

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับค่าดัชนีความเขียวในผลผลิตของผักเชียงดา ภายใต้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน

Relationship between chlorophyll content, total phenolic, antioxidant activities and SPAD value of *Gymnema inodorum* Decne. under different nitrogen fertilizer

เสรี เลาทะ¹, ชิติ ศรีตันทิพย์² และ ปริญญาวดี ศรีตันทิพย์^{2*}

Seree Laotho¹, Chiti Sritontip² and Parinyawadee Sritontip^{2*}

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระกับค่าดัชนีความเขียวของผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดากายใต้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 10 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธี คือ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย อัตรา 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัมต่อต้น ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 0.23 กรัม P₂O₅ ต่อต้น และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 0.3 กรัม K₂O ต่อต้น ทดลองกับผักเชียงดาที่มีอายุ 3 เดือนหลังจากย้ายปลูกลงกระถาง ทำการเก็บตัวอย่างพืชส่วนยอดและใบ 2 คู่จากปลายยอดหลังจากใส่ปุ๋ยเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 3 เดือน วิเคราะห์หาค่าดัชนีความเขียวของผลผลิต ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด คลอโรฟิลล์เอและบี สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองพบว่าค่าดัชนีความเขียวของผลผลิตมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน (R² = 0.88 **) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (R² = 0.96 **) คลอโรฟิลล์เอ (R² = 0.56**) คลอโรฟิลล์บี (R² = 0.90**) สารประกอบฟีนอลิก (R² = 0.92 **) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (R² = 0.86**) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผักเชียงดา, ไนโตรเจน, คลอโรฟิลล์, สารประกอบฟีนอลิก, สารต้านอนุมูลอิสระ

ABSTRACT: The research aimed to study on relationship between chlorophyll content, total phenolic content and antioxidant activities and SPAD value of *Gymnema inodorum* (Lour.) Decne. under different nitrogen fertilizer. The experiment was laid out as a CRD with ten replications. The treatments consisted of five rates of nitrogen fertilizer i.e., 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 g urea/plant, phosphorus fertilizer applied 0.23 g P₂O₅/plant and potassium fertilizer applied 0.3 g K₂O/plant. The result revealed that consumable parts nitrogen concentration, total chlorophyll, chlorophyll a and b content, total phenolic content, antioxidant activities and SPAD value were linearly related were R² = 0.88**, R² = 0.96**, R² = 0.56**, R² = 0.90**, R² = 0.92**, R² = 0.865** respectively.

Keywords: *Gymnema inodorum* (Lour.) Decne., nitrogen, chlorophyll, phenolic, antioxidant

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

Faculty of Agricultural Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang, Thailand 52000

² สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 52000

Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Thailand 52000

* Corresponding author: parinyawadee@mutl.ac.th

บทนำ

ผักเชียงดา *Gymnema inodorum* (Lour.) Decne. (เต็ม, 2544) เป็นผักพื้นบ้านภาคเหนือที่มีผลรักษาโรคเบาหวานและเกาต์ (Shimizu et al., 1997) โรคเบาหวาน (Shanmugasundaram et al., 1990; Shimizu et al., 2001) ลดระดับน้ำตาลในเลือด (Daisy et al., 2009) ลดความดันโลหิต (Bishayee et al., 1991) ช่วยในการละลายลิ่มเลือด (Hong et al., 2004) ช่วยเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย (ธีรวัลย์ และปัทมา, 2552; Klungsupya et al. 2008 and Kang et al., 2012) ด้านปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผักเชียงดานั้น พบว่าผักเชียงดาประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก คาโรทีนอยด์ คลอโรฟิลล์ และวิตามินอี ที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระหรือค่า IC50 อยู่สูง (ธัญญาลักษณ์, 2548; ธัญชนก, 2550; ธีรวัลย์และปัทมา, 2552; ประไพภัทรและคณะ, 2553; Chanwitheesuk et al., 2005; Tangkanakul et al., 2005 and Rachh et al., 2009) การปลูกพืชขึ้นการใส่เฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยชนิดอื่นส่วนใหญ่พบว่าจะช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจน ความเขียว ส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตในพืชได้ (ชัยฤกษ์, 2536; พิทยา, 2554; Buckland et al., 2013; Bybordi and Ebrahimian, 2013) แต่ผลของไนโตรเจนต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระนั้นมีรายงานทั้งในแง่การช่วยเพิ่มและลดปริมาณสารดังกล่าว เช่น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแคลเซียมไนเตรทให้กับข้าวบาร์เลย์พบว่าช่วยเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช ปริมาณคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระ (Ali et al., 2013) การใส่สารละลายไนโตรเจนระดับความเข้มข้น 56.2 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ทำให้พริกหวานมีปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อมากที่สุด การลดปริมาณสารละลายไนโตรเจนไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ปริมาณไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และสารต้านอนุมูลอิสระ (Yasuor et al., 2013) การใส่ปุ๋ยมูลไก่ (10% N: 10% P₂O₅: 10% K₂O) และปุ๋ยเคมี (NPK green; 15%

