

## การออกแบบและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยแบบแม่นยำในไร่อ้อยโดยเทคนิคการประมวลผลภาพ

สุริยา วรวงศ์\* และ เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

ผู้เขียนติดต่อ: สุริยา วรวงศ์ E-mail: suriya\_w@mail.rmutt.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้คือการประยุกต์เทคโนโลยีความแม่นยำทางการเกษตรเข้ามาช่วยในระบบการจัดการ และการให้ปุ๋ยซึ่งมีเป้าหมายหลักคือ การใส่ปุ๋ยให้แม่นยำเหมาะสมกับความต้องการของต้นอ้อย โดยใช้เทคนิคระบบการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งมีหลักการทำงาน คือนำภาพมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการในเชิงคุณภาพและปริมาณ จากนั้น นำข้อมูลเชิงปริมาณไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในการระบุตำแหน่ง และปริมาณการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมกับอ้อย เพื่อลดการสูญเสียปุ๋ย และเป็นการลดต้นทุนในการผลิตอ้อย ด้วยเครื่องใส่ปุ๋ยแบบควบคุมปริมาณการใส่ปุ๋ย จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบแม่นยำที่ผ่านระบบการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยใช้ค่าชี้วัดการศึกษาได้แก่ ค่าทางสถิติของความสูง และค่าสถิติของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นอ้อย เปรียบเทียบระหว่างก่อนใส่ปุ๋ยกับหลังจากใส่ปุ๋ยด้วยเครื่องใส่ปุ๋ยแบบแม่นยำ โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์สีเขียวจากต้นอ้อยตัวอย่างในแปลงทดสอบ มาเป็นตัวกำหนดอัตราการให้ปุ๋ย ซึ่งพบว่า ความสูงของต้นอ้อยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจากก่อนใส่ปุ๋ย 30.87 % และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นอ้อย มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจากก่อนใส่ปุ๋ย 36.04% จะเห็นได้ว่าต้นอ้อยมีความสูง และขนาดลำต้นสม่ำเสมอทั่วแปลงทดสอบ และปุ๋ยสามารถใส่ได้ทั่วแปลงทดสอบโดยไม่ต้องเติมปุ๋ยเพิ่ม ทำให้สามารถประหยัดต้นทุน เวลาให้กับเกษตรกร และยังเป็นการสร้างและนำนวัตกรรมใหม่มาใช้ในการเกษตรไทยเพื่อให้เกษตรกร และผู้ประกอบการได้ตระหนักถึงการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการผลิตอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เครื่องใส่ปุ๋ย, การประมวลผลภาพ, ความแม่นยำทางการเกษตร, การปลูกอ้อย

## Design and Development of Precision Fertilizer in Sugarcane Field using Image Processing Technique

Suriya Worawong\*, Kiattisak Sangpradit

### Abstract

This research is design and development of the precision fertilizer to apply of precision agricultural technology for the fertilizer management in sugar cane cultivation. The main goal is precisely applied the fertilizer to the sugar cane cultivation using image processing techniques. The principle is to use the image processing for obtaining the qualitative and quantitative image data, quantitative data are then created and analyzed for location and the number of fertilizer that suitable for each sugarcane in cultivation field. Therefore, this research of precision fertilizer is able to reduce fertilizer loss and it reduces the cost of sugarcane production. The performance test of precision fertilizer through image processing using the educational indicators statistical value of height and the statistics the diameter of the sugar cane. Then the data above mentioned will be compared of using the data of before and after applied precision fertilizer. The percentage of green color from sugar cane samples are used to evaluate the fertilizer rate. The results found that the height and diameter of the sugar cane have a standard deviation decreased by 30.87%, and 36.04% respectively. Therefore, the results presented a similar high and diameter of sugar cane across the cultivation field. Moreover, there is no fertilizer added after using this proposed machine. This can save cost and save time for farmers. It also creates and applies new techniques to agriculture for farmers. And entrepreneurs are aware of the use of technology to help in the production of accurate and effective.

Keywords: Fertilizer machine, Image Processing, Agricultural precision, Sugarcane cultivation.

