded) (ที่ทำการปรับสัดส่วนกับพื้นที่เปรียบเทียบแล้ว) ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 โดยกำหนดให้ลุ่มน้ำบริเวณอำเภอชนบท จังหวัดขอนแก่น เป็นพื้นที่เปรียบเทียบ พบว่าจำนวนวันที่นำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการปฏิบัติการฝนหลวง มีวันที่ทำฝนหลวง (seeded) จำนวน 253 วัน และวันที่ไม่ทำฝนจำนวน 418 วัน และคำนวณฝนเฉลี่ยในบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำสำคัญๆ ของภาค โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเชิงเลขคณิต (mean) ของอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดใหญ่จำนวน 21 อ่าง ตั้งแต่เดือนวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550 แล้วมาคำนวณตามสมการ

$$\text{Double Ratio (DR.)} = \frac{\text{TS/CS}}{\text{TN/CN}}$$

เมื่อ TS และ CS คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยในช่วงที่ทำฝนบริเวณพื้นที่ทำฝน(T)และพื้นที่ควบคุม (C) ตามลำดับ

TN และ CN คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยในช่วงที่ไม่ทำฝนบริเวณพื้นที่ทำฝน(T)และพื้นที่ควบคุม (C) ตามลำดับ

ผลการคำนวณค่า double ratio แสดงดังตารางที่ 4.16 ผลการศึกษาพบว่า การประเมินหาค่าอัตราส่วนเชิงซ้อน พบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำของอ่างเก็บน้ำทั้ง 21 แห่งมีค่า double ratio มากกว่า 1 แสดงว่าการปฏิบัติการทำฝนหลวงทำให้มีปริมาณฝนเพิ่มสูงขึ้นกว่าการเกิดเองตามธรรมชาติ โดยอ่างเก็บน้ำวังหิน ตั้งอยู่ที่จังหวัดศรีสะเกษมีค่า double ratio มากที่สุดเท่ากับ 1.36 เท่าของช่วงที่ไม่มีการปฏิบัติการฝนหลวง (non seeded) และรองลงมาได้แก่ อ่างเก็บน้ำทุ่งกระเต็น อ.หนองกี่ จ.บุรีรัมย์ บึงทุ่งพงพุด อ.พล จ.ขอนแก่น และอ่างเก็บน้ำหนองทะเล อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์ มีค่า double ratio เท่ากับ 1.32 1.24 และ 1.24 เท่าของช่วงที่ไม่มีการปฏิบัติการฝนหลวง

แสดงให้เห็นว่าการปฏิบัติการทำฝนหลวงสามารถเพิ่มปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการลดสภาพวิกฤตของลุ่มน้ำด้านความแห้งแล้ง บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ

ตารางที่ 4.16 ค่า double ratio ของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่บริเวณพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.2550

ชื่ออ่างเก็บน้ำ	กลุ่มวันที่ Seeded			กลุ่มที่ Non Seeded			Double ratio
	TS	CS	TS/CS	TN	CN	TN/CN	
อ่างเก็บน้ำลำปาว อ.ท่าคันโท จ.กาฬสินธุ์	6.0	9.0	0.66	3.3	2.8	1.18	0.56
อ่างเก็บน้ำพอง อ.ภูเวียง จ.ขอนแก่น	6.6	9.0	0.74	2.5	2.8	0.90	0.82
บึงทุ่งพงพุด อ.พล จ.ขอนแก่น	7.7	9.0	0.85	1.9	2.8	0.69	1.24
อ่างเก็บน้ำห้วยโค อ.นาเชือก จ.มหาสารคาม	6.8	9.0	0.76	2.0	2.8	0.71	1.06
หนองแซง อ.คอนสวรรค์ จ.ชัยภูมิ	5.1	9.0	0.57	1.5	2.8	0.53	1.07
เขื่อนลำตะคอง อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา	5.6	9.0	0.63	1.9	2.8	0.69	0.91
เขื่อนลำพระเพลิง อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	3.6	9.0	0.40	1.8	2.8	0.63	0.63
อ่างเก็บน้ำลำฆามวก อ.ห้วยแถลง จ.นครราชสีมา	4.5	9.0	0.51	1.7	2.8	0.61	0.82
อ่างเก็บน้ำบึงกระโดน อ.ประทาย จ.นครราชสีมา	4.3	9.0	0.48	2.2	2.8	0.77	0.62
บึงละหานนา อ.แก่งสนามนาง จ.นครราชสีมา	3.7	9.0	0.42	1.0	2.8	0.37	1.13
อ่างเก็บน้ำห้วยจระเข้มาก อ.เมือง จ.บุรีรัมย์	6.2	9.0	0.69	2.6	2.8	0.94	0.73
อ่างเก็บน้ำหนองทะเลอ อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์	6.8	9.0	0.76	1.7	2.8	0.61	1.24
อ่างเก็บน้ำห้วยสวาย อ.กระสัง จ.บุรีรัมย์	6.0	9.0	0.67	1.8	2.8	0.65	1.03
อ่างเก็บน้ำลำนางรอง กิ่งอ.โนนดินแดง บุรีรัมย์	7.0	9.0	0.77	2.1	2.8	0.74	1.04
อ่างเก็บน้ำทุ่งกระเต็น อ.หนองกี่ จ.บุรีรัมย์	6.3	9.0	0.70	1.5	2.8	0.53	1.32
อ่างเก็บน้ำห้วยแ่ง อ.แกดำ จ.มหาสารคาม	7.0	9.0	0.78	2.2	2.8	0.79	0.99
อ่างเก็บน้ำวังหิน อ.วังหิน จ.ศรีสะเกษ	8.4	9.0	0.94	1.9	2.8	0.69	1.36
อ่างเก็บน้ำท่าใหม่ อ.กันทรลักษ์ จ.ศรีสะเกษ	6.2	9.0	0.69	1.8	2.8	0.64	1.07
อ่างเก็บน้ำหนองสี อ.ขุนหาญ จ.ศรีสะเกษ	6.3	9.0	0.70	1.7	2.8	0.61	1.14
อ่างเก็บน้ำอำพูน อ.เมือง จ.สุรินทร์	5.2	9.0	0.57	1.9	2.8	0.56	1.02
อ่างเก็บน้ำลำพอก อ.ศีขรภูมิ จ.สุรินทร์	6.1	9.0	0.67	2.5	2.8	0.89	0.76

4.3 ระบบปลูกพืชในเขตภูมิอากาศเกษตร

1) ระบบการปลูกพืชในเขตภูมิอากาศเกษตรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากข้อมูลการศึกษาและกำหนดระบบการปลูกพืชในเขตภูมิอากาศเกษตรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือไว้ 3 เขตภูมิอากาศเกษตรของสถาบันวิจัยการทำฟาร์ม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2535) เมื่อทำการวิเคราะห์ความต้องการน้ำด้านเกษตรกรรมของพืชเศรษฐกิจของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถสรุปช่วงเวลาความต้องการน้ำได้ดังตารางที่ 4.17 ดังนี้

ตารางที่ 4.17 ความต้องการน้ำด้านเกษตรกรรมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

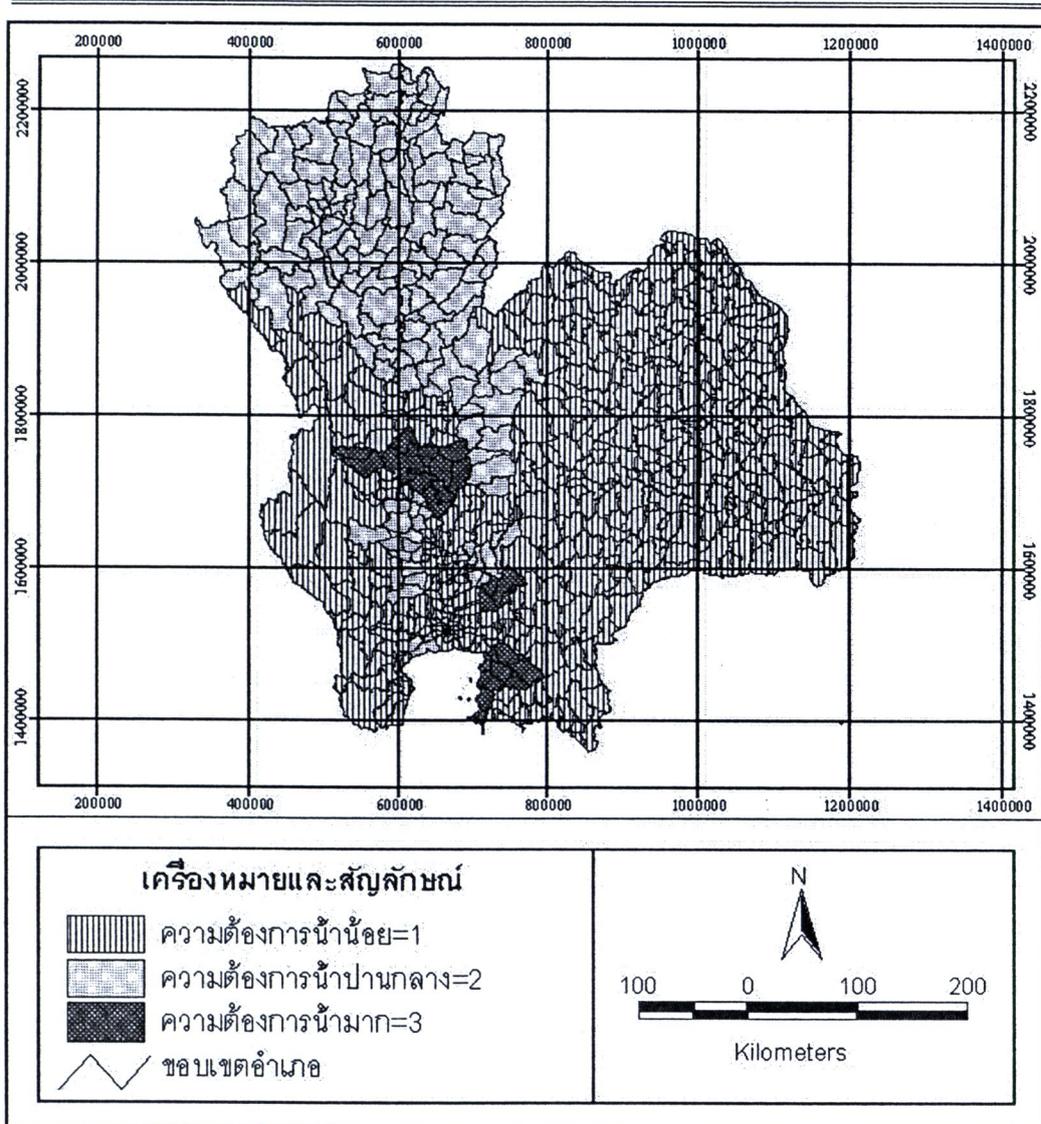
ปลูก	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ข้าวนาปี					■	■						
ข้าวเจ้า					■	■						▨
มันสำปะหลัง				■	■					■	■	
ข้าวโพด				■	■							
อ้อย			■	■			▨	▨				
ปอแก้ว				■					▨	▨		
ปอกขจร									▨			
ฝ้าย											▨	

■ ช่วงเวลาการปลูกพืช
▨ ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว

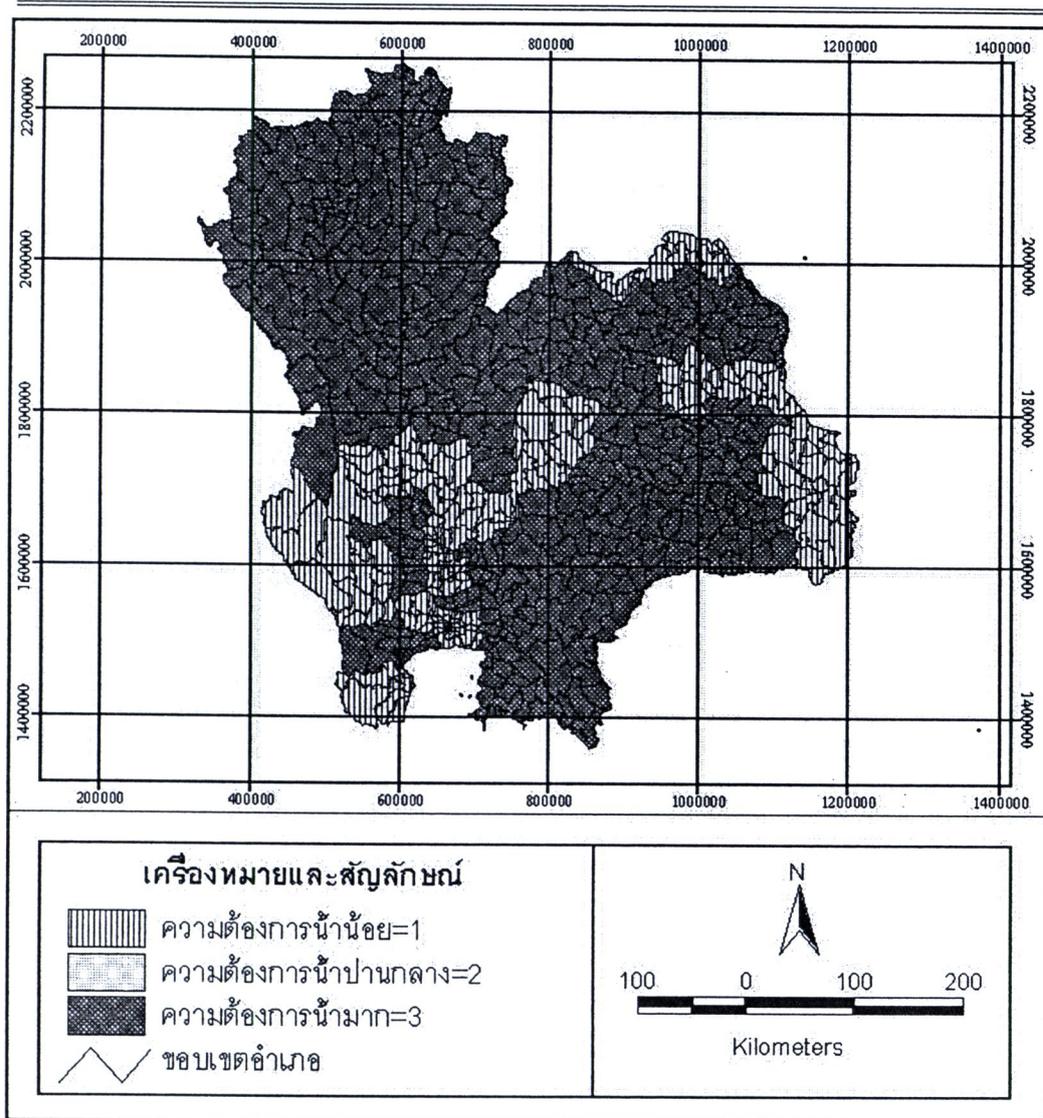
จากตารางที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาที่ต้องการน้ำมากจะอยู่ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อนจนถึงช่วงก่อนฤดูฝน ดังนั้นการปฏิบัติการฝนหลวงในช่วงเวลาดังกล่าวจึงมีความจำเป็นอย่างมากเนื่องจากน้ำมีความสำคัญและมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเป็นอย่างมาก ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

2) แผนที่ระบบเกษตรในเขตภูมิอากาศเขตรอบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

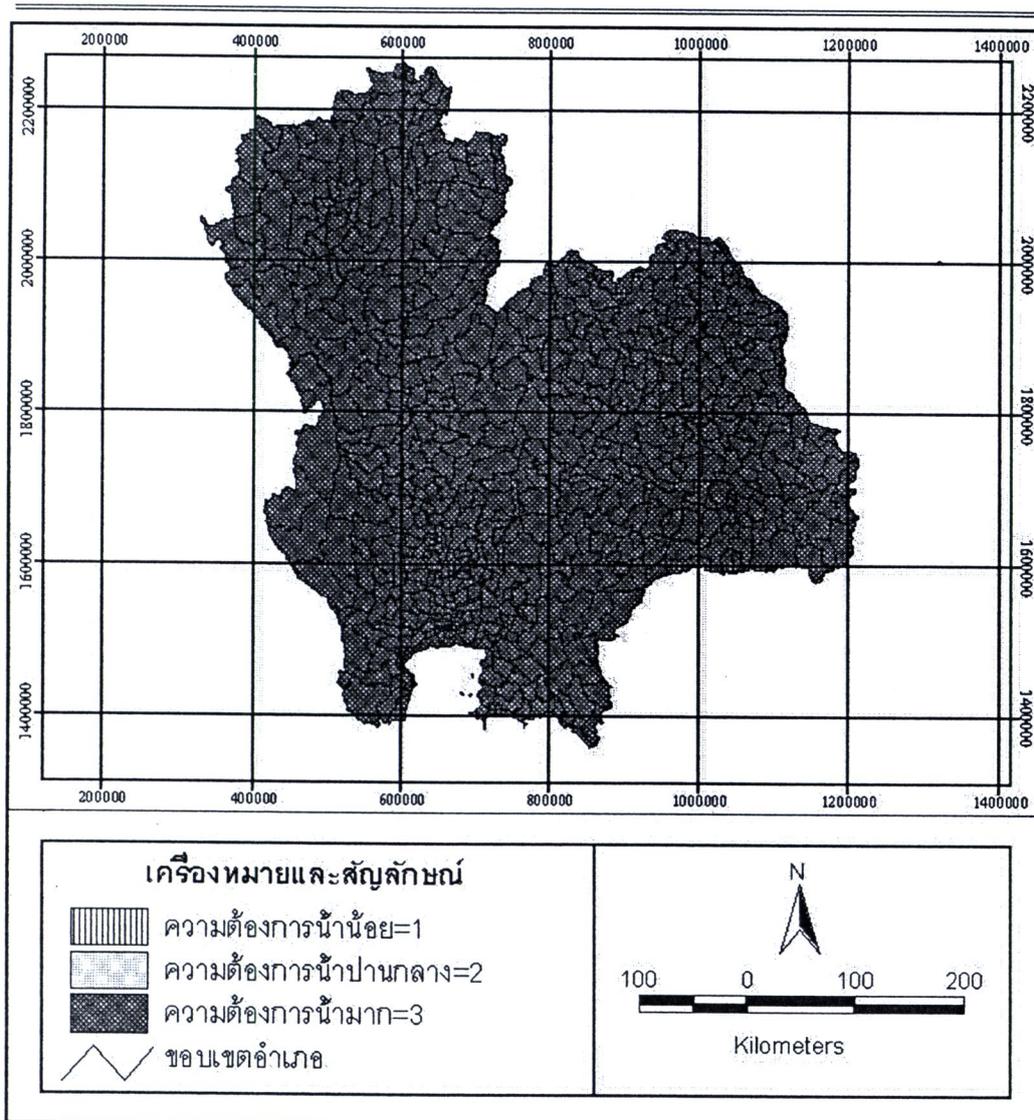
วีระศักดิ์ และคณะ (2549) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบสอบถามการเพาะปลูกพืชระดับจังหวัดในปี 2547 แล้วนำมาสรุปเป็นแผนที่ระบบเกษตรในแต่ละเขตภูมิอากาศเกษตรในแต่ละเดือนของพื้นที่ประเทศไทยตอนบน และทำการแบ่งระบบเกษตรเป็น 5 ประเภท ดังนี้คือ 1) ข้าวนาปี 2) พืชไร่อายุสั้น 3) พืชไร่อายุยาว 4) ผักผลไม้ และ 5) ป่าไม้โดยแสดงรายละเอียดเป็นรายเดือนจำนวน 12 เดือน และนำมาพิจารณาหาช่วงเวลาที่ต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ ดังมีรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4.11 ถึง 4.22 ต่อไปนี้



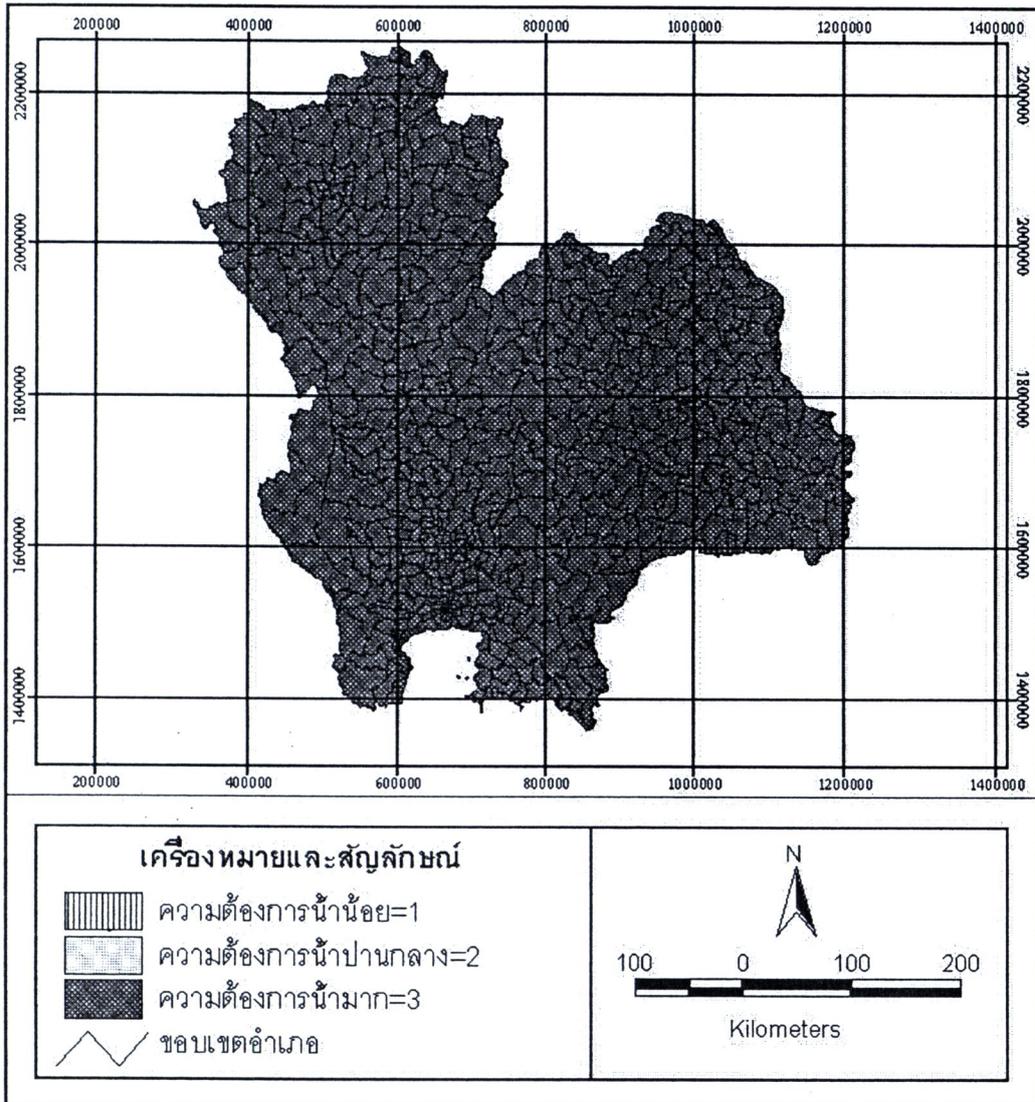
ภาพที่ 4.11 แสดงระดับความต้องการน้ำของพีระระดับอำเภอเดือนมกราคม
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)



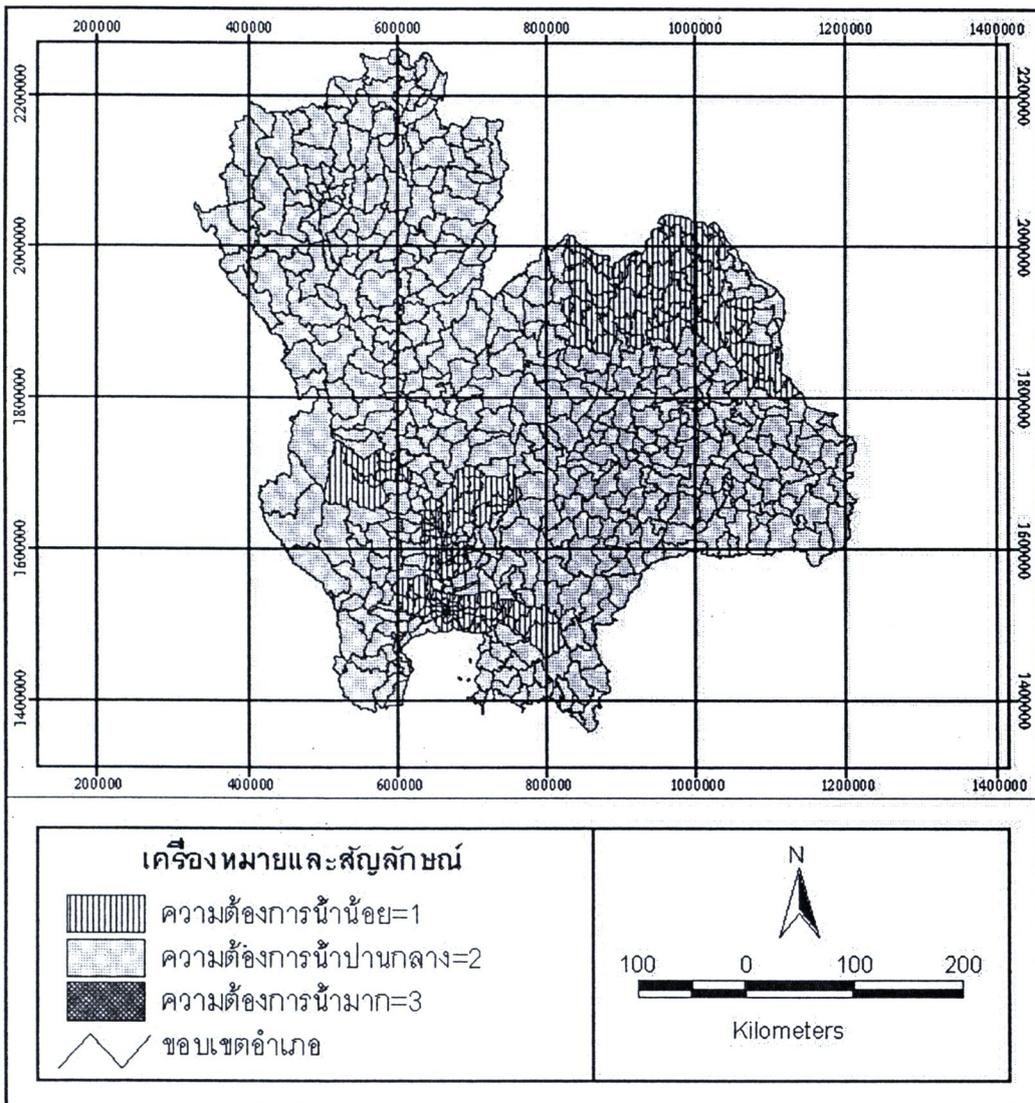
ภาพที่ 4.12 แสดงระดับความต้องการน้ำของพีชระดับอำเภอเดือนกุมภาพันธ์
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)



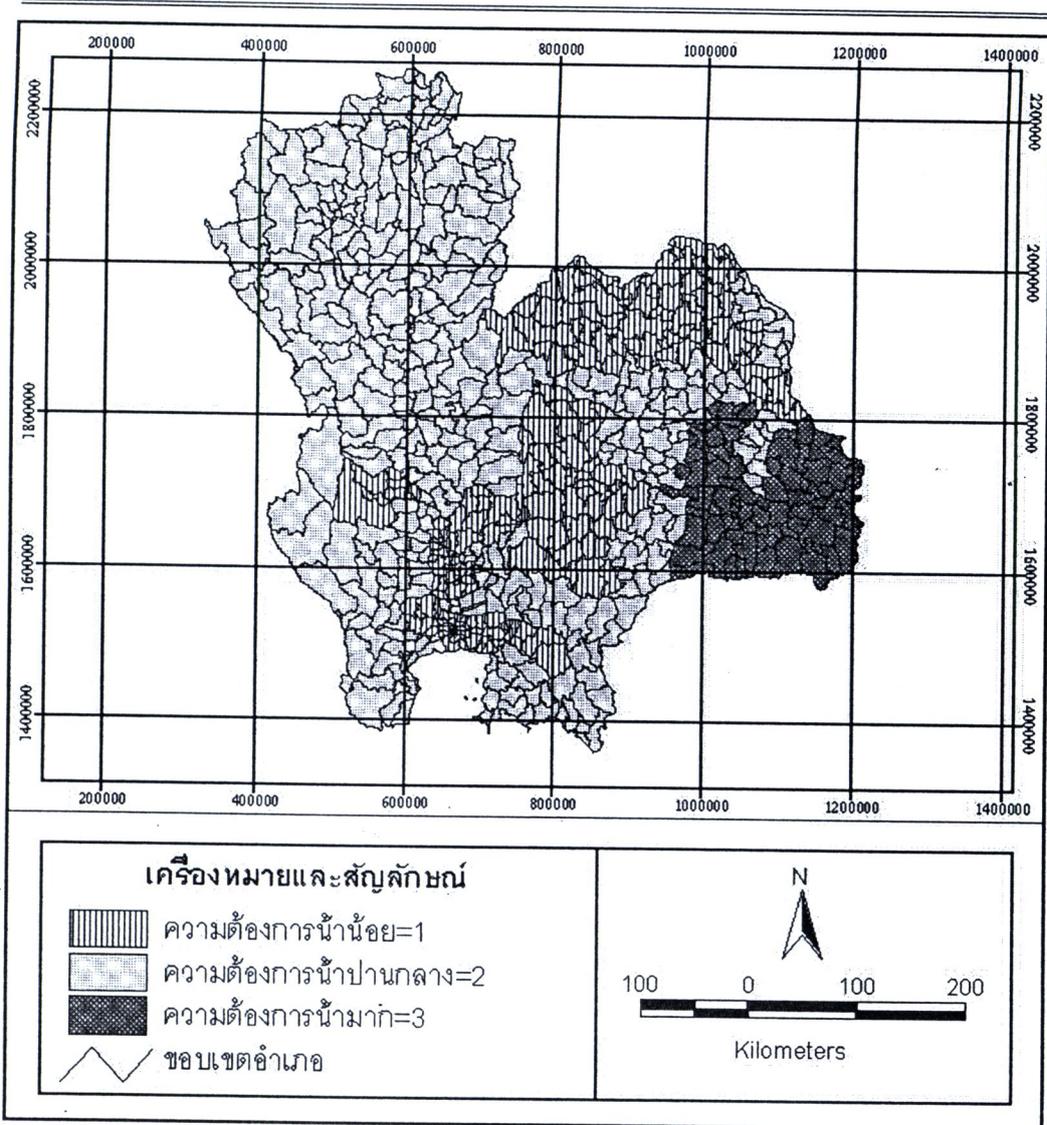
ภาพที่ 4.13 แสดงระดับความต้องการน้ำของพืชระดับอำเภอเดือนมีนาคม
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)



