

ประสิทธิภาพการใช้แหนแดงเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการปลูกพืชผัก^{1/}
Efficiency of using Azolla as a nutrient source for plant production^{1/}

ผู้ทำสัมมนา
อาจารย์ที่ปรึกษา

นางสาวเพชญา พุทสาเดช^{2/}
อาจารย์ภาชีตา ท่นศิริ^{2/}

บทคัดย่อ

แหนแดง *Azolla* spp. เป็นปุ๋ยชีวภาพชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ สามารถใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนให้แก่พืชได้ เนื่องจากในแหนแดงมี *Anabeana azolla* ซึ่งเป็นไซยาโนแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในโพรงใบ สามารถตรึงไนโตรเจนได้ จึงมีการนำแหนแดงมาใช้ในการปลูกพืชหลายประเภท ได้แก่ คენห่า มะเขือเปราะ และปาล์ม เป็นต้น จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการทดสอบใช้แหนแดงเปรียบเทียบกับปุ๋ยชนิดต่างๆ โดยการปลูกค่นห่าโดยใช้แหนแดงเทียบกับปุ๋ยยูเรีย พบว่าแหนแดงที่ปลูกตามแหล่งน้ำธรรมชาติมีประสิทธิภาพยังไม่เทียบเท่ากับปุ๋ยยูเรีย แต่ในแหนแดงที่ปลูกในสารละลายวาทานาเบ้ให้ผลผลิตเทียบเท่ากับปุ๋ยยูเรีย ดังนั้นแหนแดงหากมีการเลี้ยงอย่างถูกวิธีก็จะสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยยูเรียได้ แต่ในทางกลับกันเมื่อมีการใช้แหนแดงในการปลูกผักโขม พบว่าแหนแดงยังมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับปุ๋ยยูเรียหรือปุ๋ยคอกชนิดอื่นๆ ดังนั้นการใช้แหนแดงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาเรื่องชนิดพืชที่จะนำมาใช้ในการปลูกด้วย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำแหนแดงมาผสมเพื่อเป็นวัสดุสำหรับปลูกต้นกล้ามะเขือเปราะ พบว่าแหนแดงสามารถลดปริมาณการใช้ฟิทมอสได้ ซึ่งมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้ฟิทมอส ดังนั้นจากการศึกษาที่ผ่านมาแหนแดงมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นแหล่งอาหารในการปลูกพืช แต่ยังมีพืชหลายชนิดที่ยังคงต้องมีการศึกษาเพราะรูปแบบและอัตราการใช้แหนแดงให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชอย่างเฉพาะเจาะจง

คำสำคัญ : แหนแดง, Azolla, การปลดปล่อยธาตุอาหาร, ปุ๋ยชีวภาพ

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำวิชาประจำวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1. บทนำ

แหนแดง เป็นปุ๋ยชีวภาพที่มีไนโตรเจนสูงจึงมีการนำมาใช้ในการปลูกพืชหลายชนิดจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการใช้แหนแดงเป็นแหล่งธาตุอาหารทั่วโลกโดยสายพันธุ์ของแหนแดงที่ใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพที่มีเอกสารรับรองมากที่สุดคือ *A. pinnata*, *A. filiculoides* และ *A. caroliniana* ตามลำดับ (Said et al., 2023) แม้ว่าการใช้แหนแดงเป็นปุ๋ยชีวภาพจะมีแพร่หลายทั่วโลก แต่การใช้ปุ๋ยเคมีโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ยังคงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยคาดว่าจะเพิ่มขึ้น 1.7 เท่าในปี 2593 (Akhtar et al., 2020) การใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนมากเกินไปส่งผลให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นธาตุอาหารไม่สมดุลกัน และสูญเสียอินทรีย์วัตถุ ลดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน (CEC) (Said et al., 2023) จากความต้องการปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการคาดการณ์ต้นทุนการผลิตว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Yao et al., 2017) ดังนั้นการใช้ปุ๋ยที่เกษตรกรสามารถผลิตได้เองในราคาที่ต่ำ และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงปุ๋ยเคมี จึงเป็นอีกทางเลือกสำหรับเกษตรกร ปุ๋ยชีวภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เริ่มได้รับความนิยมในการนำมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้ และมีงานวิจัยที่รองรับว่าแหนแดงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (สุวิมลและคณะ, 2563)

แหนแดง (*Azolla* spp.) มีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่น เช่น มูลกระป๋อง มูลสุกร (ภาชีตาและคณะ, 2563) แหนแดงมีศักยภาพที่ดีเยี่ยมในการเป็นปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยพืชสด ที่มีไซยาโนแบคทีเรียชนิดที่ตรึงไนโตรเจนได้อาศัยอยู่ในโพรงใบแบบพึ่งพาอาศัยกัน สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 176 กรัมไนโตรเจน/ไร่/วัน (Watanabe et al., 1977) ทำให้แหนแดงมีไนโตรเจนสูง Jumadi et al. (2014) รายงานว่าในเวลา 1 ปี แหนแดงสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างต่อเนื่องถึง 22 ครั้งในนาข้าวแสดงให้เห็นว่าแหนแดงมีศักยภาพในการสร้างชีวมวลได้มากภายในระยะเวลาไม่นาน โดยทั่วไปมีการนำแหนแดงมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าว อีกทั้งยังมีการนำแหนแดงไปใช้ในสภาพดินสวนหรือดินไร่ (ศิริลักษณ์และคณะ, 2564) จุดเน้นของการศึกษานี้ คือการนำแหนแดงไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับพืชผักที่ปลูกในดิน ดังนั้น สัมมนาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้แหนแดงเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการปลูกพืช

2. ลักษณะทั่วไปของแหนแดง

แหนแดง (*Azolla* spp.) เป็นเฟินน้ำขนาดเล็กลอยบนผิวน้ำต้นแก่ที่ได้รับแสงเต็มที่จะเป็นสีแดงคล้ำต้นอ่อนหรือได้รับแสงไม่เต็มที่จะเป็นสีเขียวแตกกิ่งแบบขนนกกรากเป็นรากพิเศษยาวอยู่ทางด้านใต้ของลำต้นทั้งต้นและกิ่งมีใบขนาดเล็กปกคลุมเรียงสลับซ้อนกันใบแต่ละใบแบ่งเป็น 2 ส่วนเท่าๆกันส่วนบนหนาสีเขียวหรือสีแดงส่วนล่างบางอยู่ใต้น้ำไม่ค่อยมีสีเขียวส่วนล่างสุดสร้าง sporocarp 2-4 อัน ที่แกนของใบด้านใต้ใบภายในมีเมกะสปอร์และไมโครสปอร์ใบของแหนแดงมีโพรงขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของ Anabena ซึ่งสำหรับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Anabena ได้รับสารอาหารจากแหนแดง ส่วนแหนแดงจะได้ไนโตรเจนจากการตรึงไนโตรเจนของ Anabena (ประยูร สวัสดิ์และ

คณะ, 2531) แหนแดงเป็นที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อแหน เฝิร์นยุง หรือแฟร์มอส และอยู่ในสกุลของเฟิร์น น้ำซึ่งพบมากในเขตร้อนชื้นมักกระจายตามสระ คู คลอง และนาข้าว แหนแดงที่รู้จักมี 7 สายพันธุ์ ได้แก่ *A. caroliniana*, *A. filiculoides*, *A. microphylla*, *A. pinnata*, *A. Mexicana*, *A. rubra* และ *A. nilotica* อย่างไรก็ตาม *A. pinnata* เป็นสายพันธุ์ที่พบมากที่สุดในระบบนิเวศเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน (Pabby et al., 2003) ชนิดที่พบแพร่หลายในประเทศไทย คือ แหนแดง (*Azolla pinnata*) สามารถเจริญเติบโตให้น้ำหนักเป็น 2 เท่าได้ภายใน 2-6 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม (กมลวรรณ และ คณะ, 2554)

2.1 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแหนแดง

Said et al. (2023) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของแหนแดงต้องอาศัยสภาวะน้ำท่วมขังตลอดวงจรชีวิต แหนแดงสามารถเติบโตได้ดีในน้ำลอยอิสระตั้งแต่ 5 ถึง 12 เซนติเมตร การเจริญเติบโตของแหนแดงจะรวดเร็วในช่วงสองสัปดาห์แรก และหลังจากนั้นการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลงเมื่อต้นโตเต็มที่ ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะการเจริญเติบโตของแหนแดง เช่น แสง (ชนิดและความเข้ม) แต่การศึกษาหลายงานวิจัยพบว่าการเจริญเติบโตของแหนแดงภายใต้แสงธรรมชาติ ความเข้มของแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของแหนแดงการสังเคราะห์ด้วยแสงการตรึงไนโตรเจน และการอยู่ร่วมกันของแหนแดง-ไซยาโนแบคทีเรีย ความเข้มของแสงยังควบคุมปฏิสัมพันธ์ของช่วงแสง อุณหภูมิ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และปัจจัยอื่นๆ เช่น N, P-supply และ pH ความเข้มของแสงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแหนแดงคือ 20,000 ลักซ์ การเจริญเติบโตของแหนแดงจะลดลงอย่างรวดเร็วภายใต้ร่มเงา (ต่ำกว่า 1,500 ลักซ์) อุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแหนแดงและการตรึงไนโตรเจน มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับความแตกต่างของอุณหภูมิบนสายพันธุ์แหนแดงที่ระบุว่าอุณหภูมิสูง (สูงกว่า 30 °C) หรือต่ำ (ต่ำกว่า 4 °C) จะยับยั้งการเจริญเติบโตของแหนแดง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแหนแดงอยู่ระหว่าง 18 ถึง 28 °C นอกจากนี้การตรึงไนโตรเจนและกิจกรรมของเอนไซม์ไนโตรจีเนสลดลงจาก 35 เป็น 40 °C อย่างไรก็ตาม แหนแดงแต่ละสายพันธุ์มีช่วงความไวต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน แต่การเติบโตของแหนแดงยังได้รับผลกระทบจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมและเคมีกายภาพอื่นๆ เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตในน้ำที่มีโฟโตออโตโทรฟิกอื่นๆ ฟอสฟอรัส (P) เป็นสารอาหารสำคัญที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของแหนแดง มีรายงานถึงผลของฟอสฟอรัส (P) ต่อการเจริญเติบโตของแหนแดง สังเกตว่าหากใส่ปุ๋ย ฟอสฟอรัส ในปริมาณที่เพียงพอ แหนแดงจะสามารถเติบโตได้โดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เมื่อใช้ ฟอสฟอรัส เพียงพอ แหนแดงสามารถเพิ่มจำนวนได้ 5 ถึง 7 เท่า จนกลายเป็น P-deficient การขาดฟอสฟอรัสส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลแดงกระจายออกจากใจกลางใบและส่งผลให้รากตาย ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูง (มากกว่า 0.1 mg kg⁻¹) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตที่เหมาะสมและการตรึงไนโตรเจน ของแหนแดง