## 1. บทนำ

ประเทศไทยผลิตน้ำตาลส่วนใหญ่เพื่อส่งออกต่างประเทศ ประมาณร้อยละ 70 ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือใช้ในประเทศ โดยประเทศที่ปลูกอ้อยและผลิตน้ำตาลได้มากกว่าปริมาณความต้องการภายในประเทศมีเพียงไม่กี่ประเทศ ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับสองของโลก รองจากประเทศบราซิล ทั้งนี้ ต้นทุนการผลิตอ้อยและน้ำตาลของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้น และอ้อยเป็นสินค้าที่อยู่ภายใต้ภาษีข้อตกลง WTO ทำให้ประเทศไทยจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยและน้ำตาล และการใส่ปุ๋ยโดยใช้แทรกเตอร์ต่อฟ่างอุปกรณ์เครื่องฝังปุ๋ยเข้าไปทำงานในแปลงอ้อย ซึ่งทั้งหมดเป็นแนวทางในการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต เพื่อเพิ่มกำไรแก่เกษตรกรรายไร่ โดยลักษณะการให้ปุ๋ยแก่อ้อยของเกษตรกรไทยจะให้ปุ๋ยแบบโรยข้างต้นอ้อยโดยกำหนดอัตราการให้ปุ๋ยแบบคงที่ต่อไร่ ในทุกๆพื้นที่ เท่ากันหมด ไม่สามารถปรับอัตราปุ๋ยการใส่ปุ๋ยได้ (นายสมชาย สุราษ, นายสิทธิชัย พิมพกาญจน์ และนางสาวปิยะวดี จันทร์โตพฤกษ์, 2549) ได้ทำเครื่องโรยปุ๋ยในไร่อ้อย(นายอรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคนอื่นๆ, 2551) โดยมีการออกแบบการให้ปุ๋ยติดกับรถไถเดินตามแบบให้ปุ๋ยแบบปรับอัตราการใส่ปุ๋ยได้โดยกำหนดที่ เพื่อองแบบ 3 ชุดและได้มีการศึกษาเพื่อการใส่ปุ๋ยอ้อยแบบมีประสิทธิภาพสูงที่สุดสำหรับเกษตรกร (นายอรรถสิทธิ์ บุญธรรม และนายวัฒน์ศักดิ์ ชมพูนิช, 2551) มีการศึกษาการใส่ปุ๋ยอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ ในเยอรมนีเองก็มีการนำทฤษฎีการกำหนดการให้ปุ๋ยมาประยุกต์ใช้ (Sawyer, 1994) และในสวนปาล์มประเทศมาเลเซียก็ได้นำการให้ปุ๋ยแบบประยุกต์ใช้ (T.A. Ishola, A. Yahya, A.R.M. Shariff and S. Abd Aziz, 2013) ทั้งนี้กลุ่มธุรกิจภาคเอกชนยังมองความสำคัญนี้จึงได้จัดให้มีโปรแกรม Modern Farm System หรือ การบริหารจัดการไร่อ้อยตั้งแต่ต้นน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในการจัดการไร่อ้อย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอ วิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความแม่นยำทางการเกษตร เพื่อเข้ามาช่วยในระบบการจัดการและการให้ปุ๋ยโดยเป้าหมายหลักคือ การกำหนดปริมาณการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมกับอ้อยในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อเป็นการลดปริมาณปุ๋ยไม่ให้เกิดสูญเสียและเป็นการลดต้นทุนในการผลิตอ้อยสด จึงได้มีการออกแบบ และพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยแบบควบคุมปริมาณการให้ปุ๋ยสำหรับอ้อย

## 2. วิธีการทดลอง

### 2.1 อุปกรณ์และการออกแบบ

ออกแบบกลไกกำหนดควบคุมปริมาณการใส่ปุ๋ย (Metering device) แบบเกลียวนำปุ๋ย (Auger Type) ชนิดต่อฟ่างกับรถแทรกเตอร์ 3 จุด ให้สามารถปรับอัตราการการใส่ปุ๋ยให้กับต้นอ้อยในไร่ได้ โดยเริ่มจากสร้างระบบถ่ายภาพ เพื่อทำการถ่ายภาพ โดยจะควบคุมการกดชัตเตอร์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้มีความสัมพันธ์กับความเร็วรถแทรกเตอร์และ สามารถปรับตั้งค่าเวลาในการกดชัต

