อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

ผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง(*Glycine max* (L.) Merrill)

Effects of Different Levels of Air Temperature on Soil Nutritions and Yield Components of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill)

วริศรา ปานพรม
วิสาคร วงษ์พิมพา

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 5 ตค. 2560
เลขทะเบียน 1719194
เลขเรียกหนังสือ ปร. ว3วค.ง 2557

โครงงานวิจัย เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
พฤษภาคม 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง "ผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill)" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กณิตา ธนเจริญชณภาส)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภิรมย์ อ่อนเส็ง)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

พฤษภาคม 2557

SB
205 S7

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี กลุ่มของข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.กณิตาธนเจริญชนภาส ที่ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำโครงงานวิจัย และให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย รวมทั้งการให้คำแนะนำในด้านการวิจัยค้นคว้าข้อมูลต่างๆเป็นอย่างดี ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไข จนโครงงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณนฤมล สิงห์กวาง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ คุณหนึ่งฤทัย เทียนทอง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการกลางคณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่คอยแนะนำ ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก สำหรับการอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้กลุ่มของข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณบุคคลในครอบครัวที่คอยให้คำปรึกษาและให้กำลังใจจนโครงงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

วริศรา ปานพรม

วิสาคร วงษ์พิมพา

ชื่อเรื่อง	ผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60
ผู้ศึกษา	วริศรา ปานพรม และ วิสาคร วงษ์พิมพา
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กณิตา ธนเจริญชณภาส
ประเภท	โครงงานวิจัย วท.บ. สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2556
คำสำคัญ	ถั่วเหลือง อุณหภูมิ ธาตุอาหารในดิน ผลผลิต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในการศึกษาได้ทำการทดลองปลูกถั่วเหลือง โดยใช้แปลงทดลองทางการเกษตรของคณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยปลูกถั่วเหลืองภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับคือ การสร้างสภาวะอุณหภูมิต่ำสลับกับสภาวะอุณหภูมิเทียบเท่าธรรมชาติ (ชุดทดลอง LT) การสร้างสภาวะอุณหภูมิสูงสลับกับสภาวะอุณหภูมิเทียบเท่าธรรมชาติ (ชุดทดลอง HT) และการสร้างระดับอุณหภูมิที่ถูกควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิภายนอกตู้ทดลอง (ชุดทดลอง CT) ซึ่งจะใช้ระบบอิเล็กทรอนิคส์เป็นตัวควบคุมตั้งแต่ 9.00-16.00 น. ทุกวัน โดยกำหนดให้การควบคุมระบบเกิดขึ้นประมาณ 70 % ของจำนวนวันทั้งหมดในการปลูก ตั้งแต่ถั่วเหลืองอยู่ในช่วงระยะ V1 ถึง R8 ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวได้มีการวัดอุณหภูมิภายในตู้ทดลอง พบว่า ในระยะการศึกษาสามารถควบคุมให้มีระดับอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ25.0^{o}C 34.0^{o}C และ 31.0^{o}C ในสิ่งทดลอง LT, HT และ CT ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในระยะก่อนปลูกถั่วเหลืองของแต่ละสิ่งทดลอง (LT HT และ CT) ชนิดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน 3 สิ่งทดลอง อย่างไรก็ตามผลการศึกษาในระยะ ระยะR5 พบว่า ชนิดของธาตุอาหารที่เหลืออยู่ในดินมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(ที่ระดับ $P<0.05$)ถูกพบในสิ่งทดลอง LT คือ ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยพบว่าปริมาณแอมโมเนียมเหลืออยู่ในดินมากที่สุด และในทางตรงข้ามธาตุอาหารกลุ่มดังกล่าวนี้พบว่าเหลือน้อยที่สุด (ถูกนำไปใช้มากที่สุด) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(ที่ระดับ $P<0.05$) ถูกพบในสิ่งทดลอง CT อย่างไรก็ตามพบผลการศึกษาในทางตรงกันข้ามในธาตุอาหารชนิดโพแทสเซียมเนื่องจากพบว่าเหลืออยู่น้อยที่สุดและมากที่สุดในสิ่งทดลอง LT และ CT ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในด้านปัจจัยผลผลิต ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด (ที่ระดับ $P<0.05$) ดังนั้นผลการศึกษาบ่งชี้อย่างชัดเจนว่าระดับอุณหภูมิต่ำกว่าระดับธรรมชาติประมาณ 5 ^{o}C ส่งผลต่อการยับยั้งการดึงธาตุอาหารในดินที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแอมโมเนียม

สารบัญ

บทที่ หน้า

1 บทนำ....1

ความเป็นมาของปัญหา....1

จุดมุ่งหมายของการศึกษา....2

ความสำคัญของการศึกษา....2

ขอบเขตของงานวิจัย....2

สมมติฐานของการวิจัย....4

นิยามศัพท์เฉพาะ....4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....5

ข้อมูลทั่วไปของพืชถั่วเหลือง....5

ข้อมูลทั่วไปของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60....6

ระยะการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง....6

ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช....9

องค์ประกอบผลผลิต....11

การหาค่าองค์ประกอบผลผลิต....11

ความสำคัญของการศึกษาองค์ประกอบผลผลิต....12

สภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกที่ส่งผลกระทบ

ต่อการผลิตอาหารโลก....13

สถานการณ์การผลิต....13

สารประกอบของธาตุอาหารในดิน....15

ธาตุอาหารของพืช....15

หน้าที่ของธาตุอาหารในพืช....15

ปริมาณของธาตุอาหารในดิน....16

3 วิธีดำเนินงานวิจัย....18

พื้นที่การวิจัย....18

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....18

การเก็บรวมรวมข้อมูล....19

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ....21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4 ผลการวิจัย.....23

ปัจจัยของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศ.....23

ผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลือง.....24

ปัจจัยของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง.....29

5 บทสรุป.....35

สรุปผลการวิจัย.....35

อภิปรายผลการวิจัย.....36

บรรณานุกรม.....38

ภาผนวก.....42

ประวัติผู้วิจัย.....47

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 ลักษณะของ Open Top Chamber (OTC) 20
2 ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละวันภายใน 3 ตู้ทดลอง.....23
3 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนรวมทั้งหมด ในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลือง ทั้งดินในระยะก่อนปลูก และดินในระยะ R5 ทั้ง 3 สิ่งทดลอง.....24
4 ปริมาณสารประกอบแอมโมเนียมในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลือง ทั้งดินในระยะก่อนปลูกและดินในระยะ R5 ทั้ง 3 สิ่งทดลอง.....25
5 ปริมาณสารประกอบไนเตรทในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลือง ทั้งดินในระยะก่อนปลูกและดินในระยะ R5 ทั้ง 3 สิ่งทดลอง.....26
6 ปริมาณโพแทสเซียมในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลือง ทั้งดินในระยะก่อนปลูกและดินในระยะ R5 ทั้ง 3 สิ่งทดลอง.....27
7 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลือง ทั้งดินในระยะก่อนปลูกและดินในระยะ R5 ทั้ง 3 สิ่งทดลอง.....28
8 ปริมาณฝักต่อต้น (Pod/Plant) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60.....29
9 ปริมาณเมล็ดทั้งหมดต่อต้น ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60.....30
10 ปริมาณเมล็ดต่อฝัก (Seed/Pod) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60.....31
11 น้ำหนัก 100 เมล็ด ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60.....32
12 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60.....33

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 ปริมาณกรดอะมิโนชิดต่างๆ ในเมล็ดถั่วเหลือง แป้งถั่วเหลือง และอาหารข้น....5
2 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นของถั่วเหลือง....7
3 ระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ของถั่วเหลือง....8
4 ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีของดินบนในแถบอบอุ่น....17
5 ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารในดิน ระยะก่อนทำการปลูกถั่วเหลือง....33
6 ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารในดิน ระยะ R5 ทำการปลูกถั่วเหลือง....34
7 ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อองค์ประกอบผลผลิต ของถั่วเหลือง....34

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกอันเนื่องมากจากสภาวะโลกร้อนเกิดขึ้นมาอย่างยาวนานหลายศตวรรษ ผลกระทบประการหนึ่งของปัญหานี้คือ ทำให้โลกของเราอยู่ในสภาวะสภาพอากาศที่มีการแปรปรวนอย่างมากในช่วงเวลากว่า 30 ปีที่ผ่านมา (IPCC, 2007) ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในทุกภาคส่วนของโลกรวมทั้งภาคเกษตรกรรม (พูลศิริ ชูชีพ และ นวลปรางค์ ไชยตะขบ, 2548) เนื่องจากปัญหาดังกล่าวทวีความรุนแรงมากขึ้นจึงได้มีการศึกษาและวิจัยในประเด็นต่างๆที่เกี่ยวหนึ่งในกลุ่มงานวิจัยที่สำคัญและมีการศึกษากันอย่างจริงจังคือ การศึกษาความแปรปรวนของสภาพปัจจัยภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อพืช อาทิเช่น ผลกระทบต่อการดูดซึมธาตุอาหารของพืช ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ กระบวนการสรีรวิทยาต่างๆ ซึ่งส่งผลต่อเนื่องทำให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากปัจจัยทางกายภาพในบรรยากาศ ถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอันดับต้นๆ ที่ส่งผลต่อการส่งเสริมหรือยังยั้งการเจริญเติบโตและกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช (ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2544) พบว่ามีกลุ่มพืชซึ่งถือว่าเป็นพืชการเกษตรที่สำคัญของโลก เช่น ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ถั่วเหลือง ข้าวโพด ได้รับผลกระทบจากปัญหาดังกล่าวและพบว่าแนวโน้มการเพิ่มระดับอุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศอย่างต่อเนื่องจะส่งผลต่อการลดอัตราผลผลิตทางการเกษตรของโลกในอนาคต (Cure and Acock, 1986; Mall et al., 2004; Tan and Shinasaki, 2003)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญของโลก และเป็นพื้นที่หนึ่งที่เกิดสภาวะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงและแปรปรวน อาทิเช่น ปรากฏการณ์ความแปรปรวนของระดับอุณหภูมิ และความชื้นซึ่งเปลี่ยนแปลงไปในฤดูกาลปกติ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552) จึงย่อมจะได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์นี้เช่นเดียวกัน ในการศึกษากลุ่มผู้วิจัยได้เลือกชนิดพืชที่สำคัญทางการเกษตร คือถั่วเหลือง เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ สามารถขึ้นได้ดีในสภาพดินฟ้าอากาศของประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพภูมิอากาศในพื้นที่เขตภาคเหนือ รวมทั้งจังหวัดพิษณุโลก ถั่วเหลืองเป็นพืชที่ให้โปรตีนประมาณ 36-42 % (สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่5, 2555) และราคาถูกเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์ และเป็นพืชที่ตลาดภายในประเทศมีความต้องการมาก ถั่วเหลืองเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งการบริโภคเมล็ดและผลิตเป็นน้ำมันใช้ในครัวเรือน แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ใช้กากถั่วเหลืองผลิตเป็นอาหารสัตว์และสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ (กรมวิชาการเกษตร, 2009) ในปัจจุบันประเทศไทยมีการนำเข้าถั่วเหลืองเป็นจำนวนมากเพื่อลดปัญหาการขาดแคลนถั่วเหลืองภายในประเทศ ซึ่งมีการคาดการณ์ว่ายังคงเป็นพืชที่มีแนวโน้มความต้องการในปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ปัญหาที่พบชัดเจนที่ทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองลดลง คือพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกถั่วเหลืองมีจำนวน (ไร่) ลดน้อยลง นอกจากนั้นปัญหาจากสภาวะอุณหภูมิสูงขึ้นในปัจจุบัน อาจส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตของถั่วเหลืองด้วยเช่นกัน

ผลการวิจัยในหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทยพบว่า ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความอ่อนไหวต่อปัจจัยภายนอกคือ การไวต่อแสงและอุณหภูมิเนื่องจากมีต้นกำเนิดเดิมของพืชชนิดนี้อยู่ในเขตอบอุ่นนั่นเอง จึงเหมาะสำหรับที่จะปลูกในเขตอบอุ่นหรือกึ่งร้อนมากกว่าเขตร้อน (เฉลิมพล แซมเพชร, 2542) ดังนั้น ข้อมูลทางสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยาที่บ่งบอกความปรวนแปรของอากาศในประเทศไทยและภาคเหนือ ที่เกิดขึ้น ณ ปัจจุบัน จึงน่าจะส่งผลกระทบต่อพืชถั่วเหลืองอย่างมาก

ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อให้ทราบว่าผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่แตกต่างกันจะมีผลต่อการนำปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มาใช้ในการเจริญเติบโตและส่งผลต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองอย่างไร ผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลที่สำคัญประการหนึ่งในการเฝ้าระวังผลกระทบของสภาวะภูมิอากาศแปรปรวนที่มีต่อถั่วเหลือง และผลผลิตในพื้นที่ปลูกในเขตภาคเหนือในอนาคต

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาผลของระดับอุณหภูมิและที่แตกต่างกันที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในดินของถั่วเหลือง
2. เพื่อศึกษาผลของระดับอุณหภูมิและที่แตกต่างกันที่มีผลต่อปริมาณองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง

ความสำคัญของการศึกษา

เพื่อสามารถนำผลวิจัยที่ได้ไปปรับใช้ในการทำการเกษตร เพื่อเตรียมรับมือต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศในประเทศไทย

ขอบเขตของงานวิจัย

1. พื้นที่สำหรับการวิจัย

1.1 แปลงเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

1.2 ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

2. พันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ในการวิจัย

ถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 ลักษณะเด่น คือเป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองให้เป็นถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่นของประเทศไทย และเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดในภาคเหนือ ทนทานต่อโรคราสนิมได้ดี ให้ผลผลิตต่อไร่สูงทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

3. เก็บข้อมูลสภาพอากาศภายในตู้ทดลองควบคุมอุณหภูมิ

3.1 ตรวจวัดสภาพปัจจัยทางกายภาพ และเคมีบางประการภายในตู้ทดลองควบคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิ, ความเข้มแสง คาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2), และออกซิเจน (O_2) ความชื้น)

3.2 ปริมาณธาตุอาหารในดิน (ธาตุไนโตรเจน ธาตุโพแทสเซียม ธาตุฟอสฟอรัส)

3.3 องค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง

1. จำนวนเมล็ดต่อฝัก
2. จำนวนฝักต่อต้น
3. จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อต้น
4. น้ำหนัก 100 เมล็ด (เพื่อเฉลี่ยน้ำหนัก 1 เมล็ด)

4. การจัดการการปลูกถั่วเหลือง

เริ่มปลูกถั่วเหลืองเดือนกรกฎาคม 2556 แปลงปลูกขนาด 40 x 20 cm. จำนวน 2 แปลงต่อตู้ทดลอง แปลงละ 3 หลุม

5. การควบคุมระดับอุณหภูมิในตู้ทดลอง

5.1 สร้างสภาวะอุณหภูมิแปรปรวน 3 รูปแบบในตู้ทดลองสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 1.5 x 1.5 สูง 2 เมตร หุ้มโครงด้วยพลาสติกใส มีหลังคา และ ควบคุมระดับอุณหภูมิด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์

5.2 การควบคุมระดับอุณหภูมิ ให้สลับระหว่างอุณหภูมิสูง หรือต่ำกว่าธรรมชาติ และอุณหภูมิปกติ โดยให้เวลาของการเกิด สภาวะอากาศผิดปกติ ประมาณ 70% ของฤดูกาลปลูก

5.2.1 ตู้ควบคุมระดับอุณหภูมิต่ำกว่าระดับอุณหภูมิภายนอก (LT 1-4) โดยควบคุมให้มีสภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าระดับธรรมชาติ: อุณหภูมิระดับปกติ เท่ากับ 10: 4 วัน

5.2.2 ตู้ควบคุมระดับอุณหภูมิสูงกว่าระดับอุณหภูมิภายนอก (HT 1-4) โดยควบคุมให้มีสภาวะอุณหภูมิสูงกว่าระดับธรรมชาติ: อุณหภูมิระดับปกติ เท่ากับ 10: 4 วัน

5.2.3 ตู้ควบคุมระดับอุณหภูมิใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิปกติ (CT 1-4) เป็นการทดลองภายใต้สภาวะปกติ (เทียบเท่าธรรมชาติ)

6. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) 4 ซ้ำ มีตู้ทดลอง ทั้งหมดเท่ากับ 12 ตู้ทดลอง

1. High Temperature treatments; HT (การสร้างอุณหภูมิสูงภายในตู้ทดลอง) จำนวน 4 ซ้ำ
2. Low Temperature treatments; LT (การสร้างอุณหภูมิต่ำภายในตู้ทดลอง) จำนวน 4 ซ้ำ
3. Control treatments; CT (การสร้างตู้ทดลองเป็นชุดควบคุม) จำนวน 4 ซ้ำ

7. การกำหนดในช่วงเวลาให้ถั่วเหลืองได้รับสภาวะจำกัด

กำหนดในช่วงเวลาตั้งแต่ 09.00น.-16.00 น. ตั้งแต่ระยะ V3 จนถึงระยะเก็บเกี่ยว

สมมติฐานของการวิจัย

ผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันจะมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารหลักในดินและปริมาณองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง

นิยามศัพท์เฉพาะ

ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 (*Glycine max* (L.) Merrill)

เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ Williams ซึ่งมีลำต้นแข็งแรง จำนวนฝักต่อต้นมากกับพันธุ์ สจ.4 ซึ่งเป็นพันธุ์รับรองที่ให้ผลผลิตสูง ทนทานต่อโรคราสนิมที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และคัดเลือกได้สายพันธุ์ 7508-50-10 หรือพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งจากการปลูกศึกษาประเมินผลผลิตจนถึงปี 2529 ปรากฏว่าให้ผลผลิตสูงทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง และทนทานต่อโรคราสนิม (ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, 2013)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลทั่วไปของพืชถั่วเหลือง

ลักษณะประจำพันธุ์ของพืชถั่วเหลือง

ฝักถั่วเหลือง พัฒนามาจาก รังไข่ ซึ่งจะเจริญเติบโตเป็นฝักรูปยาวและโค้ง ภายในมีเมล็ด 2-3 เมล็ด เรียงตัวอยู่ตามแนวนอน เมล็ดถั่วเหลืองมีรูปร่างค่อนข้างกลมรี จะมีลักษณะเว้าทางด้านของเมล็ดที่มี hilum ขนาดของเมล็ดแตกต่างกันตามพันธุ์ ฤดูกาลปลูก ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณน้ำที่ได้รับ

ข้อมูลทางโภชนาการของพืชถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางโภชนาการของถั่วเหลือง มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่โปรตีนและน้ำมันถั่วเหลือง ที่ให้ผลผลิตสูงจะมีโปรตีนในเมล็ด 40-42 เปอร์เซ็นต์ และคิดเทียบจากน้ำหนักแห้งมีปริมาณ 20-22 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนที่ได้จากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acid) ค่อนข้างสูง ตามมาตรฐาน ที่ได้กำหนดไว้โดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (นเรศ ขำเจริญ, 2555) ดังแสดงตามตาราง 1

ตาราง 1 แสดงปริมาณกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ในเมล็ดถั่วเหลือง แป้งถั่วเหลือง และอาหารข้น (concentrate) เมื่อเทียบกับปริมาณที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) กำหนด เป็นมาตรฐานของอาหารที่มีคุณภาพดี

กรดอะมิโน	มาตรฐาน FAO	ปริมาณ (มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)		
		เมล็ดถั่วเหลือง	แป้งถั่วเหลือง	อาหารข้น
Cystine	4.2	1.3	1.6	1.6
Isoleusine	4.2	4.5	4.7	4.8
Leusine	4.8	7.8	7.9	7.8
Lysine	4.2	6.4	6.3	6.3
Methionine	2.2	1.3	1.4	1.4
Phenylalanine	2.8	4.9	5.3	5.2
Theonine	2.8	3.9	3.9	4.2
Tryptophan	1.4	1.3	1.3	1.5
Tyrosine	2.8	3.1	3.8	3.9
Valine	4.2	4.8	5.1	4.9

ที่มา: Weingarten, 1987 อ้างอิงใน นเรศ ขำเจริญ (2551)

ข้อมูลทั่วไปของถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ Williams ซึ่งมีลำต้นแข็งแรง จำนวนฝักต่อต้นมาก กับพันธุ์ สจ.4 ซึ่งเป็นพันธุ์รับรองที่ให้ผลผลิตสูง ทนทานต่อโรคราสนิม ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และคัดเลือกได้สายพันธุ์ 7508-50-10 หรือพันธุ์เชียงใหม่ 60 ซึ่งจากการปลูกศึกษาประเมินผลผลิตจนถึงปี 2529 ปรากฏว่าให้ผลผลิตสูงทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง และทนทานต่อโรคราสนิม

ลักษณะดีเด่น

1.ทนทานต่อโรคราสนิม

2. ผลผลิตสูง 246 กิโลกรัมต่อไร่

3. ตอบสนองต่อปุ๋ยอัตราต่ำ

4. เมล็ดมีน้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 43.8 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะประจำพันธุ์ ลำต้นมีลักษณะไม่ทอดยอด โคนต้นอ่อนสีเขียว ขนที่ฝักสีน้ำตาล ต้นมีการแตกกิ่งน้อย สูงประมาณ 60 เซนติเมตร ใบสีเขียวเข้ม ใบกว้างและหนา ดอกสีขาว ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 25 วัน เก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 97 วัน ฝักเมื่อแก่จัดมีสีน้ำตาลเข้ม แตกยาก เมล็ดกลมสีเหลือง ขั้วเมล็ดมีสีน้ำตาล น้ำหนัก 100 เมล็ด 15.5 กรัม ฤดูปลูกที่เหมาะสมฤดูฝน เดือนพฤษภาคม ฤดูแล้ง เดือนธันวาคมถึงกลางเดือนมกราคม การรับรองพันธุ์กรมวิชาการเกษตรพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2530

ระยะการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

การเจริญเติบโตของถั่วเหลืองเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่เมล็ดงอกจนถึงระยะสุกพร้อมที่จะเก็บเกี่ยว ตลอดระยะการเจริญเติบโตมีปัจจัยต่างๆเกี่ยวข้องอยู่มาก โดยสามารถแบ่งการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองออกได้เป็น 2 ระยะใหญ่ๆ คือ

1. **ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น** (Vegetative growth stage) เป็นระยะตั้งแต่ต้นอ่อนโผล่พ้นดิน มีใบเลี้ยง (cotyledons) ใบจริงคู่แรก (unifolioalte leaves) และใบประกอบ (trifolioalte leaves) ซึ่งเจริญตรงข้อของลำต้น การนับจำนวนข้อจะนับเฉพาะบนลำต้นหลักเท่านั้น และข้อจะต้องมีใบคลี่กลางเต็มที่ โดยระยะการเจริญเติบโตกำหนดด้วยอักษร V ตามด้วย E, C และตัวเลขระยะต่างๆ ของถั่วเหลืองแสดงตามตาราง 2

ตาราง 2 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นของถั่วเหลือง

ระยะการเจริญเติบโต	ข้อสังเกต
VE ระยะเริ่มงอก (Emergencestage)	ระยะที่ใบเลี้ยงกำลังโผล่พ้นดิน
VC ระยะใบเลี้ยง (Cotyledonstage)	มีเฉพาะใบเลี้ยงและใบจริง (ใบประกอบ) คู่แรกเริ่มปรากฏ โดยเฉพาะใบจริงเริ่มคลี่กาง และขอบใบประกอบไม่แตะกัน
V1 ระยะข้อที่1 (First nodestage)	ใบจริงคู่แรกที่เกิดจาก unifoliate node เจริญเติบโตเต็มที่ ในข้อที่ 1
V2 ระยะข้อที่ 2 (Second nodestage)	มีใบจริงที่1 (1th trifoliate leaf) คลี่กางออกในคู่ที่ 2
V3 ระยะข้อที่ 3 (third node)	ต้นถั่วเหลืองมี 3 ข้อบนลำต้น และในข้อที่ 3 จะมีใบจริงที่ 2 คลี่กางออก
Vn ระยะข้อที่ N (Nth nodestage)	มีใบประกอบเท่ากับลำดับข้อบนลำต้นที่มีใบจริงคลี่กางเต็มที่

ที่มา: (Fehr and Caviness, 1977 อ้างอิงใน อภิรดี ก.ศรีสุวรรณ (2551)

2. ระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (reproductive growth stage) เป็นระยะเริ่มตั้งแต่ถั่วเหลืองออกดอกไปจนถึงการออกฝัก และเมล็ดมีการพัฒนา ตลอดจนการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ด และการสุกแก่ โดยระยะการเจริญพันธุ์กำหนดด้วยอักษร R ตามด้วยด้วยตัวเลข ซึ่งแสดงระยะต่างๆในระยะการเจริญพันธุ์ตามตาราง 3

ตาราง 3 ระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ของถั่วเหลือง

ระยะการเจริญเติบโต	ข้อสังเกต
R1 ระยะเริ่มออกดอก (Beginning bloomstage)	ดอกแรกในข้อใดข้อหนึ่งของลำต้นหลักบาน
R2 ระยะออกดอกเต็มที่ (Full bloom stage)	ดอกในข้อใดข้อหนึ่งของสองข้อที่อยู่บนสุดของลำต้นหลักบาน
R3 ระยะเริ่มติดฝัก (Beginning pod stage)	ฝักที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อสุดท้ายที่อยู่บนสุดของลำต้นหลักยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร
R4 ระยะติดฝักเต็มที่ (Full pod stage)	ฝักที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อสุดท้ายที่อยู่บนสุดของลำต้นหลักยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร
R5 ระยะเริ่มติดเมล็ด (Beginning seed stage	ฝักที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อสุดท้ายที่อยู่บนสุดของลำต้นหลักยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร
R6 ระยะเมล็ดพัฒนาเต็มที่ (Beginning seed stage)	ฝักที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อสุดท้ายที่อยู่บนสุดของลำต้นหลักมีเมล็ดสีเขียว โตเต็มฝัก
R7 ระยะสุกแก่ (Beginning maturity stage)	ใดฝักหนึ่งในลำต้นหลัก เริ่มเปลี่ยนเป็นสีฟางข้าว
R8 ระยะสุกแก่เต็มที่ (Full maturity stage)	ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ของฝักเปลี่ยนเป็นสีฟางข้าว

ที่มา: (Fehr and Caviness, 1977 อ้างอิงใน อภิรดี ก.ศรีสุวรรณ,2551)

ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Factors affecting plant growth)

ในการเจริญเติบโตของพืชนั้น จะถูกควบคุมโดยปัจจัยใหญ่ๆ 2 อย่าง คือพันธุกรรม (genetic factor) ปัจจัยทางด้านพันธุกรรมนี้ เป็นตัวควบคุมขนาด รูปร่าง สีสัน การให้ผลผลิต ความต้านทานต่อโรคและแมลง ฯลฯ ของพืช การที่พืชจะสามารถเจริญเติบโตได้สูงสุดแค่ไหน หรือให้ผลผลิตได้สูงสุดเพียงใดนั้น จะถูกควบคุมโดยยีน(gene) ซึ่งอยู่บนโครโมโซมภายในเซลล์ จะเห็นได้ว่า ต้นข้าวโพดกับมะพร้าวนั้น แม้ว่าจะปลูกในดินชนิดเดียวกันและมีการปฏิบัติบำรุงรักษาเหมือนกันทุกอย่าง แต่พืชทั้งสองชนิดนี้ก็ไม่อาจเจริญเติบโตเท่าเทียมกันได้ ทั้งนี้เพราะพันธุกรรมของพืชทั้งสองนี้แตกต่างกัน ซึ่งทำให้ขนาดความสูงของลำต้นแตกต่างกันในการเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไปนั้น จะถึงขีดสูงสุดตามที่พันธุกรรมกำหนดไว้หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบๆต้นพืช หรืออาจกล่าวได้ว่า ขึ้นอยู่กับสภาพของ ดิน น้ำ อากาศ แสงแดด อุณหภูมิ ในพื้นที่นั้นๆ

สภาพแวดล้อม (Environment factors) สภาพแวดล้อมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปแล้วสภาพแวดล้อมมีขอบเขตที่กว้างขวางมาก เช่น

1. แสง (Light)

แสงเป็นตัวที่ให้พลังงานแก่พืชเพื่อใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งเป็นขบวนการที่ก่อให้เกิดแป้งและน้ำตาล นอกจากนั้น แสงยังมีบทบาทสำคัญในขบวนการต่างๆในพืชอีกหลายอย่าง เช่น การสังเคราะห์โปรตีน การคายน้ำ การควบคุมทิศทางในการเจริญเติบโตของพืช ฯลฯพืชแต่ละชนิดมีความต้องการแสงสำหรับการเจริญเติบโตในปริมาณมากน้อยแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของพืช แต่อย่างไรก็ตาม พืชส่วนใหญ่เป็นพวกที่ต้องการแสงมากในการเจริญเติบโต มีพืชเพียงไม่กี่ชนิดที่ต้องการแสงในการเจริญเติบโตน้อย เช่น หน้าวัว กล้วยไม้ เป็นต้น ผลการทดลองเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวสองฤดูคือ ฤดูฝนที่มีเมฆครึ้มอันเป็นเหตุที่ทำให้ความเข้มของแสงที่พืชได้รับจริงๆต่างกับฤดูแล้งที่มีความเข้มของแสงสูงกว่าปรากฏว่าผลผลิตของข้าวในฤดูแล้งโดยทั่วไปสูงกว่าฤดูฝน (ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, 2548) ปริมาณแสงที่พืชได้รับนั้น นอกจากจะมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ยังมีผลต่อการออกดอกของพืชหลายชนิด พืชบางชนิดจะออกดอกเมื่อความยาวในตอนกลางวันมากกว่ากลางคืน เราเรียกพืชชนิดนี้ว่า พืชวันยาว (long day) พวกนี้เรียกว่า พืชวันกลาง (day neutral plants)

2. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของดินและของบรรยากาศ มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชคือ อุณหภูมิเป็นตัวควบคุมขบวนการ metabolism ในพืช เช่น ขบวนการผลิตแป้ง ขบวนการให้พลังงานแก่พืช ขบวนการสร้างสารประกอบและขบวนการอื่นๆในพืช กล่าวคือ แต่ละขบวนการจะเกิดขึ้นได้ดีนั้น จะต้องมีอุณหภูมิที่พอเหมาะซึ่งโดยปกติจะอยู่ระหว่าง 15 – 40 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ขบวนการ metabolism ต่างๆจะเกิดได้ช้า ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงด้วย (ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, 2548) การศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิทั้งระดับที่สูงหรือต่ำเกินไปในพืช ทำให้พืชเกิดสภาวะเสียสมดุลพลังงานในเนื้อเยื่อ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง และโดยทั่วไปแล้วหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นกว่าระดับปกติ 10-15 องศาเซลเซียส สามารถทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของพืช เนื่องจากการเกิดสภาวะเนื้อเยื่อตาย (necrosis) (Jones, 1992) หรือภาวะเครียดจากอุณหภูมิ (temperaturestress) (Jones, 1992; ภาคภูมิ พระประเสริฐ, 2550) และยังส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์จนมีผลต่อการงอกของเมล็ด น้ำหนักมวลชีวภาพและการสร้างสารอาหารในเมล็ด (ภาคภูมิ พระประเสริฐ,2550) นอกจากนี้ อุณหภูมิสูงเกินไปพืชจะถูกเร่งกระบวนการดูดธาตุอาหารมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เพราะเป็นอัตราการเพิ่มการหายใจ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน

ระดับ 40 องศาเซลเซียส อัตราการดูดธาตุอาหารจะลดลง ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปส่งผลต่อการทำลายเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดธาตุอาหารเช่นกัน (ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2544)

อุณหภูมิของบรรยากาศและของดินมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนากระบวนการตรึงไนโตรเจน คุณภาพของเมล็ด ปริมาณโปรตีน และน้ำมัน และการเข้าทำลายของโรคและแมลง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดและการยืดตัวของ hypocotyle อยู่ประมาณ 30 องศาเซลเซียส การสังเคราะห์แสงอยู่ระหว่าง 25 – 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดสำหรับการงอกของเมล็ด คือ 5 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิดินที่สูงเกินไปจะมีผลทำให้ไรโซเบียมตายได้

3. ความชื้น (Moisture)

