

การใช้น้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากเป็นปุ๋ย สำหรับการผลิตถั่วเหลือง

The Use of Bio-extracted Water from Stemona Herb for Fertilizer in Soybean Production

นงคณา กลัยงเกล¹ ธวัชชัย สุภดิษฐ์² ละอองดาว แสงหล้า³ และสมพจน์ วรรณนุช⁴
Nongnapa Klaiengklae, Tawadchai Suppadit, Laongdown Sangla,
and Sompote Kunnoot

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้น้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากเป็นปุ๋ยสำหรับการผลิตถั่วเหลือง โดยได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองรวมถึงศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีปริมาณธาตุอาหารและการสะสมโลหะหนักในดิน ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ หน่วยการทดลองใช้น้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 1.00:1,000, 2.00:1,000, 3.00:1,000 และ 4.00:1,000 น้ำสกัดชีวภาพอีเอ็มต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 1.00:1,000 ปุ๋ยเคมีสูตร 12.0-24.0-12.0 ปริมาณ 10.0 กรัม และหน่วยการทดลองควบคุม รวม 7 หน่วยการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ

ผลการศึกษพบว่า น้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 ส่งผลให้ถั่วเหลืองมีแนวโน้มการเจริญเติบโตในส่วนของน้ำหนักแห้งของฝัก น้ำหนักแห้งรวม ผลผลิตจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดมากกว่าหน่วยการทดลองอื่นๆ รวมถึงมีระยะการเจริญเติบโตทางการแพร่ขยายพันธุ์ที่ยาวกว่าปุ๋ยเคมี ส่วนความสูง จำนวนข้อ และพื้นที่ใบนั้น ปุ๋ยเคมีมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย

คำสำคัญ: น้ำสกัดชีวภาพ หนอนตายหยาก ถั่วเหลือง

¹ นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

Graduate Student, School of Social and Environmental Development, National Institute of Development Administration

² รองศาสตราจารย์ คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

Associate Professor, School of Social and Environmental Development, National Institute of Development Administration

³ นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

Academics Agriculture (expert), Research Farm in Chiang Mai, Tambon Nong Han, San Sai District, Chiang Mai Province

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

Assistant Professor, School of Social and Environmental Development, National Institute of Development Administration

Abstract

The objective of this study was to find out the use of bio-extracted water from *Stemona* herb as a fertilizer in soybean production. The effectiveness was determined in terms of plant growth, yield, and yield component, including nutrients in soil and heavy metals contaminated in soil, i.e., lead, cadmium and mercury. The experimental design was a completely randomized design which divided into 7 treatments with 4 replications for each treatment. The bio-extracted water from *Stemona* herb and water were mixed at ratios of 1.00:1,000, 2.00:1,000, 3.00:1,000 and 4.00:1,000, the bio-extracted water from effective microorganisms, chemical fertilizer formula 12.0-24.0-12.0 at the rate of 10 grams/pots, and the control group. The results showed that the bio-extracted water from *Stemona* herb mixed with water at the ratio of 2.00:1,000 gave the highest growth rate of soybean in terms of pod dry matter, total dry matter, yield, number of pods per plant, seed weight, and protein in seeds. In addition, the reproductive growth period of the plant at the ratio of 2.00:1,000 is longer than that of chemical treatment. However, the plant height, node number, and leaf area were higher when chemical fertilizer was applied.

Keywords: *bio-extracted water, Stemona herb, soybean*

1. บทนำ

จากการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วของประชากรโลก ส่งผลให้มีความต้องการปัจจัยสี่เพื่อนำไปใช้ในการดำรงชีวิตเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค และปัจจัยที่เรียกได้ว่าเป็นประการสำคัญที่สุด คือ อาหาร เนื่องจากสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกใบนี้รวมทั้งมนุษย์มีความจำเป็นที่จะต้องได้รับอาหาร มนุษย์จึงได้ทำการคิดค้นเทคนิควิธีการต่างๆ มากมาย เช่นการปลูกพืชแบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหรือการปลูกพืชตัดแปลงพันธุกรรม (GMOs) เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับการตอบสนองความต้องการของมนุษย์ และเพื่อให้เพียงพอต่อจำนวนประชากรบนโลกที่จะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตอีกด้วย (ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, 2545) การทำเกษตรกรรมทั่วโลกจึงได้เริ่มมีการนำสารเคมีเข้ามาใช้อย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็นยาป้องกันและกำจัดศัตรูพืชหรือปุ๋ยเคมีในการบำรุงรักษาพืชให้เจริญงอกงาม และสามารถให้ผลผลิตได้ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ ส่งผลให้เกิดการตกค้างของสารเคมีอันตรายจากยาป้องกันและกำจัดศัตรูพืชสู่สิ่งแวดล้อม รวมทั้งสารตกค้างจากปุ๋ยเคมีที่ทำลายความสมดุลของดิน ทำให้ดินมีสภาพเสื่อมโทรมลง การทำการเกษตรในระยะต่อมาจึงไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร (ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, 2546)

น้ำสกัดชีวภาพ หรือที่เรียกกันว่าน้ำหมักชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำนั้น ไม่ใช่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก แต่เป็นปุ๋ยที่ได้จากการนำเอาจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อดินและพืชมาเพาะเลี้ยงจำนวนมากๆ แล้วเติมลงไปบนดินที่จะเพาะปลูกพืช เพื่อให้จุลินทรีย์ที่ต้องการนั้นได้เจริญเติบโตเพิ่มปริมาณและยังเป็นการสร้างสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อดิน อาทิ ช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ดินอุดมสมบูรณ์ (ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, 2547) แต่ในปัจจุบันได้มีการ

พัฒนารูปแบบการป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยใช้สารสกัดชีวภาพ อันเป็นการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นกลับมาใช้และเริ่มได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายเพิ่มมากขึ้น เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่ได้เริ่มตระหนักถึงพิษภัยและผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของตนเองจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรมากขึ้น

การใช้สารสกัดชีวภาพนับเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพปลอดภัยต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งต้นทุนในการผลิตก็ไม่สูงมากนัก เพราะมีการประยุกต์โดยนำผลผลิตทางอุตสาหกรรมการเกษตรหรือพืชสมุนไพรต่างๆ ที่มีอยู่มากมายในประเทศไทยมาใช้ ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและมีราคาถูก ทำให้ช่วยลดต้นทุนในการผลิตของเกษตรกรลงได้ รวมทั้งปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ผลผลิตที่ได้จึงเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคอย่างยิ่ง (ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ และละอองดาว แสงหล้า, 2546)