เตอร์ของกล้องได้ หน่วยเป็น วินาที สำหรับระบบการถ่ายภาพนี้สามารถถ่ายภาพมุมสูงของอ้อยแล้วภาพถ่ายจะถูกส่งผ่านสัญญาณในรูปแบบเวลาจริง Real Time ผ่านสายส่งสัญญาณ USB ไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อวิเคราะห์หาสีเขียวของอ้อยโดยโปรแกรม Mat Lab โปรแกรมจะใช้วิธีการแบ่งพื้นที่ที่ออกเป็นส่วนย่อยก่อน ค่าที่ได้ออกมาเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความเขียวจากรูปทรงของต้นอ้อย หลังจากทราบข้อมูลจะถูกประมวลผลโดยกล่องควบคุมที่มีชุด Main Board Arduino UNO เพื่อกำหนดจำนวนรอบการหมุนของ servo motor โดย servo motor จะถูกติดเข้ากับเกลียวหมุนปรับระดับของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก (Flow control Valve) เพื่อปรับอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกที่มาจากรถแทรกเตอร์ ที่มีข้อจำกัดของอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกจากตัวรถแทรกเตอร์ จะจ่ายน้ำมันไฮดรอลิกแบบอัตราไหลคงที่ แต่เมื่อผ่านวาล์วควบคุม (Flow Control Valves) จะสามารถปรับอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกได้ก่อนจะ ส่งต่อไปขับเคลื่อนมอเตอร์ไฮดรอลิก (Hydraulic Motor) ซึ่งเป็นตัวควบคุมความเร็วรอบของ Auger ของเครื่องใส่ปุ๋ยให้เป็นไปตามที่เรากำหนดแสดงรายละเอียด Figure 1

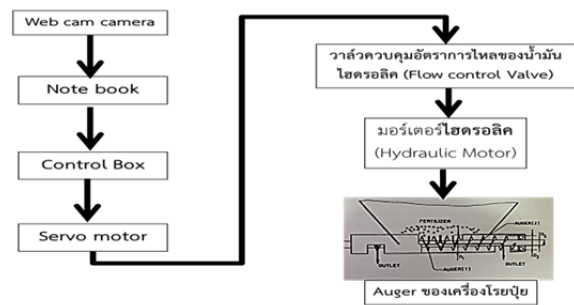


Figure 1 Metering device Flow chart and overall procedural configuration.

### 2.2 การติดตั้งและการทดสอบ

การเตรียมแปลงทดสอบ แปลงทดสอบที่ อำเภอบ้านโป่ง จ.ราชบุรี เป็นแปลงการปลูกอ้อยต้นฝนหรือข้ามแล้ง ใช้แปลงทดสอบพื้นที่ 40x40 m<sup>2</sup> พันธุ์อ้อยที่ใช้ปลูกเป็นอ้อยขอนแก่น 3 โดยเป็นการปลูกแบบร่องคู่ระยะห่าง 30 cm และระยะห่างระหว่างแถว 1.6 m โดยการทดสอบจะใช้ปุ๋ยสูตร 45-0-0 เป็นการใส่ปุ๋ยรอบที่ 2 หลังจากปลูกไปแล้ว 2 เดือน โดยแปลงมีลักษณะเป็นเนื้อดินเหนียวมีคุณสมบัติดินดังแสดงตาม Table 1 และมีค่าบดอัดอยู่ในช่วง 200-420 psi โดยตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดที่ออกแบบตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นแสดงรายละเอียด Figure 2 และ Figure 3



Table 1 The physical and chemical properties of soil.

SoilDepth(cm)	0-30	
pH levels	5.5	
Soil Texture (Clay)	Sand (%)	45
	Silt (%)	20
	Clay (%)	35
Organic Matter (%)	1.8	
Particle Density (g/cm <sup>3</sup> )	2.8	
Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.1	
Moisture Content (%)	40.12	

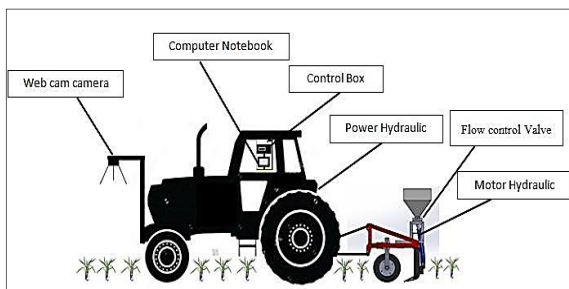


Figure 2 Instrumentation system of precision fertilizer.



Figure 3 System details and specification of precision fertilizer machine.

