

5. การทบทวนวรรณกรรม

5.1 สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและ สถานการณ์โลกร้อนในระดับโลก

ปรากฏการณ์สภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากสภาวะโลกร้อนได้เกิดขึ้นมา ระยะเวลาหนึ่งแล้ว และยังมีแนวโน้มจะมีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ CO_2 , N_2O , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs, (Mall et al., 2004; IPCC, 2007) และมีการคาดการณ์โดย IPCC ว่า ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าในศตวรรษนี้ ซึ่งย่อมส่งผลกระทบต่อ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกและความแปรปรวนของสภาวะภูมิอากาศอย่างแน่นอน (IPCC, 2001)

กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในระดับโลกที่มีความสนใจในปัญหาสภาวะโลกร้อนได้มีงานวิจัยที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งโดยพบว่าในช่วง ศตวรรษที่ผ่านมาอุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นแล้วประมาณ 0.6°C ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่เคยปรากฏมาก่อนในช่วงระยะเวลา 900 ปีที่ผ่านมา (Stott et al., 2006) และผลการศึกษาทั้งจากการประมวลข้อมูลในการเก็บตัวอย่างและการคำนวณในรูปแบบการจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่า อุณหภูมิของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต นอกจากนั้นยังได้มีการศึกษา โดย IPCC ระบุว่าในปี ค.ศ. 2050 นั้นอุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยจะมีระดับเพิ่มขึ้น $1.1-1.7^\circ\text{C}$ (Anonymous, 1992) และมีโอกาสเพิ่มขึ้นเป็น $1.1-6.4^\circ\text{C}$ ในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 (IPCC, 2007) หากแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของก๊าซ CO_2 และ CH_4 มีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจริงอย่างเด่นชัด (IPCC 2006; IPCC, 2007) อย่างไรก็ตาม ยังมีสาเหตุและปัจจัยอื่นๆที่สามารถส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนได้อีกเช่น การผันแปรของปริมาณฝน ความชื้นในบรรยากาศ ความผันแปรของวงโคจรโลก การระเบิดของภูเขาไฟ ความผันแปรของพลังสุริยะรวมทั้ง ผันแปรของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญตัวหนึ่งคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ (IPCC, 2001; IPCC, 2007; นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2549)

สถานการณ์ของสภาวะโลกร้อน (Global Warming) คือสภาวะของบรรยากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ ก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศในระดับโทรโปสเฟียร์ เมื่อก๊าซเหล่านี้มีการสะสมมากขึ้นในชั้นบรรยากาศจะทำให้หน้าที่คล้ายเรือนกระจก คือยอมให้รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น ผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศได้ แต่เมื่อรังสีดังกล่าวตกกระทบกับพื้นโลกแล้วสะท้อนกลับเป็นรังสีคลื่นยาว เช่นรังสีอินฟราเรด ไม่สามารถกระจายออกนอกชั้นบรรยากาศได้ จึงทำให้เกิดการสะสมความร้อนบริเวณผิวโลก ดังนั้นสาเหตุนี้จึงทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น (Horel and Geisler, 1997; Jacobson, 2002) ซึ่งกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ขององค์กร IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ได้ระบุ ก๊าซเรือนกระจกหลักๆ 6 ชนิดที่เป็นสาเหตุทำให้โลกร้อนคือ CO_2 , N_2O , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs, SF_6 ซึ่งกลุ่มนักวิจัยได้เน้นผลการศึกษาที่ระบุว่าการเพิ่มขึ้นของ CO_2 เป็นสาเหตุที่สำคัญของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (IPCC, 2006; IPCC, 2007) ซึ่งข้อมูลการศึกษาเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงชนิดเดียว พบว่า ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยในระดับ

บรรยากาศทั่วไปของโลกได้เพิ่มขึ้นประมาณ 35 % จากระดับ $275 \mu\text{mol mol}^{-1}$ ในช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรมโลกเพิ่มเป็นระดับ $372 \mu\text{mol mol}^{-1}$ ในปี 2002 (Keeling and Whorf, 2003) ซึ่งมีการคาดการณ์โดย IPCC ว่า ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าในศตวรรษนี้ (IPCC, 2001) ซึ่งย่อมส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกอย่างแน่นอน

กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ในระดับโลกที่มีความสนใจในปัญหาสภาวะโลกร้อนได้มีงานวิจัยที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งโดยพบว่าในช่วง ศตวรรษที่ผ่านมา อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นแล้วประมาณ $0.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่เคยปรากฏมาก่อนในช่วงระยะเวลา 900 ปีที่ผ่านมา (Stott et al., 2006) และผลการศึกษาทั้งจากการประมวลข้อมูลในการเก็บตัวอย่างและการคำนวณในรูปแบบการจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่า อุณหภูมิของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต นอกจากนั้นยังได้มีการศึกษา โดย IPCC ระบุว่าในปี ค.ศ. 2050 นั้นอุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยจะมีระดับเพิ่มขึ้น $1.1-1.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Anonymous, 1992) และมีโอกาสเพิ่มขึ้นเป็น $1.1-6.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 (IPCC, 2007) หากแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของก๊าซ CO_2 และ CH_4 มีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจริงอย่างเด่นชัด (IPCC 2006; IPCC, 2007) อย่างไรก็ตาม ยังมีสาเหตุและปัจจัยอื่นๆที่สามารถส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อนได้อีกเช่น การผันแปรของปริมาณฝน ความชื้นในบรรยากาศ ความผันแปรของวงโคจรโลก การระเบิดของภูเขาไฟ ความผันแปรของพลังสุริยะรวมทั้ง ผันแปรของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญตัวหนึ่งคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ (IPCC, 2001; นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2549)

การศึกษาเพื่อประเมินสถานการณ์ภาวะโลกร้อนโดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายภาวะอุณหภูมิของโลกอย่างต่อเนื่องได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี โดยนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก ซึ่งผลที่ได้แม้ว่าตัวเลขที่ได้มีความแตกต่างกันแต่ข้อมูลได้บ่งชี้ไปในทิศทางเดียวกัน คือ อุณหภูมิโลกยังคงเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตอย่างแน่นอน ซึ่งผลการศึกษาที่ต่างกันนี้ย่อมขึ้นกับปัจจัยร่วมที่ใช้ในการศึกษานั้นเอง ซึ่งปัจจัยหลักที่ใช้ร่วมในการคำนวณ คือ ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัจจัยหลักนั่นเอง (IPCC, 2006) อาทิเช่น การใช้แบบจำลอง HadCM₃ Model โดย Johns et al.(2003) ผลการศึกษาประเมินว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกจะเพิ่มขึ้น $2.9-3.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ในศตวรรษหน้าและเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาอุณหภูมิเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นถึง $4-8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งผลที่ได้ความแตกต่างจากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HadGEM₁ Model โดย Stott et al.(2006) ซึ่งระบุผลการศึกษาว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกจะเพิ่มขึ้น ถึง $3.4-3.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ในศตวรรษหน้า และผลการทำนายอุณหภูมิในประเทศสหรัฐอเมริการะบุว่าอุณหภูมิเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นถึง $3-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากแบบจำลองทั้ง 2 พบว่า HadGEM₁ Model โดย Stott et al.(2006) แสดงผลการทำนายการเพิ่มระดับอุณหภูมิสูงเป็นค่าระดับที่สูงกว่า

5.2 ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อระบบนิเวศและ ผลผลิตทางการเกษตร

