ศึกษาหาปริมาณฮอร์โมน indole acetic acid (IAA) gibberellic acid (GA_3) และ ธาตุอาหารในกล้วยน้ำว้า

Study the quantity of Plant hormone Indole acetic acid (IAA) Gibberellic acid (GA_3) and Nutrients in Namwa Bananas

สาธิดา โพธิ์น้อย สุพิศสา ทองเขียว สุภานันทน์ จันทร์ประอบ เพชรรัตน์ ศิริวิ
สุวลักษมิ์ ไชยทอง ตวงพร ธีระพิทยาพงศ์
Sathida Phonoy Supissa Thongkheaw Supanun Junpra-ob Phetcharat Siriwi
Suwaluck Chaitong Tuangporn Teerapitthayapong

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

This research aims to study the quantity of 2 plant hormones, Indole acetic acid (IAA), gibberellic acid (GA_3) and the amount of plant nutrients nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and Magnesium in 3 Namwa bananas, namely Mali Ong 50, Pak Chong, Sukhothai, were sampled from Office of Agricultural Research and Development Region2 (Sukhothai). Raw fruit, young fruit pulp, artificial stalks and leaves were carried out for nutrient analysis according to the laboratory method. Plant hormone content analysis after sample preparation was extracted by liquid liquid extraction method and then analyzed by HPLC from the results of the study on the nutrient content of the 3 Namwa bananas were not different., the Sukhothai banana cultivar samples were used for analysis of plant nutrients and plant hormones content. It was found that the nutrient content of the nitrogen and phosphorus in banana flower and the leaves was higher than other elements. Banana flower were 2.47 and 0.43 percent dry weight and the leaves content of nitrogen and phosphorus were 2.62 and 0.33 percent dry weight. Plant hormones IAA was found in all parts of the banana, with the highest concentration of 4.07 mg/kg in the leaves. GA_3 was found in all parts of the Namwa banana samples and the highest in banana flower. The amount of 1.42 mg/kg was followed by the leaves with 1.32 mg/kg. When analyzing the relationship between nutrient content and plant hormone content, it was found that nitrogen, iron, sulfur and copper content showed a high positive correlation. More than other trace elements from this study, it can be seen that every part of the banana can be used as a raw material in natural plant products.

Keywords : Indole acetic acid (IAA), Gibberellic acid (GA_3), Nutrients, Namwa Bananas

บทคัดย่อ

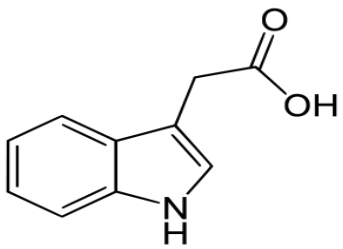
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของฮอร์โมนพืชจำนวน 2 ชนิด คือ indole acetic acid (IAA) gibberellic acid (GA3) และปริมาณธาตุอาหารพืช ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในกล้วยน้ำว้า 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์มะลิอ่อง พันธุ์ปากช่อง50 พันธุ์สุโขทัย1 ที่เก็บตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย (สวพ.2) โดยทำการศึกษาในส่วนต่างๆของกล้วยน้ำว้า ได้แก่ เปลือกผลอ่อน เปลือกผลแก่ เปลือกผลสุก เนื้อผลดิบ เนื้อผลอ่อน ลำต้นเทียม ปลี และใบ ดำเนินการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชตามวิธีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ส่วนการ

วิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืชหลังจากเตรียมตัวอย่าง นำมาสกัดด้วยวิธี liquid liquid extraction แล้วจึงวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC จากผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชในกล้วยน้ำว้า 3 สายพันธุ์ ไม่แตกต่างกัน จึงดำเนินการต่อโดยใช้ตัวอย่างกล้วยพันธุ์สุโขทัย1 มาวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชและปริมาณฮอร์โมน พบว่าซึ่งพบว่า ในปลีและใบ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส สูงกว่าส่วนอื่น โดยในปลีมีปริมาณ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส เท่ากับ 2.47 และ 0.43 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และใบ มีปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เท่ากับ 2.62 และ 0.33 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณฮอร์โมนพืช IAA พบในทุกส่วนของกล้วยน้ำว้า โดยตรวจพบในใบสูงที่สุดมีปริมาณ 4.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตรวจพบปริมาณ GA_3 ในทุกส่วนของตัวอย่างกล้วยน้ำว้า และพบมากที่สุดในส่วนของปลีปริมาณ 1.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือใบมีปริมาณ 1.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารและปริมาณฮอร์โมนพืชทั้งสองชนิด พบว่าปริมาณธาตุไนโตรเจน เหล็ก ซัลเฟอร์ และคอปเปอร์ จะให้ค่าความสัมพันธ์เชิงบวกสูงกว่าธาตุอื่น จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่า ทุกส่วนของกล้วยสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากพืชได้