N, 15% P₂O₅, 15% K₂O) อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และกลูตาไธโอนใน *Labisia pumila* Benth แต่การใส่ในอัตราที่มากกว่า 15 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้ปริมาณสารรวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระลดลง (Ibrahim et al. 2013) การทำให้ขาดไนโตรเจนในฝ้าย (*Gossypium hirsutum* L.) ทำให้ลดความเขียวของใบและปริมาณโปรตีนลง แต่เพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น กลูตาไธโอนรีดักเตส (glutathione reductase) และ ไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase) ได้ (Kawakami et al., 2013) จากรายงานผลการทดลองจะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่ข้อมูลจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืชแล้วปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชและปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืชจะเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความสัมพันธ์เป็นไปในทางบวกหรือทางลบกับปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในพืช ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของไนโตรเจนต่อความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความเขียว ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด คลอโรฟิลล์เอและบี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดา เพื่อหาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผักเชียงดาให้มีคุณภาพของผลผลิตสูงต่อไป

วิธีการทดลอง

ทำการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม 2556 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มีทั้งหมด 5 กรรมวิธี ๆ ละ 10 ซ้ำ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรียเกรด 46-0-0 อัตรา 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัมของยูเรียต่อต้น ใส่ตามกรรมวิธีที่ทดลอง ส่วนปุ๋ยฟอสฟอรัส ใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต เกรด 0-46-0 ใส่ในอัตราต้นละ 0.23 กรัม P₂O₅ ต่อต้น และปุ๋ยโพแทสเซียมใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ เกรด 0-0-60 ในอัตราต้นละ 0.3 กรัม K₂O ต่อต้น เท่ากันทุกต้น ที่ทำการทดลองในกรรมวิธีที่ 2-5 ในการทดลองนี้ใช้ผักเชียงดาสายต้นที่ 6 เป็นพันธุ์ที่ทำการรวบรวมและ

คัดเลือกจากงานวิจัยของสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตรที่ขยายพันธุ์โดยการปักชำ อายุประมาณ 90 วัน หลังจากนำต้นผักเชียงดาไปปลูกใส่ในกระถาง 12 นิ้ว ซึ่งใส่ดินผสมน้ำหนัก 9 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาประมาณ 3 เดือน จนต้นมีกิ่งและทรงพุ่มใกล้เคียงกัน ตัดแต่งต้นให้มีความสูงของต้นประมาณ 45 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยครั้งเดียวในเดือนมีนาคมตามกรรมวิธีที่ทดลอง ให้น้ำวันละ 1 ครั้ง ปริมาณต้นละ 1 ลิตร หลังจากใส่ปุ๋ย 2 สัปดาห์ทำการเก็บตัวอย่างพืชส่วนยอดและใบ 2 คู่ นับจากปลายยอด บันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาได้แก่ ค่าดัชนีความเขียวของใบโดยใช้เครื่อง chlorophyll meter รุ่น SPAD-502, Minolta Co. Ltd., Japan ไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีการโดยการทำให้เกิดสี (นันทรัตน์, 2542) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี ตามวิธีการของ Lichtenthaler and Buschmann (2001) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรูปกรดแกลลิกในตัวอย่างพืชสกัดได้โดยวิธี Folin-Ciocalteu (ดัดแปลงจาก Sellappan et al. 2002) และทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Manthey, 2004.) เก็บตัวอย่างพืชก่อนเวลา 8.00 น. สัปดาห์ละสองครั้ง ใน

เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม เก็บตัวอย่างไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างที่เก็บไว้ของแต่ละเดือนมาวิเคราะห์ และค่าที่ได้จะนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสมการเชิงเส้นตรง (linear regression relationship) ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนและค่าดัชนีความเขียวในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดา

จากการหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดาและค่าดัชนีความเขียวของผลผลิตที่อ่านได้จากเครื่อง SPAD ของการบันทึกข้อมูล 3 ครั้ง พบว่าการกระจายตัวที่ค่อนข้างแคบ ได้สมการเชิงเส้นตรงที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งมีค่า $y = 38.425x + 1.4956$, $R^2 = 0.88^{**}$ แสดงให้เห็นว่าถ้าค่าดัชนีความเขียวของผลผลิตที่อ่านได้จากเครื่อง SPAD มีค่าเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้เพิ่มขึ้น (Figure 1)

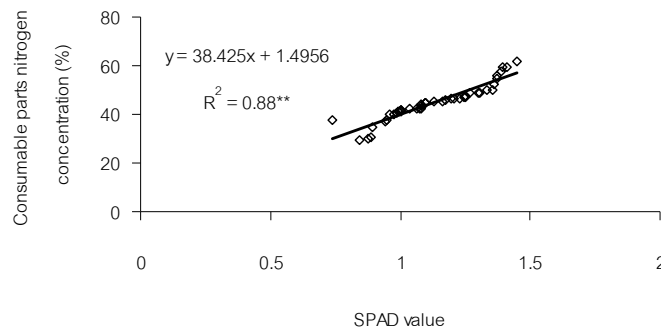


Figure 1 Relationship between consumable parts nitrogen concentration and SPAD value of *Gynmema inodorum* (Lour.) Decne. after nitrogen application.

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและค่าดัชนีความเขียวในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดา

จากการหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดาและค่าดัชนีความเขียวของผลผลิตที่อ่านได้จากเครื่อง SPAD ของการบันทึกข้อมูล 3 ครั้ง พบว่าการกระจายตัวที่ค่อนข้างแคบ ได้สมการเชิงเส้นตรงที่มีความสัมพันธ์อย่าง

มีนัยสำคัญยิ่งมีค่า $y = 2.3431x - 19.687$, $R^2 = 0.96^{**}$, $y = 0.4741x + 26.708$, $R^2 = 0.56^{**}$, $y = 1.8689x - 46.395$, $R^2 = 0.90^{**}$ และ $y = 0.1131x - 0.9018$, $R^2 = 0.92^{**}$ โดยแสดงให้เห็นว่าถ้าค่าดัชนี

ความเขียวของผลผลิตเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้เพิ่มขึ้น (Figure 2)