มีงานวิจัยจำนวนมากที่สรุปผลกระทบในกรณีต่างๆที่เกิดขึ้นจากสภาวะโลกร้อน ซึ่งงานวิจัยประมาณ 1 ใน 5 นั้นเน้นประเด็นของผลกระทบที่เกิดต่อผลผลิตทางการเกษตรซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญในระดับโลก (Tan and Shinasaki, 2003) การสรุปของการประชุมกลุ่ม IPCC (อ้างโดย นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2549) และการรวบรวมข้อมูลของ Tan and Shinasaki (2003) ได้สรุปประเด็นที่น่าสนใจของผลกระทบของโลกร้อนคือ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่เกิดจากก๊าซเรือนกระจก จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศทั้งในด้านกายภาพและชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงต่อกระบวนการทางอุทกวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งผลกระทบในเชิงลบต่อในระบบนิเวศเกษตรในประเทศในช่วงระยะ 10 ปีที่ผ่านมาที่ศักยภาพในการให้ผลผลิตของพืชในเกือบทุกประเทศในเอเชียลดลงซึ่งดูเหมือนจะเกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งอาจส่งผลต่อการขาดแคลนน้ำมากขึ้นและถี่ขึ้น และส่งผลทำให้เกิดการระบาดของโรคพืชมากขึ้น รวมทั้งฤดูกาลที่ผิดปกติไป การเสื่อมโทรมของดิน การเกิดให้เกิดสภาวะน้ำท่วมในพื้นที่การเกษตรหลายพื้นที่ทั่วโลก น้ำท่วมชายฝั่งทะเล และการรุกคืบของน้ำเค็มเข้าไปในแหล่งน้ำ ซึ่งคาดว่าผลผลิตในเอเชียใต้คาดว่าจะลดลงไปประมาณ 4-10% ในสิ้นศตวรรษ

จากการศึกษาวิจัยของนักวิทยาศาสตร์และหน่วยงานต่างๆระดับนานาชาติโลกเช่น IPCC ได้ข้อมูลที่สอดคล้องกัน และข้อมูลเหล่านั้นได้บ่งชี้ปัญหาภาวะโลกร้อนในปัจจุบันและความเป็นไปได้จริงของความรุนแรงของปัญหาในอนาคต ทำให้นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งมีความตระหนักถึงผลกระทบของ ภาวะโลกร้อนนี้ต่อระบบนิเวศธรรมชาติ นี้ ซึ่งปัญหาสำคัญนี้ทำให้มีการมุ่งประเด็นศึกษาผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตทางการเกษตรดังกล่าว โดยส่วนหนึ่งของการศึกษาได้มีการทำนายโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในแต่ละภูมิภาค (Tan, 2003) ซึ่งได้มีกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ได้มีการประเมินความเสียหายในเชิงเศรษฐกิจจากการสูญเสียพืชพรรณในเขตพื้นที่อนุรักษของแอฟริกาเป็นจำนวนเงินถึง 74.5 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี 2100 โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการประเมินผล และยังมีการคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ.2065 มูลค่าความเสียหายจะสูงกว่านี้อีกมาก (Velarde et al., 2005)

นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งที่เน้นศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิโลกที่สูงขึ้นที่มีต่อพืชพรรณทางการเกษตรซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญให้กับมนุษย์ทั้งโลก และได้มีการศึกษาอย่างจริงจังและต่อเนื่องจนมาถึงปัจจุบัน ได้มีผลการศึกษาที่พบว่าอัตราผลผลิตของพืชไรในโลกมีความสัมพันธ์เป็นอย่างยิ่งกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก และส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของโลก และรายงานเพิ่มเติมว่าผลผลิตของพืชไรในหลายพื้นที่ของโลกในปัจจุบันลดลงได้สูงสุดได้สภาวะที่บรรยากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น จริง ซึ่งทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการเพิ่มผลผลิตพืชทางการเกษตรเหล่านี้ ซึ่งในประเทศไต้หวัน ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศและสภาวะอุณหภูมิสูงขึ้นที่มีต่อพืชไร่ 60 ชนิดโดยสัมพันธ์กับข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ในการคำนวณ (Chang, 2002) พบว่าปรากฏการณ์โลกร้อนร่วมกับความแปรปรวนของภูมิอากาศเป็นปัจจัยร่วมกันในการเกิดผลกระทบต่อการผลิตของพืชทางการเกษตร

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ EPIC(Erosion Productivity Impact Calculator) ร่วมกับ ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) และ IE(Inference Engine) โดยกลุ่มวิจัยของ Tan and Shinasaki (2003) เพื่อทำนายผลกระทบของภาวะโลกร้อนที่มีต่อผลผลิตทางการเกษตร ในปี ค.ศ.2010 2020 2030 และ 2040 ผลที่ได้คือพบว่าผลผลิตทางการเกษตรหลายประเทศส่วนใหญ่ของพื้นที่ในโลกจะลดลงอย่างต่อเนื่องด้วยผลกระทบของภาวะโลกร้อน