หลังจากสร้างระบบทั้งหมดเสร็จแล้ว ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อหาระยะความสูงของกล้องที่มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ด้วยวิธีการสอบเทียบ เพื่อนำระยะความสูงนี้ไปใช้ในแปลงทดสอบ และคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการทำงานวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน ไฮดรอลิค(Flow control Valve) ด้วยวิธีการนำค่าเปอร์เซ็นต์ความเขี้ยวแต่ละช่วงมาผ่านการทดสอบด้วยระบบภาพถ่ายผ่านโปรแกรมคำสั่ง Mat Lab เพื่อทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอัตราการให้ปุ๋ยในแต่ละช่วงของเปอร์เซ็นต์ความเขี้ยว

### 2.3 การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

การประเมินพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องด้วยค่าดัชนีพืชพรรณ และค่าคลอโรฟิลล์

ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normal difference vegetation index, NDVI) คือค่าดัชนีการสะท้อนแสง นิยมนำมาใช้งานวิจัยทาง

การเกษตรทั่วไป (Samseemoung et al., 2012) สามารถหาค่าได้จากสมการ

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$$

โดยที่  $\rho_{NIR}$  หมายถึง ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด 800 mm. และ  $\rho_R$  หมายถึงค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีแดง 650 mm.

ค่าคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll content, Chl ( $\mu\text{mol m}^{-2}$ )) ดังแสดงในสมการ (Samseemoung et al., 2012)

$$\text{Chl } (\mu\text{mol m}^{-2}) = 10^{M \cdot 0.25}$$

เมื่อ Chl คือ ปริมาณความเข้มข้นของแสง ( $\mu\text{mol m}^{-2}$ )

M คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เครื่องอ่านได้ โดยอุปกรณ์ที่ใช้อ่านค่านี้คือเครื่อง chlorophyll meter (Minota SPAD 502 Miter) ใช้ร่วมกับ SKR 1800 of Skye instruments Ltd. เพื่อใช้ในการหาค่าดัชนีพืชพรรณ (Normal difference vegetation index, NDVI)

การประเมินพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องด้วยค่าการบดอัดของดิน และคุณสมบัติต่างๆ ในดิน

การวัดค่าบดอัดของดินจะใช้เครื่องมือ SC 900 soil compaction meter of Spectrum@ Technologies Inc., USA สามารถแสดงค่าในหน่วย psi และคุณสมบัติต่างๆในดินจะส่งเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบ ซึ่งค่าบดอัดและคุณสมบัติต่างๆของดินจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

### 2.4 การสอบเทียบข้อมูลที่ได้จากระบบที่ออกแบบไว้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บได้จากการตรวจ

การสอบเทียบระบบภาพถ่ายที่ความสูงต่างระดับกัน ทำโดยกำหนดพื้นที่สี่ด้านขนาด 100 cm<sup>2</sup> จากนั้นนำชุดสีเขียว เป็นสี่เหลี่ยมขนาด 1x1 cm. แทนปริมาณสีเขียว 1 % ทำการทดสอบโดยวางชุดตัวอย่างสีเขียวตามปริมาณให้ อยู่ในเฟรมเดียวกันกับชุดสีดำ โดยการเทียบเป็นสัดส่วนตามพื้นที่ที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นก็ใช้ระบบภาพถ่ายมาทำการตรวจจับภาพ ว่ามีความเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเป็นเท่าไร ดังแสดงในรูป Figure 4 ทำการทดสอบที่ระดับความสูง 1.0,1.2,1.4,1.6 m. ตามลำดับ

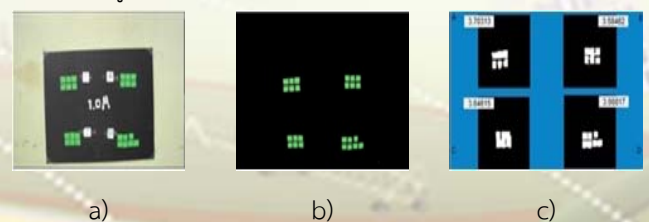


Figure 4 a) Putting green image of 1% of the total area. b) Shutter at a height of 1 m. c) Green values presented in the proposed program.

2.5 การทดสอบการทำงานวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน  
ทดสอบด้วยการหมุนวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน (Flow control Valve) ว่าสามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฮดรอลิก และความเร็วรอบของ Auger ให้มีอัตราการปล่อยปุ๋ยออกมามีน้ำหนักต่างกันที่เท่าไร ในจำนวนการหมุนทั้งหมด 6 รอบ



a) b) c)

Figure 5 a) Adjust the threshold voltage of the oil Flow control Valve b) pre-test and calibrating of the precision fertilizer machine c) Fertilizer weighing.