คำหลัก : indole acetic acid (IAA) gibberellic acid (GA_3) ธาตุอาหาร กล้วยน้ำว้า

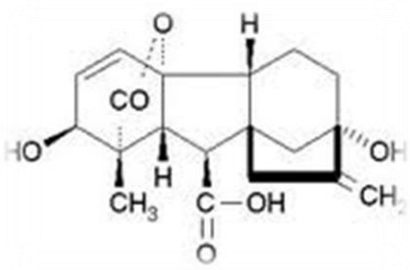
คำนำ

ด้วยกระแสการผลิตพืชปลอดภัยต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม พร้อมการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มคุณภาพผลผลิตพืช จึงมีการสนับสนุนให้มีการผลิตและใช้ผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติมากขึ้น ทั้งจากหน่วยงานของรัฐและผู้ประกอบการ โดยเฉพาะผู้ประกอบการมีทั้งผลิตขึ้นเองภายในประเทศและยังมีการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยผลิตภัณฑ์ต่างๆเหล่านี้ จะมีการอ้างถึงสรรพคุณเพื่อนำไปใช้ทางการเกษตรอย่างมากมาย มีสารสกัดที่ได้จากวัตถุดิบตามธรรมชาติไม่เป็นพิษกับผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีการอ้างถึงสรรคุณทางด้านการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช มีการลงโฆษณาทางสื่อต่างๆทุกทางเท่าที่ทำได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีราคาสูง และเข้าถึงเกษตรกรได้ง่าย ทำให้เกษตรกรหลงเชื่อและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายโดยไม่สามารถควบคุมได้ วัตถุดิบทางธรรมชาติที่นำมาผลิตมีทั้งจากพืชและสัตว์ อาทิเช่น ผัก ผลไม้ วัชพืช สาหร่าย ปลา กุ้ง ฯลฯ ในพืชหลายชนิดที่มีฮอร์โมนพืชหรือสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช แต่จะมีปริมาณมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและชนิดของฮอร์โมนพืช เนื่องจากฮอร์โมนพืชบางชนิดเป็นสารธรรมชาติที่มีอยู่ในพืช ได้แก่ สารอินโดล-3-อะซิติก (indole-3-acetic : IAA) เป็นฮอร์โมนพืชในกลุ่มออกซิน มีคุณสมบัติ ควบคุมการขยายขนาดของเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ กระตุ้นการเกิดราก แหล่งการสร้างออกซินจะอยู่ในเนื้อเยื่อเจริญ เช่น ตายอด ยอดอ่อน อินโดล-3-อะซิติก (indole-3-acetic : IAA) เป็นฮอร์โมนธรรมชาติที่สร้างจากกรดอะมิโนทริปโตเฟน (สุนันทา, 2546) มีโครงสร้างดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างของสารอินโดล-3-อะซิติก แอซิด

สารจิบเบอเรลลิค แอซิค (gibberellic acid : GA_3) เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มจิบเบอเรลลิน มีคุณสมบัติ ช่วยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ในช่วงระหว่างข้อ ช่วยให้พืชยืดตัวสูงขึ้น เป็นสารที่ถูกสังเคราะห์จากเมวาโลนิก (mevalonic acid) (สุนันทา, 2546) มีโครงสร้างดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างของสารจิบเบอเรลลิก แอซิด

ปัจจุบันมีการผลิตฮอร์โมนพืชจากวัตถุดิบธรรมชาติมากมายหลายชนิด แต่ในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอาจไม่มีการขึ้นทะเบียนเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และยังไม่มีเกณฑ์มาตรฐานในผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติหรือผลิตจากวัตถุดิบที่เป็นธรรมชาติว่าต้องมีมากน้อยเพียงใด จึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ ที่ไม่ต้องขึ้นทะเบียน หรือต้องขึ้นทะเบียนตาม พ.ร.บ. วัตถุอันตราย กล้วยเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรสำหรับพืช เนื่องจากกล้วยน้ำว้าหาได้ง่ายและราคาไม่แพง ทุกส่วนของกล้วยสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ฮอร์โมนธรรมชาติที่ได้จากพืช เช่น ใบกล้วย เปลือกกล้วย ผลกล้วยดิบ ผลกล้วยสุกและปลีของกล้วย โดยเฉพาะกล้วยน้ำว้า จากการศึกษาเรื่องฮอร์โมนพืชและธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพของสุนันทา (2546) เกี่ยวกับวัสดุหลักโดยมีกล้วยเป็นหนึ่งในวัสดุหลัก พบว่า ทุกสูตรที่ใช้กล้วยเป็นวัสดุหลักจะตรวจพบ ฮอร์โมนพืช IAA มีปริมาณน้อยกว่า 0.1 ถึง 1.28 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับ GA_3 จะตรวจพบร้อยละ 62.5 มีปริมาณ 1.03 ถึง 133.94 มิลลิกรัมต่อลิตร ฮอร์โมนพืช อินโดล-3-อะซิติก (indole-3-acetic : IAA) และ จิบเบอเรลลิค แอซิค (gibberellic acid : GA_3) ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับปริมาณ endogenous IAA และ gibberellic acid ภายในต้นพืช ส่งผลให้เซลล์พืชยืดยาวและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารจากดินของพืช (Bhuj *et al*., 1998) ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตของฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3 ในส่วนต่างๆ ของกล้วย และวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในส่วนของกล้วยที่ทำการทดสอบเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฮอร์โมนและปริมาณธาตุอาหาร เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรสำหรับพืช ตามท้องตลาดเพื่อสะดวกในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกษตรกรได้นำไปใช้และเกิดประโยชน์อย่างแท้จริง อีกทั้งนำข้อมูลมาปรับปรุง แก้ไข กฎระเบียบ ข้อบังคับที่ทันสมัยสำหรับควบคุมปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือ ได้แก่ เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 5 ตำแหน่ง และ 3 ตำแหน่ง เครื่อง high performance liquid chromatograph (HPLC), เครื่องอัลตร้าโซนิค, เครื่องบดตัวอย่างพืช, อุปกรณ์การกรองสารละลาย, เครื่องระเหยสุญญากาศ, ปิเปตแบบปริมาตรขนาดต่างๆ และขวดปริมาตรขนาดต่างๆ