ความชื้นนับว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก เช่น ทำหน้าที่ละลายธาตุอาหารพืช ลำเลียงธาตุอาหารพืช ควบคุมอุณหภูมิของต้นพืช เป็นต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่า พืชจะขาดน้ำเสียไม่ได้ ถ้าพืชขาดน้ำจะแสดงอาการเหี่ยวเฉา ขบวนการต่างๆเกิดได้ช้า การเจริญเติบโตหยุดชะงัก และอาจตายในที่สุด

4. แก๊สในดินและในบรรยากาศ

แก๊สในดินและในบรรยากาศมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายแง่ด้วยกัน เช่น แก๊สออกซิเจนในดิน เป็นแก๊สที่จำเป็นต่อการหายใจของพืชเป็นอย่างยิ่ง เพราะการที่พืชจะเจริญเติบโตและดูดธาตุอาหารได้นั้น จะต้องได้รับพลังงานจากขบวนการหายใจ ดังนั้นในดินที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอการเจริญเติบโตของรากพืชจะถูกจำกัด ซึ่งจะมีผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้นสำหรับในบรรยากาศ ออกซิเจน (O_2) จะมีความจำเป็นต่อการหายใจของเซลล์พืชส่วนที่อยู่เหนือดินขึ้นมา และโดยปกติพืชจะไม่ค่อยขาด เนื่องจากในบรรยากาศมีแก๊สนี้อยู่ทั่วไป แก๊สในบรรยากาศที่นับว่ามีความสำคัญมากในขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งในสถานที่ต่างๆกัน จะมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากน้อยต่างกัน โดยทั่วไปบรรยากาศในเมือง จะมีคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าบรรยากาศในป่าทึบ พืชที่ขึ้นในบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง ควรจะสร้างแป้งและน้ำตาลได้มากกว่าพืชที่ขึ้นในบริเวณที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ ในดินและในบรรยากาศบางครั้งอาจจะมีแก๊สพิษเกิดขึ้น เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) มีเทน (CH_4) หรือ แก๊สอะเซททิลิน (C_2H_2) ซึ่งเกิดจากขบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอแก๊สที่เกิดขึ้นนี้จะมีพิษต่อรากพืชเป็นอย่างยิ่ง คือ ทำให้รากพืชไม่สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆได้ สำหรับในบรรยากาศ โดยเฉพาะในแหล่งชุมชนและย่านอุตสาหกรรมจะมีแก๊สบางชนิดเกิดขึ้น เช่น แก๊สคาร์บอนโมนอกไซด์ (CO) ไนตริคออกไซด์ (NO) จากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งแก๊สดังกล่าวมีส่วนทำให้ขบวนการที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชในส่วนที่อยู่เหนือดินช้าลงหรือหยุดชะงักได้ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าแก๊สในดินและในบรรยากาศ จะมีส่วนในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชด้วย

5. ปฏิกิริยาของดิน (Soil reaction)

ความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชโดยที่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะเป็นตัวควบคุมระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน ถ้าดินนั้นมีระดับความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสม จะมีธาตุอาหารละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มาก โดยทั่วไปธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่จะละลายเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากเมื่อดินมีค่า pH ระหว่าง 6.5 - 7.5 (ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, 2548) ในดินที่เป็นกรดจัดหรือเป็นด่างจัดนั้น ไม่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของพืช และนอกจากนั้นยังอาจทำให้สารพิษบางอย่างละลายออกมาอยู่ในดินมากขึ้นด้วย

6. ศัตรูพืช

ศัตรูพืชมี 3 ชนิด คือ โรค แมลง และวัชพืช ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ ถ้าพืชได้รับการรบกวนจากศัตรูพืชดังกล่าวอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายๆอย่าง ก็จะทำให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชลดลง

7. สารพิษ

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า แก๊สบางชนิดอาจจะเป็นพิษต่อพืชได้ คืออาจทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตหรือตายได้ นอกจากนั้นยังมีสารประกอบบางชนิดซึ่งอาจเป็นพิษหรือทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตและอาจทำให้พืชถึงตายได้ ยกตัวอย่างเช่น กรดอินทรีย์ซึ่งเกิดจากการเน่าเปื่อยของเศษพืช โดยเฉพาะเศษพืชสดๆที่เน่าเปื่อยในสภาพที่มีน้ำขังหรืออากาศถ่ายเทไม่สะดวกนั้น จะทำให้เกิดกรดอินทรีย์ขึ้นและกรดนี้จะเป็นพิษต่อรากพืชโดยตรงคือทำให้รากพืชลดความสามารถในการดูดน้ำและธาตุอาหารจากดิน นอกจากนั้นการที่ดินมีเกลือสะสมอยู่มาก เช่นเกลือของธาตุ แคลเซียม (Ca) โซเดียม (Na) รวมทั้งการที่มีธาตุเหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ละลายอยู่ในดินจำนวนมากๆ จะมีผลต่อการดูดน้ำและธาตุอาหารของพืชโดยตรงคือทำให้รากพืชดูดน้ำและธาตุอาหารพืชได้น้อยลง จึงทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง

8. ธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืชมีความสำคัญต่อพืชเช่นเดียวกับที่อาหารมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทั่วๆไป กล่าวคือ ถ้าพืชได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นครบทุกธาตุและในสัดส่วนที่เหมาะสม พืชก็จะมีการเจริญเติบโตได้ดี แต่ในทางตรงข้าม ถ้าพืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอหรืออยู่ในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมแล้ว ก็จะแสดงอาการผิดปกติหรือการเจริญเติบโตชะงักงันและอาจถึงตายในที่สุดในบรรดาปัจจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่กล่าวมาทั้ง 8 อย่างนี้ อาจแบ่งได้เป็น 2 พวก คือ

1. Positive factors หมายถึงปัจจัยที่พืชจะต้องมี กล่าวคือ ถ้าพืชได้รับปัจจัยเหล่านี้ในปริมาณมากหรือได้สัดส่วน จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดีขึ้น ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ปฏิกิริยาของดิน ความชื้น แก๊สในดินและในบรรยากาศ ธาตุอาหารพืช

2. Negative factors หมายถึงปัจจัยที่พืชจะต้องไม่มี กล่าวคือ ถ้าพืชได้รับปัจจัยชนิดนี้มากจะทำให้การเจริญเติบโตลดลง ปัจจัยดังกล่าวนี้ได้แก่ ศัตรูพืช และ สารพิษต่างๆ

องค์ประกอบผลผลิต

ผลผลิตของพืชมักจะมีการประเมินเมื่อตอนเก็บเกี่ยว ทั้งที่จริงแล้วผลผลิตของพืชแต่ละชนิดนั้นเป็นผลของการเจริญเติบโตและพัฒนาการจากส่วนของพืชที่เป็นหน่วยที่ให้ผลผลิต เช่น รวง ฝัก ดอก เมล็ด ฯลฯ มาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่พืชเริ่มงอกแล้ว ดังนั้นหากสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติหรือการจัดการในการเพาะปลูกไม่เหมาะสมเกิดขึ้นในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งในระหว่างที่พืชมีการเจริญเติบโตและพัฒนาส่วนขององค์ประกอบผลผลิตนั้น ๆ แล้วย่อมจะส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตที่เก็บเกี่ยวในขั้นสุดท้ายได้

การหาค่าองค์ประกอบผลผลิต

การเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตส่วนใหญ่จะใช้น้ำหนักของผลผลิต (หน่วยเป็นกรัม กิโลกรัม) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ปลูก (ตารางเมตร ไร่ เฮคตาร์ เป็นต้น) และสามารถจะแยกออกมาเป็นผลคูณขององค์ประกอบผลผลิตเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความแปรปรวนของผลผลิตได้ ในทางปฏิบัติผู้ศึกษาสามารถ

จะกำหนดองค์ประกอบผลผลิตของพืชได้หลายลักษณะแล้วแต่ว่าต้องการศึกษาในรายละเอียดมากน้อยเพียงใด แต่โดยทั่วไปที่นิยมใช้ศึกษาทางพืชไร่มีดังต่อไปนี้คือ

โดยที่ ก, ข, ค และ ง เป็นส่วนขององค์ประกอบผลผลิตกล่าวคือ

ผลผลิต (หน่วยน้ำหนักต่อพื้นที่)=กxขxคxง

ก = จำนวนต้นต่อพื้นที่

ข = จำนวนหน่วยที่ให้ผลผลิต (รวง ฝัก) ต่อต้น

ค = จำนวนเมล็ดต่อหน่วยที่ให้ผลผลิต (รวง ฝัก)

ง = น้ำหนักเฉลี่ยหนึ่งเมล็ด (มักเฉลี่ยจากน้ำหนัก 100 หรือ 1000 เมล็ด)

ตัวอย่าง

ผลผลิต (กก./ไร่) = (จำนวนต้น / ไร่) x (จำนวนฝัก / ต้น) x (จำนวนเมล็ด / ฝัก) x (น้ำหนักเฉลี่ยหนึ่งร้อยเมล็ด (กรัม) $x10^{-3}$)

239กก. /ไร่ = 1200 x 468 x 2.3 x 0.185 (กรัม x 10^{-3})

ที่มา: (นัฐภัทร์ คำหล้า (2546), Chad Lee et al. (2005), คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

(หมายเหตุ ในทางปฏิบัติจำนวนต้นต่อไร่จะคิดจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง เช่น หนึ่งตารางเมตร แล้วเทียบเป็นพื้นที่หนึ่งไร่ และน้ำหนักเฉลี่ยหนึ่งเมล็ดนั้นได้จากค่าเฉลี่ยจาก 100 เมล็ดหรือ 1000 เมล็ด หน่วยน้ำหนักเป็นกรัม แล้วเทียบเป็นกิโลกรัม โดยคูณด้วย 10^{-3})

ความสำคัญของการศึกษาองค์ประกอบผลผลิต

1. สามารถที่จะใช้ศึกษาเปรียบเทียบถึงสาเหตุของความแปรปรวนของผลผลิตที่ได้ว่ามีสาเหตุจากความแปรปรวนขององค์ประกอบผลผลิตใด การศึกษาในลักษณะนี้มักจะใช้การหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิตโดยวิธีการ regression analysis

2. สามารถจะศึกษาถึงสาเหตุของความแปรปรวนขององค์ประกอบผลผลิตแต่ละอย่างได้ ซึ่งหลักๆ แล้วประมวลได้จากสาเหตุดังต่อไปนี้

(ก) ความแปรปรวนของจำนวนต้นต่อพื้นที่ มีสาเหตุมาจาก

- คุณภาพของเมล็ด (ความไม่สมบูรณ์ของเมล็ด มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำ)
- อัตราเมล็ดที่ใช้ในการปลูก
- ความสามารถในการงอกของเมล็ด เช่นปลูกลึกเกินไป โครงสร้างดินจากการไถพรวน ดิน แน่นเกินไป เกิดสภาพน้ำท่วมหรือขาดน้ำ (วันปลูกไม่เหมาะสม) เป็นต้น
- เกิดจากการทำลายของศัตรูพืช เช่น โรคแมลงและศัตรูพืชอื่น ๆ การแข่งขันกับวัชพืช
- เกิดจากความเสียหายจากการปฏิบัติเช่น จากเครื่องมือเกษตรกรรมต่าง ๆ สารเคมีต่าง ๆ และความแปรปรวนของภูมิอากาศ การปลูกไม่สม่ำเสมอ

(ข) ความแปรปรวนของจำนวนรวงหรือฝักต่อต้น มีสาเหตุมาจาก

- ความสามารถที่กำหนดโดยทางพันธุกรรมของพันธุ์ เช่น ในธัญพืชความสามารถในการแตกกอ (แขนงหรือหน่อ) ในพืชตระกูลถั่ว จำนวนข้อและฝักต่อข้อเป็นต้น
- สภาพภูมิอากาศแปรปรวน (น้ำ แสง อุณหภูมิ ความยาวช่วงวัน เป็นต้น)
- การทำลายของศัตรูพืชได้แก่ โรค แมลง ศัตรูต่าง ๆ การแข่งขันจากวัชพืช
- ระดับแร่ธาตุอาหารในดิน

(ค) ความแปรปรวนของจำนวนเมล็ดต่อฝักหรือรวง มีสาเหตุมาจาก

- ศักยภาพทางพันธุกรรมของพันธุ์: ความยาวของฝักหรือรวง จำนวนดอก จำนวนดอกย่อย (florets) ในธัญพืช
- สภาพภูมิอากาศที่เอื้อต่อการพัฒนาของฝักหรือรวง ดอก และการผสมเกสร
- ระดับธาตุอาหารในดินในจังหวะที่พอดีกับความต้องการของเมล็ดในการเจริญเติบโต
- พื้นที่ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงเช่น ใบ และส่วนสีเขียวอื่น ๆ ถูกทำลายในช่วงการพัฒนาการของรวง ฝัก ดอก ดอกย่อย ทำให้เกิดความไม่สมบูรณ์ขององค์ประกอบขึ้น
- การทำลายของศัตรูพืชและการแข่งขันในปัจจัยการเจริญเติบโตจากวัชพืช

(ง) ความแปรปรวนของน้ำหนัก 1000 เมล็ด มีสาเหตุมาจาก

- ขนาดและระยะเวลาการสร้างอาหาร (สังเคราะห์แสง) และความสามารถในการเคลื่อนย้ายสารอาหาร (assimilate) ไปยังเมล็ด
- ความสามารถและระยะเวลาการ form ของเมล็ด
- สภาพความเหมาะสมของภูมิอากาศ แร่ธาตุอาหาร ในระยะที่มีการสะสมน้ำหนักในเมล็ด (grain filling period)
- การทำลายของศัตรูพืช เช่น โรคและแมลง เช่น ทำลายใบพืช ดูดน้ำเลี้ยง เจาะกินเมล็ดโดยแมลง เป็นต้น

สภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตอาหารโลก

นักวิทยาศาสตร์จากเวทีการประชุมนานาชาติว่าด้วยพืชอาหารและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Meeting on Food Crop in changing Climate) หวั่นวิตกว่าการผลิตพืชอาหารทั่วโลกไม่ว่าจะเป็น ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด ถั่วเหลืองกำลังได้รับผลกระทบจากภาวะอากาศที่แปรปรวน จากภาวะโลกร้อนที่กำลังทวีความรุนแรงมากขึ้น อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเรือนกระจกจากก๊าซคาร์บอนมอนน็อกไซด์ จะเห็นได้ว่าปัจจุบันอากาศร้อนมากขึ้น และฤดูแล้งยาวนานมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการผลิตพืชอาหารทั่วโลก ทั้งนี้ หลายประเทศในแถบเอเชียและอัฟริกากำลังเผชิญปัญหาความแห้งแล้ง ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาลมาเป็นเวลานาน อันทำพืชผลที่ปลูกแล้งตายไปเป็นจำนวนมาก จากรายงานการวิจัยในอังกฤษและเดนมาร์กระบุว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นเพียงแค่สองถึงสามวันก็มีผลทำให้ผลผลิต ข้าวสาลี ถั่วเหลือง และถั่วลิสง ลดลง แม้ว่าตัวเลขผลผลิตอาหารจะแสดงถึงความมั่นคงทางอาหารโดยรวมของโลก แต่ข้อมูลระดับพื้นที่อาจแตกต่างอย่างไรก็ตาม สภาวการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบจากโลกร้อนเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบ เช่น การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลส่งผลต่อพื้นที่การปลูกพืชในที่ลุ่มบริเวณแถบชายฝั่งทะเลในบังคลาเทศและอียิปต์ ในขณะที่ความร้อนที่เพิ่มขึ้นในประเทศแถบอัฟริกาใต้ซาฮาราส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลงในประเทศไทย ภาวะโลกร้อนกำลังส่งผลกระทบต่ออากาศที่ร้อนขึ้นภาวะความแห้งแล้งฝนไม่ตกเป็นเวลาต่อเนื่องยาวนานในฤดูกาลที่ผ่านมาทั้งในภาคอีสานและภาคเหนือ ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลง และแม้ว่าผลผลิตข้าวโดยรวมจะยังมีปริมาณเพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ แต่การเตรียมตัวรับมือกับภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงของสภาพดินฟ้าอากาศถือเป็นเรื่องจำเป็น แต่ดูเหมือนว่าประเทศไทยยังไม่มีมาตรการใดๆต่อเรื่องดังกล่าว บ่อยครั้งที่เรามักจะปล่อยให้เกิดวิกฤติเสียก่อนจึงค่อยระดมหาวิธีการป้องกันและบ่อยครั้งที่เราปล่อยสถานการณ์ให้เป็นไปจนกลายเป็นเรื่องสายเกินไป (มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน (ประเทศไทย), มิถุนายน, 2548)