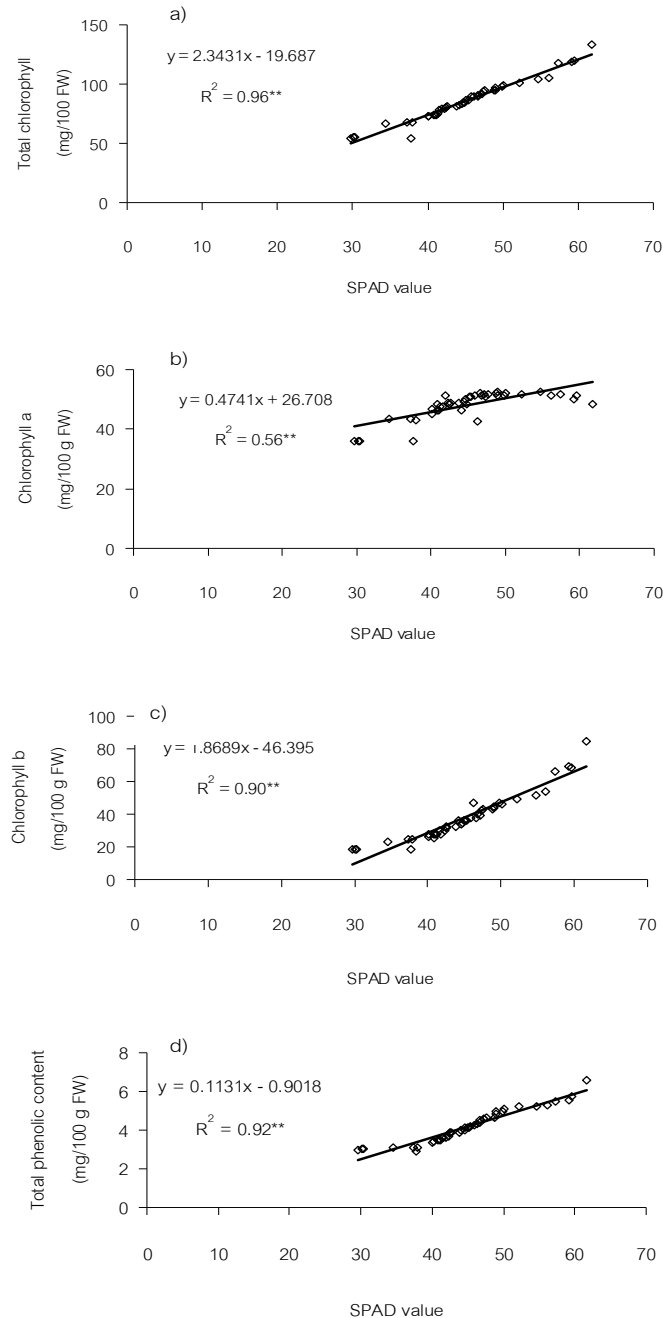


Figure 2 Relationship between total chlorophyll (a) chlorophyll a (b) chlorophyll b (c) total phenolic content (d) and SPAD value on consumable parts of *Gymnema inodorum* (Lour.) Decne. after nitrogen application.

ความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและค่าดัชนีความเขียวในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดา

การหาความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและค่าดัชนีความเขียวในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดา พบว่ามีกระจายตัวที่ค่อนข้าง

ข้างแคบและได้สมการเชิงเส้นตรงที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งมีค่า $y = 0.6519x - 7.8643$, $R^2 = 0.8665^{**}$ สามารถอธิบายได้ว่าค่าดัชนีความเขียวของผลผลิตเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้เพิ่มขึ้น (Figure 3)

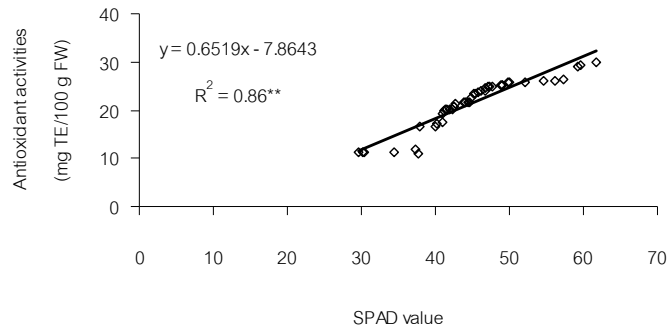


Figure 3 Relationship between antioxidant activities and SPAD value of *Gymnema inodorum* (Lour.) Decne. after treatment.

วิจารณ์

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าถ้าค่าดัชนีความเขียวของผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดาที่อ่านได้จากเครื่อง SPAD มีค่าเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งธีรวัลย์ และคณะ (2554) ได้รายงานว่ามีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในใบผักเชียงดาและผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และคลอโรฟิลล์บี มีอิทธิพลในเชิงบวกต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นการประเมินค่าดัชนีความเขียวของใบด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์สามารถใช้ประเมินปริมาณไนโตรเจน คลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอลิกในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดาซึ่งเป็นวิธีการประเมินอย่างรวดเร็ว เป็นประโยชน์ในการประเมินคุณภาพของผักเชียงดา

สรุป

จากการทดลองพบสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด คลอโรฟิลล์เอและบี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ กับค่าดัชนีความเขียวในผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ของผักเชียงดาเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่างกัน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตผลงานวิจัยในกลุ่ม Hands on Research Track 2 รุ่นวิจัยขนาดใหญ่ (HR#2L) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนให้มีการเผยแพร่ผลงานวิชาการสู่ระดับสากล

