



เรื่อง

ผลของการใช้ธาตุเหล็กทางใบที่มีต่อการเจริญเติบโต
ของถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 เมื่อปลูกในดินเหนียวสีดา

The Effect of Foliar Application of Iron on the Growth
of Khonkean 60-3 Peanuts Grown in a Calcareous Soil.



โดย

นางสาวสุนธิกา นิเวศชนะ

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เพื่อความสมบูรณ์แห่งวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2536

๗๗.
๘๗๔๘๗

๑๕๓๖

เลขทะเบียน 99605
วันเดือนปี 16 JUN 2009

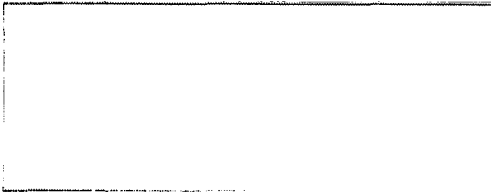


ผลของการให้ธาตุเหล็กทางใบที่มีต่อการเจริญเติบโต
ของถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 เมื่อปลูกในดินเหนียวสีดา

The Effect of Foliar Application of Iron on the Growth
of the Kornkhan 60-3 peanut Grown in a Calcareous Soil.

โดย

นางสาวสุนธิกา นิเวศธนะ



(ดร.เทียนชัย สุวรรณเวช)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วรรตม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ ๑๑ เดือน ๑๒ พ.ศ. ๓๗.....

๑๒๗.
๘๗๔๘๗
๒๕๓๖



	หน้า
สารบัญตาราง	ii
สารบัญภาพ	iii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	13
ผลการทดลองและวิจารณ์	16
สรุปผลการทดลอง	40
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	44

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของตัวลิสงเมื่ออายุ 1 เดือน	18
2	ค่าเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของตัวลิสงก่อนเก็บเกี่ยว	20
3	ค่าเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของตัวลิสง	24
4	ค่าเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำเฉลี่ยในต้นตัวลิสง	26
5	ค่าเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเฉลี่ยในต้นตัวลิสง	30
6	ค่าเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในต้นตัวลิสง	32
7	ค่าเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสเฉลี่ยในต้นตัวลิสง	36
8	ค่าเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในต้นตัวลิสง	38

สารบัญตารางภาคผนวก

1	ผลการวิเคราะห์ดิน	45
2	แสดงความสูงของต้นตัวลิสงเมื่ออายุ 1 เดือน	46
3	แสดงความสูงของต้นตัวลิสงก่อนเก็บเกี่ยว	47
4	แสดงน้ำหนักแห้งของต้นตัวลิสง	48
5	แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำในต้นตัวลิสง	49
6	แสดงเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นตัวลิสง	50
7	แสดงปริมาณไนโตรเจนในต้นตัวลิสง	51
8	แสดงเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นตัวลิสง	52
9	แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในต้นตัวลิสง	53

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปรียบเทียบความสูงของต้นถั่วลิสงเมื่ออายุ 1 เดือน ในระหว่างตำรับการทดลองต่างๆ	19
2	การเปรียบเทียบความสูงก่อนเก็บเกี่ยวของต้นถั่วลิสงใน ระหว่างตำรับการทดลองต่างๆ	21
3	แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของต้นถั่วลิสงระหว่าง ตำรับการทดลองต่างๆ	25
4	แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำในต้นถั่วลิสงระหว่าง ตำรับการทดลองต่างๆ	27
5	แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นถั่วลิสงระหว่าง ตำรับการทดลองต่างๆ	31
6	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วลิสงระหว่าง ตำรับการทดลองต่างๆ	33
7	แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นถั่วลิสงระหว่าง ตำรับการทดลองต่างๆ	37
8	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสในต้นถั่วลิสงระหว่าง ตำรับการทดลองต่างๆ	39

คำนิยม

ข้าพเจ้าผู้จัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ขอขอบพระคุณ ดร.เทียนชัย สุวรรณเวช อาจารย์ภาควิชาปรัชญา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดมา จนปัญหาพิเศษนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณนุจรี บุญแปลง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการปรัชญา ที่ให้ความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ช่วยในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ตลอดจนสำนักวิจัยและบริการทางคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องคอมพิวเตอร์ ตลอดจนเพื่อนๆ ภาควิชาปรัชญาที่คอยช่วยเหลือ และภาควิชาอื่นๆ ที่ให้กำลังใจ ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

อนึ่งในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีก็ด้วยความอนุเคราะห์กำลังทุนทรัพย์ช่วยสนับสนุนการศึกษาจาก คุณมิตา มารดา และคอยเป็นกำลังใจมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ ที่นี้.

บทคัดย่อ

ในการทดลองปลูกพืชในกระถางโดยใช้ถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 ในดินเหนียวสีดา ชุดค่าสถิติ โดยการวางแผนการทดลองแบบ Random Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ ต่ำรับการทดลองประกอบด้วย Control, ใส่ปุ๋ย N-P-K, ใส่ปุ๋ย N-P-K + ฉีดพ่น FeSO_4 3 ครั้ง, ใส่ปุ๋ย N-P-K + ฉีดพ่น FeSO_4 5 ครั้ง, ใส่ปุ๋ย N-P-K + ฉีดพ่น FeSO_4 7 ครั้ง, ใส่ปุ๋ย N-P-K + ฉีดพ่น FeSO_4 9 ครั้ง และใส่ FeSO_4 ทางดินโดยทำการบันทึกข้อมูลตัวเลข ในระหว่างทำการทดลอง หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วได้เก็บตัวอย่างพืชมาวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลตัวเลขในทางสถิติแล้ว ปรากฏว่าความสูงของต้นถั่วลิสงเมื่ออายุ 1 เดือนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเนื่องจากปริมาณเหล็กที่ต้นถั่วได้รับในระยะแรก ยังไม่สามารถทำให้อัตราในการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกัน ความสูงของถั่วลิสงก่อนการเก็บเกี่ยว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยต่ำรับการทดลองที่ฉีดพ่นทางใบ 3 ครั้งสูงกว่า ต่ำรับการทดลองอื่นๆ ซึ่งผลที่ได้นั้นแปรปรวนอาจเนื่องมาจากการเข้าทำลายของโรคราและแมลงศัตรูพืช เปอร์เซ็นต์น้ำเฉลี่ยในต้นถั่วลิสงไม่มีความแตกต่างกันทุกต่ำรับการทดลอง ส่วนน้ำหนักแห้งของถั่วลิสงนั้น ต่ำรับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้งและ 9 ครั้งมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าต่ำรับการทดลองอื่นๆ ซึ่งการฉีดพ่นเหล็กทางใบดีกว่าทางดิน โดยพืชสามารถนำเหล็กไปใช้ได้ทันที เพราะการใส่เหล็กทางดินอาจทำให้เหล็กอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช สำหรับเปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจนของต้นถั่วลิสงต่ำรับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้งและ 9 ครั้งมีค่าสูงกว่าต่ำรับการทดลองอื่นๆ เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสมีความแตกต่างกันโดยต่ำรับการทดลองที่ใส่เหล็กทางดินมีค่าสูงกว่าต่ำรับการทดลองอื่นๆ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสนั้นทุกต่ำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ซึ่งไม่สามารถอธิบายถึงสาเหตุที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากการเจริญเติบโตของต้นถั่วลิสงใกล้เคียงกัน

ดังนั้นจากผลการทดลองสรุปได้ว่า ในการแก้ไขอาการขาดธาตุเหล็กและพบว่าการฉีดพ่นเหล็กทางใบสามารถแก้ไขอาการขาดธาตุเหล็กได้ดีกว่าให้ธาตุเหล็กทางดิน โดยการฉีดพ่นเหล็ก 3 ครั้ง มีแนวโน้มของอัตราการฉีดพ่นที่ดีกว่าต่ำรับการทดลองอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามไม่สามารถสรุปผลอย่างแน่ชัดลงไปถึงจำนวนและปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ FeSO_4 ฉีดพ่นทางใบให้กับถั่วลิสง จึงสมควรที่จะมีการทำการค้นคว้าวิจัย ต่อไป.

กานา

ในบรรดาพืชเศรษฐกิจที่สำคัญๆหลายชนิดของไทย ถั่วลิสงนับเป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมและปลูกกันอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพราะเป็นพืชที่ปลูกง่าย อายุการเก็บเกี่ยวสั้น และมีการปฏิบัติดูแลรักษาไม่ยุ่งยากเมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น เช่นข้าวและพืชไร่ต่างๆ ผลผลิตของถั่วลิสงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายประการ ทั้งในรูปแบบโรคสด อุตสาหกรรมอาหาร และผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆโดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำมันถั่วลิสง ซึ่งมีคุณภาพดีเช่นเดียวกับน้ำมันจากถั่วเหลือง นอกจากนี้กากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันก็ใช้เป็นอาหารสัตว์หรือทำปุ๋ยได้รวมทั้งลำต้นของเปลือกและฝักก็ใช้บำรุงดินได้ดี เนื่องจากสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยการทำงานของ bacteria ที่อาศัยอยู่ในปมรากได้ดีพอสมควรจะทำให้ปริมาณไนโตรเจนและอินทรีย์วัตถุสูงขึ้นอันเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ทำการปลูกร่วมหรือพืชที่ปลูกตามมาทีหลัง แต่อย่างไรก็ตามการผลิตถั่วลิสงของประเทศไทย ยังมีปัญหาทางด้านวิชาการ การตลาดและการปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตให้เป็นไปตามความต้องการของตลาดได้เนื่องจากปัจจัยหลายด้านไม่ว่าจะเป็น ชนิดของพันธุ์ที่ปลูก สภาพต่างๆของพื้นที่ปลูก ตลอดจนสภาพภูมิอากาศ โรคแมลงและการขาดธาตุอาหารต่างๆ ซึ่งผู้จัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญ ในส่วนนี้โดยเน้นถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีความสำคัญโดยตรงกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสงโดย ได้ทำการทดลองกับถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 เป็นพันธุ์ที่ปรับปรุงขึ้นมาใหม่โดยกรมวิชาการเกษตร เพื่อทดสอบถึงปริมาณจุลธาตุอาหารเหล็ก (Fe) ที่ถั่วลิสงต้องการเนื่องจากยังไม่มีข้อมูลสรุปที่แน่นอนซึ่งก็ได้มีการทดลองมาบ้างพอสมควรแต่ก็ยังไม่ได้ข้อมูลสรุปหรือวิธีการแก้ไขปัญหาคขาดธาตุเหล็กที่ถาวร ดังเช่น การใส่ $FeSO_4$ นีตพ่นทางใบมีความเข้มข้นประมาณ 0.5% ผสมสารจับใบ 0.2%สามารถแก้ไขอาการขาดและเพิ่มผลผลิตได้แต่ไม่สามารถแก้ไขอาการ Chlorosis ได้อย่างถาวร(สุวพันธ์ และคณะ 2528) หรือแม้กระทั่งการใส่ $FeSO_4$ ทางดินก็จะต้องใช้อัตราสูงถึง 100 กิโลกรัม/ไร่ (ชัยพฤกษ์และคณะ 2529) ซึ่งมีอัตราสูงและค่าใช้จ่ายสูงมาก ฉะนั้นปัญหาพิเศษฉบับนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาข้อสรุปในการแก้ไขปัญหาคขาดธาตุเหล็กและความต้องการธาตุเหล็กที่แน่นอนของถั่วลิสงและเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าต่อไป.

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบการให้ธาตุเหล็ก (FeSO_4) ทางใบและทางดินกับถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 ที่แสดงอาการเหลืองซีด เนื่องจากขาดธาตุเหล็กในดินเหนียวสีดาควบคุมกับการให้น้ำ N, P, K
2. เพื่อศึกษาผลการเจริญเติบโตของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวสีดาชุดตาคลี ที่ฉีดพ่นปุ๋ยเหล็ก ทางใบในอัตราต่างๆกัน
3. เพื่อศึกษาจำนวนครั้งและระยะเวลาในการฉีดพ่นเหล็กทางใบ ของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวสีดาชุดตาคลี
4. เพื่อศึกษาผลของการฉีดพ่นปุ๋ยเหล็กทางใบ และทางดินที่มีต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้นถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 ที่ปลูกในดินเหนียวสีดาชุดตาคลี

การตรวจเอกสาร

ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) เป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งซึ่งมีการเพาะปลูกทั้งในสภาพดินไร่และดินนาของทุกภาคของประเทศประมาณ 772,000 ไร่ ผลผลิตที่ได้ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 97.6 ใช้บริโภคภายในประเทศที่เหลือประมาณร้อยละ 2.4 ส่งเป็นสินค้าออก (ชวาลวุฒิ ,2533)ผลผลิตร้อยละเฉลี่ยของประเทศไทยได้ 211 กก./ไร่ ซึ่งต่ำกว่าผลผลิตของอีกหลายประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2535)ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ถั่วลิสงสามารถปลูกได้ในดินทั่วไปตั้งแต่ดินเหนียวจนถึงดินทราย แต่ดินที่ปลูกแล้วให้ผลผลิตสูงมักจะเป็นดินร่วนหรือดินร่วนเหนียวปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีหน้าดินลึกมีการระบายน้ำดี หน้าดินไม่ควรแน่นหรือแข็งเมื่อแห้ง โดยเฉพาะในระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ดินควรออกฤทธิ์เป็นกรดอ่อน (Soil pH 5.5-6.5)ซึ่งเป็นช่วงที่ธาตุอาหารพืชในดินอยู่ในสภาวะสมดุลเหมาะสมและเป็นประโยชน์ต่อถั่วลิสงมากที่สุด ปัจจัยที่เป็นสิ่งจำกัดของถั่วลิสงในปัจจุบันนอกจากสภาพของอากาศ ,พันธุ์ของถั่วลิสง ,โรคและแมลงและอื่นๆแล้วปัญหาเกี่ยวกับดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์ของดินอาจเป็นปัจจัยที่จำกัดผลผลิตของถั่วลิสงอย่างหนึ่งที่สำคัญมากดังเช่น