สถานการณ์การผลิต

ถั่วเหลืองเป็นพืชการเกษตรที่สำคัญประเภทหนึ่ง ซึ่งเติบโตและมีผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพภายใต้การปลูกในช่วงอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส (Whigham,1983) ประเทศไทยในแถบภาคเหนือ

และตะวันออกเฉียงเหนือ เนื้อที่เพาะปลูกลดลงจากปีที่ผ่านมาทั้งถั่วเหลืองรุ่น 1 และรุ่น 2 โดยเฉพาะในแหล่งผลิตสำคัญ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน แพร่ เลย ขอนแก่น และชัยภูมิ สาเหตุเพราะเกษตรกรขาดแคลนเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ดีสำหรับปลูก นอกจากนี้เกษตรกรประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานเก็บเกี่ยว และขาดการพัฒนาเทคโนโลยีที่ช่วยให้การเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองทำได้ง่ายขึ้น ทำให้ผลตอบแทนต่ำกว่าพืชแข่งขันอื่น เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวนาปรัง อ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง ซึ่งดูแลง่ายและให้ผลตอบแทนสูงกว่า แม้ว่าราคาถั่วเหลืองปีนี้จะสูงกว่าปีที่ผ่านมา แต่ยังไม่จูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกจากสาเหตุดังกล่าว ภาคกลางเนื้อที่เพาะปลูกลดลง ถั่วเหลืองรุ่น 1 เกษตรกรปรับเปลี่ยนไปปลูกข้าวโพดหวาน และบางส่วนยังเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองทั้งต้นเพื่อนำไปขายเพื่อบริโภคเป็นถั่วแระเพิ่มขึ้น สาหรับถั่วเหลืองรุ่น 2 เกษตรกรเลือกทำนาปรังเพิ่มขึ้นจากแรงจูงใจของโครงการรับจำนำข้าวแทนการปลูกถั่วเหลือง

สำหรับผลผลิตต่อไร่ คาดว่าเพิ่มขึ้นหากสภาพภูมิอากาศเอื้ออำนวย และปริมาณน้ำเพียงพอต่อการเพาะปลูกแต่ในอนาคตคาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกอาจเพิ่มขึ้น โดย Stott *et al.* (2006) ได้ระบุผลการศึกษาว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกจะเพิ่มขึ้นถึง 3.4-3.8 องศาเซลเซียสในศตวรรษหน้า และรายงานฉบับที่ 4 ของ IPCC (AR 4) ระบุว่า ในศตวรรษที่ผ่านมา (ค.ศ. 1906-2005) อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกจะเพิ่มขึ้น 0.74 (0.56-0.92) องศาเซลเซียส และคาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1-3 องศาเซลเซียสในอนาคต (IPCC, 2007) ส่งผลต่อแนวโน้มปัญหาการลดลงของผลผลิตทางการเกษตรของโลก ซึ่งนำไปสู่ปัญหาความเสี่ยงในการขาดแคลนอาหารในอนาคต (IPCC, 2007) โดยเฉพาะประเทศที่มีความยากจน เช่น ประเทศในแถบอัฟริกา จะมีปัญหาหาการขาดแคลนอาหารอย่างแน่นอน

สภาวะอากาศของประเทศไทยในปี 2554 มี ความผันแปรผิดไปจากปกติมาก คือในช่วงฤดูร้อนอากาศไม่ร้อนมากนัก อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเดือนมีนาคม ถึงพฤษภาคมต่ำกว่าค่าปกติและหลายพื้นที่มีอุณหภูมิต่ำสุดต่ำกว่าสถิติเดิมที่เคยตรวจวัดได้ นอกจากนี้ยังมีฝนปริมาณมากผิดปกติ จากฝนที่ตกชุกหนาแน่นในช่วงฤดูร้อน โดยเฉพาะในเดือนมีนาคม (ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554) และในปี พ.ศ.2555 พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีและรายเดือนทุกเดือนสูงกว่าค่าปกติ โดยเฉพาะ ในช่วงฤดูหนาวปลายปีที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส และหลายพื้นที่มีอุณหภูมิสูงสุดสูงกว่าสถิติเดิมที่เคยตรวจวัดได้ (ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2555) ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งได้พยากรณ์แนวโน้มขอระดับการเพิ่มระดับอุณหภูมิในบรรยากาศในเขตภาคเหนือในอนาคต โดยอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 4-5 องศาเซลเซียส รวมทั้งการแสดงผลพยากรณ์ความแปรปรวนทางด้านสภาวะภูมิอากาศในปัจจัยอื่นๆที่มีแนวโน้มความแปรปรวนมากขึ้นเช่นกัน และการศึกษาในแถบเอเชีย อาทิเช่น จีน อินเดีย และประเทศไทย พบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และสภาวะอากาศแปรปรวนไม่แน่นอน รวมทั้งการเกิดสภาวะโลกร้อน สงผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการลดลงของผลผลิตและคุณภาพของสารอาหารของธัญพืชหลักของโลกหลายชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวหอมมะลิไทยถั่วเหลืองพันธุ์ของอินเดีย และถั่วเหลืองพันธุ์ของประเทศไทย (Lal et al., 1999, Jacobson, 2002; Prasad et al., 2006 Kanita and Orose, 2011; กณิตา ธนเจริญชณภาส และโอรส รักชาติ, 2551; กณิตา ธนเจริญชณภาส และโอรส รักชาติ, 2552, นเรศ ขำเจริญ, 2553; นรีลักษณ์ และคณะ, 2553; กณิตา และคณะ, 2554) และจากการศึกษาในเชิงสรีรวิทยา พบว่าถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลกที่มีความไวต่อการตอบสนนองในทางลบต่อสภาวะอุณหภูมิสูงและแปรปรวนต่อการเปลี่ยนแปลงต่อคุณภาพในบรรยากาศเป็นอย่างยิ่ง (Mller et al., 1994; Salvucci and crafts-Brandner, 2004; Mall et al., 2004; Kanita and Orose, 2001; กณิตา และคณะ,2554)

สารประกอบของธาตุอาหารในดิน

เมื่อพิจารณารูปของสารประกอบธาตุอาหารในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. สารที่องค์ประกอบซับซ้อน ซึ่งเป็นรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที (Latively unavailable form) ได้แก่ สารที่มีโมเลกุลใหญ่ โครงสร้างของโมเลกุลสลับซับซ้อน และอะตอมของธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบเกาะกันแน่น ทำให้ละลายน้ำได้ยาก เช่น หิน แร่ ซึ่งเป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน ตลอดจนอินทรียสารโมเลกุลขนาดใหญ่ทั้งหลาย

2. รูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที (Readily available form) ได้แก่ สารประกอบที่อาจแตกตัวเป็นไอออนได้ง่าย ซึ่งส่วนนี้อยู่ในสาระลายดินกับไอออน ที่ดูดซับอยู่กับผิวดินของคอลลอยด์ดิน

โดยทั่วไปสารประกอบของธาตุอาหารที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อน จะมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติโดยกระบวนการทางเคมีหรือชีวเคมี ให้กลายมาอยู่ในรูปที่ง่ายต่อการดูดของพืช อย่างไรก็ตามกระบวนการที่ผันกลับทำให้สารที่ละลายง่ายกลายเป็นสารที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อนยิ่งขึ้นก็เกิดขึ้นได้ เช่น แอมโมเนียมหรือไนเตรทไอออนมาเป็นโปรตีน จากโมโนแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งละลายง่ายมาเป็นเหล็ก หรืออลูมินัมฟอสเฟต ซึ่งละลายได้ยาก

ธาตุอาหารของพืช

กิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งของสิ่งมีชีวิต คือเซลล์สามารถ รับเอาสารบางชนิดซึ่งเป็นอาหาร (Nutrients) จากสิ่งแวดล้อม เข้าไปใช้ในการสังเคราะห์องค์ประกอบของเซลล์และสารที่ให้พลังงานสำหรับกระบวนการรับอาหาร ลำเลียงและใช้ที่อวัยวะต่างๆ เรียกว่า โภชนาการ (Nutrition) อาหารของพืชสีเขียวนั้นเป็นอนินทรีย์สารซึ่งประกอบด้วยธาตุต่างๆ สารเหล่านี้ได้มาจากอากาศ น้ำ และดิน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (มีธาตุคาร์บอนและออกซิเจน) ไนเตรทไอออน (มีธาตุไนโตรเจน) และฟอสเฟตไอออน (มีธาตุฟอสฟอรัส) เป็นต้น จึงเรียกอาหารของพืชสีเขียวให้แตกต่างไปจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆว่า ธาตุอาหารของพืช (Minerral plant nutrition)

หน้าที่ของธาตุอาหารในพืช

พืชต้องการธาตุอาหารชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และเพื่อให้กิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตเป็นไปได้ด้วยดี ธาตุอาหารเหล่านี้จึงเป็นส่วนสำคัญที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งในด้านต่างๆ เช่น พลังงาน กระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ และกระบวนการสร้างเซลล์ หน้าที่โดยทั่วไปของธาตุอาหาร

1. ทำหน้าที่เกี่ยวกับเคมีไฟฟ้า (Electrochemical) ธาตุที่ทำหน้าที่นี้ต้องทำอยู่ในรูปของสารละลายเป็นไอออนอิสระ ความเข้มข้นแตกต่างออกไปจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น Ca^{2+} Cl^{-} K^{+} Mg^{2+}ทำหน้าที่ทางเคมีไฟฟ้า การทำให้อนุภาคของคอลลอยด์มีประจุไฟฟ้าสูงเสถียรภาพและทำให้ประจุของโมเลกุลเป็นกลาง เช่น กรดนิวคลีอิก สารเพกทิน (Pectin) ซึ่งจัดว่าเป็นโครงสร้างที่สำคัญของเซลล์

2. มีหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมี เพราะว่าธาตุอาหารแทบทุกธาตุทั้งมหาธาตุและจุลธาตุจะทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีในเซลล์ โดยการทำเป็นตัวคะตะลิสต์ของเอนไซม์

3. เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของเซลล์ หน้าที่ของธาตุทั้งหลาย เช่น ไนโตรเจน กำมะถัน เป็นองค์ประกอบของโปรตีน ฟอสฟอรัส ในกรดนิวคลีอิก และฟอสฟอลิพิด

4. เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึม และเป็นแหล่งสร้างพลังงาน ATP ที่มีฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ

5. ธาตุบางชนิด เช่น แมงกานีส เหล็ก สังกะสี ทองแดง โคบอลล์ จะทำหน้าที่ในปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในเซลล์

6 .โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม มีหน้าที่ในการเร่งการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารภายในเซลล์

7. เป็นองค์ประกอบโครงสร้างของเซลล์ เช่น คาร์บอน กำมะถัน เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ไซโทพลาสซึม ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ เป็นองค์ประกอบของโปรตีน ส่วนไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิกและฟอสฟอลิผิด

ปริมาณของธาตุอาหารในดิน

ดินทั่วๆไปมีสมบัติทางเคมีแตกต่างกันอย่างมาก เมื่อพิจารณาเฉพาะด้านธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในดิน โดยใช้พิสัยของปริมาณธาตุต่างๆ ที่เป็นผลมาจากการวิเคราะห์ดินบนจากแถบอบอุ่น พบว่าพิสัยของปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 1-3% ดินน้อยชนิดที่จะมีปริมาณสูงกว่านี้ ทั้งนี้เพราะอินทรียวัตถุสลายตัวได้รวดเร็ว โดยเฉพาะในแถบชุ่มชื้นและอุณหภูมิสูงอย่างในเขตร้อนทั่วไป เมื่ออินทรียวัตถุ (มีไนโตรเจนประมาณร้อยละ 5) สลายตัวจะให้สารประกอบไนโตรเจน ดังนั้นดินที่มีอินทรียวัตถุ 1-3% จึงให้ธาตุไนโตรเจนน้อยถึงปานกลาง

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีของดินบนในแถบอบอุ่น

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์
อินทรียวัตถุ (%)	0.40 – 10.00
ไนโตรเจน (%N)	0.02 – 0.50
ฟอสฟอรัส (%P_2O_5)	0.02 – 0.40
โพแทสเซียม (%K_2O)	0.26– 4.00
แคลเซียม (%CaO)	0.10 – 5.00
แมกนีเซียม (%MgO)	0.20 – 2.50
กำมะถัน (%So3)	0.02 – 0.50
เหล็ก (ppm Fe^+)	500 - 5000
แมงกานีส (ppm Mn)	20 - 1000
สังกะสี (ppm Zn)	1 - 25
โบรอน (ppm B)	0.5 – 15
ทองแดง (ppm Cu)	0.5 – 15
โมลิปดินัม (ppm Mo)	0.02 – 0.5
คลอรีน (ppm Cl	1 – 100

ที่มา: ชวนพิศ แดงสวัสดิ์ (2542)

หมายเหตุ 1 ppm = 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาผลของระดับอุณหภูมิและที่แตกต่างกันที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและผลผลิตของถั่วเหลืองในครั้งนี้ดำเนินการตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ โดยครอบคลุมขอบเขตของการใช้พื้นที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

พื้นที่การวิจัย

1. พื้นที่: แปลงเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

2. ห้องปฏิบัติการภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน
2. เครื่อง Spectrophotometer
3. เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer
4. เครื่องชั่ง (balance)
5. ตู้ดูดสารเคมี (Fume Hood)
6. เครื่องเขย่าสาร
7. Hot plate
8. Erlenmeyer flask
9. Volumetric flask
10. Buret
11. ขาตั้ง Buret
12. Digestion tubes
13. Digestion block

การเก็บรวมรวมข้อมูล

1. การควบคุมสภาวะปัจจัยระดับอุณหภูมิและที่แตกต่างกัน

1.1 Open Top Chamber (OTC)

ในการวิจัยจะสร้างสภาวะสถานการณ์อุณหภูมิที่แตกต่างกันโดยใช้โรงเรือนขนาดเล็กทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เมตร สูง 2 เมตร แต่เพิ่มขนาดให้ใหญ่ขึ้น จำนวน 16 (ภาพ 1) ลักษณะของ Open Top Chamber คลุมด้วยพลาสติกใสรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 1.5 x 1.5 สูง 2 เมตรมีหลังคาด้านบนหุ้มด้วยพลาสติกใสเพื่อกันน้ำฝน (เพื่อการควบคุมการได้รับน้ำ)

1.2 การสร้างสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน สลับระหว่างสภาวะอุณหภูมิสูงและสภาวะอุณหภูมิเทียบเท่าธรรมชาติ (อุณหภูมิเฉลี่ย 34 °C)

ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะเกิดขึ้นโดยการติดตั้งหลอดไฟ เพื่อเพิ่มคลื่นความร้อนในตู้ทดลอง ซึ่งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิภายในให้สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพระดับภายนอก; สร้างสภาวะภูมิอากาศบางประการที่แตกต่างกัน โดยการสร้างระดับอุณหภูมิสูงสลับกับสภาวะอุณหภูมิปกติ

10วัน: 4วัน

สลับกันตลอดระยะเวลาการปลูกจนถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 90 วันซึ่งทำให้เกิดสภาวะอุณหภูมิสูงประมาณ 70 % ของระยะเวลาปลูก

1.3 การสร้างสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน สลับระหว่างสภาวะอุณหภูมิต่ำและสภาวะอุณหภูมิเทียบเท่าธรรมชาติ (อุณหภูมิเฉลี่ย 25 °C)

ควบคุมโดยการใช้ระบบเครื่องทำความเย็นและส่งอากาศผ่านท่อส่งอากาศ 4 ตู้ทดลองโดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม; สร้างสภาวะภูมิอากาศบางประการที่แตกต่างกัน โดยการสร้างระดับอุณหภูมิต่ำสลับกับสภาวะอุณหภูมิปกติ

10วัน: 4วัน

สลับกันตลอดระยะเวลาการปลูกจนถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว ประมาณ 90 วัน ซึ่งทำให้เกิดสภาวะอุณหภูมิต่ำประมาณ 70 % ของระยะเวลาปลูก