การวิจัยในประเทศเคนยา (Mariara and Karanja, 2007) โดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Seasonal Ricardian mode ศึกษาผลกระทบของภาวะโลกร้อนที่ต่ออัตราผลผลิตพืชไร่ในประเทศพบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างภาวะโลกร้อนและส่งผลกระทบต่ออัตราผลผลิตของพืชไร่ และ จะส่งผลอย่างต่อเนื่องในเชิงลบต่อไปในอนาคตในสภาวะอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และ ยังแสดงผลที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งว่า ผลของการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าผลจากภาวะโลกร้อนมีผลกระทบต่ออัตราผลผลิตของพืชไร่มากกว่าผลจากปริมาณน้ำฝนในประเทศ

ประเทศออสเตรเลียได้ประเมินผลกระทบของโลกร้อนที่มีต่อผลผลิตของข้าวสาลีโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ CSIRO's Global atmosphere model ทำนายสภาวะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สัมพันธ์กับการเพิ่มระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศพบว่าผลผลิตข้าวสาลีจะลดลง 29 % ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคตในเงื่อนไข การไม่เพิ่มระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่หากอยู่ภายใต้สภาวะการเพิ่มระดับอุณหภูมิ ร่วมกับการเพิ่มระดับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ผลผลิตข้าวสาลีจะลดลง 25% (Anwar et al., 2007)

การศึกษาผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตทางการเกษตรในภาคสนาม เป็นงานวิจัยอีกประเด็นหนึ่งซึ่งได้มีการศึกษามาอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน อาทิเช่น การวิจัยของ Wheeler et al.(1993) ได้ทำการทดลองภาคสนาม โดยใช้เครื่องพ่นความร้อนส่งผ่านท่อโพลีเอทิลีนในแนวราบทั้งควบคุมกับการปรับระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อศึกษาผลกระทบต่อผักชนิดต่างๆ ต่อมา Newton (1994) ได้สร้างสภาวะจำลองสถานการณ์อุณหภูมิสูงขึ้นโดยให้ความร้อนในแปลงทดลองข้าวไรย์ และพบว่าผลผลิตได้ลดลงในสภาวะในช่วงอุณหภูมิสูงขึ้น ต่อมาการศึกษาของ Wurr et al. (1996) นักวิทยาศาสตร์ในประเทศอังกฤษ ได้ศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่ตามแนวโน้มของภาวะโลกร้อน ต่อพืชทางการเกษตร 3 ชนิดคือ ผักกาดหอม (Iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.)) กระเทียม (Leek (*Allium ampeloprasum* L.)) และ กระหล่ำดอก (Roscoff cauliflower(*Brassica oleracea* var. botrytis L.)) โดยการใช้จำลองสถานการณ์บรรยากาศที่มีระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยใช้ระดับอุณหภูมิตั้งแต่ระดับบรรยากาศจริงในชุดควบคุมและ ใช้ท่อส่งความร้อนในแนวลาด ที่มีความกว้าง 8.7 m เมตร ความยาว 31.9 m ส่งผ่านอุณหภูมิ ในพื้นที่ทดลองเพื่อปรับระดับอุณหภูมิให้สูงขึ้นกว่าระดับเฉลี่ย 4 °C ในชุดทดลองเปรียบเทียบ การศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองที่ให้ระดับอุณหภูมิสูงขึ้นนั้นเร่งระยะเวลาช่วงเก็บผลได้ของผักกาดหอมให้สั้นขึ้น แต่ยืระยะเวลาของการเก็บผลได้ของกระหล่ำดอกเกิน 49 วัน และยังเพิ่มจำนวนใบของกระหล่ำดอกอย่างมีนัยสำคัญ

Fuhrer (2003) ได้ระบุถึงผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน ร่วมกับ การเพิ่มขึ้นของ CO₂ และ O₃ ที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศเกษตร ซึ่งผลการศึกษาเฉพาะปัจจัยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่อการเร่งระยะ

ช่วงระยะเวลาการเติบโตของพืชประเภท C3 เพิ่มความต้องการน้ำ แต่ ลดผลผลิตของเมล็ด รวมทั้งลดศักยภาพการนำดีเอ็นเออาหารในพืช ประเภทนี้แต่จะส่งผลต่อพืชประเภท C3 มากกว่า C4

