การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับตรวจสอบการงอกของเมล็ดพืช ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอล

มรุต นามบุญ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตรและพัฒนาชนบท คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

A DEVELOPMENT OF APPLICATION PROGRAM FOR THE SEED GERMINATION TESTING WITH DIGITAL IMAGE PROCESSING

MARUT NAMBOON

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN AGRICULTURAL INFORMATION TECHNOLOGY
AND RURAL DEVELOPMENT
FACULTY OF AGRICULTURE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตรและพัฒนาชนบท คณะเกษตรศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับตรวจสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอล

ผู้วิจัย นายมรุต นามบุญ

คณะกรรมการสอบ

ดร.นรินทร บุญพราหมณ์	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรพงษ์ วัฒนกูล	กรรมการ
ดร.วรงศ์ นัยวินิจ	กรรมการ
ดร.สุภาวดี ชัยวิวัฒน์ตระกูล	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรพงษ์ วัฒนกูล)

.....

(รองศาสตราจารย์ธีระพล บันสิทธิ์)

คณบดีคณะเกษตรศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2558

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นเป็นอย่างดี จนผู้วิจัยสามารถพัฒนาความรู้ความสามารถของตนเองและนำไปใช้เป็นประโยชน์แก่องค์กรและส่วนรวม

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรพงษ์ วัฒนกูล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสุ อมฤตสุทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และแนวทางในการศึกษา ตลอดจนการให้ข้อเสนอแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อันเป็นประโยชน์และส่งผลให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี อีกทั้งคณะอาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเกษตรและพัฒนาชนบท ทุกท่านที่ช่วยแนะนำจนการศึกษาค้นคว้าอิสระได้สำเร็จ

ขอขอบคุณ สมาชิก ITAR รุ่นที่ 8 ทุกคนที่คอยสนับสนุน ให้กำลังใจ และคอยช่วยเหลือกันและกันอยู่เสมอ และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ที่ผู้วิจัยยังไม่ได้กล่าวถึงในครั้งนี้

มรุต นามบุญ
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับตรวจสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอล

ผู้วิจัย : มรุต นามบุญ

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : เทคโนโลยีสารสนเทศการเกษตรและพัฒนาชนบท

อาจารย์ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรพงษ์ วัฒนกูล

คำสำคัญ : การประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล, การตรวจจับวัตถุ, เทรชโฮลด์, คอนทัวร์

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทางด้านการประมวลผลภาพ เพื่อการตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์พืช และ 2) พัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับวิเคราะห์ภาพถ่ายเมล็ดพืชที่เหมาะสมกับการตรวจสอบการงอกของเมล็ดพืช โปรแกรมประยุกต์จะช่วยในการนับจำนวนต้นพืชที่งอกออกจากเมล็ดในกระบวนการการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ ช่วยให้เกิดความสะดวกและมีข้อมูลเชิงสถิติและคณิตศาสตร์ เป็นข้อมูลด้านสารสนเทศ ช่วยวิเคราะห์และช่วยในการตัดสินใจของผู้ตรวจสอบ เป็นการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์มาใช้ในการพัฒนางานด้านเกษตรกรรม

โปรแกรมประยุกต์สำหรับตรวจสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ หลักการทำงานโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ โดยเป็นการนำภาพถ่ายของเมล็ดพันธุ์พืชที่ได้จากการทดลองเพาะเมล็ดพันธุ์พืช ด้วยกระบวนการเพาะบนกระดาษ ใช้กระดาษรองพื้นสีน้ำตาลเข้ม โดยใช้พืชจำนวน 6 ชนิด ชนิดละ 6 ซ้ำ จากนั้นถ่ายภาพจำนวน 36 ภาพ นำมาประมวลผล ในส่วนของการประมวลผลภาพดิจิตอลใช้หลักการในการตรวจจับวัตถุด้วยการแบ่งส่วนภาพตามค่าสีที่แตกต่างกันในภาพแบบไล่ระดับสีเทา และทำการสรุปข้อมูลที่ได้มาคำนวณผลลัพธ์และนำมาคำนวณหาค่า เปอร์เซ็นความงอก

ผลการทดลองและวิจัยสรุปได้ว่า โปรแกรมประยุกต์ฯ มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยที่ร้อยละ 92.09 โดยมีความผิดพลาดสูงสุดที่ ร้อยละ 25.00 โดยโปรแกรมประยุกต์สามารถประมวลผลได้ คือพืชกลุ่มที่มีสีเมล็ดเข้ม และกรณีที่ต้องปรับปรุงการประมวผล คือพืชกลุ่มที่มีสีเมล็ดจาง

ABSTRACT

TITLE : A DEVELOPMENT OF APPLICATIONPROGRAM FOR THE SEED GERMINATION TESTING WITH DIGITAL IMAGE PROCESSING
AUTHOR : MARUT NAMBOON
DEGREE : MASTER OF SCIENCE
MAJOR : AGRICULTURAL INFORMATION TECHNOLOGY AND RURAL DEVELOPMENT
ADVISOR : ASSOC.PROF.WATCHARAPONG WATTANAKUL, Ph.D.
KEYWORDS : DIGITAL IMAGE PROCESSING, OBJECT DETECTING, THRESHOLD, CONTOUR

The purpose of this independent study are 1) development of an application program for seed germination testing with image processing and 2) development of algorithm for analyze image of seeding germination. The program is used for calculation the seed germination. The result can provide statistic and mathematic data for further analysis and support examiner decision.

