

การปลดปล่อยธาตุอาหารและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในดินที่ใส่แทนแดง Mineralization and Chemical Properties Changes in Soil Amended with Azolla

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต^{1/} พัชรินทร์ นามวงษ์^{1/} ประไพ ทองระอา^{1/}
นิตารัตน์ ทวีนุต^{1/} กานดา ฉัตรไชยศิริ^{2/}
Sirilak Kaewsuralikhit^{1/} Patcharin Namwong^{1/} Praphai Thongra-ar^{1/}
Nisarath Thaweenut^{1/} Kanda Chatchaisiri^{2/}

Received 1 Nov 2019/Revised 10 Apr 2020/Accepted 11 May 2020

ABSTRACT

Azolla is a kind of bio-fertilizer that can be used as a nitrogen source for plants. It also contained high amount of other macro nutrients, which when decomposed will release them to the soils. Azolla can be used in both fresh and dried form, This research was to study the mineralization of plant nutrients and the change in chemical properties in soil amended with fresh and dried Azolla. Fresh and dried Azolla were incubated in soil (Pak Chong series) at the temperature of 30 °C, water holding capacity of 60% for 154 days. Results revealed that in soil amended with fresh Azolla, amount of ammonium-N was higher than nitrate-N during the first 35 days of incubation period. After that, amount of ammonium-N declined, and by the end of the study time all was mineralized to nitrate-N. In comparison, the amount of ammonium-N in the soil amended with dried Azolla was higher than nitrate-N only during the first 7 days then declined, thus enabled nitrate-N accumulation till the end of the study. 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 amended with dried Azolla than that amended with the fresh one. Mineralization of phosphorus and potassium occurred in more than 150 days of the study. We also found that soil amended with both fresh and dried Azolla had slightly lower pH but higher organic matter accumulation when compared with the unamended soil. However, the soil amended with dried Azolla had higher soil EC than that amended with fresh one.

Keywords: mineralization, ammonium, nitrate, Azolla

^{1/} กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Soil Microbiology Research Subgroup, Soil Science Group, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900

^{2/} สำนักวิจัยและพัฒนาหม่อนไหม กรมหม่อนไหม จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Office of Sericulture Research and Development, The Queen Sirikit Department of Sericulture, Bangkok, 10900

* Corresponding Author: sirilak@doa.in.th

และธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ ของแทนแดง เพื่อให้ทราบถึงความเป็นประโยชน์แก่พืชและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพืชอื่นนอกจากข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแทนแดงและสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแทนแดง

สุ่มเก็บตัวอย่างแทนแดงที่เพาะเลี้ยงจากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร จำนวน 1 กก. มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C. ทิ้งให้เย็นในโหลดูดความชื้น (desiccator) จากนั้น นำมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี micro Kjeldahl ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยวิธีการย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรด HClO_4 และ HNO_3 และวัดปริมาณโดยวิธี molybdate-vanadate วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด โดยวิธีย่อยการสลายตัวอย่างด้วยกรด HClO_4 และ HNO_3 และวัดปริมาณโดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน โดยวิธี Walkley and Black (Walkley and Black, 1947) และปริมาณลิแกิน โดยวิธี Goering and van Soest (Goering and van Soest, 1970)

1.2 การวิเคราะห์สมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

ดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดดินปากช่อง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินชั้นไทรพรวน (10-15 ซม.) มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีก่อนทำการทดลอง ได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยวิธี

Walkley and Black ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี Brayll (Bray and Kurtz, 1945) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยวิธีการสกัดดินด้วย NH_4OAc pH 7 และวัดด้วยเครื่อง AAS

2. การปลดปล่อยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

2.1 การเตรียมตัวอย่างและวางแผนการทดลอง

ซึ่งดินที่ผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 มล. ใส่ในขวดพลาสติกขนาด 50 มล. ขวดละ 10 ก. แบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ชุด ๆ ละ 3 ซ้ำ ชุดที่ 1 ไม่ใส่แทนแดง ชุดที่ 2 ใส่แทนแดง 3 ก. และชุดที่ 3 ใส่แทนแดงแห้ง 0.2 ก. (โดยแทนแดงสดประมาณ 15 ก. เท่ากับแทนแดงแห้ง 1 ก.) เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับความชื้นให้ได้ 60% ของความจุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) ผสมดินคลุกเคล้าให้เข้ากัน ปิดฝาขวดที่บรรจุดินและปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ นำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30°C. นำตัวอย่างในขวดพลาสติกซึ่งเป็นตัวแทนในแต่ละกรรมวิธีไปวิเคราะห์ ตามระยะเวลาที่กำหนด 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 ชุด (ในแต่ละสัปดาห์นำขวดตัวอย่างที่เหลือนมาซังเพื่อตรวจสอบความชื้นที่สูญหายไป เติมน้ำกลั่นเพื่อรักษาความชื้นให้คงระดับเดิม)