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ค่า pH ของดินเป็นค่าบ่งชี้ถึงสภาวะความเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารพืชในดินทั้งในรูปที่มีอยู่เดิมในดิน และในรูปของปุ๋ยที่ใส่ pH ที่เหมาะสมสำหรับปลูกถั่วลิสงในดินทรายและดินร่วนทรายคือ pH 5.5 และ 6 ตามลำดับ(De Geus, 1973) pH ในช่วงนี้ธาตุอาหารพืชแทบทุกชนิดละลายออกมาให้พืชใช้ได้ ดินที่เป็นกรดจัด (pH < 5.0)ธาตุอาหารพืชพวก P, Ca, Mg, และ Mo จะละลายออกมาให้พืชใช้ได้น้อยจะต้องปรับปรุงโดยการใส่ปูนขาวหรือหินปูนบด ดินยิ่งเป็นกรดจัดอาจมี Al ละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อถั่วลิสงทำให้ถั่วลิสงติดบวมช้ากว่าปกติพืชจะแสดงอาการขาด N และ P ชักการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง การใส่ปูนขาวแก่ถั่วลิสง นอกจากช่วยลดความเป็นพิษของ Al แล้วยังช่วยให้ธาตุอาหาร P และ Mo ละลายเป็นประโยชน์ต่อถั่วลิสงเพิ่มขึ้น (Suthipradit, 1988)

ดินที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง (pH 7.0) อาจทำให้ถั่วลิสงได้รับธาตุอาหารปริมาณน้อยบางตัว ไม่เพียงพอเช่น เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn) ละลายเป็นประจักษ์ต่อพืช น้อยลงโดยเฉพาะ เหล็กพบว่าถั่วลิสงที่ปลูกในเหนียวสีชมพูตาคี มีอาการเหลืองซีด (Chlorosis) และผลผลิตลดลงเนื่องจากการขาดธาตุเหล็ก (Division of Agricultural Chemistry, 1966; ชัยฤกษ์และคณะ, 2527; สุวพันธ์และคณะ, 2528 ข)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุในดิน นอกจากจะเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารพืชหลายชนิดแล้วยังทำให้คุณสมบัติของดินทั้งทางเคมีและทางกายภาพดีขึ้น ทำให้ดินมีการดูดซับและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชและน้ำได้ดี ช่วยชะลอหรือต้านทานการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของดินอย่างรวดเร็ว ช่วยลดความเป็นพิษของแร่ธาตุบางชนิดเช่น Al, Fe, Mn ดังที่ได้พบในดินเหนียวสีแดงกรดจัด การเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ทำให้ได้โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยมูลสัตว์ ปุ๋ยพืชสด หรือปุ๋ยหมักจากตอซังหรือเศษซากพืชในกรณีที่ดินเป็นกรดจัด การเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินจะช่วยทำให้การใส่ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ออร์พินและคณะ (2532) รายงานว่า สำหรับดินร่วนทรายกรดจัด ในทุ่งกุลาร้องไห้ จังหวัดร้อยเอ็ด การใส่ปุ๋ยหมักจากถั่วลิสงร่วมกับปุ๋ย N-P-K สามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการใส่ปุ๋ย NPK อย่างเดียวอย่างชัดเจนกล่าวได้ว่า ดินทรายมีอินทรีย์วัตถุต่ำ มีความจุในการดูดซับธาตุอาหารน้อย การใส่ปุ๋ยเคมี อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร ควรหาทางเพิ่มอินทรีย์วัตถุ เพื่อความสามารถในการผลิตของดิน หรือประสิทธิภาพในการใส่ปุ๋ยเคมี ปัญหาของวัสดุอินทรีย์หรือปุ๋ยอินทรีย์อยู่ ที่การจัดการคืออาจต้องใช้เวลาในปริมาณค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีร่วมกัน น่าจะเพิ่มผลผลิตได้ดีในระยะยาว

ความชื้นในดิน

ถึงแม้ว่าถั่วลิสงเป็นพืชที่ค่อนข้างทนแล้งเมื่อเทียบกับพืชไร่อื่นๆ แต่การขาดน้ำในระยะสำคัญ เช่นในช่วงการออกดอกและการลงฝักสร้างเมล็ด จะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก การใส่ปุ๋ยบำรุงดินจะได้ผลลดลงถ้ามีการขาดน้ำในช่วงสำคัญนี้ ความต้องการปุ๋ยและปริมาณปุ๋ยที่ลดลง (สุวพันธ์และคณะ, 2532) รายงานว่า ถั่วลิสงจะตอบสนองการใส่ปุ๋ยเคมีน้อยลง เมื่อปลูกในดินไร่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีฝนน้อยกว่า 1200 มม./ปี และการตอบสนองต่อปุ๋ยจะมีมากขึ้น เมื่อปลูก

ในเขตที่มีฝนเพิ่มขึ้น ดังนั้นความต้องการปุ๋ยและปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้อาจขึ้นกับปริมาณและการกระจายของฝนด้วย

ปริมาณแร่ธาตุในดิน

ระดับธาตุอาหารพืชในดิน เป็นข้อมูลที่บ่งถึงสภาวะความสมบูรณ์ของดินได้ทางหนึ่ง ปริมาณธาตุอาหารพืชในดินจะขึ้นกับ วัสดุต้นกำเนิดดิน ความจุของดินในการเก็บรักษาธาตุอาหาร และการจัดการทางดิน ซึ่งได้แก่ การใส่ปุ๋ย การเลือกกระบวนการปลูกพืช ฯลฯ การวิจัยเรื่องการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินมุ่งถึงเรื่องการใส่ปุ๋ย ทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ธาตุอาหารปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ

ปัจจุบันการวิจัย และการใส่ปุ๋ยประเภทธาตุรองและธาตุปริมาณน้อยยังอยู่ในวงจำกัด อาการขาดธาตุรองและธาตุปริมาณน้อยในถั่วลิสง พบในดินบางแห่งเช่นดินที่เป็นกรดจัดหรือเป็นด่าง ดินที่เป็นทรายหรือดินที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มากเกินไป เป็นต้น เนื่องจากพืชใช้ธาตุอาหารเหล่านี้ในปริมาณน้อย การตอบสนองต่อธาตุรองและธาตุปริมาณน้อยจะเกิดขึ้นเมื่อถั่วลิสงได้รับธาตุอาหารเพียงพอแล้วทั้งนี้เนื่องจากพืชมีความต้องการธาตุเหล่านี้น้อยกว่ามาก

ธาตุอาหารเสริมในดิน

คำว่า จุลธาตุ (Trace element or rare earth) ในด้านที่เกี่ยวข้องกับการดูใช้ธาตุอาหารพืช หมายถึง ธาตุที่พืชดูดจากดินขึ้นไปสะสมในพืชในปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับธาตุอาหารพืชหลักชนิดอื่นๆ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโบรตัสเซียม จุลธาตุที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโตของพืชที่เรียกว่า " จุลธาตุอาหาร " หรือ "ธาตุอาหารเสริม" (micronutrients) ได้แก่ ธาตุ Fe, Mn, Zn, Mo, Cl (ปิยะ, 2526) รูปธาตุอาหารเสริมของพืชอาจแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยพิจารณาจากรูปที่พืชดูดขึ้นไปใช้โดยทางรากคือ กลุ่มไอออนประจุบวก ได้แก่ Fe, Mn, Zn, Cu กับกลุ่มอนุมูลประจุลบ ได้แก่ B, Mo และ Cl (ชัยฤกษ์, 2529)

แหล่งกำเนิดและปริมาณการกระจายของธาตุอาหารเสริมประจุบวกในดิน

แหล่งกำเนิดของธาตุอาหารเสริมประจุบวกในดินที่สำคัญมี 2 แหล่งคือ จากต้นกำเนิดดินและอินทรีย์วัตถุ แหล่งกำเนิดของธาตุอาหารเสริมมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินได้แก่ แร่สามัญทั้งหลายที่มี

ธาตุอาหารเสริมเป็นองค์ประกอบ

ไพบูลย์ (2519) รายงานไว้ว่า เมื่อวัตถุต้นกำเนิดดินผุพังสลายตัวโดยกระบวนการสร้างดิน (Soil forming process) จะปลดปล่อยธาตุอาหารเสริมออกมาแพร่กระจายปะปนในดิน ใน 4 ลักษณะ คือ

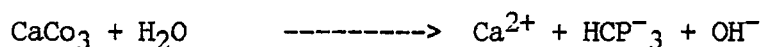
1. การกระจายปะปนในอนุภาคขนาดทรายและขนาดทรายแป้ง
2. สะสมในอนุภาคดินเหนียว
3. สะสมในรูปออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ของเหล็ก
4. สะสมอยู่กับอินทรีย์วัตถุในดิน

ชนิดและปริมาณธาตุอาหารเสริมที่พบในดินโดยทั่วไป มีความสัมพันธ์โดยตรงกับชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน เนื่องจากธาตุอาหารเสริมเป็นองค์ประกอบของเปลือกโลกที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดของดินชนิดนั้นๆ (Krauskopf, 1972) การที่ดินมีปริมาณธาตุอาหารเสริมแปรปรวนต่างกัันนั้น ก็เนื่องมาจากความแตกต่างของชนิดและปริมาณวัตถุต้นกำเนิดดิน รวมถึงกระบวนการเกิดดินได้แก่ การเคลื่อนย้าย การชะล้าง กักขังการพินหน้าดิน การแพร่กระจายในหน้าตัดดิน รวมถึงปัจจัยด้านปฐพีวิทยา (Pedogenic factors) ที่ซับซ้อน ได้แก่ กระบวนการเกิดศิลาแลง (Laterization) ขบวนการสะสมปูน (Calcification) ขบวนการสะสมเกลือที่มีฤทธิ์เป็นกลาง (Neutral salt) ขบวนการ Podzolization และ Salinization เป็นต้น (Beeson และ Matron, 1976; Allaway, 1968; Kubote และ Allaway, 1972) ปริมาณธาตุอาหารเสริมที่พบในดินแต่ละชนิดในดินมีช่วงปริมาณที่ต่างกัันมากตามลำดับจากมากไปน้อยคือ Fe, Mn, Zn และ Cu (Mitchell, 1964 ; ชัยฤกษ์, 2529) โดยทั่วไปปริมาณธาตุอาหารเสริมที่พบในดินแต่ละชนิดในดินมีความแปรปรวนต่างกัันมาก กล่าวคือ ธาตุเหล็ก (Fe) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 10,000-100,000 ส่วนในล้าน แมงกานีส (Mn) 20- 3,000 ส่วนในล้าน สังกะสี (Zn) 10-300 ส่วนในล้าน ทองแดง (Cu) 10-80 ส่วนในล้าน (Mitchell, 1984) เนื่องจากปริมาณที่พบในดินดังกล่าวมีความต่างกัันมากจึงมีนักวิทยาศาสตร์บางท่านเสนอว่า ช่วงธาตุอาหารที่ควรพิจารณาว่าเป็นธาตุอาหารเสริม ควรจะมีเฉพาะ Zn และ Cu เท่านั้น อย่างไรก็ตามการที่เราจัดเอา Fe และ Mn เข้าไปรวมด้วยนั้นก็เนื่องจากว่าโดยทั่วไปธาตุทั้งสองชนิดมีความสามารถในการละลายได้

านดินต่ำ นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยเมื่อเทียบกับธาตุอาหารหลัก (Knezek และ Ellis, 1980) โดยทั่วไปธาตุอาหารเสริมประจุบวกในดินจะมีความแปรปรวนแตกต่างกันมากและการขาดธาตุอาหารเสริมของพืชมักพบในดินหยาบหรือละเอียดเกินไป ดินที่เป็นกรดหรือเป็นด่างมากเกินไป หรือดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากเกินไป ทั้งนี้เพราะปริมาณความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารเสริมในดินจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆหลายอย่างได้แก่ ชนิดของเนื้อดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน การระบายน้ำของดิน สภาพเพิ่มและลด O_2 ของดิน กิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เป็นต้น

ดินแคลคาเรียส (Calcareous soil)

ดินแคลคาเรียสเป็นดินต่างที่มี $CaCO_3$ สะสมอยู่ในรูปแร่ ปูนอาจสะสมอยู่ในชั้นดินบางชั้นหรือปรากฏอยู่ตลอดทั้งรูปแร่ของดินก็ได้ ดินแคลคาเรียสเป็นดินที่มีแคลเซียมแมกนีเซียมคาร์บอเนตอยู่สูงถึง 60-70 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักดิน (Seatz and Peterson, 1964; Briones, 1973) ดินแคลคาเรียสมักพบในเขตแห้งแล้งซึ่งมีน้ำน้อย แคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนต จะสะสมอยู่ในดินไม่ถูกชะล้างออกไปจากรูปแร่ของดินอย่างไรก็ตามบริเวณที่ไม่ใช่แถบแห้งแล้งแต่มีระดับน้ำใต้ดินตื้นและน้ำใต้ดินมีแคลเซียมคาร์บอเนตละลายอยู่มาก แคลเซียมคาร์บอเนตอาจถูกเคลื่อนย้ายขึ้นมาสะสมในดินบนด้วยแรง Capillary และ เมื่อทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์จะตกตะกอนเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตสะสมในดินเกิดเป็นดินแคลคาเรียส เช่นดินบางบริเวณของประเทศไทย (ไพฑูริย์, 2528) ปัญหาที่มักพบในดินแคลคาเรียสคือ ปัญหาเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช กล่าวคือ ความเป็นประโยชน์ของ P, K, Zn, Fe, และ Cu ต่อพืชต่ำ เนื่องจากดินมี pH สูง มีปฏิกิริยาเป็นด่าง การสูงขึ้นของ pH ของดินเนื่องจากดินมีแคลเซียมคาร์บอเนตสะสมอยู่มากเมื่อแคลเซียมคาร์บอเนตไฮดรอลิซจะให้ OH^- ไอออนดังสมการ