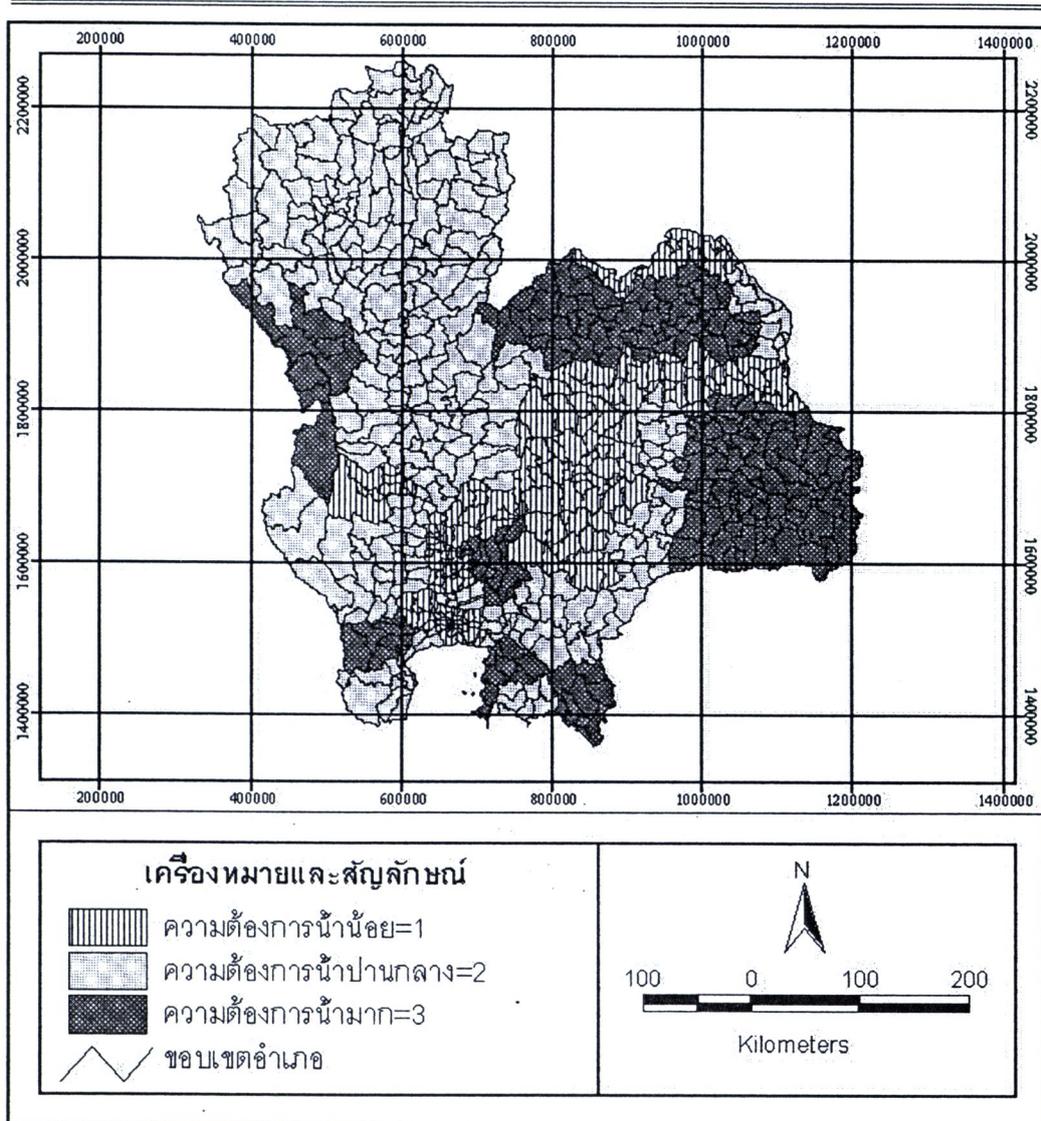
ภาพที่ 4.14 แสดงระดับความต้องการน้ำของพีระระดับอำเภอเดือนเมษายน
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)



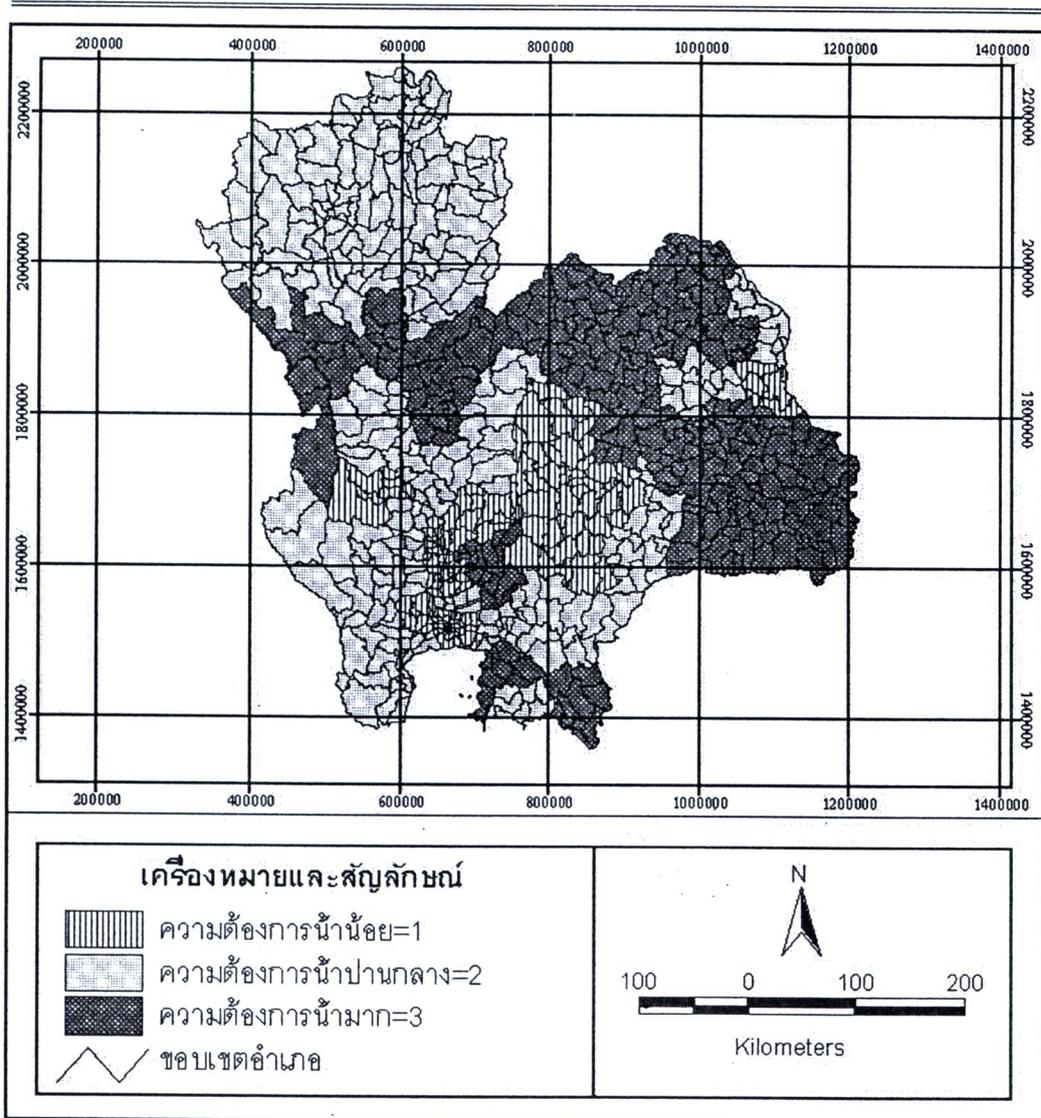
ภาพที่ 4.15 แสดงระดับความต้องการน้ำของพีระระดับอำเภอเดือนพฤษภาคม
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)



ภาพที่ 4.16 แสดงระดับความต้องการน้ำของพื้นที่ระดับอำเภอเดือนมิถุนายน
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)

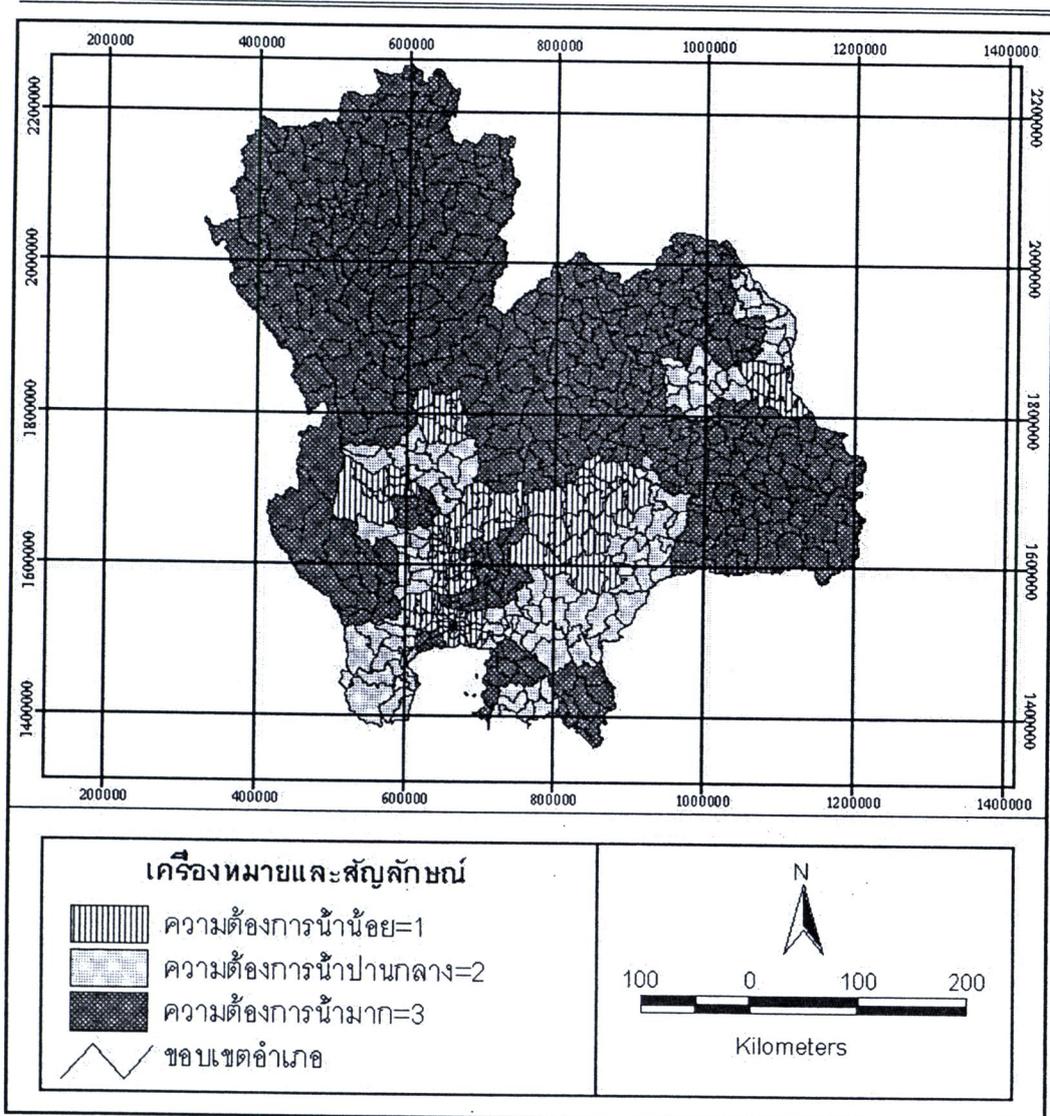


ภาพที่ 4.17 แสดงระดับความต้องการน้ำของพื้นที่ระดับอำเภอเดือนกรกฎาคม
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)

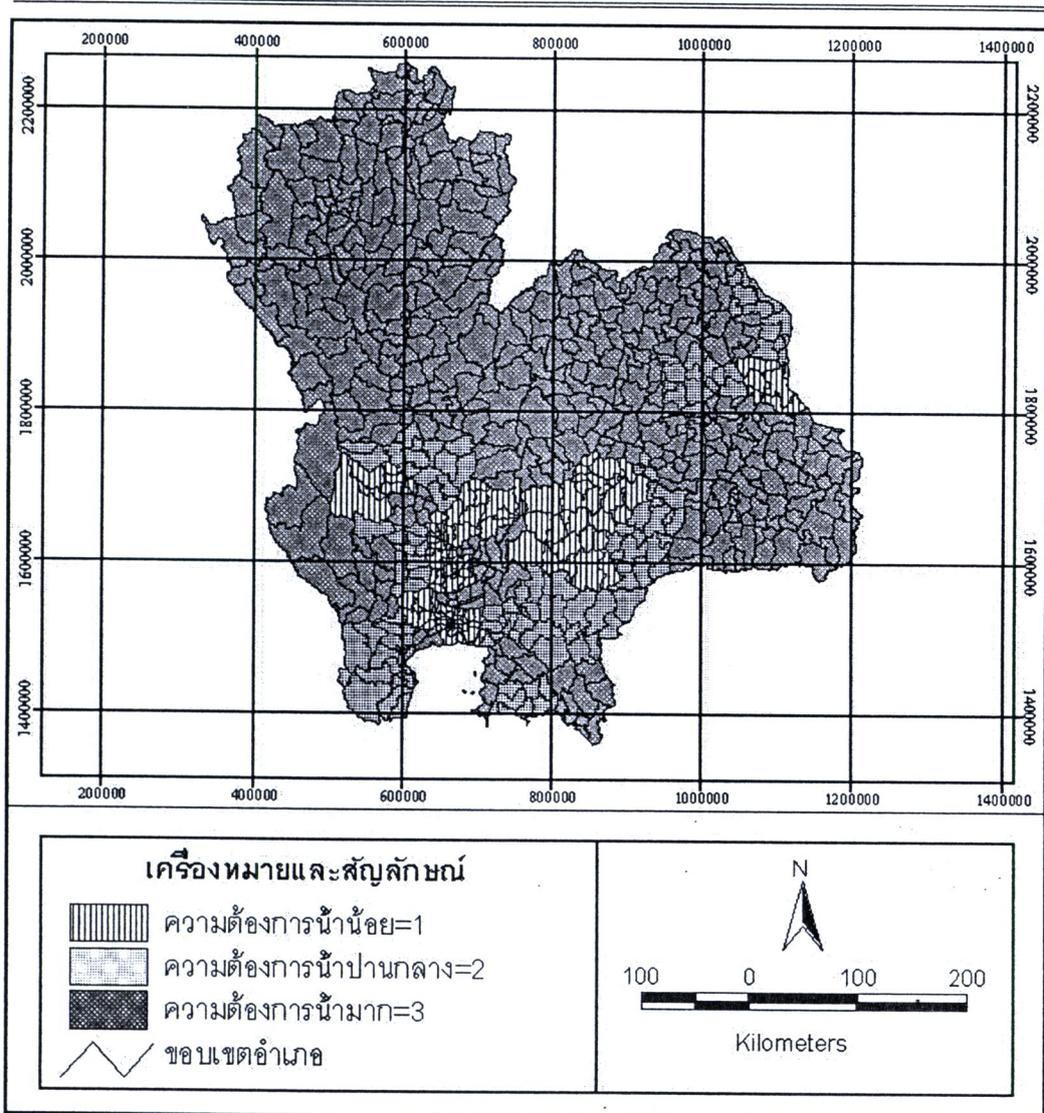


ภาพที่ 4.18 แสดงระดับความต้องการน้ำของพื้นที่ระดับอำเภอเดือนสิงหาคม
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)

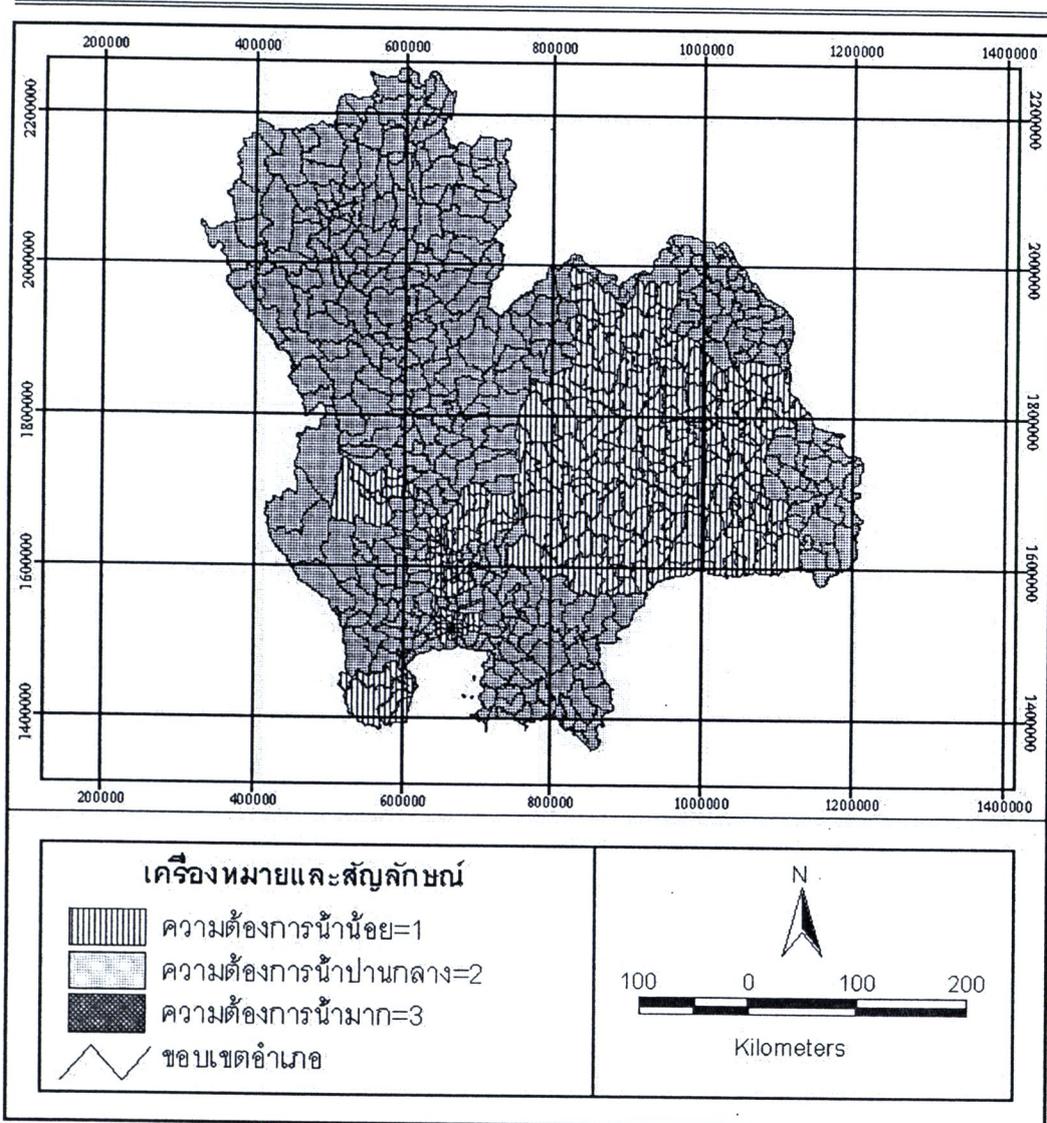




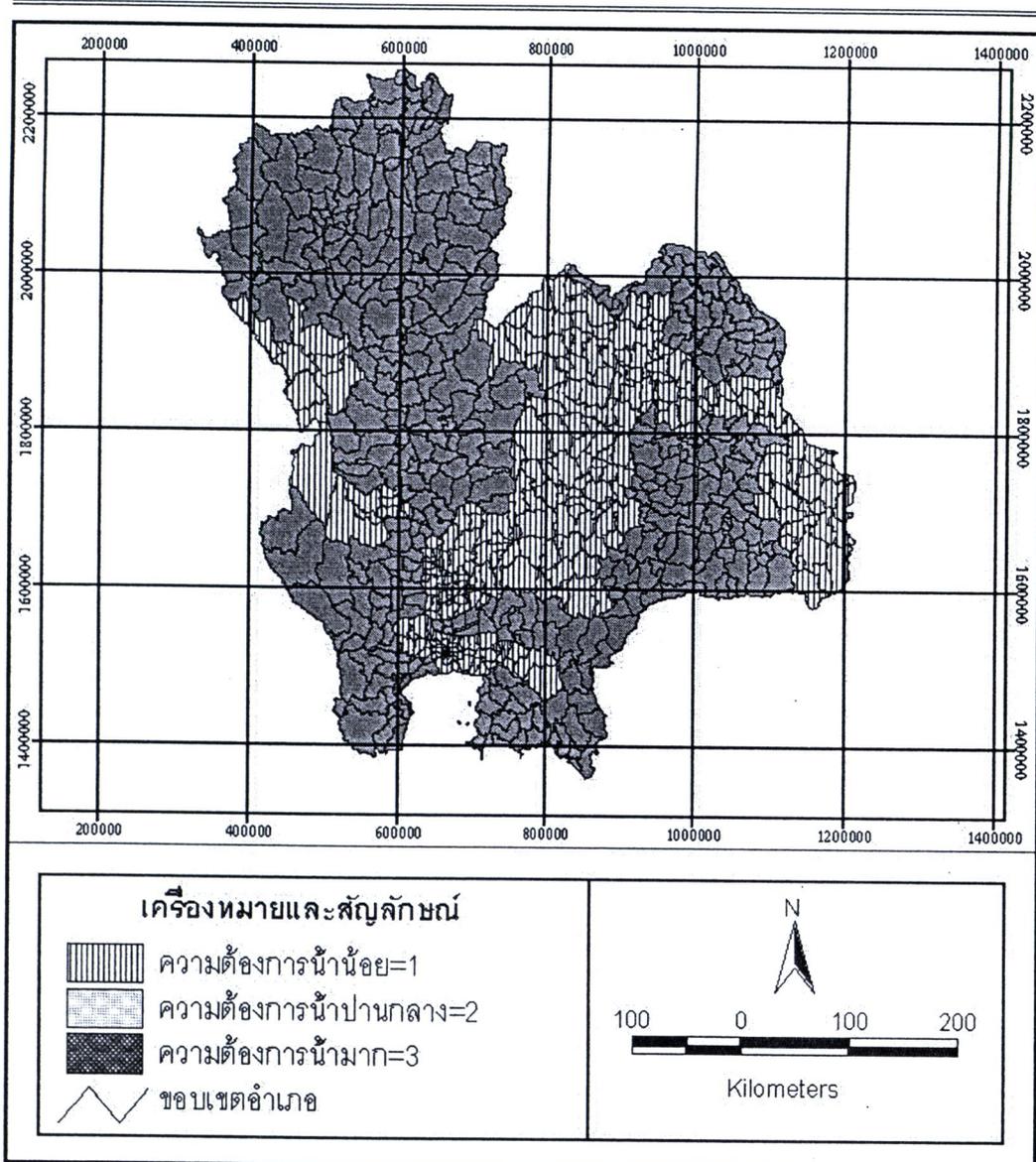
ภาพที่ 4.19 แสดงระดับความต้องการน้ำของพีระระดับอำเภอเดือนกันยายน
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)



ภาพที่ 4.20 แสดงระดับความต้องการน้ำของพืชระดับอำเภอเดือนตุลาคม
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)



ภาพที่ 4.21 แสดงระดับความต้องการน้ำของพืชระดับอำเภอเดือนพฤศจิกายน
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)



ภาพที่ 4.22 แสดงระดับความต้องการน้ำของพื้นที่ระดับอำเภอเดือนธันวาคม
ที่มา: วีระศักดิ์ และคณะ (2549)

4.4 สภาวะอากาศบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการตรวจวัดเมฆฝนด้วยเรดาร์และปริมาณน้ำฝนที่ได้จากการตรวจวัดด้วยถังวัดน้ำฝน โดยพิจารณาจากลักษณะสภาวะอากาศระดับภูมิภาคซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดฝนในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถสรุปได้ ดังนี้

- (1) การแผ่ลงมาของความกดอากาศสูง ปะทะกับหย่อมความกดอากาศต่ำ เนื่องจากความร้อน (AH & HL)

- (2) การพัดสอบของลมตะวันตกเฉียงใต้ หรือลมใต้กับลมตะวันออกเฉียงใต้ (CON)
- (3) การเคลื่อนเข้ามาทางทิศตะวันตกของคลื่นอากาศจากเขตอบอุ่น (WT)
- (4) การเคลื่อนเข้ามาใกล้หรือเข้ามาปกคลุมของหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรง ดีเปรสชัน หรือพายุไซร่อน (LOW & DEP)
- (5) การปกคลุมของร่องมรสุมกำลังแรง (AITCZ)
- (6) การปกคลุมของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง (ASW)
- (7) การปกคลุมของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังอ่อน- ปานกลาง หรือร่องมรสุมกำลังอ่อน-ปานกลาง (WSW & WITCZ)
- (8) การปกคลุมของลมตะวันออก (EWIND)
- (9) การพัดเข้ามาของลมใต้เข้าสู่หย่อมความกดอากาศต่ำ เนื่องจากความร้อน (SWIND)

สภาวะอากาศระดับภูมิภาคทั้ง 9 ชนิดนี้ มีอิทธิพลต่อสภาพภูมิอากาศแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ในที่นี้แบ่งออกเป็น 5 ฤดูกาล ได้แก่

- (1) ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พ.ย.-ก.พ., NM) สภาวะอากาศระดับภูมิภาคที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน คือ AH & HL, CON และ WT
- (2) ฤดูร้อนที่จะเปลี่ยนเข้าฤดูฝน (มี.ค.-เม.ย., SIM) สภาวะอากาศระดับภูมิภาคที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน คือ AH & HL, CON และ WT เช่นเดียวกับ NM
- (3) ฤดูเริ่มต้นของฤดูฝน (พ.ค.-มิ.ย., OSM) สภาวะอากาศระดับภูมิภาคที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน คือ LOW & DEP และ AITCZ
- (4) ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ก.ค.-ก.ย., SM) สภาวะอากาศระดับภูมิภาคที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน คือ AITCZ, ASW และ LOW & DEP
- (5) ฤดูที่จะเปลี่ยนเข้าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ต.ค., WIM) สภาวะอากาศระดับภูมิภาคที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน คือ LOW & DEP และ AITCZ

Prasert (1998) ได้รายงานการวิเคราะห์สภาวะอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยวิธีการจำแนกฤดูและเรียงลำดับ (Rank) ปริมาณฝนในแต่ละฤดู ระหว่างปีพ.ศ.2524 ถึง ปีพ.ศ.2543 และคัดเลือก 3 ปีที่มีฝนสูงสุด (3 WET) 3 ปีที่มีฝนอยู่ที่ค่ามัธยฐานและใกล้เคียง (3 MED) และ 3 ปีที่มีฝนในช่วงต่ำสุดของอันดับ (3 DRY) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปีชุ่มชื้น (ของแต่ละฤดู) กับปีค่ามัธยฐาน 3 ปี (3 MED) และกับปีแห้งแล้ง 3 ปี (3 DRY) ต่อจากนั้นจำแนกความถี่ของการเกิดสภาวะอากาศต่างๆ รวมทั้งช่วงเวลาการเกิด และคำนวณค่าเฉลี่ยของ 3 ปี ในแต่ละกลุ่ม จะได้ค่าเฉลี่ยของสภาวะอากาศและความถี่ของการเกิดที่เอื้ออำนวยต่อการเกิดฝนใน 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม WET กลุ่ม MED และกลุ่ม DRY ดัง