2.2 การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

นำตัวอย่างดินในแต่ละระยะเวลาของการบ่มตามแผนการทดลองจากข้อ 2.1 มาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ โดยนำตัวอย่างดินมาสกัดด้วยสารละลาย 2N KCl นำสารละลายที่สกัดได้ มาวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+)

และไนเตรท (NO_3^-) โดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ (Keeney, 1982) วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี Bray II ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยวิธีการสกัดดิน ด้วย NH_4OAc pH 7 และวัดปริมาณด้วยเครื่อง AAS วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (อัตราส่วน ดินต่อน้ำ = 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (อัตราส่วนดินต่อน้ำ = 1:5) และวัดปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โดยวิธี Walkley and Black (Walkley and Black, 1947)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของแทนแดง และสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแทนแดงที่ใช้ในการศึกษา พบว่า มีปริมาณ

ไนโตรเจนทั้งหมด 4.58% สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน เท่ากับ 9.95 ปริมาณลิกนิน 24.2% ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.64% ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 5.08% ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด 2.59% และมีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด 0.39% (Table 1) และดินที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดดินปากช่อง มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีแดงจากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนทำการทดลอง พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.23 ค่าการนำไฟฟ้า 0.08 dS/m อินทรีย์วัตถุ 2.2% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 277.8 มก./กก. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 401.2 มก./กก. แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 2,165.4 มก./กก. และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 236.6 มก./กก. (Table 2)

Table 1 Chemical contents of dried Azolla in this experiment

	Total-N (%)	Carbon (%)	C/N ratio	Lignin (%)	Total-P (%)	Total-K (%)	Total-Ca (%)	Total-Mg (%)
Azolla	4.58	45.6	9.95	24.2	0.64	5.08	2.59	0.39

Table 2 Chemical and physical properties of initial soil

Soil series	pH (1:1)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)	Texture
Pak Chong	7.23	0.08	2.2	277.8	401.2	2165.4	236.6	clay

2. การปลดปล่อยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

2.1 ไนโตรเจน

ผลการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิ (Net-N mineralization, Net-N) หรืออนินทรีย์ไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+-\text{N} + \text{NO}_3^--\text{N}$) ของแทนแดงสด และแทนแดงแห้ง เมื่อบ่มดินที่ระยะเวลา 1 3 7 14 21 28 42 56 70 84 98 112 126 140 และ 154 วัน พบว่า ในดินบ่มที่ใส่แทนแดงสด

มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิสูงกว่าแทนแดงแห้งในช่วงระยะเวลา 1-35 วัน หลังจากนั้น การปลดปล่อยลดลงอย่างรวดเร็ว และมีปริมาณคงที่จนถึงระยะเวลา 154 วัน (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของประพิศและพิชิต (2536) ที่ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนของแทนแดงสดในดินขังน้ำ พบว่าแทนแดงปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในปริมาณ

ค่อนข้างสูงในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 3 จากนั้น ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนจะลดลงในเกือบ ทุกชุดดิน และจากการศึกษาของ Ito and Watanabe (1985) รายงานว่า เมื่อคลุกแหนดงสด ลงไปในดินนาขังน้ำ แหนดงจะปลดปล่อย ไนโตรเจนสูงสุดในเวลา 24 วัน

สำหรับการปลดปล่อยไนโตรเจนของ แหนดงแห้ง พบว่า มีการปลดปล่อยไนโตรเจน ที่เป็นประโยชน์สุทธิเพิ่มขึ้นทีละน้อยในช่วงระยะ เวลา 1-42 วัน หลังจากนั้น ปริมาณของไนโตรเจน ที่เป็นประโยชน์สุทธิคงที่ ไม่เพิ่มขึ้นจนถึงระยะ เวลา 126 วัน และพบว่า มีปริมาณสูงขึ้นอีกครั้ง หลังจากระยะเวลา 126 วัน จนถึงที่ระยะเวลา

154 วัน (Figure 1) เนื่องจากแหนดงแห้งมี ปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าแหนดงสด จึงทำให้กิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์เกิด ขึ้นช้ากว่า ซึ่งมีรูปแบบที่ไม่เหมือนแหนดงสดที่ จะย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาได้ อย่างรวดเร็วตั้งแต่มีการคลุกลงดิน ซึ่งสอดคล้อง กับ Watanabe *et al.* (1981) ที่รายงานว่ ไนโตรเจนจากแหนดงจะถูกปลดปล่อยและเป็น ประโยชน์ต่อข้าวเมื่อแหนดงถูกย่อยสลาย ซึ่งการ ย่อยสลายของแหนดงสดเกิดขึ้นรวดเร็วมากใน ช่วงสัปดาห์แรกเมื่อทำการคลุกลงดิน และเพิ่มขึ้น ต่อไปจนถึงสัปดาห์ที่ 3 จากนั้น การปลดปล่อย ไนโตรเจนจะลดลง

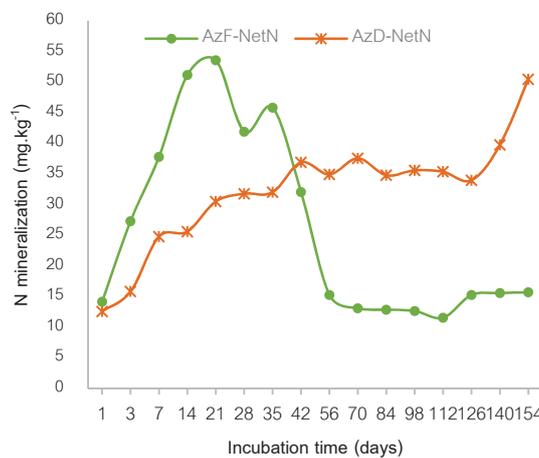


Figure 1 Net-N mineralization in soil with fresh (AzF) and dried Azolla (AzD) during 154 days of incubation, the values on fresh and dried azolla nitrogen mineralization of Net-N were subtracted from the amount of control (soil without azolla)

แหนดงสดและแหนดงแห้ง จะปลด ปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์รูปแอมโมเนียม และไนเตรท ในแต่ละช่วงระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่า การใส่แหนดงสดจะปลดปล่อยไนโตรเจน ในรูปแอมโมเนียมได้สูงกว่าไนเตรทในช่วงระยะ เวลา 1-35 วันแรก มีปริมาณแอมโมเนียมเฉลี่ย 38.88 มก./กก. โดยมีค่าสูงที่สุด 53.7 มก./กก.

ในวันที่ 21 ของการบ่ม หลังจากนั้น ปริมาณ แอมโมเนียมจะลดลงและเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรท จนถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง (154 วัน) การที่ แหนดงสดมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมได้สูงนั้น อาจเป็นเพราะแหนดงสดมีค่าสัดส่วนของ C:N แคบ (ประมาณ 10-13) และมีน้ำเป็นองค์ประกอบ สูง (ศิริลักษณ์และประไพ, 2557) จึงส่งเสริมให้เกิด

การย่อยสลายและปลดปล่อยแอมโมเนียออกมาได้อย่างรวดเร็ว และในสภาพที่ย่อยสลาย ดินมีความชื้นสูงจึงทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทโดยกระบวนการ Nitrification ได้น้อย (Figure 2A) เช่นเดียวกับการย่อยสลายແຫນແດງในนาข้าว ซึ่งແຫນແດງจะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในรูปของแอมโมเนียเป็นส่วนใหญ่ (Ito and Watanebe, 1985) สำหรับรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยจากແຫນແດງแห้ง พบว่าในช่วงระยะเวลา 7 วันแรก มีการปลดปล่อยแอมโมเนียสูงกว่าไนเตรท แต่หลังจากนั้นพบว่าปริมาณแอมโมเนียลดลง ขณะที่ไนเตรทมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง (Figure 2B) แสดงให้เห็นว่า การใส่ແຫນແດງแห้งลงในดินบ่มทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทได้มากกว่า

การใส่ແຫນແດງสด

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่าการปลดปล่อยไนโตรเจนจากดินที่ใส่ແຫນແດງสดและແຫນແດງแห้งในแต่ละช่วงระยะเวลาต่าง ๆ จะทำให้พืชได้รับไนโตรเจนทั้งปริมาณ และรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการนำແຫນແດງมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืชชนิดอื่น ๆ เช่น พืชผักต่าง ๆ ได้ จากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับผักกาดต้นและใบ เช่น คะน้า กะหล่ำปลี ผักกาดขาวปลี ผักกาดเขียวปลี จะใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10-20 กก./ไร่ ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุในดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2553)

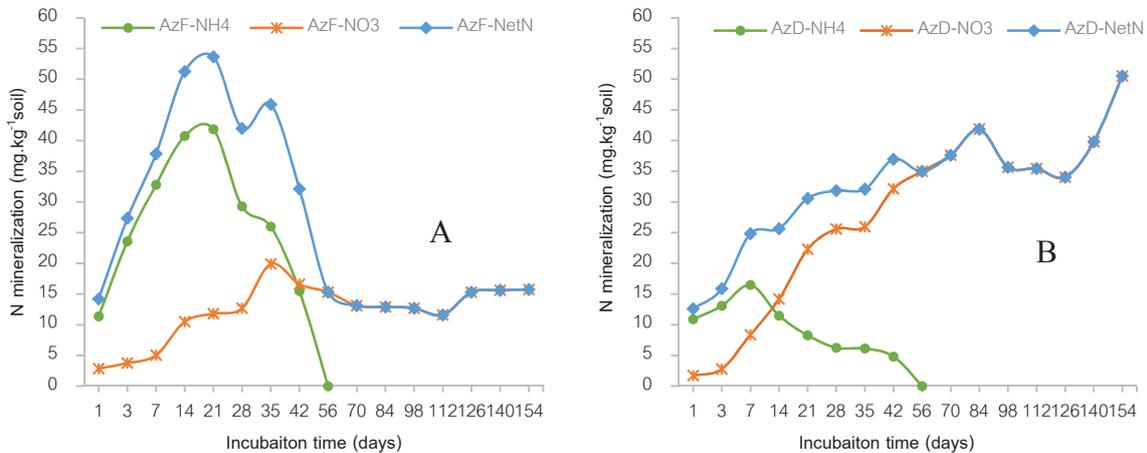


Figure 2 Mineralization nitrogen (NH₄⁺-N, NO₃⁻-N and Net-N) in soil during 154 days of incubation time (A) fresh Azolla : AzF, (B) dried Azolla : AzD, the values on fresh and dried azolla nitrogen mineralization of Net-N were subtracted from the amount of control (soil without azolla)

2.2 ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

ผลการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ใส่ແຫນແດງสดและในดินที่ใส่ແຫນແດງแห้งเมื่อบ่มดินที่ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่า ดินที่ใส่

ແຫນແດງแห้งมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าในดินที่ใส่ແຫນແດງสดเล็กน้อย โดยมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ใส่ແຫນແດງแห้ง และແຫນແດງสด เพิ่มขึ้นจาก

ดินควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 133.8 และ 105.7 มก./กก. ตามลำดับ (Figure 3) และพบว่า การปลดปล่อย โฟสเฟอรัสที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินที่ใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าในดินที่ใส่แหนแดงสดเล็กน้อย และมีการปลดปล่อยเป็นระยะเวลายาวนานเช่นเดียวกับ ฟอสเฟอรัส โดยในดินที่ใส่แหนแดงแห้ง และแหนแดงสดมีปริมาณการปลดปล่อยเพิ่มขึ้นจากดินควบคุมที่ไม่ใส่แหนแดงเฉลี่ยเท่ากับเท่ากับ 298.9 และ 256.9 มก./กก. ตามลำดับ (Figure 3) จากข้อมูลการปลดปล่อยปริมาณฟอสเฟอรัสที่เป็น

ประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ใส่แหนแดงสดและแหนแดงแห้ง แสดงให้เห็นว่า ปริมาณที่ปลดปล่อยมานี้มากเพียงพอต่อความต้องการของพืชเศรษฐกิจหลายชนิด (กรมวิชาการเกษตร, 2553) เนื่องจากแหนแดงสามารถสะสมฟอสเฟอรัสและโพแทสเซียมจากสารละลายดินได้ดี (Van Hove, 1989) เมื่อเกิดการย่อยสลายจึงสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้สูง ทำให้แหนแดงสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารหลักให้แก่พืชได้