1.4 การสร้างตู้ทดลองเป็นชุดควบคุม

ปลูกถั่วเหลืองในตู้ทดลองเช่นเดียวกัน แต่ ปล่อยให้อากาศไหลเข้าและออกตามธรรมชาติโดยไม่ได้ควบคุมระดับอุณหภูมิ และความชื้น เพื่อให้เป็นตู้ที่มีสภาวะเทียบเท่ากับธรรมชาติมากที่สุด กำหนดเป็นชุดควบคุม (อุณหภูมิเฉลี่ย 31 °C)

กำหนดให้ทุกตู้ทดลองเปิดระบบควบคุมอุณหภูมิ 7 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลา 9: 00 - 16: 00 น. ตลอดระยะเวลาการปลูก จนถึงระยะเก็บเกี่ยว

ภาพ 1 ลักษณะของ Open Top Chamber (OTC)

2. การวางแผนการทดลอง

กำหนดวางแผนการทดลองในหน่วยการทดลองเป็นแบบ Random Completed Block Design (RCBD) 4 replications สำหรับ 3 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ โดยการกำหนดสิ่งทดลองดังกล่าวขึ้นกับปัจจัย 3 ลักษณะ ดังแสดงในหัวข้อวิธีการการเก็บรวบรวมข้อมูลหัวข้อที่ 1

3. การจัดการการปลูกถั่วเหลือง

3.1 พันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้วิจัย

ถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60

3.2 การปลูกถั่วเหลือง

เริ่มปลูกถั่วเหลืองกลางเดือนกรกฎาคม 2556 โดยการใช้แปลงวิจัย ซึ่งกำหนดให้มีระยะห่างระหว่างแถว และ หลุม เท่ากับ 40 x 20 เซนติเมตร โดยใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองก้นหลุมก่อนปลูก 1 วัน

4. การเก็บข้อมูลปริมาณธาตุอาหารหลักในดินและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60

4.1 ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในดิน มีดังนี้

1.ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด

2. ธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (ไนเตรท และ แอมโมเนียม)

3. ธาตุโพแทสเซียม

4. ธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ปริมาณสารประกอบโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน)

ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โดยวิเคราะห์ดินในระยะก่อนปลูกถั่วเหลือง และวิเคราะห์ดินในช่วงที่ถั่วเหลืองอยู่ในระยะ R5 (Chengwei *et al.*, 2005) การวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนใช้วิธีการของ Kjeldahl method วิเคราะห์หาธาตุโพแทสเซียมใช้วิธี Atomic Absorption Spertrophotometer และวิเคราะห์หาธาตุฟอสฟอรัสใช้วิธี น้ำยาสกัดของ Bray II และวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer

4.2 องค์ประกอบผลผลิต ได้แก่

1.จำนวนเมล็ดต่อฝัก

2. จำนวนฝักต่อต้น

3. จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อต้น

4. น้ำหนัก 100 เมล็ด (เพื่อเฉลี่ยน้ำหนัก 1 เมล็ด)

(ประยุกต์จาก นัฐภัทร์ คำหล้า (2546) และ (Chod Lee et.al. (2005))

5. การประเมินผลผลิตทั้งหมด / ไร่ในพื้นที่วิจัย

ข้อมูลการคำนวณผลผลิตทั้งหมด / ไร่ วิธีการจาก ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คำนวณจากสูตรดังนี้

สูตรคำนวณ ผลผลิต (Kg/Rai)

ผลผลิต (กก./ไร่) = (จำนวนต้น / ไร่) x (จำนวนฝัก / ต้น) x (จำนวนเมล็ด / ฝัก) x (น้ำหนักเฉลี่ยหนึ่งเมล็ด (กรัม) $\times 10^{-3}$)

(หมายเหตุ จำนวนต้นต่อไร่ คิดจากพื้นที่เก็บตัวอย่าง เช่น 1 ตารางเมตร และเทียบเป็นพื้นที่ไร่ น้ำหนักเฉลี่ยต่อ 1 เมล็ดให้คิดน้ำหนักเป็นกรัมต่อ1 เมล็ด และเทียบเป็นกิโลกรัมโดย x 10^{-3})

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเลือกใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่าง 3 สิ่งทดลอง แบบ F-Test และเลือกการวิเคราะห์แบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) และเลือกวิธี Duncan s New Multiple Range Test (DMRT) ทดลองเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทุกกลุ่มทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) โดยทำการศึกษาตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

1. ปัจจัยของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศ
   1.1 ระดับอุณหภูมิเฉลี่ย
2. ปัจจัยของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลือง
   2.1 ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด
   2.2 ธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์
   2.3 ธาตุโพแทสเซียม
   2.4 ธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์
3. ปัจจัยของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง
   3.1 ปริมาณฝักต่อต้น
   3.2 ปริมาณเมล็ดทั้งหมดต่อต้น
   3.3 ปริมาณเมล็ดต่อฝัก
   3.4 น้ำหนัก 100 เมล็ด
   3.5 ผลผลิตต่อไร่

จากการวางแผนการวิจัยศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้นของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยศึกษาในระดับอุณหภูมิที่แตกต่าง 3 ระดับ ทั้ง 3 สิ่งทดลอง คือ

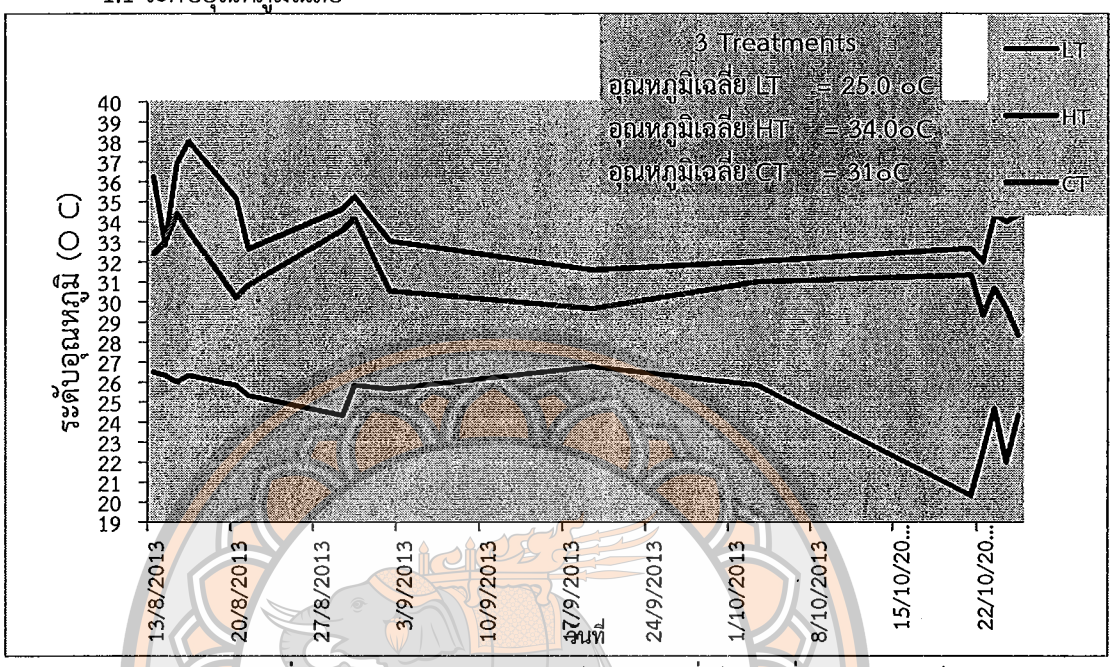
สิ่งทดลอง LT (Low Air Temperature) ควบคุมให้ต่ำกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย

สิ่งทดลอง HT (Higher Air Temperature) ควบคุมให้สูงกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย

สิ่งทดลอง CT (Control Air Temperature) ควบคุมให้ใกล้เคียงกับระดับอุณหภูมิธรรมชาติภายนอกตู้ทดลองระหว่างการวิจัย

1. ปัจจัยของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศ

1.1 ระดับอุณหภูมิเฉลี่ย



ภาพ 2 ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละวันภายใน 3 ตู้ทดลอง ที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

จากการศึกษาผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) โดยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ทดลองทั้ง 3 สิ่งทดลองเป็น 3 ระดับ คือ การสร้างตู้ทดลองสภาวะอุณหภูมิต่ำ (LT) การสร้างตู้ทดลองสภาวะอุณหภูมิสูง (HT) และการสร้างตู้ทดลองควบคุม (CT) ซึ่งแต่ละวันจะได้รับสัมผัสกับอุณหภูมิ 7 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9.00 น. - 16.00 น. พบว่า ในตู้ทดลอง LT มีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.0 °C ตู้ทดลอง HT มีอุณหภูมิเฉลี่ย 34.0 °C และตู้ทดลอง CT มีอุณหภูมิเฉลี่ย 31°C (ภาพ 2)

2. ผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลือง

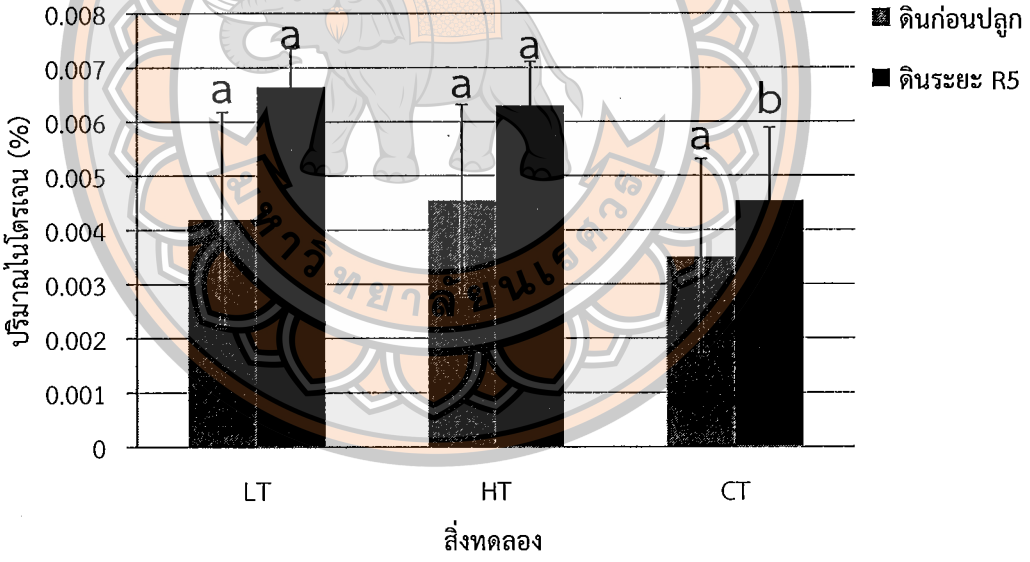
2.1 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนรวมทั้งหมด (Total nitrogen)

1 ดินระยะก่อนปลูก

จากการทำการศึกษาปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมดในดินระยะก่อนปลูกถั่วเหลือง ใน 3 สิ่งทดลอง แสดงในภาพ 3 พบว่าปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมดในดินระยะนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.0042 ± 0.0020, 0.0046 ± 0.0018 และ 0.0035 ± 0.0018 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2 ดินระยะถั่วเหลืองสร้างผลผลิต (R5)

จากการทำการศึกษาปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมดในดินระยะ R5 ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตเป็นระยะ 68 วัน เป็นระยะที่คาดว่าถั่วเหลืองจะมีการดึงธาตุอาหารในดินไปใช้ในการสร้างฝักและผลผลิตมากที่สุด จากภาพ 3 พบว่าต้นถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยที่สิ่งทดลองระดับอุณหภูมิต่ำและระดับอุณหภูมิสูงกว่าปกตินั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.0067 ± 0.0007, 0.0063 ± 0.0008 และ 0.0046 ± 0.0013 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ภาพ 3 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนรวมทั้งหมด ในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งดินในระยะก่อนปลูก และดินในระยะ R5 ทั้ง 3 สิ่งทดลอง

ปร.
ว329ผ
2557
สำนักหอสมุด
- 5 ต.ค. 2560

2.2 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่จำเป็นต่อพืช (Ammonium: NH_4^+, Nitrate: NO_3^-)

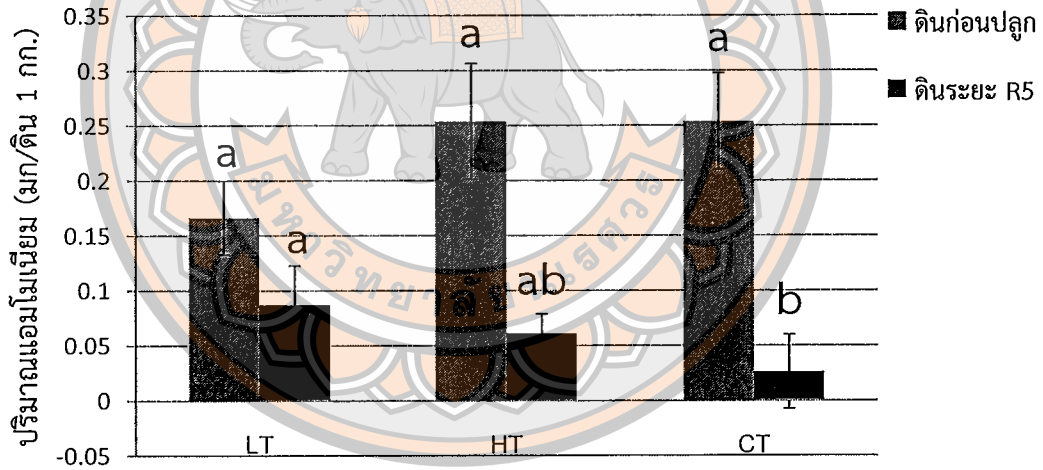
2.2.1 ปริมาณสารประกอบแอมโมเนียม (Ammonium: NH_4^+)

1 ดินระยะก่อนปลูก

จากการทำการศึกษาปริมาณสารประกอบแอมโมเนียมในดินระยะก่อนปลูกถั่วเหลืองใน 3 สิ่งทดลอง จากภาพ 4 พบว่าปริมาณสารประกอบแอมโมเนียมในดินระยะนี้ทั้ง 3 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 ± 0.008, 0.23 ± 0.020 และ 0.23 ± 0.018 มก./ดิน 1 กก.ตามลำดับ

2 ดินระยะถั่วเหลืองสร้างผลผลิต (R5)

จากการทำการศึกษาปริมาณสารประกอบแอมโมเนียมในดินระยะ R5 จากภาพ 4 พบว่า ต้นถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยที่มีการดึงสารประกอบแอมโมเนียมไปใช้ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยที่สิ่งทดลองระดับอุณหภูมิต่ำนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม แต่สิ่งทดลองระดับอุณหภูมิสูงจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับสิ่งทดลองอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.087 ± 0.035, 0.061 ± 0.018 และ 0.026 ± 0.034 มก./ดิน 1 กก. ตามลำดับ



*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ภาพ 4 ปริมาณสารประกอบแอมโมเนียมในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งดินในระยะก่อนปลูกและดินในระยะ R5 ทั้ง 3 สิ่งทดลอง

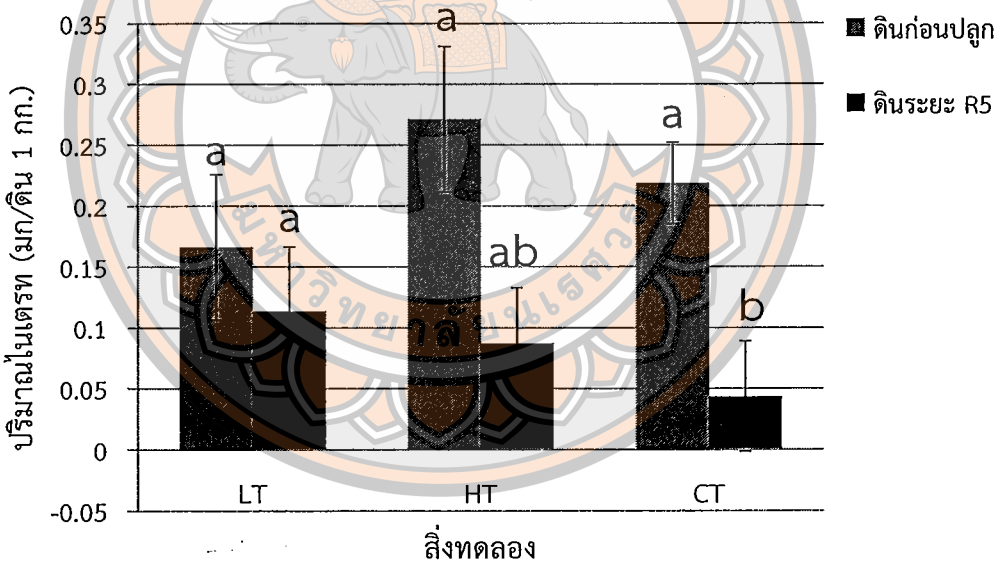
2.2.2 ปริมาณสารประกอบไนเตรท (Nitrate: NO_3^-)

