รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพดิน ปุ๋ยและน้ำทางการเกษตรอย่างสมดุลและยั่งยืน

2. โครงการวิจัย : โครงการวิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพและจุลินทรีย์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การใช้แหนแดงเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในการผลิตพืช

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Use of Azolla to elevate soil fertility in plant production

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผู้ร่วมงาน : ประไพ ทองระอา สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นิศารัตน์ ทวีนุต สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ :

แหนแดงเป็นปุ๋ยชีวภาพชนิดหนึ่งที่นอกจากจะใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนให้แก่พืชแล้ว ยังสามารถเป็นแหล่งอินทรียวัตถุได้อีกด้วย เนื่องจากมีไซยาโนแบคทีเรียชนิดที่ตรึงไนโตรเจนได้อาศัยอยู่ในโพรงใบแหนแดง นอกจากไนโตรเจนแล้วแหนแดงยังมีธาตุอาหารชนิดอื่นเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง สามารถเพิ่มปริมาณมวลชีวภาพได้อย่างรวดเร็ว และเมื่อเกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นประโยชน์แก่พืช เพื่อให้สามารถนำแหนแดงไปประยุกต์ใช้ประโยชน์กับพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบถึงระยะเวลาการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ จึงดำเนินการบ่มแหนแดงสดและแหนแดงแห้งในดินร่วนและดินเหนียวที่ระดับความจุความชื้นของดิน 60 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ เป็นเวลา 154 วัน ผลการทดลองพบว่าดินที่ใส่แหนแดงสดมีการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมสูงกว่าในรูปไนเตรทในช่วงระยะเวลา 1-35 วันแรก หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียมลดลงและคงเหลือแต่รูปของไนเตรทจนถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง ส่วนดินที่ใส่แหนแดงแห้ง พบว่า ในช่วงระยะเวลา 7 วันแรก มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงกว่าไนเตรท หลังจากนั้น ปริมาณแอมโมเนียมลดลงแต่ปริมาณไนเตรทสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง ในด้านปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้พบว่า มีการปลดปล่อยที่คล้ายกันคือ การใส่แหนแดงแห้งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าการใส่แหนแดงสด ซึ่งมีช่วงระยะเวลาการปลดปล่อยยาวนาน ประมาณ 150 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ใส่ทั้งแหนแดงสดและแห้งเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันทั้งในดินร่วน และดินเหนียว

เพื่อให้ทราบผลการใช้แหนแดงเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จึงได้ทำการทดลองในกระถางโดยการปลูกคะน้าในกระถางทดลองติดต่อกันจำนวน 3 ครั้ง มีการใส่แหนแดงแห้งอัตราต่างๆ คือ 0 5 10 1

กรมวิชาการเกษตร

20 30 40 50 และ 60 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรียวัตถุในดินเมื่อใส่แหนแดงแห้งครั้งแรกที่อัตรา 0-10 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม พบว่า ดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุลดลงเล็กน้อยจากดินก่อนปลูก แต่เมื่อใส่แหนแดงแห้งเพิ่มขึ้นที่อัตรา 15-20 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม พบว่าดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับเท่ากันกับดินก่อนปลูกและเมื่อใส่ที่อัตราสูงขึ้นตั้งแต่ 30-60 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม จะทำให้ดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจากดินก่อนปลูกประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุในดินเมื่อใส่แหนแดงแห้งในการปลูกพืชครั้งที่ 2 พบว่าดินหลังปลูกครั้งที่ 2 มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจากครั้งที่ 1 เฉลี่ย 0.55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่แหนแดงแห้งในการปลูกพืชครั้งที่ 3 ที่อัตรา 0-10 15-20 และ 30-60 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจากครั้งที่ 2 เฉลี่ย 0.43 1.30 และ 2.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าเมื่อใส่แหนแดงแห้งอัตราที่เหมาะสมคือ 30-40 กรัม ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้สูงกว่าอัตราแหนแดงที่ระดับต่ำหรือสูงกว่าอัตราที่เหมาะสม

จากผลการใช้แหนแดงและปุ๋ยเคมีทางดินเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในการผลิตผักคะน้าในแปลงทดลอง พบว่าการใช้แหนแดงแห้งอัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด โดยมีน้ำหนักสดรวม เท่ากับ 84.3 กรัมต่อต้น รองลงมาคือร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ คือ 75.7 และ 52.1 กรัมต่อต้น ตามลำดับ สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทุกอัตราให้ผลต่ำกว่าการใส่แหนแดง ยิ่งกว่านั้นการใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดินจะช่วยส่งเสริมให้คะน้ามีจำนวนใบ และขนาดลำต้น เพิ่มขึ้นสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอย่างเดียว เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตต่อไร่ พบว่า การใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 75 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มผลผลิตมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำถึง 203.6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การใส่แหนแดงแห้งยังมีผลทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำหลัก : แหนแดง อินทรียวัตถุ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

กรมวิชาการเกษตร

ABSTRACT :

Azolla is a kind of bio-fertilizer that can be used as a nitrogen source for plants and also use as an organic matter source. It can be utilized either fresh or dry, which when decomposed will release various elements. Furthermore, azolla can rapidly increase biomass. This research was conducted to study the mineralization of plant nutrients in soils amended with fresh and dried azolla. Also, the change on soil chemical properties was under investigation. Fresh and dried azolla were incubated in 2 soil type as loamy soil and clay soil at the temperature of 30 °C, water holding capacity of 60% for 154 days. In soil amended with fresh azolla, ammonium-N was found in the higher amount than nitrate-N during the first 1-35 days. After that, the amount of ammonium-N was decreased and at the end of the studied time all was mineralized to Nitrate-N. Whereas, the amount of ammonium-N in the soil with dried azolla was higher than nitrate only during the first 7 days. Then it declined thus enabled nitrate-N

accumulation till the end of the study. The mineralization of phosphorus and potassium occurred in the similar pattern as that of nitrogen. The amount of available phosphorus and exchangeable potassium was found higher in the soil with dried azolla than that of fresh one. The mineralization of phosphorus and potassium occurred more than 150 days of the study. In terms of soil organic matter, it was found that soil amended with either fresh or dried azolla had higher organic matter than that with control treatment in both soil types.

To study the effect of azolla to improve soil fertility, the kale was planted in 3 consecutively pots, each with a rate of 0 5 10 15 20 30 40 50 and 60 gram per kilogram-soil. The result showed that the soil after planting was a slight decreased in the amount of organic matter at the rate of 0-10 gram dry azolla. However, when applied dry azolla at the rate of 15-20 gram, It was found that the soil after planting was the same amount of organic matter as the soil before planting. The organic matter was increased 1.0 percent when applied dry azolla at the rate of 30-60 gram. The change in organic matter in the soil, when incorporated with the dry azolla showed those soil after the second planting was an average of 0.55 percent. Applied azolla in the third crop at rates of 0-10, 15-20 and 30-60 gram were increased the organic matter from those the second time, averaging 0.43, 1.30 and 2.33 percent, respectively. This indicated that azolla at the rate of 30-40 gram can improve the growth of kale more than those were the lower or the higher rates.

The use of azolla incorporated with chemical fertilizers to elevate soil fertility in the experimental plots, the production of kale was examined at Chaiyaphum province. The result showed that 75 percent of recommendation chemical fertilizer combined with 0.5 kg azolla/m^2 were remarkably highest grown as 84.3 g/plant, the 50 and 100 percent of recommendation chemical fertilizer combined with azolla showed lower-ranking than those as 75.7 and 52.1 g/plant, respectively. All rates of chemical fertilizer alone resulted in lower growth than that of azolla. Beside, adding azolla with chemical fertilizers promoted higher number of leaves and stem circumstance than with chemical fertilizer alone. Base on yield productivity, 75 percent of recommendation chemical fertilizer combined with azolla could increase 203.6 percent productivity than those the rate of recommendation chemical fertilizer. Moreover, the soil incorporated with dry azolla was found to significantly increase organic matter in soil than chemical fertilizer alone.

Key - word : Azolla, Organic matter, soil fertility

ศูนย์วิทยทรัพยากร

6. คำนำ :

อินทรียวัตถุเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งเป็นปัจจัยจำกัดอย่างหนึ่งที่ทำให้ต้องมีการจัดการดินและธาตุอาหารพืชที่แตกต่างกัน พื้นที่การเกษตรในประเทศไทยส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ถึงจำนวน 97.58 ล้านไร่ โดยพบมากที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือถึง 56.58 ล้านไร่ (โสพส, 2559) การจะพัฒนาพื้นที่ให้สามารถผลิตพืชผักให้มีประสิทธิภาพตามมาตรฐานจึงจำเป็นต้องมีการจัดการดินโดยการใส่ชีวมวลลงในพื้นที่อย่างต่อเนื่องปีละไม่น้อยกว่า 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อยกระดับปริมาณอินทรียวัตถุให้สูงขึ้นถึงระดับไม่น้อยกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ แต่หากสามารถเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดินได้ถึง 3.0 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ดินมีศักยภาพสูงในการปลดปล่อยธาตุอาหารให้เพียงพอกับความต้องการของพืชรากตื้นเช่นพืชผักได้ (โสพส, 2559) การนำเอาชีวมวลจากพืชมาใช้ในการยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้เกษตรสามารถปฏิบัติได้ โดยชีวมวลที่จะนำมาใช้ควรเป็นพืชที่สามารถให้ผลผลิตชีวมวลสูงและสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็ว พร้อมกันนั้นควรมีธาตุอาหารที่จะทำให้พืชปลูกสามารถเจริญเติบโตอย่างมีคุณภาพได้อีกด้วย

แหนแดง เป็นปุ๋ยชีวภาพชนิดหนึ่งที่มีไซยาโนแบคทีเรียชนิดที่ตรึงไนโตรเจนได้อาศัยอยู่ในโพรงใบแบบพึ่งพาอาศัยกัน สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 176 กรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อวัน (Watanabe *et al*., 1977) ทำให้แหนแดงมีปริมาณของไนโตรเจนสูงถึงประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ (Watanabe and Ramirez, 1990; ศิริลักษณ์และประไพ, 2557) สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวเพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนให้แก่ต้นข้าวได้ โดยในอดีตมีการใช้แหนแดงเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารในนาข้าวมาอย่างยาวนานในประเทศจีนและเวียดนาม Watanabe *et al*. (1980) รายงานว่า ในเวลา 1 ปี แหนแดงสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างต่อเนื่องในนาข้าว 22 ครั้ง ได้ชีวมวล 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ และไนโตรเจน 75 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งแหนแดงสามารถเพิ่มปริมาณได้ถึง 40 เท่า โดยเพิ่มจากน้ำหนักสด จาก 80 เป็น 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ ได้ในระยะเวลาเพียง 2 สัปดาห์ (Djojosuwito, 2000 อ้างโดย Jumadi *et al*., 2014) แสดงให้เห็นว่าแหนแดงมีศักยภาพในการสร้างชีวมวล ซึ่งเกษตรกรสามารถเพิ่มปริมาณแหนแดงหมุนเวียนใช้ได้เองอย่างไม่มีวันหมด (renewable agricultural material) และนำแหนแดงมาใช้เป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนในการปลูกพืชได้ดี นอกจากนี้เมื่อใส่แหนแดงลงในดิน แหนแดงยังสามารถช่วยเพิ่มอิทรียวัตถุในดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น (Subedi and Shrestha, 2015) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการทดลองเพื่อที่จะวิจัยการใช้แหนแดงในการยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตพืช

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์

1. บ่อพันธุ์แหนแดง
2. เมล็ดพันธุ์ผักที่ใช้ในการทดสอบ เช่น คะน้า สลัดคอส
3. ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ยากำจัดโรคและแมลง

ศรีเกษตร

4. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างดินและพืช เช่น ได้แก่ พลั่วมือ จอบ เสียม มีด ถุงพลาสติกเก็บตัวอย่างดิน และถุงกระดาษเก็บตัวอย่างพืช เป็นต้น

5. อุปกรณ์วัดการเจริญเติบโตและผลผลิต เช่น ตาชั่ง เวอร์เนียร์ แถบวัดความยาว

6. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินและพืช ได้แก่ H_2SO_4 98 เปอร์เซ็นต์, HCl 37เปอร์เซ็นต์, $HClO_4$ 70เปอร์เซ็นต์, HNO_3 65 เปอร์เซ็นต์, Se powder, K_2SO_4, $CuSO_4.5H_2O$, NaOH, H_3BO_3, $K_2Cr_2O_7$, H_3PO_4, $FeSO_4.7H_2O$, $Fe(NH_4)_2$, $(SO_4)_2.6H_2O$, NH_4F และ $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$

7. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินและพืช

ได้แก่ หลอดแก้วย่อยตัวอย่างดินและพืช ขวดปรับปริมาตร กระดาษกรอง ไปเปต บีกเกอร์ ขวดแก้วรูปชมพู่ บิวเร็ต และขวดพลาสติกเครื่องมือ ได้แก่ เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง เครื่องชั่งไฟฟ้า เตาย่อยไฟฟ้า เครื่องกลั่นไนโตรเจนเครื่อง spectrophotometer และเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

- วิธีการ

1. **ศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณแหนแดงในพื้นที่ขนาดเล็ก**

เตรียมแหนแดงสำหรับใช้ในการทดลอง โดยการเพาะเลี้ยงแหนแดงในกระชังขนาด 30 ตารางเมตร หว่านแหนแดงอัตรา 300 กรัมต่อตารางเมตร ลงในกระชังที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 15 วัน เก็บรวบรวมแหนแดงได้ประมาณ 300 กิโลกรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้ง โดยแหนแดงสดน้ำหนัก 15 กิโลกรัม เท่ากับแหนแดงแห้ง 1 กิโลกรัม จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างแหนแดงที่เพาะเลี้ยงได้ไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (micro Kjeldahl) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (molybdate-vanadate) โพแทสเซียมทั้งหมด แคลเซียมทั้งหมด และแมกนีเซียมทั้งหมด โดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometer (Soil and Plant Analysis Council, 1998) และปริมาณลิกนิน (Goering and van Soest, 1970)

ทำการทดลองเพาะเลี้ยงแหนแดงในพื้นที่ขนาดเล็ก ขนาด 1x 2 เมตร เพื่อเก็บเกี่ยวแหนแดงให้ได้ตลอดทั้งปี โดยการหว่านแหนแดงอัตรา 300 กรัมต่อตารางเมตร เมื่อแหนแดงเจริญเติบโตจนเต็มพื้นที่ทดลอง ทำการเก็บเกี่ยวแหนแดงออกจากบ่อเพาะเลี้ยงครั้งละ 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามกรรมวิธีที่กำหนด และชั่งน้ำหนักสดทุกครั้งที่แหนแดงเจริญเติบโตเต็มบ่อเพาะเลี้ยง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตและความถี่ (จำนวนครั้ง) ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อแหนแดงเจริญเติบโตเต็มพื้นที่ ในแต่ละระยะฤดูกาลโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 พฤศจิกายน 2559 – มกราคม 2560 ระยะที่ 2 กุมภาพันธ์ 2560– เมษายน 2560 และระยะที่ 3 พฤษภาคม 2560– กรกฎาคม 2560

2. ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนและการสะสมปริมาณอินทรียวัตถุของแหนแดง

2.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแหนแดง และสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

2.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแหนแดง

สุ่มเก็บตัวอย่างแหนแดงที่เพาะเลี้ยงจากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร จำนวน 1 กิโลกรัม มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น (desiccator) จากนั้น นำมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี micro Kjeldahl ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยวิธีการย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรด $HClO_4$ และ HNO_3 สัดส่วน 1:2 โดยปริมาตร และวัดปริมาณโดยวิธี molybdate-

กรมวิชาการเกษตร

vanadate วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด โดยวิธีย่อยการสลายตัวอย่างด้วยกรด $HClO_4$ และ HNO_3 สัดส่วน 1:2 โดยปริมาตร และวัดปริมาณโดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) และวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน โดยวิธี Walkley and Black (Walkley and Black, 1947)

2.1.2 การวิเคราะห์สมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

ดินที่ใช้ในการทดลอง มี 2 ชนิด คือ ดินร่วนและดินเหนียว ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินชั้นไถพรวน (10-15 เซนติเมตร) มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีก่อนทำการทดลอง ได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย วัตถุ โดยวิธี Walkley and Black ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี BrayII (Bray and Kurtz, 1945) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยวิธีการสกัดดินด้วย NH_4OAc pH7 และวัดด้วยเครื่อง AAS

2.2. การปลดปล่อยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

2.2.1 การเตรียมตัวอย่างและวางแผนการทดลอง

ชั่งดินที่ผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละ 10 กรัม แบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ชุดๆ ละ 3 ซ้ำ ชุดที่ 1 ไม่ใส่แหนแดง ชุดที่ 2 ใส่แหนแดงสด 3 กรัม และชุดที่ 3 ใส่แหนแดงแห้ง 0.2 กรัม (โดยแหนแดงสดประมาณ 15 กรัม เท่ากับแหนแดงแห้ง 1 กรัม) เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับความชื้นให้ได้ 60 เปอร์เซ็นต์ ของความจุอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) ผสมดินคลุกเคล้าให้เข้ากัน ปิดฝาขวดที่บรรจุดินและปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ นำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างในขวดพลาสติกซึ่งเป็นตัวแทนในแต่ละกรรมวิธีไปวิเคราะห์ตามระยะเวลาที่กำหนด จำนวน 16 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่าง ๆ คือ 1 3 7 14 21 28 35 42 56 70 84 98 112 126 140 และ 154 วัน รวมหน่วยทดลองทั้งสิ้นจำนวน 144 ขวด (ในแต่ละสัปดาห์นำขวดตัวอย่างที่เหลือมาชั่ง เพื่อตรวจสอบความชื้นที่สูญหายไป เติมน้ำกลั่นเพื่อรักษาความชื้นให้คงระดับเดิม)

2.2.2 การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

นำตัวอย่างดินในแต่ละระยะเวลาของการบ่มตามแผนการทดลองจากข้อ 2.1 มาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ โดยนำตัวอย่างดินมาสกัดด้วยสารละลาย 2N KCl นำสารละลายที่สกัดได้ มาวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียม(NH_4^+) และไนเตรท(NO_3^-) โดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ (Keeney, 1982) วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี BrayII ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยวิธีการสกัดดินด้วย 1N NH_4OAc pH 7 และวัดปริมาณด้วยเครื่อง AAS วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (สัดส่วนดินต่อน้ำ 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (สัดส่วนดินต่อน้ำ 1:5) และวัดปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยวิธี Walkley and Black

กรมวิทยาศาสตร์

3. ศึกษาวิธีการใช้แหนแดงเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในกระถางทดลอง

3.1 การเตรียมและวิเคราะห์สมบัติของแหนแดงที่ใช้ในการทดลอง

เตรียมแหนแดงแห้งสำหรับใช้ในการทดลอง โดยการเพาะเลี้ยงแหนแดงในกระชังขนาด 30 ตารางเมตร หว่านแหนแดงอัตรา 300 กรัมต่อตารางเมตร ลงในกระชังที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 15 วัน เก็บรวบรวมแหนแดงได้ประมาณ 300 กิโลกรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้ง โดยแหนแดงสดน้ำหนัก 15 กิโลกรัม ได้แหนแดงแห้งประมาณ 1 กิโลกรัม จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างแหนแดงที่เพาะเลี้ยงได้ไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(micro Kjeldahl) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด(molybdate-vanadate) โพแทสเซียมทั้งหมด แคลเซียมทั้งหมด และแมกนีเซียมทั้งหมด โดยวิธีย่อยการสลายตัวอย่างด้วยกรด $HClO_4$ และ HNO_3 สัดส่วน 1:2 โดยปริมาตร และวัดปริมาณโดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (Soil and Plant Analysis Council, 1998)

3.2 การวิเคราะห์สมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

ดินที่นำมาใช้ในการทดลองคือ ดินร่วนเหนียว โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการทดลองมาวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่ใช้ก่อนทำการทดลอง โดยวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH; สัดส่วนดินต่อน้ำ 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (EC; สัดส่วนดินต่อน้ำ 1:5) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM; Walkley and Black) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ โดยวิธีสกัดดินด้วย 1N NH_4OAc pH 7 (Grant, 1982) และวัดด้วยเครื่อง AAS

3.3 การเตรียมตัวอย่างและวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 9 กรรมวิธี 8 ซ้ำ โดยใช้แหนแดงแห้งอัตราต่าง ๆ คือ 0 10 15 20 25 30 40 50 และ 60 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม เพาะเมล็ดผัก คะน้าในถาดเพาะชำ ขนาด104 หลุม เมื่ออายุกล้าผักได้ 15 วัน ย้ายต้นกล้าผักลงปลูกในถุงพลาสติกสีขาวขุ่นขนาด 10×13 นิ้ว เมื่อผักคะน้า อายุ 30 วัน หลังจากย้ายปลูก บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักคะน้า ได้แก่ น้ำหนักสด-แห้ง ของต้น และใบ ราก ทำการทดลองในดินเดิมโดยการปลูกผักคะน้าซ้ำ 3 รอบ และเติมแหนแดงแห้งอัตราต่างๆ ตามกรรมวิธีเริ่มต้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

4. **ศึกษาวิธีการใช้แหนแดงเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงทดลอง**

คัดเลือกแปลงทดลองของเกษตรกร จังหวัดชัยภูมิที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่า ดินมีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.74 มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ 1.18 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง เท่ากับ 153 และ 232 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำคือ

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมี ตามค่าวิเคราะห์ดิน (100 เปอร์เซ็นต์)