2. สารเคมี ได้แก่ ethyl acetate, Hydrochloric acid, methanol, Hexane, 5- potassium dihydrogenphosphate, สารมาตรฐาน indole acetic acid (IAA) 99.0%,, สารมาตรฐาน gibberellic acid (GA_3) 98.8% และไนโตรเจนเหลว

วิธีการ

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมตัวอย่างกล้วยน้ำว้า

1.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ ปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและและธาตุอาหารเสริมในตัวอย่างกล้าย (AOAC, 2016) นำตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ได้จากที่เก็บตัวอย่างจากสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่2 จังหวัดสุโขทัย ล้างทำความสะอาดตัวอย่าง แยกส่วน เนื้อ เปลือก ใบ และปลี หั่นเป็นชิ้นเล็ก แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ ไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืชก่อนดำเนินการวิเคราะห์

1.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3 ด้วยเทคนิค HPLC โดยนำตัวอย่างสดที่หั่นแล้ว (ส่วนที่2) มาบดด้วยด้วยเครื่องบดตัวอย่างที่มีไนโตรเจนเหลวให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20±5 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการสลายตัวของสาร IAA และ GA_3 ในตัวอย่าง ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

1.3 ลักษณะตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่เตรียมเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช (a) ฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3 (b) (ภาพที่ 3)

(a) ตัวอย่างแห้งบดละเอียด

(b) ตัวอย่างสดก่อนบด

ภาพที่ 3 ลักษณะตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่เตรียมเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชและฮอร์โมนพืช

ขั้นตอนที่ 2 การสกัด (liquid liquid extraction) และวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3 ด้วยเครื่อง HPLC

2.1 นำตัวอย่างสดชั่ง 100 กรัม ลงในบีกเกอร์ ขนาด 600 มิลลิลิตร เติม methanol ที่เย็น 200 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องเขย่า เป็นเวลา 15 ชั่วโมง แล้วกรองเอาเมทานอลไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ที่ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการสลายตัวของฮอร์โมนพืช IAA

2.2 นำตัวอย่างที่ระเหย methanol ออกแล้ว เติมด้วย 0.5 M phosphate buffer 100 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้ได้ 8.0 ด้วย 1% phosphoric acid และ 1% potassium hydroxide

2.3 สกัดด้วย hexane 2 ครั้ง ครั้งละ 80 มิลลิลิตร และ 70 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดสาร nonpolar ทิ้งส่วนของ hexane นำสารละลาย ปรับ pH ให้ได้ 2.7

2.4 สกัดด้วย ethyl acetate 3 ครั้ง ครั้งละ 50 50 และ 40 มิลลิลิตร ตามลำดับ รวมส่วนที่เป็น ethyl acetate แล้วนำไประเหย ethyl acetate ออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

2.5 ละลายสารที่ได้ด้วย methanol ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ก่อนนำไปเจือจางด้วยสารละลาย mobile phase จากนั้นกรองตัวอย่างผ่านตัวกรอง PTFE ขนาด 0.2 ไมโครเมตร ลงใน vial ขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3 ด้วยเครื่อง HPLC ตามสภาวะของเครื่องมือ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สภาวะของเครื่อง HPLC สำหรับการวิเคราะห์ฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3 ในตัวอย่างกล้วยน้ำว้า

HPLC parameter	condition	
	IAA	GA_3
Mobile phase	45% MeOH in 0.02 Ammonium acetate pH 3.5	35% MeOH pH 2.7
column	µBondapak C18 10µm 3.9 x 300 mm	µBondapak C18 10µm 3.9 x 300 mm
detector	Fluorescence ex 280 nm em 350 nm	PDA 206 nm
Flow rate	1.0 ml/min	1.2 ml/min
Run time	12 min	12 min
Inject volume	10 µl	10µl

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3 ในตัวอย่างกล้วย

3.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน IAA จากสารมาตรฐานเข้มข้น 99.0% และ GA_3 จากสารมาตรฐานเข้มข้น 98.8% โดยเตรียมให้มีความเข้มข้นความเข้มข้น 1 2 3 4 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2 ชั่งสาร IAA 0.01265 กรัม ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย methanol จะได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 500.94 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.3 ปิเปตสารละลายจากข้อ 3.2 มา 5 มิลลิลิตร ใส่ขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย methanol จะได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.4 ปิเปตสารละลายจากข้อ 3.3 มา 4 มิลลิลิตร ใส่ขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย methanol จะได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.5 ปิเปตสารละลายจากข้อ3.4 มา 1 2 3 4 และ5 มิลลิลิตร ใส่ขวดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย mobile phase จะได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 1 2 3 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.6 กรองด้วย PTFE ใส่ vial ขนาด 2 มิลลิลิตร เพื่อฉีดเข้าเครื่อง HPLC