ค่าชี้ผลในการทดสอบ

- เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Percentage Error)

$$\text{Percentage Error} = \frac{|E-S|}{S} \times 100\%$$

เมื่อ S คือ ปริมาณปุ๋ยมาตรฐานที่กำหนด

E คือ ปริมาณปุ๋ยจากการทดลอง

- ความสามารถในการทำงานจริง (Effective field capacity)

$$\text{EFC} = \frac{A}{T}$$

เมื่อ EFC คือ ความสามารถในการทำงานจริง (ไร่ต่อชั่วโมง)

A คือ พื้นที่ในการทดสอบ

T คือ เวลาในการทดสอบ

- การคำนวณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

$$\text{S. D.} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

เมื่อ  $x$  คือ ข้อมูล (ตัวที่ 1,2,3...,n)

$\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

### 3. ผลและวิจารณ์

หลังจากใช้เครื่องมือวัดแล้วนำค่ามาทำการคำนวณเพื่อหาค่าการสะท้อนของแสงพบว่าระดับของค่าดัชนีพืชพรรณของต้นอ้อยที่คำนวณได้ค่าการสะท้อนของแสงที่ใบพืช แปรผันตามค่าของระดับความสว่างของแสงตามช่วงวันและเวลาในแปลงทดสอบมีค่าแสดงตาม Table 2

Table 2 Practical independence of NDVI values from Illumination level of field test recorded with SKR 1800 of Skye Instruments Ltd.

Experiment No.	Illumination Levels ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		NOVI Values Sugarcane 2 month
	Red	NIR	
1	1900	1289	0.683
2	1876	1249	0.645
3	1443	1243	0.632
4	1650	1266	0.633
5	1665	1278	0.422

เปอร์เซ็นต์การส่งสัญญาณความเขียวผ่านระบบถ่ายภาพ

เปอร์เซ็นต์ของสีเขียวจากระบบภาพถ่ายและประมวลผล ที่ความสูงของกล้องที่ห่างจากพื้น ระยะความสูง 1.0 m, 1.2 m, 1.4 m, 1.6 m พบว่าที่ระยะการถ่ายภาพจากกล้อง web-cam มีเปอร์เซ็นต์การคลาดเคลื่อนจากการสอบเทียบเทียบเฉลี่ยจากระยะความสูงทั้ง 4 ค่าเท่ากับ 28.65%, 19.20%, 28.29%, 37.62% ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากระบบถ่ายภาพที่น้อยที่สุดของระบบการถ่ายภาพจะอยู่ที่ ระยะห่างจากพื้น 1.2 m

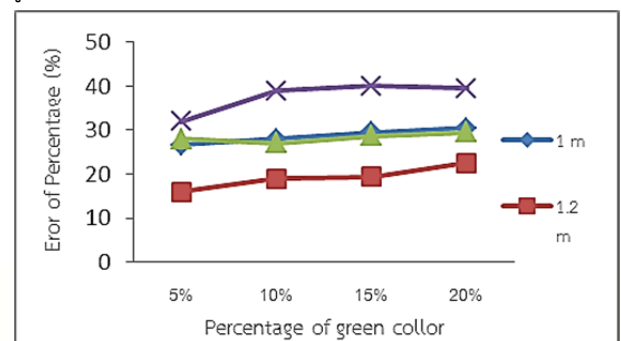


Figure 6 % deviation from the height of the calibration.

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอ้อยอายุ 2 เดือน อ้อยหลังจากการปลูกในแปลงที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบมีการเจริญเติบโตที่ต่างกันไปจึงได้ทำการเก็บตัวอย่างอ้อยจากแปลงทดสอบเพื่อมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวัดความสูงด้วยตลับเมตร วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวัดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ตามแสดง Figure 7 ค่าความสูงของต้นอ้อยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 31 mm สูงสุด 46 mm ค่าเฉลี่ยของความสูงอยู่ที่ 38.8 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.79 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นอ้อยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 11 mm สูงสุด 20 mm ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นอ้อยอยู่ที่ 15.22 mm และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.97 และนำต้นอ้อยทั้งหมดที่เก็บตัวอย่างมาผ่านระบบถ่ายภาพและโปรแกรมที่ถูกจัดสร้างขึ้นเพื่อดูเปอร์เซ็นต์สีเขียวของต้นอ้อย ดังแสดง Figure 8 ผลที่ได้พบว่าเปอร์เซ็นต์สีเขียวของต้นอ้อยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 2.3% สูงสุด 11%, ค่าเฉลี่ย 6.2% และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.95 โดยนำข้อมูลนี้ไปกำหนดอัตราการใส่ปุ๋ยตาม