กรรมวิธีที่ 5 ใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

กรรมวิธีที่ 6 ใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 7 ใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 8 ใส่แหนแดงแห้งในอัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตรร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์สมบัติทางเคมีเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนปลูกพืชทดสอบในแปลงทดสอบ จากนั้นเพาะเมล็ดคะน้า และย้ายเมล็ดที่งอกแล้วลงถาดหลุมขนาด 104 หลุม เมื่อกล้าโตได้อายุประมาณ 14 วัน (มีใบจริง 2-3 ใบ) จึงนำกล้าไปปลูกลงแปลงทดลองตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยปลูกพืชทดสอบ(ผักคะน้า) ในแปลงทดลองขนาด กว้าง 1.2 เมตร ยาว 6 เมตร ใส่แหนแดงแห้งตามกรรมวิธีที่กำหนดร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้น้ำสม่ำเสมอ ดูแลป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความจำเป็น หลังย้ายปลูกสำรวจการระบาดของโรคและแมลงทุกสัปดาห์ หากพบพ่นด้วยสารชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร โดยพ่นซ้ำติดต่อกัน 2 ครั้ง

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา ตุลาคม 2559 - กันยายน 2563

สถานที่ทำการทดลอง - กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา
กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
- แปลงเกษตรกร อำเภอเมือง จ. ชัยภูมิ

กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์ :

1. **ศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณแหนแดงในพื้นที่ขนาดเล็ก**

จากการทดลองเก็บเกี่ยวแหนแดงออกจากบ่อเพาะเลี้ยงทุกครั้งที่แหนแดงมีการเจริญเติบโตจนเต็มบ่อ โดยการตักแหนแดงออกจากบ่อระหว่างวันที่ 15 มกราคม - 15 เมษายน 2560 ที่อัตรา 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่บ่อ ขนาด 1x2 ตารางเมตร พบว่า การตักแหนแดงออกจากบ่อเพาะเลี้ยง 25 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 3 เดือน (ระหว่างเดือนมกราคม - เมษายน 2560) ตักออกได้จำนวน 13 ครั้ง เฉลี่ย ครั้งละ 1,208 กรัม ในขณะที่การตักแหนแดงออกจากบ่อเพาะเลี้ยง 50 เปอร์เซ็นต์ จะตักได้จำนวน 9 ครั้ง เฉลี่ยครั้งละ 2,519 กรัม และการตักแหนแดงออกจากบ่อเพาะเลี้ยง 75 เปอร์เซ็นต์ จะตักได้จำนวน 5 ครั้ง เฉลี่ยครั้งละ 3,226 กรัม (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งในระหว่าง 15 พฤษภาคม – 15 สิงหาคม ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 1,096 2,160

และ 3,060 กรัม (ตารางที่ 2) และระหว่าง 15 กันยายน – 15 ธันวาคม 2560 ซึ่งมีค่า เฉลี่ย 1,230 2,512 และ 3,312 กรัม (ตารางที่ 3) ตามลำดับ

ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักรวมทั้งสิ้นเมื่อเก็บเกี่ยวออกจากบ่อ พบว่า การเก็บเกี่ยวออกจากบ่อที่ 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 15,317 และ 15,997 กรัมต่อ 2 ตารางเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ การเก็บเกี่ยวแหนแดงออกจากบ่อ 50 เปอร์เซ็นต์ให้น้ำหนักรวมสูงที่สุด เท่ากับ 21,573 กรัมต่อ 2 ตารางเมตร (ตารางที่ 4) เพิ่มขึ้นจากการตักออก แบบ 25 เปอร์เซ็นต์และ 75 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 40.84 และ 34.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะที่เฉพาะเจาะจงของแหนแดงที่ชอบการอยู่รวมกันมากกว่าการกระจายตัวแบบเดียวๆ ซึ่งจะทำให้สภาพแวดล้อมบริเวณรอบๆ ต้นแหนแดงมีความชื้นสูงกว่า สำหรับการตักออกแบบ 25 เปอร์เซ็นต์ นั้นแหนแดงเจริญเติบโตได้รวดเร็วและหนาแน่นมากเกินไปอาจทำให้การเจริญเติบโตลดลง

ตารางที่ 1 จำนวนครั้งและน้ำหนักสด (กรัม) ที่เก็บเกี่ยวแหนแดงออกจากบ่อเพาะเลี้ยง โดยตักแหนแดงออกจากบ่อเมื่อแหนแดงเจริญเติบโตเต็มบ่อ ที่อัตรา 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บ่อขนาด 1x2 ตารางเมตร ระหว่างเดือน 15 มกราคม - 15 เมษายน 2560

กรรมวิธี	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	รวม
1. ตักออก25%	1150	1190	1280	1210	1140	1220	1280	1170	1220	1240	1180	1240	1190	15,710
2. ตักออก50%	2640	2580	2650	2450	2530	2380	2400	2440	2600	-	-	-	-	22,670
3. ตักออก75%	3230	3120	3480	3120	3180	-	-	-	-	-	-	-	-	16,130

ตารางที่ 2 จำนวนครั้งและน้ำหนักสด (กรัม) ที่เก็บเกี่ยวแหนแดงออกจากบ่อเพาะเลี้ยง โดยตักแหนแดงออกจากบ่อเมื่อแหนแดงเจริญเติบโตเต็มบ่อ ที่อัตรา 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บ่อขนาด 1x2 ตารางเมตรระหว่าง 15 พฤษภาคม – 15 สิงหาคม 2560

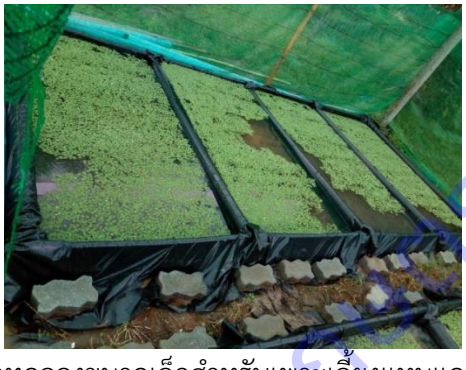
กรรมวิธี	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	รวม
1. ตักออก25%	920	1,080	1,010	960	1,100	1,020	1,050	1,220	1,160	1,210	1,180	1,240	1,100	14,250
2. ตักออก50%	1,180	2,140	2,180	2,020	2,240	2,220	2,140	2,120	2,200	-	-	-	-	19,440
3. ตักออก75%	2,820	2,980	3,240	3,020	3,240	-	-	-	-	-	-	-	-	15,300

ตารางที่ 3 จำนวนครั้งและน้ำหนักสด (กรัม) ที่เก็บเกี่ยวแหนแดงออกจากบ่อเพาะเลี้ยง โดยตักแหนแดงออกจากบ่อเมื่อแหนแดงเจริญเติบโตเต็มบ่อ ที่อัตรา 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บ่อขนาด 1x2 ตารางเมตร ระหว่าง 15 กันยายน – 15 ธันวาคม 2560

กรรมวิธี	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12	ครั้งที่ 13	รวม
1. ตักออก25%	1,140	1,240	1,210	1,260	1,240	1,190	1,200	1,280	1,280	1,210	1,250	1,220	1,270	15,990
2. ตักออก50%	2,460	2,260	2,580	2,520	2,630	2,530	2,600	2,450	2,580	-	-	-	-	22,610
3. ตักออก75%	3,220	3,420	3,110	3,340	3,470	-	-	-	-	-	-	-	-	16,560

ตารางที่ 4 น้ำหนักรวมทั้งหมดของการตักแหนแดงออกจากบ่อเพาะเลี้ยงที่อัตรา 25 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บ่อ ขนาด 1x2 ตารางเมตร ในช่วงระยะเวลาต่างๆ

กรรมวิธี	น้ำหนักรวม (กรัม)				การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (%)
	ม.ค.60-เม.ย.60	พ.ค. 60-ส.ค. 60	ก.ย. 60-ธ.ค. 60	ค่าเฉลี่ย	
1. ตักออก25%	15,710	14,250	15,990	15,317	-
2. ตักออก50%	22,670	19,440	22,610	21,573	40.84
3. ตักออก75%	16,130	15,300	16,560	15,997	4.44



ภาพที่ 1 บ่อทดลองขนาดเล็กสำหรับเพาะเลี้ยงแหนแดง

2. ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนและการสะสมปริมาณอินทรียวัตถุของแหนแดง

1. องค์ประกอบทางเคมีของแหนแดง และสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแหนแดงที่ใช้ในการศึกษา พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 4.58 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 9.95 ปริมาณลิกนิน 24.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.64 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 5.08 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด 2.59 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด 0.39 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) และดินที่ใช้ในการทดลองมีเนื้อดินกลุ่มดินร่วน จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนทำการทดลองพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.60 ค่าการนำไฟฟ้า 0.089 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อินทรียวัตถุ 2.2 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 557.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 401 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 2,785 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 237 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกลุ่มดินเหนียว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.09 ค่าการนำไฟฟ้า 1.332 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อินทรียวัตถุ 1.06 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 33.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 3,627 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 713 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 ปริมาณธาตุอาหารในแหนแดง

ตัวอย่าง	%Total-N	%Total-P	%Total-K	%Total-Ca	%Total-Mg
แหนแดง	4.58	0.64	5.08	2.59	0.39

ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนทดลอง

ตัวอย่าง	pH (1:1)	EC (dS/m) (1:5)	OM (%)	Avai-P (mg/kg)	Exc.-K (mg/kg)	Exc.-Ca (mg/kg)	Exc.-Mg (mg/kg)
ดินร่วน	7.60	0.089	2.2	557.3	401	2785	237
ดินเหนียว	7.09	1.332	1.06	33.8	120	3627	713

