

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยเป็นปัญหาที่น่ากังวล เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่ขึ้นอยู่กับเกษตรเป็นหลัก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงส่งผลกระทบต่อเกษตรและความเป็นอยู่ของคนโดยทางตรงและทางอ้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความเสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติที่อาจจะส่งผลกระทบต่อเกษตรได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เพื่อช่วยในการวางแผนทางเกษตรกรรม

ทั้งนี้ การศึกษาลักษณะภูมิอากาศในพื้นที่ของประเทศไทยอย่างละเอียดยังไม่มีมากนัก โดยเฉพาะบนพื้นที่สูง ซึ่งมีความแตกต่างจากพื้นที่ราบและมีความแตกต่างในด้าน microclimate ค่อนข้างชัดเจนระหว่างพื้นที่หนึ่งๆ ฉะนั้น จะต้องมีการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่สูงอย่างละเอียดมากขึ้น โดยได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงในเขตร้อนบริเวณอื่นซึ่งชี้ว่าพื้นที่สูงเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Nyssen *et al.*, 2008) และอุณหภูมิในพื้นที่สูงมักจะเปลี่ยนแปลงในอัตราที่เร็วกว่าพื้นที่ราบ ดังนั้นจะต้องมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงของประเทศไทยให้ละเอียดมากขึ้น ทั้งนี้งานวิจัยนี้จะเน้นการศึกษาในพื้นที่สูงภาคเหนือของประเทศไทย

ดังนั้น ต้องมีการรวบรวมและประเมินข้อมูลสภาพภูมิอากาศระยะยาวในพื้นที่สูงอย่างละเอียด เพื่อเป็นการวางแผนรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต งานวิจัยชิ้นนี้จะรวบรวมข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาปัจจุบัน อดีต และจากการพยากรณ์ เพื่อประมวลข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และพยากรณ์สภาพอากาศบนพื้นที่สูงในอนาคต การรวบรวมข้อมูลนี้จะประกอบด้วยตัวแปรทางภูมิอากาศบนพื้นที่สูงเทียบกับข้อมูลพื้นที่ราบ โดยจะมีการวิเคราะห์ปัจจัยเช่น ความสูงจากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการคายระเหย ความเร็วลม ความสูง ปริมาณน้ำในดิน ปริมาณน้ำหรือความสูงระดับน้ำของแหล่งน้ำ ปริมาณแสง เป็นต้น หลังจากรวบรวม คณะทำงานจะประเมินคุณภาพของข้อมูลทางอุตุนิยมและวิเคราะห์ในเชิงสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ หากการเปลี่ยนแปลง เพื่อใช้ในการพยากรณ์สภาพอากาศในพื้นที่สูงให้ชัดเจนมากขึ้น นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยจะสร้างฐานข้อมูลที่รวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเหล่านี้ เพื่อให้เป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญ มีระบบการบันทึกนำเข้าข้อมูล การสืบค้น และรายงานผลข้อมูล และมีการพยากรณ์เชิงพื้นที่และเวลาเพื่อให้เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง นักวิจัยและเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ ทั้งนี้ได้มีการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาอื่นๆ เพื่อให้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

การศึกษาสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในประเทศไทย

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ประเทศไทยได้ประสบปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และลักษณะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา รวมทั้งปัญหาน้ำท่วม น้ำแล้งที่เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ในประเทศไทยซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้ (Taniguchi *et al.*, 2007; RC, 2009; Taniguchi *et al.*, 2009; Pillai *et al.*, 2010; Limsakul, 2013) นักวิจัยหลายกลุ่มได้ศึกษาลักษณะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในประเทศไทยไปบ้างแล้ว ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (International Panel of Climate Change (IPCC)) คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศยังได้กล่าวถึงสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในพื้นที่ภูมิภาคเอเชียอาคเนย์ว่ามีปัญหาเพิ่มความรุนแรงของลักษณะฝนและความแห้งแล้งจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะมรสุม (IPCC, 2013) ในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา พื้นที่เอเชียอาคเนย์รวมถึงประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่า 1°C และมีเหตุการณ์ภัยธรรมชาติทั้งน้ำท่วมฉับพลันและความแห้งแล้งกระจายทั่วไป (IPCC, 2013) นอกจากนี้ IPCC ยังได้พยากรณ์ในรายงานฉบับล่าสุดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในประเทศไทยจะสูงขึ้น 1.5–2 °C ภายใน 40-50 ปีข้างหน้า นอกจากนี้ อุณหภูมิตอนกลางวันที่สูงที่สุดอาจจะสูงขึ้น 3-4 °C (IPCC, 2013)