หนอนตายหยาก เป็นพืชสมุนไพรที่มีการนำมาใช้ประโยชน์โดยคนไทยมาอย่างยาวนาน โดยจะนำรากมาใช้เป็นยาทางการแพทย์แผนโบราณและการสาธารณสุข คือ ใช้เป็นยาสมุนไพรในการรักษาอาการไอ ขับเสมหะ ขับลม ขับพยาธิ กำจัดหมัด เห็บ และเหา ใช้เป็นยาทาภายนอกสำหรับแผลที่เกิดจากหนอนหรือตัวอ่อนของแมลงบางชนิด ใช้เป็นยาต้มเพื่อรับประทานแก้โรคผื่นคัน ใช้รากสดทุบใส่ไหปลาร้าเพื่อกำจัดหนอน เป็นต้น (สุทธาพันธ์ โพธิ์กำเนิด, 2544) ในด้านการเกษตรได้มีการนำเอารากของหนอนตายหยากมาตำให้ละเอียด ละลายน้ำและนำมากรอง แล้วนำน้ำที่กรองได้นั้นมาใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืช นำมาใส่แผลของโค กระบือ เพื่อฆ่าหนอน หรือทาตามแผลเพื่อป้องกันแมลงวันตอมหรือวางไข่ (ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ และคณะ, 2545ก; ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ และคณะ, 2545ข) ดังนั้น แนวทางการนำพืชสมุนไพรหนอนตายหยากมาสกัดเป็นน้ำสกัดชีวภาพเพื่อเป็นปุ๋ยน้ำและใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงไปด้วยพร้อมๆ กันในการปลูกพืช อาทิ ถั่วเหลือง ซึ่งเป็นพืชที่ถือได้ว่ามีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เพราะยังต้องมีการนำเข้าผลผลิตมาจากต่างประเทศ จากการผลิตภายในประเทศที่ไม่เพียงพอ (เกศกมล เสริมวิริยะกุล, 2547) จึงนับเป็นประเด็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

2. วิธีการวิจัย

เตรียมน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากโดยนำรากสมุนไพรหนอนตายหยากมาล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำมาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วบดให้ละเอียด นำมาผสมกับกากน้ำตาลและน้ำสะอาดในอัตราส่วน 2.50:0.500:1.00 นำมาหมักในถังพลาสติกขนาด 30.0 ลิตร เป็นระยะเวลา 90 วัน จะได้น้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากเพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดดินลพบุรี จำนวน 2,200 กิโลกรัม โดยนำดินที่ได้มาทุบให้แตกและคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างดินเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง และโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท

ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 กระถางละ 4 ต้น โดยปลูกในกระถางพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปากกระถาง 11.0 นิ้ว สูง 9.00 นิ้ว แล้วนำมาจัดวางในโรงเรือนทดลองชั่วคราว กว้าง 6.00 เมตร ยาว 8.00 เมตร ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยแบ่งเป็น 7 หน่วยทดลอง (Gomez and Gomez, 1984)

โดยหน่วยการทดลองที่ 1 ไม่ใช้น้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยาก น้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม และปุ๋ยเคมี (T_0) เป็นหน่วยทดลองควบคุม โดยให้แค่น้ำธรรมดาทุก 7 วัน หน่วยการทดลองที่ 2, 3, 4 และ 5 รดด้วยน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดา ในอัตราส่วน 1.00 : 1,000 (T_1), 2.00 : 1,000 (T_2), 3.00 : 1,000 (T_3) และ 4.00 : 1,000 (T_4) กับต้นถั่วเหลืองทุก 7 วัน หน่วยการทดลองที่ 6 ใช้น้ำสกัดชีวภาพอีเอ็มต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 1.00 : 1,000 (T_5) รดต้นถั่วเหลืองทุก 7 วัน หน่วยการทดลองที่ 7 ใส่ปุ๋ยเคมีสำหรับพืชไร่ สูตร 12.0-24.0-12.0 ปริมาณ 10.0 กรัม (T_6) หลังจากต้นถั่วเหลืองงอก 20 วัน โดยให้น้ำธรรมดาทุก 7 วันเช่นกัน ส่วนการกำจัดวัชพืชจะใช้การถอนออกเมื่อพบวัชพืชขึ้น

ทำการบันทึกการเจริญเติบโตและระยะการเจริญพันธุ์ตามวิธีการของ Ferh and Caviness (1977) คือ วันที่ทำการปลูก วันที่ต้นถั่วเหลืองงอก การเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (ระยะ $V_1 - V_6$) อายุของถั่วเหลืองตั้งแต่วันปลูกถึงวันออกดอก (ระยะ R_1) การพัฒนาฝัก (ระยะ $R_3 - R_4$) การสะสมน้ำหนัก (ระยะ $R_5 - R_6$) ระยะสุกแก่ (ระยะ $R_7 - R_8$) น้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลือง (ระยะ R_1, R_3, R_5, R_6 และ R_7) น้ำหนักฝักของถั่วเหลือง (ระยะ R_3, R_5, R_6 และ R_7) และพื้นที่ใบ (ระยะ R_1, R_3 และ R_5) รวมทั้งทำการบันทึกจำนวนข้อ ความสูง จำนวนกิ่ง น้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลือง น้ำหนักฝัก จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักแห้ง 100 เมล็ด ผลผลิตต่อกระถาง ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ด (โปรตีนและไขมัน) และทดสอบอัตราการงอก 100 เมล็ด ตามวิธีการของ ISTA Rules (1985)

การวิเคราะห์โปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองใช้วิธี Kjeldahl ด้วยเครื่อง Kjel-foss Automatic (Model 16210) วิเคราะห์ไขมันในเมล็ดด้วยวิธี Soxhlet Extraction สำหรับการวิเคราะห์โลหะหนักในพืช คือ ตะกั่วและแคดเมียม ใช้วิธี Atomic-direct Aspiration และปรอทด้วยวิธี Atomic Absorption-cold vapor ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ส่วนธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และโลหะหนักในดินใช้วิธี Inductively Coupled Plasma Atomic Emission ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer ส่วนค่าการนำไฟฟ้าใช้วิธี Electrical Conductivity ค่าความเป็นกรด-ด่างใช้ pH meter และอินทรีย์สารใช้วิธี Walkley-black ตามคำแนะนำในคู่มือของกรมพัฒนาที่ดิน (2547 อ้างถึงใน เกศกมล เสริมวิริยะกุล, 2547)

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS เวอร์ชัน 6.12 (SAS, 1996) ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองโดยใช้สถิติ Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