Six different plant seeds were selected for this experiment. Six replications for each plant seed were cultivated on brown papers with top of paper method. Thirty six images were later captured and user for application test. The algorithm of application to determine germinated seeds is based on eight bits grayscale threshold and detected object contour.

Result of this study showed that the accuracy of application program 92.09 percent and maximum error is 25.00 percent. The best detection is on the dark colored seeds and the worst is on the light colored seeds one.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ปัญหาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การตรวจสอบความงอก (Germination Test)	3
2.2 ชนิดของภาพถ่ายดิจิตอล	5
2.3 เทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล	6
2.4 OpenCV 2.4.3	9
2.5 ภาษา C++	9
2.6 ไคสแควร์ (Chi-square)	10
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 การจัดเตรียมกลุ่มตัวอย่างทดลอง	12
3.2 การออกแบบขั้นตอนวิธีของการประมวลผลภาพ	13
3.3 การพัฒนาโปรแกรม	26
3.4 การใช้งานและทดสอบโปรแกรม	30
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการประมวลผลภาพดิจิตอลของตัวอย่างชุดทดสอบ	31
4.2 การประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรม	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพ	43
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ฯ ต่อไป	44
เอกสารอ้างอิง	**46**
ภาคผนวก	
ก ภาพผลการทดลองการประมวลผลภาพตัวอย่าง 36 ชุด ด้วยโปรแกรมประยุกต์สำหรับตรวจสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอล	49
ข ภาพการเพาะเมล็ดพืชตัวอย่างทดลอง	106
ประวัติผู้วิจัย	**111**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	พันธุ์พืชที่เพาะ จำนวนซ้ำ และจำนวนเมล็ดต่อซ้ำของตัวอย่างชุดทดสอบ	12
3.2	ผลการทดลองเลือกค่าเทรชโฮลด์จากภาพตัวอย่างที่ 3.4	17
3.3	ผลการคำนวณหาค่าคงที่	20
3.4	ผลการคำนวณค่าเทรชโฮลด์ด้วยการคูณค่าคงที่ 1.64	20
4.1	ข้อมูลผลการประมวลผลจากโปรแกรมประยุกต์	31
4.2	ผลเปรียบเทียบการตรวจนับระหว่างโปรแกรมประยุกต์และบุคคลนับ	38
4.3	ผลการวิจัยที่นำมาศึกษาด้วยไคสแควร์	40
4.4	การจำแนกลักษณะพืชตัวอย่างและผลการวิเคราะห์ความผิดพลาดของโปรแกรม	42