Bhaktikul (2012) ได้รวบรวมการศึกษากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย พบว่า จากการศึกษาล้วนใหญ่พบว่าระหว่างปีค.ศ. 1951-2005 ปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยมีปริมาณลดลงแต่มีความถี่ของเหตุการณ์ความแห้งแล้ง น้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วมมากขึ้นในช่วงเวลา 20 ปีที่ผ่านมา (Archevarahuprok, 2008) รวมทั้งยังมีการทวีความรุนแรงของแรงลมมรสุมและความสูงของคลื่น เหตุการณ์รุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเหล่านี้จึงส่งผลกระทบต่อจำนวนผู้เสียชีวิตและความเสียหายจากเหตุการณ์สภาพอากาศรุนแรงมากขึ้นนอกจากนี้ Bhaktikul (2012) ยังได้ประเมินผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการคายระเหยของพืชเศรษฐกิจ เช่นข้าวและข้าวโพด จะมีค่าคายระเหย (Potential Evapotranspiration-ET_p) ลดลงเมื่อ CO₂ เพิ่มขึ้นเป็น 540ppm แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อ CO₂ เพิ่มขึ้นเป็น 720ppm ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำที่พืชใช้ด้วย

Limsakul (2013) ประเมินปริมาณน้ำฝนในพื้นที่บริเวณชายฝั่งของไทย พบว่า ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นทางฝั่งทะเลอันดามันและลดลงในทางฝั่งอ่าวไทย อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ปริมาณน้ำฝนจะลดลงแต่อัตราการตกของฝนที่สูงหรือต่ำมากได้มีเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น ปัญหาน้ำป่าไหลหลาก การชะล้างหน้าดิน และความแห้งแล้ง จึงมีโอกาสเกิดได้มากขึ้น ทั้งนี้ นอกจากนี้การเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินยังส่งผลเพิ่มเติมให้มีการชะล้างและน้ำท่วมที่รุนแรงบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทยด้วย (Thanapakpawin *et al.*, 2007; Turkelboom *et al.*, 2008)

ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SEA START RC) ใช้ฐานจำลองสภาพภูมิอากาศ ECHAM4 ร่วมกับ PRECISE ตรวจสอบผลจาก

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยโดยละเอียด พบว่า ระยะเวลาอากาศร้อนจะยืดยาวและร้อนรุนแรงขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคกลางในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยา (Chinvanno *et al.*, 2009) แบบจำลองของ SEA START RC พบว่า ปริมาณฝนรายปีจะผันผวนในช่วงต้นศตวรรษแล้วจะมีปริมาณฝนรายปีเพิ่มขึ้นตั้งแต่กลางทศวรรษ เป็นต้นไป ลักษณะเช่นนี้จะส่งผลให้มีปัญหาน้ำป่าไหลหลากอย่างรวดเร็วและความแห้งแล้งรุนแรงมากขึ้น (Chinvanno *et al.*, 2009)

Snidvongs และคณะ (2003) ได้ใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มแม่น้ำโขง เมื่อปริมาณ CO_2 ในชั้นบรรยากาศมีความเข้มข้น 360 540 และ 720 ppm พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยในลุ่มแม่น้ำโขงจะลดลงในช่วงปริมาณ CO_2 540 ppm แต่จะเพิ่มขึ้นที่ CO_2 720 ppm นอกจากนี้ยังแสดงว่าช่วงฤดูร้อนจะยาวนานขึ้นและฤดูหนาวจะสั้นลง แต่ฤดูฝนอาจจะเท่าเดิม แต่ปริมาณน้ำฝนจะมากขึ้น Keskinen และคณะ (2010) ใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความเร็วลม และทิศทางลมของลุ่มน้ำโขงตอนล่าง โดยใช้แบบจำลองระดับภูมิภาค ECHAM4 atmospheric-ocean general circulation model runs ร่วมกับ PRECIS regional climate model โดยใช้ปริมาณ CO_2 ตาม SRES A2 emissions scenario และใช้ผลในการพยากรณ์แบบจำลองน้ำ โดยเปรียบเทียบข้อมูลในอดีตและพยากรณ์สภาพภูมิอากาศในปี ค.ศ. 2010–2049 พบว่าปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 4% โดยที่ตอนบนของพื้นที่ศึกษาจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่จะลดลงในพื้นที่ปากแม่น้ำ ระยะความยาวของฤดูฝนไม่เปลี่ยนแปลงจากปัจจุบัน นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังพบว่าเหตุการณ์น้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลากจะเพิ่มความถี่และความรุนแรงมากขึ้น และระยะเวลาที่น้ำท่วมยาวนานมากขึ้น ความสูงของน้ำและน้ำท่วมเพิ่มขึ้นมาก โดยเฉพาะในปีที่แห้งแล้ง นอกจากนี้พื้นที่เสี่ยงต่อปัญหาน้ำท่วมจะมากขึ้นและฤดูกาลที่ฝนตกจะเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงโดยมนุษย์ของพื้นที่ศึกษาอาจจะส่งผลที่ต่างกัน กับการเปลี่ยนแปลงจากการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศ

Phusakulkajorn และคณะ ได้สร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์น้ำฝนในฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง พบว่า พื้นที่อ่าวไทยตอนล่างจะมีความเสี่ยงต่อฝนตกหนักและน้ำท่วมมากขึ้น (Phusakulkajorn, 2009; Phusakulkajorn *et al.*, 2009) ดังนั้น ปัญหาน้ำป่าไหลหลาก การชะล้างหน้าดิน และความแห้งแล้ง จึงมีโอกาสเกิดได้มากขึ้น นอกจากนี้ การเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินยังส่งผลเพิ่มเติมให้มีการชะล้างและน้ำท่วมที่รุนแรงในประเทศไทยด้วย (Thanapakpawin *et al.*, 2007; Turkelboom *et al.*, 2008) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้สภาพอากาศรุนแรงขึ้นเหล่านี้จะส่งผลต่อการเกษตรเป็นอย่างมากและทำให้วางแผนรับมือได้ยาก

Likasiri และคณะ (2014) ได้สร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาปริมาณฝนในภาคเหนือของประเทศไทยในระยะยาว โดยคำนึงถึงปริมาณป่าไม้ในพื้นที่ด้วย โดยใช้การคำนวณแบบ differential equation โดยใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยจากปี ค.ศ. 1880–2010 ประกอบกับข้อมูลการปกคลุมของป่าไม้ในภาคเหนือของประเทศไทยปี ค.ศ. 1973–2008 และปริมาณน้ำฝนรายวันในภาคเหนือของไทยปี ค.ศ. 1971–2011 พบว่า ปริมาณน้ำฝนอาจจะมีผลกระทบจากการปกคลุมของป่าไม้ด้วย โดยคณะวิจัยนี้ได้ประเมินการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและป่าไม้รายปี

ข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย และการศึกษาดัชนีสภาพอากาศระยะยาวเพื่อค้นหาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยส่วนใหญ่ที่มีการเก็บบันทึกจริง (instrumental records) ย้อนหลังมากที่สุดไม่เกิน 100 ปี (Auynirundronkoolet *et al.*, 2012; TMD, 2012; Gale and Saunders, 2013; Muangsonget *et al.*, 2013) โดยข้อมูลที่ได้ส่วนมากจะมีข้อมูลของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าและตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ ย้อนหลังไม่เกิน 60 กว่าปี และส่วนมากอาจจะสั้นกว่านั้นมาก (TMD, 2012) แต่หากข้อมูลมีไม่ยาวมากนัก ก็จะไม่พอเพียงต่อการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือระบุความเสี่ยงของพื้นที่ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรุนแรง (Wang and Ding, 2006) เพื่อให้ได้ข้อมูลพยากรณ์ระดับพื้นที่ให้สมบูรณ์โดยการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศอย่างละเอียดนั้น จะต้องมีการบูรณาการข้อมูลในหลายด้าน ทั้งข้อมูลสภาพภูมิอากาศเชิงดัชนีในอดีต (paleoclimate proxies) เช่น จากวงปีหรือหินงอกหินย้อยบนพื้นที่สูงที่สามารถจะช่วยให้นักวิจัยสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยเวลานานับถึง 448 ปี (Buckley *et al.*, 2007; Caiet *et al.*, 2010; Pumijumnong and Eckstein, 2011; Muangsonget *et al.*, In press) ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยบ่งบอกถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศด้วย

จากงานวิจัยที่ผ่านมา การศึกษาข้อมูลสภาพอากาศในปัจจุบันและอดีต ต่างได้ชี้ถึงความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศในไทยกับ ocean-atmosphere climatic coupling เช่น ปรากฏการณ์ El Niño-Southern Oscillation (ENSO) Indian Ocean Dipole (IOD) และ Pacific Decadal Oscillation (PDO) เช่น Singhratana (2005) ศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำฝนในช่วงมรสุมในประเทศไทยขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ ENSO เป็นอย่างมาก และอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะการหมุนเวียนอากาศ Walker Circulation ที่ทำให้เกิดฝนตกและความแห้งแล้งที่มีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบัน Uengsawat and Jintrawet (2013) พบว่า ปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในแม่น้ำปิง ซึ่งไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา มีความเกี่ยวข้องกับสถานะภาพของ ENSO และอาจจะสามารถใช้ Southern Oscillation Index หรือ Nino3.4SST เพื่อช่วยในการพยากรณ์ปริมาณน้ำได้