2. การปลดปล่อยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

2.1 ไนโตรเจน

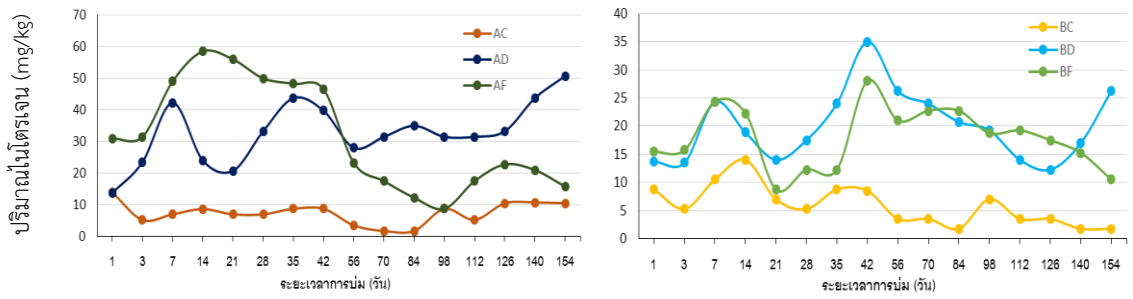
ผลการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิ (Net-N mineralization, Net-N) หรืออนินทรีย์ไนโตรเจน (NH_4^+-N + NO_3^--N) ของแหนแดงสด และแหนแดงแห้ง ในดิน 2 ชนิด คือดินร่วน และดินเหนียว เมื่อบ่มดินที่ระยะเวลา 1 3 7 14 21 28 42 56 70 84 98 112 126 140 และ 154 วัน พบว่า ในดินบ่มที่มีการใส่แหนแดงสดในดินร่วน มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิสูงกว่าแหนแดงแห้งในช่วงระยะเวลาเริ่มต้น 1-35 วัน หลังจากนั้นการปลดปล่อยลดลงอย่างรวดเร็วและมีปริมาณคงที่จนถึงระยะเวลา 154 วัน ในขณะที่ในดินเหนียวการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิ ทั้งแหนแดงแห้งและแหนแดงสดจะใกล้เคียงกันในตอนเริ่มต้น แต่การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิ หลัง 21 วัน พบว่า การปลดปล่อยไนโตรเจนในแหนแดงแห้งสูงกว่าแหนแดงสด(ภาพที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ ประพิศและพิชิต (2536) ที่ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนของแหนแดงสดในดินขังน้ำ พบว่าแหนแดงปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในปริมาณค่อนข้างสูงในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 3 จากนั้นปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนจะลดลงในเกือบทุกชุดดิน จากการศึกษาของ Ito and Watanabe (1985) รายงานว่าเมื่อคลุกแหนแดงสดลงไปในดินนาขังน้ำ แหนแดงจะปลดปล่อยไนโตรเจนสูงสุดในเวลา 24 วัน และเนื่องจากแหนแดงแห้งมีปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าแหนแดงสด จึงทำให้กิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ช้ากว่า ซึ่งมีรูปแบบที่ไม่เหมือนแหนแดงสดที่จะย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาได้อย่างรวดเร็วตั้งแต่มีการคลุกลงดิน ซึ่งสอดคล้องกับ Watanabe et. al. (1981) ที่รายงานว่าไนโตรเจนจากแหนแดงจะถูกปลดปล่อยและเป็นประโยชน์ต่อข้าวเมื่อแหนแดงถูกย่อยสลาย ซึ่งการย่อยสลายของแหนแดงสดเกิดขึ้นรวดเร็วมากในช่วงสัปดาห์แรกเมื่อทำการคลุกลงดินและเพิ่มขึ้นต่อไปจนถึงสัปดาห์ที่ 3 จากนั้นการปลดปล่อยไนโตรเจนจะลดลง

จากการนำแหนแดงสดและแหนแดงแห้งผสมคลุกเคล้ากับดินร่วน และดินเหนียวและนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆ จนถึง 154 วัน มาวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมและไนเตรทที่ปลดปล่อยออกมาในแต่ละระยะเวลาการบ่ม พบว่าไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมของทั้งดินร่วนและดินเหนียวนั้นมีค่าสูงสุดที่ระยะ 7 วัน ยกเว้นการปลดปล่อยแอมโมเนียมในแหนแดงสดในดินร่วน จะมีค่าสูงสุด

ศรีวิชัยการยางนครศรีธรรมราช

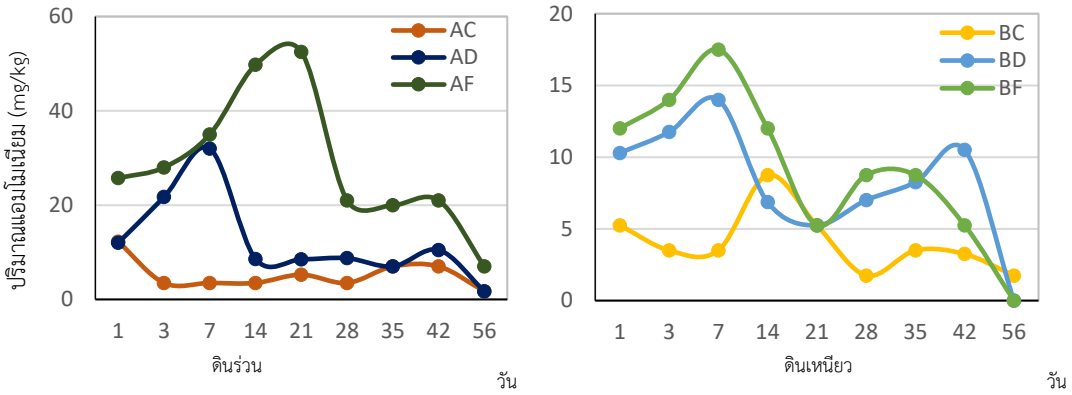
ที่ระยะ 21 วัน และพบว่าในแหนแดงสดมีค่าการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงกว่าในดินที่ใส่แหนแดงแห้งทั้งในดินร่วนและดินเหนียวดังแสดงในภาพที่ 1 สำหรับระยะเวลาการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินทั้ง 2 ชนิด มีระยะเวลาเพียง 42 วัน และเมื่อพิจารณาถึงการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปไนเตรทของแหนแดงแห้งทั้งในดินร่วนและดินเหนียวพบว่าสูงกว่าในแหนแดงสด โดยในแหนแดงแห้งมีแนวโน้มที่จะปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปไนเตรทในระยะเวลาที่ยาวนานกว่าแหนแดงสด ดังภาพที่ 3 ซึ่งรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยจากแหนแดงสดและแหนแดงแห้งในแต่ละช่วงระยะเวลานั้น พบว่า มีความแตกต่างกัน โดยการใส่แหนแดงสดจะปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมได้สูงกว่าไนเตรทในช่วงระยะเวลา 1-35 วันแรก หลังจากนั้นแอมโมเนียมจะลดปริมาณลงและเปลี่ยนรูปไปเป็น ไนเตรทจนถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง การที่แหนแดงสดมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมได้สูงนั้นอาจเป็นเพราะแหนแดงสดมีค่าสัดส่วนของ C:N แคบ(ประมาณ 10-13) และมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง (ศิริลักษณ์ และประไพ, 2557) จึงส่งเสริมให้เกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยแอมโมเนียมออกมาได้อย่างรวดเร็วประกอบกับในสภาพที่ย่อยสลาย ดินมีความชื้นสูงจึงทำให้แอมโมเนียมเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทโดยกระบวนการ Nitrification ได้น้อย ทำให้พบไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมสูง (ภาพที่ 3) เช่นเดียวกับการย่อยสลายแหนแดงในนาข้าว ซึ่งแหนแดงจะปลดปล่อยไนโตรเจนส่วนใหญ่ออกมาในรูปของแอมโมเนียมลงสู่ดิน (Ito and Watanebe, 1985) สำหรับรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยจากแหนแดงแห้ง พบว่า ในช่วงระยะเวลา 7 วันแรก มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงกว่าไนเตรท แต่หลังจากนั้นพบว่า แอมโมเนียมลดปริมาณลงและไนเตรทมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใส่แหนแดงแห้งลงในดินบมทำให้แอมโมเนียมเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทได้มากกว่าการใส่แหนแดงสดทั้งในดินร่วนและดินเหนียว

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่าการปลดปล่อยไนโตรเจนจากดินที่ใส่แหนแดงสดและแหนแดงแห้งในแต่ละช่วงระยะเวลาต่างๆ ทำให้พืชได้รับไนโตรเจนทั้งปริมาณ และรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการนำแหนแดงมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืชชนิดอื่น ๆ นอกจากข้าว เช่น พืชผักต่าง ๆ ได้ จากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับผักกินต้นและใบ เช่น คะน้า กะหล่ำปลี ผักกาดขาวปลี ผักกาดเขียวปลี จะใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10-20 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของอินทรียวัตถุในดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2553)

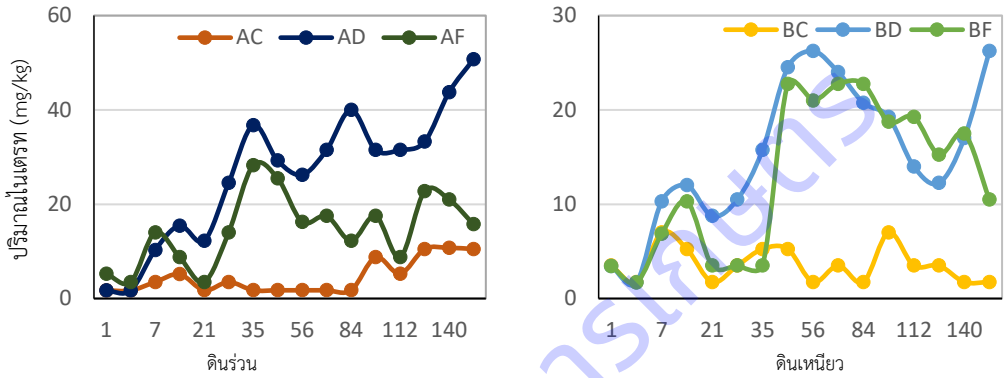


ภาพที่ 2 การปลดปล่อยไนโตรเจนสุทธิในดินร่วนและดินเหนียวที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสดที่ระยะเวลาต่าง ๆ (A : ดินร่วน B:ดินเหนียว C: ดินควบคุม D:ใส่แหนแดงแห้ง F:ใส่แหนแดงสด)

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 3 การปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินร่วนและดินเหนียวที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสดที่ระยะเวลาต่าง ๆ (A : ดินร่วน B:ดินเหนียว C: ดินควบคุม D:ใส่แหนแดงแห้ง F:ใส่แหนแดงสด)



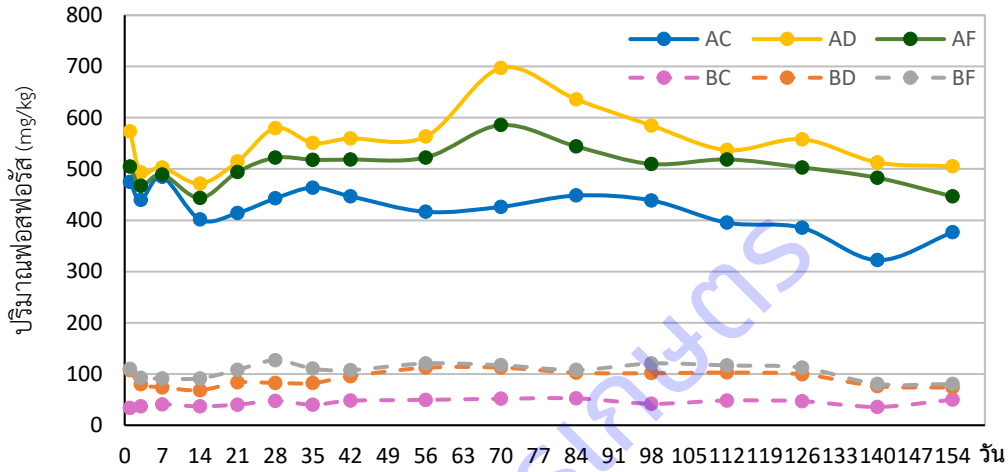
ภาพที่ 4 การปลดปล่อยไนเตรทในดินร่วนและดินเหนียวที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสดที่ระยะเวลาต่าง ๆ (A : ดินร่วน B: ดินเหนียว C: ดินควบคุม D: ใส่แหนแดงแห้ง F: ใส่แหนแดงสด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