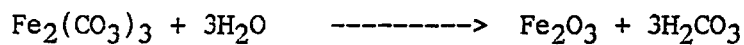
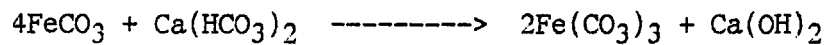
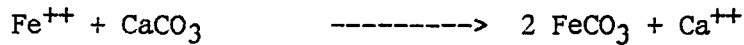


ถ้าดินมีคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่มาก จะทำให้ pH ของดินแคลคาเรียสของดินสูงขึ้นไม่มาก ความเป็นประโยชน์ของเหล็กต่อพืชในดินแคลคาเรียสต่ำ เนื่องมาจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งดังนี้คือ

1. ดินแคลคาเรียสมีคาร์บอนไดออกไซด์สะสมมากกว่าปกติ เมื่อพืชได้รับไอออนนี้มากทำให้ pH ของสารละลายใน cell พืชสูงเกินไป เป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมที่พืชจะไปใช้ประโยชน์จากเหล็กที่รากดูดได้

2. ในสภาพดินที่เป็นต่าง เช่นนี้ เหล็กละลายได้น้อยอยู่แล้ว แม้บางส่วนซึ่งเป็นเหล็กคีเลตก็ถูกแคลเซียมไวออนซึ่งมีอยู่มาก เข้าไปใส่ที่แล้วยึดเกาะแทนนินสารคีเลตนั้นพืชจึงได้รับเหล็กน้อยเกินไปจนเกิดความขาดแคลน

Fe^{++} ถูกเปลี่ยนมาอยู่ในรูป Fe_2O_3 ดังสมการ



ธาตุเหล็ก (Iron - Fe)

เหล็กเป็นธาตุที่มีปริมาณมากเป็นอันดับ 3 ที่พบอยู่ตามผิวโลกทั่วไปแต่การที่พืชขาดธาตุเหล็กก็เพราะว่า มีปัจจัยหลายอย่างที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของเหล็กนี้ Gris ได้เป็นผู้ที่พิสูจน์ว่าเป็น essential element ในปี ค.ศ. 1844 สารประกอบเหล็กในดินส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบอยู่ในแร่ต่างๆ ซึ่งละลายน้ำยาก ได้แก่ แร่ไบรโอไทต์ (เหล็กไมกา) แร่พวกเฟอโรแมกนีเซียม (แอมไฟโรล) ซึ่งสลายตัวง่ายเนื่องจากเหล็กที่เป็นองค์ประกอบอยู่ถูกออกซิไดซ์ได้เร็ว เมื่อกระบวนการสลายตัวของแร่ต่างๆ เกิดนานเข้า เหล็กจะปรากฏอยู่ในแร่ดินเหนียวซิลิเกตชนิดต่างๆ หากดินมีอายุยืนนานขึ้น แร่ดินเหนียวซิลิเกตเหล่านั้นจะผุพังกลายเป็นออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม แต่การที่พืชเกิดขาดเหล็กขึ้นได้นั้น ก็เนื่องจากเหล็กที่อยู่ในรูปของ oxides ต่างๆ เหล่านี้ไม่ละลายน้ำและไม่เป็นประโยชน์แก่พืช โดยเฉพาะเมื่อดินมี pH สูงหรือมี $CaCO_3$ มากหรือดินที่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตมากเกินไป เหล็กจะทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตและตกตะกอนหมดยากแก่การที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในสภาพเช่นนี้ พืชอาจแสดงอาการขาดธาตุเหล็กได้ นอกจากนั้นถ้าดินมีธาตุ Mn, Ca และ Cu อยู่มากเกินไปจะทำให้พืชดูดเอาเหล็กเข้าไปยาก (Antagonism) และมีผลทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุเหล็กได้ เหล็กที่อยู่ในรูปของ Ferrous (Fe^{2+}) พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่าในรูปของ Ferric (Fe^{3+}) แต่ ferrous oxides ถ้ามีอยู่ในดินจำนวนมากจะเป็นพิษแก่พืชที่ปลูกได้ ดังนั้นการที่ดินมีการระบายน้ำไม่ดี การถ่ายเทอากาศไม่ดี มักทำให้เกิดมีสารพวก ferrous oxides ขึ้นและเมื่อสะสมอยู่เป็นจำนวนมากก็จะเกิดเป็น

พืชกับพืชที่ปลูกได้

ธาตุเหล็ก(Fe) เป็นองค์ประกอบที่อยู่ในเอนไซม์ หลายชนิดเช่น cytochrom, catalase, dipeptidase และอื่นๆอีกมากมาย ทำหน้าที่เป็นตัว Catalyst ในขบวนการต่างๆหลายอย่างในพืช โดยเฉพาะขบวนการที่เกี่ยวข้องกับ oxidation และ reduction เช่นขบวนการ respiration, photosynthesis ขบวนการ reduction ของ nitrate, sulfate มีบทบาทสำคัญในการสร้าง คลอโรฟิลล์ เป็นอย่างมาก ถึงแม้ว่าเหล็กจะไม่ได้เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของ คลอโรฟิลล์ก็ตาม หากขาดธาตุเหล็กแล้วการสร้างคลอโรฟิลล์จะหยุดชะงักทันที และยิ่งช่วยในการดูดธาตุอาหารอื่นๆอีกด้วย

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขาดธาตุเหล็กของพืช คือ (1) พันธุกรรมของพืช พืชต่างชนิดกันย่อมมีความสามารถในการดูดเหล็กไปใช้ได้แตกต่างกัน เช่น ถั่วเหลือง, ถั่วลิสง แสดงอาการขาดเหล็กเมื่อข้าวโพด, oats, clover และ alfalfa ซึ่งปลูกบนดินเหนียวชนิดเดียวกันยังไม่แสดงอาการขาดเหล็ก ดังนั้นวิธีการแก้ไขการขาดเหล็กอีกอันหนึ่งก็คือการผสมพันธุ์พืชใหม่ขึ้นมาให้มีความต้านทานต่ออาการขาดธาตุเหล็ก (2) ปฏิกริยาของดิน ถ้าดินมี pH สูงหรือมีปฏิกริยาเป็นด่างจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของเหล็กลดน้อยลง คือเหล็กจะตกตะกอนอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำซึ่งพืชเอาไปใช้ไม่ได้ (3) Cation ต่างๆที่พืชดูดเข้าไปใช้ถ้าหากมีจำนวนมากเกินไปจะทำให้พืชดูดเอาเหล็กเข้าไปใช้ด้วยความลำบาก ได้แก่ Mn, Cu, Zn และ K (4) อนุลฟอสเฟต (phosphate ion) จะทำให้เหล็กตกตะกอนเป็น เหล็กฟอสเฟตในดินซึ่งไม่ละลายน้ำ พืชเอาไปใช้ไม่ได้ (5) อนุลไบคาร์บอเนต (Bicarbonate ion) เป็นตัวการสำคัญมากที่ทำให้เกิดการขาดเหล็กเนื่องจากปฏิกิริยาการหายใจของรากเพราะว่า cytochrome oxidation ในรากพืชนั้น sensitive ต่อ HCO_3^- มากและลดอัตราการเคลื่อนย้ายของเหล็กจากรากไปยังใบ

เมื่อพืชขาดธาตุเหล็กจะแสดงอาการขาดขึ้นที่ใบโดยใบจะ เหลือง เนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ การที่พืชขาดเหล็กนั้นอาจเกิดขึ้นได้ทั้งที่ปริมาณเหล็กในดินมีอยู่มากมาย ดังนั้นสภาพต่างๆของดินที่ต่างกล่าวมาแล้วข้างต้นจะเป็นผู้วินิจฉัยอาการขาดธาตุเหล็ก ธาตุเหล็กเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายยาก (immobile) ดังนั้นอาการขาดเหล็กมักจะเกิดขึ้นกับส่วนที่ยอดของพืชก่อน ใบที่ยอดจะเล็ก ผิดปกติมีสี เหลืองซีดๆจนบางครั้งเป็นสีขาวเลยก็มีการขาดธาตุเหล็กมักจะ เกิดกับ พืชพวกไม้ยืนต้น

ไม้พุ่มและไม้ล้มลุก แต่มักจะไม้ค่อยเกิดขึ้นกับพวกหญ้า มักไม่แสดงอาการขาดเช่นเดียวกัน

ธาตุเหล็กเป็นธาตุปริมาณน้อยที่มักไม่เพียงพอต่อถั่วลิสง เมื่อปลูกในดินเหนียวสีน้ำตาลที่ออกฤทธิ์ค่อนข้างเป็นกลางหรือเป็นด่างหรือดินที่มี Ca สูง (Calcareous soil) เช่นดินชุดตาคลี ในเขตจังหวัด นครสวรรค์ ลพบุรี เพชรบูรณ์ นครราชสีมา และกาญจนบุรี การขาดเหล็กของถั่วลิสงจะพบใบอ่อนเหลืองซีดขณะที่เส้นใบยังมีสีเขียว ถั่วลิสงที่ขาดเหล็กจะมีระบบรากไม่เจริญ ทำให้เป็นสาเหตุของการขาดธาตุอื่นๆต่อไปได้

ความรุนแรงของการขาดเหล็ก ขึ้นกับปริมาณ Ca ในดิน ความเป็นต่างของดินและสายพันธุ์ของถั่วลิสงไม่ได้ขึ้นกับปริมาณเหล็กทั้งหมด (Total Fe) ในดินหรือในพืช (ปริดาและคณะ, 2529) รายงานว่าความรุนแรงของการขาดธาตุเหล็กจะสัมพันธ์กับปริมาณ active Fe^{2+} ในใบซึ่งสกัดโดย O-phenanthroline โดยค่า Fe^{2+} ที่ต่ำกว่า 10 ไมโครกรัม/กรัมของใบสด จะเกิดอาการ Chlorosis , ความขึ้นและปริมาณแสงแดดต่อวัน อาจมีผลต่อความรุนแรงของการเกิดอาการขาดเหล็กได้บ่อยครั้งที่พบอาการเหลืองซีดค่อยหายไปหรือทุเลาลง เมื่อถั่วได้รับฝนหรือแสงแดดน้อย อาจเป็นเพราะในสภาพดินแห้งเหล็กในดินจะอยู่ในสภาพที่ไม่เป็นประโยชน์มากกว่าในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและยังมีแสงแดดจัด การสังเคราะห์แสงเป็นไปในอัตราสูงยังมีความต้องการเหล็กมากขึ้น เพื่อการสร้างคลอโรฟิลล์จึงทำให้เกิดอาการขาดมากขึ้นและเร็วขึ้น (steekel, 1947)

การแก้ไขอาการขาดเหล็กของพืช

ดินที่พบว่ามักจะมีธาตุเหล็กอยู่เสมอ คือ calcareous soil และ sandy soil การแก้ไขในดิน calcareous soil ควรปรับระดับ pH ของดินให้ต่ำลงโดยการใส่ผงกำมะถันหรืออาจให้เหล็กในรูปของ chelate ทั้งทางดินและทางใบ ไม่ควรใส่อินทรีย์วัตถุลงไปในสำหรับดิน sandy soil สามารถปรับ pH ได้ง่ายโดยการใส่อินทรีย์วัตถุหรือใช้ chelate ที่ดินในใบหรือใส่ลงในดิน (ชัยฤกษ์ และ คณะ, 2527)

สำหรับดินชนิดอื่นๆถ้าหากเกิดการขาดเหล็ก อาจจะแก้ไขโดยการฉีดสารละลาย 1-2 % ของ ferrous sulfate ที่ใบพืชหรือใส่ลงไปในดินโดยตรงเลยก็ได้ สำหรับไม้ยืนต้นนั้น

อาจหาโดยการเจาะรูต้นแล้วอัด iron sulfate ลงไปหรือไม่ก็ตอกตามลงไปบนต้น โดยตรงนอกจากนี้อาจใช้ ferric oxide ประมาณ 5-10 กก./ไร่ (Mitchell, 1984)