แสดงไว้ในตารางที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าสภาวะอากาศที่ทำให้เกิดฝนมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดู ทั้งนี้ เพราะ สภาวะอากาศเกิดจากปัจจัยควบคุม 3 ประการที่กล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 4.18 ความถี่และช่วงเวลาที่มฝนตก สภาวะอากาศระดับภูมิภาคต่างๆ กัน เปรียบเทียบระหว่าง ฤดูของกลุ่มปีที่มีฝนตกน้อย (DRY) กลุ่มปีที่มีฝนตกมาก (WET) และกลุ่มปีค่ามัธยฐาน (MED) ของฝนจากข้อมูลระหว่างปีพ.ศ.2524 ถึง ปีพ.ศ.2543 ในลุ่มน้ำของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาค+ฤดู	ชนิดของสภาวะอากาศ								
	AH&HL	CON	WT	LOW& DEP	AITCZ	ASW	WSW & WITCZ	EWIND	SWIND
1) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน									
NM: = ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ (พ.ย.-ก.พ. ปีถัดไป)									
NM, WET (96,92,90)	3*3	1*1	1*1	1*1				1*1	
• MED (85,81,91)	4*4	0	1*1	1*1				0	
DRY (85,93,89)	1*1	1*1	1*1	1*1				0	
SIM: = ช่วงเปลี่ยนจากฤดูร้อนเข้าฤดูฝน (มี.ค.-เม.ย.)									
SIM, WET (00,96,99)	5*5	4*7	1*1	1*1					3*3
MED (87,86,81)	4*4	1*1	1*1	0					3*3
DRY (93,83,92)	3*3	2*2	1*1	0					1*1
OSM: = ช่วงเริ่มต้นฤดูฝน (พ.ค.-มิ.ย.)									
OSM, WET (94,90,99)	1*1	1*2		1*2	5*22	2*3	1*3		1*1
MED (95,87,93)	2*3	1*1		1*3	4*15	1*1	2*2		1*1
DRY (92,96,97)	0	1*1		1*1	4*12	1*2	2*4		1*1
SM: = ช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ก.ค.-ก.ย.)									
SM, WET (90,84,96)	1*1		0	3*5	7*33	4*7	5*11		
MED (92,00,87)	0		1*1	4*10	9*27	2*5	6*9		
DRY (88,85,98)	1*3		0	1*2	8*28	2*10	4*9		
WIM: = ช่วงเปลี่ยนเข้าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ต.ค.)									
WIM, WET (88,89,82)	2*2	1*1	0	1*3	2*5		1*1		
MED (84,90,99)	4*4	0	1*1	2*5	2*4		1*1		
DRY (98,94,93)	2*3	0	0	1*1	1*1		2*2		

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ภาค+ฤดู	ชนิดของสภาพอากาศ								
	AH&HL	CON	WT	LOW& DEP	AITCZ	ASW	WSW & WITCZ	EWIND	SWIND
2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง									
NM: = ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ (พ.ย.-ก.พ. ปีถัดไป)									
NM, WET (98,96,81)	6*6	1*1		1*1				0	
MED (00,83,84)	5*5	1*1		1*1				1*1	
DRY (86,91,97)	1*1	1*1		1*1				0	
SIM: = ช่วงเปลี่ยนจากฤดูร้อนเข้าฤดูฝน (มี.ค.-เม.ย.)									
SIM, WET (99,00,93)	3*3	5*8	1*1	1*1		1*2			2*2
MED (90,81,82)	4*4	1*1	0	1*1		0			1*1
DRY (91,83,92)	3*3	1*1	1*1	0		0			2*2
OSM: = ช่วงเริ่มต้นฤดูฝน (พ.ค.-มิ.ย.)									
OSM, WET (00,94,88)	1*2	1*2		1*3	5*20	1*2	1*2		1*1
MED (95,90,98)	2*3	1*1		1*2	4*16	2*4	2*4		1*1
DRY (91,86,82)	1*2	0		1*2	2*12	1*1	4*7		1*1
SM: = ช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ก.ค.-ก.ย.)									
SM, WET (95,94,92)	0			3*3	9*34	3*9	5*9		
MED (82,99,96)	2*2			2*5	8*24	2*6	5*12		
DRY (89,88,86)	1*1			1*3	6*29	2*10	4*11		
WIM: = ช่วงเปลี่ยนเข้าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ต.ค.)									
WIM, WET (83,89,88)	2*4	1*1		2*5	1*4		0		
MED (90,96,81)	3*7	1*1		1*3	1*1		1*1		
DRY (89,87,98)	2*4	1*1		1*1	1*1		2*5		

หมายเหตุ: AH&HL = การแผ่ลิ้มลงมาของความกดอากาศสูงปะทะกับหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน

CON = ลมพัดสอบระหว่างลมใต้หรือลมตะวันตกเฉียงใต้กับลมตะวันออกเฉียงใต้

WT = คลื่นกระแสอากาศตะวันตกเข้ามาปกคลุม

LOW&DEP = ตีเปรตชั้น ความกดอากาศต่ำหรือพายุหมุนเขตร้อนเข้าใกล้

AITCZ = ร่องมรสุมกำลังแรงปกคลุม

ASW = ลมมรสุมกำลังแรงปกคลุม

WITCZ, WSW = ร่องมรสุมกำลังปานกลาง-อ่อน, ลมมรสุมกำลังปานกลาง-อ่อน

EWIND = ลมตะวันออกเฉียงเข้าปกคลุม

SWIND = ลมใต้พัดเข้าสู่ความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน

- NM = ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พ ย -ก พ ปิดตัวไป)
SIM = ฤดูร้อนเริ่มต้นของฤดูฝน (มี.ค -เม ย.)
OSM = ฤดูเริ่มต้นหน้าฝน (การเกิดร่องมรสุม) (พ ค-มิ ย)
SM = ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ก ค -ก ย)
WIM = ฤดูที่เป็นช่วงการเปลี่ยนจาก SW ไปเป็น NE (ต ค)
WET = ช่วงฤดูในป็นั้นๆ ที่มีฝนตกสูงกว่าปกติ จากการจัดอันดับ (Rank) เฉลี่ย 3 ปีที่อยู่อันดับสูงสุด
MED = ช่วงฤดูในป็นั้นๆ ที่มีฝนตกปานกลาง (median) เฉลี่ย 3 ปีที่อยู่ใกล้เคียงกับ Median
DRY = ช่วงฤดูในป็นั้นๆ ที่มีฝนตกมากกว่าปกติ จากการจัดอันดับ (Rank) เฉลี่ย 3 ปี ที่มีอันดับต่ำสุด
4*6 = สภาวะอากาศระดับภูมิภาค 4 ครั้ง รวม 6 วัน

จากหัวข้อที่ผ่านมา ทำให้ทราบว่า การเกิดฝนมีความผันแปรตามสภาวะอากาศ (Weather situation) กล่าวคือบางปีแห้งแล้ง ปกติ และบางปีชุ่มชื้น ดังนั้นโอกาสการเกิดฝนจึงผันแปรไปในแต่ละปี อย่างไรก็ตามในรอบเดือนและรอบฤดูกาลยังสามารถหาช่วงความถี่ในการเกิดฝนได้ ซึ่งเป็นสภาวะอากาศที่เหมาะสมในการทำฝน

สำหรับการวิเคราะห์โอกาสทำฝนในรอบเดือน ซึ่งวิเคราะห์จากข้อมูลภาวะอากาศรายวัน ระหว่างปี 2524-2548 โดยจะทำการวิเคราะห์ในช่วงที่เกิดฝนของสภาวะอากาศทั้ง 9 ชนิด ในแต่ละเดือน เรียงลำดับตั้งแต่โอกาสน้อยที่สุดจนถึงโอกาสมากที่สุดในรอบเดือน พบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีโอกาสน้อยที่สุดในช่วงเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ เมษายน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม และมีโอกาสมากที่สุดในเดือน พฤษภาคม และมีฤดูปานกลางในเดือน พฤษภาคม และมิถุนายน ส่วนช่วงเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายนจะมีโอกาสมาก (ตารางที่ 4.19)

จากตารางที่ 4.19 ได้จำแนกโอกาสฝนตกในแต่ละลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และถ้าแบ่งเป็นฝนตกหรือโอกาสในการทำฝนออกเป็น 3 ระดับคือ มีโอกาสน้อย ฝนตกปานกลาง และฝนตกหนัก จะสามารถประเมินโอกาสทำฝนรายเดือนจากลักษณะภูมิอากาศได้ดังเกณฑ์ดังนี้

- โอกาสทำฝนในรอบเดือนน้อย คือจำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 1-5 วัน
- โอกาสทำฝนในรอบเดือนปานกลาง คือจำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 6-10 วัน
- โอกาสทำฝนในรอบเดือนมาก คือจำนวนวันฝนตกเฉลี่ย มากกว่า 10 วัน

จากเกณฑ์นี้สามารถจำแนกเกณฑ์ช่วยการตัดสินใจในการทำฝนจากสภาวะอากาศในเชิงภูมิอากาศในรอบเดือนได้ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.19 จำนวนวันที่ฝนตกที่มีโอกาสเกิดขึ้นจากสภาวะอากาศระดับภูมิภาค บริเวณลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

เดือน	จำนวนวันที่มีสภาวะอากาศระดับภูมิภาคเอื้อให้เกิดฝนตก (วัน)									โอกาสฝนตกเฉลี่ยในรอบเดือน	
	AH&HL	CON	WT	LOW&DEP	AITCZ	ASW	WSW&WITCZ	EWIND	SWIND		รวม
ม.ค.	0-2	0-2	0-1	-	-	-	-	0-1	-	0-3	2
ก.พ.	0-3	0-2	0-1	-	-	-	-	-	0-1	0-4	2
มี.ค.	0-3	0-4	0-2	-	-	-	-	-	0-2	1-7	4
เม.ย.	0-5	0-6	0-4	0-3	-	0-2	-	-	0-2	2-9	6
พ.ค.	0-4	0-3	0-1	0-7	0-17	-	-	-	0-2	4-23	14
มิ.ย.	0-1	0-1	0-2	0-4	0-16	0-8	0-7	-	-	6-23	15
ก.ค.	-	-	-	0-7	0-15	3-17	1-13	-	-	9-22	19
ส.ค.	-	0-6	-	0-4	6-23	0-17	0-7	-	-	14-25	20
ก.ย.	0-6	-	0-3	0-5	3-20	-	0-6	-	-	13-23	18
ต.ค.	2-7	0-4	-	0-6	0-11	-	0-5	-	-	1-15	8
พ.ย.	0-7	0-1	0-2	0-3	-	-	-	-	0-1	0-5	3
ธ.ค.	0-4	-	0-2	0-3	-	-	-	-	-	0-6	3

- หมายเหตุ: 1. AH&HL = การแผ่รังสีลงมาของความกดอากาศสูงปะทะกับหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน
2. CON = ลมพัดสอบระหว่างลมใต้หรือลมตะวันตกเฉียงใต้กับลมตะวันออกเฉียงใต้
3. WT = คลื่นกระแสอากาศตะวันตกเข้ามาปกคลุม
4. LOW&DEP = ดีเปรสชัน ความกดอากาศต่ำหรือพายุหมุนเขตร้อนเข้าใกล้
5. AITCZ = ร่องมรสุมกำลังแรงปกคลุม
6. ASW = ลมมรสุมกำลังแรงปกคลุม
7. WITCZ, WSW = ร่องมรสุมกำลังปานกลาง-อ่อน, ลมมรสุมกำลังปานกลาง-อ่อน
8. WSW = ลมมรสุมกำลังอ่อนปกคลุม
9. EWIND = ลมตะวันออกเฉียงเข้าปกคลุม
10. SWND = ลมใต้พัดเข้าสู่ความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน
11. โอกาสฝนตกเฉลี่ยในรอบเดือนคือค่าเฉลี่ยของวันที่มีโอกาสฝนตกในรอบเดือน

ตารางที่ 4.20 การประเมินดัชนีระดับสภาวะอากาศระดับภูมิภาค จากระดับปริมาณฝนและระดับขนาดพื้นที่ปกคลุมของฝน

สภาวะอากาศที่เกิดฝน	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	
	การคูณ	SYNI
1) ความกดดันอากาศสูงกำลังแรง (AH&HL)	1*4	4
2) ดีเปรสชันหรือหย่อมความกดอากาศต่อกำลังแรงจากทะเลอันดามัน (LOW&DEP1)	1*5	5
ทะเลจีนใต้ (LOW&DEP2)	2*5	10
3) ร่องมรสุมกำลังแรง (AITCZ)	2*5	10
4) ลมฝ่ายใต้ (SWIND)	1*3	3
5) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง (ASW)	1*3	3
6) ลมฝ่ายตะวันออก (EWIND)	1*1	1
7) การพัดสอบของลมตะวันตกเฉียงใต้กับลมตะวันออกเฉียงใต้ (CON)	1*4	4
8) คลื่นกระแสอากาศตะวันตก (WT)	1*3	3

สำหรับการวิเคราะห์สภาวะอากาศระดับภูมิภาคบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 มีรายละเอียดดังตารางผนวกที่ 2.2 และสรุปสภาวะอากาศระดับภูมิภาคบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ดังตารางที่ 4.21

จากตารางที่ 4.21 พบว่า

- ในช่วงฤดูหนาวจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NM) สภาวะอากาศที่มีอิทธิพลทำให้เกิดฝนตกในพื้นที่โครงการฯ คือ AH รองลงมาได้แก่ AH&HL
- ในช่วงเปลี่ยนจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน (SIM) สภาวะอากาศที่มีอิทธิพลทำให้เกิดฝนตกในพื้นที่โครงการฯ คือ AH&HL รองลงมาได้แก่ HL และ CON
- ในช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (OSM) สภาวะอากาศที่มีอิทธิพลทำให้เกิดฝนตกในพื้นที่โครงการฯ คือ WSW รองลงมาได้แก่ ASW
- ในช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SM) สภาวะอากาศที่มีอิทธิพลทำให้เกิดฝนตกในพื้นที่โครงการฯ คือ AITCZ รองลงมาได้แก่ WSW
- ในช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว (WIM) สภาวะอากาศที่มีอิทธิพลทำให้เกิดฝนตกในพื้นที่โครงการฯ คือ AH&HL รองลงมาได้แก่ AITCZ และ AH



ตารางที่ 4.21 สภาวะอากาศระดับภูมิภาคบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550

สภาวะอากาศ	ฤดูกาล					จำนวนวันรวม
	SIM	OSM	SM	WIM	NM	
AH&HL	66	2		21	20	109
AITCZ		5	62	8		75
ASW		33	38	3		74
CON	22	8			3	33
D&L(1)	7	9	4			20
D&L(2)		2	23	6	1	31
EWIND				2		2
SWIND	11					11
WITCZ		23	14			37
WSW		39	40	4		83
WT		1			1	2
ไม่มีฝน	16		3	18	156	193

4.5 ข้อมูลตรวจอากาศชั้นบน

วีระศักดิ์ และคณะ (2549) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลการตรวจอากาศชั้นบนและทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างปริมาณน้ำฝนกับผลตรวจอากาศชั้นบนที่วิเคราะห์แล้วของสำนักฝนหลวงและกรมอุตุนิยมวิทยา ได้แก่

- (1) ปริมาณน้ำฟ้า (Precipitation Water; Pw) หน่วยเป็นเซนติเมตร
- (2) ระดับความสูงที่เกิดจากการกลั่นตัวของกลุ่มอากาศ (ค่าความสูงของเมฆคิวมูลัส) โดยเกิดจากการพาความร้อนอย่างเดียวจากพื้นผิว (Convective Condensation Level; CCL)
- (3) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH)
- (4) ความเร็วลม (Wind speed; Ws) หน่วยเป็นนอต
- (5) ดัชนีเสถียรภาพ Sholwalter Index (SI) เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทำนายความเสถียรของบรรยากาศ หมายถึงค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ระดับ 500 มิลลิบาร์ (T500) กับอุณหภูมิที่กลุ่มอากาศยกตัวจากระดับ 850 มิลลิบาร์แบบอะเดียบาติกแห้งจนอิ่มตัวโดยกระบวนการอะเดียบาติกที่ระดับ 500 มิลลิบาร์ (T850 - 500) $SI = T500 - T850 - 500$ มีค่าลบแสดงว่าไม่ทรงตัวหรือไม่เสถียรของกลุ่มอากาศ SI มีค่าบวกแสดงถึงความทรงตัวหรือความเสถียรของกลุ่มอากาศ

(6) ดัชนีเสถียรภาพ (Lifted Index, LI) เป็นค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ระดับ 500 มิลลิบาร์ (T500) กับค่าของกลุ่มอากาศที่อุณหภูมิสูงสุดโดยประมาณกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยจากผิวพื้นจนถึงระดับ 850 มิลลิบาร์ ถูกยกตัวขึ้นแบบอะเดียบาติกแห้ง (DALR) จนอิ่มตัว แล้วตามด้วยกระบวนการอะเดียบาติกอ้อมตัว (SALR) ไปที่ระดับ 500 มิลลิบาร์ (T1000- 500) $LI = T500 - T1000 - 500$ ค่าบวกแสดงถึงสภาวะเสถียร ถ้า LI มีค่าอยู่ระหว่าง $LI < SI < -1$ องศาเซลเซียส แสดงถึงความไม่มีเสถียรของบรรยากาศและสามารถทำนายว่าจะเกิดพายุฝนฟ้าคะนองรุนแรง

(7) ดัชนีเสถียรภาพ K Index เป็นค่าที่แสดงโอกาสที่จะสามารถเกิดพายุฝนฟ้าคะนองเมื่อค่า K Index เพิ่มขึ้น จะมีโอกาสเกิดมวลอากาศพายุฝนฟ้าคะนองได้ ดังนี้

K Index	โอกาสเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง (%)
<15	0
15-20	20
21-25	20-40
26-30	40-60
31-35	60-80
36-40	80-90
>40	100

(8) ค่าพลังงานการยกตัวของอากาศ (Cape1, Cape2)

จากการศึกษาของวีระศักดิ์ และคณะ (2549) โดยทำการวิเคราะห์สมการการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ (multiple linear regression analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ในการทำนายค่าของปริมาณน้ำฝนของประเทศไทยตอนบน รวมถึงภาคตะวันออกเฉียงเหนือกับตัวแปรอิสระต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนดังกล่าว โดยได้กำหนดตัวแปรตาม (dependent variable) ด้วย Y ดังนี้

$$Y_{(LO-NE)} = \text{ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (ปี 2543-2550)}$$

$$Y_{(\%LO-NE)} = \text{\%ของสถานที่ที่มีฝนตกบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (ปี 2543-2550)}$$

โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับค่าของตัวแปรที่เกี่ยวข้องหนึ่งตัว หรือมากกว่า ซึ่งเรียกว่า ตัวแปรอิสระ (independent variable) หรือตัวแปรต้นมักแทนด้วย X ดังนี้

$$X_{Pw} = \text{ปริมาณน้ำฟ้า (Precipitation Water, Pw)}$$

$$X_{CCL} = \text{ระดับประเินความสูงฐานเมฆที่เกิดจากการพาความร้อน}$$

$$X_{RHccl} = \text{RH ที่ CCL}$$

X_{RH10}	=	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ความสูง 0-10,000 ฟุต
X_{RHAb}	=	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ความสูง 10,000-18,000 ฟุต
X_{Ws}	=	ความเร็วลม (Wind speed)
X_{SI}	=	ดัชนีเสถียรภาพ SI
X_{LI}	=	ดัชนีเสถียรภาพ LI
X_{KI}	=	ดัชนีเสถียรภาพ KI
X_{Cape1}	=	ค่าพลังงานการยกตัวของอากาศ 1
X_{Cape2}	=	ค่าพลังงานการยกตัวของอากาศ 2

วีระศักดิ์และคณะ (2549) ได้ทำการวิเคราะห์สมการโดยใช้ข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนของสถานีเรดาร์ฝนหลวงเฉลิมพระเกียรติ อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดนครราชสีมา พิจารณาในช่วงฤดูฝน (ระหว่างวันที่ 16 พ.ค. – 15 ต.ค.) และนอกช่วงฤดูฝน (ก่อน 16 พ.ค. และหลัง 15 ต.ค.) ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542-2548 และได้ทำการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมถึงปี พ.ศ. 2550 โดยทำการสุ่มตัวอย่างตามวิธีของ Arkon (1974) พบว่าขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนที่ระดับความชื้น 0.02 ในช่วงฤดูฝน มีจำนวน 205 ตัวอย่าง และนอกฤดูฝนจำนวน 66 ตัวอย่าง และใช้การวิเคราะห์ Multiple Regression แบบ stepwise method ซึ่งเป็นวิธีคัดเลือกตัวแปรต้นในเส้นถดถอยโดยคัดตัวแปรต้นเข้าในเส้นถดถอยทีละตัว (Forward) และคัดออกทีละตัว (Backward) เพื่อคัดเลือกตัวแปรที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการทำนายปริมาณน้ำฝนในระดับภูมิภาค ข้อมูลตรวจอากาศชั้นบนในช่วงฤดูฝนแสดงดังตารางผนวกที่ 4.1 และนอกฤดูฝนแสดงดังตารางผนวกที่ 4.2 และ ได้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

ในช่วงฤดูฝน

$$Y_{(LO-NE)} = 19.563 - 2.1279 X_{Pw} \quad \dots (4-1)$$

$$Y_{(%LO-NE)} = -13.429 + 0.762 X_{RHAb} - 3.387 X_{LI} \quad \dots (4-2)$$

นอกช่วงฤดูฝน

$$Y_{(LO-NE)} = -14.765 + 4.869 X_{Pw} \quad \dots (4-3)$$

$$Y_{(%LO-NE)} = -9.539 + 0.688 X_{RHAb} \quad \dots (4-4)$$

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนคลื่นเรดาร์ และอัตราการตกของฝนจากเครื่องวัดน้ำฝน อัตโนมัติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเรดาร์ตรวจวัดฝน บริเวณสถานีเรดาร์ฝนหลวงเฉลิมพระเกียรติ อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดนครราชสีมา ของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร โดยทำการคัดเลือกเฉพาะวันที่มีข้อมูลเรดาร์ตรงกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนอัตโนมัติ เนื่องจากมีการเก็บข้อมูลของปริมาณน้ำฝนรายวันของสถานี จำนวน 50 สถานี ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2545 ถึง ปี พ.ศ. 2547 และทำการเลือกกลุ่มฝนที่ปรากฏบนเรดาร์ในแต่ละวัน ตั้งแต่เริ่มปรากฏตัวจนสลายตัว จากนั้นอ่านข้อมูลค่าการสะท้อนกลับสูงสุดจากภาพเรดาร์ในช่วงเวลาที่มีการเกิดจนถึงสลายตัวของเมฆฝนและช่วงเวลาที่ฝนตก แล้วนำมาเปรียบเทียบกับอัตราการตกของฝนที่วัดได้จากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติที่ตั้งอยู่บนพื้นดิน นำมาคำนวณหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนจากเรดาร์กับอัตราการตกของฝนจริงที่วัดได้จากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ ในการศึกษาได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์แล้วจำนวน 14 สถานี โดยนำข้อมูลในปี พ.ศ. 2546 มาวิเคราะห์ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 รายละเอียดของสถานีและวันที่นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อน
และอัตราการตกของฝนจากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ

สถานี ^{1/}	จำนวนวันที่นำมาวิเคราะห์	วันที่นำข้อมูลมาวิเคราะห์
5	18	วันที่ 21-22,27-29 เม.ย.2546 วันที่ 6 8-,12-13,18,20,23 พ.ค. 2546 วันที่ 6,16,22,29,30 มิ.ย. 2546
10	23	วันที่ 27-30 เม.ย.2546 วันที่ 8,10,12-13,21,29-31 พ.ค. 2546 วันที่ 1,3,5,7,16,19-22,28-29 มิ.ย. 2546
14	23	วันที่ 19,21-22,27,28 มิ.ย. 2546 วันที่ 10-11,24,26-28,30 ก.ค. 2546 วันที่ 1,5,10-12,17,20-21,23,25,30 ส.ค. 2546
21	21	วันที่ 22,26,27,29 เม.ย.2546 วันที่ 8,13,19,27-31พ.ค. 2546 วันที่ 1-2,4,16-18,22-23,28 มิ.ย. 2546
23	42	วันที่ 23,26,28-29 มิ.ย. 2546 วันที่ 2,5,6,14,26,28 ก.ค. 2546 วันที่ 1,3-5,7-8,10,16,17,19-25,27-28,30-31 ส.ค. 2546 วันที่ 2-5,7,10-15 ก.ย. 2546
25	19	วันที่ 21,24,27 เม.ย.2546 วันที่ 8-9,12-13,20,23,29,31 พ.ค. 2546 วันที่ 1-3,17-18,22,30 มิ.ย. 2546
36	24	วันที่ 23-24,27-30 เม.ย.2546 วันที่ 2-3,7-8,10,12,23,30 พ.ค. 2546 วันที่ 1-3,10,16-17,23,28-30 มิ.ย. 2546
37	27	วันที่ 21,23,27,30 เม.ย.2546 วันที่ 8-9,11-13,15,20,22,30-31 พ.ค. 2546 วันที่ 1-3,6,16-18,22-24,27-29 มิ.ย. 2546
43	6	วันที่ 23,27 เม.ย.2546 วันที่ 8-10,12 พ.ค. 2546
31	9	วันที่ 16,17,22-23,29-30 มิ.ย.2546 วันที่ 2,5,6,9 ก.ค. 2546
50	7	วันที่ 21,28,29 มิ.ย. 2546 วันที่ 2,7.12-13 ก.ค. 2546
4	30	วันที่ 16, 17, 22 มิ.ย. 2546 วันที่ 1,2,22-24, 26-28,30 ก.ค.2546 วันที่ 4-5,12,16-18,20-23, 29-30 ส.ค. 2546 วันที่ 1-2 ,4,9,10 ก.ย. 2546
38	13	วันที่ 16,19-22, 27-28 มิ.ย. 2546 วันที่ 1-2,4-7 ก.ค. 2546
34	11	วันที่ 17,22-23, 29-30 มิ.ย. 2546 วันที่ 1-2, 5-6, 12-13 ก.ค. 2546

หมายเหตุ: 1/ หมายเลขสถานีสามารถดูเทียบกับตารางผนวกที่ 5

จากการรวบรวมภาพเรดาร์ที่ได้จากสถานีเรดาร์ฝนหลวงเฉลิมพระเกียรติ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร ที่ตรงกับช่วงเวลาที่ทำการวิเคราะห์อัตราการตกของฝนตั้งไว้ในตารางที่ 4.22 เพื่อศึกษาสมการความสัมพันธ์ของอัตราการตกของฝนและค่าการสะท้อนของเมฆ ที่ได้จากภาพเรดาร์บริเวณที่มีเมฆครอบคลุมพื้นที่สถานีตรวจวัดน้ำฝนประมาณ 1 ตารางกิโลเมตร

จากการวิเคราะห์สามารถจำแนกลักษณะการก่อตัวของเมฆได้ 2 ประเภท คือเมฆที่มีลักษณะเป็นแผ่น (Nimbostatus) และเมฆก่อตัวในแนวตั้ง (Cumulonimbus) ดังข้อมูลในตารางผนวกที่ 6 และจากการวิเคราะห์แยกตามการก่อตัวของเมฆข้างต้น พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนคลื่นเรดาร์ของเมฆและอัตราการตกของฝนธรรมชาติและจากปฏิบัติการทำฝนของเมฆแผ่น มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 4.5 และความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนคลื่นเรดาร์ของเมฆและอัตราการตกของฝนธรรมชาติและจากปฏิบัติการทำฝนของเมฆก่อตัวแนวตั้งมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 4.6 และกราฟความสัมพันธ์แสดงดังภาพที่ 4.23

สมการของเมฆฝนแบบแผ่น

$$Ze = 4.8068 R^{1.8582} \text{ หรือ}$$

$$\text{Log Ze} = 1.8582 (\text{log GER}) + 0.6818 \quad (R^2 = 0.8486) \quad \dots (4.5)$$

สมการของเมฆฝนที่ก่อตัวในแนวตั้ง

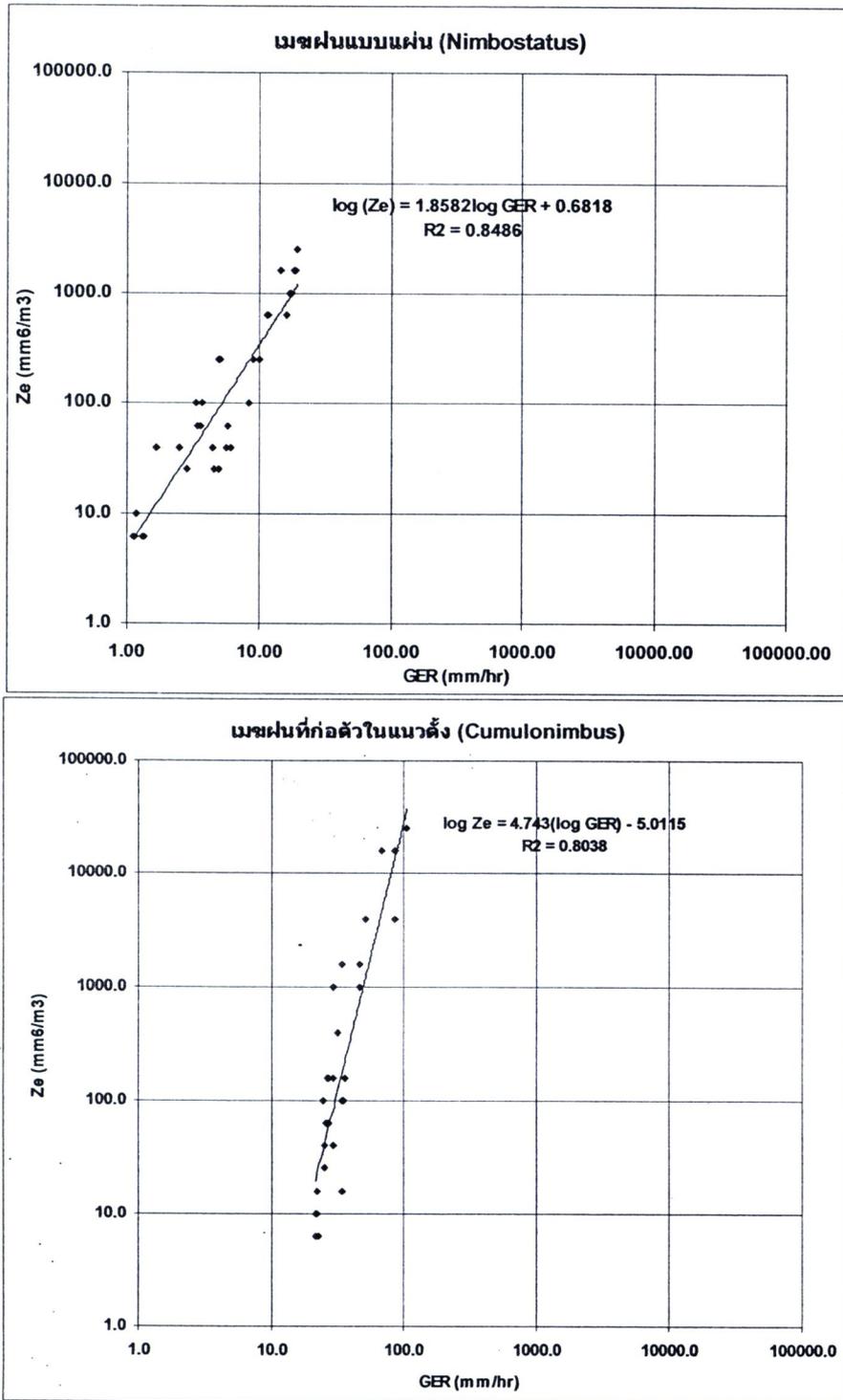
$$Ze = 10^{-5} R^{4.743} \text{ หรือ}$$

$$\text{Log Ze} = 4.743 (\text{log GER}) - 5.0115 \quad (R^2 = 0.8038) \quad \dots (4.6)$$