เอกสารอ้างอิง

- ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาค วิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- เต็ม สมิตินันท์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- ธัญญาลักษณ์ เมืองแมน. 2548. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักเชียงดาต่อการป้องกัน การแตกตัวของเม็ดเลือดแดงและการเสียหายของดีเอ็นเอในเซลล์เม็ดเลือดขาว มนุษย์ชนิด TK6. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ธัญชนก เมืองมัน, นลินี จงวิริยะพันธุ์, ชฎา พิศาลพงศ์, นพวรรณ ภูมาลา มอราเลส และประไพภัทร คลังทรัพย์. 2550. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักเชียงดา (*Gymnema inodorum* Dence.).
- ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน และปัทมา ไทยคู่. 2552. ผลของชนิดผักเชียงดา (*Gymnema inodorum* Decne.) และอุณหภูมิการอบแห้งต่อคุณภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ. การประชุมวิชาการประจำปี อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ ครั้งที่ 1. หน้า 138.
- ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน, พิทักษ์ พุทธวรชัย, นภา ชันสุภา, ปริญาวดี ศรีตันทิพย์, วิritti อ่ำพันธุ์ และพญศักดิ์ มะโนชัย. 2554. การพัฒนาคุณภาพผักเชียงดา (*Gymnema inodorum* (Lour.) Decne.) เพื่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- นันทรัตน์ ศุภก่าเนิด. 2542. การวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนโดยการทำให้เกิดสี. เอกสารเผยแพร่ของศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย. เชียงราย. 2 น.
- ประไพภัทร คลังทรัพย์, วิมลศรี พรรณประเทศ, ภูษิตา วรรณิสสร, อุบล ฤกษ์อำ, กฤติยา ทิสิยากร, วิภาพร พัฒน์เวช, อมรัตน์ ชัยนการนาวิ, เตือนตา เสมาทอง, สรียา เรืองพัฒนาพงศ์, พงศธร หลิมศิริวงษ์, วิเชียร เขยนอก, ประไพศรี ไม้สนธิ์, สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง, ศรีศักดิ์ ตรังวัชระกุล และวัลลภา อรุณไพโรจน์. 2553. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้าน ผลไม้ และวัสดุเหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้. โครงการวิจัยที่ ภ.50-02/ย.1/รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์). สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ.
- พิทยา สรวมศิริ. 2554. ธาตุอาหารในการผลิตพืชสวน. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. จังหวัดเชียงใหม่.
- Ali, S.; M.A. Farooq, M.M. Jahangir, F. Abbas, S.A. Bhawan and G.P. Zhang. 2013. Effect of chromium and nitrogen form on photosynthesis and anti-oxidative system in barley. *Biologia plantarum* 57(4): 758-763.
- Bishayee, A., S.M. Hussain, J.R. Mukherjee and M. Chatterjee. 1991. Protective effect of *Gymnema sylvestre* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Indian Science Cruiser* 5: 35 - 38.
- Buckland, K., J.R. Reeve, D. Alston, C. Nischwitz and D. Drost. 2013. Effects of nitrogen fertility and crop rotation on onion growth and yield, thrips densities, Iris yellow spot virus and soil properties. *Agriculture Ecosystem & Environment* 177: 63-74.
- Bybordi, A and E. Ebrahimian. 2013. Growth, yield and quality components of Canola fertilized with urea and zeolite. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44(9): 2896 - 2915.
- Chanwitheesuk, A., A. Teerawutgulrag and N. Rakariyatham. 2005. Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. *Food Chemistry* 92 (3): 491-497.
- Daisy, P., J. Eliza and K.A. Mohamed Farook. 2009. A novel dihydroxy gymnemic triacetate isolated from *Gymnema sylvestre* possessing normoglycemic and hypolipidemic activity on STZ-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology* 126: 339 - 344.
- Hong, H.J., B. Manochai, G. Trakontivakorn and V.Na Thalung. 2004. Fibrinolytic activity of Thai indigenous vegetables. *Kasetsart Journal* 38: 241 - 246.
- Ibrahim, M.M., R.T. El - Beshbeshy, N.R. Kamh and A.L. Abou-Amer. 2013. Effect of NPK and biofertilizer on date palm trees grown in Siwa Oasis, Egypt. *Soil Use and Management*. 29: 315 - 321.
- Kang, M.H., M.S. Lee, M.K. Choi, K.S. Min and T. Shibamoto. 2012. Hypoglycemic activity of *Gymnema sylvestre* extracts on oxidative stress and antioxidant status in diabetic rats. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 60(10): 2517 - 2524.
- Klungsupya, P., T. Muangman, N. Theangtrong, A. Khayungarnawee, W. Phatvej, K. Thisayakorn, U. Rerk-Am, T. Sematong, S. Trangvacharakul and V. Arunpairojana. 2008. Antioxidant and antihyperglycemic activities of *Gymnema inodorum* Dence. Proceeding of "The 8th NRCT-JSPS Joint Seminar Innovation Research in Natural Products for Sustainable Development", Chulalongkorn University, 3 - 4 December 2008, pp. 207 - 209.