วิธีที่ได้ผลดีที่สุดในการทำให้ธาตุเหล็ก คือการทำให้ธาตุเหล็กในรูปของ chelate เช่น ethylene diamine tetracetic acid หรือเรียกย่อๆว่า EDTA ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ และสามารถรวมกับเหล็กที่อยู่ในสภาพของไอออน และก็ยังคงให้เหล็กคงสภาพอยู่ในรูปของไอออนตามเดิม ซึ่งไม่ทำให้เหล็กตกตะกอน เมื่อ pH ของ solution เปลี่ยนแปลงการใช้เหล็กที่อยู่ในรูปของ chelate ช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการตกตะกอนของ ferrous sulfate หรือถูก oxidise ให้เป็น ferric และไม่ละลายน้ำ ซึ่งพืชไม่สามารถเอาไปใช้ได้ chelate ในรูปอื่นๆเช่น APCA ก็ให้ผลดี จากการทดลองก็พบว่าดิน alkaline calcareous soil นั้น Fe-APCA จะให้ผลดีที่สุดสำหรับอัตราการใส่สารประกอบนี้ จากการทดลองใน green house พบว่า อัตรา 10 ปอนด์ต่อเอเคอร์หรือประมาณ 1.6 กก./ไร่ สามารถแก้อาการ chlorosis ของถั่วเหลืองให้หายได้ และแม้ว่าจะใส่มากถึง 1000 ปอนด์ต่อเอเคอร์ก็ไม่เกิดเป็นพิษ สำหรับ Fe-EDTA จะให้ผลรองลงมา สำหรับในดินที่เป็นกรด Fe-HEEDTA และ Fe-EDTA จะเป็น source ของเหล็กในดินที่เป็นกรด แต่จะไม่ให้ผลดีในดินที่เป็นด่าง พวก chelate compounds นี้มีเหล็กอยู่ตั้งแต่ 6-12 % ในรูปของโลหะ (Beeson, 1992)

ซึ่งแนวทางในการแก้ไขอาการขาดธาตุเหล็กของพืชตระกูลถั่วโดยเฉพาะถั่วลิสงในประเทศไทยนั้นก็ยังมีผู้ทำงานวิจัยไว้พอสมควร มีรายงานการวิจัยต่างๆดังเช่น การใช้ปุ๋ยเหล็กทางใบ (FeSO_4 0.5% + สารลดความตึงผิว Tween (0.2%) ฉีดพ่นถั่วลิสงผลปรากฏว่าการฉีดพ่นในระยะแรกที่พบอาการเหลืองซีด ในอัตรา 7-10 วัน/ครั้ง จะแก้มีอาการ chlorosis ได้อย่างถาวร (สุวิพันธุ์และคณะ, 2525ฯ) หรือการใช้ FeSO_4 เพียง 3.36 กก./ไร่ , Fe-DTPA 8 กก./ไร่ ร่วมกับมูลไก่ 320 กก./ไร่ และสารอินทรีย์ฮิวมัส pH2 ในดินเหนียวสีด้า (calcareous) นั้นผลการวิจัยมีแนวโน้มที่จะทำให้อาการ chlorosis ของถั่วลิสงลดน้อยลง และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (ชัยฤกษ์ และคณะ, 2529) หรือเป็นการทดลองปลูกถั่วลิสงในกระถางซึ่งใช้ดินรุดตาคัส โดยใส่ปุ๋ย N-P-K รองพื้นและทดลองเพิ่มเหล็กฉีดลงใบบนใบถั่ว 4 ครั้งอัตรา 213 มิลลิกรัม/กระถาง ในรูปของ sequestren (6% Fe^{2+}) ผล

การทดลองพบว่าการใช้ธาตุเหล็กเพิ่มลงไปทำให้ผลผลิตและต่อช่วง และ Total-Fe ที่สะสมอยู่ใน
 ถั่วสูงกว่าในถั่วลิสงที่ไม่ได้รับการฉีดพ่น ซึ่งมีปริมาณ Fe ที่สะสมอยู่เป็นปริมาณสูงสุด (15.4
 มิลลิกรัม/กระถาง) (สาธิต ไพบูล, 2525) หรือการวิจัยของกองกสิกรรมเคมี ที่ศูนย์วิจัยพืชไร
 จ. นครสวรรค์ พบว่า การใช้สารประกอบของเหล็กในรูป chelate (Fe-EDDHA) อัตรา 5
 กก./ไร่ทางดินสามารถแก้ไขอาการขาดธาตุเหล็กได้ โดยดินที่ใช้ทดลองเป็นดินเหนียวสีดํา pH 8
 มีความสมบูรณ์สูง หรือแม้กระทั่งการใช้ $FeSO_4$ ละลายน้ำมีความเข้มข้น 1% ฉีดพ่นทางใบเมื่อ
 อายุ 8, 40, 75 วัน สามารถแก้ไขและเพิ่มผลผลิตได้เช่นกัน และได้มีการทดสอบโดยนํ้าพันธุ์ถั่ว
 ลิสงหลายๆพันธุ์มาปลูกเปรียบเทียบอาการขาดธาตุเหล็ก โดยทุกพันธุ์ได้รับธาตุอาหารครบทุกชนิด
 ยกเว้นธาตุเหล็ก ผลการทดลองพบว่าทุกพันธุ์เกิดอาการขาดธาตุเหล็กมากน้อยแตกต่างกันไป
 ตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโตจนถึงระยะให้ผลผลิต ซึ่งชี้ให้เห็นว่าถั่วลอมสงบางพันธุ์สามารถ
 ปรับตัวได้ดีด้านทนอาการขาดธาตุเหล็กได้บ้างเช่น พันธุ์ ขอนแก่น 60-3 , Robut 33-1, RCM 387
 จะ เจริญเติบโตได้ดีและด้านทนอาการขาดธาตุเหล็กได้ (สุวพันธ์ และคณะ, 2528) แต่อย่างไรก็ตาม
 การวิจัยที่ผ่านมานั้นก็ยังไม่สามารถสรุปผลได้เป็นที่แน่นอนว่า วิธีใดจะเหมาะสมที่สุดในการแก้ไข
 อาการขาดธาตุเหล็กได้อย่างเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองปลูกพืชในกระถางโดยใช้พื้นที่บริเวณแปลงทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร เป็นที่ตั้งกระถางและวิเคราะห์ค่าทางเคมีของดินและพืชในห้องปฏิบัติการ ภาควิชา ปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 7 ตารางทดลอง ดังนี้คือ

1. ไม่มีการใส่ปุ๋ย (N,P,K) และไม่ฉีดพ่น FeSO_4 ทางใบ (Control)
2. ใส่ปุ๋ย (N,P,K) แต่ไม่ฉีดพ่น FeSO_4 ทางใบ
3. ใส่ปุ๋ย (N,P,K) และฉีดพ่น FeSO_4 ทางใบอัตรา 20 วัน/ครั้ง (3 ครั้ง)
4. ใส่ปุ๋ย (N,P,K) และฉีดพ่น FeSO_4 ทางใบอัตรา 14 วัน/ครั้ง (5 ครั้ง)
5. ใส่ปุ๋ย (N,P,K) และฉีดพ่น FeSO_4 ทางใบอัตรา 10 วัน/ครั้ง (7 ครั้ง)
6. ใส่ปุ๋ย (N,P,K) และฉีดพ่น FeSO_4 ทางใบอัตรา 7 วัน/ครั้ง (9 ครั้ง)
7. ใส่ปุ๋ย (N,P,K) และใส่ FeSO_4 ทางดินอัตรา 5 Kg/ไร่ (1 ครั้ง)

การปลูก

นาดินที่เตรียมไว้คือดินเหนียวสีน้ำตาลตาคลี ซึ่งเก็บจากบริเวณแปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อําเภอ ตากฟ้า จังหวัด นครสวรรค์ โดยดินที่ใช้นั้นเก็บที่ระดับความลึก 1 เมตร พร้อมนำมาผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม แยกเก็บเศษซากพืชที่ติดออกแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน เพื่อที่ดินแต่ละส่วนมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด หลังจากนั้นนำดินใส่กระถางดินเผาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว โดยแต่ละกระถางใส่ดินหนัก 3.7 กิโลกรัม/กระถาง แล้วนำเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 ซึ่งคลุกด้วยยาป้องกันราไว้แล้วมาปลูกลงในกระถางจำนวน 5 เมล็ด/กระถางโดยกะให้ระยะห่างกันพอประมาณทำการสุ่มตัวอย่างแล้วจัดกระถางเข้าไปวางตามตัวอย่างที่ได้สุ่มไว้แล้ว เขียนสัญลักษณ์ของการสุ่มตัวอย่างบนป้าย (tag) ที่เตรียมไว้ปักลงด้านข้างของขอบกระถาง

การถอนแยก

หลังจากที่ต้นถั่วลิสงมีอายุได้ประมาณ 1 สัปดาห์หลังจากเมล็ดงอก ทำการถอนแยกตัดเอาเฉพาะต้นที่สมบูรณ์ที่สุดที่เหลือเพียง 2 ต้น/กระถาง

การให้น้ำ

รดน้ำเช้าและเย็นรดน้ำใช้น้ำประปาซึ่งคาบิ๊งถึงระดับความชื้นในปริมาณที่พอเหมาะ

การให้ปุ๋ยทางใบและทางดิน (FeSO_4)

ทำการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบรดโดยใช้ FeSO_4 0.3 กรัม/น้ำ 100 cc ใส่นกระบอกฉีดพ่นพลาสติกมาคลุมบริเวณผิวหน้าดินในกระถาง แล้วทำการฉีดพ่น FeSO_4 ลงไปตามแผนการทดลอง(ทำในตอนเช้าตรู่หรือเย็นเพื่อประสิทธิภาพในการนำ FeSO_4 ไปใช้และป้องกันใบไหม้) การฉีดพ่นในปริมาณที่พอเหมาะ และสำหรับการให้เหล็กทางดิน(FeSO_4)อัตรา 5 กิโลกรัม/ไร่ รดน้ำสัประมาณ 0.06 กรัม/กระถาง (การใส่ปุ๋ย FeSO_4 ทั้งทางใบและทางดินใส่หลังจากใส่ปุ๋ยทางดินแล้ว(N,P,K)

การให้ปุ๋ยทางดิน (N,P,K)

การให้ปุ๋ยทางดินแบ่งออกเป็น 2 ครั้งรดน้ำให้ครั้งแรกหลังจากเมล็ดงอก 7-10 วันและครั้งที่สองหลังจากเมล็ดงอก 1 เดือนรดน้ำใช้ ยูเรียปริมาณ 1กรัม/กระถาง, ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต 2 กรัม/กระถางและโพแทสเซียมคลอไรด์ 1.5 กรัม/กระถาง (ในการชั่งปุ๋ยต้องชั่งแยกกันและค่อยผสมกันก่อนนำไปใส่ให้กับพืชและควรรีใสบริเวณรอบๆรากพืช)

การสังเกตอาการและบันทึกผล

สังเกตการเปลี่ยนแปลงของต้นถั่วทุกระยะโดยวัดส่วนสูงของต้นถั่วหลังจากต้นถั่วมีอายุได้ 3 อาทิตย์และก่อนเก็บผลผลิต, ชั่งน้ำหนักสดของต้นถั่วหลังจากเก็บผลผลิตและชั่งน้ำหนักแห้งหลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ค่าทางเคมีของดินและพืช

การวิเคราะห์ค่าทางเคมีของดิน น้ำดินที่คลุกเคล้าแล้วนำไปฝังให้แห้งในที่ร่มแล้วนำไปอบน้ำหนักแห้งอีกครั้งในตู้อบหลังจากนั้นบดร่อนผ่านตระแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตรและ 0.5 มิลลิเมตร นำดินไปวิเคราะห์หาค่า pH (วัดด้วย pH-meter), C.E.C(%) (ใช้วิธีการของWalkley-Black

Method).EC. (ใช้เครื่องมือ Electroconductivity-Meter), % O.M. (ทำ 1:5 extract ของการสกัดดินและน้ำ), Total N (ใช้วิธีการของ Kjeldahl), available-P (ใช้วิธีการของ Bray II)

การวิเคราะห์ค่าทางเคมีของพืช นำตัวอย่างพืชเอาเฉพาะลำต้น และใบ (ส่วนเหนือดิน) นำไปอบที่แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และทำการบดแล้วจึงนำไปทำการย่อยสลายพืชก่อน (digest) หลังจากนั้นจึงนำไปกรองเพื่อเอา aliquot ไปวิเคราะห์และต้องทำการ digest Blank ด้วยเพื่อใช้ในการเตรียม standard การหาค่า Nitrogen โดยการปรับปริมาตรของสารละลายที่ digest แล้วนำมากลั่นวิธีการคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์หาไนโตรเจนในดิน ใช้ NaOH และ H_3BO_3 ในการกลั่นแล้วไตเตรทด้วย H_2SO_4 จุดบั้นที่ปริมาตรกรดที่ใช้แล้ว นำไปคำนวณขึ้นต่อใบ , การหาค่า Phosphorus โดยการ develop สีของสารละลายที่ digest แล้วซึ่งนำมาเติมด้วย HNO_3 และ molybdate-vanadate solution แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าทิ้งไว้ให้เกิดสี วัดค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance

(การเตรียม standard solution ทำโดยใช้ standard phosphorus 25 ppm. ใน ปริมาตร 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 และ 15.0 มิลลิเมตร ทำการ develop สีเหมือนตัวอย่าง)

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

โดยใช้ analysis of variance technique ในการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ตลอดจนธาตุอาหารในต้นพืช โดยการใช้อัตราและระยะเวลาของการให้ธาตุเหล็ก ($FeSO_4$) ที่แตกต่างกันไปและคำนวณค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (IRRI STAT)

สถานที่ทำการทดลอง

บริเวณแปลงทดลอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร (เก่า) สจล. และห้องปฏิบัติการภาควิชา ปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือน กันยายน 2535 สิ้นสุดเดือน พฤศจิกายน 2535

ผลการทดลองและวิจารณ์

ความสูงของถั่วลิสงเมื่ออายุ 1 เดือน

จากผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ความสูงของต้นถั่วลิสงจากตำรับการทดลองต่างๆไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย N-P-K มีค่าสูงสุดเท่ากับ 17.875 เซนติเมตร และตำรับการทดลองที่ฉีดพ่น 9 ครั้งมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 16.00 เซนติเมตร (จากตารางที่ 1 และรูปที่ 1)