1 ดินระยะก่อนปลูก

จากการทำการศึกษาปริมาณสารประกอบไนเตรทในดินระยะก่อนปลูกถั่วเหลืองใน 3 สิ่งทดลอง จากภาพ 5 พบว่าปริมาณสารประกอบไนเตรทในดินระยะนี้ทั้ง 3 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.19 ± 0.044, 0.24 ± 0.031และ 0.22 ± 0.034 มก./ดิน 1 กก. ตามลำดับ

2 ดินระยะถั่วเหลืองสร้างผลผลิต (R5)

จากการทำการศึกษาปริมาณสารประกอบไนเตรทในดินระยะ R5 จากภาพ 5 พบว่า ต้นถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยที่มีการดึงสารประกอบไนเตรทไปใช้ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยที่สอดคล้องกับปริมาณสารประกอบแอมโมเนียม (ภาพ 4) คือ สิ่งทดลองระดับอุณหภูมิต่ำนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับสิ่งทดลองควบคุม แต่สิ่งทดลองระดับอุณหภูมิสูงจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับสิ่งทดลองอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.11 ± 0.053, 0.09 ± 0.045 และ 0.04 ± 0.018 มก./ดิน 1 กก. ตามลำดับ



*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ภาพ 5 ปริมาณสารประกอบไนเตรทในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งดินในระยะก่อนปลูกและดินในระยะ R5 ทั้ง 3 สิ่งทดลอง

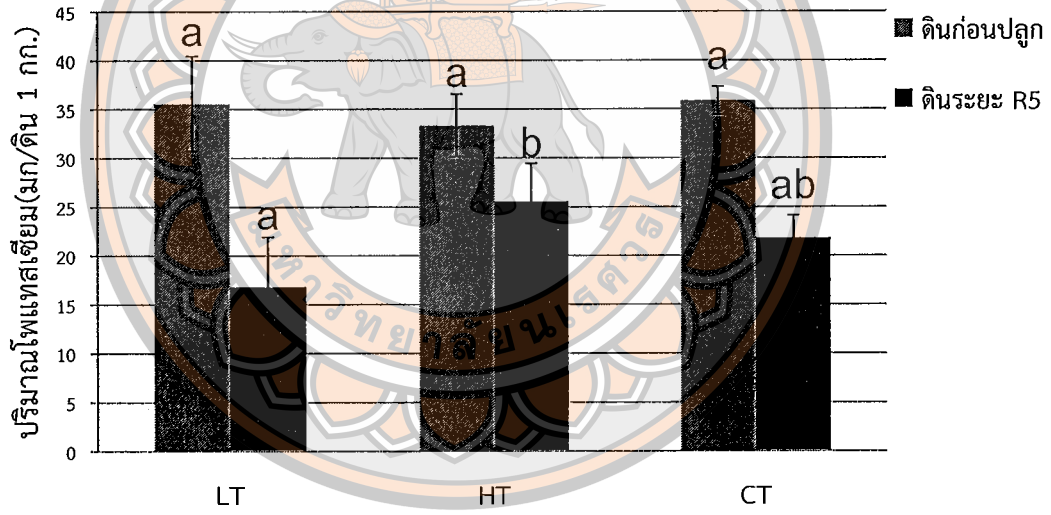
2.3 ปริมาณโพแทสเซียม (K)

1 ดินระยะก่อนปลูก

จากการทำการศึกษาปริมาณโพแทสเซียมในดินระยะก่อนปลูกถั่วเหลือง ใน 3 สิ่งทดลองจากภาพ 6 พบว่าปริมาณโพแทสเซียมในดินระยะนี้ทั้ง 3 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 35.59 ± 4.864, 33.35 ± 3.193 และ 35.89 ± 1.429 มก./ดิน 1 กก. ตามลำดับ

2 ดินระยะถั่วเหลืองสร้างผลผลิต (R5)

จากการทำการศึกษาปริมาณโพแทสเซียมในดินระยะ R5 จากภาพ 6 พบว่าต้นถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยที่มีการดึงปริมาณโพแทสเซียมไปใช้ในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ สิ่งทดลองระดับอุณหภูมิต่ำนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับสิ่งทดลองระดับอุณหภูมิสูง แต่สิ่งทดลองควบคุมจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับสิ่งทดลองอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 16.84 ± 5.059, 25.59 ± 3.858 และ 21.85 ± 2.267 มก./ดิน 1 กก. ตามลำดับ



*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ภาพ 6 ปริมาณโพแทสเซียมในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งดินในระยะก่อนปลูกและดินในระยะ R5 ทั้ง 3 สิ่งทดลอง

2.4 ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่จำเป็นต่อพืช (Monohydrogen Phosphate: HPO_4^{2-},)

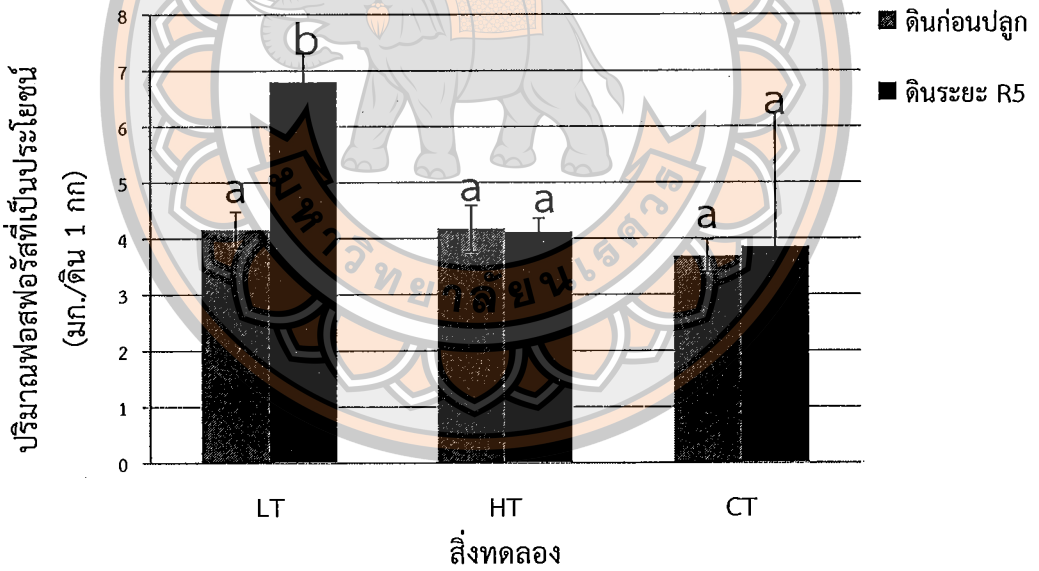
ปริมาณสารประกอบโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (Monohydrogen Phosphate: HPO_4^{2-})

1 ดินระยะก่อนปลูก

จากการทำการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในดินระยะก่อนปลูกถั่วเหลืองใน 3 สิ่งทดลอง จากภาพ 7 พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินระยะนี้ทั้ง 3 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.547±0.0043,0.550±0.0055 และ 0.485±0.0039 มก./ดิน 1 กก.ตามลำดับ

2 ดินระยะถั่วเหลืองสร้างผลผลิต (R5)

จากการทำการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในดินระยะ R5 จากภาพ 7 พบว่าต้นถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยที่มีการดึงฟอสฟอรัสไปใช้ในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ สิ่งทดลองอุณหภูมิต่ำ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) กับสิ่งทดลองระดับอุณหภูมิสูงและสิ่งทดลองควบคุม ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.898 ± 0.07, 0.543± 0.003 และ 0.508 ± 0.032 มก./ ดิน 1 กก. ตามลำดับ



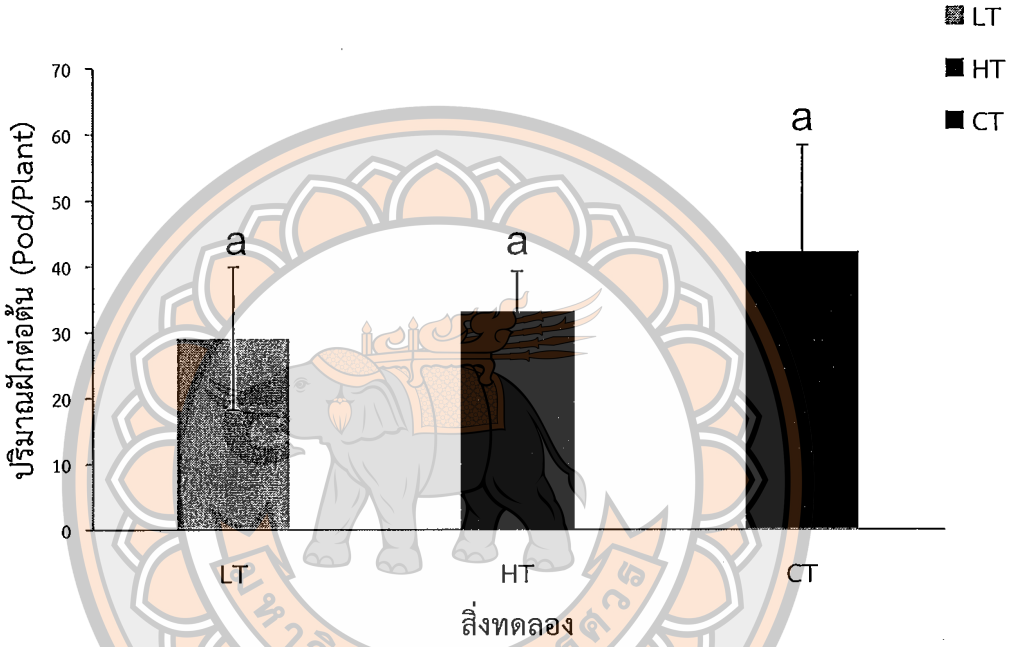
*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

ภาพ 7 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทั้งดินในระยะก่อนปลูกและดินในระยะ R5 ทั้ง 3 สิ่งทดลอง

3. ผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่มีต่อปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง

3.1ปริมาณฝักต่อต้น (Pod/Plant)

จากการศึกษาด้านองค์ประกอบของผลผลิตถั่วเหลือง โดยพิจารณาจากปริมาณฝักต่อต้นของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R5 จากภาพ 8 พบว่าในชุดการทดลอง LT HT และ CT เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 29.06 ± 10.85, 33.19 ± 6.06และ 42.20 ± 1.13 ตามลำดับ

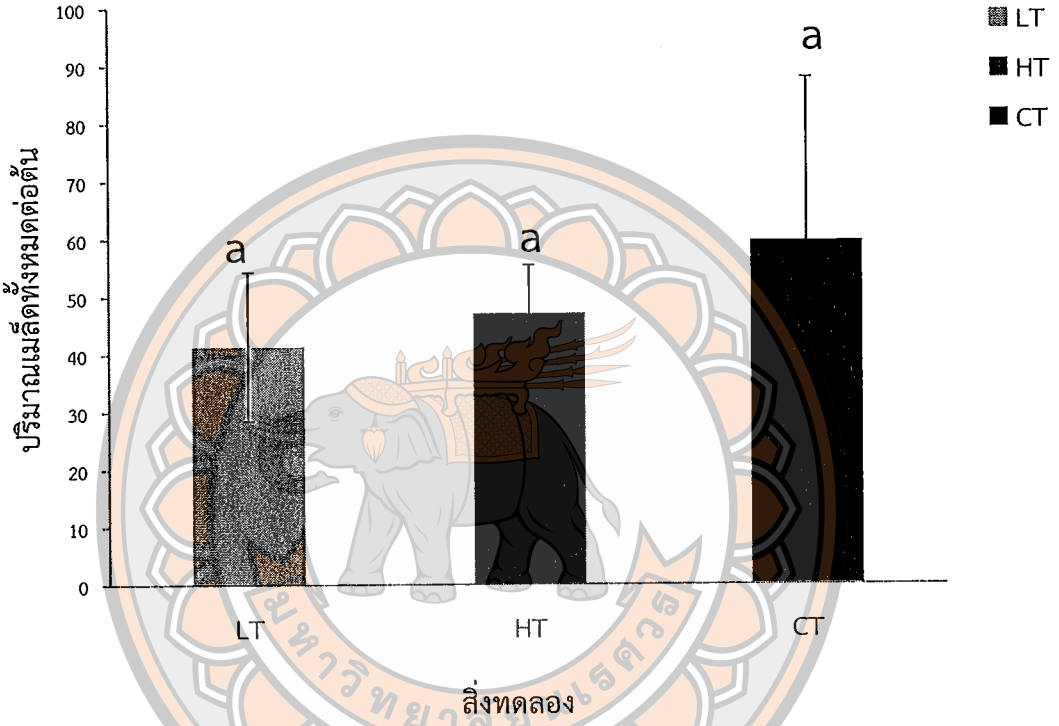


*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ภาพ 8 ปริมาณฝักต่อต้น (Pod/Plant) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

3.2 ปริมาณเมล็ดทั้งหมดต่อต้น

จากการศึกษาด้านองค์ประกอบของผลผลิตถั่วเหลือง โดยพิจารณาจากปริมาณเมล็ดทั้งหมดต่อต้นของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R5 จากภาพ 9 พบว่าในชุดการทดลอง LT HT และ CT เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 43.29 ± 12.9, 47.12 ± 8.13 และ 59.68 ± 28.15 ตามลำดับ

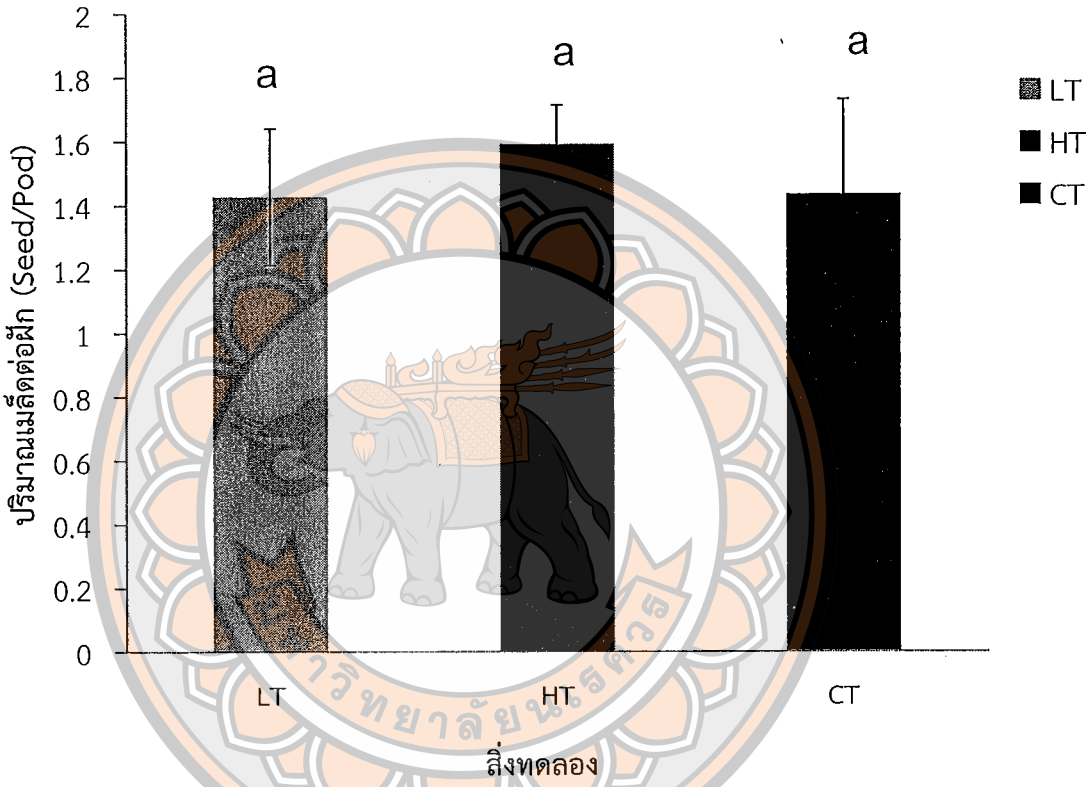


*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ภาพ 9 ปริมาณเมล็ดทั้งหมดต่อต้น ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