เมื่อ $Ze =$ ค่าสภาพการสะท้อนคลื่นเรดาร์ (Equivalent Radar Reflectivity Factor: mm^6/m^3)

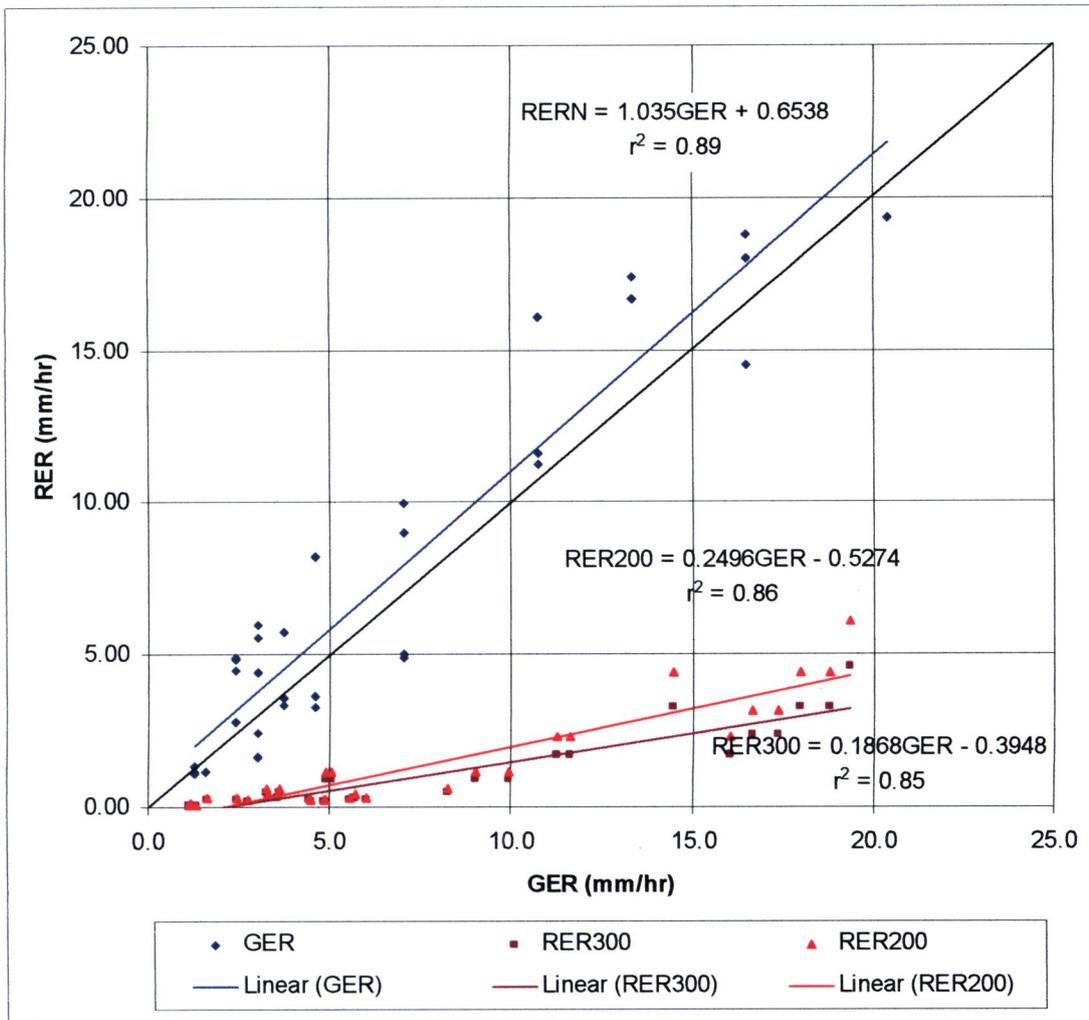
GER (Gauge Estimate Rainfall) = อัตราการตกของฝนที่วัดได้จากเครื่องวัดอัตโนมัติ
 mm/hr

เมื่อ $Ze = 10^{(z/10)}$ เมื่อ Z คือ Radar Reflectivity Factor มีหน่วยเป็น dBz



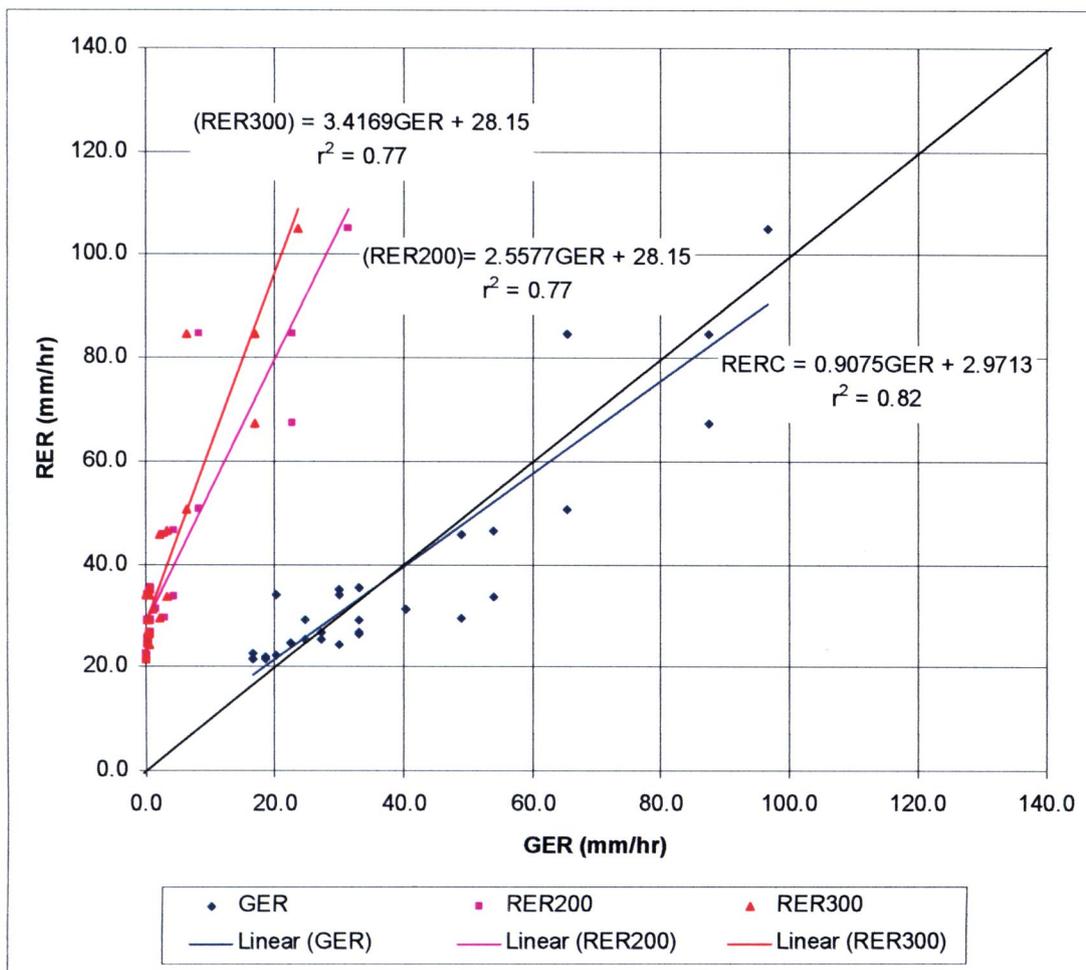
ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพการสะท้อนคลื่นเรดาร์และอัตราการตกของฝนธรรมชาติและฝนจากการปฏิบัติการทำฝนที่วัดจากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติของเมฆฝนแบบแผ่น (บน) และเมฆฝนที่ก่อตัวในแนวตั้ง (ล่าง)

เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการตกของฝนที่วัดได้จริงจากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ (GER) กับอัตราการตกของฝนที่ได้จากสมการสำหรับเมฆแผ่น (4.5) (Radar Estimate of Rainfall from Nimbostratus: RERN) อัตราการตกของฝนจากสมการสำหรับเมฆแผ่น $Z=300R^{1.4}$ หรือ (RER300) และอัตราการตกของฝนจากสมการสำหรับเมฆก่อตัวตามแนวตั้ง $Z=200R^{1.6}$ หรือ (RER200) เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการนำความสัมพันธ์ดังกล่าวไปใช้งานต่อไป พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตกของฝนที่วัดได้จริงจากเครื่องวัดน้ำฝนกับอัตราการตกของฝนที่วิเคราะห์ได้จากสมการที่ (4.5) มีความสัมพันธ์มากคือได้ค่าความสัมพันธ์ r^2 เท่ากับ 0.89 และมีความชันของเส้นความสัมพันธ์เท่ากับ 1.035 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราการตกของฝนที่คำนวณจากสมการ $Z=300R^{1.4}$ และ $Z=200R^{1.6}$ แล้วพบว่า สมการ (4.5) จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการประเมินปริมาณน้ำฝนที่ได้จากค่าสภาพการสะท้อนของคลื่นเรดาร์แบบเมฆแผ่น แสดงดังภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.24 การเปรียบเทียบอัตราการตกของฝนที่วัดได้จากเครื่องวัดน้ำฝนกับอัตราการตกของฝนสำหรับเมฆแผ่นแบบแผ่น ที่คำนวณได้จากสมการที่ (4.5)

และเมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการตกของฝนที่วัดได้จริงจากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ (GER) กับอัตราการตกของฝนที่ได้จากสมการสำหรับเมฆก่อตัวในแนวตั้ง (4.6) (Radar Estimate of Rainfall from Cumulonimbus: RERC) อัตราการตกของฝนจากสมการสำหรับเมฆแผ่น $Z=300R^{1.4}$ หรือ (RER300) และอัตราการตกของฝนจากสมการสำหรับเมฆก่อตัวตามแนวตั้ง $Z=200R^{1.6}$ หรือ (RER200) เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการนำความสัมพันธ์ดังกล่าวไปใช้งานต่อไป พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตกของฝนที่วัดได้จริงจากเครื่องวัดน้ำฝนกับอัตราการตกของฝนที่วิเคราะห์ได้จากสมการที่ (4.6) มีความสัมพันธ์มากคือได้ค่าความสัมพันธ์ r^2 เท่ากับ 0.82 และมีความชันของเส้นความสัมพันธ์ 0.9075 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราการตกของฝนที่คำนวณจากสมการ $Z=300R^{1.4}$ และ $Z=200R^{1.6}$ แล้วพบว่า สมการ (4.6) จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการประเมินปริมาณน้ำฝนที่ได้จากค่าสภาพการสะท้อนของคลื่นเรดาร์เมฆฝนก่อตัวในแนวตั้ง แสดงดังภาพที่ 4.25



ภาพที่ 4.25 การเปรียบเทียบอัตราการตกของฝนที่วัดได้จากเครื่องวัดน้ำฝนกับอัตราการตกของฝนสำหรับเมฆฝนที่ก่อตัวในแนวตั้ง ที่คำนวณได้จากสมการที่ (4.6)

เมื่อทำการวิเคราะห์โดยนำระยะทางจากสถานีเรดาร์กับสถานีตรวจวัดน้ำฝน (d) (ตารางที่ 4.23) และอัตราการตกของฝนจากเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติ (GER) ที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดน้ำฝนดังกล่าว นำมาหาความสัมพันธ์โดยใช้การวิเคราะห์ Multiple Regression แบบ Stepwise method จากการวิเคราะห์พบว่าระยะทางไม่มีความสัมพันธ์กับความสัมพันธ์ระหว่างค่า GER และค่า Ze แต่อย่างใด

ตารางที่ 4.23 ระยะห่างระหว่างสถานีเรดาร์กับสถานีตรวจวัดน้ำฝน

สถานีที่	ระยะทาง (กิโลเมตร)	สถานี	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	สถานีเรดาร์	30	56.2
2	13.4	31	64.1
3	26.3	32	76.2
4	52.9	33	90.7
5	13.2	34	104.3
6	50.6	35	124.6
7	63.0	36	140.0
8	79.8	37	65.5
9	90.2	38	125.6
10	106.1	X1	61.2
11	118.0	X2	61.1
12	125.7	X3	61.0
13	135.8	X4	60.8
14	152.1	X5	46.2
15	24.2	X6	58.5
16	37.2	Y1	61.4
17	50.9	Y2	61.4
18	63.0	Y3	61.7
19	88.2	Y4	62.3
20	101.3	Y5	63.6
21	114.7	Y6	66.5
22	127.8	KS	129.5
23	140.1	KK	76.4
24	152.4	CH	66.0
25	70.7	PC	157.6
26	106.6	NM	58.6
27	143.3	NR	59.2
28	26.2	ST	75.3
29	41.2	CP	91.7

4.7 อัตราการตกของฝนกับสภาวะอากาศ

1) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตกของฝนกับสภาวะอากาศ

จากการวิเคราะห์สภาวะอากาศในแต่ละฤดู (ดังข้อมูลในตารางที่ 4.5) และการวิเคราะห์อัตราการตกของฝนตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศจำนวน 6 สถานี เพื่อให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่โครงการฯ ได้แก่

- 1) สถานีที่ 06 องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านเป่า อ.พุทไธสง จ.บุรีรัมย์
- 2) สถานีที่ 51 (KS) สถานีอุตุนิยมวิทยามหาสารคาม อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม
- 3) สถานีที่ 54 (PC) สถานีตรวจอากาศปากช่อง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา
- 4) สถานีที่ 57 (ST) สถานีตรวจอากาศบุรีรัมย์ อ.สตึก จ.บุรีรัมย์
- 5) สถานีที่ 58 (CP) สถานีอุตุนิยมวิทยาชัยภูมิ อ.เมือง จ.ชัยภูมิ
- 6) สถานีที่ 55 (NM) สถานีตรวจอากาศนครราชสีมา อ.เมือง จ.นครราชสีมา

เมื่อวิเคราะห์อัตราการตกของฝนเทียบกับในแต่ละสภาวะอากาศของสถานีทั้ง 6 แห่ง โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 15 กันยายน 2549 ถึงวันที่ 8 ตุลาคม พ.ศ. 2550 เมื่อจำแนกอัตราการตกของฝนเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับน้อย (น้อยกว่า 10 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) ระดับปานกลาง (10.1-20.0 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) ระดับค่อนข้างมาก (20.1-50.1 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) และ ระดับมาก (มากกว่า 50 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) พบว่าอัตราการตกของฝนระดับมากและเกิดขึ้นนานที่สุดจะเกิดในสภาวะอากาศแบบ D&L (1) และ AITCZ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตกของฝนกับสภาวะอากาศบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

สภาวะอากาศ	จำนวนวันที่ศึกษา	Average Duration (นาที)			
		ในแต่ละช่วงอัตราการตกของฝน			
		<10.0 มม./ชม.	10.1-20.0 มม./ชม.	20.1-50.0 มม./ชม.	>50.1 มม./ชม.
AITCZ	16	34	9	3	5
D&L(2)	6	54	6	8	-
ASW	12	9	6	2	3
CON	4	16	4	2	-
AH&HL	6	62	7	7	-
HL	2	34	18	9	-
D&L (1)	7	141	3	3	5
WITCZ	5	109	2	-	1
WSW	3	213	10	7	1

4.8 เมฆพิสิกส์บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

จากการรวบรวมภาพเรดาร์จากสถานีเรดาร์ฝนหลวงเฉลิมพระเกียรติ อำเภอพิมาย จังหวัด นครราชสีมา ของสำนักฝนหลวงและการบินเกษตร ตั้งแต่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของเมฆ โดยทำการวิเคราะห์สภาพเมฆพิสิกส์ของแต่ละสภาวะอากาศ ประกอบด้วยตำแหน่ง เวลา ค่าการสะท้อนของเมฆกลุ่มแรกที่เกิดขึ้น ลักษณะการก่อตัวเป็นเมฆฝน เปรียบเทียบกับภาพดาวเทียม เพื่อวิเคราะห์การก่อตัวและเคลื่อนตัวของกลุ่มเมฆแบบภาพรวม รวมถึง วิเคราะห์การก่อตัวเป็นเมฆอย่างรวดเร็ว ธรรมดา หรือก่อตัวอย่างช้าของแต่ละสภาวะอากาศ บริเวณ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การศึกษาพฤติกรรมเมฆโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศรายวัน ซึ่งรายงานโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ใช้ เกณฑ์การแบ่งฤดูกาล และแบ่งสภาวะอากาศระดับภูมิภาค (Synoptic) ทั้งหมด 9 รูปแบบ และข้อมูล การตรวจจกลุ่มเมฆด้วยเรดาร์ จากสถานีเรดาร์ฝนหลวงเฉลิมพระเกียรติ อำเภอพิมาย จังหวัด นครราชสีมา สำนักงานฝนหลวงและการบินเกษตร สามารถสรุปผลการศึกษาพฤติกรรมของเมฆเบื้องต้น ได้ดังนี้

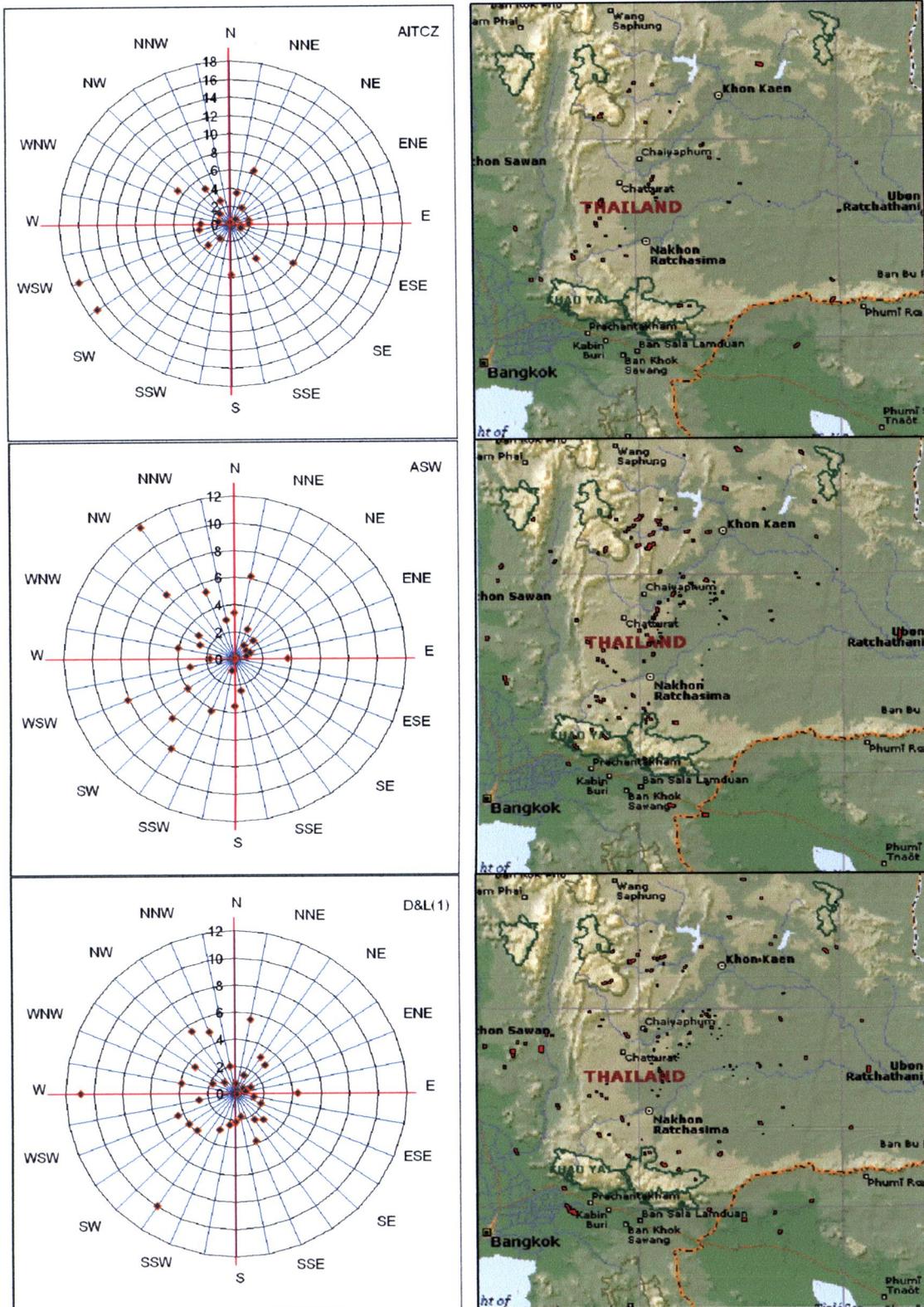
1) วิเคราะห์ค่าการสะท้อนครั้งแรกของเมฆ (first echo) จากข้อมูลเรดาร์

วิเคราะห์ค่าการสะท้อนครั้งแรกของเมฆ (First echo) จากข้อมูลเรดาร์ โดยทำการศึกษาดำแหน่ง (พิกัด) เวลา ทิศทางและเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เมฆที่เกิดค่าสะท้อนครั้งแรกของเมฆ ในแต่ละสภาวะอากาศที่ก่อให้เกิดฝน ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 ที่นำมาวิเคราะห์ ผลการศึกษาทิศที่พบค่าการสะท้อนครั้งแรกในแต่ละวันและแต่ละสภาวะอากาศแสดงดังตารางที่ 4.25 พบว่า

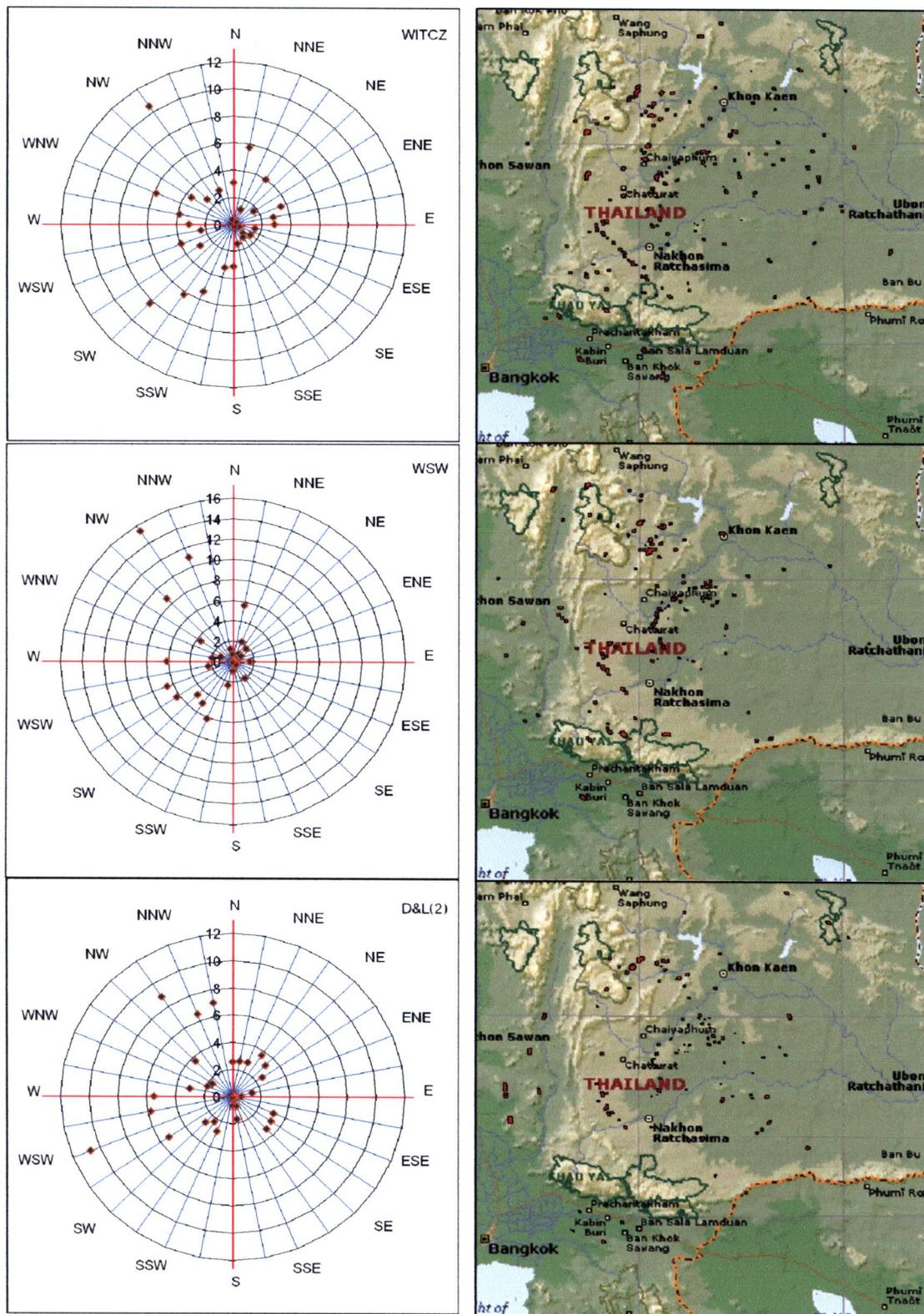
ในสภาวะอากาศแบบ WITCZ จะมีปริมาณของเมฆที่เกิดการสะท้อนครั้งแรกของเมฆมากที่สุด ร้อยละ 22.8 ของปริมาณเมฆที่เกิดการสะท้อนครั้งแรกทั้งหมด รองลงมาได้แก่ ASW และ WSW ร้อยละ 19.0 และ 18.5 ของปริมาณเมฆที่เกิดการสะท้อนครั้งแรกทั้งหมด ส่วนทิศที่มีการสะท้อนครั้งแรกของเมฆมากที่สุดได้แก่ทิศเหนือของทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NNW) ร้อยละ 16 และรองลงมาได้แก่ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) และทิศตะวันตกของตะวันตกเฉียงใต้ (WSW) ร้อยละ 15 ของทิศที่มีค่าการสะท้อนครั้งแรกของเมฆ (ภาพที่ 4.26-4.28)