จากผลการทดลองระยะเวลาเพียง 1 เดือน ยังไม่สามารถบอกผลได้ทั้งนี้เพราะปริมาณหลักที่ให้แก่แต่ละตำรับการทดลองยังไม่ทำให้ความสูงของต้นถั่วในระยะเวลาแรกแตกต่างกันเนื่องจากปริมาณหลักที่ฉีดพ่นให้กับต้นถั่วนั้นยังมีเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น

ความสูงก่อนการเก็บเกี่ยว

จากผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ความสูงก่อนการเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 24.13 เซนติเมตร และ Control มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 19.13 เซนติเมตร โดยตำรับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ใส่หลักทางดิน, ตำรับการทดลองที่ใส่ N-P-K และ Control นอกนั้นไม่มีความแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ฉีดพ่นอื่นๆ

ตำรับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 9 ครั้งความสูงก่อนการเก็บเกี่ยว ไม่มีความแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ฉีดพ่นแต่มีความแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ใส่หลักทางดิน, ตำรับการทดลองที่ใส่ N-P-K อย่างเดียวและ Control

ตำรับการทดลองที่ใส่ N-P-K อย่างเดียวความสูงก่อนการเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้งและ Control นอกนั้นไม่มีความแตกต่าง

ตำรับการทดลองที่ใส่หลักทางดินความสูงก่อนการเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้งนอกนั้นไม่มีความแตกต่าง

Control ความสูงก่อนการเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

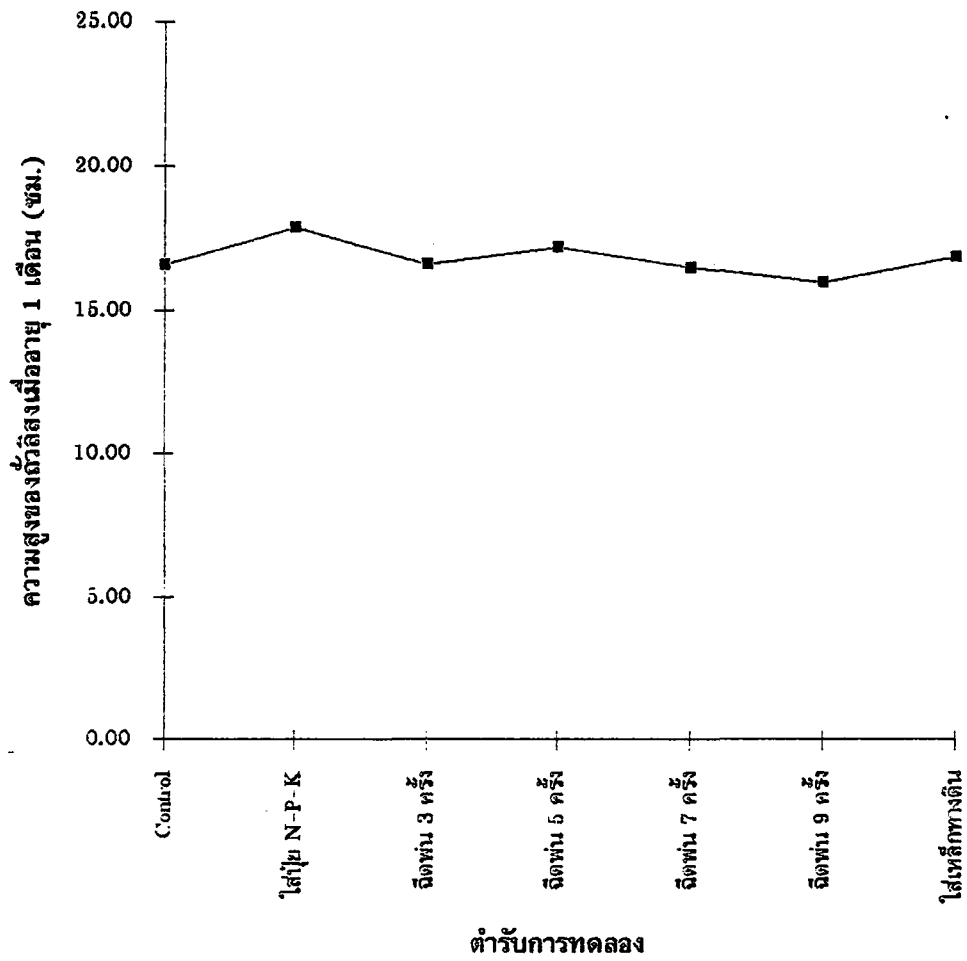
ทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย N-P-K ,ตำรับการทดลองที่ฉีดพ่นทุกตำรับการทดลอง แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ใส่หลักทางดิน

จากผลการทดลองที่ได้นี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก การฉีดพ่นเหล็กให้กับต้นถั่ว ลีสงมีผลทำให้อัตราการเจริญโดยเฉพาะความสูงของต้นถั่วลีสงดีกว่าตำรับการทดลองที่ใส่ ทางดินและไม่ได้ทำการฉีดพ่น ซึ่งตำรับการทดลองที่ทำการฉีดพ่นน้อยครั้งที่สุดความสูงก่อน การเก็บเกี่ยวสูงกว่าตำรับการทดลองที่ฉีดพ่นมากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากต้นถั่วลีสง ในบางกระถางของแต่ละตำรับการทดลองได้ชะงักการเจริญเติบโตเพราะมีสาเหตุมาจากการเข้าทำลายของโรคคราและแมลงศัตรูพืช

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของถั่วลิสงเมื่ออายุ 1 เดือน (เซนติเมตร)

ดำรับการทดลอง	ความสูง (ซ.ม)
Control	16.58
ใส่ปุ๋ย N-P-K	17.88
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	16.63
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	17.20
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	16.50
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	16.00
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	16.75

LSD.05 = 1.914 เซนติเมตร



รูปที่ 1. แสดงการเปรียบเทียบความสูงของต้นกล้าสูงเมื่ออายุ 1 เดือน ที่ได้
จากตำรับการทดลองต่างๆ

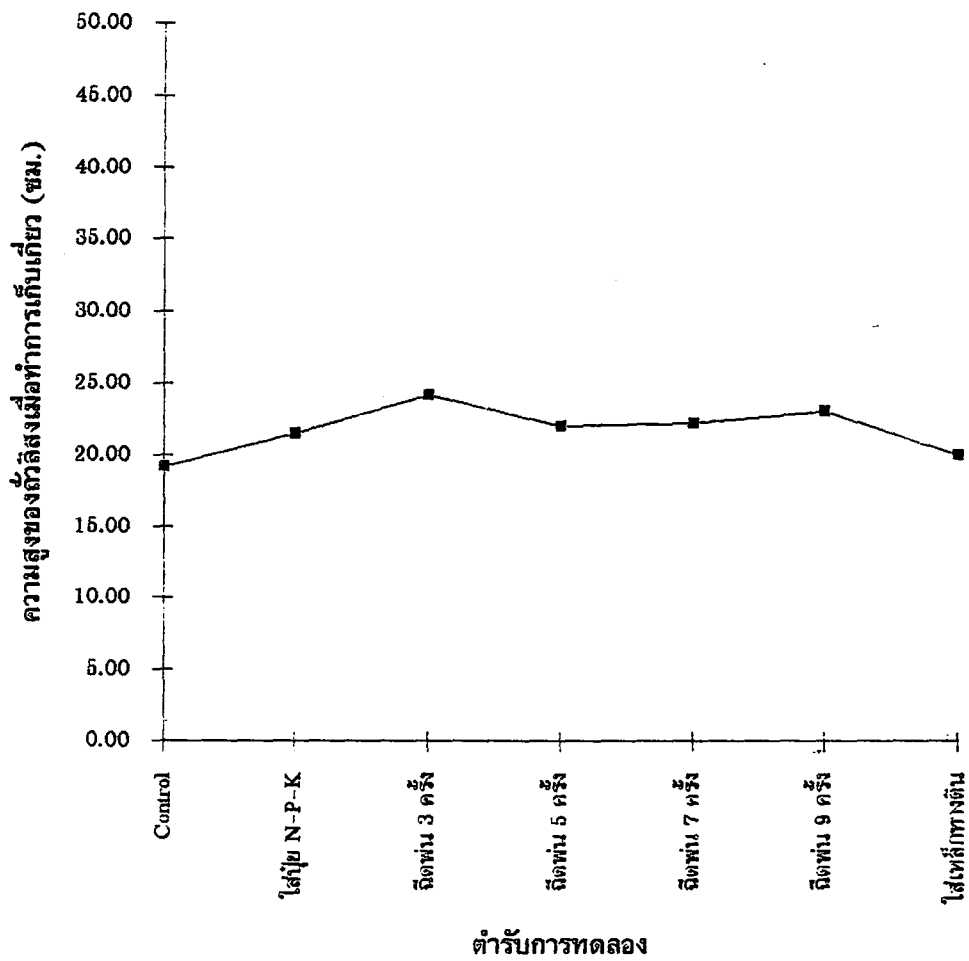
ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยก่อนการเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร)

ตำรับการทดลอง	ความสูง (ซ.ม)	
Control	19.13	c
ใส่ปุ๋ย N-P-K	21.50	b
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	24.13	a
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	22.00	ab
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	22.25	ab
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	23.00	ab
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	20.75	bc

LSD.05 = 2.230

LSD.01 = 3.056 เซนติเมตร

14392



รูปที่ 2. แสดงการเปรียบเทียบความสูงของต้นกล้าก่อนการเก็บเกี่ยวที่ได้จากการทดลองต่างๆ

น้ำหนักแห้งของถั่วลิสง

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้ง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 14.853 กรัมและได้รับการทดลองที่ไม่ได้ใส่อะไรเลย (control) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 7.573 กรัม โดยได้รับการทดลองที่ฉีดพ่นทางใบ 3 ครั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 5 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ใส่เหล็กทางดิน, ได้รับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย N-P-K อย่างเดียวและ Control แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 7 ครั้ง และได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 9 ครั้ง

ได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 7 ครั้งแตกต่างกับ Control นอกนั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับได้รับการทดลองอื่นๆ

ได้รับการทดลองที่ใส่เหล็กทางดินไม่แตกต่างกับได้รับการทดลองที่ฉีดพ่นเหล็ก 5 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 7 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย N-P-K- อย่างเดียว และ Control

Control มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 7 ครั้งและได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 9 ครั้งแต่ไม่แตกต่างกับได้รับการทดลองที่ใส่เหล็ก ทางดิน, ได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 5 ครั้งและได้รับการทดลองที่ใส่ N-P-K อย่างเดียว (จากตารางที่ 3 และดูรูปที่ 3)

จากผลของน้ำหนักแห้งที่ได้นี้ พบว่าการฉีดพ่นน้อยครั้งที่สุดและมากครั้งที่สุดทำให้ได้น้ำหนักแห้งที่ไม่แตกต่างกันและสูงกว่าได้รับการทดลองอื่นๆ การใส่ FeSO_4 ทางดินให้ผลในการเจริญเติบโตของต้นถั่วลิสงดีกว่าได้รับการทดลองที่ไม่ได้ใส่เหล็กแต่ก็ยังน้อยกว่าการฉีดพ่นเหล็กทางใบอาจเนื่องมาจากพืชสามารถนำเอาเหล็กที่ฉีดพ่นทางใบไปใช้ได้ทัน่วงทีกับความต้องการ และการใส่เหล็กทางดินนั้นเหล็กอาจจะไปตกตะกอนกับสารประกอบอื่นในดินทำให้เหล็กอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตามการฉีดพ่นเหล็กทางใบมีแนวโน้มทำให้อัตราการเจริญเติบโต, ขนาดของต้นถั่วลิสง ดีกว่าการใส่เหล็กทางดินและไม่ได้อะไรเลย แต่ก็ยังไม่สามารถบอกถึงอัตราการฉีดพ่นที่แน่นอนได้

เนื่องจากค่าตัวเลขที่ได้มีความแปรปรวนและต้นพืชมีการเจริญที่ไม่สม่ำเสมอซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากกษรขาดธาตุอื่นก็เป็นได้

เปอร์เซ็นต์น้ำในต้นถั่วลิสง

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า เปอร์เซ็นต์น้ำเฉลี่ยในต้นถั่วลิสง จากตัวรับการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยตัวรับการทดลองที่ทำการฉีดพ่นเหล็ก 3 ครั้งมีค่าสูงที่สุด คือ 72.64 และตัวรับการทดลองที่ไม่ได้ใส่อะไรเลย (Control) มีค่าต่ำที่สุด คือ 70.01 (จากตารางที่ 4 และดูรูปที่ 4)