3.3 ปริมาณเมล็ดต่อฝัก (Seed/Pod)

จากการศึกษาด้านองค์ประกอบของผลผลิตถั่วเหลือง โดยพิจารณาจากปริมาณเมล็ดต่อฝักของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะ R5 จากภาพ 10 พบว่าในชุดการทดลอง LT HT และ CT เมื่อวิเคราะห์ทางด้านสถิติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.43± 0.213, 1.44 ± 0.12, และ 1.59 ± 0.30 ตามลำดับ

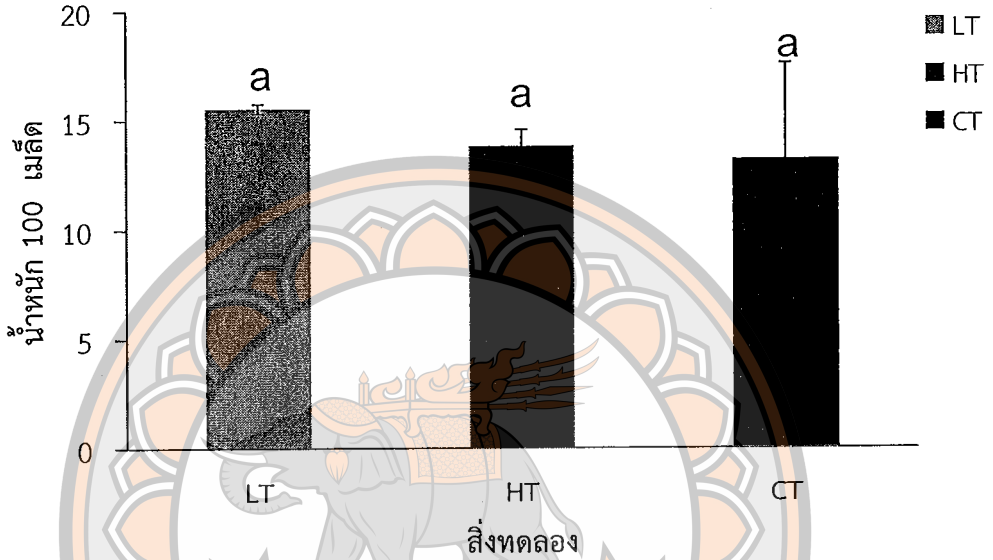


*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ภาพ 10 ปริมาณเมล็ดต่อฝัก (Seed/Pod) ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

3.4 น้ำหนัก 100 เมล็ด

จากการทำการศึกษาน้ำหนักของเมล็ดถั่วเหลือง 100 เมล็ดโดยการสุ่มเมล็ดทั้งใน 3 สิ่งทดลอง จากภาพ 11 พบว่าปริมาณน้ำหนัก 100 เมล็ดทั้ง 3 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 15.53 ± 0.20, 13.84 ± 0.63 และ 13.24 ± 4.36 ตามลำดับ

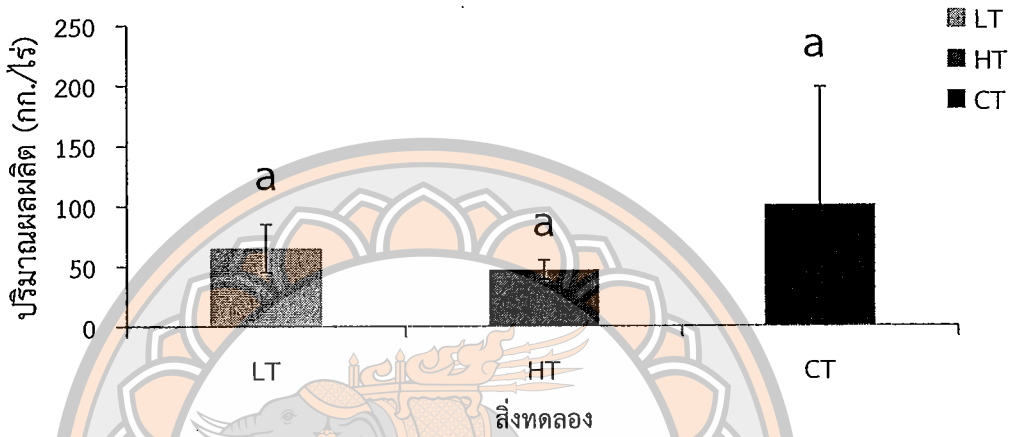


*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ภาพ 11 น้ำหนัก 100 เมล็ด ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

3.5 ผลผลิต / ไร่

จากการศึกษาปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 เมื่อคิดเป็นผลผลิตต่อไร่ พบว่า ทั้งใน 3 สิ่งทดลองจากภาพ 12 พบว่าผลผลิตทั้ง 3 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P ≥ 0.05) ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 65.12±19.98,46.99±8.01 และ100.77±97.25 ตามลำดับ



*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

ภาพ 12 แสดงปริมาณผลผลิตต่อไร่ ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60

ตาราง 5 ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารในดินของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 ในดินระยะก่อนทำการปลูกถั่วเหลือง

Treatment / ธาตุอาหาร	LT	HT	CT
Total Nitrogen	0.0042 ± 0.0198 [a]	0.0046 ± 0.0018 [a]	0.0035 ± 0.0018 [a]
Ammonium	0.2057 ± 0.0085 [a]	0.2275 ± 0.0202 [a]	0.2300 ± 0.0178 [a]
Nitrate	0.1868 ± 0.0436 [a]	0.2388 ± 0.0312 [a]	0.2188 ± 0.0335 [a]
Potassium	35.5850 ± 4.8639 [a]	33.3500 ± 3.1932 [a]	35.8925 ± 1.4292 [a]

*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

ตาราง 6 ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารในดินของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 ในดิน R5 ทำการปลูกถั่วเหลือง

ธาตุอาหาร \ Treatment	LT	HT	CT
Total Nitrogen*	0.0067±0.0007 [a]	0.0006±0.0008 [a]	0.0046±0.0013 [b]
Nitrate*	0.0875±0.0350 [a]	0.0163±0.0175 [ab]	0.02625±0.0335 [b]
Ammonium*	0.1138±0.0525 [a]	0.0875±0.0452 [ab]	0.0438±0.0175 [b]
Potassium*	16.8425±5.0594 [a]	25.5925±3.8584 [b]	21.8475±2.2670 [ab]

*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

ตาราง 7 ผลกระทบของระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 ในดินระยะก่อนทำการปลูกถั่วเหลือ

องค์ประกอบผลผลิต \ Treatment	LT	HT	CT
ฝัก/ต้น	29.06 ± 10.85[a]	33.19 ± 6.06[a]	42.20 ± 1.13[a]
เมล็ด/ต้น	43.29 ± 12.9[a]	47.12 ± 8.31[a]	59.68 ± 28.15[a]
เมล็ด/ฝัก	1.43 ± 0.213[a]	1.44 ± 0.122[a]	1.59 ± 0.3[a]
น้ำหนัก 100 เมล็ด	15.53 ± 0.1948[a]	13.84 ± 0.631[a]	13.24 ± 4.357[a]

*ตัวอักษรเหมือนกัน แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยมีการควบคุมระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ชุดการทดลอง คือ ชุดอุณหภูมิสูงกว่าปกติ (HT) ชุดอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ (LT) และชุดอุณหภูมิปกติ (CT) สิ่งทดลองละ 4 ซ้ำ โดยควบคุมอุณหภูมิ 7 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลา 9: 00 16: 00 นาฬิกา ทำการศึกษาตั้งแต่เดือนกรกฎาคม เดือนกันยายน เพื่อศึกษาผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารหลัก อันได้แก่ ไนโตเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) และองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 สามารถนำผลการศึกษามาสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินระยะก่อนปลูกถั่วเหลือง พบว่าปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ$P<0.05$) ใน 3 สิ่งทดลอง

2. ผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินระยะปลูกถั่วเหลือง (R5) พบว่าชนิดของธาตุอาหารที่เหลืออยู่ในดินมากที่สุด (ถูกนำไปใช้น้อยที่สุด) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(ที่ระดับ $P<0.05$) พบในสิ่งทดลอง LT คือ ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (ทั้งแอมโนเนียมและไนเตรท) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยพบว่าปริมาณแอมโมเนียมเหลืออยู่ในดินมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุชนิดอื่นๆ และในทางตรงข้ามธาตุอาหารที่เหลือน้อยที่สุด (ถูกนำไปใช้มากที่สุด) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติถูกพบในสิ่งทดลอง CT (ที่ระดับ $P<0.05$) คือ ธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (ทั้งแอมโนเนียมและไนเตรท) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เช่นเดียวกัน

3. ธาตุอาหารชนิดโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารเพียงชนิดเดียวที่แสดงผลในทางตรงกันข้าม คือพบว่าเหลือน้อยที่สุดในสิ่งทดลอง LT (ถูกนำไปใช้มาก) และกลับพบว่าเหลือมากที่สุด ในสิ่งทดลอง CT

4. ผลการศึกษาในองค์ประกอบผลผลิตไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่าง 3 สิ่งทดลอง (ที่ระดับ $P<0.05$)

5. ผลการศึกษาปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 เมื่อคิดเป็นผลผลิต/ไร่ พบว่า ใน 3 สิ่งทดลอง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่าง 3 สิ่งทดลอง (ที่ระดับ $P<0.05$)

ผลการศึกษาผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบผลผลิต พบว่าอุณหภูมิที่ระดับต่ำกว่าธรรมชาติส่งผลชัดเจนว่ามีอิทธิพลต่อการยับยั้งการดึงธาตุอาหารไปใช้เนื่องจากพบว่าธาตุอาหารที่จำเป็นเหลืออยู่ในดินมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ $P<0.05$) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่าส่งผลต่อปริมาณของผลผลิตแต่อย่างใด ดังนั้นในอนาคตงานวิจัยนี้น่าจะต่อยอดในการศึกษาผลกระทบที่มีต่อด้านคุณภาพของผลผลิตในเมล็ดถั่วเหลืองอีกประการหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ทราบได้ชัดเจนยิ่งขึ้นว่าระดับความแตกต่างของอุณหภูมิในฤดูกาลปลูกจะส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ด หรือ คุณภาพของสารอาหารหรือไม่

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยควบคุมระดับอุณหภูมิที่กำหนดไว้ 3 ระดับใน 3 สิ่งการทดลอง (4 ซ้ำ) ควบคุมอุณหภูมิในแต่ละตู้ทดลอง 7 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลา 9: 00 - 16: 00 นาฬิกา พบว่า สภาวะอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าสภาวะอุณหภูมิปกติเทียบเท่าธรรมชาติจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ซึ่งปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าว มีผลยับยั้งการดูดธาตุอาหารและยับยั้งการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง เนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัวควบคุมขบวนการ metabolism ในพืช เช่น ขบวนการผลิตแป้ง ขบวนการให้พลังงานแก่พืช ขบวนการสร้างสารประกอบและขบวนการอื่นๆในพืช กล่าวคือ แต่ละขบวนการจะเกิดขึ้นได้ดีนั้นจะต้องมีอุณหภูมิที่พอเหมาะ ซึ่งโดยปกติจะอยู่ระหว่าง 15 - 40 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ขบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆจะเกิดได้ช้า ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงด้วย (ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, 2548)

การศึกษาผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิทั้งระดับที่สูงหรือต่ำเกินไปในพืช ทำให้พืชเกิดสภาวะเสียสมดุลพลังงานในเนื้อเยื่อ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง และโดยทั่วไปแล้วหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นกว่าระดับปกติ 10-15 องศาเซลเซียส สามารถทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของพืชเนื่องจากการเกิดสภาวะเนื้อเยื่อตาย (necrosis) (Jones, 1992) หรือภาวะเครียดจากอุณหภูมิ (temperaturestress) (Jones, 1992; ภาคภูมิ พระประเสริฐ, 2550) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์จนมีผลต่อการงอกของเมล็ด น้ำหนักมวลชีวภาพ และการสร้างสารอาหารในเมล็ด (ภาคภูมิ พระประเสริฐ, 2550) อุณหภูมิสูงเกินไปพืชจะถูกเร่งกระบวนการดูดธาตุอาหารมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เพราะเป็นอัตราการการเพิ่มการหายใจ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินที่ระดับ 40 องศาเซลเซียส อัตราการดูดธาตุอาหารของพืชจะลดลง ซึ่งอุณหภูมิที่สูงเกินไปส่งผลต่อการทำลายเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการดูดธาตุอาหารของพืชนั่นเอง (ชวนพิศ แดงสวัสดิ์, 2544)

ในกรณีที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปพืชจะมีกลไกในการป้องกันตนเองจากความร้อนที่ได้รับทำให้พืชมีการกระตุ้นการสังเคราะห์เซลล์บางประเภทให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อใช้ในการป้องกันเซลล์จากความร้อน เช่น การสร้าง heat-shock protein ซึ่งเป็นอีกกลไกหนึ่งในการป้องกันเซลล์จากสภาวะอุณหภูมิสูง (Ho and Sachs, 1989) แต่ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลันหรือเกินกว่าที่พืชจะสามารถรักษาสมดุลไว้ได้ โครงสร้างหน้าที่ของเซลล์ก็จะเสียและถูกทำลาย

จนเซลล์ตายได้ (Wahid, *et al.*,2007) ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาในประเทศไทย โดย กณิตา ธนเจริญชณภาส และโอรส รักชาติ (2551) ได้ศึกษาว่า ผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิสูงที่มีต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่ระดับอุณหภูมิสูงนั้น ถึงแม้ว่าจะกระตุ้นให้ข้าวสร้างมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น แต่กลับลดปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว และลดการผลิตเมล็ดข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และส่งผลต่อการแสดงออกทางพันธุกรรม ที่แตกต่างจากกลุ่มทดลองในสภาวะอุณหภูมิเทียบเท่าธรรมชาติอย่างชัดเจน

ผลของการศึกษาด้านผลผลิตของถั่วเหลือง ซึ่งเป็นพืชอาหารที่สำคัญของโลก พบว่าอุณหภูมิสูงส่งผลต่อผลผลิตของถั่วเหลือง โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกจะเพิ่มขึ้น 0.74 (0.56-0.92) องศาเซลเซียส และคาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1-3 องศาเซลเซียสในอนาคต (IPCC, 2007) ส่งผลต่อแนวโน้มปัญหาการลดลงของผลผลิตทางการเกษตรของโลก ซึ่งนำไปสู่ปัญหาความเสี่ยงในการขาดแคลนอาหารในอนาคต

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กณิตา ธนเจริญชณภาส และ โอรส รักชาติ. (2552). ผลกระทบของสภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในฤดูกาลปลูกที่มีต่อผลผลิตและอนุภาคเม็ดแป้งของข้าวหอมไทย (Oryza sativa L.) พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105. ในเรื่องเต็ม การประชุมวิชาการครั้งที่ 47 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เล่มที่ 9 สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, วันที่ 17-20 มีนาคม 2552, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรมวิชาการเกษตร. (2009). ถั่วเหลือง. สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2556, จาก http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=34

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2552). ความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2552. สืบค้นเมื่อ 3 สิงหาคม 2556, จาก http://www.tmd.go.th/ncct/article/2552.pdf

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2548). ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

จุรารัตน์. (2553). ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Factors affecting plant growth). สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2556, จาก http://archive.wunjun.com/udontham/4/163.html# 1996.