สัดส่วนที่กำหนดไว้หลังจากที่ได้ข้อมูลทางกายภาพของต้นอ้อยในแปลงทดสอบ

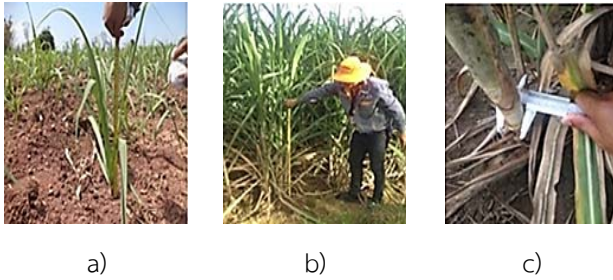


Figure 7 a) Measure the height of the sugar cane in field test before applied fertilizer b) Sugar cane height measured after using precision fertilizer System c) Sugar cane diameter measurement after using precision fertilizer system.

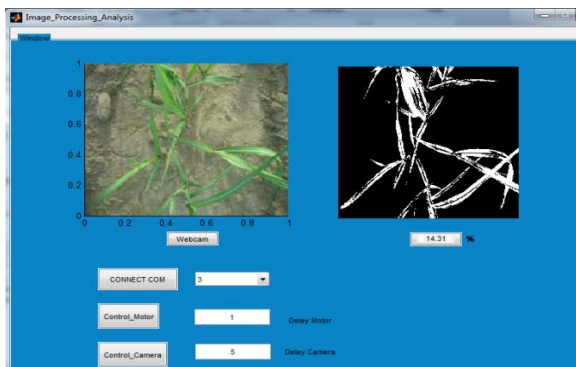


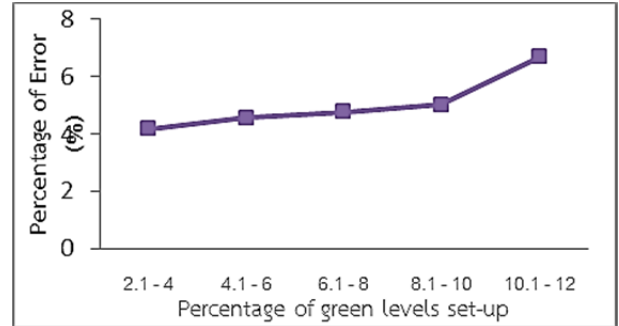
Figure 8 Program show Image processor of sugar cane.

นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อกำหนดอัตราการให้ปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับแต่ละช่วงของเปอร์เซ็นต์ความเขียว ดังแสดงใน Table 2 โดยใช้ความเร็วรอบของ Auger เป็นตัวกำหนดอัตราการให้ปุ๋ยให้สอดคล้องกับความสามารถของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน ไฮดรอลิค (Flow control Valve)

Table 2 Fertilizer variable rate and Auger speed.

No.	% Green	Flow rate (g)	Auger Speed (RPM)
1	2.1-4	240	90
2	4.1-6	220	83
3	6.1-8	210	82
4	8.1-10	200	80
5	10.1-12	120	55

จากการทดสอบการทำงานของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิค (Flow control Valve) ที่ควบคุมความเร็วรอบของ Auger โดยมอเตอร์ไฮดรอลิค ในแต่ละระดับการให้ปุ๋ยตั้งแต่ 120-240 g มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนตามลำดับ ที่แสดงตาม Graph 2



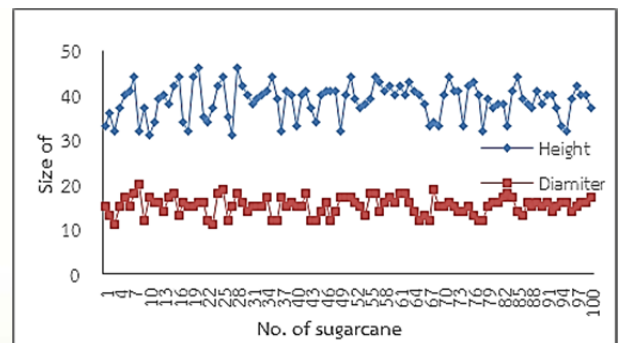
Graph 2 Percentage Error and Flow control valve acuter.