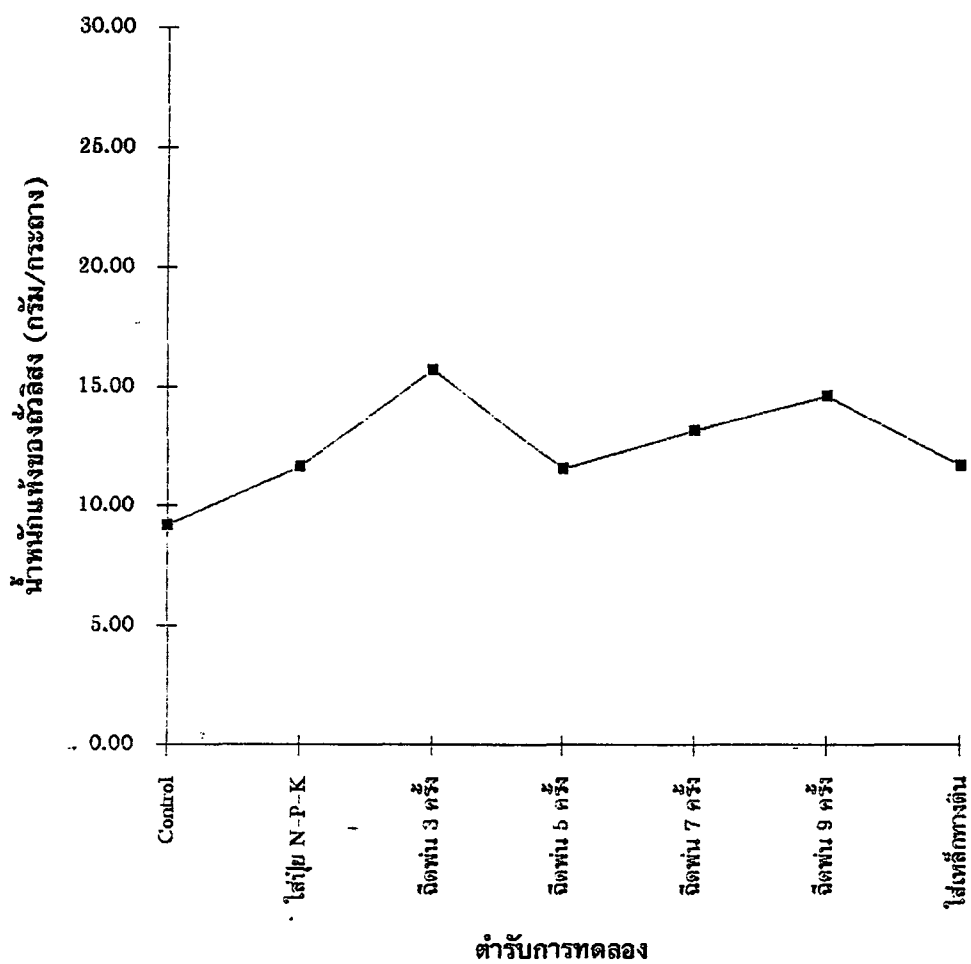
จากผลการทดลอง พบว่า การฉีดพ่นเหล็กทั้งทางใบและใส่ทางดินไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำในต้นถั่วลิสงแตกต่างกันในทางสถิติอาจเนื่องมาจาก ปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในต้นถั่วส่วนใหญ่ออกเสียกัน การขาดเหล็กอาจทำให้ปริมาณน้ำในต้นถั่วลิสงแตกต่างกันเล็กน้อยเท่านั้นโดยดูจากน้ำหนักสดที่วัดได้ของถั่วลิสง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของถั่วลิสง (กรัม/กระถาง)

ดำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	
Control	7.573	c
ใส่ปุ๋ย N-P-K	9.248	bc
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	14.853	a
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	9.770	bc
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	12.070	ab
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	13.93	a
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	9.46	bc

LSD.05 = 2.4298 กรัม

LSD.01 = 3.3285 กรัม

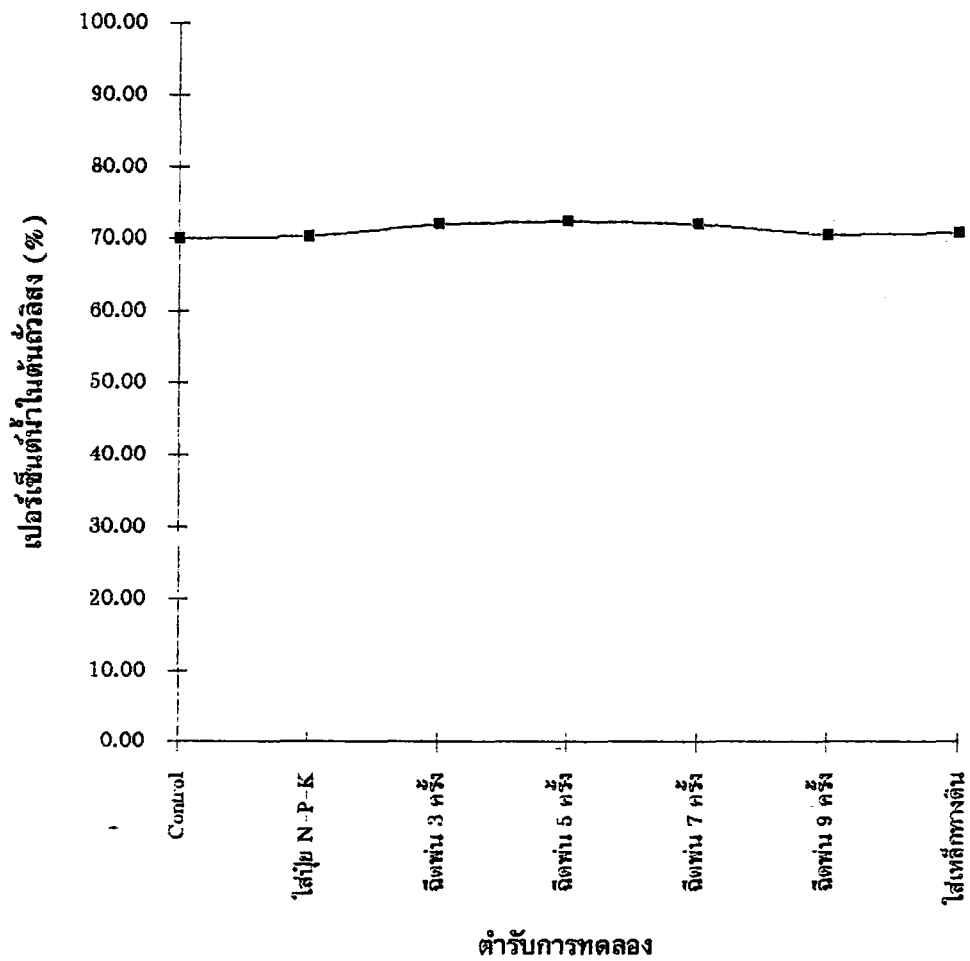


รูปที่ 3. แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักแมลงเฉลี่ยของด้วงลิสง ที่ได้จาก
ตำรับการทดลองต่างๆ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำเฉลี่ยในต้นถั่วลิสง (%)

คำรับการทดลอง	เปอร์เซ็นต์
Control	70.01
ใส่ปุ๋ย N-P-K	70.37
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	72.64
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	71.11
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	72.10
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	72.56
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	70.98

LSD.05 = 2.6772



รูปที่ 4. แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำละลายในต้นถั่วลิสง ที่ได้จากตัวรับการทดลองต่างๆ

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นถั่วลิสง

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยได้รับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 3 ครั้ง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.083 เปอร์เซ็นต์ และ Control มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.665 เปอร์เซ็นต์โดยได้รับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 3 ครั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 5 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 7 ครั้ง และ Control แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 9 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ใส่เหล็กทางดินและได้รับการทดลองที่ใส่ N-P-K อย่างเดียว

ได้รับการทดลองที่มีการใส่ FeSO_4 ทางดินและได้รับการทดลองที่ใส่ N-P-K อย่างเดียวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกการทดลอง

ได้รับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 5 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 7 ครั้ง และ Control มีความแตกต่างทางสถิติกับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่นมากที่สุดคือ 9 ครั้งและได้รับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่นน้อยที่สุดคือ 3 ครั้ง นอกนั้นไม่แตกต่าง (จากตารางที่ 5 และรูปที่ 5)

ปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วลิสง

จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยได้รับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 3 ครั้ง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.309 กรัมและ control มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.124 กรัม โดยได้รับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 3 ครั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับ Control, ได้รับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 5 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 7 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ใส่ FeSO_4 ทางดิน และได้รับการทดลองที่ใส่ N-P-K แต่ไม่มีความแตกต่างกับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 9 ครั้ง

ได้รับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 9 ครั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการทดลองที่ใส่ชนิดพ่น 5 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ใส่ FeSO_4 ทางดิน, ได้รับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย N-P-K และ Control

ได้รับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 5 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ใส่ N-P-K และใส่

เหล็กทางดินไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ Control และได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 7 ครั้ง แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้งและได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 9 ครั้ง

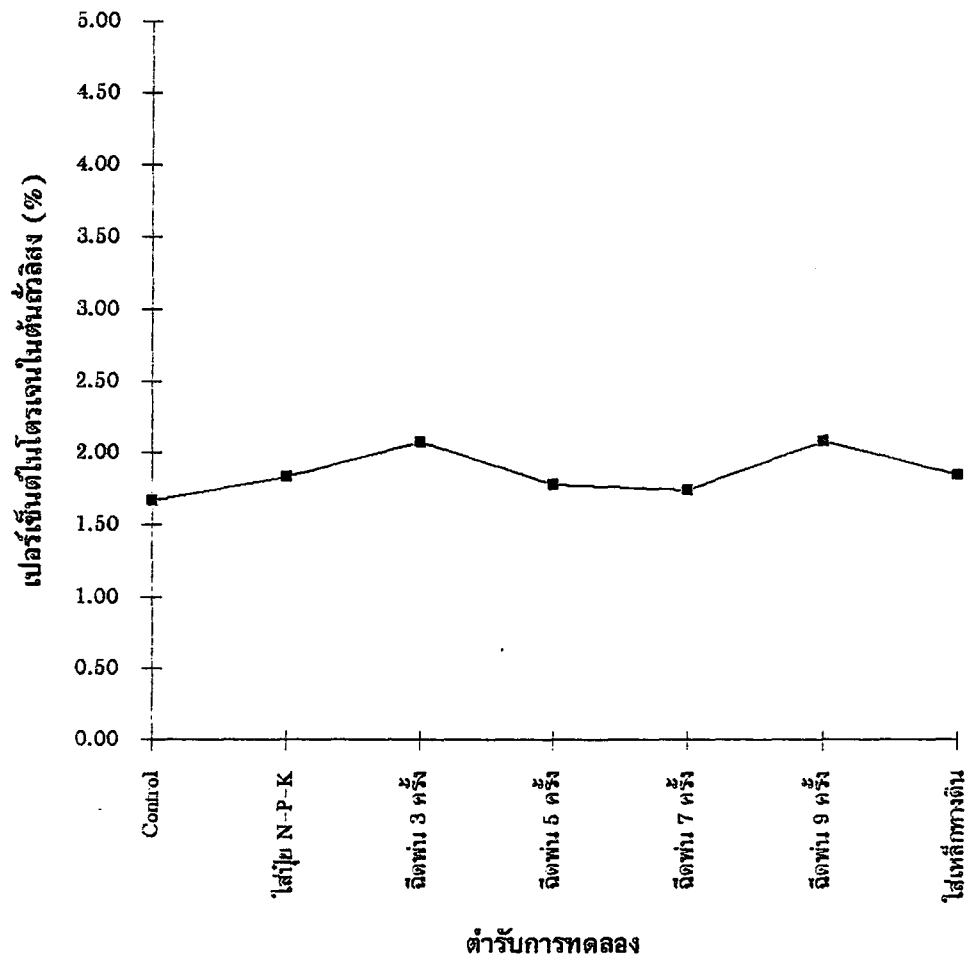
Control มีความแตกต่างกับได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้ง, ได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 7 ครั้งและได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 9 ครั้งแต่ไม่มีความแตกต่างกับได้รับการทดลองที่ใส่ N-P-K อย่างเดียวและได้รับการทดลองที่ใส่เหล็กทางดิน

จากผลการทดลองพบว่า การฉีดพ่นเหล็กจำนวนน้อยครั้งและมากครั้งที่สุดมีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของต้นถั่วลิสงได้ผลดีกว่าได้รับการทดลองอื่นๆ ปริมาณและเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นถั่วลิสงมีปริมาณมากกว่า ในได้รับการทดลองอื่นๆ แต่ก็พบว่าการฉีดพ่นเหล็กมากครั้งขึ้นก็มีแนวโน้มที่จะทำให้ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในต้นถั่วลิสงมีปริมาณเพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าค่าตัวเลขที่ได้ออกมาว่าการฉีดพ่นเหล็กจำนวนน้อยครั้งที่สุดจะมีค่าสูงสุดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการฉีดพ่นเหล็กทางในจำนวนมากครั้งทางในในระยะหลังนั้น อยู่ในช่วงที่ต้นถั่วไม่ตอบสนองต่อเหล็กที่ให้ เพราะเป็นระยะที่ใกล้การเก็บเกี่ยวก็ได้ ทำให้การเจริญเติบโตของต้นถั่วไม่สมบูรณ์ค่าตัวเลขที่ได้จึงมีค่าแปรปรวน แต่อย่างไรก็ตามการฉีดพ่นเหล็กทางใบนั้นให้ผลดีกว่าทางดินหรือไม่ให้เลย

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเฉลี่ยในต้นถั่วลิสง (%)

คำรับการทดลอง	เปอร์เซ็นต์	
Control	1.67	b
ใส่ปุ๋ย N-P-K	1.82	ab
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	2.08	a
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	1.77	b
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	1.74	b
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	2.07	a
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	1.84	ab