เฉลิมพล แซมเพชร. (2542). สรีรวิทยาพืชไร่. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิยาลัยเชียงใหม่

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. (2544). สรีรวิทยาของพืช. ธนธัชการพิมพ์และสำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา, กรุงเทพฯ

นเรศ ขำเจริญ. (2555). ผลกรทบของอุณหภูมิในบรรยากาศที่สูงขึ้นต่อองค์ประกอบผลผลิตและคุณภาพสารอาหารในถั่วเหลือง (Glycine max (L) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60, หน้า 19

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์. SOYBEAN / ถั่วเหลือง. สืบค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2556, จาก HTTP://WWW.FOODNETWORKSOLUTION.COM/WIKI/WORD/1359/SOYBEAN

ภาคภูมิ พระประเสริฐ. (2550). สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน (ประเทศไทย). (2548). โลกร้อน น้ำท่วม อากาศแปรปรวน กระทบต่อการผลิตอาหารโลกสืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2556. จาก http://sathai.org/en/news/foreign-story/item/373-ab008-hotworld.html

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา. (2555). สภาวะอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2554 สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2556 จาก http://www.tmd.go.th/programs/uploads/yearlySummary

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา. (2556). **สภาวะอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2555** สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2556. จาก http://www.joelandchoom.net/tmdsummaries/2012%202555%20Annual%20Summary%20in%20Thai.pdf

ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่. (2013). **ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60.** สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2556 จาก http://www.doa.go.th/fcrc/chiangmai/index.php?option=com_content&view=article&id=65:chiangmai-soybean60&catid=39:soybean-seed&Itemid=103

สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5. (2555). **ก้าวไป.กับสวพ.5** สืบค้นเมื่อ เมื่อ 3 สิงหาคม 2556, จาก http://www.doa.go.th/oard5/images/flippingbook/go%20with%20oard5/Y8-1/Y8-1.pdf

อภิรดี ก. ศรีสุวรรณ. (2551). **ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของโทโปสเฟียริคโอโซนต่อองค์ประกอบผลผลิตและคุณภาพของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill) พันธุ์เชียงใหม่ 60.** วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก

อวยพร เพชรหลายสี. สารพัดความรู้เกี่ยวกับถั่วเหลือง. สืบค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2556, จาก http://www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae_baer/ewt_news.php?nid=2423&filename=index

Cure, J. D. and Basil, A. (1986). Crop response to carbon dioxide doubling: a literature survey. Agricultural and Forest Meteorology, 38, 127-145

Gibson, L. R. and Mullen, R. E. 1996 Influence of Day and Night Temperature on Soybean Seed Yield. Crop Sci. 36:98-104

Ho, T.H.D. and Sachs, M.M. (1989). Environmental control of gene expression and stress proteins In HG Jones, TJ Flowers, MB Jones, (eds), Plants Under Stress. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 157-180.

Hu, M. and Wiatrak, P. (2012). Effect of Planting Date on Soybean Growth, Yield, and Grain Quality: Review. Agron. J. 104: 785-790.

Intergovernmental panel on Climate Change (IPCC). (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Cited in Stangeland, A. 2007. A model for the CO_2 capture potential. International Journal of Greenhouse Gas Control, 1, 418-429

IPCC. (2007). Fourth Assessment Report (AR4). Geneva: IPCC.

Jones, H.G. (1992). Plants and microclimate : Aquantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press, Cambridge. 428 P.

Lindermann, W. C. and Ham, G. E. (1979). Soybean Plant Growth, Nodulation, and Nitrogen Fixation as Affected by Root Temperature. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 1134-1137

Nafaiger, E. (2011). High Temperatures and Crops. University of Illinois. http://bulletin.ipm.illinois.edu/article.php?id=1537

Peters, D.B., Pendleton, J.W. Hageman, R.H. and C.M. Brown. (1971). Effect of night air temperature on grain yield of corn, wheat, and soybeans. Agron. J. 63:809

Prasad, P.V., Boote, K.J. and Allen, Jr, H. (2006). Adverse high temperature effects on pollen viability, seed-set, seed yield and harvest index of grain-sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) are more severe at elevated carbon dioxide due to higher tissue temperatures. Agric. For. Meteorol.139: 237-251.

Tan, G., and Shibasaki, R. (2003). Global estimation of crop productivity and the impacts of grobal warming by GIS and EPIC integration. Ecological Modelling, 168, 357-370

Tan, G., and Shibasaki, R. (2003). Global estimation of crop productivity and the impacts of grobal warming by GIS and EPIC integration. Ecological Modelling, 168, 357-370

Wah, A., Gelanil, S., Ashraf, M., and Foolad, M. R. (2007). Heat tolerance in plants: an overview. Environmental and Experimental Botany 61, 199 223

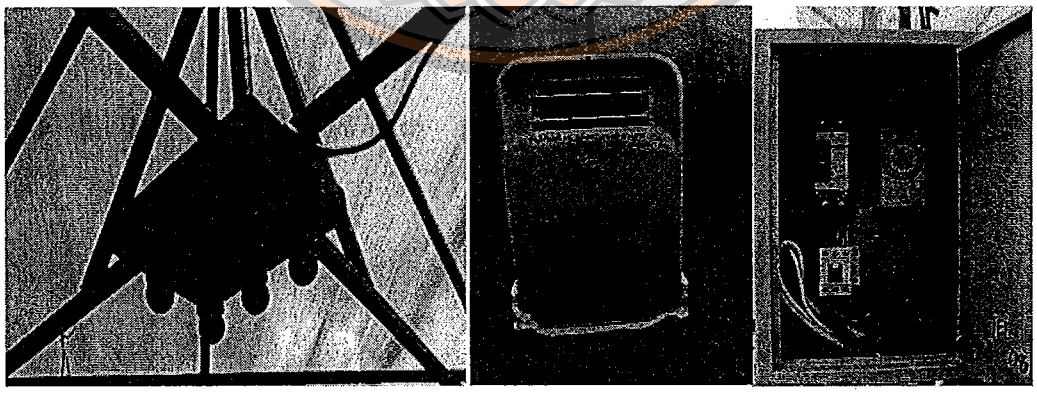
Whigham, D.K. (1983). Soybean, pp. 205-225. In S. Yoshida, ed. Symposium on potential productivity of field crops under different environments. IRRI, Philippines

ภาคผนวก

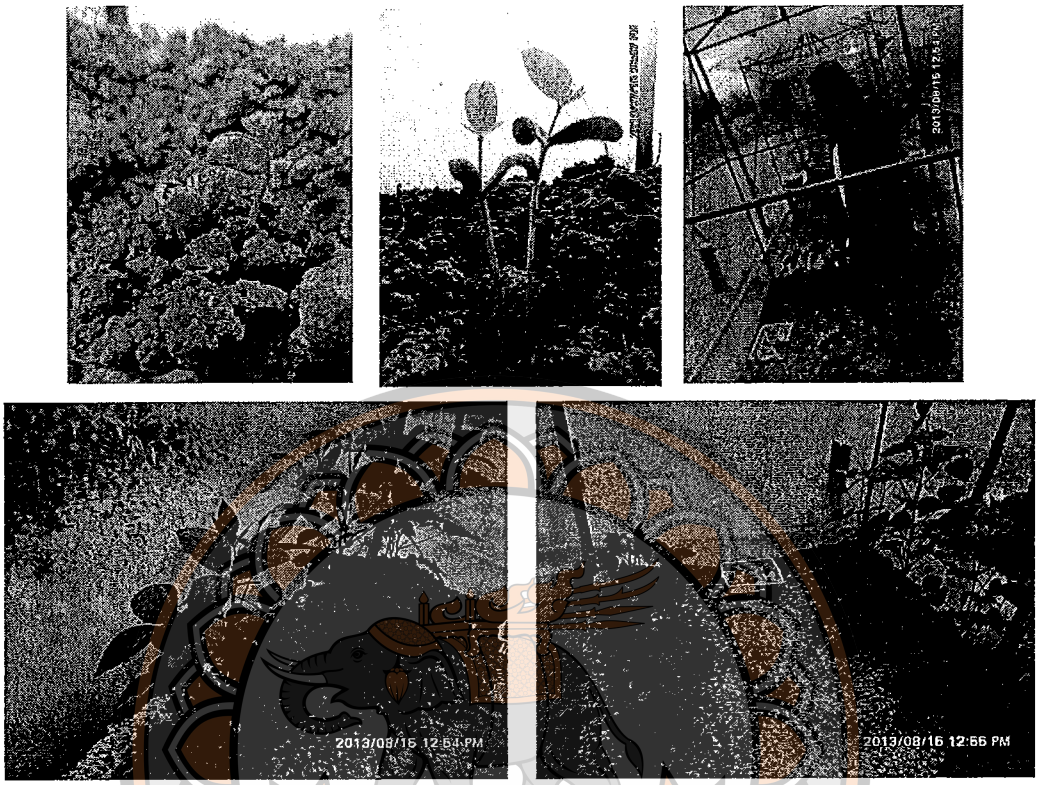
ภาคผนวก ก ภาพการศึกษาในแปลงทดลองคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาพผนวก 1 พื้นทำการศึกษา

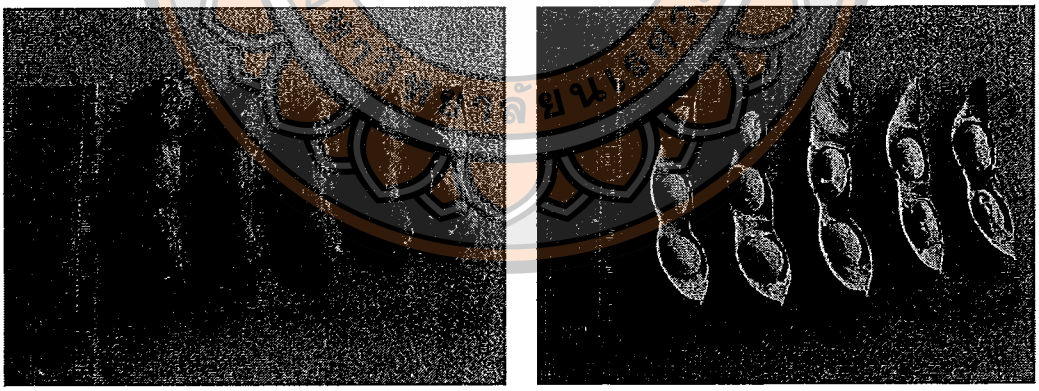
ภาพผนวก 2 ชุดทดลอง

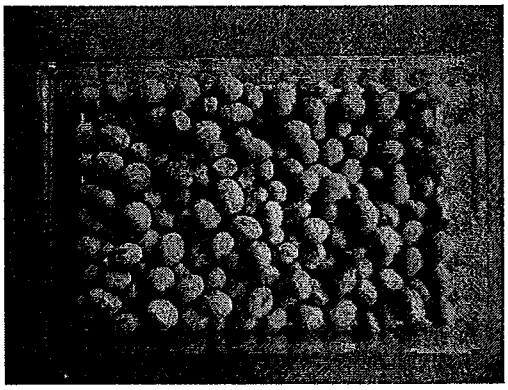


ภาพผนวก 3 (ซ้าย ไป ขวา) หลอดไฟ และเครื่องปรับอากาศ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงและต่ำกว่าระดับอุณหภูมิธรรมชาติ และเครื่องควบคุมการเปิด-ปิด ระบบไฟฟ้า

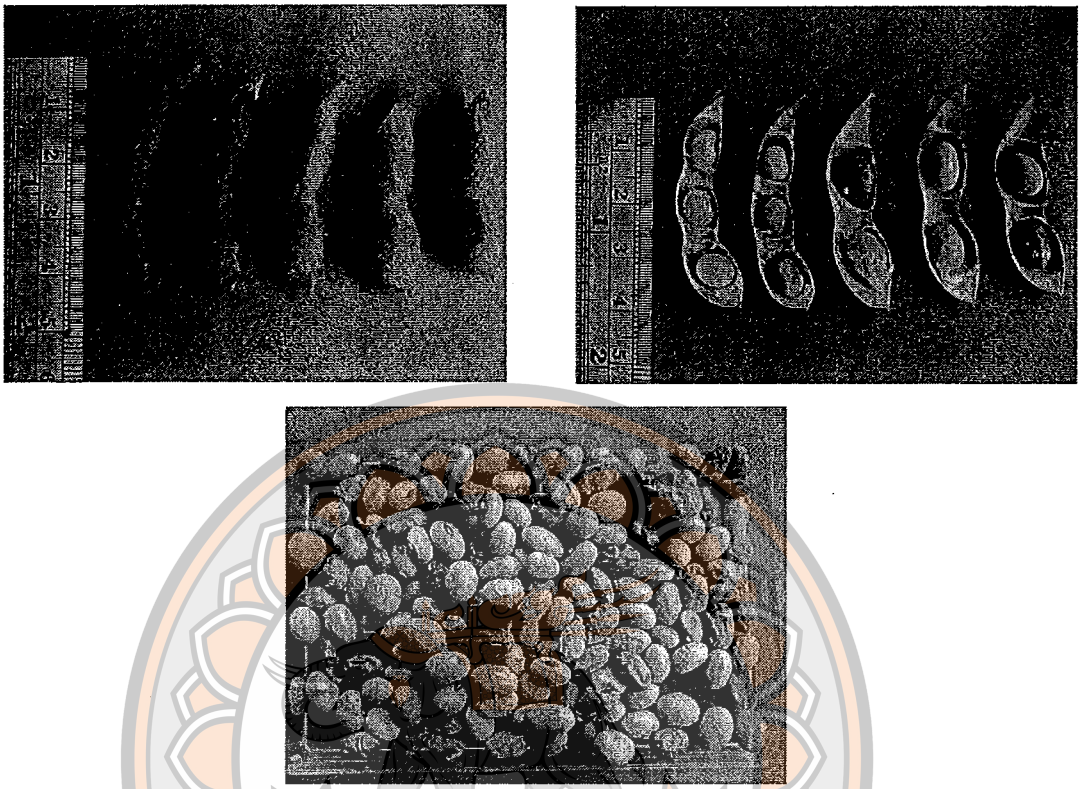


ภาพผนวก 4 การเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

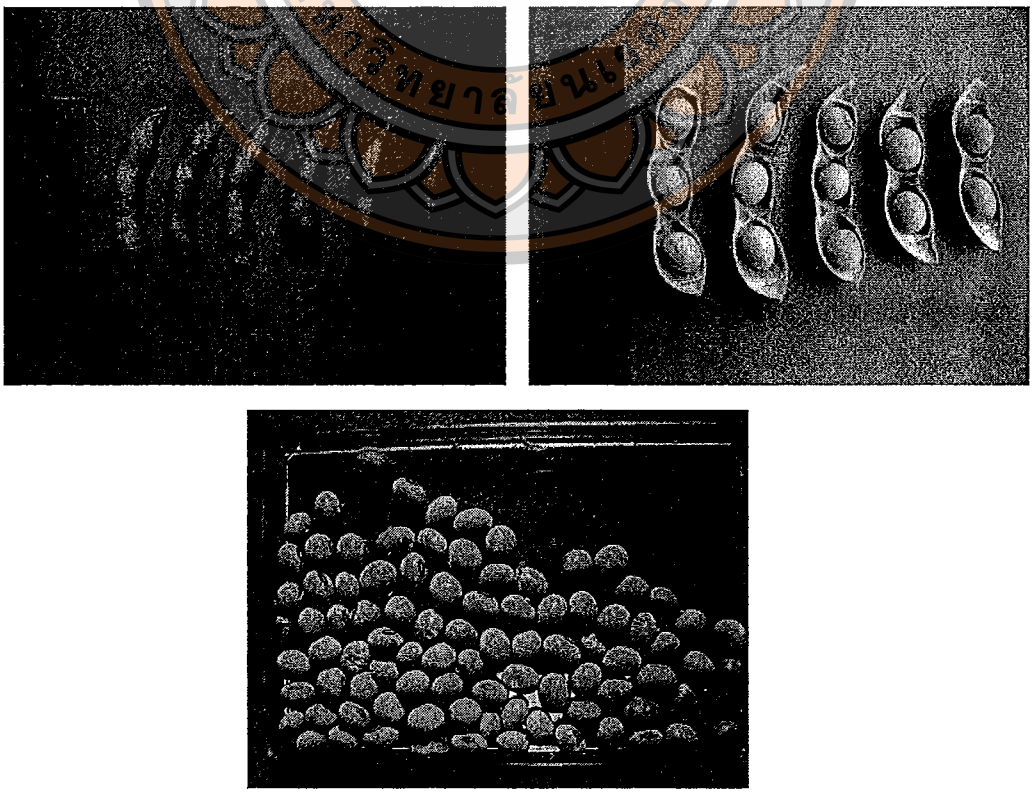




ภาพผนวก 5 ผลผลิตจากชุดทดลองควบคุม



ภาพผนวก 6 ผลผลิตจากชุดทดลองอุณหภูมิสูงกว่าระดับปกติ



ภาพผนวก 7 ผลผลิตจากชุดทดลองอุณหภูมิต่ำกว่าระดับปกติ

ภาคผนวก ข ภาพการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาพผนวก 8 การวิเคราะห์ธาตุอาหาร