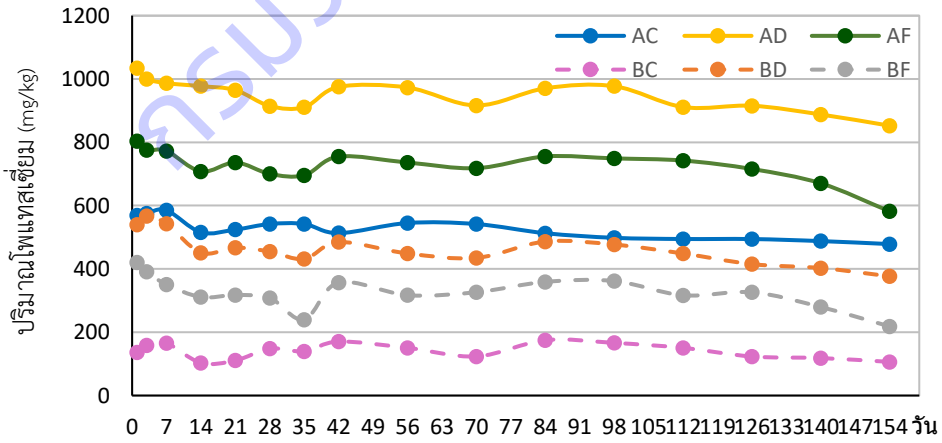
2.2 ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

ผลการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ใส่แหนแดงสด และในดินที่ใส่แหนแดงแห้งเมื่อบ่มดินที่ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า แหนแดงแห้งมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าในดินที่ใส่แหนแดงสดเล็กน้อยทั้งในดินร่วนและดินเหนียว โดยมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสดในดินร่วนเพิ่มขึ้นจากดินควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 129.0 และ 79.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในดินเหนียวเพิ่มขึ้นจากดินควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 133.8 และ 105.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 5) ส่วนผลทางด้านการปลดปล่อยปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่าการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินร่วนที่ใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าในดินที่ใส่แหนแดงสดโดยในดินที่ใส่แหนแดงแห้ง และแหนแดงสดมีปริมาณการปลดปล่อยเพิ่มขึ้นจากดินควบคุมเฉลี่ยเท่ากับเท่ากับ 421.2 และ 199.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเหนียวที่ใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าในดินที่ใส่แหนแดงสดเล็กน้อย และมีการปลดปล่อยเป็นระยะเวลายาวนานเช่นเดียวกับฟอสฟอรัส โดยในดินที่ใส่แหนแดงแห้ง และแหนแดงสดมีปริมาณการปลดปล่อยเพิ่มขึ้นจากดิน

ควบคุมเฉลี่ยเท่ากับเท่ากับ 298.9 และ 256.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 6) จากข้อมูลการปลดปล่อยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสด แสดงให้เห็นว่าปริมาณที่ปลดปล่อยออกมานี้มากเพียงพอต่อความต้องการของพืชเศรษฐกิจหลายชนิด (กรมวิชาการเกษตร, 2553) เนื่องจากแหนแดงสามารถสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจากสารละลายดินได้ดี (Van Hove, 1989) เมื่อเกิดการย่อยสลายจึงสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้สูง ทำให้แหนแดงสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารหลักให้แก่พืชได้



ภาพที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมาในดินร่วนและดินเหนียวที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสดที่ระยะเวลาต่างๆ (A : ดินร่วน B: ดินเหนียว C: ดินควบคุม D: ใส่แหนแดงแห้ง F: ใส่แหนแดงสด)



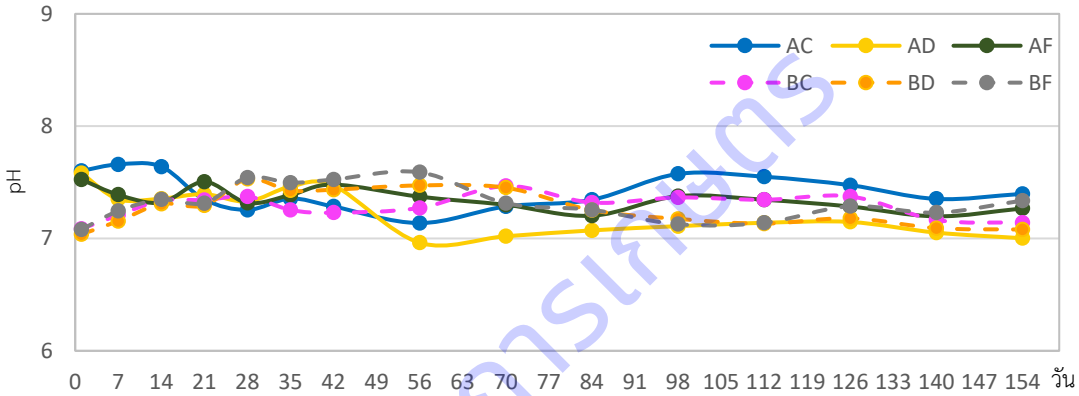
ภาพที่ 6 ปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยออกมาในดินร่วนและดินเหนียวที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสดที่ระยะเวลาต่างๆ (A : ดินร่วน B: ดินเหนียว C: ดินควบคุม D: ใส่แหนแดงแห้ง F: ใส่แหนแดงสด)

กรมวิชาการเกษตร

3. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี

3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)

เมื่อบ่มดินที่ใส่แหนแดงสด และแหนแดงแห้งเปรียบเทียบกับดินบ่มในชุดที่ 1 (กรรมวิธีควบคุม) พบว่าดินที่ใส่แหนแดงสดและแหนแดงแห้งมีค่า pH ของดินลดลงจากดินควบคุมตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยดินที่ใส่แหนแดงแห้งมีค่า pH ลดลงมากกว่าดินที่ใส่แหนแดงสดเล็กน้อย ทั้งในดินร่วนและดินเหนียว (ภาพที่ 7) ซึ่งจากค่า pH ที่ลดลงดังกล่าวคาดว่าเกิดจากการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากดินที่ใส่แหนแดงขณะที่เกิดการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมไปเป็นไนเตรทโดยกระบวนการ Nitrification เพิ่มขึ้นจากดินควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ จากแหนแดงเพิ่มขึ้น รวมถึงการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนจากกระบวนการ Nitrification ดังกล่าวข้างต้นร่วมด้วย

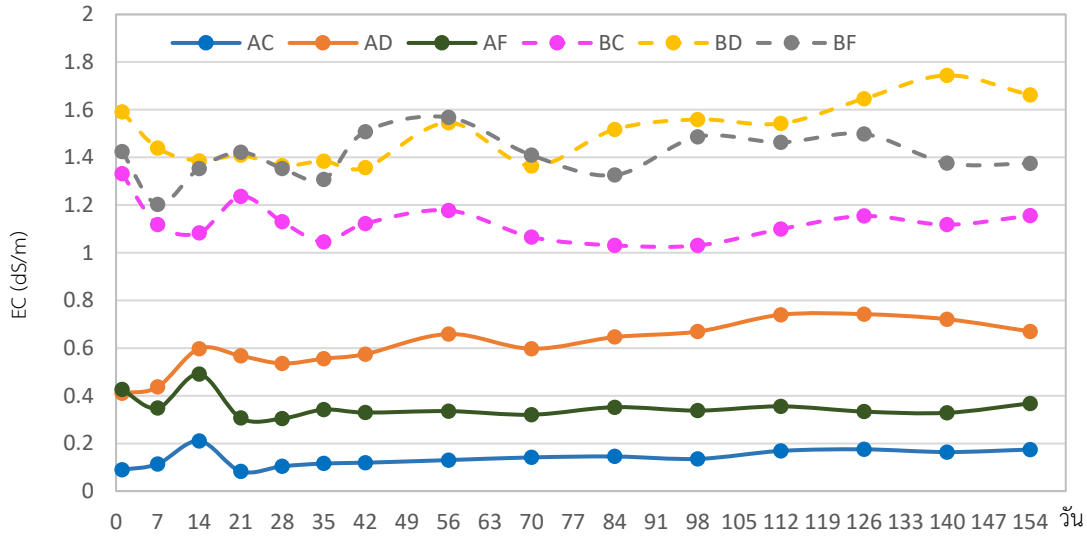


ภาพที่ 7 ความเป็นกรด-ด่าง (1:1)ในดินร่วนและดินเหนียวที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสดที่ระยะเวลาต่างๆ (A : ดินร่วน B: ดินเหนียว C: ดินควบคุม D: ใส่แหนแดงแห้ง F: ใส่แหนแดงสด)

3.2 การนำไฟฟ้า(EC)

การเปลี่ยนแปลงค่า EC ของดินที่ใส่แหนแดงสดและแหนแดงแห้ง แสดงในภาพที่ 6 พบว่าค่า EC ดังกล่าวเพิ่มขึ้นจากดินควบคุม(ไม่ใส่แหนแดง) ทั้งในดินร่วนและดินเหนียว ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการปลดปล่อยธาตุอาหารที่มีประจุบวกต่างๆ ในดินที่มีการใส่แหนแดง รวมถึงไฮโดรเจนอิออนที่ได้มาจากกระบวนการ nitrification ในดินบ่มนี้

กรมวิชาการเกษตร

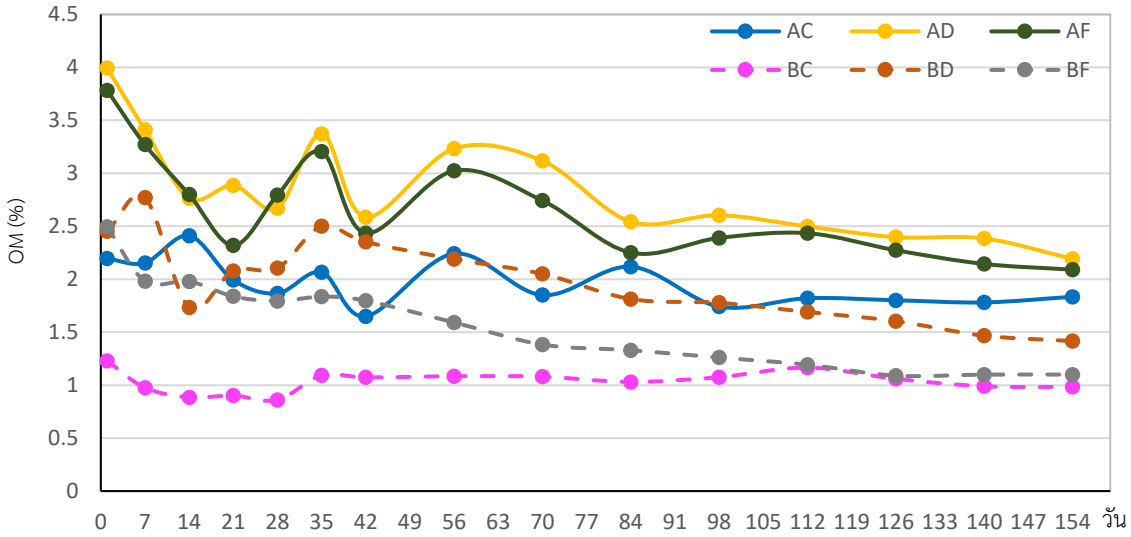


ภาพที่ 8 ค่า EC (1:5) ในดินร่วนและดินเหนียวที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสดที่ระยะเวลาต่างๆ (A : ดินร่วน B: ดินเหนียว C: ดินควบคุม D: ใส่แหนแดงแห้ง F: ใส่แหนแดงสด)