การศึกษาเพื่อวิจัยผลกระทบของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นต่อผลผลิตของ ข้าวไรย์ซึ่งเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญโดย Nijs (1996) ในสวีตเซอร์แลนด์ ได้ผลการศึกษาน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง โดยในการวิจัย คณะผู้วิจัย ได้สร้างสภาวะจำลองโลกร้อนโดยการใช้ เครื่องทำความร้อนร่วมกับแสงอินฟราเรด (1500 w IR lamp) โดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการทำงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ให้สูงกว่าปกติประมาณ 2.5°C โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งได้รับอุณหภูมิปกติ ผลการศึกษาในแปลงทดลองพบว่าชุดทดลองซึ่งได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้มวลชีวภาพส่วนเหนือดินซึ่งวัดโดยน้ำหนักแห้งลดลงถึง 52% และลดอัตราผลผลิตลงถึง 48% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

การประยุกต์ใช้ Open Top Chamber เพื่อศึกษาผลกระทบของภาวะโลกร้อนมีกันอย่างแพร่หลาย เช่น การศึกษาโดยกลุ่มคณะวิจัยของ Norby et al. (1997) ประยุกต์ใช้ Open Top Chamber เพื่อศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่สูงขึ้นร่วมกับการเพิ่มระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อไม้ยืนต้น กลุ่มนักวิจัยได้ควบคุมอุณหภูมิใน Open Top Chamber ควบคุมโดยใช้ท่อส่งความร้อนเพื่อปรับให้อุณหภูมิสูงขึ้น และ พัดลมเป่าเพื่อปรับลดระดับอุณหภูมิ และการศึกษาในระบบนิเวศในเขตทุนดรา โดย Hollister และ Webber (2000) ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี เช่น การศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นในระบบนิเวศอื่นๆ โดยการประยุกต์ใช้ Open Top Chamber เพื่อปรับอุณหภูมิในพื้นที่ทุ่งหญ้าอัลไพน์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของพืชพรรณชนิดต่างๆในระบบนิเวศทุ่งหญ้าแถบอัลไพน์ ในการศึกษา Kudernatsch et al. (2007) ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มพืชที่ได้อยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงขึ้นไปมีสภาวะการเติบโตและแพร่พันธุ์เพิ่มขึ้นแต่ไม่ได้มีการตรวจวัดธาตุอาหารทั้งในพืชและในดินแต่อย่างใด

พบว่ากลุ่มนักวิทยาศาสตร์แถบยุโรปและอเมริกาเหนือได้มีความสนใจในการวิจัยผลกระทบของการเพิ่มอุณหภูมิที่มีต่อผลผลิตทางการเกษตรเช่นเดียวกัน อาทิเช่น การศึกษาในข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor* (L.)) โดย Chowdhury and Wardlaw (1978) ได้ศึกษาในภาคสนามโดยปลูกใน Chamber ภาคสนาม ในเขตเท็กซัส สหรัฐอเมริกา พบว่า ผลผลิตของเมล็ดข้าวฟ่างลดลงถึง 50 % ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ $33/28^{\circ}\text{C}$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองซึ่งปลูกภายใต้ สภาวะอุณหภูมิ $30/25^{\circ}\text{C}$ ซึ่งมีข้อมูลที่แสดงผลสอดคล้องกัน คือการทดลองของ Prasad et al. (2006) นักวิจัยกลุ่มนี้ ศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศที่มีต่อผลผลิตของข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor* (L.)) โดยการปลูกใน Chamber เพื่อทดลองในภาคสนามเช่นเดียวกัน โดยการควบคุมอุณหภูมิ ให้มีความแตกต่างกันโดยการ ผลการศึกษาพบว่าการปลูกภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่สูงกว่า $36/26^{\circ}\text{C}$ ส่งผลต่อการลดการผลิตเกสรอย่างมีนัยสำคัญ และ ลดการผลิตเมล็ดข้างฟางถึง 10 % เมื่อเปรียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งปลูกภายใต้สภาวะอุณหภูมิ $32/22^{\circ}\text{C}$