ตารางที่ 4.25 ร้อยละของพื้นที่เมฆที่มีค่าการสะท้อนครั้งแรกในแต่ละสภาวะอากาศ

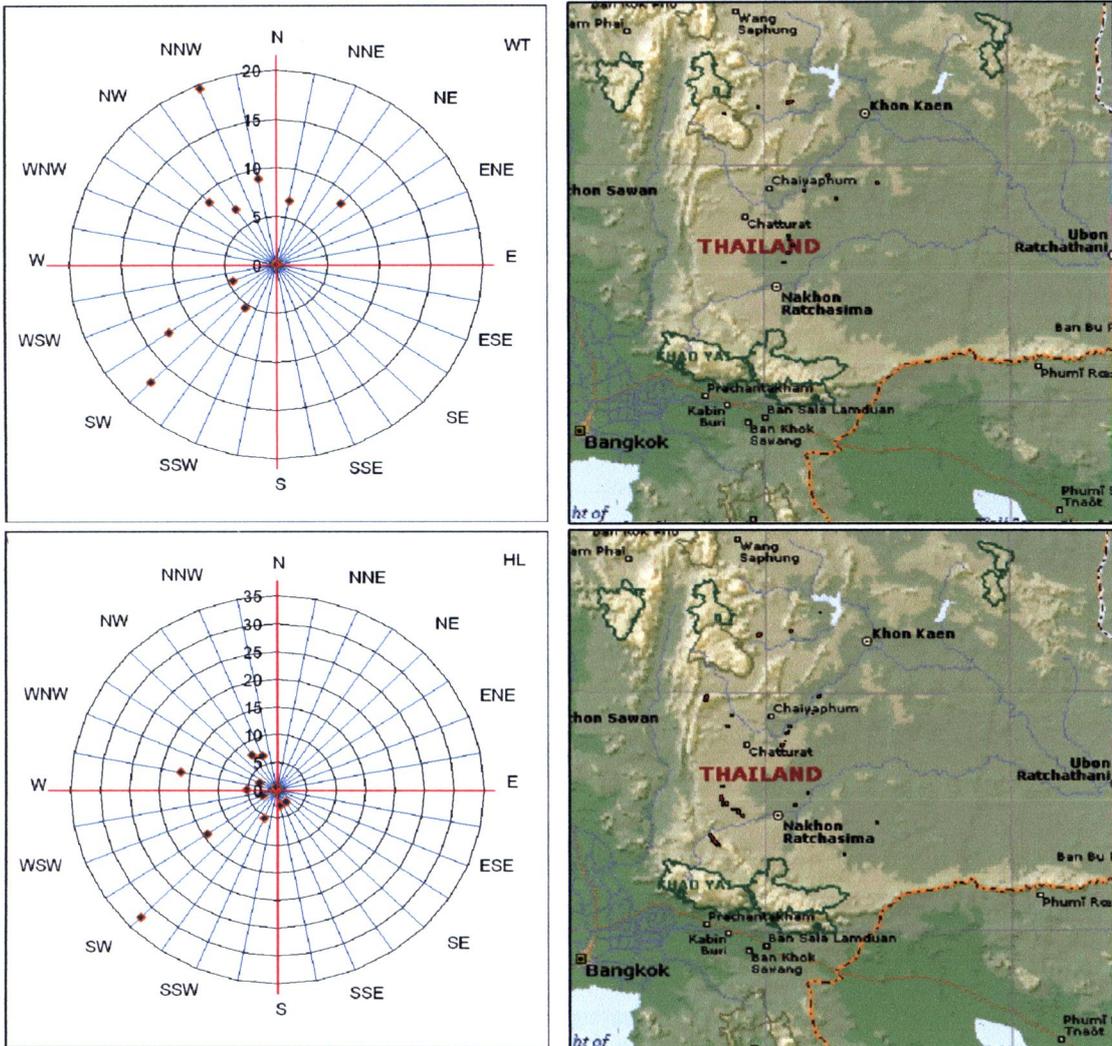
ทิศ	ร้อยละของพื้นที่เมฆในแต่ละสภาวะอากาศ								
	AITCZ	ASW	D&L1	D&L2	WITCZ	WSW	HL	WT	เฉลี่ย
N	0	6	3	10	3	2	0	9	4
NNE	10	9	7	5	7	8	0	7	7
NE	3	3	6	7	4	3	0	9	4
ENE	0	2	2	3	5	1	0	0	2
E	4	5	5	2	6	2	0	0	3
ESE	2	0	3	3	2	0	0	0	1
SE	8	0	3	7	2	1	0	0	3
SSE	5	0	6	1	1	2	3	0	2
S	6	6	4	2	5	1	3	0	3
SSW	0	5	5	3	9	8	5	0	4
SW	5	14	14	5	14	10	32	22	15
WSW	34	12	8	16	7	13	17	17	15
W	6	5	14	11	5	8	6	0	7
WNW	1	7	6	5	10	3	20	0	6
NW	8	10	5	5	6	12	0	9	7
NNW	7	17	10	15	13	26	14	26	16



ภาพที่ 4.26 การวิเคราะห์ทิศทางและเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เมฆที่เกิดการสะท้อนครั้งแรก (first echo) จากเรดาร์ตรวจอากาศตามสภาวะอากาศแบบ AITCZ, ASW และ D&L(1)

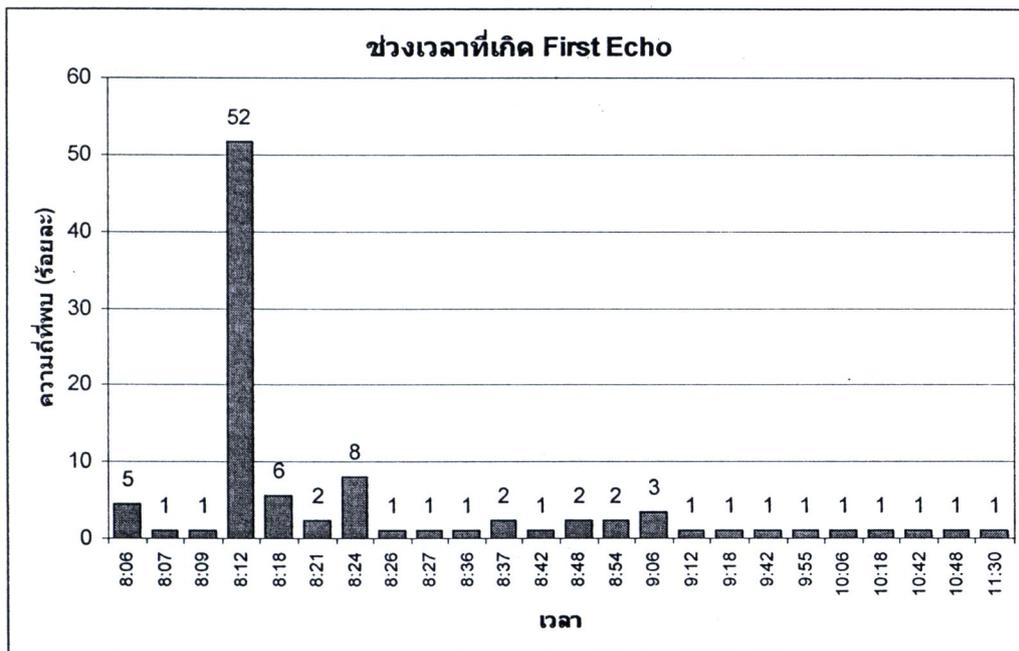


ภาพที่ 4.27 การวิเคราะห์ทิศทางและเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เมฆที่เกิดการสะท้อนครั้งแรก (first echo) จากเรดาร์ตรวจอากาศตามสภาวะอากาศแบบ WITCZ, WSW และ D&L(2)



ภาพที่ 4.28 การวิเคราะห์ทิศทางและเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เมฆที่เกิดการสะท้อนครั้งแรก (first echo) จากเรดาร์ตรวจอากาศตามสภาวะอากาศแบบ WT และ HL

และจากการวิเคราะห์ช่วงเวลาของการเกิดค่าการสะท้อนครั้งแรกของเมฆ (first echo) ที่เกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 (ภาพที่ 4.29) พบว่า การสะท้อนครั้งแรกของเมฆ จะเกิด ณ เวลา 8.12 น. มากที่สุด คือประมาณ 52 เปอร์เซ็นต์ และรองลงมา พบที่เวลา 8:24 น. และ 8:18 น.



ภาพที่ 4.29 ช่วงเวลาที่เกิดการสะท้อนครั้งแรกของเมฆ (First echo)

เมื่อพิจารณาการเกิดค่าการสะท้อนของเมฆที่ก่อให้เกิดฝนตกรายวัน ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปี พ.ศ. 2547 ถึง ปี พ.ศ. 2549 จากบันทึกข้อมูลประจำวันของเจ้าหน้าที่สถานีเรดาร์ฝนหลวงเฉลิมพระเกียรติ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา แสดงดังตารางผนวกที่ 7 สามารถสรุปการเกิดค่าสะท้อนครั้งแรกของเมฆที่ก่อให้เกิดฝนโดยรวมดังตารางที่ 4.26

จากตาราง 4.26 พบว่าในแต่ละฤดูกาล เมฆฝนจะเริ่มก่อตัวมากในเวลาที่ไม่แตกต่างกันมากนัก นั่นคือ อยู่ในช่วงตั้งแต่ 12:00 น

ตารางที่ 4.26 ค่าสะท้อนครั้งแรกของเมฆที่ก่อให้เกิดเมฆฝนในแต่ละฤดู

ฤดูกาล	Direction	Zmax	Hmax	Area	เวลาที่เกิดค่าการสะท้อนครั้งแรกมากที่สุด	ระยะเฉลี่ย
NM	28-152	35-61	3-23	10-900	14:00	222.6
SIM	34-166	37-58	8-22	5-600	12:00, 13:00	236.1
OSM	17-162	36-55	4-18	5-800	11:00	242.4
SM	5-190	29-56	4-64	5-3000	12:00, 13:00	264.3
WIM	48-155	37-89	8-12	5-180	12:00	300.0

2) การวิเคราะห์พื้นที่ที่เมฆปกคลุมท้องฟ้าในแต่ละสภาวะอากาศ

การวิเคราะห์ความถี่ของพื้นที่เมฆปกคลุม (เฉพาะเมฆที่ให้ค่าการสะท้อนตั้งแต่ 22 เดซิเบลขึ้นไป) ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (รัศมี 150 กิโลเมตร จากสถานีเรดาร์ฝนหลวงเฉลิมพระเกียรติ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา) ในแต่ละสภาวะอากาศระดับภูมิภาค โดยอาศัยข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 (ตารางผนวกที่ 8) และสรุปผลการวิเคราะห์จำแนกตามสภาวะอากาศได้ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ปริมาณเมฆที่ปกคลุมพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเฉลี่ยรายวันตามสภาวะอากาศแบบต่างๆ เฉพาะที่มีค่าการสะท้อนตั้งแต่ 22 เดซิเบลขึ้นไป

ช่วงฤดู	พื้นที่เมฆปกคลุมท้องฟ้าเฉลี่ยรายวันในแต่ละสภาวะอากาศ (ตร.กม.) (ร้อยละของเมฆเทียบกับพื้นที่ที่เรดาร์ครอบคลุม)									
	AH&HL	AITCZ	ASW	CON	D&L(2)	WITCZ	WSW	WT	D&I(1)	EWIND
NM	36,233 (25)									
OSM	61,136 (41)	115,135 (78)	107,211 (73)	64,551 (44)	5,632 (4)	76,318 (52)	68,263 (46)	29,146 (20)	88,894 (60)	
SM		93,651 (63)	90,240 (61)		85,607 (58)	85,384 (58)	83,093 (56)			
WIM	66,144 (45)						88,460 (60)		75,366 (51)	84,397 (57)

หมายเหตุ: พื้นที่เรดาร์เท่ากับ 147,688 ตารางกิโลเมตร

AH&HL = การแผ่รังสีลงมาของความกดอากาศสูงปะทะกับหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน

AITCZ = ร่องมรสุมกำลังแรงปกคลุม

ASW = ลมมรสุมกำลังแรงปกคลุม

CON = ลมพัดสอระหว่างลมใต้หรือลมตะวันตกเฉียงใต้กับลมตะวันออกเฉียงใต้

D&L (1) = ดีเปรสชัน ความกดอากาศต่ำหรือพายุหมุนเขตร้อนเข้าใกล้ที่พัดมาจากทะเลอันดามัน

D&L (2) = ดีเปรสชัน ความกดอากาศต่ำหรือพายุหมุนเขตร้อนเข้าใกล้ที่พัดมาจากทะเลจีนใต้

WITCZ = ร่องมรสุมกำลังปานกลาง-อ่อน

WSW = ลมมรสุมกำลังอ่อนปกคลุม

WT = คลื่นกระแสอากาศตะวันตกเข้ามาปกคลุม

EWIND = ลมตะวันออกเฉียงเข้าปกคลุม

จากตาราง 4.27 ผลการวิเคราะห์พบว่า ในช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจากอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในวันที่มีสภาวะอากาศแบบร่องมรสุมกำลังแรงปกคลุม (AITCZ) จะมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าตลอดทั้งวัน

มากที่สุด เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่เรดาร์ครอบคลุม โดยในทุกสภาวะอากาศที่ก่อให้เกิดฝนตกจะมีเมฆปกคลุม ทั้งท้องฟ้ามากกว่าร้อยละ 50 แต่มีบางสภาวะอากาศที่เมฆปกคลุมน้อยมาแต่สามารถเกิดฝนตกในพื้นที่ ได้ ได้แก่ ช่วงที่ความกดอากาศต่ำ ดีเปรสชันหรือพายุหมุนเขตร้อนเข้าใกล้ ดังจะเห็นได้จากตาราง คือใน สภาวะอากาศ D&L(2) คือ ดีเปรสชัน ความกดอากาศต่ำหรือพายุหมุนเขตร้อนเข้าใกล้ที่พัดมาจากทะเล จีนใต้ มีปริมาณเมฆปกคลุมทั้งท้องฟ้าเพียงร้อยละ 5 ของพื้นที่ที่เรดาร์ครอบคลุมเท่านั้น

3) พฤติกรรมการก่อตัวของเมฆในช่วงปี พ.ศ. 2549-50

สภาวะอากาศที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

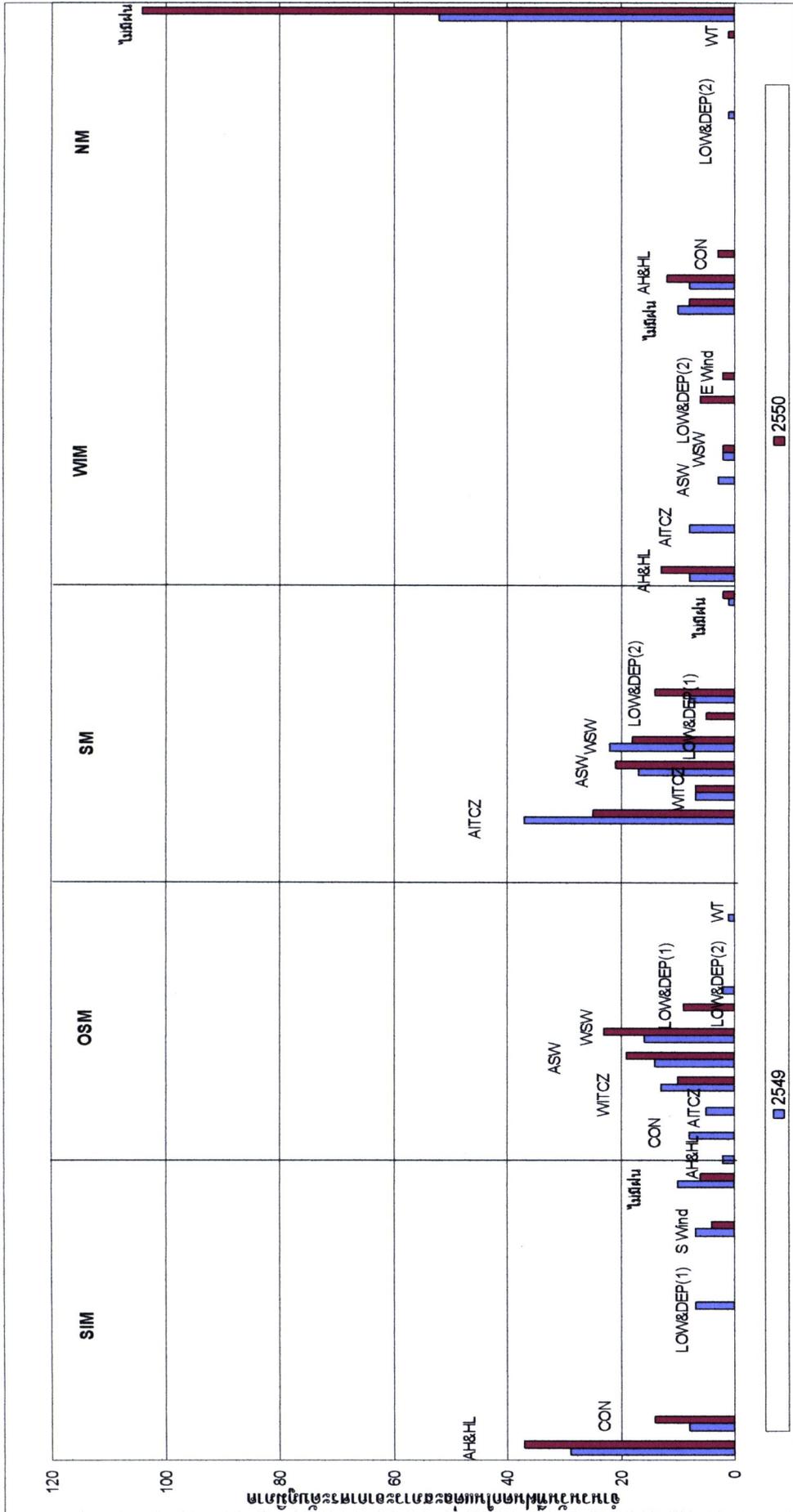
การวิเคราะห์แผนที่อากาศ แผนผังลมชั้นบน จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาบริเวณพื้นที่ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ (พื้นที่การตรวจวัดของสถานีเรดาร์ฝนหลวงเฉลิมพระเกียรติ อำเภอพิมาย จังหวัด นครราชสีมา) ของประเทศไทย ช่วงตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 (671 วัน) แบ่งตามฤดูมรสุม 5 ฤดูกาล พบว่าสภาวะอากาศระดับภูมิภาคที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนมีความแตกต่างกัน ดังเปรียบเทียบจำนวนวันที่เกิดสภาวะอากาศแบบต่างๆ ในแต่ละฤดูกาล ในปี 2549 และ 2550 (ตารางที่ 4.28 และภาพที่ 4.30 ถึง 4.31) และแสดงภาพรวมตลอดช่วงเวลาการศึกษาในตารางที่ 4.29 และภาพที่ 4.32 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

จากข้อมูลในตารางที่ 4.28 และ 4.29 สรุปได้ว่า การเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พื้นที่ศึกษา) ของประเทศไทย พบว่าในช่วงตั้งแต่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 (671 วัน) มีจำนวนวันที่ฝนตกคิดเป็นร้อยละ 71.24 จำนวนวันที่ฝนไม่ตกคิดเป็นร้อยละ 28.76 โดยวันที่เกิดฝนในแต่ละฤดูกาลเป็นผลจากอิทธิพลของสภาวะอากาศระดับภูมิภาคที่แตกต่างกัน โดยในช่วงที่ศึกษา พบว่า วันที่เกิดฝนจำนวน 478 วัน หรือร้อยละ 71.24 ได้รับอิทธิพลจากสภาวะอากาศระดับภูมิภาคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) อิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ASW และ WSW) ทำให้ฝนตกจำนวน 157 วัน หรือร้อยละ 23 (2) อิทธิพลจากการแผ่ลิ้มลงมาของความกดอากาศสูงปะทะกับหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อนทำให้ฝนตกจำนวน 109 วัน หรือร้อยละ 16 (3) อิทธิพลจากร่องมรสุม (AITCZ และ WITCZ) ทำให้ฝนตกจำนวน 112 วัน หรือร้อยละ 17 และ (4) อิทธิพลจากพายุดีเปรสชันหรือหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงจากทะเลอันดามันและทะเลจีนใต้ (LOW&DEP 1 และ 2) ทำให้ฝนตกจำนวน 52 วันหรือร้อยละ 8% ส่วนช่วงเวลาที่มิฝนตกอีก 48 วัน เกิดจากอิทธิพลของลมพัดสอระหว่างลมใต้หรือลมตะวันตกเฉียงใต้กับลมตะวันออกเฉียงใต้ (CON) ลมฝ่ายใต้ (S wind) คลื่นกระแสอากาศตะวันออกเฉียงใต้ (E wind) และคลื่นกระแสอากาศตะวันตกเข้าปกคลุม (WT) โดยมีรายละเอียดของสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาล และผลจากอิทธิพลของสภาวะอากาศแบบต่างๆ ดังนี้

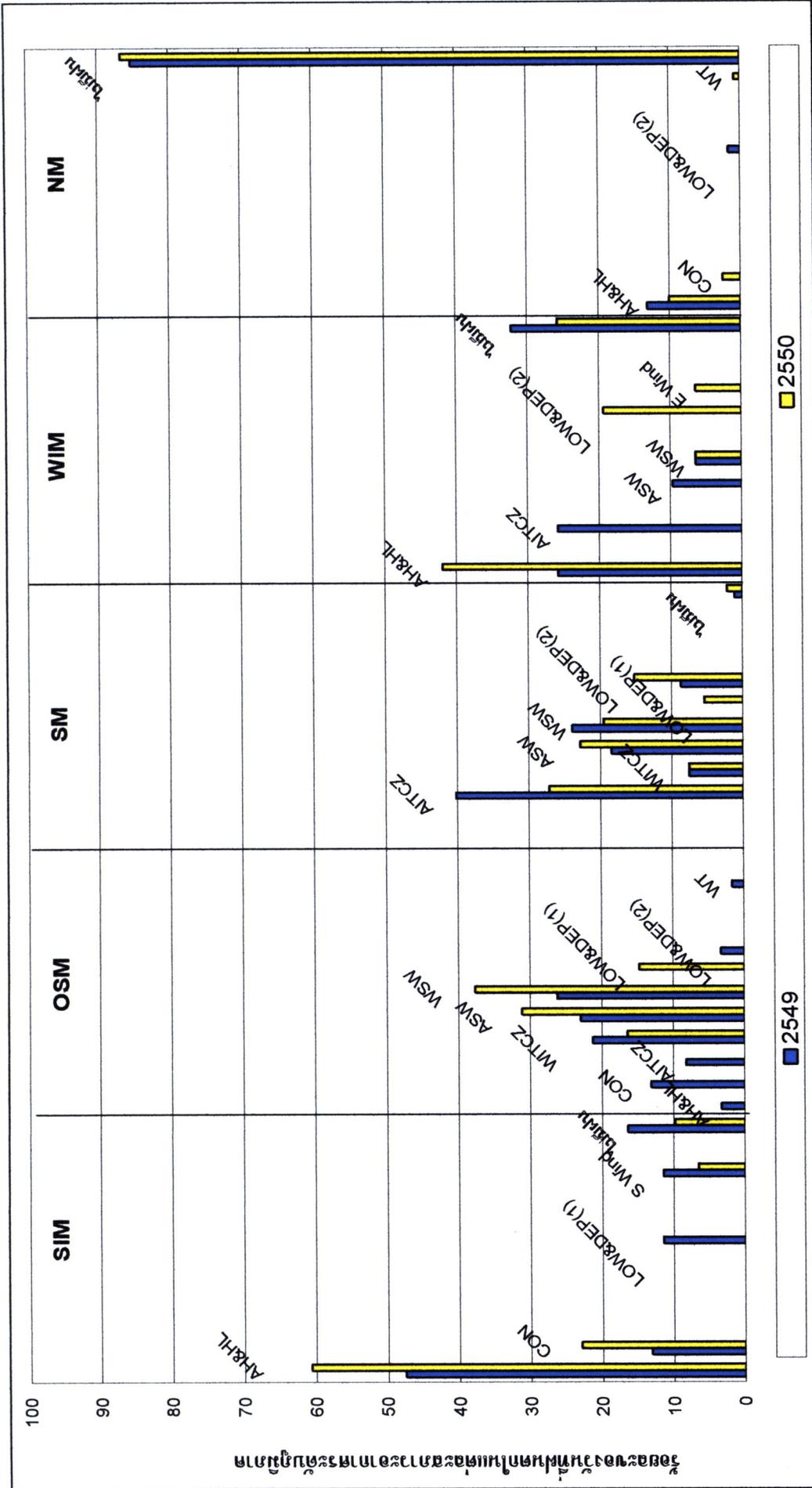
ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบสภาพอากาศระดับภูมิภาครายวัน (ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2549(ชั้นวาคม 2550)ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ฤดูกาล	จำนวนวันที่มีฝนตกในพื้นที่ศึกษา (ร้อยละของวันในฤดูกาล)															
	SIM			OSM			SM			WIM			NM		รวม	
	ม.ค.(เม.ย.) 2549	มี.ค.(เม.ย.) 2550	พ.ค.-มิ.ย. 2549	พ.ค.-มิ.ย. 2550	ก.ค.(ก.ย.) 2549	ก.ค.(ก.ย.) 2550	ต.ค. 2549	ต.ค. 2550	พ.ย.(ธ.ค.) 2549	ม.ค.(ก.พ.) พ.ย.(ธ.ค.)50	พ.ย.(ธ.ค.) 2549	พ.ย.(ธ.ค.) 2549	ม.ค.(ก.พ.) พ.ย.(ธ.ค.)50			
ช่วงเดือน																
สภาพอากาศ																
AH&HL	29 (48%)	37 (61%)	2 (3%)	0	0	0	0	0	0	0	0	8 (26%)	13 (42%)	8 (13%)	12 (10%)	109 (16%)
CON	8 (13%)	14 (23%)	8 (13%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 (3%)	33 (5%)
AITCZ	0	0	5 (8%)	0	37 (40%)	0	0	0	0	0	0	8 (26%)	0	0	0	75 (11%)
WITCZ	0	0	13 (21%)	10	7 (8%)	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37 (6%)
ASW	0	0	14 (23%)	19	17 (16%)	21	3	0	0	0	0	3 (6%)	0	0	0	74 (11%)
WSW	0	0	16 (26%)	23 (38%)	22 (24%)	18	2	0	0	0	0	2 (6%)	2	0	0	83 (12%)
LOW&DEP(1)	7 (11%)	0	0	9 (15%)	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21 (3%)
LOW&DEP(2)	0	0	2 (3%)	0	8 (9%)	14	0	0	0	0	0	0	6 (19%)	1	0	31 (5%)
E Wind	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 (6%)	0	0	2
S Wind	7 (11%)	4 (7%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 (2%)
WT	0	0	1 (2%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
ไม่มีฝน	10 (16%)	6 (10%)	0	0	1 (1%)	2	10	8	52	104	193	8 (26%)	8 (26%)	85	104	193 (29%)
จำนวนวันในฤดูกาล	61 (100%)	61 (100%)	61 (100%)	61 (100%)	92 (100%)	92 (100%)	31 (100%)	31 (100%)	61 (100%)	61 (100%)	61 (100%)	31 (100%)	31 (100%)	61 (100%)	120 (100%)	671 (100%)

หมายเหตุ : * ศึกษาเฉพาะวันที่มีปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 4.30 เปรียบเทียบจำนวนวันของอิทธิพลสภาวะอากาศที่ก่อให้เกิดฝนตกแต่ละฤดูกาล ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงปี พ.ศ. 2549 และ 2550



ภาพที่ 4.31 เปรียบเทียบร้อยละของอิทธิพลสภาพอากาศที่ก่อให้เกิดฝนตกแต่ละฤดูกาลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงปี พ.ศ. 2549 และ 2550

ตารางที่ 4.29 สภาวะอากาศระดับภูมิภาครายวัน ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ช่วงเดือนมีนาคม 49-ธันวาคม 50) ใน 5 ฤดูกาล

Typical Synoptic Conditions	Seasons							รวมแต่ละ synoptic
	SIM	OSM	SM	WIM	NM	รวมแต่ละ synoptic		
AH&HL	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	66	2	0	21	20	109	
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	54.0	2.0	0.0	34.0	11.0	16.0	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	119.2	1.8	-	72.4	13.0	206.5	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	1.8	0.9	-	3.5	0.7	1.9	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	665.3	19.6	-	162.3	73.1	920.3	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	10.1	9.8	-	7.7	3.7	8.4	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุด ในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	142.0	30.4	-	120.8	30.4	142.0	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	29.7	24.5	-	23.0	7.8	-	
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	41.4	-	44.8	24.5	-	
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	13.8	9.7	-	28.5	17.1	-	
	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	22	8	0	0	3	33	
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	18.0	7.0	0.0	0.0	2.0	5.0	
CON	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	43.1	28.9	-	-	2.5	74.5	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	2.0	3.6	-	-	0.8	2.3	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	201.1	99.4	-	-	44.6	345.1	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	4.7	3.4	-	-	17.8	4.6	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุด ในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	114.0	74.0	-	-	81.0	114.0	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	35.0	41.8	-	-	50.7	38.1	
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	43.7	-	-	ไม่มีข้อมูล	-	
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	14.4	26.0	-	-	7.0	-	
	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	0	5	62	8	0	75	
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	0.0	4.0	34.0	13.0	0.0	11.0	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	-	56.2	583.9	133.8	-	773.9	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	-	11.2	10.5	16.7	-	10.3	
AITCZ	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	85.8	1168.7	212.7	-	1467.2	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	17.2	18.9	26.6	-	19.6	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุด ในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	-	97.6	241.6	161.0	-	241.6	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	-	82.5	77.9	97.8	-	80.4	
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	78.0	68.7	ไม่มีข้อมูล	-	-	
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	-	66.4	51.2	58.2	-	-	

ตารางที่ 4.29 สภาวะอากาศระดับภูมิภาครายวัน ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ช่วงเดือนมีนาคม 49-ธันวาคม 50) ใน 5 ฤดูกาล

Typical Synoptic Conditions	Seasons						รวมแต่ละ synoptic
	SIM	OSM	SM	WIM	NM		
WITCZ	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	0	23	14	0	0	37
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	0.0	19.0	8.0	0.0	0.0	6.0
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	-	71.6	38.1	-	-	109.7
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	-	3.1	2.7	-	-	3.0
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	252.4	136.4	-	-	388.8
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	11.0	9.7	-	-	10.5
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุด ในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	-	117.7	67.0	-	-	117.7
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	-	42.2	30.5	-	-	37.8
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	48.9	50.0	-	-	-
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	-	26.0	28.3	-	-	-
ASW	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	0	33	38	3	0	74
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	0.0	27.0	21.0	5.0	0.0	11.0
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	-	202.7	207.5	31.0	-	441.2
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	-	6.1	5.5	10.3	-	6.0
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	472.0	554.4	45.2	-	1071.6
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	14.3	14.6	15.1	-	14.5
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุด ในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	-	141.4	167.9	108.0	-	167.9
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	-	60.0	57.6	56.3	-	58.6
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	72.6	60.0	ไม่มีข้อมูล	-	-
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	-	39.3	38.3	40.2	-	-
WSW	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	0	39	40	4	0	83
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	0.0	32.0	22.0	6.0	0.0	12.0
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	-	59.8	61.4	6.3	-	127.5
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	-	1.5	1.5	1.6	-	1.5
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	389.5	351.6	22.8	-	763.9
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	10.0	8.8	5.7	-	9.2
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุด ในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	-	87.0	96.1	55.5	-	96.1
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	-	30.2	31.6	26.8	-	30.7
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	47.6	51.7	59.9	-	-
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	-	14.9	18.9	28.8	-	-