จากข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากระบบถ่ายภาพที่น้อยที่สุดของระบบการถ่ายภาพจะอยู่ที่ ระยะห่างจากพื้น 1.2 m และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนการให้ปุ๋ยแต่ละระดับตามมีค่าอยู่ในช่วง 4-7% ในแต่ละระดับการให้ปุ๋ยและทราบผลพารามิเตอร์ดัชนีการสะท้อนของแสงพร้อมทั้งค่าบัตัดและคุณสมบัติของดิน ณ.วันที่ทดสอบแล้วก็นำเครื่องใส่ปุ๋ยไปทดสอบในแปลงที่เตรียมไว้

ความสามารถในการทำงานจริง

จากการทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ยแบบแม่นยำในร่องอ้อย ในแปลงทดสอบใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 2.2 km/hr ตำแหน่งเกียร์ L2 แล้วคำนวณเป็นค่า EFC พบว่ามีค่าเป็น 1.35

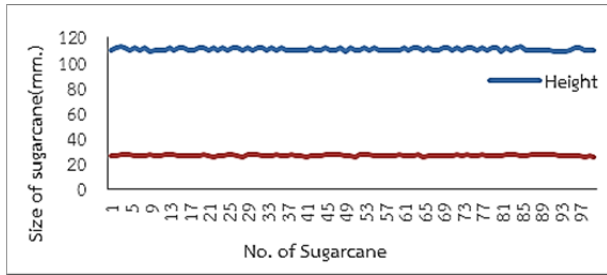
กราฟแสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นอ้อยช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยและหลังการใส่ปุ๋ยหลังจากได้ค่าจากการเก็บตัวอย่างอ้อยจากแปลงทดสอบด้วยวิธีการวัดความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอ้อยข้างต้นแล้วนำมาจัดทำกราฟ ดังแสดงใน Graph 3 เป็นกราฟแสดงค่าก่อนการทดสอบ



Graph 3 Percentage of height and diameter of 2 months sugar cane before test machine.

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของต้นอ้อยตัวอย่างอายุ 2 เดือนก่อนการทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ย ความสูงของต้นอ้อยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่า 3.79 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นอ้อย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่า 1.97 หลังจากทำการทดสอบด้วยเครื่องใส่ปุ๋ยแบบแม่นยำในแปลงทดลอง ผ่านระยะเวลาอีก 2 เดือนหลังการใส่ปุ๋ย ได้มีการเก็บข้อมูลความสูงและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอีกครั้งในแปลงทดสอบเดิม ซึ่งความสูงของต้นอ้อยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.17 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นอ้อยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทั้ง 2 ค่าลดลงจากเดิม มีขนาดความสูงและขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางของลำต้นมีค่าสม่ำเสมอตลอดทั้งแปลงสอดคล้องกับข้อมูลเบื้องต้นดังแสดงใน Graph 4



Graph 4 Percentage height and diameter the sugar cane 2 months after used precision fertilizer machine.

จากข้อมูลทั้งหมดข้างต้นเครื่องใส่ปุ๋ยติดท้ายรถแทรกเตอร์ จะช่วยให้การใส่ปุ๋ยเคมีของชาวไร่อ้อย มีประสิทธิภาพ ลดต้นทุนการผลิตอ้อย เพราะว่าการใส่ปุ๋ยโดยการใส่ปุ๋ยโดยการใช้เครื่องจักรกลมีสม่ำเสมอกว่าการใช้แรงงาน คนหว่าน อีกทั้งสามารถทำงานได้รวดเร็ว แต่ถ้าหว่านปุ๋ยแล้วมีฝนตกมากเกินไปจะทำให้สูญเสียปุ๋ยไปกับการชะล้างทิ้ง (leaching) และแนวราบ (run off) (ศึกษาการใส่ปุ๋ยอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ 2551, นายอรุณสิทธิ์ บุญธรรม, นายวัฒน์ศักดิ์ ชมพูนิช) และเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image processing)

