บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

โอโซนในชั้นโทรโปสเฟียร์ (Tropospheric Ozone) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางเคมีในชั้นโทรโปสเฟียร์ และการออกซิเดชันของกลุ่มก๊าซบางประเภท เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และมีเธน (CH_4) โดยมีแสงอัลตราไวโอเลตคลื่นสั้นความยาวคลื่นน้อยกว่า 420 นาโนเมตรเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นโอโซนจึงถูกจัดเป็นมลสารในบรรยากาศขั้นที่สอง (secondary air pollutant) (Jacobson, 2002) โอโซนในระดับชั้นโทรโปสเฟียร์จัดเป็นมลสารหลักในอากาศชนิดหนึ่ง และถูกจัดลำดับความสำคัญในอันดับต้นๆ ที่เกี่ยวข้องและส่งผลกระทบเชิงลบต่อสุขภาพมนุษย์ และพืชในกระบวนการทางสรีรวิทยาได้ (Heck and Miller, 1994) สำหรับการศึกษาผลกระทบของโอโซนที่มีต่อพืชในประเด็นต่างๆ ที่สำคัญซึ่งนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกได้ทำการศึกษาอย่างต่อเนื่องคือ การศึกษาผลกระทบของโอโซนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ผลผลิต และสัณฐานวิทยาของใบพืช เช่น การศึกษาการเพิ่มขึ้นของระดับโอโซนส่งผลต่อการยับยั้งการนำคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ใบพืชถึงหนึ่งในสามเมื่อเทียบกับสภาพปกติ ส่งผลต่อเนื่องต่อการลดอัตราการสังเคราะห์แสง การปิดปากใบของพืช และการทำลายคลอโรพลาสต์ของใบ (Darrall, 1989; Heagle, et al., 1989) สำหรับการศึกษาทางสัณฐานและกายวิภาคของใบเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญเนื่องจากเป็นผลกระทบที่สามารถสังเกตและอธิบายกลไกการเข้าทำลาย organelle ต่างๆ ของโอโซนในพืช ซึ่งใช้เป็นดัชนีชี้วัดปริมาณของโอโซนในพื้นที่ได้

การศึกษาผลกระทบการเพิ่มขึ้นของโอโซนต่อพืชเศรษฐกิจในหลายประเทศ พบว่าถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่ได้รับผลกระทบจากการสัมผัสโอโซน (Miller, et al., 1994) ซึ่งปัจจุบันถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญของโลก เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งการบริโภคเมล็ดและน้ำมัน แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร และใช้กากถั่วเหลืองเป็นอาหารสัตว์ ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ทำให้ความต้องการใช้ถั่วเหลืองขยายตัวมากขึ้น ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตถั่วเหลืองอันดับ 23 ของโลก ในปี พ.ศ.2553 มีถั่วเหลืองประมาณ 204,581 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 255 กิโลกรัมต่อไร่ ลดลง 1.16% จากปี พ.ศ.2552 การศึกษาผลกระทบของโอโซนต่อถั่วเหลืองพบว่าผลผลิตของถั่วเหลืองโดยทั่วไปลดลงประมาณ 10% ที่ระดับความเข้มข้นของโอโซน 50 ppb (Heagle, et al., 1986) ขณะเดียวกันในประเทศไทยได้มีการศึกษาถึงผลกระทบของโอโซนต่อพืช