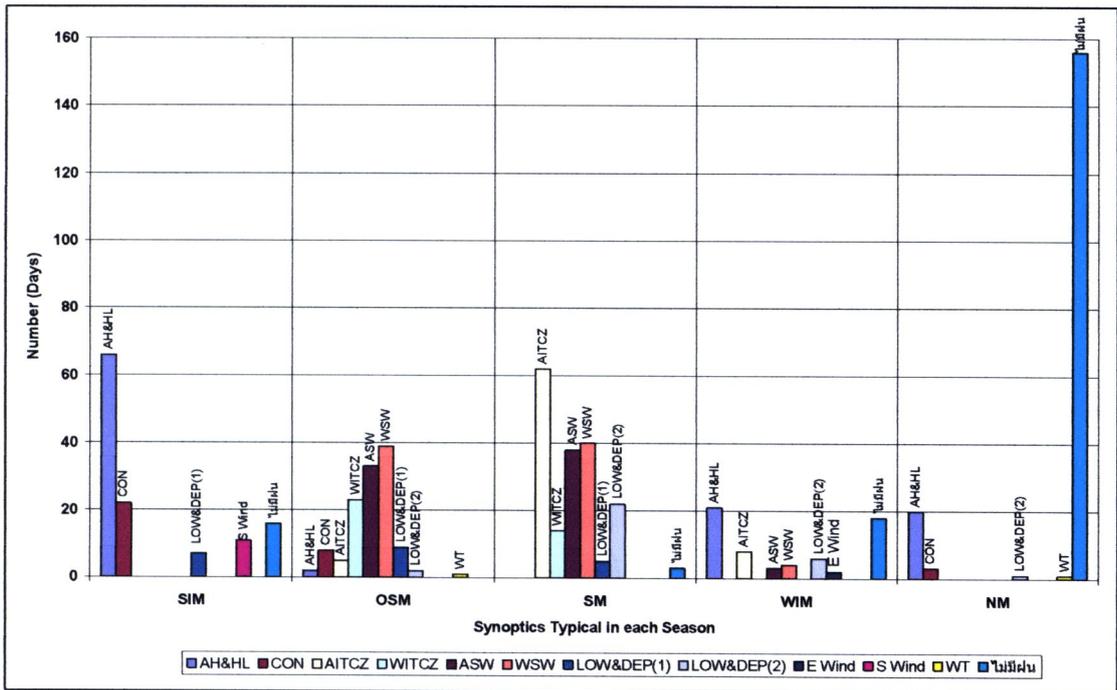
ตารางที่ 4.29 สภาวะอากาศระดับภูมิภาครายวัน ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ช่วงเดือนมีนาคม 49-ธันวาคม 50) ใน 5 ฤดูกาล

	Typical Synoptic Conditions	Seasons						
		SIM	OSM	SM	WIM	NIM	รวมแต่ละ synoptic	
LOW&DEP(1)	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	7	9	5	0	0	21	
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	6.0	7.0	3.0	0.0	0.0	3.0	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	23.8	44.4	13.9	-	-	82.0	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	3.4	4.9	2.8	-	-	3.9	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	93.0	97.5	46.2	-	-	236.6	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	13.3	10.8	9.2	-	-	11.3	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	110.2	85.0	139.0	-	-	139.0	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	56.4	45.9	55.7	-	-	51.7	
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	33.4	-	-	-	
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	24.3	44.2	22.8	-	-	-	
LOW&DEP(2)	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	0	2	22	6	1	31	
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	0.0	2.0	12.0	10.0	1.0	5.0	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	-	0.1	177.2	67.9	0.0	245.2	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	-	0.1	8.1	11.3	0.0	7.9	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	6.6	312.0	114.1	0.8	433.5	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	3.3	14.2	19.0	0.8	14.0	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	-	12.5	200.0	130.5	1.4	200.0	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	-	6.3	63.6	61.6	1.4	57.5	
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	3.8	53.0	63.5	ไม่มีข้อมูล	-	
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	-	2.3	47.1	60.3	3.4	-	
E Wind	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	0	0	0	2	0	2	
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	-	-	-	14.9	-	14.9	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	-	-	-	7.5	-	7.5	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	-	-	26.5	-	26.5	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	-	-	13.3	-	13.3	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	-	-	-	53.8	-	53.8	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	-	-	-	48.9	-	48.9	
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	-	-	57.2	-	-	
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	-	-	-	83.3	-	-	

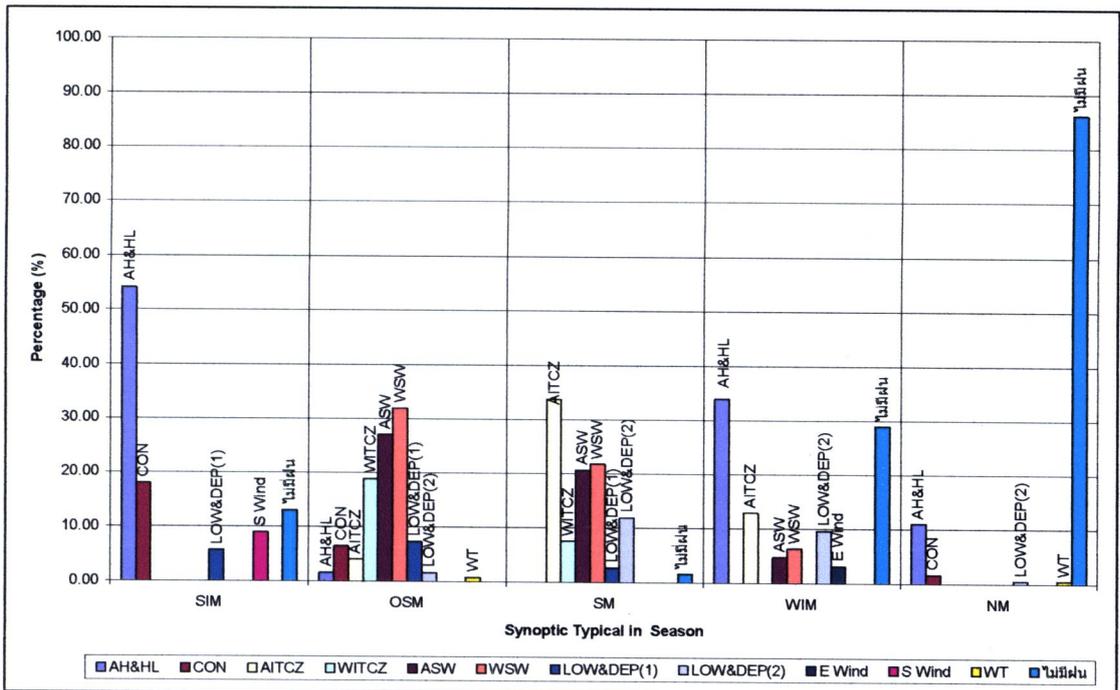
ตารางที่ 4.29 สภาวะอากาศระดับภูมิภาครายวัน ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ช่วงเดือนมีนาคม 49-ธันวาคม 50) ใน 5 ฤดูกาล

	Typical Synoptic Conditions	Seasons							รวมแต่ละ synoptic
		SIM	OSM	SM	WIM	NM			
S Wind	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	11	0	0	0	0	0	11	
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	9.2	-	-	-	-	-	9.2	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	0.8	-	-	-	-	-	0.8	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	125.8	-	-	-	-	-	125.8	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	11.4	-	-	-	-	-	11.4	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	59.1	-	-	-	-	-	59.1	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	21.9	-	-	-	-	-	21.9	
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	-	-	-	-	-	-	
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	5.6	-	-	-	-	-	-	
WT	จำนวนวันที่มีเกิดฝน	0	1	0	0	1	0	2	
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยทุกสถานี (มิลลิเมตร) (89 สถานี)	-	0.0	-	-	0.0	0.1	0.1	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมด (มิลลิเมตร)	-	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	
	รวมปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	2.0	-	-	2.7	4.7	4.7	
	ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ย เฉพาะสถานีที่มีฝน (มิลลิเมตร)	-	2.0	-	-	2.7	2.4	2.4	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	-	2.0	-	-	2.7	2.7	2.7	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	-	2.0	-	-	2.7	2.4	2.4	
	ร้อยละของพื้นที่เมฆปกคลุมรายวันเฉลี่ย*	ไม่มีข้อมูล	19.7	-	-	-	ไม่มีข้อมูล	-	
	ร้อยละของพื้นที่การกระจายฝนเฉลี่ย	-	1.1	-	-	-	1.1	-	
ไม่มีฝน	จำนวนวัน	16	0	3	18	156	193	193	
	ร้อยละของวันในฤดูกาล	13.0	0.0	2.0	29.0	86.0	29.0	29.0	
	จำนวนวันทั้งหมดในฤดูกาล	122.0	122.0	184.0	62.0	181.0	671.0	671.0	
ภาพรวมของ Synoptic ทุกรูปแบบ	ร้อยละของวันในฤดูกาล	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	ปริมาณฝนเฉลี่ยรวม (มิลลิเมตร)	195.3	465.6	1082.1	326.3	15.6	2084.8	2084.8	
	ปริมาณฝนรายวันสูงสุดในฤดูกาล (มิลลิเมตร)	1.8	3.8	6.0	7.4	0.6	4.4	4.4	
ปริมาณฝนรายวันสูงสุดในฤดูกาล (มิลลิเมตร)		142.0	141.4	241.6	161.0	81.0	241.6	241.6	

หมายเหตุ : * วิกิเคราะห์จากข้อมูลที่รวบรวมได้เท่านั้น



(ก) จำนวนวันที่มีสภาวะอากาศแบบต่างๆ ในแต่ละฤดูภาค

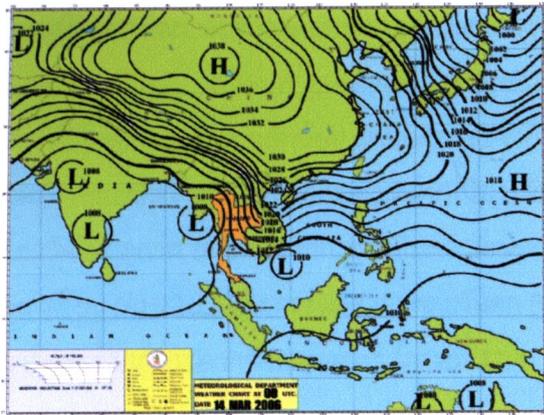


(ข) ร้อยละของวันที่มีสภาวะอากาศแบบต่างๆ ในแต่ละฤดูภาค

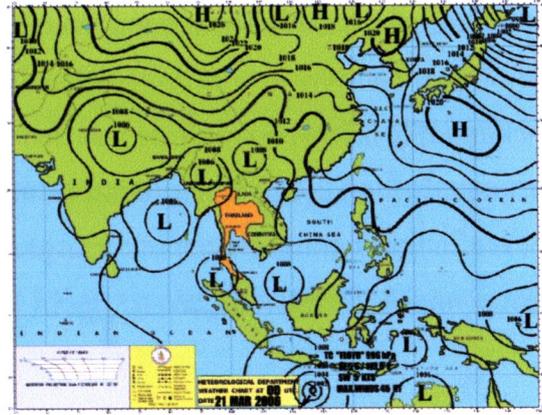
ภาพที่ 4.32 การจำแนกสภาวะอากาศระดับภูมิภาครายวัน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ใน 5 ฤดูภาค โดยแสดงค่าจำนวนวันในภาพ (ก) และค่าร้อยละของวันในภาพ (ข)

สภาพอากาศระดับภูมิภาคบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งตาม 5 ฤดูกาล (ช่วงตั้งแต่เดือนมีนาคม 2549 ถึง ธันวาคม 2550)

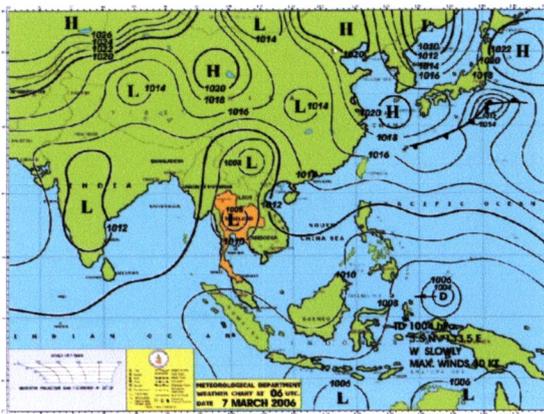
(1) ช่วงเปลี่ยนจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน พ.ศ.2549 และ มีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2550, SIM) ทำให้มีฝนตกทั้งหมดจำนวน 106 วัน จากจำนวนทั้งหมด 122 วัน โดยสภาวะอากาศหลักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน ได้แก่ อิทธิพลจากการแผ่ลิ้มลงมาของความกดอากาศสูงปะทะกับหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน (AH&HL) ทำให้ฝนตกจำนวนมากถึงร้อยละ 54.0 ซึ่งเป็นอิทธิพลต่อเนื่องจากฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NM) โดยมีความกดอากาศสูงจากประเทศจีนแผ่มาปกคลุม ในบางช่วงเวลาที่มีกำลังค่อนข้างแรง อาจมีพายุฝนฟ้าคะนอง ลมกระโชกแรง และอาจมีลูกเห็บตกลงมาในบางพื้นที่ได้ โดยมีค่าเฉลี่ยการกระจายของฝนคิดเป็นร้อยละ 13.7 ส่วนอิทธิพลจากลมพัดสอบระหว่างลมใต้หรือลมตะวันตกเฉียงใต้กับลมตะวันออกเฉียงใต้ (CON) มีอิทธิพลที่ทำให้ฝนตกคิดเป็นร้อยละ 18.0 นอกจากนี้ยังมีลมฝ่ายใต้จากอ่าวไทยพัดเข้าสู่ความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน (S Wind) คิดเป็นร้อยละ 9.0 ของวันในฤดูกาลและในบางช่วงเวลายังมีหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงจากทะเลอันดามัน (LOW&DEP 1) อยู่เป็นระยะเวลานั้นๆ แต่ให้ปริมาณฝนเฉลี่ยสูงกว่าสภาวะอากาศชนิดอื่นๆ และมีค่าเฉลี่ยกระจายของพื้นที่ฝน สูงถึงร้อยละ 24.3 ของพื้นที่ศึกษา โดยในปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2550 มีพายุหมุนเขตร้อนจากทะเลอันดามัน ช่วงปลายเดือนมีนาคม เคลื่อนเข้าสู่ประเทศพม่า ดังแสดงในแผนที่อากาศ (ภาพที่ 4.33)



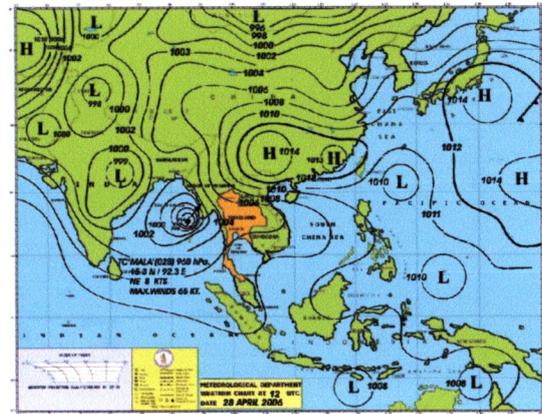
(ก) สภาพอากาศแบบ AH&HL



(ข) สภาพอากาศแบบ CON



(ค) สภาพอากาศแบบ S wind

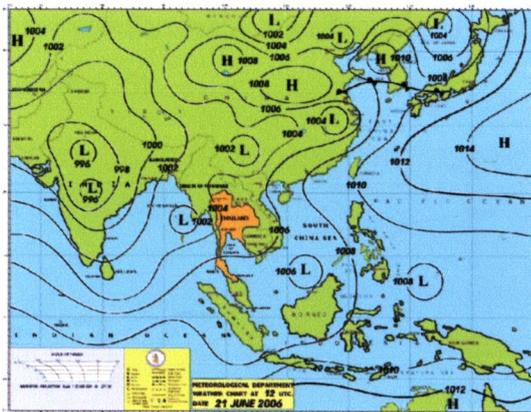


(ง) สภาพอากาศแบบ Low&DEP(1)

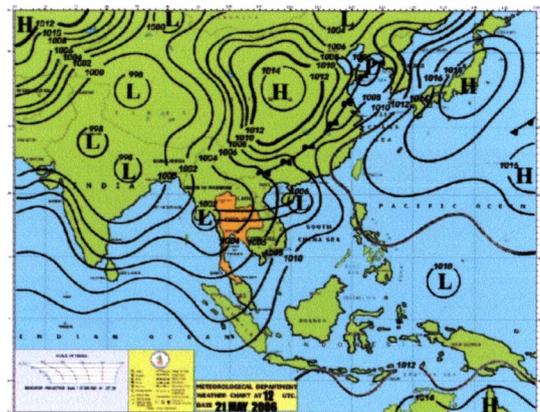
ภาพที่ 4.33 แผนที่อากาศแสดงสภาพอากาศแบบต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเปลี่ยนจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน
ที่มา : <http://www.royalrainmaking.thaigov.net> อ้างจาก กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

(2) ช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-มิถุนายน พ.ศ.2549 และ พฤษภาคม-มิถุนายน พ.ศ.2550, OSM) พบว่าทุกวันนี้มีฝนตกในพื้นที่ศึกษา สภาพอากาศที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน ได้แก่ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทั้งช่วงกำลังแรงและช่วงอ่อนกำลัง (ASW, WSW) ต่างส่งผลต่อการเกิดฝนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 59.0 ของวันในฤดูกาล โดยให้ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ย (ในวันที่มีฝน) 6.1 มิลลิเมตร และมีฝนกระจายสูงถึงร้อยละ 39.3 ของพื้นที่ ส่วนอิทธิพลของสภาพอากาศจากร่องมรสุม (AITCZ, WITCZ) ปกคลุมร้อยละ 23.0 ของวันในฤดูกาล โดยสภาพอากาศแบบ AITCZ และ WITCZ จะให้ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ย (ในวันที่มีฝน) สูงถึง 11.2 และ 3.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่ถ้าพิจารณาค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนเฉพาะสถานีที่มีฝน จะพบว่ามีค่าสูงถึง 17.2 และ 11.0 มิลลิเมตร โดยมีฝนกระจายสูงถึงร้อยละ 66.4 และร้อยละ 26.0 ของพื้นที่ และในช่วง

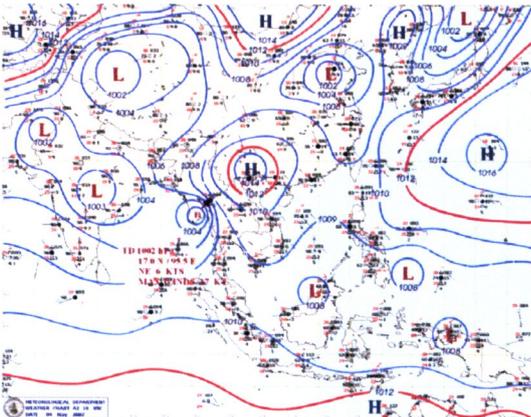
เวลาที่ศึกษามีสภาวะอากาศแบบพายุดีเปรสชันหรือหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรง คิดเป็นร้อยละ 9.0 ของวันในฤดูกลาง โดยพายุหมุนจากฝั่งทะเลอันดามันจะมีอิทธิพลมากกว่าพายุหมุนจากทะเลจีนใต้ โดยให้ฝนเฉลี่ยระดับตกลึกน้อย แต่ฝนตกกระจาย (ร้อยละ 44.2 ของพื้นที่) นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลจากลมพัดสอระหว่างลมใต้หรือลมตะวันตกเฉียงใต้กับลมตะวันออกเฉียงใต้ (CON) คิดเป็นร้อยละ 7.0 ของวันในฤดูกลาง อิทธิพลจากการแผ่ลิ้มความกดอากาศสูงปะทะกับหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน (AH&HL) และกระแสอากาศตะวันตก (WT) ร้อยละ 2.0 และ 1.0 ตามลำดับ ดังแสดงแผนที่อากาศของสภาวะอากาศแบบต่างๆ (ภาพที่ 4.34)



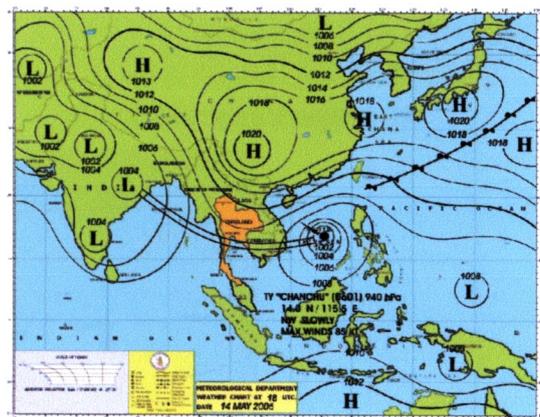
(ก) สภาวะอากาศแบบ SW



(ข) สภาวะอากาศแบบ ITCZ



(ค) สภาวะอากาศแบบ LOW&DEP

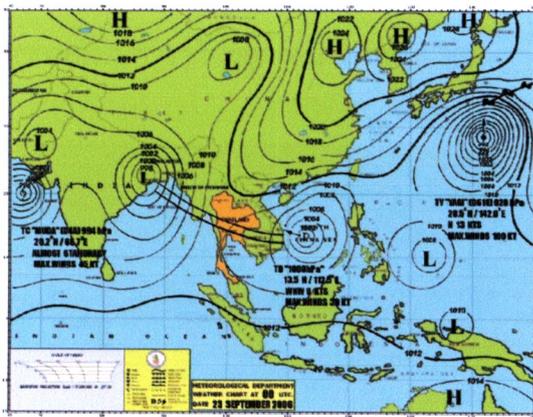


(ง) สภาวะอากาศแบบ LOW&DEP

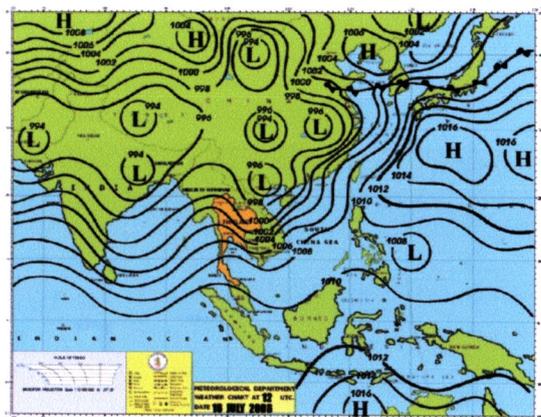
ภาพที่ 4.34 แผนที่อากาศแสดงสภาพอากาศ ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (OSM)

ที่มา : <http://www.royalrainmaking.thaigov.net> อ้างจาก กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

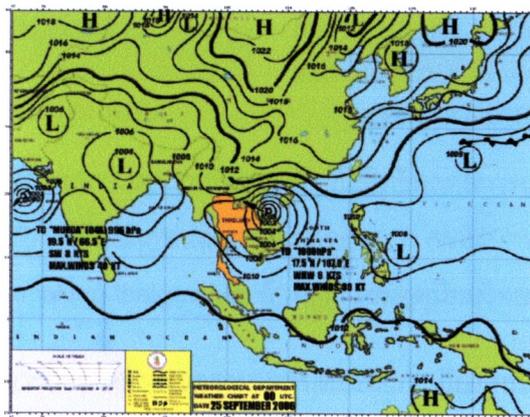
(3) ช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กรกฎาคม-กันยายน พ.ศ. 2549, กรกฎาคม-กันยายน พ.ศ. 2550; SM) มีจำนวนวันที่เกิดฝนทั้งหมด 181 วันจากจำนวนวันทั้งหมด 184 วัน โดยเป็นฤดูกาลที่มีปริมาณฝนสูงกว่าฤดูกาลอื่นๆ สภาพอากาศหลักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน ได้แก่ ร่องมรสุมกำลังแรงและกำลังปานกลาง (AITCZ, WITCZ) เริ่มมีอิทธิพลมากขึ้น ประกอบกับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทั้งช่วงกำลังแรงและช่วงอ่อนกำลัง (ASW, WSW) ต่างส่งผลต่อปริมาณน้ำฝนที่สูงขึ้นกว่าในฤดูกาลก่อนหน้า โดยอิทธิพลจากสภาพอากาศดังกล่าว ร้อยละ 85.0 ของวันในฤดูกาล นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากดีเปรสชันและความกดอากาศต่ำหรือพายุหมุนเขตร้อนเข้าใกล้ (LOW&DEP) ร้อยละ 15.0 โดยพายุหมุนเขตร้อนฝั่งทะเลจีนใต้มีอิทธิพลมากขึ้น เป็นผลให้มีฝนตกกระจายทั่วทั้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปอยครั้งขึ้น ดังแสดงแผนที่อากาศของสภาพอากาศแบบต่างๆ (ภาพที่ 4.35)



(ก) สภาพอากาศแบบ ITCZ



(ข) สภาพอากาศแบบ SW

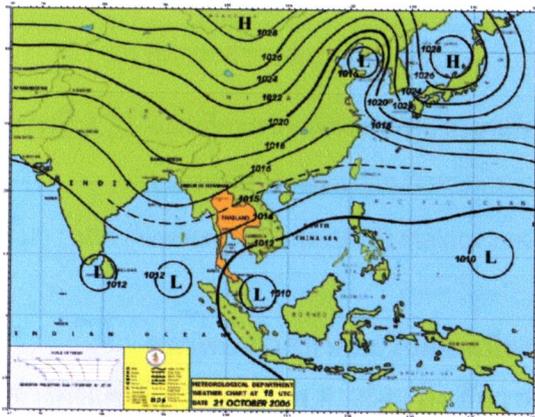


(ค) สภาพอากาศแบบ LOW&DEP

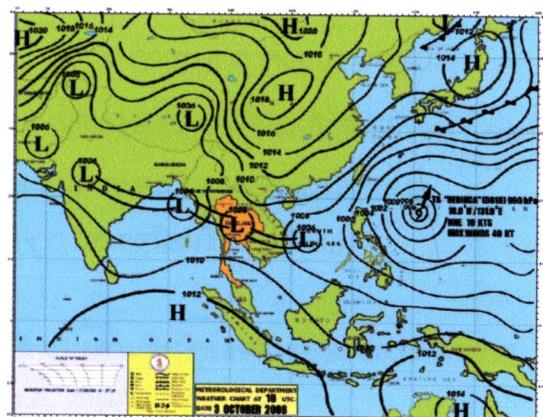
ภาพที่ 4.35 แผนที่อากาศแสดงสภาพอากาศแบบต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SM)

ที่มา : <http://www.royalrainmaking.thaigov.net> อ้างจาก กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

(4) ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเข้าสู่ฤดูหนาว (ตุลาคม พ.ศ.2549 และ ตุลาคม พ.ศ. 2550, WIM) มีจำนวนวันที่ฝนตกทั้งหมด 44 วัน จากจำนวน 62 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 71.0 ของจำนวนวันที่ฝนตกทั้งหมด เนื่องจากฤดูกาลนี้เป็นช่วงของการเปลี่ยนลมมรสุมจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ มีความหลากหลายของสภาวะอากาศที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน โดยพายุหมุนเขตร้อนฝั่งทะเลจีนใต้และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ยังคงมีผลต่อการเกิดฝนในช่วงฤดูกาลนี้ แต่สภาวะอากาศหลักที่ทำให้เกิดฝน ได้แก่ การแผ่ลิ้มลงมาของความกดอากาศสูงปะทะกับหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน (AH&HL) ร้อยละ 34.0 โดยมีปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยในวันที่มีฝน 3.5 มิลลิเมตร นอกจากนี้ร่องความกดอากาศ (ITCZ) และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ยังคงมีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในช่วงฤดูกาลนี้ หรือร้อยละ 24.0 ของช่วงฤดูกาล รวมถึงการได้รับอิทธิพลจากสภาวะอากาศแบบดีเปรสชันและความกดอากาศต่ำหรือพายุหมุนเขตร้อนเข้าใกล้ (LOW&DEP) และอิทธิพลจากลมตะวันออกเฉียงเข้าปกคลุม (E Wind) ร้อยละ 10.0 และ 3.0 ตามลำดับ ดังแสดงแผนที่อากาศของสภาวะอากาศแบบต่างๆ ในฤดูกาลนี้ (ภาพที่ 4.36)



(ก) สภาวะอากาศแบบ AH&HL



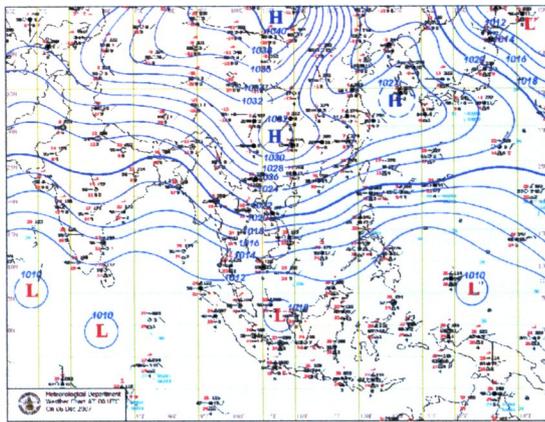
(ข) สภาวะอากาศแบบ LOW&DEP

ภาพที่ 4.36 แผนที่อากาศแสดงสภาพอากาศแบบต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเข้าสู่ฤดูหนาว (WIM)