3.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ

เมื่อบ่มดินที่ใส่แหนแดงสด และแหนแดงแห้งเปรียบเทียบกับดินควบคุม(ไม่ใส่แหนแดง) พบว่า ดินที่ใส่แหนแดงสดหรือแหนแดงแห้งมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงขึ้นจากดินควบคุมตลอดระยะเวลาการบ่มดิน (ตารางที่ 7) โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินร่วนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.8 เปอร์เซ็นต์ คือ เปลี่ยนแปลงจาก 1.97 เปอร์เซ็นต์ ในดินควบคุม เป็น 2.84 เปอร์เซ็นต์ ในดินที่ใส่แหนแดงแห้ง และเป็น 2.70 เปอร์เซ็นต์ ในดินที่ใส่แหนแดงสด ส่วนในดินเหนียว คือ ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นของแหนแดงแห้งและแหนแดงสดจากดินควบคุม เท่ากับ 0.97 และ 0.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเปลี่ยนแปลงจาก 1.03 เปอร์เซ็นต์ ในดินควบคุม เป็น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในดินที่ใส่แหนแดงแห้ง และเป็น 1.58 เปอร์เซ็นต์ ในดินที่ใส่แหนแดงสด โดยพบว่าในระยะแรกของการบ่ม (1-84 วัน) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าระยะหลังของการบ่ม ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากคาร์บอนที่ของแหนแดงในส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย เช่น ใบของแหนแดง ถูกปลดปล่อยออกมาอย่างรวดเร็วในระยะแรก ซึ่งสอดคล้องกับ Watanabe et al. (1991) รายงานว่า แหนแดงถูกย่อยสลายประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 4 สัปดาห์ นอกจากนั้น แหนแดงยังมีลิกนินเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณสูงเช่นกัน (Wen et al., 1987; ตารางที่ 1) เมื่อลิกนินจะถูกแปรสภาพโดยกระบวนการ solubilization และ mineralization ทำให้เกิดสารฮิวมิก และเกิดเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนในดินต่อไป (Bhardwaj and Gaur, 1970)

ศูนย์วิทยทรัพยากร



ภาพที่ 9 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินร่วนและดินเหนียวที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสดที่ระยะเวลาต่างๆ (A : ดินร่วน B: ดินเหนียว C: ดินควบคุม D: ใส่แหนแดงแห้ง F: ใส่แหนแดงสด)

3. ศึกษาวิธีการใช้แหนแดงเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในกระถางทดลอง

3.ผลการใช้แหนแดงเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในการปลูกคะน้าในกระถางทดลอง

3.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนปลูกพบว่า ดินมีค่า pH เป็นกลาง มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำไม่เป็นดินเค็ม มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง มีปริมาณแคลเซียมสูงและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนปลูก

ตัวอย่างดิน	pH (1:1)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	Avai. P (mg/kg)	Exc. K (mg/kg)	Exc. Ca (mg/kg)	Exc. Mg (mg/kg)
ดินร่วนเหนียว	7.14	0.06	2.2	187	456	2,052	250

เมื่อทดลองปลูกคะน้าในกระถางทดลองติดต่อกันจำนวน 3 ครั้ง โดยมีการใส่แหนแดงแห้งอัตราต่างๆ คือ 0 5 10 15 20 30 40 50 และ 60 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินพบว่า เมื่อใส่แหนแดงแห้งที่อัตรา 0 5 10 15 และ 20 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ในการปลูกคะน้าทั้ง 3 ครั้ง ทำให้ค่า pH ของดินเป็นกลางไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้าใส่แหนแดงแห้งในอัตราที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 30-60 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม เฉพาะในการปลูกครั้งที่ 3 มีแนวโน้มทำให้ค่าpH ดินหลังปลูกลดลงอยู่ในช่วงเป็นกรดเล็กน้อย ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าในดิน พบว่า เมื่อใส่แหนแดงแห้งเกือบทุกอัตราในการปลูกครั้งที่ 1 และ 2 ทำให้ค่า EC เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากดินก่อนปลูก และเมื่อใส่แหนแดงครั้งที่ 3 พบว่าทำให้ค่า EC สูงขึ้นมากโดยสูง

กรมวิชาการเกษตร

กว่าครั้งที่ 1และ 2 เฉลี่ย 0.3 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุ เมื่อใส่แหนแดงแห้งครั้งแรกที่อัตรา 0-10 กรัม พบว่าดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุลดลงเล็กน้อยจากดินก่อนปลูก แต่เมื่อใส่แหนแดงแห้งเพิ่มขึ้นที่อัตรา 15-20 กรัมพบว่าดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับเท่ากันกับดินก่อนปลูกและเมื่อใส่ที่อัตราสูงขึ้นตั้งแต่ 30-60 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม จะทำให้ดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจากดินก่อนปลูกประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุในดินเมื่อใส่แหนแดงแห้งในการปลูกพืชครั้งที่ 2 พบว่าดินหลังปลูกครั้งที่ 2 มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจากครั้งที่ 1 เฉลี่ย 0.55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่แหนแดงแห้งในการปลูกพืชครั้งที่ 3 ที่อัตรา 0-10 15-20 และ 30-60 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจากครั้งที่ 2 เฉลี่ย 0.43 1.30 และ 2.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 8 และ 9) จะเห็นได้ว่ารูปแบบการเพิ่มขึ้นของระดับอินทรียวัตถุเมื่อใส่แหนแดงแห้งระดับต่างๆ จำนวน 3 ครั้ง สามารถนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชผักในพื้นที่ที่ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกันได้ โดยหากต้องการให้ได้ผลผลิตพืชผักที่ดีจะต้องยกระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้นถึงระดับ 3.0 เปอร์เซ็นต์ จึงจะทำให้ดินมีศักยภาพสูงในการปลดปล่อยธาตุอาหารให้เพียงพอกับความต้องการของพืชรากตื้นเช่นพืชผักได้ (โสพส, 2559)

ตารางที่ 8 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังปลูกคะน้าครั้งที่ 1 2 และ 3

กรรมวิธี	pH (1:1)			EC (1:5) (dS/m)			OM (%)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1. Az0	6.99	6.99	7.10	0.11	0.12	0.12	1.35	1.61	2.02
2. Az5	7.03	7.21	7.00	0.12	0.11	0.21	1.84	2.24	2.61
3. Az10	7.05	7.28	6.94	0.13	0.11	0.39	2.05	2.77	3.28
4. Az15	7.06	7.06	6.83	0.12	0.18	0.35	2.25	2.74	3.94
5. Az20	7.07	7.07	6.92	0.17	0.16	0.49	2.32	3.40	4.81
6. Az30	7.06	7.03	6.47	0.19	0.18	0.64	3.21	3.29	5.49
7. Az40	7.21	7.16	6.47	0.19	0.23	0.85	3.49	4.12	5.99
8. Az50	7.28	7.06	6.17	0.19	0.18	0.67	3.45	4.28	6.93
9. Az60	7.29	7.29	6.80	0.20	0.12	0.38	3.39	3.89	6.49

หมายเหตุ: Az0 คือ ไม่ใส่แหนแดงแห้ง, Az5 คือใส่แหนแดงแห้ง 5 กรัมต่อกิโลกรัม, Az10 คือใส่แหนแดงแห้ง 10 กรัมต่อกิโลกรัม, Az15 คือใส่แหนแดงแห้ง 15 กรัมต่อกิโลกรัม, Az20 คือใส่แหนแดงแห้ง 20 กรัมต่อกิโลกรัม, Az30 คือใส่แหนแดงแห้ง 30 กรัมต่อกิโลกรัม, Az40 คือใส่แหนแดงแห้ง 40 กรัมต่อกิโลกรัม, Az50 คือใส่แหนแดงแห้ง 50 กรัมต่อกิโลกรัม และ Az60 คือใส่แหนแดงแห้ง 60 กรัมต่อกิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ตารางที่ 9 ผลต่างของปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังปลูกและดินก่อนปลูกเมื่อปลูกคะน้าครั้งที่ 1 2 และ 3

กรรมวิธี	ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1. Az0	-0.85	0.26	0.41
2. Az5	-0.36	0.40	0.37
3. Az10	-0.15	0.72	0.51
4. Az15	0.05	0.49	1.20
5. Az20	0.12	1.08	1.41
6. Az30	1.01	0.08	2.20
7. Az40	1.29	0.63	1.87
8. Az50	1.25	0.83	2.65
9. Az60	1.19	0.50	2.60
เฉลี่ย	0.39	0.55	1.47

หมายเหตุ: ดินก่อนปลูกครั้งที่ 1 มีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 2.2 เปอร์เซ็นต์

3.2 การเจริญเติบโตของผักคะน้า

เมื่อปลูกผักคะน้าครั้งที่ 1 พบว่าการใส่แหนแดงแห้งที่อัตรา 5-60 กรัม ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งผักคะน้าใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่แตกต่างจากไม่ใส่แหนแดงแห้งที่มีน้ำหนักสดต่ำกว่า และเมื่อปลูกครั้งที่ 2 พบว่าการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 40 กรัมให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุด เท่ากับ 113 และ 8.67 กรัมต่อต้น ตามลำดับ แตกต่างจากการใส่แหนแดงอัตราอื่นๆ รองลงมาคือ การใส่แหนแดงแห้งอัตรา 30 กรัม ที่ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 87.7 และ 7.66 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการใส่แหนแดงแห้งที่อัตราต่ำ 10-20 กรัม และที่อัตราสูง 50-60 กรัม ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่ำกว่าและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าการใส่แหนแดงแห้งที่อัตราต่ำ 10-20 กรัม มีปริมาณธาตุอาหารน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ส่วนการใส่แหนแดงแห้งที่อัตราสูง 50-60 กรัม คาดว่ามีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอแก่พืชแต่มีสมบัติทางกายภาพของดินไม่เหมาะสม เนื่องจากการใส่แหนแดงแห้งที่อัตราสูงจะทำให้ดินปลูกมีการอุ้มน้ำมากเกินไป (ศิริลักษณ์ และคณะ, 2558) ทำให้รากพืชอาจมีการขาดอากาศในการหายใจได้ ส่วนการปลูกครั้งที่ 3 พบว่าการใส่แหนแดงแห้งอัตรา 30 และ 40 กรัม ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงใกล้เคียงกันไม่ต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักสดเท่ากับ 71.3 และ 65.2 กรัมต้น ตามลำดับ และมีน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 5.85 และ 5.32 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการใส่แหนแดงแห้งที่อัตราต่ำกว่าและสูงกว่าอัตราดังกล่าวพบว่า ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งคะน้าต่ำกว่าเช่นเดียวกันกับการปลูกครั้งที่ 2 (ตารางที่ 4) และจากผลการทดลองปลูกคะน้าโดยการใส่แหนแดงแห้งอัตราต่างๆ ในดินปลูกนี้สามารถคัดเลือกช่วงอัตราการใส่แหนแดงแห้งที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทดสอบในแปลงทดลองต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 10 ปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นคะน้าเมื่อใส่แหนแดงแห้งอัตราต่างๆ เมื่อปลูกครั้งที่ 1 2 และ 3