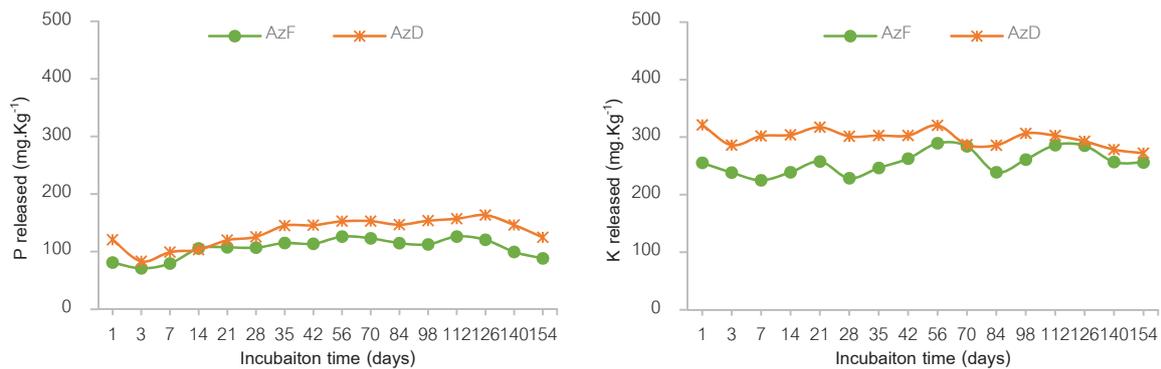


Figure 3 Amount of available phosphorus and exchangeable potassium in soil with fresh and dried Azolla during 154 days of incubation time (fresh Azolla : AzF , dried Azolla : AzD)

2.3 แคลเซียมและแมกนีเซียม

การปลดปล่อยแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากแหนแดงสดและแหนแดงแห้ง มีรูปแบบการปลดปล่อยที่คล้ายคลึงกัน คือ มีการปลดปล่อยค่อนข้างคงที่ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (154 วัน) โดยมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ยของดินที่ใส่แหนแดงแห้ง และแหนแดงสด เพิ่มขึ้นจากดินควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ

314.8 และ 296.2 มก./กก. ตามลำดับ (Figure 4) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่ใส่แหนแดงแห้ง และแหนแดงสด เพิ่มขึ้นจากดินควบคุมที่ไม่ใส่แหนแดงเฉลี่ยเท่ากับ 46.8 และ 39.9 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นประมาณ 1% ของปริมาณทั้งหมดที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อของแหนแดง (Table 1)

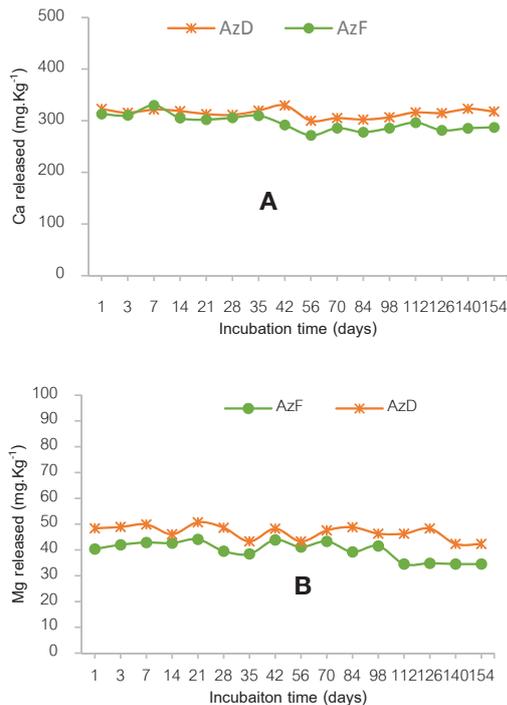


Figure 4 Amount of exchangeable calcium (A) and exchangeable magnesium (B) in soil with fresh and dried Azolla during 154 days of incubation time (fresh Azolla : AzF , dried Azolla : AzD)

3. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

เมื่อบ่มดินที่ใส่แหนแดงสด และแหนแดงแห้งเปรียบเทียบกับดินบ่มที่ไม่ใส่แหนแดง (ชุดที่ 1; กรรมวิธีควบคุม) พบว่า ดินที่ใส่แหนแดงสดและแหนแดงแห้งมีค่า pH ของดินลดลงจากดินชุดควบคุมตลอดระยะเวลาของการทดลอง โดยดินที่ใส่แหนแดงแห้งมีค่า pH ลดลงมากกว่าดินที่ใส่แหนแดงสดเล็กน้อย (Figure 5) ซึ่งจากค่า pH ที่ลดลงดังกล่าวคาดว่าเกิดจากการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H⁺) จากดินที่ใส่แหนแดง ขณะที่เกิดการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมไปเป็นไนเตรทโดยกระบวนการ Nitrification เพิ่มขึ้นจากดินควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ จากแหนแดงเพิ่มขึ้น

รวมถึงการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนจากกระบวนการ Nitrification ดังกล่าวข้างต้นร่วมด้วย

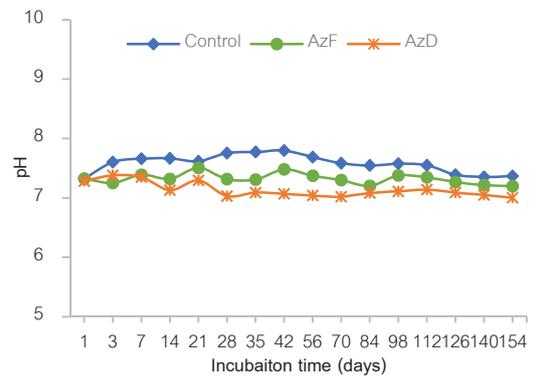


Figure 5 Change of soil pH after incubation with fresh and dried Azolla during a 154 days in comparison to control

3.2 การนำไฟฟ้า (EC)

การเปลี่ยนแปลงค่า EC ของดินที่ใส่แหนแดงสด และแหนแดงแห้ง แสดงใน Figure 6 พบว่า ค่า EC ดังกล่าวเพิ่มขึ้นจากดินชุดที่ไม่ใส่แหนแดง (ชุดควบคุม) ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการปลดปล่อยธาตุอาหารที่มีประจุบวกต่าง ๆ ในดินที่มีการใส่แหนแดง รวมถึงไฮโดรเจนไอออนที่ได้มาจากกระบวนการ Nitrification ในดินบ่มนี้

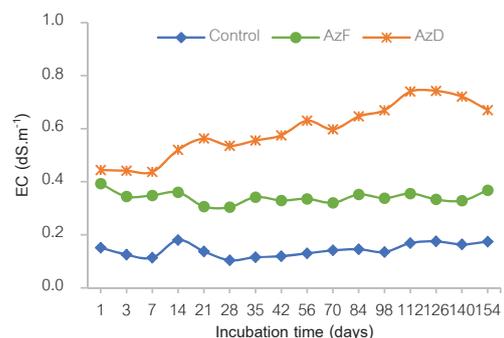


Figure 6 Change on soil EC after incubation with fresh and dried Azolla during a 154 days in comparison to control

3.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ผลการบ่มดินที่ใส่แหนแดงสด และแหนแดงแห้งเปรียบเทียบกับดินควบคุม (ไม่ใส่แหนแดง) พบว่า ดินที่ใส่ทั้งแหนแดงสดและแหนแดงแห้งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงขึ้นจากดินควบคุมตลอดระยะเวลาการบ่มดิน (Figure 7) โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.8% คือเปลี่ยนแปลงจาก 2.12% ในดินควบคุม เป็น 2.77% ในดินที่ใส่แหนแดงสด และเป็น 2.86% ในดินที่ใส่แหนแดงแห้ง โดยพบว่า ในระยะแรกของการบ่ม (1-84 วัน) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงกว่าระยะหลังของการบ่ม ซึ่งอาจเป็นผลจากคาร์บอนที่ได้จากส่วนที่ย่อยสลายง่ายของแหนแดง เช่น ใบของแหนแดง ถูกปลดปล่อยออกมาอย่างรวดเร็วในระยะแรก ซึ่งสอดคล้องกับ Watanabe *et al.* (1991) ที่รายงานว่า แหนแดงถูกย่อยสลายประมาณ 90% ภายใน 4 สัปดาห์ นอกจากนี้ แหนแดงยังมีลิกนินเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณสูงเช่นกัน (Wen *et al.*, 1987; Table 1) เมื่อลิกนินถูกแปรสภาพโดยกระบวนการ solubilization และ mineralization ทำให้เกิดสารฮิวมิก และเกิดเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนในดินต่อไป (Bhardwaj and Gaur, 1970)