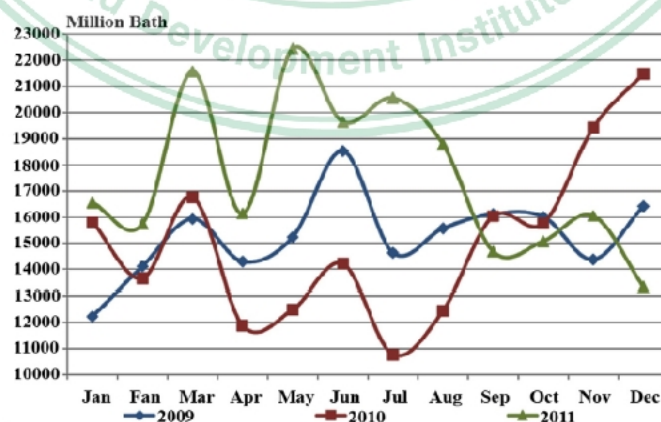
การศึกษาหินงอกหินย้อยใน Muangsonget *et al.* (In press) ศึกษาออกซิเจนไอโซโทปในหินงอกหินย้อยจากถ้ำในแม่ฮ่องสอนเพื่อบ่งบอกถึงปริมาณน้ำฝนในพื้นที่สูงของแม่ฮ่องสอนในช่วงเวลา 387 ปี พบว่าพื้นที่ที่ทำการศึกษาได้เกิดฝนตกหนักและมีความรุนแรงในช่วงที่ IOD และ ENSO เกิดขึ้น Caiet *et al.* (2010) ศึกษาหินงอกหินย้อยอายุ 105 ปี ในพื้นที่แม่ฮ่องสอน พบว่า ปริมาณน้ำฝนอาจมีการเกี่ยวข้องและได้รับผลกระทบจาก Western Pacific Warm Pool (WPWP) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาวงปีในพื้นที่สูงของประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้านซึ่งบ่งบอกข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำฝนเป็นรายปีเช่นกัน (Cook *et al.*, 2010) การศึกษาในตอนเหนือของประเทศไทยพบว่าลักษณะทางภูมิอากาศในแถบนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับ ENSO (Buckley *et al.*, 2007; Sano *et al.*, 2009; Cook *et al.*, 2010) Buckley *et al.* (2007) ศึกษาวงปีไม้สักจากปัจจุบันไปถึง 448 ปี จากภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า ความแห้งแล้งในพื้นที่สูงทางเหนือมี

ความเกี่ยวข้องกับ ENSO และ Walker Circulation change (Buckley *et al.* 2007) Pumijumnong และ Eckstein (2011) ได้ศึกษาไม้สนสองชนิด (Pinus merkusi และ Pinus kesiya) ในภาคเหนือฝั่งตะวันตกซึ่งได้ข้อมูลย้อนหลังไป 314 ปี พบว่า ผลกระทบจากลักษณะของภูมิอากาศก่อนหน้ามรสุมที่เป็นตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับ IOD เนื่องจากข้อมูลระยะยาวเหล่านี้บ่งบอกว่า ocean-atmosphere climatic coupling มีผลต่อลักษณะอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการบูรณาการข้อมูลจากการตรวจด้วยเครื่องมือจากอดีตถึงปัจจุบัน ร่วมกับการใช้ข้อมูลดัชนีสภาพภูมิอากาศในอดีตเพื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อสภาพภูมิอากาศเหล่านี้ในแต่ละพื้นที่

ผลกระทบจากการจัดการโดยมนุษย์ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อม

การขยายเมืองและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติโดยมนุษย์ได้ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วมากขึ้น และอาจจะส่งผลให้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทวีความรุนแรง Thiet *al.* (2012) ศึกษาสภาพการใช้พื้นที่ในประเทศไทยจากภาพถ่ายดาวเทียม พบว่า ประเทศไทยมีการขยายพื้นที่เมืองเพิ่มถึง 141% จากปี พ.ศ. 2533 ถึง พ.ศ. 2548 ทั้งนี้ 69% ของป่าเดิมได้ถูกทำลายไป Hara *et al.* (2005) คำนวณว่าการตั้งที่อยู่อาศัยได้ไปแทนพื้นที่การเกษตรในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างด้วยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จึงมีผลกระทบต่อระบบนิเวศและอุทกวิทยาด้วย เช่น การทำให้เกิดการชะล้างและน้ำท่วมฉับพลันมากขึ้น Thanapakpawin *et al.* (2007) แสดงให้เห็นว่าการทำลายป่าไม้เดิมเพื่อการเกษตรและสร้างถิ่นฐานได้ทำให้พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำท่วมและน้ำแห้งแล้งที่รุนแรงขึ้นและมีปัญหาน้ำป่าไหลหลากรุนแรงขึ้น และมีการพังทลายดินและตะกอนมากขึ้นในลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่จึงจะต้องมีการใช้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พื้นที่และการจัดการน้ำในแต่ละลุ่มน้ำร่วมกับการศึกษาสภาพปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาพอากาศรุนแรงต่อการเกษตรกรรม



ภาพ 2.1 มูลค่าผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2552–2554 ในประเทศไทย ช่วงน้ำท่วมในฤดูฝนในปี พ.ศ. 2554 (ก.ศ. 2011) ได้สร้างความเสียหายต่อผลผลิตเป็นอย่างมาก (Adapted from Nara, 2014)

ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศเช่นอุณหภูมิ ปริมาณน้ำ หรือการกักเซาะชายฝั่ง ส่งผลต่อการเกษตรเป็นอย่างมากทั้งทางตรงและทางอ้อมลักษณะน้ำท่วมและแห้งแล้งอย่างรุนแรงสามารถสร้างความเสียหายอย่างเฉียบพลัน เช่น ในช่วงน้ำท่วมครั้งรุนแรงในปี พ.ศ. 2554 ที่มีผลมาจากปรากฏการณ์ La Nina ที่ทำให้ฝนตกหนักหลังความแห้งแล้ง และจากการจัดการน้ำที่ไม่ดี (Ziegler *et al.*, 2012) ทำให้ประเทศไทยมีความเสียหายทางการเกษตรถึง 1.3 ล้านเฮกตาร์ หรือเกินกว่า 42 ล้านบาท (WorldBank, 2011) ปริมาณการผลิตข้าวของไทยได้ลดลงอย่างมาก มูลค่าการผลิตข้าวในปีนั้นลดลงไปถึง 37% จากปีก่อนหน้าดังภาพ 2.1 (Nara *et al.*, 2014) Son และคณะ(2013)ได้ทำการศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบโดยการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม MODIS พบว่า น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2554 สร้างความเสียหายต่อพื้นที่การปลูกข้าวถึง 16.8% เทียบกับความเสียหาย 4.9% ในปี พ.ศ. 2551 Phuphak และ Bouman (2008) ได้ทำแบบจำลองและตรวจสอบผลผลิตข้าวลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ พบว่า ความเสี่ยงของผลผลิตข้าวเสียหายขึ้นอยู่กับปริมาณฝนมากกว่าพื้นที่ตั้งและลักษณะพื้นที่ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนก็ส่งผลต่อผลไม้ที่ต้องการอุณหภูมิเย็นเช่นลิ้นจี่ เนื่องจากไม้ผลเหล่านี้ต้องการระยะพักตัวจากความเย็นให้พอเพียงและต้องไม่หนาวเกินไปหรือหนาวนานเกินไปที่จะทำให้เกิดความเสียหาย หากอุณหภูมิสูงขึ้นมากจนทำให้ผลไม้ไม่มีระยะพักตัวจากความเย็นเพียงพอ ก็อาจจะส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรต่ำลง เช่น ไม้ผลไม่ออกดอก สร้างผลน้อย หรือสุกไม่พร้อมเพรียง (Campoy *et al.*, 2011; Darbyshire *et al.*, 2011; Luedeling, 2012) ซึ่งหลายพื้นที่ทั่วโลกได้ประสบปัญหาลักษณะเดียวกันนี้ เช่น จากการประเมินข้อมูลในประเทศ South Africa ในช่วง 37 ปีที่ผ่านมา พบว่า ไม้ตระกูลแอปเปิ้ลและแพร์มีการออกดอกก่อนฤดูกาลเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น (Grab and Craparo, 2011) อุณหภูมิกลางคืนที่สูงขึ้นเร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงเวลากลางวัน ก็ส่งผลต่อผลไม้เมืองหนาวสำคัญเช่นสตรอเบอรี่ (Sonstebj and Heide, 2008) โดยพืชแต่ละชนิดพันธุ์ก็จะมีปัจจัยที่ควบคุมทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมต่างกันออกไป

ได้มีงานวิจัยที่พยายามจะหาความสัมพันธ์ของปัจจัยสภาพอากาศที่เป็น ocean-atmosphere coupling ต่อผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทยด้วย Jinatrana (2011) ได้ศึกษาทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ของลักษณะ ENSO ที่ผิดปกติ และปริมาณผลผลิตข้าวจากลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน ในช่วงฤดูฝน ในปี พ.ศ. 2523–2546 พบว่า ถึงแม้ปรากฏการณ์ ENSO จะทำให้ปริมาณฝนลดลงในปีที่มี El Niño แต่ก็ไม่ได้ส่งผลต่อผลผลิตข้าวชัดเจนเพียงพอถึงแม้ว่าพื้นที่นาส่วนใหญ่ (65%) ของประเทศไทยจะใช้น้ำฝนธรรมชาติแต่ทั้งนี้ งานวิจัยเช่นนี้ในพื้นที่อื่นก็ได้แสดงให้เห็นว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของ ENSO มีผลต่อข้าวไปประเทศอื่น และบางครั้งการเปลี่ยนแปลงในคนละพื้นที่ในประเทศเดียวกันก็อาจจะมีผลแตกต่างกันมาก เช่น Zubair (2002) ศึกษาพื้นที่ปลูกข้าวในประเทศศรีลังกา พบว่า ปี La Nina มีผลเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวในช่วงฤดูแล้ง แต่ลดผลผลิตในฤดูฝนของปีนั้น ทั้งนี้เนื่องจาก ENSO มีผลต่อทั้งปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิหลายรูปแบบตลอดทั้งปี งานเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงการเกษตรโดยการวิเคราะห์หลายตัวแปรร่วมกันและการประเมิน cross-correlation ของการเกษตร ร่วมกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ (เช่นดัชนี Nino3.4SST ที่บ่งบอกถึงสถานะของ ENSO) โดยเฉพาะในช่วงที่มีสภาพอากาศรุนแรง

จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการประเมินผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่อาจจะส่งผลถึงผลผลิตคนละช่วงกับช่วงการเก็บเกี่ยว จึงต้องมีการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของ ocean-atmosphere climate forcing เหล่านี้ด้วย และจะต้องมีการศึกษาเพื่อใช้ในการศึกษาในเชิงความเสี่ยงต่อลักษณะสภาพอากาศรุนแรงและฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงต่อผลกระทบต่อเกษตรกรรม เพื่อช่วยในการวางแผนการปลูกที่เหมาะสม

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกข้าวรายใหญ่ที่สุดในโลก ซึ่งเป็นสินค้าส่งออกสร้างเศรษฐกิจให้แก่ประเทศ ทั้งนี้เศรษฐกิจของประเทศขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวและการพัฒนา ทำให้เป็นอันตรายต่อความมั่นคงของประเทศซึ่งภูมิอากาศในปัจจุบันของไทยได้ถูกนำไปทำนายในแบบจำลอง Global Climate Models (GCMs) การคาดการณ์อุณหภูมิมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับค่าสังเกต ส่วนการคาดการณ์ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนมีความสัมพันธ์ในเชิงลบ ซึ่งแทบทุกแบบจำลองยอมรับว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีนัยสำคัญและขอบเขตของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนแตกต่างกันไปในแต่ละแบบจำลอง (IPCC, 2013)

การเพิ่มอุณหภูมิและฤดูการปลูกที่ยาวขึ้น และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำจากปริมาณ CO_2 ที่สูงขึ้นนั้นอาจจะเป็นประโยชน์ของการปลูกพืชบางประเภท เช่น พืชที่ต้องการอุณหภูมิสูงกว่า เช่นข้าวเป็นต้น (Bachelet *et al.*, 1992; Matthews *et al.*, 1997) ได้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจาก GCMs ที่แบบจำลองที่ใช้แพร่หลาย ได้แก่ (UKMO, GISS, GFDL, OSU) และใช้ข้อมูลการประมาณการ CO_2 ระดับที่ 1 แล้วแบบจำลองจะวิ่งไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงจุดสมดุลและจะปรับเป็น CO_2 ระดับที่ 2 และใช้การคำนวณตัวแปรทั้งอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน ในการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละระดับงานชิ้นนี้ใช้ข้อมูลสถานะภูมิอากาศในปัจจุบันของประเทศไทยประมาณค่าได้จาก 2 ชุดข้อมูล คือ จากของ NCAR (36-56 ปี) และจาก U.S. Navy (1-24 ปีของตัวแปรอุณหภูมิและ 1-50 ปีของตัวแปรปริมาณน้ำฝน) และทำการคำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่จากโมเดล GCM ได้เป็นดังนี้ สถานี NCAR = 6.5, 17, 7.8 และ 5.6 (UKMO, GISS, GFDL, OSU) ตามลำดับ และสถานี U.S. Navy = 11.75, 23.6, 13.8 และ 10.6 (UKMO, GISS, GFDL, OSU) ตามลำดับ แบบจำลองทั้ง 4 แบบจำลอง (UKMO, GISS, GFDL, OSU) พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยในทุกเดือนเพิ่มขึ้น 0.5°C - 7°C ของทุกสถานี ดังสรุปในตาราง 2.1

จากแบบจำลองของการทำนายปริมาณน้ำฝน พบว่าแบบจำลอง GFDL ให้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรมีค่าสูงกว่า 0.55 ในระดับประเทศ ส่วนการทำนายในระดับสถานี มีสถานีเชียงราย กรุงเทพฯ โดยทั่วไปการทำนายของแบบจำลองพบว่า จะแม่นยำในภาคใต้มากกว่าภาคเหนือ เพราะลักษณะภูมิประเทศที่มีภูเขาสูงชัน นอกจากนี้การประมาณค่าในแต่ละพื้นที่ของไทยอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากมีขนาดพื้นที่ใหญ่ ความละเอียดหยาบ

ตาราง 2.1 ผลสรุปการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามการพยากรณ์จาก Global Climate Models 4 แบบ (Bachelet *et al.*, 1992)