กรรมวิธี	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)
1. Az0	35.8b	4.30 b	41.5 d	4.00 d	26.9 d	2.64 c
2. Az5	60.7 a	6.01 ab	58.0 cd	5.08 cd	43.1 c	3.81 bc
3. Az10	73.8 a	6.66 a	76.5 bc	6.87 bc	44.4 c	3.80 bc
4. Az15	77.9 a	6.35 a	69.6 bc	5.88 bc	47.2 c	4.01 bc
5. Az20	75.0 a	6.46 ab	75.9 bc	6.42 bc	57.6 bc	4.92 ab
6. Az30	78.3 a	6.43 ab	87.7 b	7.66 ab	71.3 a	5.85 a
7. Az40	83.4 a	6.75 a	113 a	8.67 a	65.2 ab	5.32 ab
8. Az50	78.0 a	7.07 a	70.7 bc	6.77 bc	52.2 bc	4.87 ab
9. Az60	75.2 a	5.94 ab	67.2 bc	5.81 bc	46.9 c	3.98 bc
เฉลี่ย	70.9	6.20	73.3	6.35	50.5	4.36
CV(%)	25.6	27.2	28.8	28.6	32.1	36.8

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

4. ผลการใช้แหนแดงและปุ๋ยเคมีทางดินเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในการผลิตผักคะน้าในแปลงทดลอง

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก จังหวัดชัยภูมิ พบว่า ดินมีค่า pH เป็นด่างเล็กน้อย เท่ากับ 7.7 มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.1 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่เป็นดินเค็ม มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ เท่ากับ 1.18 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมากเท่ากับ 153 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับเหมาะสม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำและปานกลาง โดยมีค่าเท่ากับ 232 714 และ 155 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

4.1 การเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหาร

เมื่อใส่แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยทางดินอัตราต่างๆ ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้า พบว่า การใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดินทุกอัตราให้น้ำหนักสดคะน้าสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอย่างเดียว โดยการใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดิน 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้น้ำหนักสดคะน้าสูงสุด เท่ากับ 84.3 กรัมต่อต้น แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือการใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดิน 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำโดยมีน้ำหนักสดคะน้าเท่ากับ 75.7 และ 52.1 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งการใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดินจะช่วยส่งเสริมให้คะน้ามีจำนวนใบ และขนาดลำต้น เพิ่มขึ้นสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอย่างเดียว (ตารางที่ 11) และเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบคะน้าร่วมด้วยพบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบในกรรมวิธีที่ใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดินทุกอัตรามีความเข้มข้นสูงกว่าการใส่

กรมวิชาการเกษตร

ปุ๋ยเคมีทางดินอย่างเดียวทุกอัตราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบ พบว่าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน ด้านความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบนั้นพบว่า การใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดินทุกอัตรามีความเข้มข้นสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอย่างเดียวเล็กน้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมที่มีความเข้มข้นโพแทสเซียมต่ำ (ตารางที่ 12) นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่แหนแดงอย่างเดียว การใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดิน 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำทำให้มีการดูดใช้ไนโตรเจนได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวทุกอัตรา โดยมีการดูดใช้เท่ากับ 131 310 346 และ 237 มิลลิกรัมNต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลปริมาณน้ำหนักแห้งของใบ และความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบที่มีสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบพบว่า ให้ผลไปในทิศทางเดียวกับการดูดใช้ไนโตรเจนข้างต้น (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 11 ผลการใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดินต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าในแปลงทดลอง

กรรมวิธี	จำนวนใบ (ใบ/ต้น)	ขนาดลำต้น (มม./ต้น)	น้ำหนักสดรวม (กรัม/ต้น)	น้ำหนักสดใบ (กรัม/ต้น)	น้ำหนักสดต้น (กรัม/ต้น)	น้ำหนักสดก้าน (กรัม/ต้น)
1. Control	7.33 bcd	8.07 f	28.1 e	16.9 de	4.72 de	5.20 d
2. 50% Soil fert.	6.96 cd	9.30 de	26.6 e	15.6 e	3.93 ef	4.86 de
3. 75% Soil fert.	6.71 d	8.33 ef	19.4 e	12.1 e	2.80 f	3.19 e
4. 100% Soil fert.	7.63 bc	9.43 d	24.9 e	15.3 e	3.36 ef	4.13 de
5. Azo.	7.92 ab	11.0 c	38.6 d	21.7 d	5.63 cd	7.66 c
6. Azo.+50% Soil fert.	8.58 a	15.8 a	75.7 b	43.7 b	10.4 b	13.2 b
7. Azo.+75% Soil fert.	8.04 ab	14.8 ab	84.3 a	48.9 a	11.9 a	15.7 a
8. Azo.+100% Soil fert.	7.08 cd	13.9 b	52.1 c	32.7 c	6.75 c	9.13 c
เฉลี่ย	7.53	11.3	43.7	25.8	6.18	7.88
CV(%)	15.4	16.1	24.2	22.9	18.4	18.6

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

หมายเหตุ : ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (100% Soil fert.)= 20-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และใส่แหนแดงแห้ง (Azo.) อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ตารางที่ 12 ปริมาณน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบผักคะน้า เมื่อใช้แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดิน

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้งใบ (กรัม/ต้น)	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ		
		ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)
1. Control	1.44 e	3.48 f	0.65	2.73 b
2. 50% Soil fert.	1.73 e	5.11 d	0.65	3.35 ab
3. 75% Soil fert.	1.47 e	5.34 cd	0.62	3.44 ab
4. 100% Soil fert.	1.93 e	5.54 bc	0.65	3.22 ab
5. Azo.	2.97 d	4.42 e	0.61	3.30 ab
6. Azo.+50% Soil fert.	5.27 b	5.88 a	0.64	3.36 ab
7. Azo.+75% Soil fert.	5.97 a	5.79 ab	0.64	4.11 a
8. Azo.+100% Soil fert.	4.15 c	5.72 ab	0.64	4.03 a
เฉลี่ย	3.11	5.16	0.64	3.44
CV(%)	24.8	5.07	11.4	21.1

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

หมายเหตุ : ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (100% Soil fert.)= 20-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และใส่แหนแดงแห้ง (Azo.) อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตารางที่ 13 ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบผักคะน้า เมื่อใส่แหนแดงร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีทางดิน

กรรมวิธี	การดูดใช้ธาตุอาหารในใบ (มก./ต้น)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
1. Control	50.1	9.36	39.3
2. 50% Soil fert.	88.4	11.2	58.0
3. 75% Soil fert.	78.5	9.11	50.6
4. 100% Soil fert.	107	12.5	62.1
5. Azo.	131	18.1	98.0
6. Azo.+50% Soil fert.	310	33.7	177
7. Azo.+75% Soil fert.	346	38.2	245
8. Azo.+100% Soil fert.	237	26.6	167

กรมวิชาการเกษตร

4.2 ปริมาณผลผลิต

การใส่แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดิน 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลผลิตผักคะน้าสูงสุดโดยมีผลผลิตเท่ากับ 2,423 และ 2,698 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ การใส่แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ย 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยมีผลผลิตเท่ากับ 1,669 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อคำนวณผลผลิตเพิ่มจากการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ พบว่า การใส่แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ ให้ผลผลิตเพิ่มสูงสุดเท่ากับ 203 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การใส่แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 และ 100เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำโดยมีผลผลิตเพิ่มสูงเท่ากับ 172 และ 87.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใส่แหนแดงแห้งเพียงอย่างเดียวสามารถให้ผลผลิตเพิ่มจากการใส่ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำถึง 39.1 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 14 ผลการใช้แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดินต่อปริมาณผลผลิตผักคะน้า จังหวัดชัยภูมิ

กรรมวิธี	ผลผลิต (กก./ไร่)	ผลผลิตเพิ่ม (%)
1. Control	620 d	
2. 50% Soil fert.	797 d	
3. 75% Soil fert.	852 cd	
4. 100% Soil fert.	888 cd	-
5. Azo.	1,236 c	39.1
6. Azo.+50% Soil fert.	2,423 a	172.6
7. Azo.+75% Soil fert.	2,698 a	203.6
8. Azo.+100% Soil fert.	1,669 b	87.7
เฉลี่ย	1,398	-
CV(%)	17.1	

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

หมายเหตุ : ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (100% Soil fert.)= 20-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และใส่แหนแดงแห้ง (Azo.) อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

4.3 สมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารในดิน

เมื่อใส่แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดินอัตราต่าง ๆ พบว่า มีผลต่อค่า pH ของดิน โดยการใส่แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดิน 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำทำให้ดินมีค่า pH ลดลงจากที่เป็นด่างเล็กน้อย(กรรมวิธีควบคุม) ลดลงเป็นกลาง ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวทุกอัตราและการใส่แหนแดงแห้งอย่างเดียว ไม่ทำให้ค่า pH ในดินเปลี่ยนแปลง ส่วนค่าการนำไฟฟ้านั้นพบว่า การใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีไม่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าในดินมีการเปลี่ยนแปลงจากกรรมวิธีควบคุม ด้านปริมาณอินทรียวัตถุนั้น พบว่า การใส่แหนแดงแห้งอย่างเดียว และการใส่แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดิน 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตรา

กรมวิชาการเกษตร

แนะนำ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอย่างเดียวทุกอัตราอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าการใส่แหนแดงแห้งลงในดินจะสามารถทำให้ระดับอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นกว่าดินก่อนปลูกแต่ต้นคะน้ายังมีการตอบสนองต่อปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใส่ในอัตรา 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ เนื่องจากการใส่แหนแดง 0.5 กิโลกรัมลงไปในดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำสามารถยกระดับอินทรียวัตถุในดินได้ แต่ยังไม่เพียงพอ จึงต้องมีการใส่เพิ่มในทุกครั้งที่มีการปลูกพืชจนกระทั้งอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นถึง 3 เปอร์เซ็นต์ จึงจะเพียงพอต่อการทดแทนปุ๋ยเคมี (ศิริลักษณ์ และคณะ, 2561) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในกรรมวิธีที่ใส่แหนแดงแห้งร่วมปุ๋ยเคมีทางดินทุกอัตรามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวทุกอัตราซึ่งอาจเป็นเพราะแหนแดงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง ขณะที่ผักคะน้ามีการดูดใช้ฟอสฟอรัสในสัดส่วนที่น้อยกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียม จึงทำให้คงเหลือความเป็นประโยชน์ในดินสูง ส่วนปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน พบว่าการใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีมีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 15)