การศึกษาประเด็นปัญหานี้ในประเทศไทยได้ดำเนินการมาระยะหนึ่งแล้ว โดยการศึกษาด้วยการสร้างสภาวะการจำลองสถานการณ์ความแปรปรวนของระดับอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อข้าว

โดย กณิตา ธนเจริญชนภาส และโอรส รักชาติ (2551) ได้สร้างแบบจำลองสภาวะการณ์โลกร้อนในพื้นที่นาข้าว เพื่อปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในฤดูกาลปลูกจริงในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก โดยประยุกต์ใช้ Open Top Chamber ลักษณะโปร่งใส เพื่อควบคุมระดับอุณหภูมิสูงสุด 3 ระดับคือ 30°C 35°C และ 40°C ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับ 35 °C เป็นอุณหภูมิที่กระตุ้นให้ต้นข้าวโตเร็วและมีมวลชีวภาพที่สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 ชุดการศึกษา แต่กลับพบว่ามีความโปรตีนในเมล็ดข้าวลดลงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับระดับอุณหภูมิ 30°C และ 40°C ผลการศึกษาในปัจจุบันอัตราผลผลิตพบว่า ชุดการทดลองภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงสุดที่ 40°C มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ได้ผลผลิตดี / รวง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบกับชุดทดลองที่มีระดับอุณหภูมิ 30 °C และ 35°C โดยลดลง 9.7 % และ 12.3 % ผลการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมเบื้องต้นโดยวิธี RAPDพบว่า การปลูกข้าวภายใต้ความแตกต่างของระดับอุณหภูมิสูงสุด 3 ระดับ ในระยะยาวส่งผลต่อการจำแนกแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างออกเป็น 3 กลุ่มอย่างชัดเจน

5.3 บทสรุป

ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศของโลก ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาได้พยากรณ์แนวโน้มของระดับการเพิ่มระดับอุณหภูมิในบรรยากาศในเขตภาคเหนือในอนาคตโดยพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 4-5 °C และในทศวรรษที่ 2100 (ค.ศ.2091-2100) เมื่อเทียบกับในช่วงทศวรรษที่ 2000 (ค.ศ.1991-2000) รวมทั้งการแสดงผลพยากรณ์ความแปรปรวนทางด้านสภาวะภูมิอากาศในปัจจุบันอื่นๆที่มีแนวโน้มแปรปรวนมากขึ้นเช่นกัน (สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2552) ด้วยเหตุนี้การสร้างสภาวะการณ์จริงของสภาวะการณ์อุณหภูมิที่สูงร่วมกับปัจจัยความแปรปรวนของความชื้น และความแปรปรวนของอุณหภูมิจึงมีความสำคัญและควรศึกษาอย่างเร่งด่วนในประเทศไทย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำของผลกระทบจากสภาวะการณ์ภูมิอากาศแปรปรวนที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในถั่วเหลือง รวมทั้งการคาดการณ์ถึงสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาวะวิกฤตดังกล่าว การศึกษาในครั้งนี้กลุ่มวิจัยเลือกศึกษาในถั่วเหลือง เนื่องจากการตระหนักถึงความสำคัญในประเด็นการเป็นพืชเศรษฐกิจ และบทบาทของประเทศไทยที่มีต่อการผลิตถั่วเหลืองในระดับโลกและในประเทศ ซึ่งยืนยันจากข้อมูลของ จากองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้รายงานไว้ว่าประเทศไทยได้รับการจัดอันดับให้เป็นประเทศที่ผลิตถั่วเหลืองได้เป็นอันดับที่ 17 ของโลก โดยพิจารณาจากเนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ ปี 2545-2547 โดยผลิตได้ถึง 260,000 ตัน/ปี ในปี พ.ศ. 2545 231,000 ตัน/ปี ในปี พ.ศ. 2546 และ 240,000 ตัน/ปี ในปี พ.ศ. 2547 ตามลำดับ และพบว่าภาคเหนือเป็นพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมากที่สุดในประเทศไทย (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

ผลการศึกษาจะสามารถนำไปสู่การต่อยอดการศึกษาและการวิจัยเพิ่มเติมที่นำไปสู่การรองรับ และการจัดการแก้ปัญหา ดังกล่าวในพื้นที่เขตภาคเหนือของประเทศไทยต่อไป