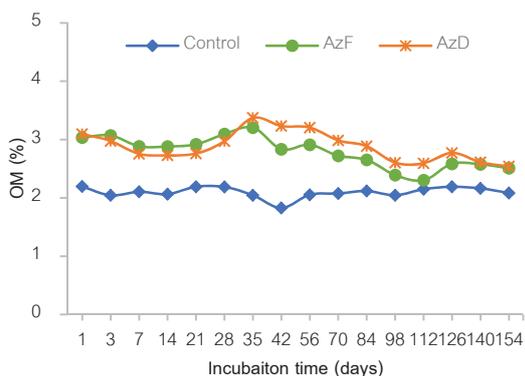


Figure 7 Accumulation of soil organic matter after incubation with fresh and dried Azolla during a 154 days in comparison to control

สรุปผลการทดลอง

1. ดินบ่มที่ใส่แหนแดงสด มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิในช่วงระยะเวลา 1-35 วัน มีค่าเฉลี่ย 38.88 มก./กก. สูงกว่าดินที่บ่มโดยใส่แหนแดงแห้ง โดยไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแอมโมเนียมมากกว่าไนเตรท การปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่า ในดินบ่มที่ใส่แหนแดงสดมีการปลดปล่อยเฉลี่ย 105.7 256.9 296.2 และ 39.9 มก./กก. ตามลำดับ และการใส่แหนแดงสดในดิน มีผลทำให้สมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงไป โดยทำให้ค่า pH ของดินลดลง ค่า EC เพิ่มขึ้น และปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.7% จากดินที่ไม่ใส่แหนแดง

2. ดินบ่มที่ใส่แหนแดงแห้ง มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิเพิ่มขึ้นทีละน้อยในช่วงระยะเวลา 1-35 วัน มีค่าเฉลี่ย 24.79 มก./กก. หลังจากนั้น การปลดปล่อยไนโตรเจนจะเพิ่มสูงขึ้นกว่าดินบ่มที่ใส่แหนแดงสด และไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไนเตรทมากกว่าแอมโมเนียม และการปลดปล่อยไนโตรเจนจะคงที่จนถึงระยะเวลา 140 วัน สำหรับการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่า ในดินบ่มที่ใส่แหนแดงแห้งมีการปลดปล่อยได้ยาวนาน 154 วัน โดยมีค่าเฉลี่ย 133.8 298.9 314.8 และ 46.8 มก./กก. ตามลำดับ นอกจากนี้การใส่แหนแดงแห้งในดิน มีผลทำให้ สมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงไปเช่นเดียวกับการใส่แหนแดงสด โดยทำให้ค่า pH ของดินลดลง ค่า EC เพิ่มขึ้น และปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.8% จากดินที่ไม่ใส่แหนแดง

3. การปลดปล่อยไนโตรเจนของแทนแดงแห้ง มีรูปแบบการปลดปล่อยแบบเพิ่มขึ้นทีละน้อย ตลอดระยะเวลาของการบ่มดิน ซึ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการปลูกพืช ผักไร้สารพิษ ที่มีความต้องการไนโตรเจนสูงขึ้นตามพัฒนาการของพืช ทำให้พืชได้รับไนโตรเจน รวมถึงธาตุอาหารอื่นอย่างเพียงพอและทันเวลา

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ*. กรุงเทพฯ. 122 หน้า.

ประพิศ แสงทอง และพิชิต พงษ์สกุล. 2536. ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากแทนแดง. *ว. ดินและปุ๋ย*. 15: 173-181.

ศิริลักษณ์ แก้วสุริยชิต และประไพ ทองระอา. 2557. การใช้แทนแดงเพื่อการผลิตพืช. หน้า 128-135. ใน: *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ปี พ.ศ. 2557* สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 10-12 มิถุนายน 2557 ณ โรงแรมเดอะกรีนเนอรี รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา.

ศิริลักษณ์ แก้วสุริยชิต ประไพ ทองระอา กานดา ฉัตรไชยศิริ และภาสันต์ ศารทูลทัต. 2561. ผลของแทนแดงแห้งต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง. หน้า 332-337. ใน: *เอกสารการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ปี ครั้งที่ 17, 9-21 พฤศจิกายน* 2561 ณ โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดเชียงใหม่.

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 Microbiol.* 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.

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

Ito, O. and I. Watanabe. 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.

- 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. Berja, 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.
- Watanabe, I., C.R. Espinas, 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., L.L. Cheng and S.L. Shi 1987. Decomposition of *Azolla* in the field and availability of *Azolla* nitrogen to plants. Pages 241-254. *In: Azolla utilization*, Ed. IRRI. Manila, Philippines