3. ผลและการอภิปรายผล

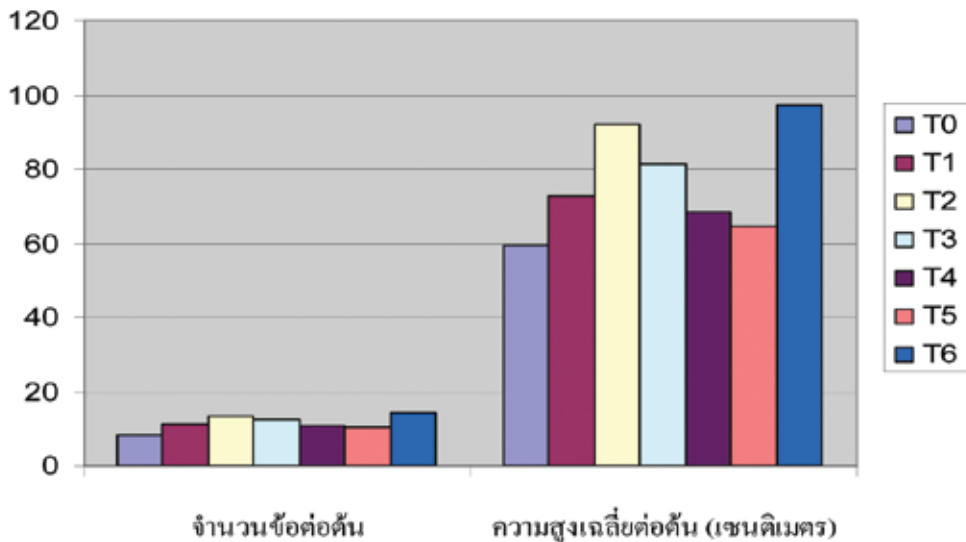
การเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

จำนวนวันของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบในระยะต่างๆ ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกโดยได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 1.00:1,000 (T_1), 2.00:1,000 (T_2), 3.00:1,000 (T_3), 4.00:1,000 (T_4) หน่วยการทดลองที่ได้น้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม (T_5) หน่วยการทดลองที่ได้น้ำปุ๋ยเคมี (T_6) และหน่วยการทดลองควบคุม (T_0) มีการเจริญ

เติบโตจากวันปลูกถึงระยะ V_6 คือ 33, 30, 33, 33, 33, 27 และ 33 วัน ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนด้านจำนวนวันของการเจริญเติบโตทางการแพร่ขยายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตจากวันปลูกถึงระยะ R_8 คือ 101, 105, 101, 101, 101, 83 และ 101 วัน ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นกัน โดยในระยะ R_1 ถึง R_5 มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน เมื่อเข้าสู่ระยะ R_6 พบว่า หน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตสั้นที่สุด คือ 61 วัน เมื่อเข้าสู่ระยะ R_8 หน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีใช้ระยะเวลาการเจริญเติบโตจากวันปลูกถึงระยะ R_8 ที่สั้นที่สุดเช่นเดิม คือ 83 วัน และหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีระยะเวลาการเจริญเติบโตจากวันปลูกถึงระยะ R_8 นานที่สุด คือ 105 วัน ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของกฤษฎา หงส์รัตน์ (2546) ที่พบว่า ถั่วเหลืองใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตจนถึงระยะ R_8 ยาวนานที่สุด คือ 101 วัน แต่แตกต่างจากการศึกษาของอาทิตย์ ไชโย (2548) ที่พบว่า ถั่วเหลืองใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตจนถึงระยะ R_8 ยาวนานที่สุดเท่ากับ 91 วัน สาเหตุของความแปรปรวนของการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นของถั่วเหลืองอาจเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ เช่น ปัจจัยด้านธาตุอาหารและน้ำ (ศุภชัยพิชไธสงใหม่, 2545) ซึ่งมีอิทธิพลต่อการพัฒนาการของถั่วเหลืองทำให้แตกต่างกัน

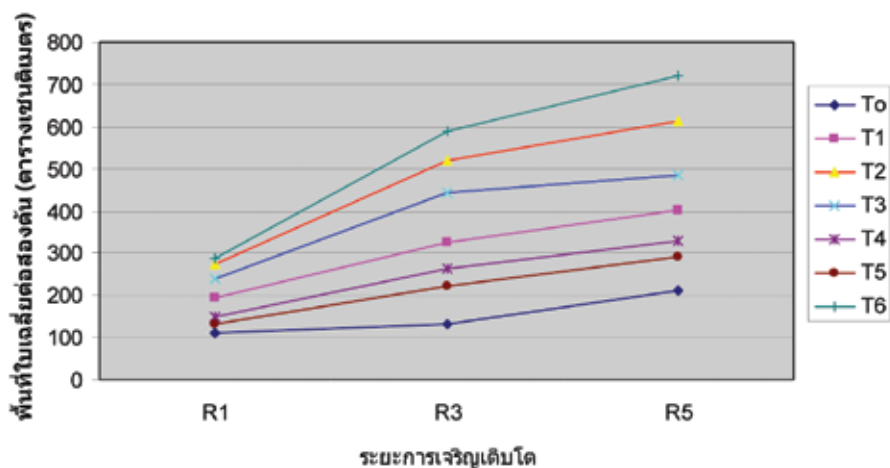
จำนวนข้อเฉลี่ยต่อต้านถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีมีจำนวนข้อต่อต้านมากที่สุด คือ 14.0 ข้อ รองลงมา คือ ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 ซึ่งมีจำนวนข้อต่อต้านเท่ากับ 13.2 ข้อ และถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองควบคุมมีจำนวนข้อต่อต้านน้อยที่สุดคือ 8.25 ข้อ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี (ภาพที่ 1) เมื่อพิจารณาหน่วยการทดลองควบคุมซึ่งมีจำนวนข้อต่อต้านที่น้อยกว่าหน่วยการทดลองอื่นๆ อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากข้อจำกัดทางด้านปริมาณธาตุอาหารที่อาจได้รับน้อยเกินไป

สำหรับความสูงเฉลี่ยต่อต้าน ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีมีความสูงต่อต้านเฉลี่ยมากที่สุด คือ 97.0 เซนติเมตร รองลงมาคือ ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีความสูงเฉลี่ยต่อต้านเท่ากับ 92.0 เซนติเมตร และถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองควบคุมมีความสูงเฉลี่ยต่อต้านน้อยที่สุด คือ 59.5 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี (ภาพที่ 1) อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านสภาพแวดล้อมซึ่งปลูกในกระถางและปริมาณธาตุอาหาร (ศุภชัยพิชไธสงใหม่, 2545)



ภาพที่ 1 จำนวนข้อต่อต้นและความสูงของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูก โดยได้รับน้ำสัปดาห์ละ 2 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 4 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 6 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 8 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 10 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 12 ลิตร