3.7 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน GA_3 โดยชั่งสาร GA_3 0.01302 กรัม ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย methanol จะได้สารละลายมาตรฐานเข้มข้น 514.55 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำตามขั้นตอนที่2-6 เช่นเดียวกับการเตรียมสารละลายมาตรฐาน IAA

3.8 สร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐาน (แกน x) กับ peak area (แกน y) ซึ่งมีค่า correlation ของ linear regression (r) ไม่น้อยกว่า 0.995

3.9 คำนวณหาปริมาณฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3 จากกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ด้วยการนำพื้นที่ใต้ peak ของสารที่ตรวจวิเคราะห์ไปอ่านค่าความเข้มข้นจากกราฟ

ขั้นตอนที่ 4 สร้างสมการเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ ฮอร์โมนพืช IAA GA_3 และธาตุอาหารพืชในส่วนต่างๆ ของกล้วย

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2562 - สิ้นสุด กันยายน 2564

สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยพืช วัตถุเคมีการเกษตรและนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ปริมาณธาตุอาหารพืชในตัวอย่างกล้วย

1.1 ปริมาณธาตุอาหารพืช ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม (AOAC, 2016) ในส่วนต่างๆ ของกล้วยน้ำว้า 3 พันธุ์ คือ มะลิอ่อง ปากช่อง50 และ สุโขทัย1 จากการวิเคราะห์พบว่า ปลีและใบ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส สูงกว่าส่วนอื่น โดยในปลีมีปริมาณ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส เท่ากับ 2.47 และ 0.43 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และใบ มีปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เท่ากับ 2.62 และ 0.33 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ เปลือกผลแก่ เปลือกผลอ่อน ส่วนเปลือกผลแก่จะพบปริมาณ โพแทสเซียม มากที่สุดเท่ากับ 6.33 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ เปลือกอ่อน ปลี และใบ มีเท่ากับ 6.07 4.71 และ 3.82 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม ในส่วนต่างๆของกล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้าส่วนต่างๆ	ปริมาณธาตุอาหารพืช (% น้ำหนักแห้งเฉลี่ย)		
	N	P	K
เปลือกผลอ่อน	1.09	0.26	6.07
เปลือกผลแก่	1.40	0.34	6.33
เนื้อผลอ่อน	0.39	0.09	1.00
เนื้อผลแก่	0.44	0.08	1.09
ปลี	2.74	0.43	4.71
ใบ	2.62	0.33	3.82

หมายเหตุ ผลการวิเคราะห์เป็นค่าเฉลี่ยจากกล้วยน้ำว้า 3 สายพันธุ์

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในส่วนต่างๆของกล้วยน้ำว้า พบว่า ปลีมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 2.74 0.43 และ 4.71 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ รองลงมาคือใบ มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม เฉลี่ยเท่ากับ 2.62 0.33 และ 3.82 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เมื่อนำมาคำนวณค่าความแตกต่างด้วยสถิติ ANOVA พบว่า ไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม มีค่า F ที่ได้จากการทดลอง (F_{cal}) เท่ากับ 0.41 0.28 และ 0.07 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้น้อยกว่าค่าที่อ่านได้จากตาราง F_{crit} 4.10 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า พันธุ์ของกล้วยน้ำว้าไม่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารชนิดเดียวกัน

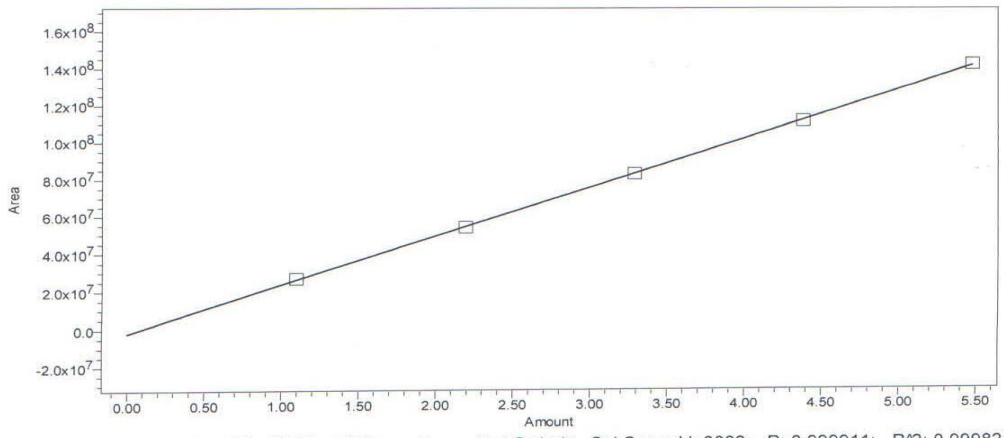
1.2 ปริมาณธาตุอาหารรอง Ca Mg S และธาตุอาหารเสริม Fe Mn Zn Cu B (AOAC, 2016) จากผลการวิเคราะห์ พบว่า มีปริมาณอาหารรองจะมีในปลีและใบมากกว่าส่วนอื่น โดยในปลี มี Ca Mg S เท่ากับ 0.46 0.46 และ 0.22 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในใบ เท่ากับ 0.36 0.37 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับธาตุอาหารเสริม จะพบมากในส่วนของปลีและใบของกล้วยเช่นเดียวกัน ในปลี เท่ากับ 42 77 52 8 และ 22 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในใบ เท่ากับ 90 108 20 7 และ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่2)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าสุโขทัย1

ส่วนของกล้วยน้ำว้า	ปริมาณธาตุอาหารรอง (%น้ำหนักแห้ง)			ปริมาณธาตุอาหารเสริม (มิลลิกรัมต่อลิตร)				
	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
เปลือกผลอ่อน	0.25	0.49	0.06	30	71	47	2	19
เปลือกผลแก่	0.27	0.40	0.06	42	87	65	3	24
เนื้อผลอ่อน	0.01	0.12	0.02	18	12	8	3	2
เนื้อผลแก่	0.02	0.11	0.02	21	12	6	2	3
ปลี	0.46	0.46	0.22	42	77	52	8	22
ใบ	0.36	0.37	0.20	90	108	20	7	12

2. ปริมาณฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3 ในส่วนต่างๆของกล้วยน้ำว้า

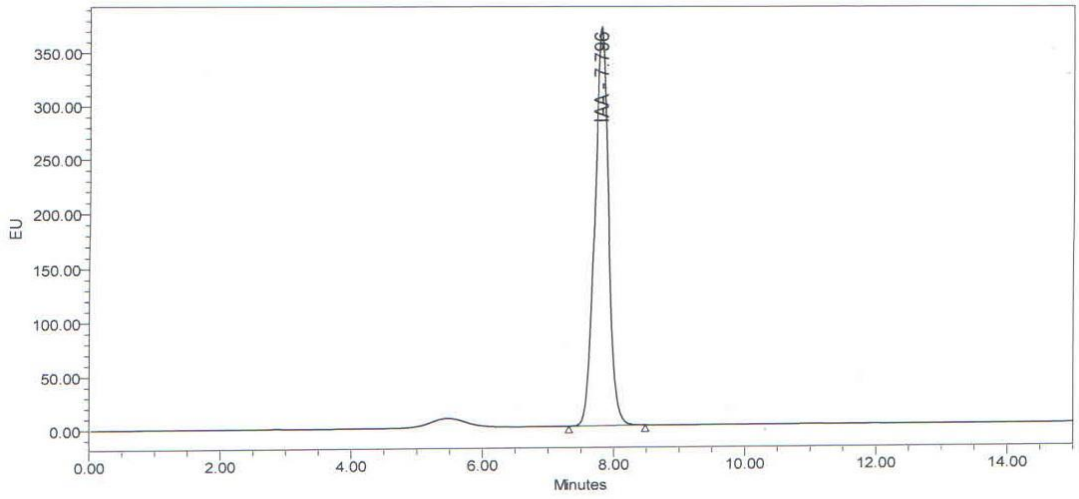
2.1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน IAA จำนวน 5 ระดับความเข้มข้น (แกน x) กับ peak area (แกน y) พิจารณาผลจากการวิเคราะห์ correlation coefficient (r) ต้องมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับ 0.995 ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสารละลายมาตรฐาน IAA เท่ากับ 0.99991 (ภาพที่ 4) และมีลักษณะ โครมาโทรแกรมของสารมาตรฐาน ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดังภาพที่5



Peak: IAA

	Sample Name	Result Id	Peak Name	Level	X Value	Response	Calc. Value	% Deviation	Manual	Ignore
1	IAA_1ppm	2080	IAA		1.096	27391788.985	1.118	2.06	No	No
2	IAA_2ppm	2083	IAA		2.191	55065521.789	2.175	-0.72	No	No
3	IAA_3ppm	2084	IAA		3.287	83914055.643	3.277	-0.29	No	No
4	IAA_4ppm	2085	IAA		4.382	112209989.850	4.358	-0.55	No	No
5	IAA_5ppm	2086	IAA		5.478	142220814.368	5.505	0.49	No	No

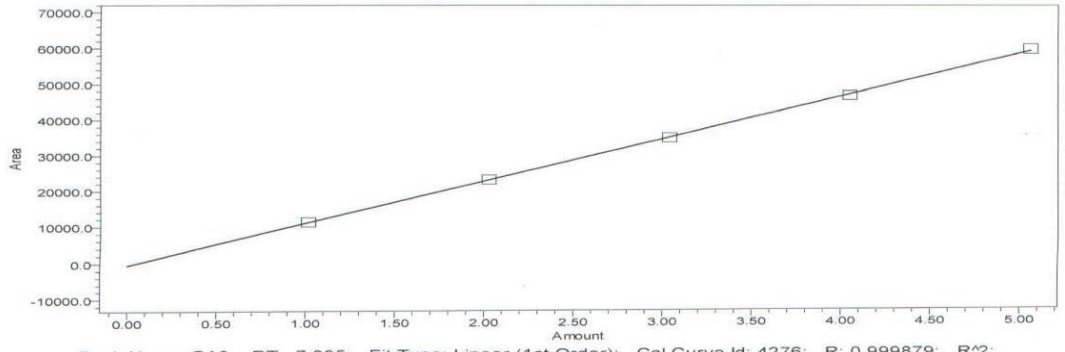
ภาพที่ 4 calibration curve ของฮอร์โมนพืช IAA ความเข้มข้นตั้งแต่ 1.0 ถึง 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร



	Peak Name	RT	Area	% Area	Height	Amount	Units
1	IAA	7.796	54994167	100.00	3729996	2.173	ppm

ภาพที่ 5 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน IAA ระดับความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

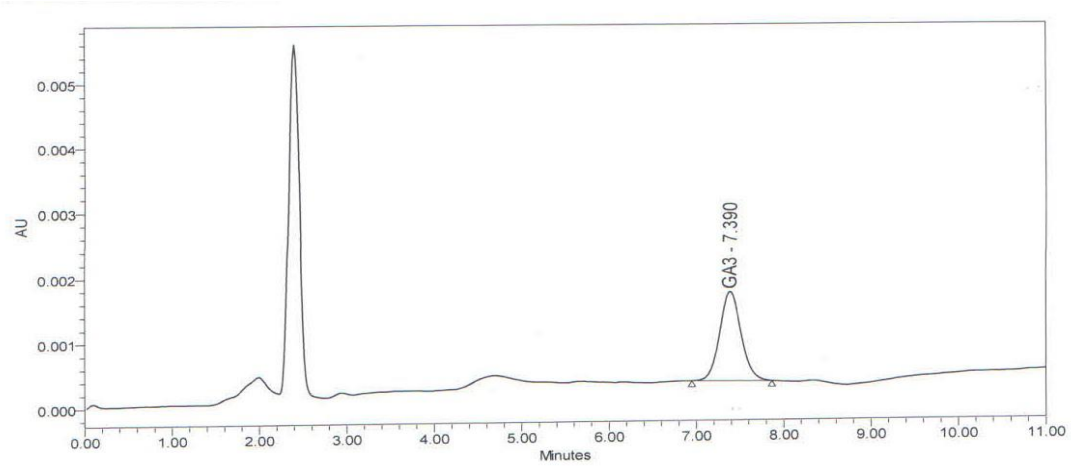
2.2 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน GA_3จำนวน 5 ระดับความเข้มข้น (แกน x) กับ peak area (แกน y) พิจารณาผลจากการวิเคราะห์ correlation coefficient (r) ต้องมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับ 0.995 ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสารละลายมาตรฐาน GA_3 เท่ากับ 0.99988 (ภาพที่ 6) และมีลักษณะ โครมาโทรแกรมของสารมาตรฐาน ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดังภาพที่7



Peak: GA3

	Sample Name	Result Id	Peak Name	Level	X Value	Response	Calc. Value	% Deviation	Manual	Ignore
1	GA3_1ppm	4277	GA3		1.012	11580.702	1.022	0.92	No	No
2	GA3_2ppm	4278	GA3		2.025	23496.899	2.033	0.41	No	No
3	GA3_3ppm	4279	GA3		3.037	35162.901	3.023	-0.45	No	No
4	GA3_4ppm	4274	GA3		4.049	46846.000	4.015	-0.85	No	No
5	GA3_5ppm	4280	GA3		5.061	59541.001	5.092	0.61	No	No

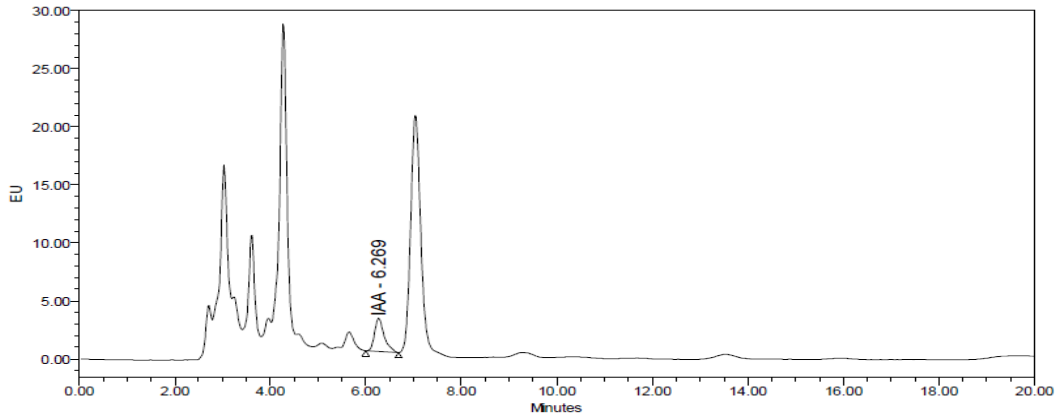
ภาพที่ 6 calibration curve ของฮอร์โมนพืช GA_3 ความเข้มข้นตั้งแต่ 1.0 ถึง 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร



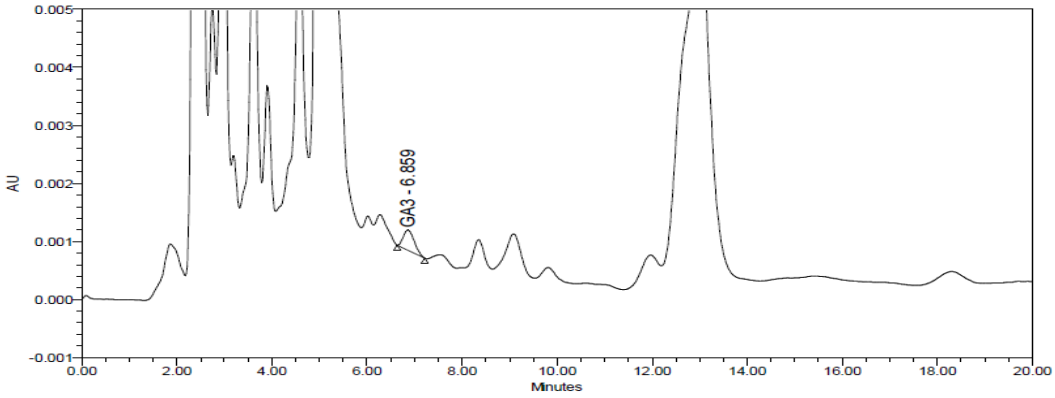
	Peak Name	RT	Area	% Area	Height	Amount
1	GA3	7.390	23521	100.00	1385	2.035

ภาพที่ 7 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน GA_3 ระดับความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.3 ลักษณะโครมาโทรแกรมของ IAA และ GA_3 ในส่วนต่างๆของกล้วยน้ำว้า ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC โดยแยกการวิเคราะห์ เนื่องจากสภาวะของการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน คำนวณเทียบกับสารละลายมาตรฐาน การวิเคราะห์ IAA ได้ลักษณะของโครมาโทรแกรม(ภาพที่ 8) การวิเคราะห์ GA_3 ได้ลักษณะของโครมาโทรแกรม (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 8 ลักษณะโครมาโทแกรมของ IAA ในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่สกัดได้จากวิธี liquid liquid extraction



ภาพที่ 9 ลักษณะโครมาโทแกรมของ GA_3 ในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่สกัดได้จากวิธี liquid liquid extraction

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมน IAA และ GA_3 ในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าส่วนต่างๆ ได้แก่ เปลือกผลอ่อน เปลือกผลแก่ เนื้อผลอ่อน เนื้อผลแก่ ปลี และใบ จากผลการวิเคราะห์ ตรวจพบปริมาณ IAA ในทุกส่วนของกล้วยน้ำว้า โดยตรวจพบในใบสูงที่สุดมีปริมาณ 4.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก สาร IAA เป็นฮอร์โมนพืชชนิดที่เคลื่อนที่จากปลายยอดลงมายังลำต้น และจะอยู่ในส่วนของเนื้อเยื่อที่กำลังเจริญ จึงทำให้มีการตรวจพบในส่วนของใบมากที่สุด ผลการวิเคราะห์ปริมาณ GA_3 ตรวจพบปริมาณ GA_3 ในทุกส่วนของตัวอย่างกล้วยน้ำว้า และพบมากที่สุดในส่วนของปลีปริมาณ 1.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือใบมีปริมาณ 1.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3) เนื่องจากฮอร์โมนพืชทั้งสองชนิดคือสารอินทรีย์ ที่พืชสร้างขึ้นเองและมักจะเคลื่อนย้ายจากเนื้อเยื่อที่เป็นแหล่งสร้างไปมีผลควบคุมการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยาของเนื้อเยื่อบริเวนอื่นๆของพืช (สัมฤทธิ์, 2549) จึงทำให้พบปริมาณฮอร์โมนในส่วนต่างๆของพืชแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืชในส่วนต่างๆของกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่อง HPLC

ส่วนของพืช	ปริมาณฮอร์โมนพืชที่ตรวจพบ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	
	IAA	GA_3
เปลือกผลอ่อน	<0.01	0.16
เปลือกผลแก่	0.01	0.28
เนื้อผลอ่อน	0.13	0.10
เนื้อผลแก่	0.04	0.37
ปลี	0.15	1.42
ใบ	4.07	1.32

2.5 การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารพืชในเปลือกผลอ่อน เปลือกผลแก่ เนื้อผลอ่อน เนื้อผลแก่ ปลี และใบ ของกล้วยน้ำว้า กับ ปริมาณฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการหาความสัมพันธ์แบบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ซึ่งค่า r มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้าค่า r ใกล้ 1 แสดงว่า ตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันมาก และมีทิศทางเดียวกัน ถ้า r มีค่าใกล้ -1 แสดงว่า ตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันมากแต่ในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ให้ตัวแปรตามเป็นฮอร์โมนพืช และตัวแปรอิสระเป็นธาตุอาหารพืช จากการวิเคราะห์สมการ พบว่า ปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน ซันเฟอร์ เหล็ก แมงกานีส และคอปเปอร์ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฮอร์โมนพืช IAA มีค่า r เท่ากับ 0.553 0.560 0.918 0.609 และ 0.516 ตามลำดับ แต่ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโบรอน มีความสัมพันธ์กันในทางลบ มีค่า r เท่ากับ0.271 0.095 0.383 0.267 0.218 และ 0.036 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้กับปริมาณฮอร์โมนพืช IAA