ระบบการตรวจหาความเขียวของใบพืชนี้ถูกออกแบบขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมาณความเป็นสีเขียวบนใบพืชที่แตกต่างกันออกไป รวมทั้งการวิเคราะห์ที่อยู่ยาก ระบบที่ออกแบบและพัฒนาสามารถช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน ลดระยะเวลา อีกทั้งช่วยลดข้อจำกัดบางประการของการประมาณสีเขียวบนใบพืช โดยปัจจัยหลักที่มีผลคือ อัตราความเข้มของแสงแดด และมุมของกล้องสำหรับการถ่ายภาพ รวมถึงตัวโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้นจะต้องจำกัดการประมวลผลเฉพาะสีที่นำมาใช้นั้น

#### 4. สรุป

จากการทดลองสมรรถนะของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบแม่นยำที่ผ่านระบบการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยใช้ค่าชี้วัดการศึกษาได้แก่ ค่าทางสถิติของความสูง และค่าสถิติของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นอ้อย เปรียบเทียบระหว่างก่อนใส่ปุ๋ยกับหลังจากใส่ปุ๋ยด้วยเครื่องใส่ปุ๋ยแบบแม่นยำ โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์สีเขียวจากต้นอ้อยตัวอย่างในแปลงทดสอบ มาเป็นตัวกำหนดอัตราการให้ปุ๋ย ซึ่งพบว่า ความสูงของต้นอ้อยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจากก่อนใส่ปุ๋ย 30.87 % และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นอ้อย มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจากก่อนใส่ปุ๋ย 36.04% จะเห็นได้ว่าต้นอ้อยมีความสูง และขนาดลำต้นสม่ำเสมอทั่วแปลงทดสอบ และปุ๋ยสามารถใส่ได้ทั่วแปลงทดสอบโดยไม่ต้องเติมปุ๋ยเพิ่มเหมือนแต่ก่อน ทำให้สามารถประหยัดต้นทุนให้กับเกษตรกร

จากความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกล้อง และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการปล่อยปุ๋ย พบว่าที่ความสูงในการทดสอบ 3 ระดับ คือ 1 m, 1.2 m, 1.4 m จะมีเปอร์เซ็นต์ความน้อยที่สุดที่ระยะความสูงกล้อง 1.2 m. โดยที่มีความคลาดเคลื่อนในการให้ปุ๋ยอยู่ที่ 4-7% จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความสัมพันธ์ ระหว่างความสูงของกล้องและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการให้ปุ๋ยระยะความสูงของกล้อง web-cam ที่เหมาะสมที่สุด คือ 1.2 m

ข้อเสนอแนะหรือแนวคิงานวิจัย งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับงานทางด้านวิศวกรรมโดยตรง โดยข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ ไม่ว่าจะ เป็นระบบการประมวลผลภาพ (Image Processing) ค่าระยะความสูงของกล้อง รวมถึงค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการให้ปุ๋ย ซึ่งจะเห็นว่าเป็นข้อมูลจำเป็นพื้นฐานที่สำคัญเพื่อใช้ต่อยอด และการพัฒนาการออกแบบให้เครื่องใส่ปุ๋ยแบบแม่นยำสามารถช่วยเกษตรกรในการลดต้นทุนและสามารถเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรได้

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีจังหวัดปทุมธานี คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และ บริษัท เค.เค.เกษตรกรการบ้านโป่ง จำกัด ที่สนับสนุนพื้นที่แปลงทดสอบ พร้อมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

#### 6. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมวิชาการเกษตร.2551 แหล่งข้อมูล: <http://www.doae-go.th/p/plant/sugar.html>.

สมชาย สุราษ, สิทธิชัย พิมพกาญจน์, ปิยะวดี จันทร์โตพฤกษ์, เครื่องโรยปุ๋ยในร่องอ้อย, ภาควิชา เครื่องจักรกลเกษตร, วิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร ราชมงคลธัญบุรี

วารกรณ์ เบนจประภายรัตน์. เครื่องจักรกลเกษตรเรื่องการเตรียมดิน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.

อนุชาติ กังวานณรงค์, ยงยุทธ เทพจินดาและ สมยศ อิศระเสนีย์. การศึกษาเครื่องหยอดปุ๋ยอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว. ภาควิชา วิศวกรรมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Grianggai Samseemoung , Kriattisak Sangpradit 2014, Development of image Data Acquisition system with Unmanned Radio Controlled Helicopter-Mounted Low-Altitude Remote Sensing (LARS) Platform for disease Infestation Monitoring in cassava Plantation.