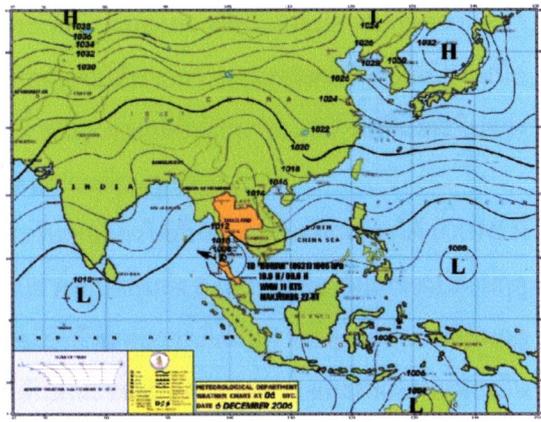
ที่มา : <http://www.royalrainmaking.thaigov.net> อ้างจาก กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

(5) ช่วงฤดูหนาวจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายน พ.ศ.2549 – กุมภาพันธ์ พ.ศ.2550 และ พฤศจิกายน-ธันวาคม พ.ศ. 2550, NM) มีจำนวนวันที่ฝนตกเพียง 25 วัน จากจำนวนวันที่ฝนตกทั้งหมดในฤดูกาล 181 วัน สภาพอากาศในฤดูกาลนี้ ทำให้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิลดลง เนื่องจากมีลมหนาวจากตอนกลางของทวีปพัดเข้ามาปกคลุมโดยสภาวะอากาศหลักระดับภูมิภาคที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝน ได้แก่ การแผ่ลิ้มลงมาของความกดอากาศสูงปะทะกับหย่อมความกดอากาศ

ต่ำเนื่องจากความร้อน (AH&HL) ร้อยละ 11.0 ของฤดูกลาง หรือร้อยละ 80.0 ของวันที่มีฝนในฤดูกลาง ในบางช่วงเวลายังได้รับอิทธิพลจากลมพัดสอระหว่างลมใต้หรือลมตะวันตกเฉียงใต้กับลมตะวันออกเฉียงใต้ (CON) ร้อยละ 2.0 ของฤดูกลางหรือร้อยละ 8.0 ของวันที่มีฝนในฤดูกลาง นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันที่กำลังเคลื่อนตัวเข้าสู่ภาคใต้ และคลื่นกระแสอากาศตะวันตกเข้าปกคลุม (WT) ดังแสดงในภาพที่ 4.37



(ก) สภาพอากาศแบบ AH&HL



(ข) สภาพอากาศแบบ LOW&DEP

ภาพที่ 4.37 แผนที่อากาศแสดงสภาพอากาศแบบต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงฤดูหนาวจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NM) ที่มา : <http://www.royalrainmaking.thaigov.net> อ้างจาก กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

สภาพอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งตามอิทธิพลของแต่ละสภาพอากาศ (ช่วงตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2550)

สภาพอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2550 ที่มีรายงานฝนในพื้นที่ศึกษา พบว่า เกิดจากสภาพอากาศระดับภูมิภาคทั้งหมด 8 รูปแบบหลัก ดังแสดงในตารางที่ 2.8 โดยแต่ละสภาพอากาศจะมีอิทธิพลแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

(1) การแผ่ลิ้มลงมาของความกดอากาศสูงปะทะกับหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อน (AH&HL) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 16.0 ของวันที่ศึกษาทั้งหมด หรือร้อยละ 23.0 ของวันที่เกิดฝนทั้งหมด โดยมีอิทธิพลต่อเนื่องถึง 3 ฤดูกาล ได้แก่ ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว ช่วงฤดูหนาวจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน ลักษณะของสภาพอากาศเช่นนี้ จะมีผลทำให้ประเทศไทยตอนบนมีอุณหภูมิลดลง โดยลักษณะของการเกิดฝนจะขึ้นกับปริมาณความชื้นที่สะสมตัวอยู่ในแต่ละพื้นที่ เช่น

ช่วงเวลาที่มีความกดอากาศสูงจากประเทศจีนแผ่ลงมา ในช่วงฤดูหนาวจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NM) จะส่งผลให้เกิดฝนตกเล็กน้อย หรือไม่เกิดฝนตกเลย นอกจากนี้มีการสะสมความชื้นมาก่อนหน้า โดยในฤดูกาลนี้มีพื้นที่เมฆปกคลุมเฉลี่ย ร้อยละ 24.5 ส่วนในช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว (WIM) ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน (SIM) ช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน และ ช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (OSM) ช่วงเดือนพฤษภาคม และ มิถุนายน เป็นช่วงที่มีความชื้นสะสมอยู่ในบรรยากาศในระดับหนึ่ง หรือมีพื้นที่เมฆปกคลุมเฉลี่ย ร้อยละ 41.4 ของพื้นที่ ดังนั้นเมื่อมีความกดอากาศสูงจากประเทศจีนแผ่ลงมา หรือมีหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อนอยู่เหนือพื้นที่ จึงสามารถก่อให้เกิดฝนตกได้มากกว่าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NM) ดังแสดงค่าในตารางที่ 4.29 โดยมีค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 29.7 มิลลิเมตร ในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายนมีค่าการกระจายของฝนมากที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม

(2) ลมพัดสอบระหว่างลมใต้หรือลมตะวันตกเฉียงใต้กับลมตะวันออกเฉียงใต้ (CON) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมถึง 3 ฤดูกาล คือ ตั้งแต่ช่วงปลายฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือถึงฤดูเริ่มต้นของฤดูฝน โดยมีอิทธิพลต่อการเกิดฝนมากที่สุดในช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูหนาวเป็นฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน) โดยมีลักษณะของฝนตกบางส่วน และมีฝนตกหนักเป็นพื้นที่เล็กๆ โดยคาดว่าบริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีสภาพอากาศแบบพายุฟ้าคะนอง หรือพายุฤดูร้อน จะให้ปริมาณฝนสูงมาก เนื่องจากข้อมูลที่ศึกษาพบว่าปริมาณฝนรายวันสูงสุดมีค่า 114.0 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยฝนสูงสุด 35.0 มิลลิเมตร แต่ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานี มีค่าเพียง 2.0 มิลลิเมตร เท่านั้น ส่วนในฤดูกาลเริ่มต้นฤดูฝน พบว่า อิทธิพลของลมพัดสอบทำให้มีฝนตกกระจายมากกว่าฤดูกาลก่อน แต่ลักษณะฝนตกหนักลดน้อยลง

(3) ร่องมรสุมกำลังแรงและกำลังปานกลาง (AITCZ, WITCZ) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ช่วงเดือนมีนาคมถึงตุลาคม ครอบคลุมในช่วง 3 ฤดูกาล โดยสภาวะอากาศเช่นนี้จะเกิดในช่วงที่ซีกโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ ซึ่งทำให้ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์สูง จึงเกิดเป็นลักษณะร่องมรสุมเคลื่อนที่ผ่านประเทศไทย จึงสามารถแบ่งเป็นร่องมรสุมกำลังแรงและกำลังปานกลางหรืออ่อนกำลัง ซึ่งอิทธิพลจากสภาวะอากาศดังกล่าวจะทำให้มีฝนตกเป็นบริเวณกว้างตามแนวของร่องมรสุมที่พาดผ่าน จากการศึกษา (ตารางที่ 2.9) พบว่าอิทธิพลจากร่องมรสุมไม่แปรผันตามฤดูกาล แต่ขึ้นกับความแรงของร่องมรสุม ซึ่งแบ่งรายละเอียดได้ดังนี้

ร่องมรสุมกำลังแรง (AITCZ) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนอย่างชัดเจนในช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กรกฎาคม-กันยายน) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยตลอดปีของฝนรายวัน เฉพาะสถานีที่มีฝน มีค่าสูงถึง 19.6 มิลลิเมตร โดยสภาวะอากาศแบบ AITCZ จะทำให้มีค่าเฉลี่ยของฝนทุกสถานี ในช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (OSM) และช่วงกลางฤดูฝนระหว่าง 10.0-12.0 มิลลิเมตร แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะสถานีที่ฝนตก พบว่า มีค่าสูงขึ้นไป ถึง 17.0-18.0

มิลลิเมตร แต่ฤดูเปลี่ยนเข้าฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีทำให้มีค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงกว่า 2 ฤดูที่ผ่านมาอย่างชัดเจน ทั้งต่อสถานีทั้งหมดและเฉพาะสถานีที่มีฝน เนื่องจากฤดูกาลนี้ทำให้บรรยากาศโดยทั่วไปมีอุณหภูมิลดลง ทำให้ความชื้นที่สะสมตัวในบรรยากาศสามารถควบแน่นเป็นหยดน้ำและกลายเป็นฝนได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้สภาวะอากาศเช่นนี้จะทำให้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่เมฆปกคลุม ในช่วงร้อยละ 68.0-78.0 ของพื้นที่ และให้ฝนตกกระจายเกือบทั่วไป (ร้อยละ 50.0-66.0 ของพื้นที่) หรือสรุปได้ว่าสภาวะอากาศแบบร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรง จะมีต่อปริมาณน้ำฝน การกระจายของฝน รวมถึงพื้นที่เมฆปกคลุม ที่สูงกว่าสภาวะอากาศแบบอื่นๆ

ร่องมรสุมกำลังปานกลางหรืออ่อนกำลัง (WITCZ) ที่มีอิทธิพลทำให้เกิดฝนตกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใน 2 ฤดูกาล เริ่มตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-มิถุนายน) โดยคิดเป็นร้อยละ 19.0 ของฤดูกาล และเริ่มลดอิทธิพลเหลือเพียงร้อยละ 8.0 ในช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กรกฎาคม-กันยายน) เพราะบางส่วนหนึ่งกลายเป็นร่องมรสุมกำลังแรง แต่อย่างไรก็ตามอิทธิพลของสภาวะอากาศเช่นนี้ ทำให้มีเมฆปกคลุมพื้นที่สูงถึงร้อยละ 49.0 และให้ค่าปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ยต่อสถานีทั้งหมดในช่วง 2.0-3.0 มิลลิเมตร แต่ถ้าคิดปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเฉพาะสถานีที่มีฝน จะพบว่า มีค่าสูงถึง 9.0-10.0 มิลลิเมตร มีค่าการกระจายของฝนตกเป็นแห่งๆ (ร้อยละ 25.0-29.0 ของพื้นที่) หรือกล่าวได้ว่าสภาวะอากาศเช่นนี้ จะทำให้มีเมฆปกคลุมในรอบวันหรือสามารถทำให้ความชื้นในบรรยากาศควบแน่นเป็นก้อนเมฆได้ แต่ยังทำให้กลายเป็นฝนได้ไม่มากนัก ซึ่งสภาวะอากาศเช่นนี้จะเหมาะสมต่อปฏิบัติการฝนหลวง เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำฝนในพื้นที่เป้าหมายได้เป็นอย่างดี

(4) ฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทั้งช่วงกำลังแรงและช่วงอ่อนกำลัง (ASW, WSW) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมต่อเนื่อง 3 ฤดูกาล ตั้งแต่ช่วงฤดูเริ่มต้นของฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-มิถุนายน) ช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กรกฎาคม-กันยายน) และช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว (ตุลาคม) ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่ซีกโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ ทำให้ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนดังกล่าว ซึ่งสามารถกล่าวในรายละเอียดของแต่ละฤดูกาลได้ดังนี้

ช่วงฤดูเริ่มต้นของฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-มิถุนายน) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนอย่างชัดเจน (ร้อยละ 59 ของฤดูกาล) ทำให้มีความชื้นในบรรยากาศเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับความแรงของลมมรสุม ส่งผลให้พื้นที่เมฆปกคลุมในช่วงฤดูกาลนี้ คิดเป็นร้อยละ 47.6 ถึง 72.6 ของพื้นที่ ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยมีค่าเล็กน้อย (0.1-10.0 มิลลิเมตร) มีการกระจายของฝนร้อยละ 14.9 ถึง 39.3 ของพื้นที่

ช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กรกฎาคม-กันยายน) เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ยังคงมีอิทธิพลต่อการเกิดฝนอย่างต่อเนื่องจากฤดูกาลก่อน (ร้อยละ 43.0 ของฤดูกาล) ซึ่งทำให้ในฤดูกาลนี้มีความชื้นในบรรยากาศมากขึ้น สามารถควบแน่นและตกเป็นฝนได้มาก ทำให้มีปริมาณเมฆปกคลุมในพื้นที่ไม่สูงมาก (ร้อยละ 51.7-60.0 ของพื้นที่) ให้ปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยมีค่าเล็กน้อย (0.1-10.0 มิลลิเมตร) มีการกระจายของฝนร้อยละ 18.9 ถึง 38.3 ของพื้นที่

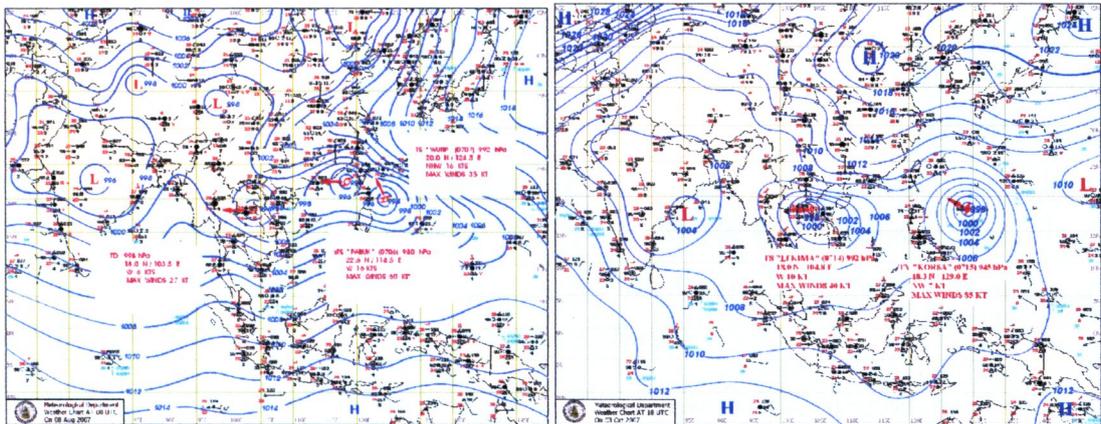
ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว (ตุลาคม) เป็นช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้เริ่มอ่อนกำลังลง ทำให้มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนเพียงร้อยละ 11.0 ของฤดูกาล แต่พบว่ามรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูกาลนี้ให้ค่าปริมาณน้ำฝนและค่าการกระจายของฝน สูงกว่าใน 2 ฤดูกาลที่ผ่านมา (ตารางที่ 4.29) ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการที่ฤดูกาลนี้มีอิทธิพลจากการแผ่ลิ้มลงมาของความกดอากาศสูงจากประเทศจีน ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศลดลง ส่งผลต่อความชื้นในบรรยากาศที่ควบแน่นได้ง่ายขึ้น

(5) พายุดีเปรสชันหรือหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงจากทะเลอันดามัน หรือ ทะเลจีนใต้ (LOW&DEP 1, 2) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือร้อยละ 8 ของวันที่ศึกษา หรือ ร้อยละ 11 ของวันที่เกิดฝน โดยในช่วงปี พ.ศ.2549-50 พบว่าพายุหมุนเขตร้อน เคลื่อนที่เข้าไทยเพียง 3-4 ลูก ซึ่งผลการศึกษสามารถแยกเป็น 2 ส่วน คือ อิทธิพลจากพายุดีเปรสชันในทะเลอันดามัน และทะเลจีนใต้ ดังนี้

พายุดีเปรสชันหรือหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงจากทะเลอันดามัน (LOW&DEP 1) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนมีนาคมถึงกันยายน ครอบคลุม 3 ฤดูกาล หรือร้อยละ 3.0 ของช่วงเวลาที่ศึกษา หรือร้อยละ 4.0 ของวันที่เกิดฝน โดยในปี พ.ศ.2549 และ พ.ศ.2550 มีพายุหมุนเขตร้อน รวมถึงหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรง ในทะเลอันดามัน หลายครั้ง ทำให้เกิดผลต่อสภาวะอากาศประเทศไทย ในแต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน โดยมีอิทธิพลต่อการเกิดฝนมากที่สุดในช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน) ซึ่งทำให้มีฝนรายวันเฉลี่ยเฉพาะสถานที่ที่มีฝน 13.3 มิลลิเมตร ให้กลุ่มเมฆกระจายไม่มาก ส่วนฤดูเริ่มต้นฤดูฝน พบว่าสภาวะอากาศเช่นนี้ ทำให้มีความชื้นในแผ่นดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีกลุ่มเมฆฝนกระจายและตกครอบคลุมพื้นที่มากกว่า ฤดูกาลก่อน

พายุดีเปรสชันหรือหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงจากทะเลจีนใต้ (LOW&DEP 2) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคม ครอบคลุม 3 ฤดูกาล หรือร้อยละ 6 ของวันที่เกิดฝน โดยในช่วงเวลาที่ศึกษา มีพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวจากทะเลจีนใต้ หลายลูก แต่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทย 2 ลูก บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ทำให้มีฝนตกกระจายทั่วทั้งพื้นที่ ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลม

มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กรกฎาคม-กันยายน) โดยจะให้ฝนตกกระจายสูงถึง ร้อยละ 45-60 ของพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 4.38



(ก) วันที่ 8 สิงหาคม 2550

(ข) วันที่ 3 ตุลาคม 2550

ภาพที่ 4.38 แผนที่อากาศในช่วงที่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทย ส่งผลให้ประเทศไทยมีฝนตกในปริมาณที่มาก

ที่มา : <http://www.royalrainmaking.thaigov.net> อ้างจาก กรมอุตุนิยมวิทยา (2550)

(6) คลื่นกระแสอากาศตะวันออกเข้าปกคลุม (E WIND) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพียงฤดูกาลเดียว คือ ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว (ตุลาคม) ซึ่งเป็นช่วงที่มีความกดอากาศสูงจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทย ทำให้คลื่นกระแสอากาศตะวันออก ที่นำความชื้นมาปะทะทำให้เกิดพื้นที่เฉลี่ยของการเกิดฝน มากกว่า 80.0 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ โดยมีปริมาณฝน 24 ชั่วโมงเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เล็กน้อยถึงปานกลาง โดยมีปริมาณฝนสูงสุดเฉลี่ยสูงถึง 48.9 มิลลิเมตร

(7) ลมฝ่ายใต้ (S WIND) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพียงฤดูกาลเดียว คือ ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน) โดยลมฝ่ายใต้จะพัดพาความชื้นจากอ่าวไทย เข้าสู่แผ่นดิน ทำให้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความชื้นเพิ่มขึ้น ถ้าเป็นช่วงที่ต่อเนื่องกับการแผ่ลมลงมาของความกดอากาศสูงจากประเทศจีน ทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง จะทำให้มีโอกาสเกิดฝนตกเป็นบางส่วน (น้อยกว่าร้อยละ 20) โดยส่วนมากมีปริมาณฝนในช่วง มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยของฝนรายวันสูงสุด 21.9 มิลลิเมตร

(8) คลื่นกระแสอากาศตะวันตก (WT) ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเพียง 2 วัน หรือประมาณ ปีละ 1 ครั้ง จากข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝนทั้งหมดพบว่าสภาวะอากาศนี้จะให้ฝนตกเล็กน้อย (0.1-10 มิลลิเมตร) กระจายเป็นบริเวณบางส่วน (น้อยกว่าร้อยละ 20)

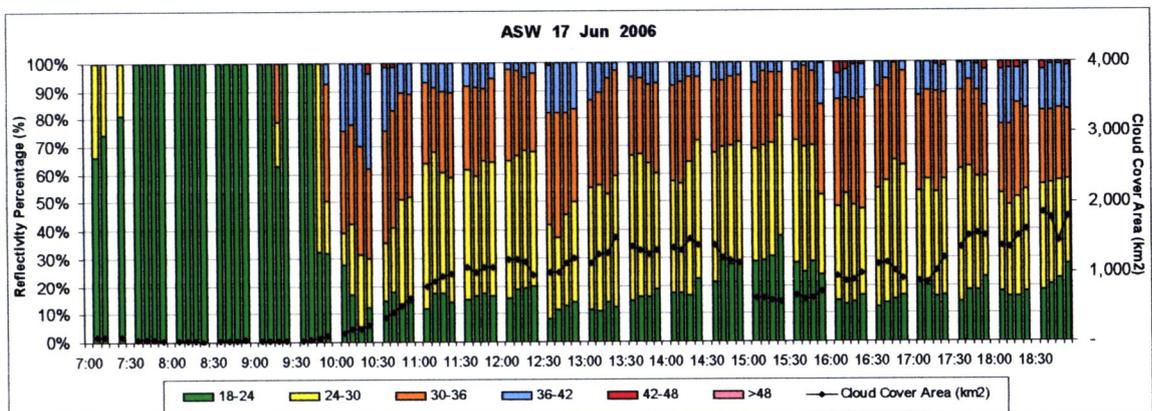
ปฏิบัติการฝนหลวงต่อพายุฤดูร้อนในพื้นที่เป้าหมาย

การศึกษาผลจากปฏิบัติการฝนหลวงต่อพายุฤดูร้อนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ภาพการตรวจสภาพอากาศด้วยเรดาร์ชนิดระดับความสูงคงที่ หรือ CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) ที่ความสูง 2.5 กิโลเมตร จากสถานีเรดาร์ฝนหลวงเฉลิมพระเกียรติ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา สำนักฝนหลวงและการบินเกษตร เพื่อคำนวณพื้นที่เมฆในแต่ละช่วงค่าการสะท้อนตามเวลา โดยกำหนดขอบเขตการศึกษาในพื้นที่เป้าหมาย (พื้นที่ที่กรวยที่คาดการณ์โดยนักวิชาการฝนหลวง) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับอิทธิพลจากปฏิบัติการฝนหลวง โดยนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าสะท้อนตามเวลาระหว่างในขอบเขตพื้นที่เป้าหมาย รวมถึงศึกษาปริมาณฝนและการกระจายฝนที่อยู่ในพื้นที่เป้าหมาย ตามสภาวะอากาศระดับภูมิภาค

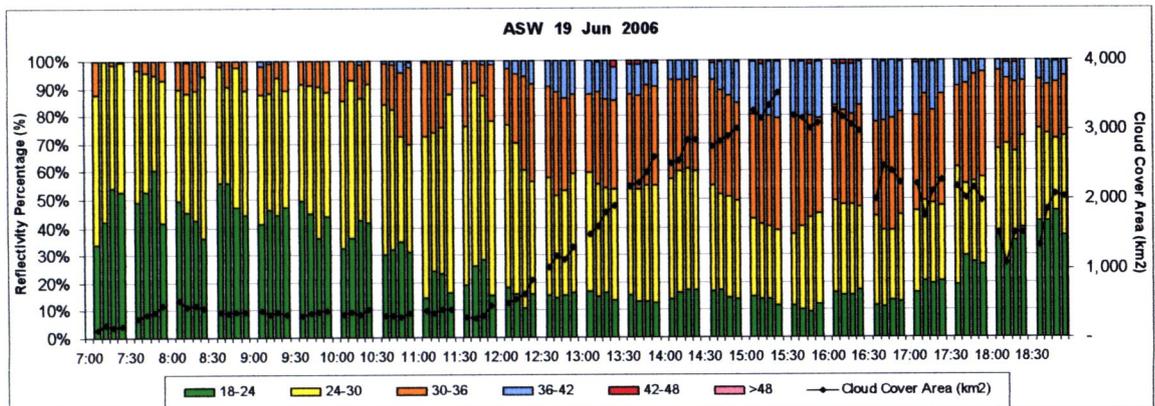
การจำแนกสภาวะอากาศระดับภูมิภาคในแต่ละฤดูกาล ทำให้สามารถทราบพายุฤดูร้อนในแต่ละสภาวะอากาศ เนื่องจากสภาวะอากาศระดับภูมิภาคในรอบวัน (Synoptic) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นในบรรยากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยโดยตรงต่อการเกิด การเจริญเติบโต และการสลายตัวของเมฆ ซึ่งสภาวะอากาศดังกล่าวยังส่งต่อการปฏิบัติการทำฝนอีกด้วย แต่เนื่องจากในช่วงเวลาที่ศึกษา (มีนาคม พ.ศ. 2549 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2550) เป็นช่วงที่เรดาร์ปิดซ่อม และปรับค่า ทำให้มีข้อมูลภาพเรดาร์แบบระดับความสูงคงที่ (CAPPI) ทุก 6 นาที ในช่วงวันที่ 1 พฤษภาคม ถึง 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 และช่วงวันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2550 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2550 จึงสามารถศึกษาได้เฉพาะช่วงเวลาดังกล่าวเท่านั้น โดยคณะผู้ศึกษาได้พิจารณาสภาวะอากาศหลักที่มีผลต่อการเกิดฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งหมด 3 สภาวะอากาศ ได้แก่ สภาวะอากาศแบบฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทั้งช่วงกำลังแรงและช่วงอ่อนกำลัง (ASW, WSW) สภาวะอากาศแบบร่องมรสุมกำลังแรงและกำลังปานกลาง (AITCZ, WITCZ) และสภาวะอากาศแบบพายุดีเปรสชันหรือหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงจากทะเลอันดามัน หรือ ทะเลจีนใต้ (LOW&DEP 1, 2) โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาผลจากปฏิบัติการฝนหลวงต่อพายุฤดูร้อนของเมฆแต่ละสภาวะอากาศ (Synoptic) ดังนี้

สภาวะอากาศแบบฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทั้งช่วงกำลังแรงและช่วงอ่อนกำลัง (ASW, WSW) มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนอย่างเด่นชัดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่ช่วงฤดูเริ่มต้นของฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคม-มิถุนายน) ช่วงกลางฤดูฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กรกฎาคม-กันยายน) และบางครั้งยังคงมีอิทธิพลต่อเนื่องช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว (ตุลาคม) โดยสภาวะอากาศเช่นนี้ มีอิทธิพลต่อปริมาณฝน คิดเป็นร้อยละ 23.4 ของวันที่มีฝน เนื่องจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดพาความชื้นจากทะเลเข้าสู่แผ่นดิน หรือ

เป็นการเพิ่มความชื้นในบรรยากาศ ทำให้มีโอกาสเกิดเมฆปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้าง จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าการสะท้อนของเมฆในพื้นที่เป้าหมายตามเวลา พบว่า ส่วนใหญ่จะพบค่าสะท้อนของเมฆในพื้นที่เป้าหมายมีค่าการสะท้อนส่วนใหญ่เป็นช่วงกว้างอยู่ระหว่าง 24-36 dBZ และมักจะพบค่าการสะท้อนในช่วง 36-42 เดซิเบล (dBZ) เพิ่มขึ้น ภายหลังจากปฏิบัติการกิจฝนหลวง และพื้นที่เมฆมักจะเพิ่มมากขึ้นในช่วงสาย หรือหลังเที่ยง ดังตัวอย่างภาพสัดส่วนการสะท้อนของเมฆในพื้นที่กรวย วันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ.2549 ซึ่งมีปฏิบัติการกิจฝนหลวง ภารกิจที่ 1/2 เวลา 10.55-11.12 น. และ ภารกิจที่ 2/3 เวลา 13.20-13.32 น. ซึ่งมีผลต่อพื้นที่เมฆ และค่าการสะท้อนของเมฆในช่วงเดซิเบลสูงมีค่าลดลง แสดงว่า สามารถทำให้เกิดฝนตกในพื้นที่เป้าหมายได้



(ก) วันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2549 ภารกิจ/ขั้นตอน : 1/2 10.55-11.12 น. และ 2/3 13.20-13.32 น.

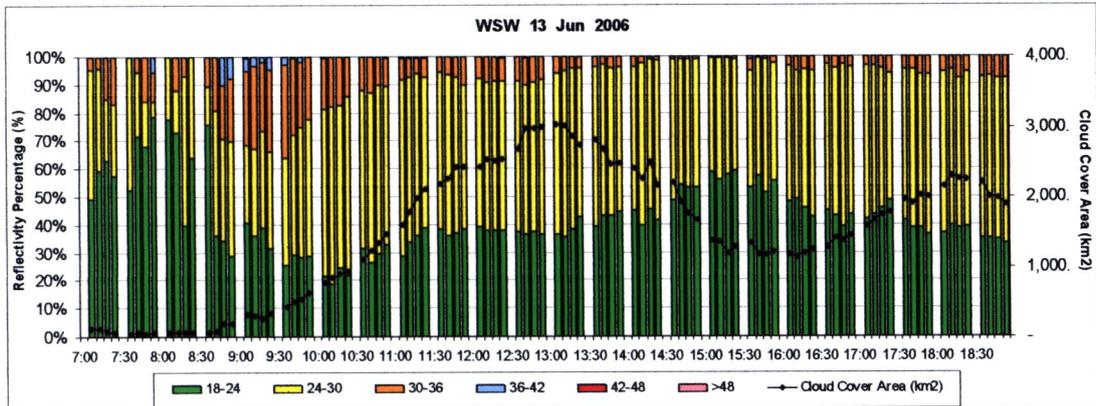


(ข) วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2549 ภารกิจ/ขั้นตอน : 1/3 11.26-11.39 น.