- Kawakami, E.M., D.M. Oosterhuis and J.L. Snider. 2013. Influence of high temperature and urea fertilizer with N-(n-butyl) thiophosphoric triamide and dicyandiamide on cotton growth and physiology. *Journal of plant nutrition*. 36(10): 1615-1639.
- Klungsupya, P., T. Muangman, N. Theangtrong, A. Khayungarnawee, W. Phatvej, K. Thisayakorn, U. Rerk-Am, T. Sematong, S. Trangvacharakul and V. Arunpaiojana. 2008. Antioxidant and antihyperglycemic activities of *Gymnema inodorum* Dence. Proceeding of "The 8th NRCT-JSPS Joint Seminar Innovation Research in Natural Products for Sustainable Development", Chulalongkorn University, 3 - 4 December 2008, pp. 207 - 209.
- Lichtenthaler, H.K. and C. Buschman. 2001. Chlorophyll and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food analytical Chemistry* F4.3.1 – F4.3.8.
- Manthey, J.A. 2004. Fractionation of orange peel phenols in ultra filtered molasses and mass balance studies of their antioxidant levels. *J. Agri. Food chem.* 52(25): 7586 – 7592.
- Rachh, P.R., S.R. Patel, H.V. Hirpara, M.T. Rupareliya, M.R. Rachh, A.S. Bhargava, N.M. Patel and D.C. Modi. 2009. In vitro evaluation of antioxidant activity of *Gymnema sylvestre* R. Br. leaf extract. *Romanian Journal of Biology-Plant Biology* 54(2): 141-148.
- Sellappan, S., C.C. Akoh and G. Krewer. 2002. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Goorgia – grow blueberries and blackberries. *J. Agri. Food chem.* 50: 2432 – 2438.
- Shanmugasundaram, E.R.B., G. Rajeswari, K. Baskaran, B.R. Rajesh Kumar, K. Radha, K.R. Shanmugasundaram and B.K. Arhmath. 1990. Use of *Gymnema sylvestre* leaf extract in the control of blood glucose in insulin-dependent diabetes mellitus. *Journal of Ethnopharmacology* 30: 281 - 294.
- Shimizu, K., M. Ozeki, A. Iino, S. Nakajyo, N. Urakawa and M. Atsuchi. 2001. Structure-activity relationships of triterpenoid derivatives extracted from *Gymnema inodorum* leaves on glucose absorption. *Japan Journal of Pharmacol* 86: 223 - 229.
- Shimizu, K., M. Ozeki, K. Tanaka, K. Iton, S. Nakajyo, N. Urakawa, and M. Atsuchi. 1997. Suppression of glucose absorption by extracts from the leaves of *Gymnema inodorum*. *Journal of Veterinary Medical Science* 59(9): 753 - 757.
- Tangkanakul, P., G. Trakoontivakorn and C. Jariyavattavijit. 2005. Extracts of Thai indigeneous vegetable as rancid inhibitor in a model system. *Kasetsart Journal* 39: 274-283.
- Yasuor, H., A. Ben-Gal, U. Yermiyahu, E. Beit-Yannai and S. Cohen, S. 2013. Nitrogen management of greenhouse Pepper production: agronomic, nutritional, and environmental Implications. *HORTSCIENCE* 48(10): 1241-1249.