ภาชีดาและคณะ (2563) ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากแหนแดงในรูปแบบที่หลากหลาย เนื่องจากแหนแดงมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 1.96 – 6.50 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.16 – 1.59

โพแทสเซียมร้อยละ 0.31 – 5.97 และมีโปรตีนร้อยละ 19 – 30 ดังนั้นจึงมีการนำແມ່ແดงมาใช้ประโยชน์ในด้านอาหารสัตว์ และนำมาปลูกพืชโดยใช้เป็นปุ๋ยพืชสด

3.ปุ๋ยชีวภาพจากແມ່ແดง

ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการไถกลบหรือตัด สับ ต้ม ใบและส่วนต่างๆ ของพืชในขณะที่ยังสด ปกตินิยมใช้พืชตระกูลถั่วเพื่อเจริญเติบโตเร็วขึ้นได้ในดินหลายชนิดที่สำคัญคือพืชตระกูลถั่วสามารถจับหรือตรึงธาตุไนโตรเจนที่เป็นธาตุอาหารหลักของพืชจากอากาศได้โดยไถกลบในช่วงออกดอกซึ่งเป็นช่วงที่มีธาตุอาหารและน้ำหนักรากสูงสุดทิ้งไว้ให้ย่อยสลายผุพังแล้วปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชที่จะปลูกตามมา พืชที่ใช้ปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด ได้แก่ ปอเทือง ถั่วพราง ถั่วพุ่ม โสนอัฟริกัน ถั่วมะแฮะ พืชตระกูลถั่วต่างๆ เป็นต้น

ปัจจุบันปุ๋ยพืชสดที่ได้รับความสนใจคือ แມ່ແດງเป็นปุ๋ยชีวภาพชนิดหนึ่งที่สามารถใช้เป็น แหล่งไนโตรเจนให้แก่พืชได้เนื่องจากมีไซยาโนแบคทีเรียชนิดที่ตรึงไนโตรเจนอาศัยอยู่ในโพรงใบ นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารชนิดอื่นเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง เมื่อเกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นประโยชน์แก่พืช (ศิริลักษณ์และคณะ, 2563)

3.1องค์ประกอบทางเคมีของແມ່ແດງ

ศิริลักษณ์และคณะ (2563) ได้ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในดินที่ใส่ແມ່ແດງ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของແມ່ແດງที่ใช้ในการศึกษาพบว่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 4.58% สัดส่วนของคาร์บอน ต่อไนโตรเจน เท่ากับ 9.95 ปริมาณลิกนิน 24.2% ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.64% ปริมาณ โพแทสเซียมทั้งหมด 5.08% ปริมาณแคลเซียม ทั้งหมด 2.59% และมีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด 0.39% (ตารางที่ 1) และดินที่ใช้ในการทดลองเป็น ชุดดินปากช่อง มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีแดงจาก การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนทำการ ทดลอง พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.23 ค่า การนำไฟฟ้า 0.08 dS/m อินทรีย์วัตถุ 2.2% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 277.8 มก./กก. โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 401.2มก./กก. แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 2,165.4 มก./กก. และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 236.6 มก./กก.

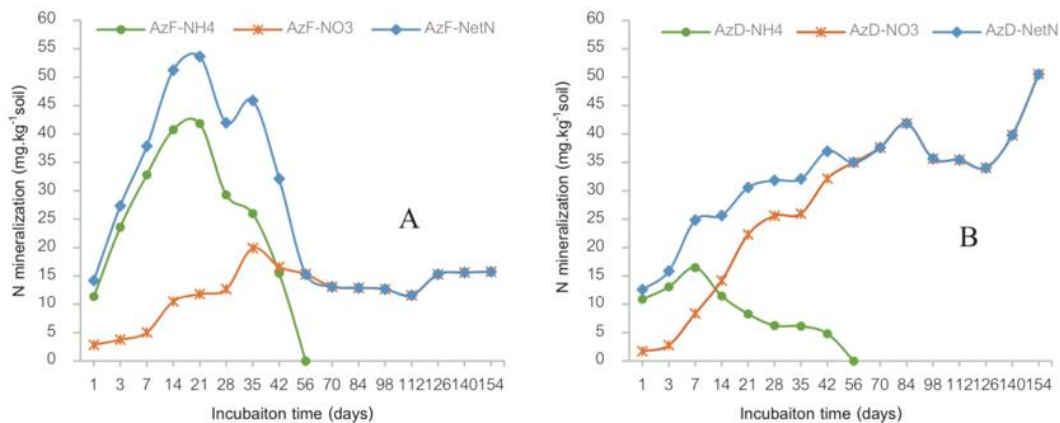
ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารของແມ່ແດງแห้ง

	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

ที่มา: ศิริลักษณ์ และคณะ (2563)

3.2.การปลดปล่อยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองของແຜ່ນແຕງ

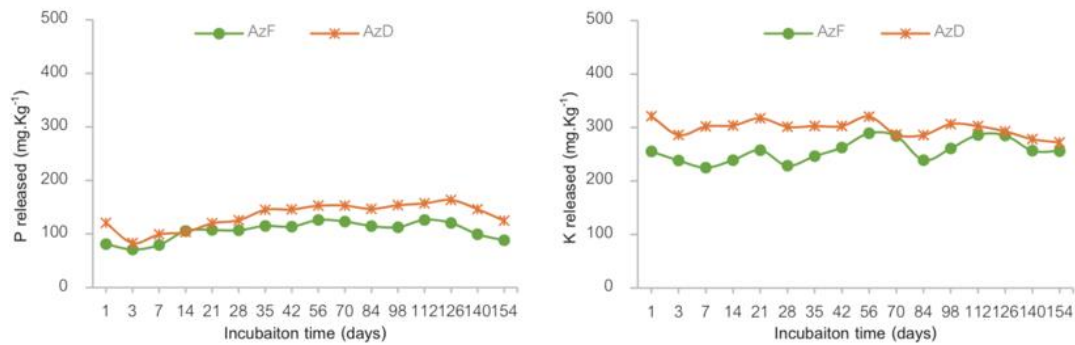
ศิริลักษณ์และคณะ (2563) ได้ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองของແຜ່ນແຕງสดและແຜ່ນແຕງแห้งโดยไนโตรเจน จะปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์รูปแอมโมเนียมและไนเตรท ในแต่ละช่วงระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่า การใส่ແຜ່ນແຕງสดจะปลดปล่อยไนโตรเจน ในรูปแอมโมเนียมได้สูงกว่าในเวทในช่วงระยะเวลา 1-35 วันแรก มีปริมาณแอมโมเนียมเฉลี่ย 38.88 มก./กก. โดยมีค่าสูงที่สุด 53.7 มก./กก.ในวันที่ 21 ของการบ่ม หลังจากนั้น ปริมาณ แอมโมเนียมจะลดลงและเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรท จนถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง (154 วัน) การที่ ແຜ່ນແຕງสดมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมได้สูงนั้น อาจเป็นเพราะແຜ່ນແຕງสดมีค่าสัดส่วนของ C:N แคบ (ประมาณ 10-13) และมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง (ศิริลักษณ์และประไพ, 2557) จึงส่งเสริมให้เกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยแอมโมเนียมออกมา ได้อย่างรวดเร็ว และในสภาพที่ย่อยสลาย ดินมีความชื้นสูงจึงทำให้แอมโมเนียมเปลี่ยนรูปไปเป็น ไนเตรทโดยกระบวนการ Nitrification ได้น้อย (รูปที่1A) เช่นเดียวกับการย่อยสลายແຜ່ນແຕງ ในนาข้าว ซึ่งແຜ່ນແຕງจะปลดปล่อยไนโตรเจนออก มาในรูปของแอมโมเนียมเป็นส่วนใหญ่ (Ito and Watanebe, 1985) สำหรับรูปของไนโตรเจนที่เป็น ประโยชน์ที่ปลดปล่อยจากແຜ່ນແຕງแห้ง พบว่า ในช่วงระยะเวลา 7 วันแรก มีการปลดปล่อย แอมโมเนียมสูงกว่าไนเตรท แต่หลังจากนั้นพบว่า ปริมาณแอมโมเนียมลดลง ขณะที่ไนเตรทมีปริมาณ สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่1B) แสดงให้เห็นว่า การใส่ແຜ່ນແຕງแห้งลงในดินบ่ม ทำให้แอมโมเนียมเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทได้มากกว่าจากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่าการปลดปล่อยไนโตรเจนจากดินที่ใส่ແຜ່ນແຕງสดและແຜ່ນແຕງแห้งในแต่ละช่วงระยะเวลาต่างๆ จะทำให้พืชได้รับไนโตรเจนทั้งปริมาณและรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการนำແຜ່ນແຕງมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืชชนิดอื่น เช่น พืชผักต่างๆได้จากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับผักกินดีและใบ เช่น คื่นช่าย กะหล่ำปลี ผักกาดขาว ปลีผักกาดเขียว ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10-20 กก./ไร่ ขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุในดิน (กรมวิชาการเกษตร 2553)



ที่มา: ศิริลักษณ์ และคณะ (2563)

รูปที่ 1 แร่ธาตุไนโตรเจน (NH_4^+-N , NO_3^--N และ Net-N) ในดินในช่วงระยะพักตัว 154 วันของ (A) แหนแดงสด: AzF. (B) แหนแห้ง: AzD ค่าของแร่ไนโตรเจน แหนแดงสดและแห้งของ Net-N ถูกลบออกจากปริมาณการควบคุม (ดินที่ไม่มีแหนแดง)