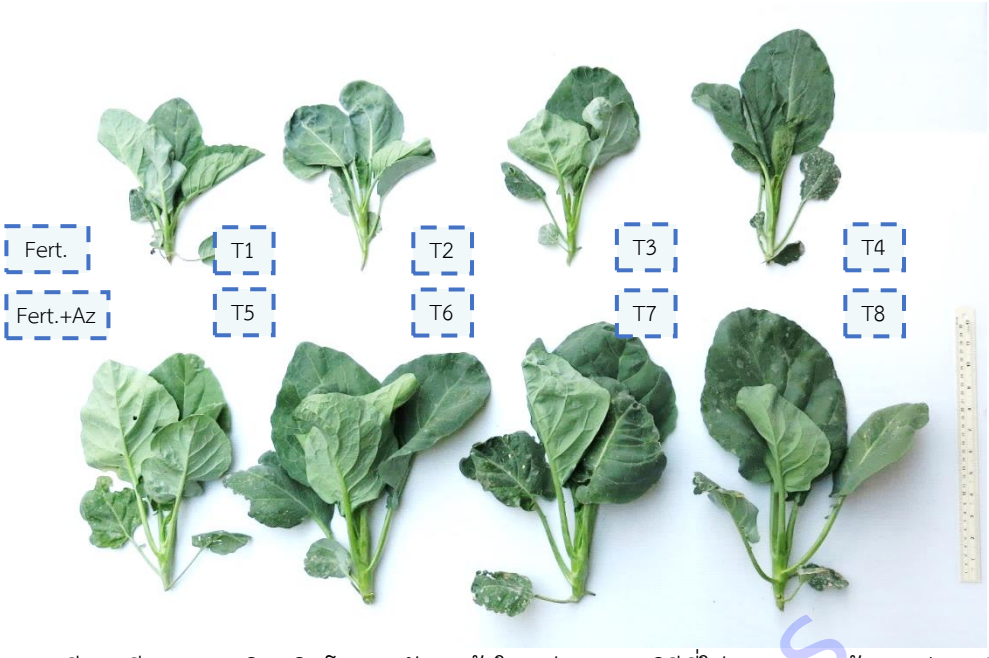
ตารางที่ 15 สมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารในดินหลังปลูกผักคะน้า เมื่อใส่แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดิน

ตัวอย่างดิน	pH (1:1)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	Avai. P (mg/kg)	Exc. K (mg/kg)	Exc. Ca (mg/kg)	Exc. Mg (mg/kg)
1. Control	7.70 a	0.08	1.78 c	166 d	274	463	181
2. 50% Soil fert.	7.72 a	0.08	1.90 bc	182 d	258	438	146
3. 75% Soil fert.	7.56 a	0.09	1.85 c	218 cd	280	502	147
4. 100% Soil fert.	7.55 a	0.09	1.88 bc	195 cd	287	477	160
5. Azo.	7.53 a	0.11	2.01 ab	250 bcd	206	628	182
6. Azo.+50% Soil fert.	7.28 b	0.11	2.09 a	293 abc	261	474	171
7. Azo.+75% Soil fert.	7.29 b	0.10	2.08 a	341 ab	233	429	153
8. Azo.+100% Soil fert.	7.23 b	0.12	2.07 a	391 a	237	625	139
เฉลี่ย	7.56	0.09	1.92	217	261	497	165
CV(%)	7.58	21.54	11.04	23.74	20.63	23.6	15.81

ตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

หมายเหตุ : ปุ๋ยอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (100% Soil fert.)= 20-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และใส่แหนแดงแห้ง (Azo.) อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักคะน้าในแต่ละกรรมวิธีที่ใส่แหนแดงแห้งและปุ๋ยเคมี 0, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน(20-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

1. การเพิ่มปริมาณแหนแดงในบ่อขยายพันธุ์ขนาดเล็ก สามารถทำได้โดยการใส่แม่พันธุ์ปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของบ่อ ในระยะเวลาประมาณ 3 เดือน สามารถเก็บเกี่ยวได้ 9 ครั้ง และให้น้ำหนักสดสูงที่สุด

2. ในดินที่ใส่แหนแดงสดและแหนแดงแห้งพบการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยดินที่ใส่แหนแดงสดมีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่ส่วนใหญ่เป็นไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมในช่วง 1-42 วัน ในขณะที่ในดินที่ใส่แหนแดงแห้งมีการปลดปล่อยไนโตรเจนส่วนใหญ่เป็นไนโตรเจนในรูปของไนเตรท ในดินที่ใส่แหนแดงแห้งมีการปลดปล่อยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าดินที่ใส่แหนแดงสด การใส่แหนแดงลงไปในดินทั้งในรูปสดและแห้งมีผลทำให้ pH ของดินลดลงเล็กน้อย แต่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินสูงขึ้น โดยค่าการนำไฟฟ้าในดินที่ใส่แหนแดงแห้งจะสูงกว่าที่ใส่แหนแดงสด นอกจากนี้การใส่แหนแดงทั้งรูปแบบสดและแห้งยังทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น

3. การใช้แหนแดงแห้งสามารถยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยดินจะมีปริมาณอินทรียวัตถุลดลงหากมีการใส่อินทรียวัตถุไม่เพียงพอ ใส่แหนแดงแห้งในดินที่อัตรา 15-20 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม พบว่าดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับเท่ากันกับดินก่อนปลูกและเมื่อใส่ที่อัตราสูงขึ้นตั้งแต่ 30-60 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม จะทำให้ดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจากดินก่อนปลูกประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่แหนแดงแห้งในการปลูกพืชครั้งที่ 3 ที่อัตรา 0-10 15-20 และ 30-60 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ดินหลังปลูกมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจากครั้งที่ 2 เฉลี่ย 0.43 1.30 และ 2.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

นอกจากนี้การใส่แหนแดงแห้งในอัตราที่เหมาะสม คือ 30-40 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้สูงกว่าอัตราแหนแดงที่ระดับต่ำหรือสูงกว่าอัตราที่เหมาะสม

4. การใช้แหนแดงและปุ๋ยเคมีทางดินเพื่อยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในการผลิตผักคะน้าในแปลงทดลอง โดยการใช้แหนแดงแห้งอัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำมีการเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด โดยการใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 75 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มผลผลิตมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำถึง 203.6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การใส่แหนแดงแห้งยังมีผลทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใส่แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีทางดินจะช่วยส่งเสริมให้คะน้ามีจำนวนใบ และขนาดลำต้น เพิ่มขึ้นสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทางดินอย่างเดียว

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

1. เกษตรกรสามารถนำผลงานที่ได้เพื่อขยายพันธุ์แหนแดงให้ทันและเพียงพอต่อการนำไปใช้ใน

2. นักวิจัยและเกษตรกรสามารถนำเอาอัตราส่วนที่ได้ไปปรับใช้กับการปลูกพืชแบบเกษตรอินทรีย์หรือระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) และพืชผักทั่วไปได้

3. นักวิจัยสามารถขยายผลการวิจัยสู่ชุมชนต้นแบบในการใช้แหนแดงเป็นวัสดุผสมในดินเพื่อช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างยั่งยืน

11. คำขอบคุณ -

12. เอกสารอ้างอิง :

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ. 122 หน้า.

ประพิศ แสงทอง และพิชิต พงษ์สกุล. 2536. ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากแหนแดง. วารสารดินและปุ๋ย 15:173-181.

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต และประไพ ทองระอา. 2557. การใช้แหนแดงเพื่อการผลิตพืช. หน้า 128-135. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ปี พ.ศ. 2557 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 10-12 มิถุนายน 2557 ณ โรงแรมเดอะกรีนเนอรี่ รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา.

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต ประไพ ทองระอา กัลยาณี สุวิทวัส กานดา ฉัตรไชยศิริ นิศารัตน์ ทวีนุต ภาสันต์ ศารทูลทัต และพิมพ์นิภา เพ็งช่าง. 2558. การใช้แหนแดงเป็นวัสดุดินผสมเร่งการเติบโตของต้นอ่อนกล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 33 (ฉบับพิเศษ 1): 589-595.

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต ประไพ ทองระอา กานดา ฉัตรไชยศิริ และภาสันต์ ศารทูลทัต. 2561. ผลของแหนแดงแห้งต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง. หน้า 332-337. ใน เอกสารการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ปี ครั้งที่ 17, 9-21 พฤศจิกายน 2561 ณ โรงแรมเชียงใหม่ แกรนด์วิว แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดเชียงใหม่.

กรมวิชาการเกษตร

โสพส แซ่ลิ้ม. 2559. เอกสารวิชาการ ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 145 หน้า.

Bhardwaj, K.K.R. and A.C. Gaur. 1970. Effect of humic and fulvic acids on the growth and efficiency of nitrogen fixation by Azotobacter chroococcum. Folia Microbiologica 15: 364-367.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.

Djojosuwito, S. 2000. Azolla and multipurpose organic farming. Jakarta, Kanisius Press (in Indonesian).

Goering, H.K. and P.J. van Soest, 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agriculture handbook no. 379, Agriculture Research Service USDA, Washington(DC), USA. 20 pp.

Grant, W.T. 1982. Exchangeable cations. pp. 159-161. In: Page, A.L. (ed.) Method of soil analysis. Part 2. Madison, Wisconsin, USA.

Ito, O. and Watanabe, I. 1985. Availability to rice plants of nitrogen fixed by Azolla. Soil Sci. Plant Nutr., 31: 91-104.

Jumadi, O., F. Hiola; Y. Hala; J. Norton and K. Inubushi. 2014. Influence of Azolla (Azolla microphylla Kaulf.) compost on biogenic gas production, inorganic nitrogen and growth of upland Kangkong (Ipomoea aquatica Forsk.) in a silt loam soil. Soil Sci. Plant Nutr. 60: 722–730.

Keeney, D.R. 1982. Nitrogen-availability indexes. Pages 711-733. In Methods of soil analysis Part 2. 2nd Ed. A.L. Page; R.H. Miller and D.R. Keeney American Society of Agronomy, Madison, WI.

Soil and Plant Analysis Council. 1998. Handbook of reference methods for plant analysis. Boca Raton, America: CRC Press.

Subedi, P. and J. Shrestha. 2015. “Improving soil fertility through Azolla application in low land rice”: A review. Azar. J. Agri. 2(2): 35-39.

Van Hove, C. 1989. Azolla and its multiple uses with emphasis on Africa. FAO, Rome, Italy. 53 p.

Walkley, A. and I. A. Black. 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil Sci.Amer. Proc. 63:257.

Watanabe, I., B. Ke-Zhi, N.S. Benja, C.R. Espinas, O. Ito and B.P.R. Subudhi. 1981. The Azolla anabaena complex and its use in rice culture. IRPS. 69: 1-11.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Watanabe, I., C.R. Espianas, N.S. Berja and B.V. Alimagno. 1977. The utilization of the Azolla-Anabaena complex as a nitrogen fertilizer for rice. IRRI Res. 11:1-15.

Watanabe, I. and C. Ramirez. 1990. Phosphorus and nitrogen contents of Azolla grown in the Philippines. Soil Sci. Plant Nutr. 36: 319–331.

Watanabe, I., N.S. Berja and D.C. Del Rosario. 1980. Growth of Azolla in paddy field as affected by phosphorus fertilizer. Soil Sci. Plant Nutr. 26: 301-307.

Watanabe, I., P.Jr. Benjamin and C. Ramirez. 1991. Mineralization of Azolla N and its availability to wetland rice. Soil Sci. Plant Nutr. 37: 679-688.

Wen, Q.X., Cheng L.L. and Shi S.L. 1987. Decomposition of Azolla in the field and availability of Azolla nitrogen to plants. In Azolla utilization, Pages 241-254. Ed. IRRI. Manila, Philippines

กรมวิชาการเกษตร