ด้านพื้นที่ใบต่อสองต้นเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นในการวัดทั้ง 3 ครั้ง โดยถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีมีพื้นที่ใบมากที่สุด อาจมีสาเหตุมาจากการให้ปุ๋ยเคมีหลังจากถั่วเหลืองงอก 20 วัน ด้วยคุณสมบัติของปุ๋ยเคมีที่ทำให้พืชมีการพัฒนาด้านพื้นที่ใบอย่างรวดเร็ว โดยในระยะ R_1 (เริ่มออกดอก มีดอกบานหนึ่งดอกที่ข้อใดข้อหนึ่งของลำต้น) ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีจะมีพื้นที่ใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 288.4 ตารางเซนติเมตร รองลงมา คือ หน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสัปดาห์ละ 2 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 4 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 6 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 8 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 10 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 12 ลิตร มีพื้นที่ใบเท่ากับ 272.6 ตารางเซนติเมตร และหน่วยการทดลองควบคุมมีพื้นที่ใบต่อสองต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 112.4 ตารางเซนติเมตร เมื่อเข้าสู่ระยะระยะ R_3 (เริ่มติดฝัก มีฝักขนาด 0.500 เซนติเมตร ที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อบนสุดของลำต้น ซึ่งมีใบพัฒนาเต็มที่) ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี มีพื้นที่ใบมากที่สุด คือ 588 ตารางเซนติเมตร รองลงมา คือ หน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสัปดาห์ละ 2 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 4 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 6 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 8 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 10 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 12 ลิตร มีพื้นที่ใบเท่ากับ 520 ตารางเซนติเมตร และหน่วยการทดลองควบคุมที่มีพื้นที่ใบต่อสองต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 132 ตารางเซนติเมตร เมื่อถั่วเหลืองเข้าสู่ระยะ R_5 (เริ่มติดเมล็ด มีเมล็ดขนาด 0.300 เซนติเมตร ในฝักที่ข้อใดข้อหนึ่ง และมีใบพัฒนาเต็มที่) แนวโน้มของพื้นที่ใบยังคงเป็นไปในทิศทางเดิม คือ ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี ยังคงมีพื้นที่ใบมากที่สุด คือ 722 ตารางเซนติเมตร รองลงมาคือหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสัปดาห์ละ 2 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 4 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 6 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 8 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 10 ลิตรหรือน้ำสัปดาห์ละ 12 ลิตร มีพื้นที่ใบเท่ากับ 614 และหน่วยการทดลองควบคุมยังคงมีพื้นที่ใบน้อยที่สุด คือ 210 ตารางเซนติเมตร (ภาพที่ 2)

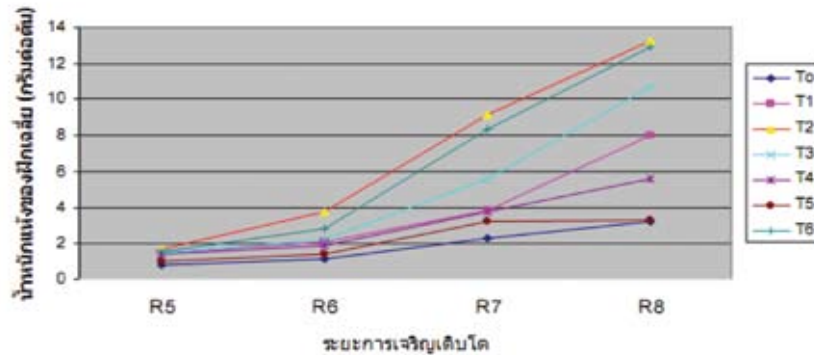


ภาพที่ 2 พื้นที่ใบเฉลี่ยต่อสองต้น (ตารางเซนติเมตร) ในระยะต่างๆ ของถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกโดยได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาใน อัตราส่วนที่แตกต่างกัน น้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ปุ๋ยเคมี และหน่วยการทดลองควบคุม

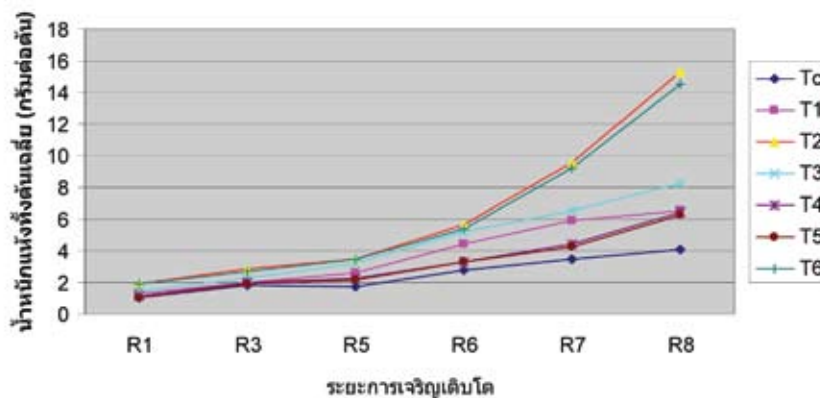
สำหรับน้ำหนักแห้งของฝักต่อต้นเฉลี่ยในระยะ R_3 ถึง R_8 (สุกแก่เต็มที่ จำนวนฝักบนลำต้น ร้อยละ 90.0 ถึง 95.0 เป็นสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งหลังจากนั้นประมาณ 5 ถึง 10 วัน สามารถเก็บเกี่ยว ถั่วเหลืองได้) ในระยะ R_3 ยังไม่สามารถวัดค่าของน้ำหนักแห้งของฝักเฉลี่ยได้ เมื่อเข้าสู่ระยะ R_5 ระยะ R_6 (เมล็ดพัฒนาเต็มที่ ต้นถั่วเหลืองมีเมล็ดสีเขียวโตเต็มที่ที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อบนสุดของ ลำต้นซึ่งมีใบพัฒนาเต็มที่) ระยะ R_7 (เริ่มสุกแก่ มีฝักใดฝักหนึ่งบนลำต้นเริ่มเป็นสีเหลือง) และระยะ R_8 พบว่า หน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีการสะสมน้ำหนักแห้งของฝักเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ หน่วยการทดลองที่ได้รับ ปุ๋ยเคมี ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับหน่วยการทดลองควบคุมที่มีการ สะสมน้ำหนักแห้งของฝักเฉลี่ยน้อยที่สุด (ภาพที่ 3) อัตราการเพิ่มของการสะสมน้ำหนักแห้งของ ฝักเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีความเด่นชัดในระยะ R_7 และมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระยะ R_8 ซึ่งมีความแตกต่างกับการศึกษาของอาทิตย์ ไชโย (2548) ที่กล่าวว่า อัตราการเพิ่มของการ สะสมน้ำหนักแห้งของฝักเฉลี่ยจะมีความเด่นชัดขึ้นในระยะ R_6 และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในระยะ R_7 และ R_8 อาจมีสาเหตุมาจากการทดลองในครั้งนี้ทดลองในช่วงฤดูฝน ทำให้ต้นถั่วเหลืองได้รับแสง ไม่เพียงพอ จึงส่งผลกระทบต่อระยะเวลาและกระบวนการสะสมน้ำหนักแห้งของฝักเฉลี่ย (ภาพที่ 3)

สำหรับน้ำหนักแห้งทั้งต้นเฉลี่ยในระยะ R_1 ถึง R_8 ในทุกระยะของการเจริญเติบโตหน่วยการ ทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีค่าน้ำหนัก แห้งทั้งต้นเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ หน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี ยกเว้นในระยะ R_1 ที่หน่วย การทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีมีค่าน้ำหนักแห้งทั้งต้นเฉลี่ยมากที่สุด และหน่วยการทดลองควบคุมมีค่า น้ำหนักแห้งทั้งต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดในทุกๆ ระยะการเจริญเติบโต (ภาพที่ 4) อาจมีสาเหตุมาจากธาตุ อาหารในปุ๋ยเคมีอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที จึงส่งผลให้ถั่วเหลืองมีการพัฒนาที่

รวดเร็ว แต่ในระยะต่อมาถั่วเหลืองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีแนวโน้มของการสะสมน้ำหนักมากกว่าถั่วเหลืองที่ได้รับปุ๋ยเคมี อาจมีสาเหตุมาจากคุณสมบัติบางประการของน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากที่ช่วยในการส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในดิน ทำให้มีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ พืชจึงมีการพัฒนาที่ช้ากว่าการปลูกด้วยปุ๋ยเคมีในระยะแรก และเนื่องจากสัดส่วนของปริมาณธาตุอาหารและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจึงส่งผลให้ถั่วเหลืองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีการสะสมน้ำหนักแห้งทั้งต้นได้มากที่สุดในระยะต่อมา สอดคล้องกับการศึกษาของอภิวรรณ พุกภักดี (2533 อ้างถึงใน กฤษฎา หงส์รัตน์, 2546) ที่กล่าวว่า การพัฒนาการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองได้รับอิทธิพลมาจากสภาพแวดล้อมและปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 น้ำหนักแห้งของฝักเฉลี่ยในระยะต่างๆ ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกโดยได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน น้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ปุ๋ยเคมี และหน่วยการทดลองควบคุม



ภาพที่ 4 น้ำหนักแห้งทั้งต้นเฉลี่ย (กรัมต่อต้น) ในระยะต่างๆ ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกโดยได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน น้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ปุ๋ยเคมี และหน่วยการทดลองควบคุม
ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

ผลผลิตต่อกระถางของถั่วเหลืองในการทดลองครั้งนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 ให้ผลผลิตต่อกระถางสูงที่สุด คือ 121 กรัม รองลงมาคือ หน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี ให้ผลผลิตต่อกระถาง 89.0 กรัม และหน่วยการทดลองควบคุมมีผลผลิตต่อกระถางน้อยที่สุดเท่ากับ 19.0 กรัม ผลผลิตต่อกระถางของหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีค่าสูงกว่าหน่วยการทดลองอื่นๆ เนื่องจากมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในด้านจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักต่อ 100 เมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของอาทิตยา ไชโย (2548) ที่กล่าวว่า เมื่อถั่วเหลืองมีน้ำหนักแห้งทั้งต้นเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ถั่วเหลืองมีผลผลิตที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ด้านจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ย พบว่าถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีจำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด คือ 58.0 ฝัก แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีที่มีจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 54.5 ฝัก สำหรับหน่วยการทดลองควบคุม มีจำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 27.8 ฝัก เปรียบเทียบกับผลการศึกษาของอาทิตยา ไชโย (2548) ที่พบว่า จำนวนฝักต่อต้นของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกในช่วงเดือนมกราคม เท่ากับ 16.5 ฝัก ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วนต่างๆ ในการทดลองครั้งนี้มีจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยมากกว่า เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม ปริมาณโลหะหนัก คุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารในดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองของการทดลองครั้งนี้อาจมีความเหมาะสมมากกว่า

สำหรับจำนวนเมล็ดต่อฝัก พบว่าจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยของถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 2.38 เมล็ด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกหน่วยการทดลอง โดยหน่วยการทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมีมีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 2.15 เมล็ด และหน่วยการทดลองควบคุม มีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 1.70 เมล็ด

ด้านน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่าในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีการสะสมของน้ำหนักแห้ง 100 เมล็ดมากที่สุด คือ 21.7 กรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี ซึ่งมีการสะสมของน้ำหนักแห้ง 100 เมล็ด รองลงมาเท่ากับ 19.0 กรัม และหน่วยการทดลองควบคุมที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของเมล็ดน้อยที่สุด เท่ากับ 9.69 กรัม (ตารางที่ 1)

ด้านการทดสอบอัตราการงอกต่อ 100 เมล็ด ของเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่าอัตราการงอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 ซึ่งมีอัตราการงอกร้อยละ 97.5 กับหน่วยการทดลองควบคุมซึ่งมีอัตราการงอกร้อยละ 83.0 และหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีซึ่งมีอัตราการงอกร้อยละ 81.0 โดยอัตราการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วนที่ต่างกัน

ได้รับน้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ได้รับปุ๋ยเคมี และหน่วยการทดลองควบคุม มีความแตกต่างกันไม่มากนัก และอยู่ในอัตราส่วนที่สูง อาจมีสาเหตุมาจากอัตราการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองไม่ได้รับผลกระทบจากการได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วนต่างๆ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ผลผลิตต่อกระถาง จำนวนผักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อผัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกโดยได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน น้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ปุ๋ยเคมี และหน่วยการทดลองควบคุม

	ผลผลิตต่อกระถาง (กรัม)	จำนวนผักต่อต้น	จำนวนเมล็ดต่อผัก	น้ำหนัก (กรัมต่อ 100 เมล็ด)
T ₀	19.0	27.8 ^d	1.70 ^e	9.69 ^d
T ₁	39.3	36.8 ^{cd}	1.91 ^{cd}	14.4 ^c
T ₂	121	58.0 ^a	2.38 ^a	21.7 ^a
T ₃	55.5	46.2 ^{bc}	2.00 ^{bc}	14.5 ^c
T ₄	24.9	31.2 ^d	1.81 ^{cde}	11.0 ^d
T ₅	19.2	28.0 ^d	1.73 ^{de}	10.6 ^d
T ₆	89.0	54.5 ^{ab}	2.15 ^b	19.0 ^b
CV (ร้อยละ)	—	13.1	6.99	7.01

ตารางที่ 2 อัตราการงอกต่อ 100 เมล็ด ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกโดยได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน น้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ปุ๋ยเคมี และหน่วยการทดลองควบคุม

อัตราการงอกต่อ 100 เมล็ด	
T ₀	83.0 ^b
T ₁	90.0 ^{ab}
T ₂	97.5 ^a
T ₃	90.5 ^{ab}
T ₄	89.5 ^{ab}
T ₅	88.5 ^{ab}
T ₆	81.0 ^b
CV (ร้อยละ)	5.88

ด้านคุณค่าทางโภชนาะ พบว่าความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีความชื้นในเมล็ดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 8.54 และหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี มีปริมาณความชื้นในเมล็ดน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 3.30 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ กฤษฎา หงส์รัตน์ (2546: 84) ที่กล่าวว่า ปริมาณความชื้นในเมล็ดจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยว โดยถั่วเหลืองที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวน้อยจะมีความชื้นในเมล็ดน้อย ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี มีการเก็บเกี่ยวก่อนถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองอื่นๆ จึงทำให้มีความชื้นในเมล็ดน้อยที่สุด ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวนานที่สุด จึงมีปริมาณความชื้นในเมล็ดมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างหน่วยทดลอง

ด้านปริมาณโปรตีนของถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีค่ามากที่สุด ร้อยละ 44.5 รองลงมาคือหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี มีปริมาณโปรตีนรองลงมาเท่ากับร้อยละ 40.9 และหน่วยการทดลองควบคุมมีปริมาณโปรตีนในเมล็ดน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 29.1 เมื่อเปรียบเทียบกับในเอกสารพันธุ์ถั่วเหลืองแห่งประเทศไทย (ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, 2543 อ้างถึงใน กฤษฎา หงส์รัตน์, 2546) ที่กล่าวว่า ปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณร้อยละ 43.8 ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีค่าใกล้เคียงกับค่าดังกล่าว

สำหรับปริมาณไขมันในเมล็ดถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองควบคุมมีปริมาณไขมันในเมล็ดมากที่สุดคือ ร้อยละ 24.2 รองลงมาคือ หน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ซึ่งมีปริมาณไขมันในเมล็ด ร้อยละ 21.5 และหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีปริมาณไขมันในเมล็ดน้อยที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 19.7 เมื่อเปรียบเทียบกับในเอกสารพันธุ์ถั่วเหลืองของประเทศไทย (ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, 2543 อ้างถึงใน กฤษฎา หงส์รัตน์, 2546) ที่กล่าวว่า ปริมาณไขมันในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จะมีค่าประมาณร้อยละ 20.0 ซึ่งการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในเมล็ดถั่วเหลืองในการทดลองครั้งนี้ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้รับ

ด้านปริมาณเยื่อใยในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จากการทดลองพบว่า ในหน่วยการทดลองควบคุมมีปริมาณเยื่อใยในเมล็ดมากที่สุด ร้อยละ 9.17 รองลงมาคือ หน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ร้อยละ 7.99 และน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีค่าน้อยที่สุดคือร้อยละ 6.07

ด้านปริมาณเถ้าจากเมล็ดถั่วเหลือง พบว่าถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองควบคุมมีปริมาณเถ้าจากเมล็ดมากที่สุดคือ ร้อยละ 2.00 รองลงมาคือหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ร้อยละ 1.37 และหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 มีปริมาณเถ้าจากเมล็ดน้อยที่สุดคือร้อยละ 0.880 เมื่อพิจารณาจากการทดลองในครั้งนี้พบว่าถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่มีปริมาณโปรตีนสูงจะมีความชื้นในเมล็ดสูง ปริมาณไขมันในเมล็ดต่ำ มีปริมาณเยื่อใยในเมล็ดต่ำ และมีเถ้าในเมล็ดต่ำด้วย (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกโดยได้รับปุ๋ยน้ำ
สกัดชีวภาพหนอนตาย หยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน
ปุ๋ยน้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ปุ๋ยเคมี และหน่วยการทดลองควบคุม

	คุณค่าทางโภชนา (Dry Matter Basis)				
	ความชื้น (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	เยื่อใย (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)
T ₀	3.66	29.1	24.2	9.17	2.00
T ₁	6.05	38.1	21.0	7.08	1.21
T ₂	8.54	44.5	19.7	6.07	0.880
T ₃	7.14	38.9	20.2	6.60	1.10
T ₄	5.01	34.7	21.2	6.50	0.920
T ₅	4.14	30.0	21.5	7.99	1.37
T ₆	3.30	40.9	20.0	6.25	0.900

ปริมาณโลหะหนัก

ด้านปริมาณโลหะหนักในดินก่อนและหลังการทดลอง พบว่าดินก่อนการทดลองเป็นดินที่ยังไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยใด ๆ ลงไป จึงทำให้ตัวอย่างดินมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ สำหรับปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในดินเมื่อเริ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 6.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 4.00:1,000 มีปริมาณตะกั่วในดินหลังจากการทดลองสูงสุดคือ 7.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 3.00:1,000 มีปริมาณตะกั่วในดินหลังจากการทดลองเท่ากับ 6.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และหน่วยการทดลองควบคุมมีค่าปริมาณตะกั่วในดินหลังการทดลองต่ำสุด คือ 2.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา (2539 อ้างถึงใน อาทิตยา ไชโย, 2548) ที่รายงานถึงระดับปกติของปริมาณตะกั่วในดิน พบว่าในทุกหน่วยการทดลองในครั้งนี้มีค่าตะกั่วไม่เกินระดับปกติ (10-30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 4)

ปริมาณแคดเมียมในดินเมื่อเริ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 1.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 4.00:1,000 มีปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในดินมากที่สุดเท่ากับ 1.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 3.00:1,000 มีปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในดินเท่ากับ 1.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีและหน่วยการทดลองควบคุมไม่สามารถหาปริมาณแคดเมียมที่เหลือในดินได้

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา (2539 อ้างถึงใน อาทิตยา ไชโย, 2548) ที่รายงานถึงระดับปกติของปริมาณแคดเมียมในดินว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.100 ถึง 2.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าปริมาณแคดเมียมที่เหลือในดินของทุกหน่วยการทดลองในครั้งนี้มีค่าไม่เกินระดับปกติ (ตารางที่ 4)

ปริมาณปรอทในดินเมื่อเริ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 4.00:1,000 มีปริมาณปรอทเหลือในดินมากที่สุดเท่ากับ 0.118 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 3.00:1,000 มีปริมาณปรอทเหลือในดินเท่ากับ 0.0730 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีไม่สามารถหาปริมาณปรอทที่เหลือในดินหลังการทดลองได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา (2539 อ้างถึงใน อาทิตยา ไชโย, 2548) ที่รายงานถึงระดับปกติของปริมาณปรอทในดินว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.100 ถึง 1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่า ปริมาณปรอทที่เหลือในดินหลังการทดลองของทุกหน่วยการทดลองในครั้งนี้มีค่าไม่เกินระดับปกติ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณโลหะหนักในดินก่อนและหลังการปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกโดยได้รับน้ำสกัดชีวภาพ หนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน น้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม ปุ๋ยเคมี และหน่วยการทดลองควบคุม

	โลหะหนักในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)					
	ตะกั่ว		แคดเมียม		ปรอท	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
T ₀	6.30	2.15	1.03	Tr.	0.30	0.005
T ₁	6.30	4.13	1.03	0.800	0.30	0.013
T ₂	6.30	5.96	1.03	0.88๗	0.30	0.019
T ₃	6.30	6.79	1.03	1.01	0.30	0.073
T ₄	6.30	7.12	1.03	1.07	0.30	0.118
T ₅	6.30	2.60	1.03	0.850	0.30	0.015
T ₆	6.30	2.35	1.03	Tr.	0.30	Tr.

เมื่อพิจารณาปริมาณโลหะหนักในดิน ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ที่มีปริมาณลดลงจากเดิมในหน่วยการทดลองส่วนใหญ่ อาจมีสาเหตุมาจากการดูดซึมของถั่วเหลือง ประกอบกับการเกิดกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ต่างๆ ในดิน หรืออาจถูกชะล้างโดยน้ำที่ไถรด หรือถูกชะล้าง

ด้วยน้ำฝน จึงส่งผลให้โลหะหนักในดินที่ใช้ในการทดลองมีค่าลดลง สำหรับในหน่วยการทดลองที่มีปริมาณโลหะหนักในดินเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้น้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยาก อาจมีสาเหตุมาจากการตกค้างของปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากที่ถั่วเหลืองในแต่ละหน่วยการทดลองได้รับและไม่สามารถดูดซึมได้หมดจึงเหลือตกค้างอยู่ในดิน

คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหาร

จากการทดลองในครั้งนี้ ด้านคุณสมบัติทางเคมีของดินเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง พบว่าดินก่อนการทดลองไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากใช้ชุดดินเดียวกัน โดยค่าความนำไฟฟ้าของดินเมื่อเริ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.150 มิลลิโหม์ต่อเซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าดินในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 4.00:1,000 มีค่าความนำไฟฟ้าสูงที่สุดเท่ากับ 0.487 มิลลิโหม์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ ดินในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 3.00:1,000 มีค่าความนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.405 มิลลิโหม์ต่อเซนติเมตร และดินในหน่วยการทดลองควบคุมมีค่าความนำไฟฟ้าเมื่อสิ้นสุดการทดลองต่ำที่สุดเท่ากับ 0.240 มิลลิโหม์ต่อเซนติเมตร ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองจะผันแปรตามปริมาณน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาที่ใช้ นั่นคือเมื่อมีอัตราการใช้ น้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาแก่ถั่วเหลืองในหน่วยการทดลองที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ดินมีแนวโน้มค่าความนำไฟฟ้าในดินเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับการศึกษาของอาทิตยา ไชโย (2548) ที่กล่าวว่า ค่าความนำไฟฟ้าในดินจะผันแปรตามปริมาณปุ๋ยที่ใช้ คือเมื่อใช้ปุ๋ยมากขึ้นจะส่งผลให้ดินมีค่าความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

สำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเมื่อเริ่มการทดลอง มีค่าเท่ากับ 5.80 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีค่าอยู่ระหว่าง 3.50 ถึง 6.00 โดยที่ดินในหน่วยการทดลองควบคุมมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงที่สุดคือ 6.00 รองลงมาคือ ดินในหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 1.00:1,000 มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 5.70 และดินในหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่ำสุดคือ 3.50 เมื่อพิจารณาพบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองดินมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากอินทรีย์วัตถุถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยาก ส่งผลให้มีกรดอินทรีย์ต่างๆ เกิดขึ้น ทำให้ดินมีความเป็นกรดสะสมสูงขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

สำหรับปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนและหลังการทดลอง พบว่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินเมื่อเริ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.207, 12.7, 92.2, 415.6, 68.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเท่ากับร้อยละ 2.17 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปริมาณธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเพิ่มขึ้นในหน่วยการทดลองที่มีการให้น้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วนต่างๆ และหน่วยการทดลองที่ได้รับน้ำสกัดชีวภาพอิมมูโนต่อน้ำธรรมดา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกฤษฎา หงส์รัตน์ (2546) ที่กล่าวว่า ปริมาณไนโตรเจนในดินหลังการทดลองในทุกหน่วยการทดลองไม่ลดลง แม้ว่าถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความต้องการไนโตรเจนค่อนข้างสูง เนื่องจากถั่วเหลืองสามารถตรึงไนโตรเจน

จากอากาศจากกระบวนการตรึงไนโตรเจน (N-fixtion) และสอดคล้องกับการศึกษาของอาทิตยา ไชโย (2548) ที่กล่าวว่าภายหลังสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณธาตุอาหารในดินมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเติมปุ๋ยลงไปดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น และถั่วเหลืองไม่สามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้หมดจึงเหลือตกค้างอยู่ในดินมากขึ้น และมีปริมาณธาตุอาหารในดินมากขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยมากขึ้น สำหรับหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีและหน่วยการทดลองควบคุมปริมาณธาตุอาหารในดินและอินทรีย์วัตถุถูกเว้นปริมาณไนโตรเจนมีค่าลดลง เนื่องจากในหน่วยการทดลองควบคุมไม่ได้มีการเติมปุ๋ยใดๆ ลงไป เมื่อถั่วเหลืองนำธาตุอาหารไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตจึงทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดลง และในหน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมี เนื่องจากพืชมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วในระยะแรก ต่อมาถั่วเหลืองมีการนำธาตุอาหารไปใช้โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมจึงทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 5)