LSD.05 = 0.2425 เปอร์เซ็นต์



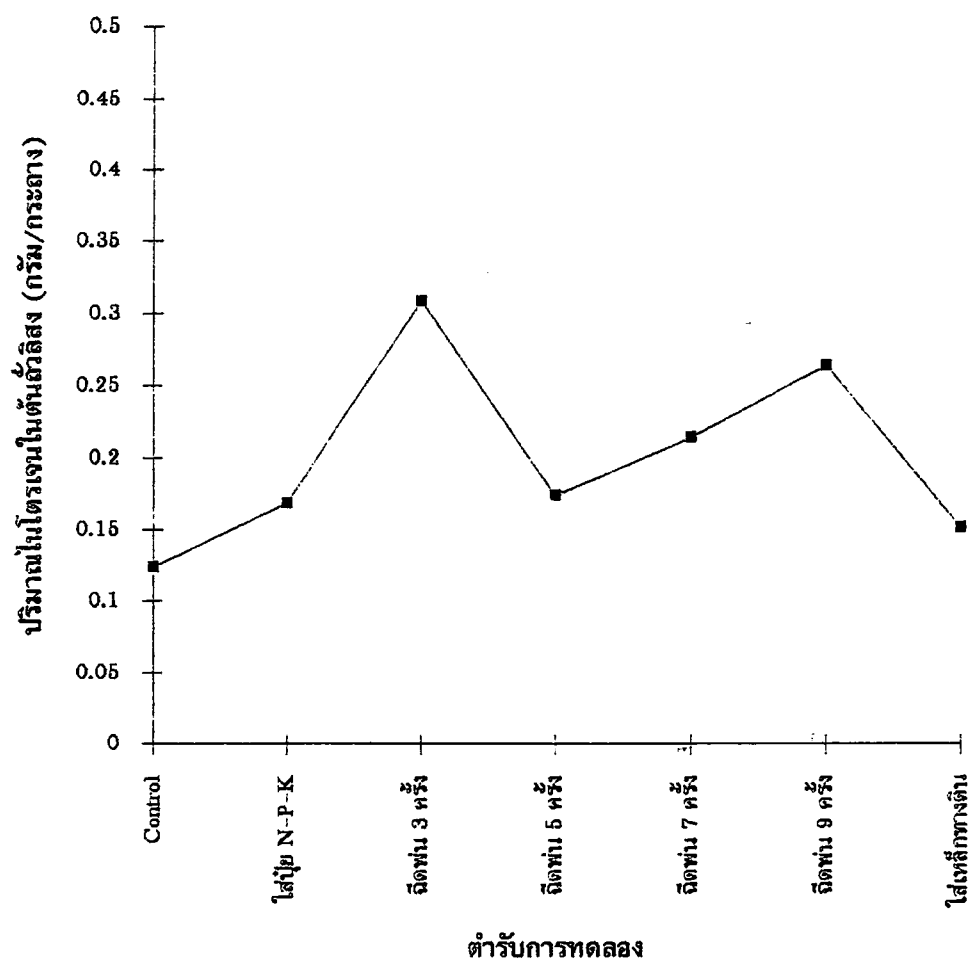
รูปที่ 5. แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเฉลี่ยในดินถั่วลิสง ที่ได้จากการทดลองต่างๆ

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในต้นถั่วลิสง(กรัม/กระถาง)

คำรับการทดลอง	ปริมาณไนโตรเจน (กรัม)	
Control	0.124	d
ใส่ปุ๋ย N-P-K	0.169	cd
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	0.309	a
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	0.174	cd
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	0.214	bc
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	0.264	ab
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	0.151	cd

LSD.05 = 0.0534

LSD.01 = 0.0732 กรัม



รูปที่ 6. แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในต้นถั่วลิสง ที่ได้
จากตัวรับการทดลองต่างๆ

เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นถั่วลิสง

จากผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยได้รับการทดลองที่ใส่ทางดินมีค่าสูงสุด 0.19 เปอร์เซ็นต์ และได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้ง มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.09 เปอร์เซ็นต์ โดยได้รับการทดลองที่ใส่เหล็กทางดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการทดลองที่ฉีดพ่น 5 ครั้ง , ได้รับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย N-P-K , ได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 9 ครั้ง , ได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 7 ครั้ง , ได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้ง และ control

Control ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้ง , ได้รับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 5 ครั้ง , ได้รับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 7 ครั้ง , ได้รับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 9 ครั้ง และได้รับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย N-P-K (จากตารางที่ 7 และรูปที่ 7)

ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นถั่วลิสง

จากผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในต้นถั่วลิสงในการทดลองต่างๆไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติโดย control มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.022 กรัม และได้รับการทดลองที่ฉีดพ่น 5 ครั้ง มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.012 กรัม (จากตารางที่ 8 และรูปที่ 8)

จากผลการทดลองพบว่าการใส่เหล็กทางดินและการฉีดพ่นเหล็กทางใบไม่มีผลทำให้ปริมาณ ฟอสฟอรัสในต้นพืชนั้นแตกต่างกันซึ่งอาจมีสาเหตุประการอื่นๆอีกที่ไม่เข้ามาจากดินและไม่สามารถอธิบายได้

จากผลการทดลองและค่าวิเคราะห์ต่างๆ เหล่านี้จะพบว่าการฉีดพ่นปุ๋ยเหล็กทางใบ ($FeSO_4$) ร่วมกับการใส่ปุ๋ย N-P-K นั้นสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของถั่วลิสงได้ดี โดยเฉพาะได้รับการทดลองที่มีการฉีดพ่นเหล็กทางใบ อัตรา 3 ครั้ง จะให้ผลความสูงก่อนการเก็บเกี่ยว , น้ำหนักแห้ง , เปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วสูงกว่าได้รับการทดลองอื่นๆ แต่ถึงอย่างไรก็ตามก็ยังไม่สามารถบอกจำนวนครั้งที่เหมาะสมสำหรับการฉีดพ่นเหล็กทางใบได้ เนื่องจากเพราะค่าวิเคราะห์ต่างๆ เหล่านี้มีความแปรปรวน

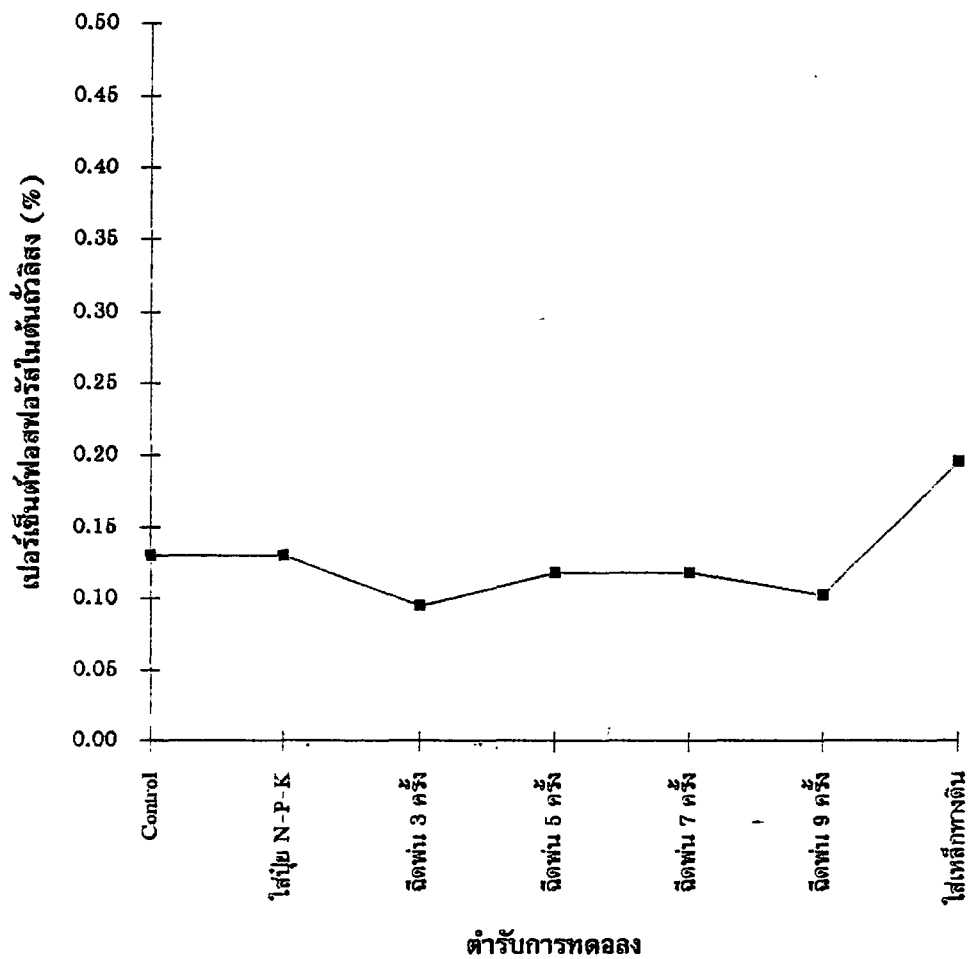
ค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปัจจัยการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ถั่วลิสงอาจมีการเจริญเติบโตที่จำกัดเนื่องมาจากขาดธาตุอาหารอื่นๆอีกหรือประสิทธิภาพ ในการนำเหล็กไปใช้ได้เล็กน้อยแตกต่างกันทั้งการให้เหล็กทางดินและทางใบเพราะถึงแม้ว่าจะให้เหล็กในปริมาณมากเท่าใดก็ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ และอาจเป็นผลมาจากความแปรปรวนของปัจจัยอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสเจือในดินถั่วลิสง (%)

คำรับการทดลอง	เปอร์เซ็นต์	
Control	0.13	b
ใส่ปุ๋ย N-P-K	0.13	b
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	0.09	b
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	0.12	b
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	0.12	b
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	0.10	b
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	0.19	a

LSD.05 = 0.0504

LSD.01 = 0.0691 เปอร์เซ็นต์



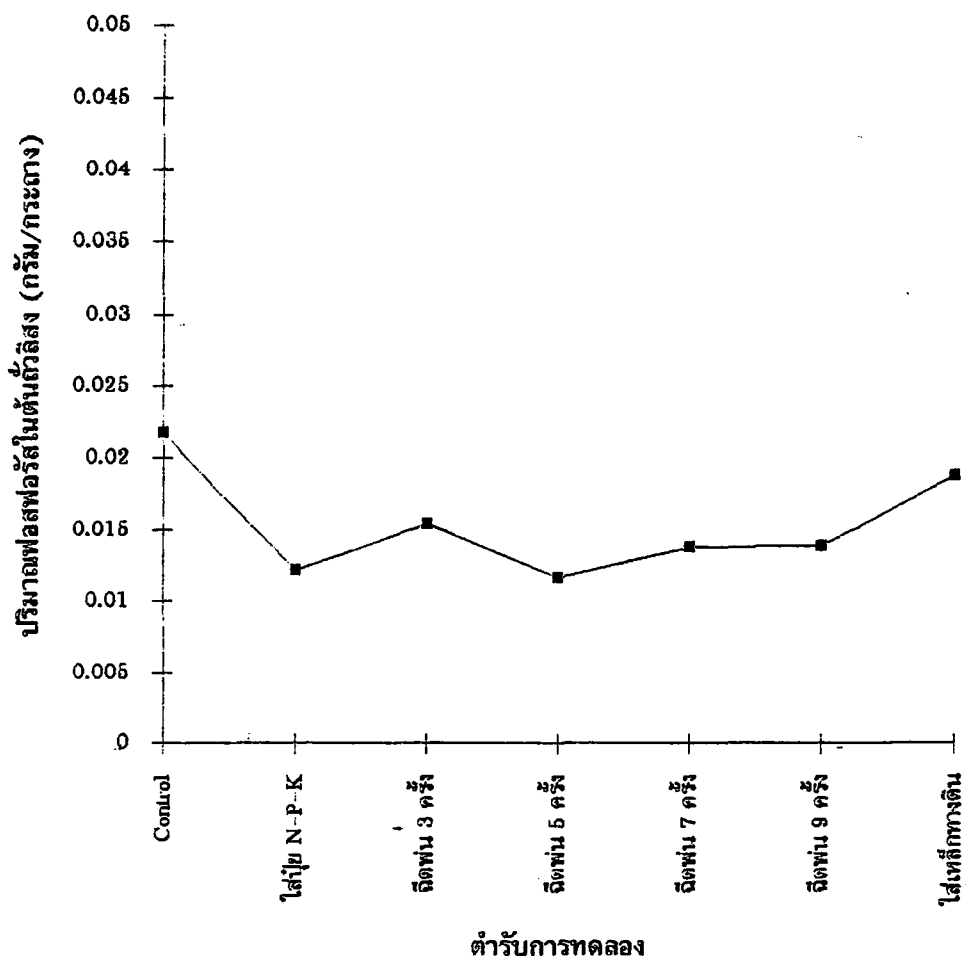
รูปที่ 7. แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสเฉลี่ยในดินถั่วลิสง ที่ได้จากการทดลองต่างๆ

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในต้นถั่วลิสง (กรัม/กระถาง)

ตำรับการทดลอง	ปริมาณฟอสฟอรัส (กรัม)
Control	0.022
ใส่ปุ๋ย N-P-K	0.012
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	0.014
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	0.012
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	0.014
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	0.015
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	0.019

LSD 0.5 = 0.0139

LSD.01 = 0.0191 กรัม



รูปที่ 8. แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ได้รับจากการทดลองต่างๆ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า ถั่วลิสงมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปดังต่อไปนี้คือ ความสูงของต้นถั่วลิสงเมื่อมีอายุ 1 เดือนนั้นทุกตัวรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณเหล็กที่ฉีดพ่นทางใบที่ให้กับถั่วลิสงยังมีเพียงเล็กน้อยไม่สามารถทำให้ความสูงของถั่วลิสงในระยะแรกแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ความสูงของถั่วลิสงก่อนการเก็บเกี่ยว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ โดยตัวรับการทดลอง ที่มีการฉีดพ่น 3 ครั้ง มีค่าสูงสุดและ Control มีค่าต่ำที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตัวรับการทดลองที่ใส่เหล็กทางดิน, ตัวรับการทดลองที่ใส่ N-P-K อย่างเดียวและ Control นอกนั้นไม่มีความแตกต่างกับตัวรับการทดลองที่ฉีดพ่นอื่นๆ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการเข้าทำลายของโรคคราและแมลงศัตรูพืช