รายการธาตุอาหารพืช	**สมการแสดงความสัมพันธ์**	**R^2**	**r**
N กับ IAA	y = 0.8684x - 0.4382	0.305	0.553
P กับ IAA	y = 3.0428x + 0.1071	0.074	0.271
K กับ IAA	y = 0.073x + 0.6325	0.009	0.095
Ca กับ IAA	y = 3.3802x + 0.1228	0.147	0.383
Mg กับ IAA	y = 2.8901x + 0.0361	0.071	0.267
S กับ IAA	y = 10.16x - 0.1767	0.314	0.560
Fe กับ IAA	y = 0.0569x - 1.5426	0.843	0.918
Mn กับ IAA	y = 0.0244x - 0.5654	0.371	0.609
Zn กับ IAA	y = -0.0146x + 1.3195	0.048	0.218
Cu กับ IAA	y = 0.3408x - 0.6875	0.266	0.516
B กับ IAA	y = -0.0063x + 0.9598	0.001	0.036

ฮอร์โมนพืช GA_3 มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณ ธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม ซัลเฟอร์ เหล็ก แมงกานีส และคอปเปอร์ มีค่า r เท่ากับ 0.912 0.683 0.773 0.965 0.722 0.584 และ 0.962 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงลบ กับ โปแทสเซียม แมกนีเซียม ซิงค์ และโบรอน มีค่า r เท่ากับ 0.139 0.395 0.114 และ0.289 ตามลำดับ (ตารางที่5)

ตารางที่ 5 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้กับปริมาณฮอร์โมนพืช GA_3

รายการธาตุอาหารพืช	สมการแสดงความสัมพันธ์	R^2	r
N กับ GA_3	y = 0.5344x - 0.1648	0.8474	0.921
P กับ GA_3	y = 2.8698x - 0.1235	0.4665	0.683
K กับ GA_3	y = 0.0353x + 0.4728	0.0192	0.139
Ca กับ GA_3	y = 2.5504x + 0.026	0.5972	0.773
Mg กับ GA_3	y = 1.404x + 0.152	0.1557	0.395
S กับ GA_3	y = 6.4306x - 0.0133	0.9321	0.965
Fe กับ GA_3	y = 0.0164x - 0.0575	0.5214	0.722
Mn กับ GA_3	y = 0.0087x + 0.076	0.3405	0.584
Zn กับ GA_3	y = 0.0027x + 0.5176	0.0131	0.114
Cu กับ GA_3	y = 0.2179x - 0.2998	0.9247	0.962
B กับ GA_3	y = 0.0181x + 0.3613	0.0835	0.289

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ/คำแนะนำ

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในตัวอย่างกล้วยน้ำว้า พบว่าพันธุ์ไม่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหาร แต่เมื่อแยกส่วนวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารจะแตกต่างกัน ปลีกล้วยเป็นส่วนที่พบปริมาณธาตุอาหารทุกชนิดมากที่สุด รองลงมาคือใบ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมน ในใบจะมีปริมาณฮอร์โมน IAA สูงที่สุด และปลีจะมีปริมาณ GA_3 สูงที่สุด เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารและปริมาณฮอร์โมนพืชทั้งสองชนิด ปริมาณธาตุไนโตรเจน เหล็ก ซัลเฟอร์ และคอปเปอร์ จะให้ค่าความสัมพันธ์เชิงบวกสูงกว่าธาตุอื่น ซึ่งอาจพอสรุปเบื้องต้นได้ว่าเมื่อมีปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวสูงจะตรวจพบปริมาณ ฮอร์โมนพืช IAA และ GA_3 สูงด้วย ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ฮอร์โมนพืชยังมีข้อจำกัด ในเรื่องของวิธีการเก็บตัวอย่างที่ถูกต้องด้วยเนื่องจาก ฮอร์โมนพืช IAA เป็นสารที่มีความไวต่อแสงและความร้อน ทำให้สารสลายตัวได้ง่าย และอาจตรวจไม่พบหากเก็บไม่ถูกวิธี ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาวิจัยในพืชอื่นๆต่อไปเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์วัตถุดิบจากธรรมชาติมาทำผลิตภัณฑ์ต่อไป

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ห้องปฏิบัติการสามารถนำวิธีไปใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมน IAA และ GA_3 ในตัวอย่างพืชได้
2. นำไปพิจารณาเป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ฮอร์โมนธรรมชาติจากพืช อีกทั้งนำข้อมูลมาปรับปรุง แก้ไข กฎระเบียบข้อบังคับที่ทันสมัย สำหรับควบคุมปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
3. นำไปศึกษาปริมาณฮอร์โมนในพืชชนิดอื่นๆหรือต่อยอดเพื่อพัฒนาวิธีการให้สะดวก รวดเร็วและลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

สัมฤทธิ์ เศรษฐวงศ์. 2549. ฮอร์โมนและการใช้ฮอร์โมนกับไม้ผล. อักษรสยามการพิมพ์ กรุงเทพมหานคร. 144 หน้า.

สุนันทา ชมพูนิช. 2546. ฮอร์โมนพืชและธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพ. กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Association of Official Analytical Chemises (AOAC). 2016. Official Methods of Analysis.17th ed Association. E.U.A.

Bhuj, B.D., Chaturvedi, O.P. and Diwedi, S.K. 1998. Effect of GA3 and IAA on the vegetative growth, flowering and rhizome production in Belamcanda chinensis (L.) DC. Ann. Agril. Res. 19: 356-358.