ภาพที่ 4.39 สัดส่วนค่าการสะท้อนของเมฆตัวอย่าง ในวันที่ 17 และ 19 มิถุนายน พ.ศ.2549 (อิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

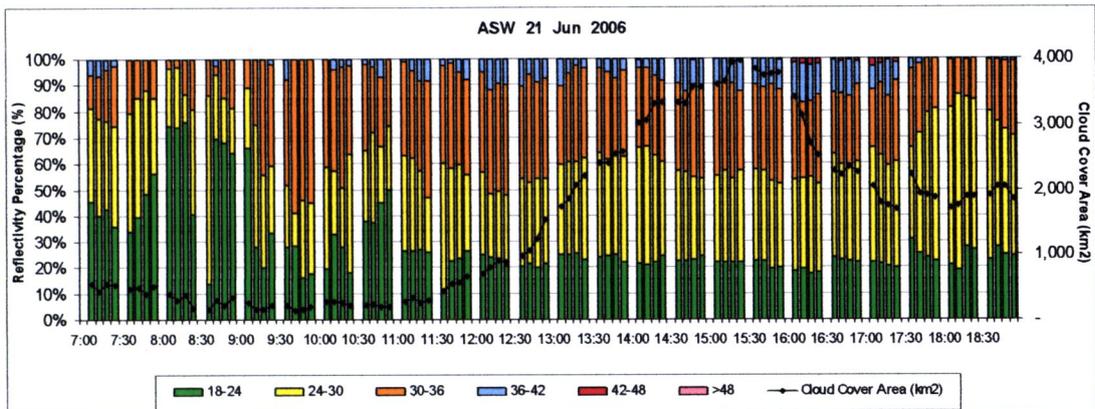
จากตัวอย่างสัดส่วนค่าการสะท้อนของเมฆในพื้นที่เป้าหมายของวันที่ 17 และ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2549 (ภาพที่ 4.39) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรงอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีพื้นที่เมฆปกคลุมใน คิดเป็นร้อยละ 50-75 พื้นที่เป้าหมาย เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะอากาศแบบ ASW กับ

ช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้อ่อนกำลังลง เป็นกำลังปานกลางหรือกำลังอ่อน (WSW) อย่างต่อเนื่องแล้ว พบว่าในสภาวะแบบ WSW มีสัดส่วนพื้นที่ของช่วงค่าการสะท้อน 24-30 เดซิเบล (dBZ) เพิ่มขึ้น โดยพบค่าการสะท้อนในช่วง 36-42 เดซิเบล (dBZ) อยู่น้อยมาก แสดงให้เห็นว่าเม็ดน้ำในเมฆมีขนาดเล็กลง เนื่องจากมีความชื้นในบรรยากาศลดลง ดังตัวอย่างค่าการสะท้อนของเมฆในพื้นที่กรวยของวันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ. 2549 (ภาพที่ 4.40)



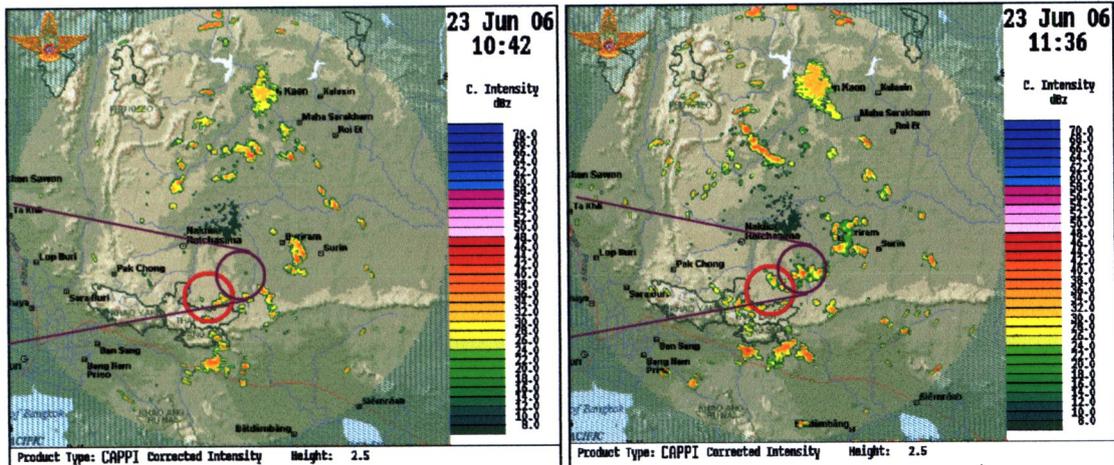
ภาพที่ 4.40 สัดส่วนค่าการสะท้อนของเมฆในพื้นที่เป้าหมายของวันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ.2549 (อิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อ่อนกำลัง) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ภารกิจขั้นตอน : 1/2 13.45-14.05น., 2/3 15.10-15.22 น.)

ผลจากปฏิบัติการฝนหลวงต่อพฤติกรรมของเมฆที่เกิดในสภาวะอากาศแบบ ASW และ WSW พบว่ามีข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของเมฆในพื้นที่ปฏิบัติการ เช่น ตัวอย่างปฏิบัติการในวันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ. 2549 (ภาพที่ 4.41) แสดงให้เห็นว่าการปฏิบัติการกิจครั้งนี้สามารถเพิ่มขนาดของเมฆและขนาดของเม็ดน้ำ โดยได้ปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่เป้าหมาย 13.9 มิลลิเมตร มีฝนตกบางส่วนในพื้นที่คิดเป็นการกระจายร้อยละ 17.2 ของพื้นที่เป้าหมาย



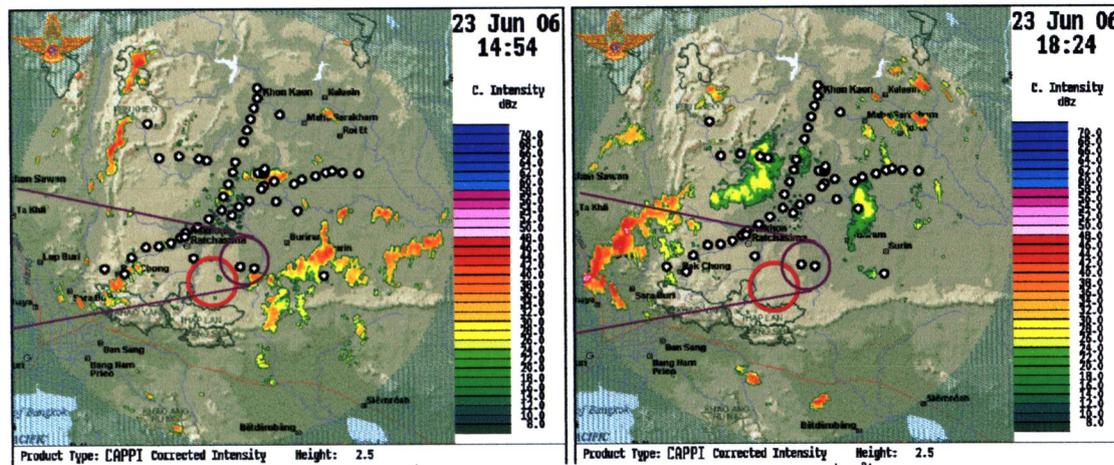
ภาพที่ 4.41 สัดส่วนค่าการสะท้อนของเมฆในพื้นที่เป้าหมาย ในวันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ.2549 (อิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ภารกิจ/ขั้นตอน: 1/2 13.57-14.14 น., 2/3 15.16-15.28 น.)

ส่วนปฏิบัติการฝนหลวงในบางวันที่เพิ่มขึ้นตอนปฏิบัติการที่ 4 การเพิ่มฝน พบว่ามีผลต่อค่าการสะท้อนของเมฆ ในช่วงระยะเวลายาวนานขึ้น ดังผลปฏิบัติการในวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2549 ซึ่งปฏิบัติ 4 ภารกิจ 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1/1 11.00-11.08 น., 2/2 11.08-11.15 น., 3/3 13.55-14.05 น. และ 4/4 14.05-14.10 น. สรุปได้ว่า ในช่วงเช้า ไม่พบกลุ่มเมฆที่ชัดเจนในพื้นที่เป้าหมายที่กำหนด แต่ภายหลังปฏิบัติการ 1/1 และ 2/2 แล้ว พบกลุ่มเมฆมีค่าการสะท้อน และเป็นกลุ่มก้อนมากขึ้น (ภาพที่ 4.42 ข) และเมื่อปฏิบัติการ 3/3 ใจมดี และ 4/4 เพิ่มฝน ทำให้กลุ่มเมฆสลายตัวไป แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป อิทธิพลของสารเคมีฝนหลวงในขั้นตอนที่ 4 อาจกระจายตามทิศทางลม ทำให้มีผลต่อบรรยากาศ ซึ่งมีการสะสมตัว ทำให้ผลการตรวจวัดค่าการสะท้อนในพื้นที่เป้าหมาย มีค่าความเข้มเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ในขณะที่กลุ่มเมฆกลุ่มอื่นๆ ที่อยู่รอบสถานี มีค่าการสะท้อนลดลง (ภาพที่ 4.42 ค และ 4.42 ง) และเมื่อตรวจสอบปริมาณน้ำฝนจากสถานีลพบุรี (โดยข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา) พบว่า มีปริมาณน้ำฝน 24 ชั่วโมง มีค่าสูงถึง 95.0 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับค่าการสะท้อนที่ตรวจวัดได้จากเรดาร์



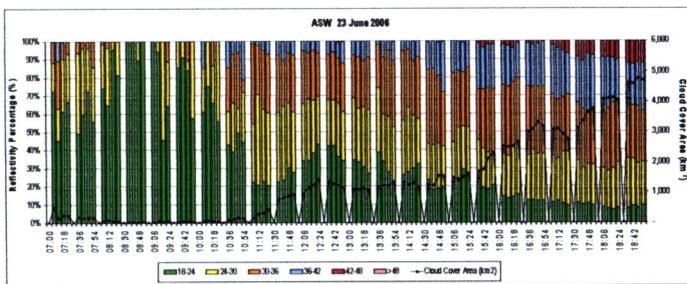
(ก) ค่าการสะท้อน ก่อนปฏิบัติการกิจ

(ข) ค่าการสะท้อนหลังปฏิบัติการกิจที่ 1/1 และ 2/2



(ค) ค่าการสะท้อนหลังปฏิบัติการกิจที่ 3/3 และ 4/4

(ง) ค่าการสะท้อนเพิ่มขึ้นเหนือจังหวัดลพบุรี



(จ) ค่าการสะท้อนของในพื้นที่เป้าหมายตลอดวัน



(ฉ) พื้นที่เป้าหมาย

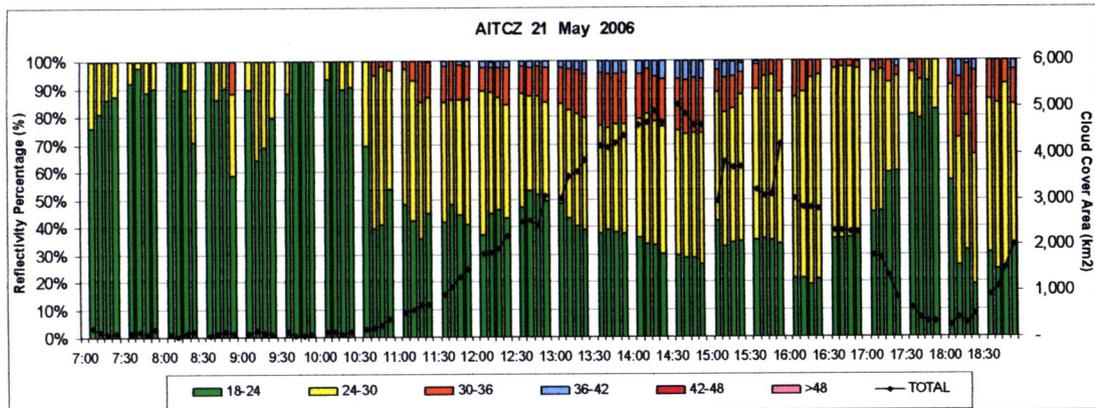
ภาพที่ 4.42 สัดส่วนค่าการสะท้อนของเมฆในพื้นที่เป้าหมาย ในวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ.2549 (อิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรง) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ภารกิจ/ขั้นตอน: 1/2 13.57-14.14 น., 2/3 15.16-15.28 น.)



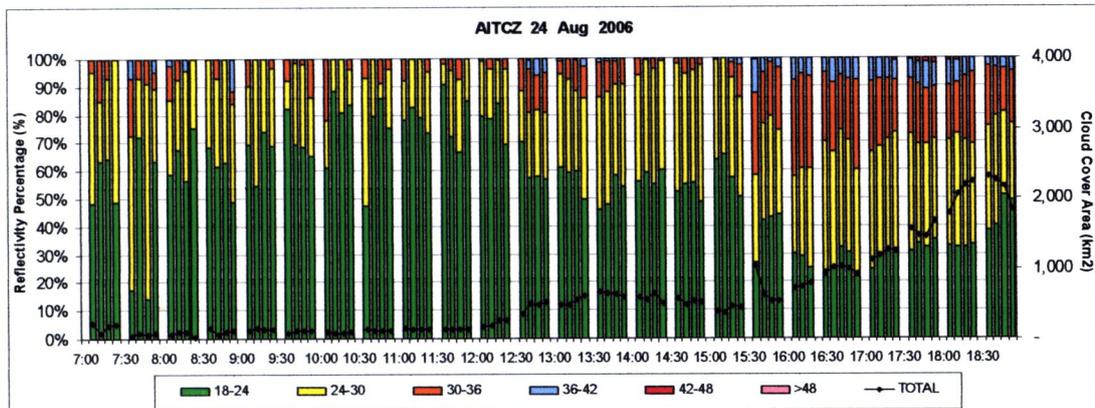
สภาวะอากาศแบบร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรง หรือกำลังอ่อน (AITCZ, WITCZ)

ในช่วงเวลาที่ซีกโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน มีผลทำให้เกิดร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านตอนบนของประเทศไทย และพบว่าสภาวะอากาศเช่นนี้มีอิทธิพลต่อการเกิดฝนอย่างเด่นชัดในช่วงเริ่มต้นของฤดูฝน และช่วงฤดูฝนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ร้อยละ 23.4 ของวันที่มีฝนตก ช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรง (AITCZ) หรือกำลังอ่อน (WITCZ) ส่วนใหญ่ มีพื้นที่เหมาะสมปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้าง โดยช่วงที่เกิดสภาวะอากาศแบบ AITCZ มีพื้นที่เหมาะสมปกคลุมท้องฟ้าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 68.0-78.0 ของพื้นที่ แต่ถัาร่องความกดอากาศต่ำอ่อนกำลังลง เป็นสภาวะอากาศแบบ WITCZ พื้นที่เหมาะสมปกคลุมท้องฟ้าเฉลี่ยจะลดลงอย่างชัดเจน คิดเป็นร้อยละ 50.0 ของพื้นที่ และพบสัดส่วนของสภาพการสะท้อนส่วนใหญ่มีค่าระหว่าง 24-30 dBZ

เมื่อเปรียบเทียบผลปฏิบัติการในวันที่เกิดสภาวะอากาศแบบ AITCZ ระหว่างวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 (อิทธิพลจากร่องมรสุมพาดผ่านบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) และ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2549 (อิทธิพลจากร่องมรสุมพาดผ่านบางส่วนของภาคเหนือ) ดังตัวอย่างภาพที่ 4.43 พบว่าอิทธิพลจากร่องมรสุมที่พาดผ่านบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือสามารถเพิ่มขนาดของเมฆและขนาดของเม็ดน้ำได้อย่างรวดเร็ว อาจเนื่องมาจากอิทธิพลจากร่องมรสุมที่พาดผ่านในพื้นที่ ซึ่งทำให้เกิดการยกตัวของมวลอากาศได้เร็วขึ้น ร่วมกับมีความชื้นในบรรยากาศขณะนั้นที่เหมาะสม จึงเป็นการเสริมให้มีปริมาณพื้นที่เหมาะสมปกคลุมมากขึ้น และอาจให้ฝนที่มีการกระจายดีขึ้น เช่น ในวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ย 5.3 มิลลิเมตร และมีการกระจายของฝนคิดเป็นร้อยละ 60 ของพื้นที่ เป้าหมาย เปรียบเทียบกับวันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2549 ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ย 21.8 มิลลิเมตร แต่มีการกระจายของฝนคิดเป็นร้อยละ 23.8 ของพื้นที่เป้าหมาย



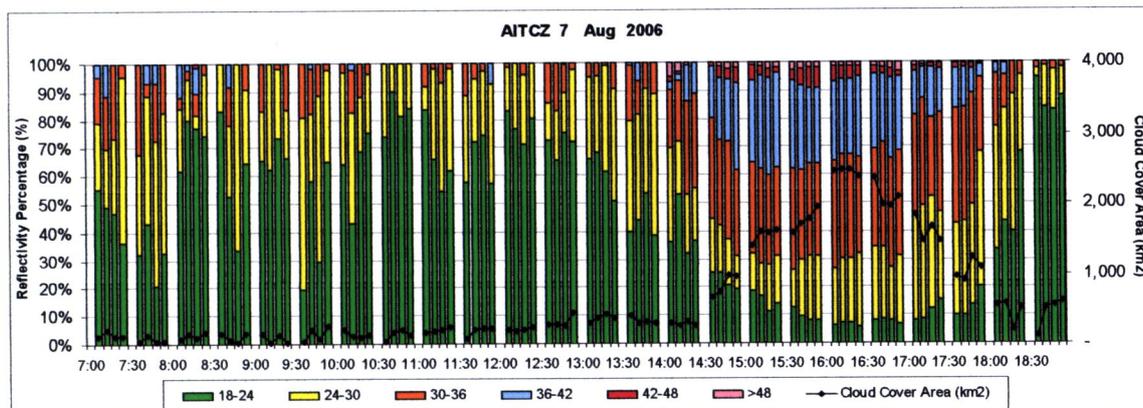
(ก) วันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 การกิจ/ขั้นตอน: 1/2 10.25-10.45 น., 2/3 13.20-13.35 น., 3/4 13.40-13.45 น.



(ข) วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2549 การกิจ/ขั้นตอน: 1/1 11.00-11.12 น., 2/2 11.12-11.22 น., 3/1 11.15-11.36 น., 4/2 11.20-11.40น.

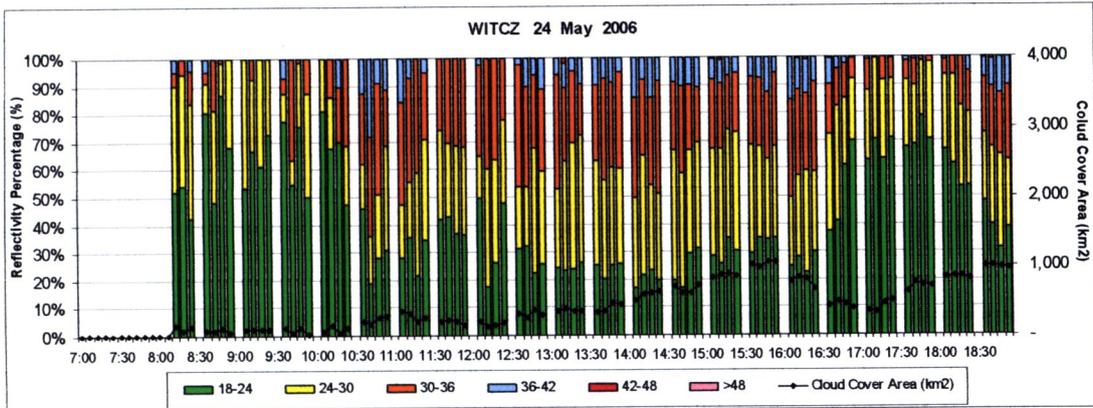
ภาพที่ 4.43 สัดส่วนค่าการสะท้อนของเมฆในพื้นที่เป้าหมาย ในวันที่ 21 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 (อิทธิพลจากร่องมรสุมกำลังแรง) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

นอกจากนี้ในช่วงที่ทำการศึกษายังพบว่าผลจากปฏิบัติการที่ทำการทดลองยิงสารซิลเวอร์ไอโอไดด์ (AgI) (ภารกิจ/ขั้นตอนที่ 5/6) จำนวน 24 นัด พบว่าสามารถเพิ่มขนาดของเมฆและขนาดของเม็ดน้ำได้ เช่น ในวันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2549 (ภาพที่ 4.44)

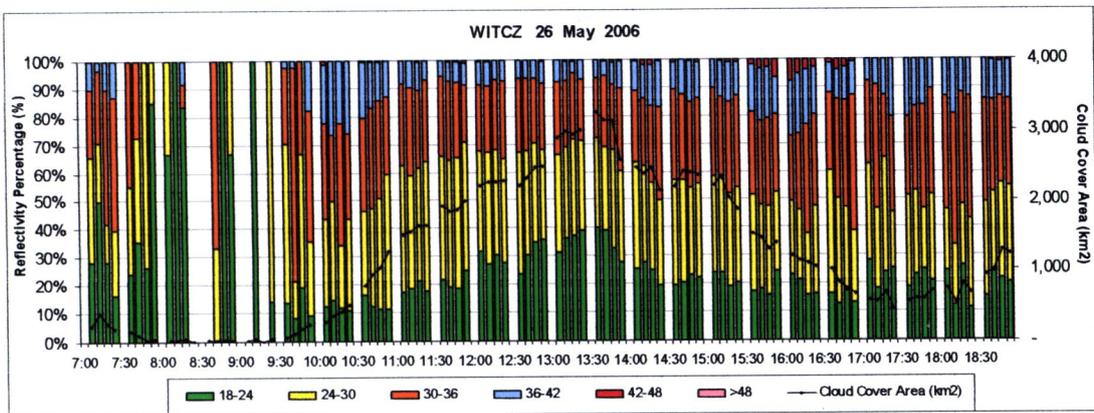


ภาพที่ 4.44 สัดส่วนค่าการสะท้อนของเมฆในพื้นที่เป้าหมาย ในวันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2549 (อิทธิพลจากร่องมรสุมกำลังแรง) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ภารกิจ/ขั้นตอน: 1/1 10.55-11.15 น., 2/2 11.00-11.20 น., 3/3 13.10-13.25 น., 4/4 15.35-15.50 น., 5/6 14.32-15.34 น.

ส่วนผลปฏิบัติการในช่วงที่ร่องมรสุมกำลังปานกลาง หรือกำลังอ่อนนั้น แม้จะมีปริมาณเมฆปกคลุมท้องฟ้าโดยเฉลี่ยน้อยกว่าในช่วงที่มีกำลังแรง ทำให้การเพิ่มขนาดของเมฆในพื้นที่เป้าหมายลดลง แต่ยังสามารถเพิ่มขนาดของเม็ดน้ำ ซึ่งทำให้ได้ปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่เป้าหมาย 12.9 มิลลิเมตร และมีการกระจายของฝนร้อยละ 17.1 ของพื้นที่เป้าหมาย ดังตัวอย่างภาพที่ 4.45 ก นอกจากนี้พบว่าช่วงที่เกิดสภาวะอากาศแบบ WITCZ อย่างต่อเนื่องจะมีการสะสมตัวของความชื้นในบรรยากาศ แสดงให้เห็นจากในเวลาต่อมาเมื่อมีปฏิบัติการฝนหลวงยังสามารถเร่งการเพิ่มขนาดของเมฆและขนาดของเม็ดน้ำได้ดี ดังตัวอย่างภาพที่ 4.45 ข ที่มีปริมาณเมฆปกคลุมและเห็นค่าการสะท้อนที่สูงขึ้น ซึ่งจากตัวอย่างในวันดังกล่าวมีปริมาณฝน 8.9 มิลลิเมตร และมีการกระจายของฝนร้อยละ 22.9 ของพื้นที่เป้าหมาย



(ก) วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 การกิจ/ขั้นตอน : 1/3 14.40-14.52 น., 2/4 14.57-15.02 น.



(ข) วันที่ 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 การกิจ/ขั้นตอน: 1/2 10.35-10.55 น. และ 2/3 13.30-13.46 น.

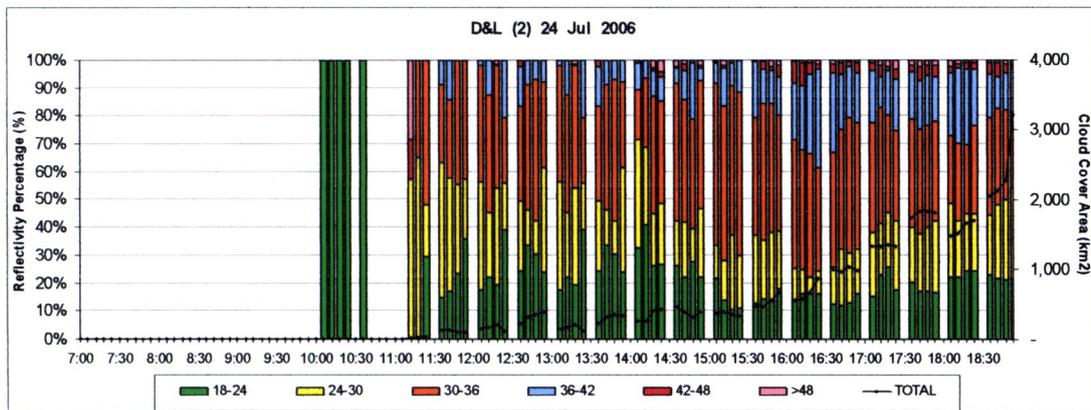
ภาพที่ 4.45 สัดส่วนค่าการสะท้อนของเมฆในพื้นที่เป้าหมาย ในวันที่ 24 และ 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2549 (อิทธิพลจากร่องมรสุมอ่อนกำลัง) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

อิทธิพลจากดีเปรสชันและความกดอากาศต่ำหรือพายุหมุนเขตร้อนเข้าใกล้ (LOW&DFP)

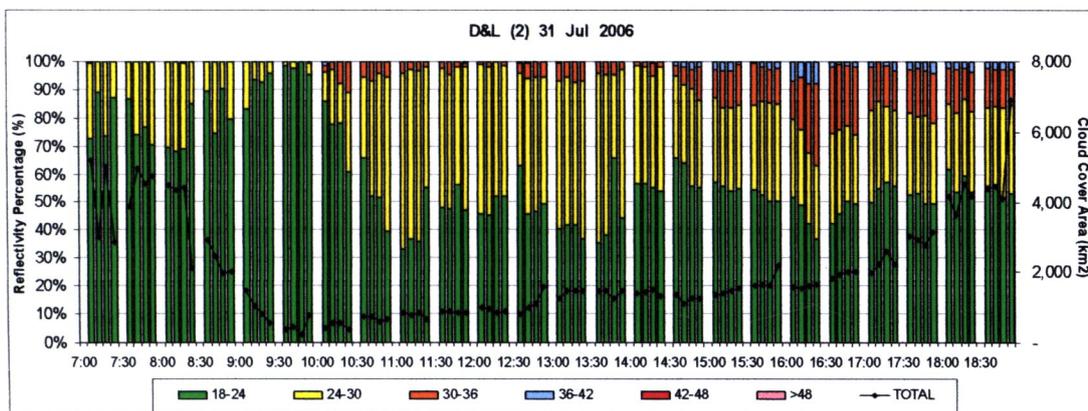
ผลจากความกดอากาศ ดีเปรสชัน พายุหมุนเขตร้อนมักเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูร้อนเข้าสู่ฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ประมาณต้นเดือนพฤษภาคมจนถึงกลางเดือนตุลาคม ทำให้ช่วงเวลาที่เกิดสภาวะแบบ LOW&DFP ดีเปรสชันหรือพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่เข้าใกล้จะพาความชื้นจากทะเลเข้าสู่แผ่นดิน ซึ่งในช่วงที่ทำการศึกษพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้รับอิทธิพลจาก LOW&DFP คิดเป็นร้อยละ 10.9 ของวันที่มีฝน

จากอิทธิพลดังกล่าวทำให้เกิดเมฆลักษณะกลุ่มก้อน และมีการเคลื่อนที่ปกคลุมท้องฟ้าเป็นบริเวณกว้างซึ่งทำให้ได้ฝนมากและมีการกระจายดี มีค่าการสะท้อนจากรadarสูงสุดประมาณ 40-44

dBZ (หมายเหตุ พบค่าการสะท้อนที่สูงกว่า 46 เดซิเบล (dBZ) แต่เกิดจากความผิดพลาดของข้อมูลภาพเรดาร์ CAPPI) เช่นเดียวกันกับผลปฏิบัติการดังภาพที่ 4.46 ก และ 4.46 ข ที่มีค่าการสะท้อนสูง ซึ่งทำให้เกิดปริมาณของฝนเฉลี่ยในพื้นที่เป้าหมาย 24.9 และ 46.1 มิลลิเมตร และมีการกระจายของฝนคิดเป็นร้อยละ 86.7 และ 92.7 ของพื้นที่เป้าหมาย ตามลำดับ โดยสังเกตพบว่าเมฆที่เกิดจากสภาวะอากาศแบบ LOW&DEP แม้จะมีปริมาณเมฆมาก แต่มีการพัฒนา (การเพิ่มขนาดของเมฆในพื้นที่รูปกรวย) แบบค่อยเป็นค่อยไปภายหลังจากปฏิบัติการทำฝนหลวง ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะอากาศแบบนี้ทำให้มีความชื้นในบรรยากาศสูง ซึ่งอาจทำให้เกิดฝนได้เร็วและอาจทำให้เกิดฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลานาน หรือเนื่องจากกระแสลมที่ทำให้เมฆมีการเคลื่อนที่เข้า-ออกพื้นที่เป้าหมาย จึงทำให้เห็นลักษณะการเจริญเติบโตของเมฆไม่เด่นชัดนัก



(ก) วันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2549 การกิจ/ขั้นตอน: 1/1 11.02-11.16 น., 2/2 11.16-11.25 น.



(ข) วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2549 การกิจ/ขั้นตอน: 1/1 11.15-11.30 น., 2/2 11.32-11.42 น.
3/3 14.30-14.36 น.

ภาพที่ 4.46 สัดส่วนค่าการสะท้อนของเมฆในพื้นที่เป้าหมาย ในวันที่ 24 และ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2549 (อิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนในพื้นที่ทะเลจีนใต้) บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย