

## ผลของลิกนิน คาร์บอน ไนโตรเจน และโพลีฟีนอลของต้นปอเทือง ต่อปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน

### Effects of lignin, carbon, nitrogen and polyphenol of the *Crotalaria juncea* to nitrogen mineralization

สุทธิเดชา ขุนทอง<sup>1\*</sup>, ชัยสิทธิ์ วัฒนาวังจงสุข<sup>1</sup> และ สุรเชษฐ์ นาราภัท<sup>1</sup>

Sutdacha Khunthong<sup>1\*</sup>, Chaiyasit Wattanawangjongsuk<sup>1</sup> and Surachet Narabhat<sup>1</sup>

**บทคัดย่อ:** ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับลิกนิน คาร์บอน ไนโตรเจน และโพลีฟีนอล จากต้นปอเทืองกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันในห้องปฏิบัติการ สภาวะอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดินมีความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ในช่วงระยะเวลา 60 วัน สำหรับเป็นแนวทางคาดการณ์ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันจากวัสดุพืช พบว่า ปริมาณโพลีฟีนอล และไนโตรเจนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.74 และ 0.63 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณคาร์บอน, ลิกนิน, C/N และ LG/N มีความสัมพันธ์เชิงลบ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.87, -0.81, -0.79 และ -0.88 ตามลำดับ โดยระดับของคาร์บอน และลิกนินที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์ คือ 895.83 และ 155.88 g/kg ตามลำดับ ส่วนระดับของ C/N และ LG/N ที่ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์ คือ 25.73 และ 3.93 ตามลำดับ  
**คำสำคัญ :** ลิกนิน, คาร์บอน, โพลีฟีนอล, ไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน, ปอเทือง

**ABSTRACT:** The objective of this study was to identify the relationship between lignin, carbon, nitrogen and polyphenol from *Crotalaria juncea* with nitrogen mineralization contents. During a 60-day incubation in the laboratory at 25 °C and 50% of water content in soil for the predicted nitrogen mineralization from plant materials. Results the polyphenol and total nitrogen contents were positively correlated with the nitrogen mineralization, correlation coefficient = 0.74, 0.63 respectively. The total carbon, lignin, C/N and LG/N were negatively correlated with the nitrogen mineralization, correlation coefficient = -0.87, -0.81, -0.79 and -0.88 respectively. The critical levels of total carbon, lignin, C/N and LG/N that results in zero of nitrogen mineralization were 895.83 g/kg, 155.88 g/kg, 25.73 and 3.93 respectively.  
**Keywords:** lignin, carbon, polyphenol, nitrogen mineralization, *Crotalaria juncea*

<sup>1</sup> สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ 10900

Office of Science for Land Development, Land Development Department, Bangkok 10900

\* Corresponding author: sutdacha@hotmail.com

## บทนำ

ปอเทือง (*Crotalaria juncea*) เป็นพืชพืชตระกูลถั่วที่กรมพัฒนาที่ดินส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก เพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนในดิน ภายใต้แนวคิด การใช้ประโยชน์ และการอนุรักษ์เสริมสร้างฟื้นฟูทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน โดยใช้วิธีไถกลบต้นปอเทืองในระยะออกดอก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) เมื่อต้นปอเทืองสลายตัวจะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนียม ( $\text{ammonium: NH}_4^+$ ) และไนเตรท ( $\text{nitrate: NO}_3^-$ ) ผ่านกระบวนการมิเนอรัลไลเซชัน (mineralization) ไนโตรเจนจากพืชพืชตระกูลถั่วจะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาผ่านกระบวนการดังกล่าว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลา องค์ประกอบทางชีวเคมี คุณสมบัติ ปริมาณออกซิเจน ตลอดจนสมบัติ และชนิดของดิน (Vahdat et al., 2011) โดยเฉพาะองค์ประกอบทางชีวเคมี ถือเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนในดิน Abera et al. (2012) รายงานว่า องค์ประกอบทางชีวเคมีของพืชที่มีความสัมพันธ์กับอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันมีหลายองค์ประกอบ ได้แก่ ลิกนิน (lignin: LG) โพลีฟีนอล (polyphenols: PP) ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen: N) และคาร์บอนทั้งหมด (total carbon: C) อย่างไรก็ตาม ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าองค์ประกอบใดมีความสัมพันธ์กับอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันมากที่สุด

Chaudhary et al. (2014) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันกับองค์ประกอบทางชีวเคมีของต้นสบู่ดำแต่ละส่วน พบว่า ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่า C/N มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.98 ขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันกับปริมาณโพลีฟีนอล และลิกนิน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.17 และ -0.48 ตามลำดับ Palm and Sanchez (1991) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันกับองค์ประกอบทางชีวเคมีของพืชตระกูลถั่วเขตร้อน

พบว่าปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณโพลีฟีนอล และปริมาณ PP/N มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.63 และ -0.75 ตามลำดับ ส่วน Mafongoya et al. (1998) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันกับองค์ประกอบทางชีวเคมีของพืชตระกูลถั่ว พบว่า ที่ระยะเวลา 6 สัปดาห์ ปริมาณ PP/N และปริมาณ (LG + PP)/N มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.72 และ -0.80 ตามลำดับ ในทางกลับกัน Abbasi et al. (2015) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันกับปริมาณโพลีฟีนอลในวัสดุพืชที่ใช้ปรับปรุงดินแต่ไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว นอกจากนี้ ดวงสมร และคณะ (2558) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในดินกับปริมาณลิกนินจากการใช้ส่วนต่างๆ ของต้นไสน้อพริกกันเพิ่มปริมาณไนโตรเจนพบว่า ปริมาณลิกนินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณไนโตรเจนในดินได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.66 ส่วน Vahdat et al. (2011) ศึกษาอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันของข้าวบาร์เลย์ และถั่วอัลฟัลฟา บ่มในดินที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 90 วัน พบว่าวัสดุพืชทั้งสองชนิดมีอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันต่างกัน ข้าวบาร์เลย์ มีอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน 3.5 มิลลิกรัม/ดิน 1 กิโลกรัม (mg/kg) ขณะที่ถั่วอัลฟัลฟามีอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน 342.4 mg/kg เนื่องจากพืชทั้งสองชนิดมีปริมาณลิกนินแตกต่างกัน ข้าวบาร์เลย์มีปริมาณลิกนิน 252 กรัม/กิโลกรัม (g/kg) ส่วนถั่วอัลฟัลฟามีปริมาณลิกนิน 115 g/kg และจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันกับปริมาณลิกนิน พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.97 ขณะที่ Nourbakhsh (2006) รายงานความสัมพันธ์ระหว่างอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันกับปริมาณลิกนินในพืชไร่ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.54 แต่ Frankenberger and Abdelmagid (1985) พบว่า ปริมาณลิกนินไม่ได้เป็นองค์ประกอบที่ดี

ในการใช้คาดการณ์อัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันของพืชตระกูลถั่ว

การตรวจเอกสารในข้างต้นแสดงให้เห็นว่ายังไม่ทราบแน่ชัดว่าองค์ประกอบใดมีความสัมพันธ์กับอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันมากที่สุด อีกทั้งยังไม่ทราบถึงระดับของลิกนิน คาร์บอน ไนโตรเจน และโพลีฟีนอลที่ควบคุมอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันในดิน โดยเฉพาะในกรณีของต้นปอเทือง ซึ่งเป็นปุยพืชสดที่ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนในดินยังไม่มีข้อมูลรายงานการศึกษาในประเด็นดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของระดับลิกนิน คาร์บอน ไนโตรเจน และโพลีฟีนอล จากต้นปอเทืองกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน สำหรับเป็นแนวทางคาดการณ์อัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันจากปอเทือง หรือวัสดุพืชชนิดอื่นๆ

## วิธีการศึกษา

### ตัวอย่างดินและพืชที่ใช้ในการศึกษา

ตัวอย่างดินที่ใช้ศึกษาเป็น ชุดดินลำปาง (Lampang series: Lp) เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. บริเวณพื้นที่ที่กักตุนดิน 18.22051 ลองจิจูด 99.38260 อ้างอิงตามแผนที่ชุดดินรายอำเภอของกรมพัฒนาที่ดิน (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, 2560) เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) มีอนุภาคขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) 490, 340 และ 170 g/kg ตามลำดับ มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) เท่ากับ 4.5 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) และอินทรีย์วัตถุ (organic matter) 3.71 และ 6.40 g/kg ตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.37 g/kg ค่า C/N เท่ากับ 10 มีปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mineral nitrogen) ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) และอินทรีย์ไนโตรเจน (organic nitrogen) 71.44 และ 298.56 mg/kg ตามลำดับ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) 3 mg/kg

โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (extractable potassium calcium and magnesium) 40, 273 และ 37 mg/kg ตามลำดับ

สำหรับต้นปอเทืองที่ใช้ศึกษามีอายุ 45 วัน แยกต้นปอเทืองออกเป็นส่วนต่างๆ ได้แก่ ส่วนราก ใบ ลำต้น และดอก แบ่งแต่ละส่วนออกเป็น 2 กลุ่ม 1) แยกบดแต่ละส่วนของต้นปอเทืองสด ร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 1 มม. สำหรับใช้บ่มกับตัวอย่างดิน 2) นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชม. หลังจากนั้นนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 1 มม. เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางชีวเคมี ได้แก่ ลิกนิน (Van Soest et al., 1991) โพลีฟีนอล (Folin and Denis, 1915) คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมด (ISO 10694, 1995; ISO 13878, 1998) แต่ละชิ้นส่วนปอเทืองทำการวิเคราะห์ในแต่ละองค์ประกอบทางชีวเคมีจำนวน 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวน (Anova: analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD) โดยใช้โปรแกรม STAR 2.0.1

### วิธีดำเนินการ

ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ กลุ่มวิเคราะห์หีวจัยพืช ปุย และสิ่งปรับปรุงดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน โดยการนำแต่ละส่วนของต้นปอเทืองสด ได้แก่ ส่วนราก ใบ ลำต้น ดอก และรวมทุกส่วนในสัดส่วนที่เท่ากัน จำนวน 1.6 ก. ผสมกับดิน จำนวน 100 ก. ในถุงพลาสติก หรือคิดเป็นน้ำหนักสดของปอเทืองต่อน้ำหนักดินในอัตรา 16 g/kg อัตราที่ใช้คำนวณจากการหว่านเมล็ดปอเทืองในอัตราเมล็ดเฉลี่ย 5 กก./ไร่ สามารถให้น้ำหนักสดของต้นปอเทืองในอัตรา 5,000 กก./ไร่ (ดิน 1 ไร่หนัก 312,000 กก. ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 1.3 ก./ลบ.ซม.) (ประชา และปรัชญา, 2535) และใช้การบ่มดินอย่างเดียวโดยไม่ใส่ปอเทืองเป็นสิ่งทดลองควบคุม สำหรับใช้คำนวณหาปริมาณ

ไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน แต่ละชั้นส่วนทำ 4 ซ้ำ ในสภาวะอุณหภูมิห้องปฏิบัติการ 25 องศาเซลเซียส และควบคุมความชื้นของดินที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เนื่องจากเป็นระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอินทรีย์สาร (Vahdat et al., 2011) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ระยะเวลาการบ่ม 60 วัน เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มียางานการ

เกิดปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันสูงสุดในวัสดุพืชหลายชนิด (Abbasi et al., 2015) เมื่อครบกำหนดระยะเวลาการบ่มนำตัวอย่างดินทั้งหมดวิเคราะห์หาปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ) (Bremner and Keeney, 1966) และคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน (nitrogen mineralization contents:  $\text{N}_m$ ) (Mohanty et al., 2011) (สมการที่ 1)

$$\text{N}_m \text{ (mg/kg)} = (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- \text{ จากสิ่งทดลองที่ศึกษา}) - (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- \text{ จากสิ่งทดลองควบคุม}) \dots\dots\dots 1$$

รวมทั้งหาปริมาณลิกนิน (Van Soest et al., 1991) โพลีฟีนอล (Folin and Denis, 1915) คาร์บอน และไนโตรเจนทั้งหมด (ISO 10694, 1995; ISO 13878, 1998) บันทึกข้อมูลในหน่วยกรัมต่อวัสดุพืชหนึ่ง กิโลกรัม จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลิกนิน คาร์บอน ไนโตรเจน และโพลีฟีนอลของต้นปอเทืองหลังการบ่มที่ระยะเวลา 60 วัน กับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน ใช้วิธีวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's linear correlation coefficient) โดยใช้โปรแกรม STAR 2.0.1 และหาระดับของลิกนิน คาร์บอน ไนโตรเจน และโพลีฟีนอล ของต้นปอเทืองที่ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์ โดยใช้สมการลอการิทึม (logarithmic equation:  $y = a \cdot \ln(x) + b$ ) (Vahdat et al., 2011)

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### องค์ประกอบทางชีวเคมีจากส่วนต่างๆ ของต้นปอเทือง

การวิเคราะห์สมบัติทางชีวเคมีของส่วนต่างๆ ของต้นปอเทือง พบว่า แต่ละส่วนมีองค์ประกอบทางชีวเคมีแตกต่างกัน (Table 1) ส่วนของดอกมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด สูงสุด 61.61 g/kg เนื่องจากในระยะออกดอกธาตุอาหารจะถูกลำเลียงไปยังส่วนของดอกสำหรับเตรียมความพร้อมในการสร้างเมล็ด ส่วนใบ, (ราก + ลำต้น + ใบ + ดอก), ราก และส่วน

ของต้น มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 28.66, 22.54, 9.93 และ 9.17 g/kg ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด พบค่าสูงสุดในส่วนของราก 982 g/kg เนื่องจากเป็นส่วนที่ช่วยยึดค้ำจุนลำต้นไม่ให้ล้มจึงเป็นส่วนที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบซึ่งแสดงถึงความแข็งแรงของโครงสร้างสูงกว่าส่วนอื่น และค่าที่พบสูงกว่าในรากโสนอัฟริกัน ซึ่งมีรายงานปริมาณคาร์บอน 384.76 g/kg (ดวงสมร และคณะ, 2558) ส่วนลำต้น, ดอก, ใบ, และส่วน (ราก + ลำต้น + ใบ + ดอก) มีปริมาณคาร์บอนทั้งหมด 514.02, 472.28, 453.39 และ 427.10 g/kg ตามลำดับ ปริมาณลิกนินพบค่าสูงสุดในส่วนของราก 242 g/kg เช่นเดียวกับปริมาณคาร์บอนค่าที่พบสูงกว่าในรากโสนอัฟริกัน ซึ่งมีรายงานปริมาณลิกนิน 80.60 g/kg (ดวงสมร และคณะ, 2558) อย่างไรก็ตามมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณลิกนินในพืชตระกูลหญ้า และพืชตระกูลถั่ว มีรายงานปริมาณลิกนินอยู่ในช่วง 171-252 g/kg (Vahdat et al., 2011) ส่วนปริมาณลิกนินในลำต้น, (ราก + ลำต้น + ใบ + ดอก), ใบ และดอก มีปริมาณ 173.75, 103.00, 73.50 และ 62.25 g/kg ตามลำดับ ปริมาณโพลีฟีนอล พบค่าสูงสุดในส่วนของใบ 83.15 mg/kg อาจเนื่องจากสารโพลีฟีนอลถูกสร้างขึ้นมาเพื่อต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งเกิดขึ้นบริเวณใบพืช ค่าที่พบน้อยกว่าปริมาณโพลีฟีนอลที่มีรายงานในถั่วและ (Mafongoya et al., 1998) และแคฝรั่ง (Abbasi et al., 2015) ส่วน (ราก + ลำต้น + ใบ + ดอก), ดอก, ลำต้น

และราก มีปริมาณโพลีฟีนอล 55.15, 50.22, 33.87 และ 24.26 mg/kg ตามลำดับ ค่า C/N พบค่าสูงสุดในส่วนของราก เท่ากับ 99 สูงกว่าในรากโสนอัฟริกัน ซึ่งมีค่า C/N เท่ากับ 23 (ดวงสมร และคณะ, 2558) แต่น้อยกว่าในรากข้าวโพด มีรายงานค่า C/N เท่ากับ 121 (Abbasi et al., 2015) ส่วนลำต้น, (ราก + ลำต้น + ใบ + ดอก), ใบ และดอก มีอัตราส่วน C/N เท่ากับ 56, 19, 16 และ 8 ตามลำดับ ส่วนค่า LG/N พบอัตราส่วนสูงสุดในส่วนของราก เท่ากับ 24 ใกล้เคียงกับค่า LG/N ของข้าวบาร์เลย์ มีรายงาน

ค่า LG/N เท่ากับ 21 (Vahdat et al., 2011) ส่วนลำต้น, (ราก + ลำต้น + ใบ + ดอก), ใบ และดอก มีอัตราส่วน เท่ากับ 19, 5, 3 และ 1 ตามลำดับ จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีของชิ้นส่วนปอเทืองชี้ให้เห็นว่า ส่วนของรากและลำต้นเป็นชิ้นส่วนสำคัญที่ควบคุมปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเนื่องจากมีระดับ C/N และ LG/N สูงกว่าชิ้นส่วนอื่น ซึ่งระดับ C/N และ LG/N มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน (Table 2)

**Table 1** Biochemical composition of different parts of *Crotalaria juncea*

Parts of <i>Crotalaria juncea</i>	N	C	LG	PP	C/N	LG/N
	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg		
Root	9.93 <sup>d</sup>	982.60 <sup>a</sup>	242.25 <sup>a</sup>	24.26 <sup>e</sup>	99 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>
Stem	9.17 <sup>e</sup>	514.02 <sup>b</sup>	173.75 <sup>b</sup>	33.87 <sup>d</sup>	56 <sup>b</sup>	19 <sup>b</sup>
Leaf	28.66 <sup>b</sup>	453.39 <sup>d</sup>	73.50 <sup>d</sup>	83.15 <sup>a</sup>	16 <sup>d</sup>	3 <sup>d</sup>
Flower	61.61 <sup>a</sup>	472.28 <sup>c</sup>	65.25 <sup>e</sup>	50.22 <sup>c</sup>	8 <sup>e</sup>	1 <sup>e</sup>
Root + Stem + Leaf + Flower	22.54 <sup>c</sup>	427.10 <sup>e</sup>	103.00 <sup>c</sup>	55.15 <sup>b</sup>	19 <sup>c</sup>	5 <sup>c</sup>
F-test	*	*	*	*	*	*
C.V. (%)	1.40	0.20	3.15	4.06	0.31	3.69

N = total nitrogen, C = total carbon, LG = lignin, PP = polyphenol

\* Means with different letters in the same column indicate significant difference at  $P < 0.05$ , HSD.

### ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางชีวเคมีกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางชีวเคมีของต้นปอเทืองกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน โดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันพบว่า ทุกองค์ประกอบทางชีวเคมีของต้นปอเทืองมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ ) (Table 2) ปริมาณโพลีฟีนอล และไนโตรเจนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.74 และ 0.63 ตามลำดับ อาจเนื่องจากโพลีฟีนอล และไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจนจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณ

ไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันกับปริมาณโพลีฟีนอลของพืชตระกูลถั่วเขตร้อน พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบ (Palm and Sanchez, 1991) ในทางกลับกันไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันกับปริมาณโพลีฟีนอลในวัสดุพืชชนิดต่างๆ ที่ใช้ปรับปรุงดิน (Abbasi et al., 2015) ส่วนปริมาณคาร์บอน, ลิกนิน, C/N และ LG/N พบความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.87, -0.81, -0.79 และ -0.88 ตามลำดับ เนื่องจากองค์ประกอบทางชีวเคมีดังกล่าวเป็นส่วนประกอบภายในโครงสร้างเซลล์ที่แสดงถึงความแข็งแรงทนทานของโครงสร้างเซลล์ในส่วนนั้นๆ

จึงมีผลต่อความยากง่ายในการย่อยสลายชิ้นส่วนวัสดุพืชโดยตรง ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์บอน, ลิกนิน, C/N และ LG/N พบว่า แต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันสอดคล้องกับการศึกษาในกรณีอื่นๆ เช่นจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในดินกับปริมาณลิกนินจากการใช้ส่วนต่างๆ ของต้นไผ่อัฟริกัน เพิ่มปริมาณไนโตรเจนพบว่า ปริมาณลิกนินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณไนโตรเจนในดินได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.66 (ดวงสมร และคณะ, 2558) ในขณะที่ปริมาณลิกนินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอินทรีย์คาร์บอนและ

วัสดุอินทรีย์ที่เหลือในดิน (ดวงสมร และคณะ, 2560) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจน-มิเนอรัลไลเซชันกับองค์ประกอบทางชีวเคมีของต้นสบู่ดำแต่ละส่วน พบว่าปริมาณไนโตรเจน-มิเนอรัลไลเซชันมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่า C/N มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.98 (Chaudhary et al., 2014) และจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันกับปริมาณ LG/N ในวัสดุพืชชนิดต่างๆ พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.88 (Vahdat et al., 2011)

Table 2 Pearson linear correlation coefficients between biochemical composition of different parts of *Crotalaria juncea* and nitrogen mineralization contents.

	N <sub>m</sub>	N	C	LG	PP	C/N	LG/N
N <sub>m</sub>	1						
N	0.63**	1					
C	-0.87**	-0.63**	1				
LG	-0.81**	-0.32**	0.68**	1			
PP	0.74**	0.50**	-0.50**	-0.49**	1		
C/N	-0.79**	-0.72**	0.91**	0.53**	-0.39**	1	
LG/N	-0.88**	-0.63**	0.86**	0.80**	-0.47**	0.89**	1

N<sub>m</sub> = nitrogen mineralization contents, N = total nitrogen, C = total carbon, LG = lignin, PP = polyphenol  
\*\* represent significant correlation at P < 0.01

### ระดับขององค์ประกอบทางชีวเคมี ของต้นปอเทืองที่ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์

การใช้สมการลอการิทึมวิเคราะห์ข้อมูลหาระดับขององค์ประกอบทางชีวเคมีต่างๆ ของต้นปอเทืองที่ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันจากการบ่มชิ้นส่วนของต้นปอเทืองที่ระยะเวลา 60 วัน พบว่าปริมาณลิกนินที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันลดลง (Figure 1) เมื่อพิจารณาจากสมการลอการิทึม โดยแทนค่า y เท่ากับศูนย์ในสมการ  $y = -169.\ln(x) + 853.3$  ทำให้ได้ระดับลิกนินที่ทำให้

ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์เท่ากับ 155.88 g/kg ค่าที่ได้้นน้อยกว่ากรณีศึกษาปริมาณลิกนินที่ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์ในดินเนื้อปูน ซึ่งรายงานระดับลิกนินที่ 253.50 g/kg (Vahdat et al., 2011) อย่างไรก็ตาม อาจเป็นเพราะสถานะแวดล้อมที่ต่างกัน โดยเฉพาะระดับ pH ของดิน การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาในดินที่มีระดับ pH ต่ำ (4.5) ส่วนกรณีศึกษาที่นำมาเปรียบเทียบทำการศึกษาในดินที่มีระดับ pH สูง (8.5) จึงอาจมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน ทำให้ได้ค่าที่แตกต่างกัน

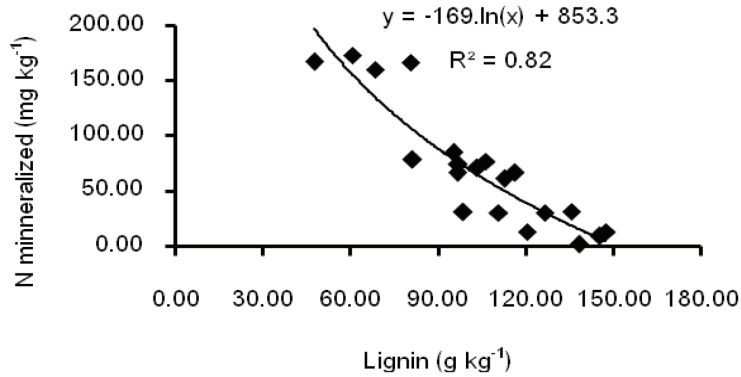


Figure 1 The relationship between N mineralization and lignin content of *Crotalaria juncea* in soil.

ส่วนปริมาณคาร์บอนและ C/N จากการแทนค่า  $y$  เท่ากับศูนย์ในสมการ  $y = -178.ln(x) + 1210$  และ  $y = -89.3.ln(x) + 290$  ได้ระดับที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์เท่ากับ 895.83 g/kg (Figure 2) และ 25.73 (Figure 3) ตามลำดับ ค่า C/N ที่ได้ สูงกว่าค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่บังคับใช้ตามกฎหมายในปัจจุบัน ซึ่งกำหนดเกณฑ์ของ C/N ไม่เกิน 20 แต่น้อยกว่ากรณีศึกษาในพื้นที่อื่น ซึ่งรายงานระดับ C/N ที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์เท่ากับ 30.70 (Vahdat et al., 2011) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ต่างกันมีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในดิน โดยทั่วไปเซลล์จุลินทรีย์มีสัดส่วน C/N อยู่ในช่วง 4/1 ถึง 9/1 หมายความว่า ประกอบด้วยปริมาณของคาร์บอน 4-9 ส่วนในไนโตรเจน 1 ส่วนเฉลี่ย

ประมาณ 7/1 ส่วน แต่เนื่องจากเซลล์จุลินทรีย์ใช้สารประกอบคาร์บอนที่ได้จากการย่อยสลายในการสร้างเป็นองค์ประกอบของเซลล์เพียง 1/3 ของทั้งหมด ปริมาณคาร์บอนอีก 2/3 จะถูกย่อยสลายในกระบวนการหายใจ (Brady, 1984) ดังนั้นหากเซลล์จุลินทรีย์มีสัดส่วน C/N เท่ากับ 7/1 อาหารที่จุลินทรีย์ใช้จึงควรมี C/N อยู่ที่ประมาณ 21/1 (7x3/1) แสดงให้เห็นว่า หากระดับ C/N ที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์เท่ากับ 25.73 แสดงว่าจุลินทรีย์ในดินที่ใช้ในการทดลองมีสัดส่วน C/N ประมาณ 8.57 แต่ในกรณีที่น่ามาเปรียบเทียบมีระดับ C/N ที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์เท่ากับ 30.70 แสดงว่าในพื้นที่นั้นเซลล์จุลินทรีย์มีสัดส่วน C/N ประมาณ 10.23

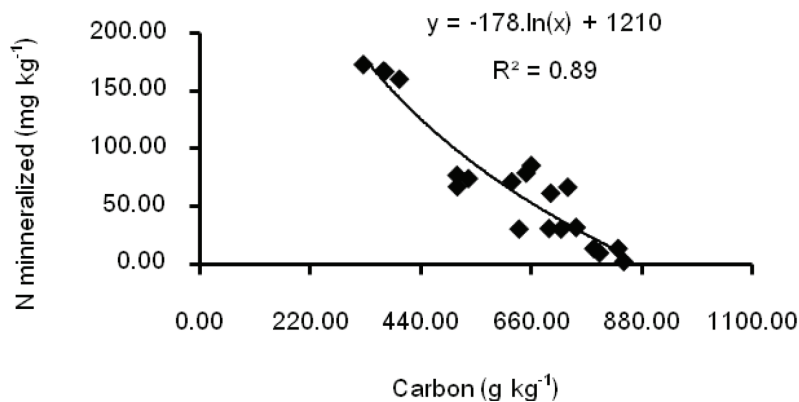


Figure 2 The relationship between N mineralization and carbon content of *Crotalaria juncea* in soil.

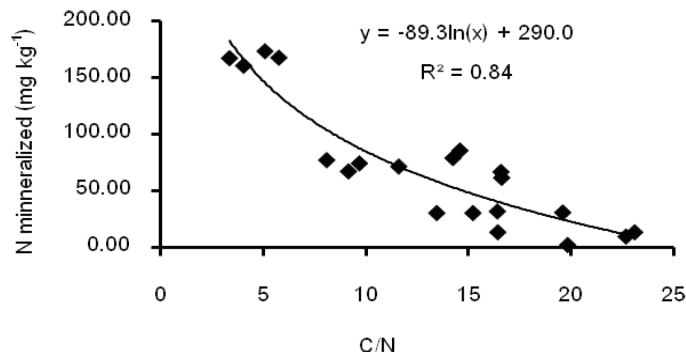


Figure 3 The relationship between N mineralization and carbon:nitrogen (C/N) ratio of *Crotalaria juncea* in soil.

ส่วนปริมาณ LG/N จากการแทนค่า  $y$  เท่ากับ ศูนย์ในสมการ  $y = -101.\ln(x) + 138.3$  ได้ระดับที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์เท่ากับ 3.93 (Figure 4) ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับการศึกษาในวัสดุพืชหลายชนิดพบระดับลิกนินที่ทำให้ปริมาณ

ไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์เท่ากับ 6.5 (Nourbakhsh and Dick, 2005) แต่ต่ำกว่ากรณีศึกษาในพื้นที่ดินเหนียว ซึ่งรายงานระดับ LG/N เท่ากับ 17 (Vahdat et al., 2011) ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างของสภาวะแวดล้อม

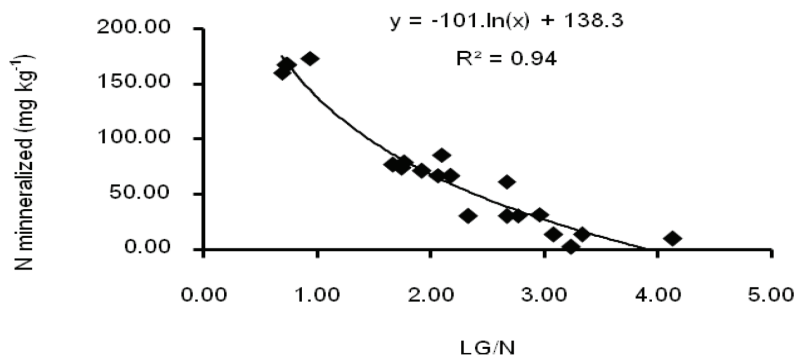


Figure 4 The relationship between N mineralization and lignin:nitrogen (LG/N) ratio of *Crotalaria juncea* in soil.

ผลการศึกษความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางชีวเคมีของดินปอเทียบกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในพืชชนิดอื่นหรือในต่างพื้นที่พบว่าความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงระดับขององค์ประกอบทางชีวเคมีที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์อาจได้ค่าแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

จึงมีผลต่อปริมาณ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ การนำสมการแสดงความสัมพันธ์ไปใช้คาดการณ์ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในสภาพแวดล้อมอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น การระบายอากาศของดิน ความชื้น อุณหภูมิ รวมทั้งระดับ pH ของดิน ซึ่งจะช่วยให้การคาดการณ์ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันมีความแม่นยำยิ่งขึ้น



## สรุป

องค์ประกอบทางชีวเคมีของต้นปอเทือง มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน ปริมาณโพสฟีนอล และไนโตรเจนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.74 และ 0.63 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณคาร์บอน, ลิกนิน, C/N และ LG/N มีความสัมพันธ์เชิงลบ ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.87, -0.81, -0.79 และ -0.88 ตามลำดับ โดยระดับของคาร์บอน และลิกนินที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์ คือ 895.83 และ 155.88 g/kg ตามลำดับ ส่วนระดับของ C/N และ LG/N ที่ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเป็นศูนย์ คือ 25.73 และ 3.93 ตามลำดับ

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก กรมพัฒนาที่ดินประจำปีงบประมาณ 2560

## เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. แผนแม่บทงานวิจัยกรมพัฒนาที่ดิน (พ.ศ. 2556-2559). คณะกรรมการวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ดวงสมร ตูลาพิทักษ์, พัชรี แสนจันทร์, เกษสุดา เดชภิมล และพัทธภรณ์ ตอพล. 2558. อิทธิพลขององค์ประกอบทางเคมีของโสนอัฟริกันต่อกระบวนการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารในดินน้ำขัง. เกษตร. 43: 968-975.

ดวงสมร ตูลาพิทักษ์, พัชรี แสนจันทร์, เกษสุดา เดชภิมล และพัทธภรณ์ ตอพล. 2560. อิทธิพลขององค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ต่อการปลดปล่อยแก๊สมีเทน ผลผลิตข้าวและการสะสมคาร์บอนในดิน. เกษตร. 45: 1342-1347.

ประชา นาคะประเวศ และ ปรัชญา ธีญาดี. 2535. พีชปุ๋ยสดบำรุงดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน. 2560. แผนที่ชุดดินรายอำเภอ. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/USQUVW>. ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2560.

Abbasi, M. K., M. M Tahir, N. Sabir, and M. Khurshid. 2015. Impact of the addition of different plant residues on nitrogen mineralization-immobilization turnover and carbon content of a soil incubated under laboratory conditions. *Solid Earth*. 6: 197-205.

Abera, G., E. Wolde-meskel, and L. R. Bakken. 2012. Carbon and nitrogen mineralization dynamics in different soils of the tropics amended with legume residues and contrasting soil moisture contents. *Biology and Fertility of Soils*. 48: 51-66.

Brady, N. C. 1984. *The Nature and Properties of Soils*. Macmillan Publishing, New York.

Bremner, J. M., and D. R. Keeney. 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soil: Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction distillation methods. *Soil Science Society of America Journal*. 30: 577-583.

- Chaudhary, D. R., J. Chikara, and A. Ghosh. 2014. Carbon and nitrogen mineralization potential of biofuel crop (*Jatropha curcas* L.) residues in soil. *Journal of soil science and plant nutrition*. 14: 15-30.
- Folin, O., and W. A. Denis. 1915. Colorimetric estimation of phenol and phenol and derivatives in urine. *Journal of Biological Chemistry*. 22: 305–308.
- Frankenberger W. T., and H. M. Abdelmagid. 1985. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. *Plant and Soil*. 87: 257–271.
- ISO 10694. 1995. Soil quality-determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). International standard.
- ISO 13878. 1998. Soil quality-determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). International standard.
- Mafongoya, P. L., P. K. R. Nair, and B. H. Dzwela. 1998. Mineralization of nitrogen from decomposing leaves of multipurpose trees as affected by their chemical composition. *Biology and Fertility of Soils*. 27: 143–148.
- Mohanty, M., K. Sammi Reddy, M. E. Probert, R. C. Dalal, A. Subba Rao, and N. W. Menzies. 2011. Modelling N mineralization from green manure and farmyard manure from a laboratory incubation study. *Ecological Modelling*. 222: 719–726.
- Nourbakhsh, F. 2006. Fate of carbon and nitrogen from plant residue decomposition in a calcareous soil. *Plant soil and Environment*. 52: 137–140.
- Nourbakhsh, F., and R. P. Dick. 2005. Net nitrogen mineralization or immobilization potential in a residue-amended calcareous soil. *Arid Land Research and Management*. 19: 299-306.
- Palm, C. A., and P. A. Sanchez. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry*. 23: 83–88.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3584–3597.
- Vahdat, E., F. Nourbakhsh, and M. Basiri. 2011. Lignin content of range plant residues controls N mineralization in soil. *European Journal of Soil Biology*. 47: 243-246.