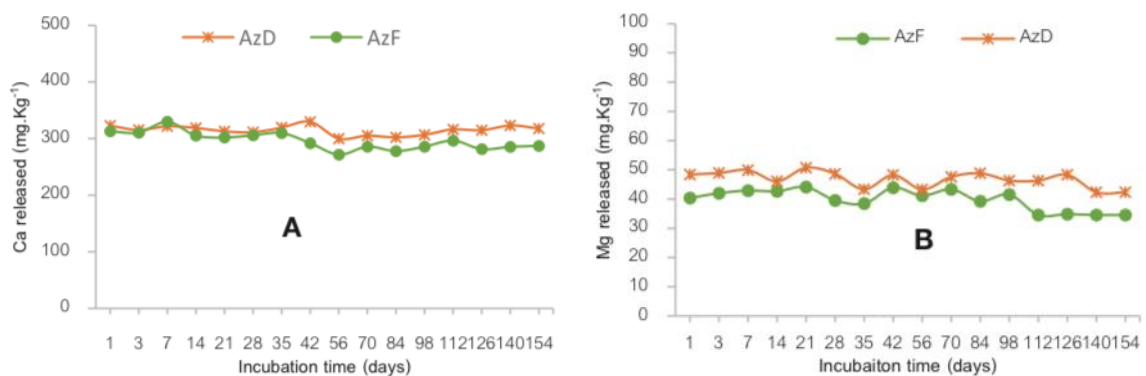
สำหรับการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ใส่แหนแดงสด และในดินที่ใส่แหนแดงแห้งเมื่อบ่มดินที่ระยะเวลาต่างๆ พบว่าดินที่ใส่แหนแดงแห้งมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินที่ใส่แหนแดงสดเล็กน้อยโดยมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ใส่แหนแดงแห้งและแหนแดงสดเพิ่มขึ้นจากดินควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 133.8 และ 105.7 มก./กก.ตามลำดับ (รูปที่ 2) และพบว่าการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ใส่แหนแดงแห้งสูงกว่าในดินที่ใส่แหนแดงสดเล็กน้อย และมีการปลดปล่อยเป็นระยะเวลายาวนานเช่นเดียวกับฟอสฟอรัส โดยในดินที่ใส่แหนแดงแห้ง และแหนแดงสดมีปริมาณการปลดปล่อยเพิ่มขึ้นจากดินควบคุมที่ไม่ใส่แหนแดงเฉลี่ยเท่ากับเท่ากับ 298.9 และ 256.9 มก./กก. ตามลำดับ (รูปที่ 2) จากข้อมูลการปลดปล่อยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นของประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ใส่แหนแดงสดและแหนแดงแห้ง แสดงให้เห็นว่า ปริมาณที่ปลดปล่อยมานี้มากเพียงพอต่อความต้องการของพืชเศรษฐกิจหลายชนิด (กรมวิชาการเกษตร, 2553) เนื่องจากแหนแดงสามารถสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจากสารละลายดินได้ดี (Van Hove, 1989) เมื่อเกิดการย่อยสลายจึงสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้สูง ทำให้แหนแดงสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารหลักให้แก่พืชได้



ที่มา: ศิริลักษณ์ และคณะ (2563)

รูปที่ 2 ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินของແໜແດງສດແລະແໜແດງແຫ້ງในช่วงเวลาพักตัว 154 วัน (ແໜແດງສດ: AzF, ແໜແດງແຫ້ງ: AzD)

นอกจากนี้การปลดปล่อยแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากແໜແດງສດແລະແໜແດງແຫ້ງมีรูปแบบการปลดปล่อยที่คล้ายคลึงกัน คือ มีการปลดปล่อยค่อนข้างคงที่ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (154 วัน) โดยมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ยของดินที่ใส่ແໜແດງແຫ້ງ และແໜແດງສດ เพิ่มขึ้นจากดินควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 314.8 และ 296.2 มก./กก. ตามลำดับ (รูปที่ 3) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่ใส่ແໜແດງແຫ້ງ และແໜແດງສດ เพิ่มขึ้นจากดินควบคุมที่ไม่ใส่ແໜແດງเฉลี่ยเท่ากับ 46.8 และ 39.9 มก./กก.ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นประมาณ 1%ของปริมาณทั้งหมดที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อของແໜແດງ (ตารางที่ 1) รวมถึงการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนจากกระบวนการ Nitrification ดังกล่าวข้างต้นร่วมด้วย



ที่มา: ศิริลักษณ์และคณะ (2563)

รูปที่ 3 ปริมาณแคลเซียม (A) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (B) ในดินที่มีແໜແດງສດແລະແໜແດງແຫ້ງในช่วงเวลาพักตัว 154 วัน (ແໜແດງສດ: AzF, ແໜແດງແຫ້ງ: AzD)

4.การใช้แผนแดงสำหรับการปลูกพืช

ภาณุมาศและคณะ (2563) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเปราะเจ้าพระยาที่เพาะในวัสดุเพาะกล้าทั้ง 7 สูตร พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การใช้พีทมอส : แหนแดง (2 : 1), ขุยมะพร้าว : แหนแดง (2 : 1), ขุยมะพร้าว : ถ่านชีวภาพจากแกลบ: ปุ๋ยคอก (2:1:1) และ ขุยมะพร้าว : แหนแดง : ถ่านชีวภาพจาก แกลบ (2:1:1) ให้จำนวนใบ น้ำหนักสดต้นและความยาวส่วนยอดไม่มีความแตกต่างจากการใช้พีทมอส แต่การใช้ขุยมะพร้าว : แหนแดง : ถ่านชีวภาพจากแกลบ (2:1:1) ทำให้ต้นกล้ามะเขือเปราะพันธุ์ เจ้าพระยา มีจำนวนใบ ความยาวต้น และ น้ำหนักสดต้นมากที่สุดเท่ากับ 4 ใบ 5.67 เซนติเมตร และ 6.10 กรัมต่อต้น (ตามลำดับ) การใช้ขุยมะพร้าว : แหนแดง (2 : 1) ทำให้มีความยาวส่วนยอดมากที่สุดคือ 6.10 (ตารางที่ 2) จากการศึกษาสังเกตได้ว่าการใช้ขุยมะพร้าวร่วมกับถ่านชีวภาพจากแกลบ และมีการเติมแหนแดงหรือปุ๋ยคอกลงไป จะส่งผลให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตที่ดี เพราะทั้งแหนแดงและปุ๋ยคอกมีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญของต้นกล้า อีกทั้งแหนแดงช่วยในการตรึงไนโตรเจนและยังมีปริมาณ ฟอสฟอรัสที่สูง รวมทั้งถ่านชีวภาพจากแกลบมีความพรุนและช่วยการระบายน้ำและอากาศได้ดี และเมื่อนำมาใช้ร่วมกับขุยมะพร้าวที่มีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายกับพีทมอสจึงทรงผลให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตที่ดี และจากการหมักวัสดุเพราะกล้าสูตรที่ขุยมะพร้าว : แหนแดง : ถ่านชีวภาพจากแกลบ (2:1:1) ทั้งไว้ 30 วัน วัสดุเพาะมีลักษณะคล้ายพีทมอสมาก เมื่อนำมาเพาะกล้าทดสอบอีกครั้งพบว่า ต้น กล้ามะเขือเปราะมีอัตราการงอก 90 เปอร์เซ็นต์ และต้นกล้ามีลักษณะที่สมบูรณ์แข็งแรง เทียบเท่าการใช้พีทมอส