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากต่อน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 2.00:1,000 สามารถใช้เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการปลูกถั่วเหลืองได้ โดยทำให้ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 12.0-24.0-12.0 ปริมาณ 10.0 กรัม และน้ำสกัดชีวภาพอีเอ็ม นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติในการส่งเสริมให้จุลินทรีย์ในดินทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น สำหรับข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป คือ (1) ควรนำน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากที่นำมาใช้ในการทดลองไปทดสอบปริมาณโลหะหนักเบื้องต้นเช่นตะกั่ว แคดเมียม ปรอท และสารพิษอื่นๆ เพื่อจะได้ทราบถึงอัตราการใช้ประโยชน์ที่ปลอดภัยจากความเป็นพิษของโลหะหนักและสารพิษอื่นๆ (2) ควรศึกษาธาตุอาหารรองอื่นๆ ในน้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยาก นอกเหนือจากแคลเซียมและแมกนีเซียม เช่น เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดินัม และคลอรีน เนื่องจากเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของพืช (3) ควรศึกษาถึงอิทธิพลของรูปแบบและวิธีในการให้น้ำสกัดชีวภาพหนอนตายหยากแก่ถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับกัน เช่น การราดรดโคนต้น การฉีดพ่นทางใบ และการฉีดอัดลงสู่ดิน ว่ามีผลต่อการพัฒนากระบวนการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองในด้านสมรรถภาพ ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตของถั่วเหลืองอย่างไร เพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดและสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ และ (4) ควรศึกษาถึงสารเป็นพิษที่มีอยู่ในพืชสมุนไพรหนอนตายหยากที่ถั่วเหลืองอาจดูดซึมเข้าไปในลำต้นและผลผลิต จนก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อถั่วเหลือง และต่อเนื่องตามห่วงโซ่อาหารมาถึงผู้บริโภค รวมทั้งอาจตกค้างเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณการเคหะแห่งชาติ คลองจั่น ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลอง และคณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ตารางที่ 5 ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนและหลังการทดลองปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่เตรียมมาสดักชีวกใหม่ 60 ปี และหน่วยการทดลองควบคุม ต่อมาธรรมชาติในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน นำสดักชีวกฟอสเฟต ปุ๋ยเคมี และหน่วยการทดลองควบคุม

ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนและหลังการทดลอง														
	ความนำไฟฟ้า (มิลลิโมห์/ เซนติเมตร)		ค่าความเป็น กรดเป็นด่าง (pH)	ไนโตรเจน (ร้อยละ)		ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ กิโลกรัม)	โพแทสเซียม (มิลลิกรัม/ กิโลกรัม)		แคลเซียม (มิลลิกรัม/ กิโลกรัม)		แมกนีเซียม (มิลลิกรัม/ กิโลกรัม)		อินทรียวัตถุ (ร้อยละ)	
	เริ่ม	สิ้นสุด		เริ่ม	สิ้นสุด		เริ่ม	สิ้นสุด	เริ่ม	สิ้นสุด	เริ่ม	สิ้นสุด	เริ่ม	สิ้นสุด
T ₀	0.150	0.240	5.8	6.0	0.207	0.208	12.7	10.2	416	89.9	68.7	56.0	2.17	0.820
T ₁	0.150	0.284	5.8	5.7	0.207	0.244	12.7	13.0	416	480	68.7	75.4	2.17	3.87
T ₂	0.150	0.377	5.8	5.6	0.207	0.296	12.7	24.5	416	579	68.7	108	2.17	4.44
T ₃	0.150	0.405	5.8	4.4	0.207	0.221	12.7	16.0	416	688	68.7	197	2.17	5.63
T ₄	0.150	0.487	5.8	4.2	0.207	0.235	12.7	16.7	416	733	68.7	204	2.17	6.01
T ₅	0.150	0.276	5.8	4.9	0.207	0.212	12.7	11.2	416	104	68.7	59.0	2.17	2.93
T ₆	0.150	0.362	5.8	3.5	0.207	0.210	12.7	7.19	416	80.6	68.7	59.8	2.17	0.740

บรรณานุกรม

- กฤษฎา หงส์รัตน์. 2546. การศึกษาการใช้มูลกึ่งทดแทนปุ๋ยเคมีสำหรับการผลิตถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศาสตรบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- เกศกมล เสริมวิริยะกุล. 2547. การศึกษาการใช้กากตะกอนน้ำเสียชุมชนทดแทนปุ๋ยเคมีสำหรับการผลิตถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศาสตรบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ธวัชชัย ศุภดิษฐ์. 2545. ผลกระทบของ GMOs ต่ออนามัยสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย. เอกสารวิจัยเสนอต่อคณะกรรมการส่งเสริมงานวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. 39น.
- ธวัชชัย ศุภดิษฐ์. 2546. ผลกระทบจากสารเคมีปราบศัตรูพืชต่ออนามัยสิ่งแวดล้อมและชุมชน. เอกสารวิจัยเสนอต่อคณะกรรมการส่งเสริมงานวิจัย. กรุงเทพฯ : สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. 33น.
- ธวัชชัย ศุภดิษฐ์. 2547. “น้ำสกัดชีวภาพ”. ใน บุญมา พงษ์โหมด, บรรณาธิการ. เอกสารประกอบการอบรมปฏิบัติการเสริมสร้างผู้นำชุมชนด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม. ฉะเชิงเทรา : มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์, 6 สิงหาคม 2547. 29-43.
- ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, วิโรจน์ กิตติคุณ, รุ่งจรัส หุตะเจริญ, สัณชัย จตุรสิทธิ์ และ สุทธาพันธ์ โพธิ์กำเนิด. 2545ก. การใช้รากสมุนไพรร่อนตายหยากผสมในอาหารและมูลไก่เพื่อควบคุมหนอนแมลงวัน. I. สมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากของไก่. วารสารแก่นเกษตร. 30 (2) : 129-136.
- ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, วิโรจน์ กิตติคุณ, รุ่งจรัส หุตะเจริญ, สัณชัย จตุรสิทธิ์ และ สุทธาพันธ์ โพธิ์กำเนิด. 2545ข. การใช้รากสมุนไพรร่อนตายหยากผสมในอาหารและมูลไก่เพื่อควบคุมหนอนแมลงวัน. II. พัฒนาการของหนอนแมลงวัน. วารสารแก่นเกษตร 30 (2): 137-145
- ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ และ ละอองดาว แสงหล้า. 2546. การผลิตถั่วเหลืองอินทรีย์ : ทางเลือกเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์. 43 (4) : 53-78.
- ศุภนิวิชัยพีชไร่เสียงใหม่. 2545. อ้างโดย กฤษฎา หงส์รัตน์. 2546. การศึกษาการใช้มูลกึ่งทดแทนปุ๋ยเคมี สำหรับการผลิตถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศาสตรบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- สุทธาพันธ์ โพธิ์กำเนิด. 2544. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สมุนไพรร่อนตายหยากผสมอาหารไก่เพื่อควบคุมปริมาณหนอนแมลงวันในมูลไก่. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.
- อาทิตยา ไชโย. 2548. การศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไก่เนื้อรวมวัสดุรองพื้นอัดเม็ดทดแทนปุ๋ยเคมี สำหรับการผลิตถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- Ferh, W.R. and C.E. Caviness. 1977. Stage of Soybean Development. Iowa Coop. Ext. Service, Iowa Agric. Home. Exp. Stn. Spec. Rep. 80. Iowa State University., Ames. IA.

- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. **Statistical Procedures for Agricultural Research**. 2nd Edition. John Wiley and Sons Publication, New York, USA.
- ISTA Rules. 1985. **International Seed Testing Association Rules**. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- SAS. 1996. **User's Guide, Version 6.12**. SAS Institute, Cary, N.C., USA.