TABLE V: Predicted seasonal changes in temperatures ($2 \times \text{CO}_2 - 1 \times \text{CO}_2$) and precipitation ($2 \times \text{CO}_2/1 \times \text{CO}_2$) for the northern portion of Thailand and for the southern (Peninsula) portion by the various general circulation models assuming an instantaneous doubling of CO_2 . Model description is presented in Table II. (Winter = December, January, February; Spring = March, April, May; Summer = June, July, August; Fall = September, October, November)

A. Changes in temperature ($2 \times \text{CO}_2 - 1 \times \text{CO}_2$, in $^{\circ}\text{C}$):								
	North Thailand				South Thailand			
GCM	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall
OSU	3.00	2.28	1.66	1.49	2.28	2.07	2.07	1.94
GISS	4.84	4.27	3.31	3.95	3.72	3.39	3.47	3.91
GFDL	2.22	3.53	2.30	2.38	2.01	2.41	2.44	2.29
UKMO	3.66	3.98	2.95	4.62	3.21	2.53	3.44	3.77
B. Changes in precipitation ($2 \times \text{CO}_2/1 \times \text{CO}_2$):								
	North Thailand				South Thailand			
GCM	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall
OSU	1.11	1.80	1.31	1.55	0.89	0.98	0.91	1.16
GISS	0.91	0.87	1.06	0.96	1.13	1.03	1.03	1.03
GFDL	0.73	0.79	0.98	1.22	0.80	1.00	1.06	0.97
UKMO	0.81	0.94	1.17	0.97	1.11	0.77	0.86	1.14

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และสถิติของการทำนายปริมาณน้ำฝน

การทำนายปริมาณน้ำฝนสามารถแยกประเภทได้ตามความยาวในการทำนายและมักจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่จะเอาไปใช้งาน การทำนายปริมาณน้ำฝนรายปี (Yearly rainfall prediction) มักจะมีประโยชน์เพื่อใช้ในการดูแลแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสภาพภูมิอากาศในระยะยาว การทำนายปริมาณน้ำฝนรายฤดูกาล (Seasonal rainfall prediction) และรายเดือน (Monthly rainfall prediction) มักจะช่วยเหลือเกษตรกรในการวางแผนการเพาะปลูก การทำนายน้ำฝนปริมาณรายวัน (Daily rainfall prediction) และรายชั่วโมง (Hourly rainfall prediction) มีวัตถุประสงค์การใช้งานค่อนข้างจำเพาะเจาะจง ทั้งนี้การทำนายปริมาณน้ำฝนในระดับเล็กสามารถใช้เพิ่มความถูกต้องแม่นยำในการทำนายในระดับใหญ่อย่างรายเดือน รายฤดูกาลและรายปีได้

จากการรวบรวมและทบทวนวรรณกรรม ระเบียบวิธีการที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณน้ำฝนแบ่งออกได้เป็น 2 ระเบียบวิธีการใหญ่ๆ คือ Deterministic method และ Stochastic method แต่วิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย คือ Deterministic method เนื่องจากใช้เวลาและมีความซับซ้อนน้อยกว่าในการสร้างแบบจำลอง ซึ่ง Deterministic method สามารถแบ่งย่อยๆ ได้โดยใช้วิธีการทางสถิติและใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network) ทั้งสองวิธีได้รับความนิยมแพร่หลายใกล้เคียงกัน โดยระเบียบวิธีการเชิงสถิติที่นิยมนำมาใช้ในการทำนายปริมาณน้ำฝน คือ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple linear regression) (Zaw and Naing, 2008; Block and Goddard, 2012; Ansari, 2013) และ

ระเบียบวิธีการเชิงโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้รับความนิยมคือ โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ (Back propagation neural network) (Hung *et al.*, 2009; Phusakulkajorn, 2009; Phusakulkajorn *et al.*, 2009) จากผลงานตีพิมพ์ในระยะ 10-20 ปีที่ผ่านมา ระเบียบวิธีการที่ใช้ในการทำนายปริมาณน้ำฝนไม่ได้แตกต่างจากเดิมมากนัก การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple linear regression) และโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ (Back propagation neural network) ยังคงได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายอย่างต่อเนื่อง แต่ก็มีการพัฒนาเพิ่มเติมโดยประยุกต์บางวิธีการเข้ากับระเบียบวิธีการดังกล่าว (Renaud *et al.*, 2005; Phusakulkajorn *et al.*, 2009; Kajornrit *et al.*, 2012a, b)

การสร้างแบบจำลองการทำนายปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยมีทั้งแบบรายวันไปจนกระทั่งระดับใหญ่คือรายปี โดยพื้นที่ที่ทำการศึกษาคอบคลุมทุกภาคในประเทศไทย Chantasut *et al.* (2004) ทำนายปริมาณน้ำฝนบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา Singhratna *et al.* และ Hung *et al.* ทำนายพื้นที่ภาคกลางและกรุงเทพมหานคร (Hung *et al.*, 2009; Singhratna *et al.*, 2012) Kajornrit *et al.* (2012a) ทำนายในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ Phusakulkajorn *et al.* (2009) ศึกษาปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ภาคใต้บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง Piman *et al.* (2013) ศึกษาปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในบริเวณเทือกเขา พื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งแบบจำลองการทำนายปริมาณน้ำฝนทั้งหลายดังกล่าวใช้ระเบียบวิธีทั้ง การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple linear regression) โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ (Back propagation neural network) และมีระเบียบวิธีเพิ่มเติมใหม่โดยใช้ Modular Fuzzy Inference System (Kajornrit *et al.*, 2012) ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายจากระเบียบวิธีการที่ต่างกัน พบว่า การทำนายปริมาณน้ำฝน โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ (Back propagation neural network) ให้ความแม่นยำที่สูงกว่า (Phusakulkajorn, 2009) เหตุผลด้วยว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการเรียนรู้พฤติกรรมไม่เชิงเส้นระหว่างข้อมูลเข้า (input) และข้อมูลออก (output) ได้

จากแบบจำลองการทำนายปริมาณน้ำฝนที่กล่าวมาข้างต้นทั้งวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple linear regression) และโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ (Back propagation neural network) ปัจจัยเข้าอื่นที่ช่วยในการทำนายนอกจากปริมาณน้ำฝนย้อนหลังแล้วคือข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้น และปริมาณเมฆ เป็นต้น (Hung *et al.*, 2009; Phusakulkajorn *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตาม ไม่มีการศึกษาใดที่บ่งชี้ถึงรูปแบบความสัมพันธ์ที่แน่นอนระหว่างปริมาณน้ำฝนกับข้อมูลทางสภาพอากาศเหล่านี้ แต่ Hung *et al.* (2009) ได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ข้อมูลทางสภาพอากาศเข้าร่วมในการทำนาย โดยระบุว่าในการทำนายปริมาณน้ำฝนทั้งแบบที่เป็นศูนย์ (ไม่มีฝนตก) และไม่เป็นศูนย์ (ฝนตก) โดยใช้เฉพาะข้อมูลน้ำฝนย้อนหลังไม่สามารถที่จะจับพฤติกรรมการตกของฝนได้ดีนักและให้การทำนายที่ไม่แม่นยำ เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลทางสภาพอากาศร่วมในการทำนายด้วย โดยวิธีการพิจารณาว่าตัวแปรทางสภาพอากาศตัวไหนมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนมากน้อยอย่างไรทั่วไปจะใช้วิธี Cross correlation

การสร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนในปัจจุบัน นอกจากจะใช้ข้อมูลทางสภาพอากาศแล้ว ยังได้มีการใช้ข้อมูลสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น (local environmental indicators) ข้อมูลที่บ่งชี้ถึงสภาวะโลกร้อน (the large-scale ocean-atmospheric circulation variables) และข้อมูลเกี่ยวกับสภาพดาราศาสตร์ (astronomical factors) ที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำฝนเข้ามาเป็นข้อมูลต้นสำหรับช่วยในการทำนาย Chang *et al.* (2010) และ Kijazi *et al.* (2012) ได้สร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณน้ำฝนรายฤดูกาลโดยใช้ระเบียบวิธีการทางสถิติและใช้ข้อมูลวัฏจักรการเกิดของพืชท้องถิ่น (plant phenology) ซึ่งเป็นปัจจัยบ่งชี้เป็นอย่างดีถึงช่วงที่มีฝนตก รวมถึงพฤติกรรมของสัตว์บางชนิด เช่น นกในท้องถิ่น ซึ่งจะมีพฤติกรรมบ่งชี้ถึงการตกของฝน โดยวรรณกรรมทั้งสองแสดงให้เห็นว่าผลการทำนายมีความถูกต้องแม่นยำขึ้น อย่างไรก็ตามการนำข้อมูล Indigenous knowledge เหล่านี้ มาช่วยในการทำนายปริมาณน้ำฝนยังไม่ได้มีการใช้อย่างแพร่หลายและยังค่อนข้างใหม่และ ณ ปัจจุบันพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาทดลองยังจำกัดอยู่ในบริเวณพื้นที่สูงของประเทศแทนซาเนีย แอฟริกาตะวันออก ส่วนข้อมูลที่บ่งชี้ถึงสภาวะโลกร้อน เช่น El Niño southern oscillation (ENSO) และ SST (Sea-surface temperature) เป็นข้อมูลที่ช่วยให้การทำนายมีความถูกต้องแม่นยำขึ้นและสามารถทำนายพฤติกรรมของฝนในระยะยาวได้ (Singhratna, 2005) แต่มีข้อเสียคือเป็นข้อมูลระดับใหญ่และไม่ชี้เฉพาะต่อพื้นที่ทั้งนี้ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในหัวข้อ 4.3.4 ก็จะได้นำมาใช้ในการออกแบบจำลองนี้ด้วย