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเปราะที่ปลูกในพีทมอสและวัสดุปลูก

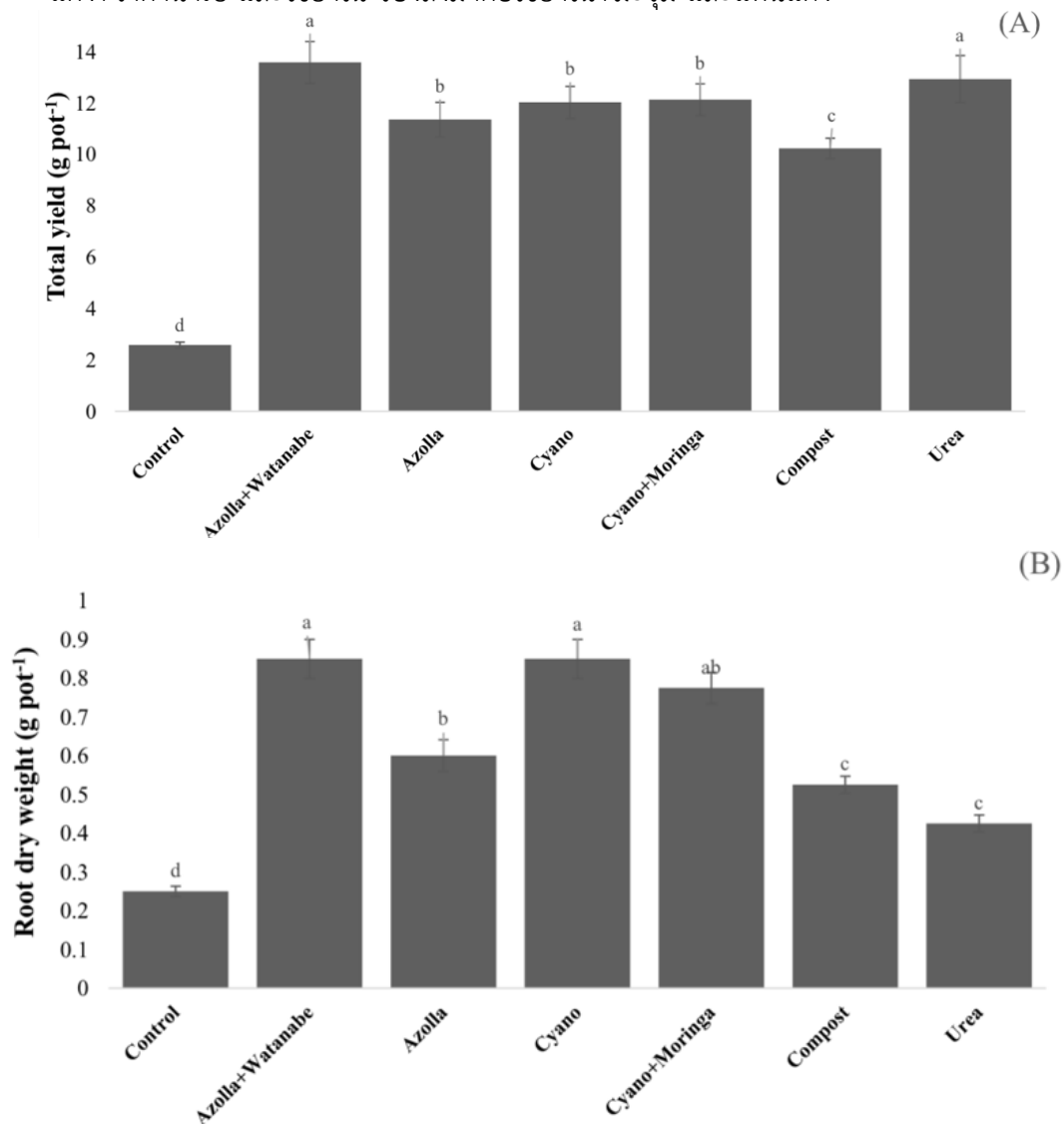
Medias	Leaf No.	Shoot weight (g/plant)	Shooht length (cm)	Root length (cm)
1.Peat	3.75a ^{1/}	5.53a	5.53a	8.59a
2.Peat:azolla (2:1)	3.75a	5.34a	5.41a	6.64ab
3.Coconut dust:azolla (2:1)	2.25b	5.05ab	6.10a	4.94bc
4.Coconut dust:durianshell biochar:manure(2:1:1)	1.25ab	1.95c	1.98d	1.67e
5.Coconut dust:durianshell biochar:azolla (2:1:1)	0.50c	3.95b	5.00a	3.81cd
6 Coconut dust:rice husk biochar:manure(2:1:1)	3.50a	6.00a	5.67ab	2.72de
7. Coconut dust:rice husk biochar:azolla(2:1:1)	4.00a	6.10a	5.97a	3.90cd
F-test	**	**	**	**
C.V.(%)	17.98	10.44	27.07	19.66

ที่มา: ภาณุมาศ และคณะ (2563)

5.ประสิทธิภาพของแหนแดงในการปลูกพืช

Aisha et al. (2023) ได้ศึกษาปุ๋ยชีวภาพแหนแดงใช้ทดแทนปุ๋ยยูเรียในพืชผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ พบว่าแหนแดงเป็นปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสำหรับพืชผัก แม้ว่าแหนแดงจะมีอัตราส่วน C:N ใกล้เคียงกับปุ๋ยหมัก แต่แหนแดงก็สร้างแร่ธาตุไนโตรเจนได้เร็วกว่าปุ๋ยหมักมาก การดูดซึมไนโตรเจนของค่น้ำในการศึกษาเรือนกระจกมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน โดยการดูดซึมไนโตรเจนในแหนแดง + วาตานาเบะสูงกว่าในการบำบัดปุ๋ยหมัก แม้ว่ายูเรียจะส่งผลให้มีไนโตรเจนสูงสุด อีกทั้งการให้แหนแดง + วาตานาเบะ ทำให้ได้ผลผลิตค่น้ำเท่ากับการให้ปุ๋ยยูเรีย ในการศึกษาภาคสนามการใส่ปุ๋ยคอกทำให้ได้ผลผลิตผักโขมสูงสุด การใช้แหนแดงในอัตราไนโตรเจนเดียวกับการใส่ปุ๋ยคอกจะให้ผลเช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยคอกบนดินพรุแต่ให้ผลผลิตต่ำกว่าในดินลุ่มน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ในทั้งสองสถานที่ การให้ยูเรียและแหนแดงให้ผลผลิตผักโขมเท่ากันกับกลุ่ม ควบคุม โดยรวมแล้วแหนแดงมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับยูเรียที่ใช้เป็นปุ๋ยสำหรับพืชผัก

การใส่ปุ๋ยทั้งหมดทำให้ผลผลิตผักคะน้าสดเหนือดินและน้ำหนักแห้งของราก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 1) และความสูงของต้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แหนแดง+วาทานาเบ้ (13.6 g pit^{-1}) และยูเรีย (12.9 g pot^{-1}) ให้ ผลผลิตสูงสุด รองลงมาคือ แหนแดง ไชยาโน และไชยาโน+มะรุม ปุ๋ยหมักให้ผลผลิตสูงสุดของปุ๋ยหมัก (10.2 g pot^{-1}) ในทางกลับกันมวลรากสูงที่สุด สำหรับการใส่ แหนแดง+วาทานาเบ้ และไชยาโน รองลงมาคือไชยาโน+มะรุม และแหนแดง



ที่มา: Aisha et al. (2023)

รูปที่ 1 ผลผลิตสดทั้งหมด (น้ำหนักใบ ลำต้น และก้านใบ) (A) และน้ำหนักแห้งของราก (B) ของเนื้อเยื่อผักคะน้า 56 วันหลังใส่ปุ๋ยครั้งเดียวปริมาณ 56 ไนโตรเจน กิโลกรัม/เฮกตาร์ กราฟแท่งแสดงถึงข้อผิดพลาดมาตรฐานของค่าเฉลี่ย กราฟแท่งที่มีตัวอักษรเหมือนกันบ่งชี้ว่าไม่มีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญโดยอิงจากการทดสอบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (HSD) ทดสอบ ($p < 0.05$)

สุวิมลและคณะ (2564) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์ม น้ำมันพบว่า ต้นกล้าที่ได้จาก กรรมวิธี AM (การใช้ปุ๋ยเคมี+เหินแดง+ปุ๋ยชีวภาพ ไมคอร์ไรซา) มีการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักแห้งทั้งต้น น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักใบแห้ง และ พื้นที่ใบ ดีที่สุดและสูงกว่าทุกกรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีน้ำหนักแห้งทั้งต้นสูง กว่ากรรมวิธี M 51.52 % และสูงกว่ากรรมวิธี A 28.75 % สอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารสะสม ในใบของต้นกล้าจากกรรมวิธี AM ที่มีปริมาณ สูงสุดและสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้การทดลองใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพในต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลหลัก พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำของกรมวิชาการ เกษตรร่วมกับเหินแดงแห้ง 120 ก./ต้น และ อาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 100 ก./ต้น ช่วยให้ต้นกล้า เจริญเติบโตได้ดีที่สุด รองลงมา คือ การใช้ปุ๋ยเคมี อัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตรร่วมกับอาบัส คูลาร์ไมคอร์ไรซา และจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต 100 ก./ต้น การผลิตต้นกล้าด้วยกรรมวิธี AM มีต้นทุน ค่าปุ๋ยชีวภาพ 1.7 บาท/ต้น

6. สรุป

เหินแดงเป็นปุ๋ยชีวภาพชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากในเหินแดงมีไนโตรเจนสูง ในเหินแดงมีไซยาโนแบคทีเรียชนิดที่ตรึงไนโตรเจนได้อาศัยอยู่ในโพรงใบแบบพึ่งพาอาศัยกัน สามารถตรึงไนโตรเจนได้ เหินแดงยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่ไม่ลึกมากนัก ขยายพันธุ์ได้ที่ละจำนวนมาก เหินแดงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพในการปลูกพืชผัก เนื่องจากมีคุณสมบัติที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ในการใช้เหินแดงมาเป็นแหล่งธาตุอาหารในการปลูกพืชจะช่วยลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมี จึงมีการนำเหินแดงมาใช้ในการปลูกพืชหลายประเภท ได้แก่ คะน้า มะเขือเปราะ และปาล์ม เป็นต้น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีการใช้เหินแดงเปรียบเทียบกับปุ๋ยชนิดต่างๆ โดยมีการใช้เหินแดงในการปลูกคะน้า เนื่องจากเป็นเหินแดงตามธรรมชาติพบว่าประสิทธิภาพยังไม่เทียบเท่าปุ๋ยยูเรีย แต่หากใช้เหินแดงที่เพาะเลี้ยงในสารละลายวาทานาแบพบว่าผลผลิตที่ได้เทียบเท่าปุ๋ยยูเรีย แสดงให้เห็นว่าเหินแดงมีประสิทธิภาพในการปลูกพืชผัก

7.เอกสารอ้างอิง

- กมลวรรณ สีสปลั่ง, สุรางค์รัตน์ พันแสง, และพวงผกา แก้ว กรม. 2554. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของแหนแดงในท้องถื่นและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว (รายงานผลวิจัย). เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ย กับพืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ. 122 หน้า.
- ภานุมาศ ถือธรรม, เกศศิรินทร์ แสงมณี, และอิสระ ตั้งสุวรรณ. 2563. ผลของวัสดุเพาะกล้าจากแหนแดงและถ่านชีวภาพต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเปราะ. วารสารเกษตรนเรศวร 17(1):20-27.
- ภาชีตา พุ่มศิริ, ศิริรัตน์ แจ้กรณ, กานดา ปุ่มสิน, ฉันทนา เคนศรี, พันธุ์ทิพา กระจ่าย. 2563. “แหนแดง” แหล่งไนโตรเจนในแปลงผัก. วารสารสิ่งแวดล้อม 24(4):1-8.
- ศิริลักษณ์ แก้วสุริยิต, พชรินทร์ นามวงษ์, ประไพ ทองระอา, นิศารัตน์ ทวีนุต, และกานดา ฉัตรไชยศิริ. 2563. การปลดปล่อยธาตุอาหารและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในดินที่ใส่แหนแดง. วารสารวิชาการเกษตร 38(2):139-149
- ศิริลักษณ์ แก้วสุริยิต และประไพ ทองระอา. 2557. การใช้แหนแดงเพื่อการผลิตพืช. หน้า 128-135. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ปี พ.ศ. 2557 สำนักวิจัย พัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 10-12 มิถุนายน 2557 ณ โรงแรมเดอะกรีนเนอรี รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัด นครราชสีมา.
- สุวิมล กลศึก, เกริกชัย ธนรักษ์, ศิริลักษณ์ แก้วสุริยิต, และนิศารัตน์ ทวีนุต. 2563. ผลของปุ๋ยชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของต้นปาล์มน้ำมัน. วารสารวิชาการเกษตร 39(3):319-327
- Akhtar, M., N. Sarwar, A. Ashraf, A. Ejaz, S. Ali, M. Rizwan, Beneficial role of *Azolla* sp. in paddy soils and their use as bioremediators in polluted aqueous environments: implications and future perspectives, in: Archives of Agronomy and Soil Science, Taylor and Francis Ltd, 2020, pp. 1–14, <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1786885>.
- Jama, A., Widiastuti, D. P., Gafur, S., & Davis, J. G. (2023). *Azolla* Biofertilizer Is an Effective Replacement for Urea Fertilizer in Vegetable Crops. Sustainability, 15(7), 6045.
- Jumadi, O., Hiola, S. F., Hala, Y., Norton, J., & Inubushi, K. (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 Science and Plant Nutrition, 60(5), 722-730.
- Ito, O. and I. Watanabe. 1985. Availability to rice plants of nitrogen fixed by *Azolla*. Soil Sci. Plant Nutr. 31: 91-104.

- Pabby, A., Prasanna, R., & Singh, P. K. (2003). Azolla-Anabaena symbiosis-from traditional agriculture to biotechnology.
- Van Hove, C. 1989. Azolla and its multiple uses with emphasis on Africa. FAO, Rome, Italy. 53 p.
- 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.
- Marzouk, S. H., Tindwa, H. J., Amuri, N. A., & Semoka, J. M. (2023). An overview of underutilized benefits derived from Azolla as a promising biofertilizer in lowland rice production. Heliyon.
- Yao, Y., Zhang, M., Tian, Y., Zhao, M., Zeng, K., Zhang, B., ... & Yin, B. (2018). Azolla biofertilizer for improving low nitrogen use efficiency in an intensive rice cropping system. Field Crops Research, 216, 158-164.