ต่างๆ โดย Ariyaphanphitak (2005) พบว่าโอโซนในระดับสูง ตั้งแต่ 50-150 ppb ส่งผลเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญต่อการเจริญเติบโต อัตราการสังเคราะห์แสง และผลผลิต ของถั่วเหลือง 2 สายพันธุ์ และข้าวหอมมะลิไทย 4 สายพันธุ์ มีข้อมูลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของโอโซนต่อคุณภาพสารอาหารในถั่วเหลืองที่ลดลง (กณิตา ธนเจริญชณภาส และโอรส รักชาติ, 2550; อภิรดี ก.ศรีสุวรรณ, 2551; จีรนันท์ คุ้มบัว, 2552; วิริยาภรณ์ บุญทะปัญญา, 2555) แต่จากการศึกษายังขาดข้อมูลที่ชัดเจนในด้านการศึกษาผลกระทบของโอโซนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงในเชิงสัณฐานและกายวิภาคของใบถั่วเหลือง ประกอบกับในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกมีปัจจัยทางกายภาพที่เอื้อต่อการเพิ่มระดับโอโซนให้สูงขึ้น คือ มีอุณหภูมิในบรรยากาศที่สูงมากตลอดทั้งปี ซึ่งเป็นปัจจัยส่งเสริมต่อการเพิ่มของโอโซนในบรรยากาศ ร่วมกับการเพิ่มปริมาณยานพาหนะซึ่งเป็นการเพิ่มสารตั้งต้นในการเกิดโอโซน ดังนั้นจากเหตุผลดังกล่าวจึงมีความสำคัญในการศึกษาผลกระทบของโอโซนต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของใบถั่วเหลืองที่ได้รับผลกระทบจากการสัมผัสกับโอโซน ข้อมูลที่จะได้จากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเพื่อระบุถึงระดับโอโซนในบรรยากาศในเบื้องต้นได้ และข้อมูลดังกล่าวยังสามารถนำไปสู่การต่อยอดองค์ความรู้ในเชิงสรีรวิทยาซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อระบบนิเวศเกษตรของพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยต่อไป

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

ศึกษาผลกระทบจากโทรโปสเฟียริคโอโซนต่อสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของใบถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

สมมติฐานของการวิจัย

การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกพบว่าผลกระทบของโลกร้อนและการเพิ่มขึ้นของกลุ่มมลสารจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจากแหล่งต่างๆ ส่งผลต่อการเพิ่มระดับโอโซนในชั้นโทรโปสเฟียร์ จากการศึกษาโทรโปสเฟียริคโอโซนที่เพิ่มขึ้นในช่วงปี 1970s-2000s ของ Oltmans, et al. (2006) พบว่าในช่วงระยะเวลาเพียง 10 ปี ในทวีปยุโรปและประเทศญี่ปุ่นมีการเพิ่มขึ้นของโทรโปรสเฟียริคโอโซนอย่างเห็นได้ชัด การศึกษาครั้งนี้จึงนำแนวความคิดนี้มาเป็นสมมติฐานว่าแนวโน้มการเพิ่มระดับอุณหภูมิในประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552) ย่อมส่งผลให้ระดับโอโซนในประเทศไทยเพิ่มขึ้น และนำสมมติฐานนี้มาเป็นส่วนหนึ่งในการวางแผนการศึกษาในแปลงวิจัย โดยจำลองสภาพพื้นที่แปลงปลูกให้มีระดับโอโซนที่เพิ่มขึ้น แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

กลุ่มทดลองที่มีระดับโอโซนต่ำกว่าบรรยากาศ กลุ่มทดลองที่มีระดับโอโซนเทียบเท่ากับบรรยากาศ และกลุ่มทดลองที่มีระดับโอโซนสูงกว่าบรรยากาศ เพื่อเป็นการประเมินผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

การศึกษาผลกระทบของโอโซนที่มีต่อพืชทางการเกษตรในหลายประเทศที่ผ่านมาหลายปีนั้น พบว่าผลกระทบทางสรีรวิทยาของพืชที่ได้รับนั้น จะเริ่มสัมผัสในพื้นที่ส่วนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ และทำปฏิกิริยาต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ในกลไกเชิงสรีรวิทยา (Edwine, et al., 2005) ส่งผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งหรือการสร้างผลผลิต ผลที่เกิดขึ้นเริ่มตั้งแต่อาจจะส่งผลต่อการทำลายรงควัตถุ (เป็นโมเลกุลที่มีความสามารถในการดูดกลืนแสงมีคุณสมบัติเป็น photoreceptor) ของใบในบางส่วน ซึ่งปริมาณรงควัตถุจะส่งผลต่อการรับและส่งพลังงานในการสังเคราะห์แสงของพืช ใบที่มีองค์ประกอบคลอโรฟิลล์สูงแสดงถึงศักยภาพที่สูงในการสังเคราะห์แสงโอกาสที่จะทำให้ได้ผลผลิตสูงจึงมีมาก

ใบเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืชที่ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงให้พลังงานแก่ต้นพืช โดยมีความสัมพันธ์กับลักษณะของทรงต้น เช่น ขนาดพื้นที่ใบและมุมใบที่ส่งผลต่อการรับแสงและช่วยให้การสังเคราะห์แสงดีขึ้น ทำให้เพิ่มการสะสมน้ำหนักแห้งและผลผลิต (ดำเนิน กาละดี และเฉลิมพล แซมเพชร, 2540) ถั่วเหลืองที่มีดัชนีพื้นที่ใบสูงจึงส่งผลต่อเนื่องต่อน้ำหนักของเมล็ดต่อต้นผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ให้เปลี่ยนเป็นคาร์โบไฮเดรตและสะสมเป็นน้ำหนักแห้งในเมล็ด (อภิพรรณ พุกภักดี, 2546) นอกจากนี้มีรายงานว่าผลผลิตถั่วเหลืองสัมพันธ์กับพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) (Board and Tan, 1995)

ผลกระทบอย่างต่อเนื่องที่เกิดจากการสัมผัสโอโซนนั้นจะส่งผลสุดท้ายในการยับยั้งผลผลิตและเป็นผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อภาคเกษตรกรรม มีการศึกษายืนยันว่าโอโซนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับ DNA ปริมาณของโปรตีนและระดับไขมันในเมล็ดถั่วเหลือง ลดจำนวนฝักต่อต้น 50% โอโซนที่เพิ่มขึ้นที่ระดับ 50 ppb นั้นส่งผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของถั่วเหลืองลดลง 11.1% (อภิรดี ก.ศรีสุวรรณ, 2551; กณิตา ธนเจริญชนภาส และโอรส รักชาติ, 2552; จีรนันท์ คุ้มบัว, 2552) ดังนั้นจึงนำข้อมูลจากการศึกษาวิจัยดังกล่าวมาตั้งสมมติฐานสำหรับการวิจัยว่าผลกระทบต่อผลผลิตของถั่วเหลืองเกิดจากผลของโอโซนในระดับที่สูงกว่าปกติที่ส่งผลต่อสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของใบ ผลจากการศึกษานี้จะทำให้ทราบลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของใบถั่วเหลืองเมื่อได้รับโอโซนที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของถั่วเหลือง เพื่อจะได้เผยแพร่ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

ศึกษาในแปลงวิจัย คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

2. พันธุ์ถั่วเหลือง

ในการศึกษาใช้ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่นิยมปลูกในเขตภาคเหนือตอนล่าง

3. การควบคุมระดับโอโซน

สร้างสภาวะระดับโอโซนที่เพิ่มขึ้นในการทดลองใช้ระบบตู้ทดลอง Open Top Chamber จำนวน 9 ตู้ สำหรับ 3 ชุดทดลอง (3 ซ้ำ)

4. ปัจจัยในการตรวจวัดผลกระทบของโอโซนต่อสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของใบ

4.1 การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ

4.2 ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index)

4.3 ปริมาณรงควัตถุในใบ

4.4 สัณฐานวิทยาและกายวิภาคของใบ

5. ระยะเวลาในการศึกษา

ศึกษาในระยะการปลูกถั่วเหลือง 1 ฤดูกาลปลูก ในเดือนมกราคม-เมษายน 2554

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเพื่อระบุถึงระดับโอโซนในบรรยากาศเบื้องต้นจากการสังเกตความเสียหายของใบได้ และสามารถนำไปสู่การต่อยอดองค์ความรู้ในเชิงสรีรวิทยาของพืช

นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1. โทรโปสเฟียริคโอโซน (Tropospheric Ozone) คือ โอโซนที่อยู่ในชั้นโทรโปสเฟียร์ สามารถเกิดปฏิกิริยาและสามารถเปลี่ยนรูปได้ตลอดเวลาจัดเป็นมลสารในบรรยากาศชั้นที่สอง (Secondary air pollutant) เกิดจากปฏิกิริยาออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และไอระเหยของสารประกอบอินทรีย์ (VOCs) โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และส่งผลกระทบต่อพืชทั้งด้านสรีรวิทยา และชีวเคมี จัดเป็นสารที่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่รุนแรง

2. สัณฐานวิทยาของใบ คือ ขนาด สี และลักษณะขนของใบ

3. กายวิภาคของใบ คือ ลักษณะของเซลล์ที่เป็นองค์ประกอบภายในใบ ลักษณะของปากใบ

4. ความเสียหายของใบที่สามารถมองเห็นได้ (Visible symptom) แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ เฉียบพลัน (acute) และเรื้อรัง (chronic) ดังนี้

4.1 Necrosis เป็นอาการที่เซลล์ยุบตัวและเกิดลายเหี่ยวแห้ง เกิดขึ้นเฉียบพลัน เซลล์ในส่วนของ palisade และ spongy mesophyll ของพืชจะเฉาและเหี่ยวจนเซลล์ตาย ใบมีสีตั้งแต่ใกล้ขาวจนถึงแดงอมส้ม มักเกิดลายเหี่ยวแห้งที่ขอบหรือยอดของใบ

4.2 Chlorosis เป็นอาการเรื้อรัง เซลล์ของพืชยังมีชีวิตแต่ส่วนของคลอโรฟิลล์ถูกทำลายทำให้มีปริมาณน้อยลง เกิดเป็นลายซีดสีต่างๆ ทำให้เกิดสีเขียวจางหรือเหลืองอ่อน จัดเป็นความผิดปกติของเม็ดสีทำให้เกิดลายตกกระ ใต้ใบเป็นเงาวาวสีเงินหรือบรอนซ์ มักเกิดที่ palisade cell

4.3 Bleaching ผิวใบด้านบนหรือทั้งสองด้านมีสีซีด ผิวใบด้านบนจะปรากฏลายตกกระ เหี่ยวแห้ง สีซีด หรือผิวใบด้านบนแค่มีสีซีดลง palisade cell ยุบตัวลงเมื่อได้รับโอโซน บางครั้งมีลายเหี่ยวแห้งเกิดขึ้นที่กลางใบ ลายจะเป็นจุดเล็กๆ บริเวณที่ซีดจะมีรูปร่างไม่ชัดเจน

4.4 Pigmented lesions ลายสีทำให้ผนังเซลล์หนา มีสีเป็นหย่อมๆ ดูเหมือนเป็นจุดเล็กๆ คล้ายตกกระชัดเจน palisade cell จะไวต่อโอโซนและได้รับผลกระทบก่อน ลายจะจำกัดอยู่เฉพาะผิวด้านบน อาจเป็นสีน้ำตาลเข้ม ดำ ม่วง หรือแดง พบว่าเมื่อพืชได้รับโอโซนจะมีการสังเคราะห์ แอนโธไซยานินในช่องว่างระหว่างแขนงย่อยภายในใบ

5. ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) คือ สัดส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ซึ่งพืชนั้นขึ้นอยู่ โดยทั่วไปจึงคำนวณจากค่าของพื้นที่ใบหารด้วยพื้นที่ปลูกหรือพื้นที่เก็บเกี่ยวตัวอย่าง ดัชนีนี้สามารถแสดงถึงศักยภาพในการสร้างน้ำหนักแห้งของพื้นที่นั้นๆ โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นหลัก