น้ำหนักแห้งของถั่วลิสง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวรับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 3 ครั้งมีค่าสูงสุดและ Control มีค่าต่ำที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติกับ ตัวรับการทดลองที่ฉีดพ่น 5 ครั้ง, ตัวรับการทดลองที่ใส่เหล็กทางดิน, ตัวรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย N-P-K , และ Control แต่ไม่มีความแตกต่างกับตัวรับการทดลองที่ฉีดพ่น 7 ครั้งและตัวรับการทดลองที่ฉีดพ่น 9 ครั้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการฉีดพ่นเหล็กทางใบพืชสามารถนำเอาเหล็กไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีส่วนการใส่เหล็กทางดินนั้น เหล็กอาจจะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืช เนื่องจากเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับธาตุอื่นๆ และการฉีดพ่นเหล็กทางใบก็มีแนวโน้มทำให้อัตราการเจริญเติบโตของต้นถั่วลิสงดีกว่า การใส่เหล็กทางดินหรือไม่ใส่อะไรเลย

เปอร์เซ็นต์น้ำในต้นถั่วลิสง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวรับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 3 ครั้งมีค่าสูงสุด และ Control มีค่าต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากการฉีดพ่นเหล็กทางใบและใส่ทางดินไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำเฉลี่ยของต้นถั่วลิสงแตกต่างไปจากตัวรับการทดลองที่ไม่ได้ใส่อะไรเลย รวมถึงปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อปริมาณน้ำในต้นถั่วลิสงด้วย

เปอร์เซ็นต์โปรตีนของต้นถั่วลิสง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวรับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 3 ครั้งมีค่าสูงสุดและ Control มีค่าต่ำที่สุด และตัวรับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 3 ครั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวรับการทดลองที่ฉีดพ่น 5 ครั้ง, 7 ครั้งและ Control แต่ไม่มีความแตกต่างกับตัวรับการทดลองที่ฉีดพ่น 9 ครั้ง , ตัวรับการทดลองที่ใส่เหล็กทางดินเนื่องมาจากการฉีดพ่นและตัวรับการทดลองที่ใส่ N-P-K

ปริมาณโปรตีนของต้นถั่วลิสง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตัวรับการทดลองที่มีการฉีดพ่น 3 ครั้งมีค่าสูงสุดและ Control มีค่าต่ำที่สุด และตัวรับการ

การทดลองที่ฉีดพ่น 3 ครั้ง มีความแตกต่างกับ Control , การทดลองที่ฉีดพ่น 5 ครั้ง, การทดลองที่ฉีดพ่น 7 ครั้ง , การทดลองที่ใส่เหล็กทางดินและการทดลองที่ใส่ N-P-K อย่างเดียว แต่ไม่มีความแตกต่างกับการทดลองที่ฉีดพ่น 9 ครั้ง ทั้งเปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจน จากผลที่ได้นี้อาจเนื่องมาจากนี้หนักแห้งของต้นถั่วลิสงในแต่ละกระถางแตกต่างกัน จากการฉีดพ่นเหล็กทางใบจำนวนมากครั้งที่สุดในระยะหลังนั้น อยู่ในช่วงที่ต้นถั่วไม่มีผลตอบสนองต่อเหล็กที่ห้เพิ่มขึ้น เพราะ เป็นระยะที่ใกล้การเก็บเกี่ยวก็เป็นได้ อย่างไรก็ตามการฉีดพ่นเหล็กทางใบทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในต้นพืชดีกว่าการใส่เหล็กทางดินหรือไม่ใส่เลย

เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสของต้นถั่วลิสง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดลองที่ใส่เหล็กทางดิน มีค่าสูงที่สุดและการทดลองที่ฉีดพ่นทางใบ 3 ครั้งมีค่าต่ำที่สุด และการทดลองที่ใส่เหล็กทางดิน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกการทดลอง

ปริมาณฟอสฟอรัสของต้นถั่วลิสง ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการทดลองที่เป็น control มีค่าสูงที่สุดและการทดลองที่ฉีดพ่น 5 ครั้งมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งค่าตัวเลขที่ได้จากการทดลองมีความแปรปรวนสูง จึงไม่สามารถอธิบายถึงเหตุผลดังกล่าวได้

ดังนั้นจากผลการทดลองดังกล่าวจึงสรุปผลการทดลองได้ว่าการฉีดพ่นเหล็กทางใบช่วยลดอาการขาดธาตุเหล็กได้ดีกว่าการใส่เหล็กทางดินทำให้การเจริญเติบโตของต้นถั่วลิสงแตกต่างกัน และพบว่า การฉีดพ่นเหล็กทางใบจำนวน 3 ครั้งโดยฉีดพ่น 20 วัน/ครั้ง จะให้ผลในด้าน การเจริญเติบโต ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่ในต้นถั่วลิสงได้ดีกว่าการทดลองอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังไม่สามารถระบุได้ชัดเจนลงไปในการฉีดพ่น $FeSO_4$ ที่ระดับความเข้มข้น 0.3% ทางใบที่เหมาะสมที่สุดในถั่วลิสง จึงควรทำการค้นคว้าวิจัยเพื่อศึกษาแนวทางที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2525. เรื่องถั่วลิสง. เอกสารชุดวิชาพืชศาสตร์ที่ 2. กรุงเทพฯ.

62 หน้า.

ครรชิต ปุระมะโรหิต และคณะ 2510. การขาดธาตุเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกบนดินสีดํา และวิธีการแก้ไข. รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรครั้งที่ 6 สาขาพืชและชีววิทยาสาขาสัตว สาขาเศรษฐศาสตร์การเกษตร. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 17.

จรงค์ จันท์เจริญสุข. 2530. เคมี่ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 279 หน้า.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ และคณะ. การศึกษาปัญหาของจุลธาตุอากาศที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตของถั่วลิสงในดินชุดตาคลีและแนวทางแก้ไข. รายงานสัมมนาถั่วลิสงครั้งที่ 4. ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เพิ่มพูน สักดิ์เกษม. 2531. ถั่วลิสง. ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพทางการเกษตร. สำนักพิมพ์พรสาสน์. กรุงเทพฯ. 72 หน้า.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และคณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา. 2527. พืชเศรษฐกิจเล่มที่ 2. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 209-234.

ไพฑูริย์ ประพฤติธรรม. 2528. เคมี่ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 502 หน้า.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2526. ปุ๋ยจุลธาตุอาหารเสริม. เทคโนโลยีการผลิตและการใช้ปุ๋ย. เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์. หน้า 184-209.

ระพี สาคริก. 2516. หลักการใช้ปุ๋ยสำหรับต้นไม้และใบไม้ทั่ว ๆ ไป. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์. กรุงเทพฯ. 100 หน้า .

สัมฤทธิ์ ชัยวรรณคุปต์. 2521. ความอุดมสมบูรณ์ของดินสำหรับถั่วลิสง. เรื่องย่อการสัมมนาถั่วลิสงและถั่วอื่นๆบางชนิด. 2-4 มีนาคม 2521 ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวัฒน์ รัตนะรัต, สานา เพชรจวี, ปรีดา พากเพียร , ชลวณิ ละเอียต , สมพงษ์ ดิษฐ์สันเทียะ และสุภาพร รัตนะรัต. แนวทางแก้ไขอาการขาดธาตุเหล็กของถั่วลิสงที่ปลูกในดินเหนียวสีดํา. วารสารดินและปุ๋ย. 4 : 56-78.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2535. รายงานการสำรวจเนื้อที่เพาะปลูก และผลผลิตถั่วลิสงปีเพาะปลูก 2535. โดยศูนย์สถิติการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตร

และสหกรณ์. เอกสารสถิติการเกษตร .

สำเนา เพชรฉวี. 2535. บทบาทของธาตุอาหารเสริมต่อไม้ผล. วารสารดินและปุ๋ย. 14:277-297.

Beeson, Marton, and Allaway. 1972. Micronutrient cations complexing in soil solution. Soil sci.Soc.Am.Proc. 20:512-523.

Division of Agricultural Chemistry. 1966. Annual report on fertilizer experiments and soil fertility research. Division of Agriculture Chemistry, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.

Gris. 1961. Iron chlorosis in plants. Adv. Agron. 17:425-456.

Krauskopf, Murphy, and Donahue. 1981. Fertilizers and soil amendment. prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs.

Kubote and Allaway. 1972. Chemistry of the micronutrient elements in soil.

Mitchell. 1984. Iron chlorosis in horticultural plants: A review. Proc. Am. Soc. Hort. Sci.39:101-154.

ภาคผนวก

ตารางที่ 9 ค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

pH	7.95
Organic matter	1.92 %
Cation exchange capacity	44.17 me/100g
Available Phosphorus (Bray II)	9.90 ppm
Total Nitrogen	0.13 %
Electroconductivity	0.10 ds/m

ตารางที่ 10 แสดงความสูงของต้นถั่วลิสงเมื่ออายุ 1 เดือน (เซนติเมตร)

ตำรับการทดลอง	น้ำที่			
	1	2	3	4
Control	16.00	17.50	15.80	17.00
ใส่ปุ๋ย N-P-K	17.50	19.00	17.00	18.00
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	17.50	16.50	17.00	15.50
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	18.30	16.50	17.00	17.00
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	14.00	16.00	18.00	18.00
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	13.00	18.00	16.00	17.00
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	15.00	17.00	17.50	18.00

ตารางที่ 11 แสดงความสูงของต้นถั่วลิสงก่อนเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร)

ดำรับการทดลอง	ซ้ำที่			
	1	2	3	4
Control	15.00	24.00	19.00	18.00
ใส่ปุ๋ย N-P-K	21.00	24.00	21.00	20.00
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	24.00	25.50	27.00	20.00
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	22.00	21.50	22.00	22.50
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	21.00	21.00	23.00	24.00
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	21.00	25.00	22.00	24.00
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	20.00	19.00	21.00	23.00

ตารางที่ 12 แสดงน้ำหนักแห้งของต้นถั่วลิสง (กรับต่อกระถาง)

คำรับการทดลอง	น้ำที่			
	1	2	3	4
Control	5.62	4.98	9.12	10.57
ใส่ปุ๋ย N-P-K	9.35	9.02	10.32	8.30
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	13.95	14.76	18.66	12.04
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	9.85	9.41	10.05	9.77
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	11.40	10.82	12.59	13.47
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	12.78	14.79	13.93	14.22
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	8.87	11.17	8.92	8.88

ตารางที่ 13 แสดงเปอร์เซ็นต์น้ำในต้นถั่วลิสง

ตำรับการทดลอง	ปีที่			
	1	2	3	4
Control	68.11	71.63	70.13	70.18
ใส่ปุ๋ย N-P-K	70.51	70.14	70.47	70.37
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	72.49	73.82	70.29	71.94
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	72.34	75.82	70.89	71.18
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	73.88	69.10	73.59	71.83
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	70.04	71.23	66.09	75.09
ใส่ FeSO ₄ ทางดิน + N-P-K	71.15	70.15	70.95	71.67

ตารางที่ 14 แสดงเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นถั่วลิสง (%)

ตัวรับการทดลอง	ซ้ำที่			
	1	2	3	4
Control	1.79	1.63	1.48	1.77
ใส่ปุ๋ย N-P-K	1.86	1.82	1.63	1.99
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	1.88	2.41	2.00	2.01
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	1.68	1.76	1.88	1.78
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	1.76	1.74	1.69	1.76
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	2.01	1.96	2.40	1.95
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	1.96	1.79	1.89	1.73

ตารางที่ 15 แสดงปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วลิสง (กรัมต่อกระถาง)

ตำรับการทดลอง	ซ้ำที่			
	1	2	3	4
Control	0.1015	0.0800	0.1300	0.1850
ใส่ปุ๋ย N-P-K	0.1750	0.1700	0.1650	0.1650
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	0.2600	0.3550	0.3800	0.2400
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	0.1650	0.1650	0.1900	0.1750
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	0.2000	0.2050	0.2150	0.2350
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	0.2500	0.2900	0.2400	0.2750
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	0.1000	0.1950	0.1550	0.1550

ตารางที่ 16 แสดงเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นถั่วลิสง

ตัวรับการทดลอง	ซ้ำที่			
	1	2	3	4
Control	0.14	0.20	0.06	0.12
ใส่ปุ๋ย N-P-K	0.13	0.13	0.13	0.13
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	0.15	0.09	0.08	0.06
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	0.15	0.11	0.12	0.09
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	0.15	0.17	0.06	0.09
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	0.14	0.08	0.11	0.08
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	0.19	0.17	0.19	0.23

ตารางที่ 17 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในต้นถั่วลิสง (กรัมต่อกระถาง)

คำรับการทดลอง	ซ้ำที่			
	1	2	3	4
Control	0.0078	0.0100	0.0560	0.0130
ใส่ปุ๋ย N-P-K	0.0120	0.0119	0.0136	0.0110
ฉีดพ่น 3 ครั้ง + N-P-K	0.0260	0.0137	0.0145	0.0075
ฉีดพ่น 5 ครั้ง + N-P-K	0.0146	0.0102	0.0125	0.0091
ฉีดพ่น 7 ครั้ง + N-P-K	0.0163	0.0185	0.0078	0.0126
ฉีดพ่น 9 ครั้ง + N-P-K	0.0179	0.0115	0.0152	0.0110
ใส่ FeSO_4 ทางดิน + N-P-K	0.0187	0.0190	0.0167	0.0207