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ผลการทำเทรชโฮลด์ด้วยค่าเทรดโฮลด์แบบค่าเฉลี่ย	6
2.2	ตัวอย่างการใช้เทคนิคกรองภาพในการประมวลผลภาพ	7
2.3	ตัวอย่างการหาคอนทัวร์	8
3.1	Block Diagram ขั้นตอนการประมวลผลของโปรแกรมประยุกต์	13
3.2	ผังงานขั้นตอนเตรียมประมวลผลภาพ	14
3.3	ผังงานขั้นตอนการแบ่งภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์ระดับสีภาพ แบบ Binary	15
3.4	ภาพตัวอย่างชุดการสอนที่ใช้ทดลองในการหาค่าเทรชโฮลด์	16
3.5	ผลการทดสอบโปรแกรมกับภาพที่ 3.4 (ก) ที่ค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 118	18
3.6	ผลการทดสอบโปรแกรมกับภาพที่ 3.4 (ข) ที่ค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 108	18
3.7	ผลการทดสอบโปรแกรมกับภาพที่ 3.4 (ค) ที่ค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 108	18
3.8	ผลการทดสอบโปรแกรมกับภาพที่ 3.4 (ง) ที่ค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 178	19
3.9	ตัวอย่างที่ 3.4 (ก) ที่ตัดภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 137	20
3.10	ตัวอย่างที่ 3.4 (ข) ที่ตัดภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 106	21
3.11	ตัวอย่างที่ 3.4 (ค) ที่ตัดภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 111	21
3.12	ตัวอย่างที่ 3.4 (ง) ที่ตัดภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 193	21
3.13	ขั้นตอนค้นหาคอนทัวร์ในภาพ	22
3.14	การหาระยะห่างของคอนทัวร์	23
3.15	ผังงานขั้นตอนรวมขนาดของคอนทัวร์	24
3.16	การออกแบบอินเตอร์เฟสของโปรแกรม	26
3.17	หน้าต่างอินเตอร์เฟสของโปรแกรมประยุกต์ฯ	27
3.18	ส่วนการอ่านไฟล์และข้อมูลภาพเบื้องต้น	27
3.19	ส่วนที่ใช้ปรับแต่งค่าการประมวลผล	28
3.20	ส่วนข้อมูลหลังการประเมินผล	28
3.21	ส่วนข้อมูลหลังการประเมินผล Output 1 (Seed Output)	29
3.22	ส่วนข้อมูลหลังการประเมินผล Output 2 (Seedling Output)	29
ก.1	ตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ v1.png	50
ก.2	ตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ v2.png	51
ก.3	ตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ v3.png	52
ก.4	ตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ v4.png	53
ก.5	ตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ v5.png	54
ก.6	ตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ v6.png	55
ก.7	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ประมวลผล ชื่อภาพ green1.png	56
ก.8	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ประมวลผล ชื่อภาพ green1.png (ต่อ)	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก.9	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ประมวลผล ชื่อภาพ green2.png	58
ก.10	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ประมวลผล ชื่อภาพ green2.png (ต่อ)	59
ก.11	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผลชื่อภาพ green3.png	60
ก.12	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green3.png (ต่อ)	61
ก.13	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green4.png	62
ก.14	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green4.png (ต่อ)	63
ก.15	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green5.png	64
ก.16	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green5.png (ต่อ)	65
ก.17	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green6.png	66
ก.18	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green6.png (ต่อ)	67
ก.19	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ corn1.png	68
ก.20	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ประมวลผลชื่อภาพ corn2.png	69
ก.21	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ประมวลผลชื่อภาพ corn3.png	70
ก.22	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ corn4.png	71
ก.23	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ corn4.png (ต่อ)	72
ก.24	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ corn5.png	73
ก.25	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ corn5.png (ต่อ)	74
ก.26	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ประมวลผลชื่อภาพ corn6.png	75
ก.27	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice1.png	76
ก.28	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice1.png (ต่อ)	77
ก.29	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice2.png	78
ก.30	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice2.png (ต่อ)	79
ก.31	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice3.png	80
ก.32	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice3.png (ต่อ)	81
ก.33	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice4.png	82
ก.34	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice4.png (ต่อ)	83
ก.35	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice5.png	84
ก.36	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice5.png (ต่อ)	85
ก.37	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice6.png	86
ก.38	ตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ rice6.png (ต่อ)	87
ก.39	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ red1.png	88
ก.40	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ red2.png	89
ก.41	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ red3.png	90

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก.42	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ red4.png	91
ก.43	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ red5.png	92
ก.44	ตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ red6.png	93
ก.45	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ kana1.png	94
ก.46	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ kana1.png (ต่อ)	95
ก.47	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ kana2.png	96
ก.48	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ kana2.png (ต่อ)	97
ก.49	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ kana3.png	98
ก.50	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ kana3.png (ต่อ)	99
ก.51	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ kana4.png	100
ก.52	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ kana4.png (ต่อ)	101
ก.53	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ kana5.png	102
ก.54	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ kana5.png (ต่อ)	103
ก.55	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ kana6.png	104
ก.56	ตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ kana6.png (ต่อ)	105
ข.1	เมล็ดพันธ์ข้าวโพดหวานที่ใช้เป็นตัวอย่างเพาะ	107
ข.2	เมล็ดพันธ์ข้าวหอมมะลิที่ใช้เป็นตัวอย่างเพาะ	107
ข.3	เมล็ดพันธ์ผักบุ้ง และ ผักคะน้า ที่ใช้เป็นตัวอย่างเพาะ	108
ข.4	เมล็ดพันธ์ถั่วเขียวที่ใช้เป็นตัวอย่างเพาะ	108
ข.5	ถาดเพาะที่รองพื้นด้วยกระดาษสีน้ำตาล	109
ข.6	การวางเมล็ดพืชบนถาดเพาะเมล็ด	109
ข.7	การวางเมล็ดพืชบนถาดเพาะเมล็ด	110
ข.8	การวางเมล็ดพืชบนถาดเพาะเมล็ด	110

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาและความสำคัญ

การตรวจสอบความงอกเป็นกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการงอกของกองเมล็ดพันธุ์ที่ทำการตรวจสอบว่าจะงอกได้มากน้อยเพียงใดเมื่อนำไปปลูกในสภาพไร่นา และใช้ผลการตรวจสอบนี้เป็นตัวชี้วัดความแตกต่างของคุณภาพเมล็ดพันธุ์แต่ละกอง โดยกระบวนการทดสอบความงอกนี้ ส่วนใหญ่บุคคลจะเป็นผู้ทำการทดสอบทั้งหมด เมื่อการทดสอบมีจำนวนตัวอย่างจำนวนมากย่อมทำให้เกิดความยุ่งยากและใช้เวลาในการทดสอบมากขึ้น

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้มีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับการทดสอบการงอกของเมล็ดพืช โดยการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้สำหรับการทดสอบการงอกของเมล็ดพืช ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (Digital Image Processing) ในเรื่องการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) มาใช้พัฒนากระบวนการวิธีสำหรับวิเคราะห์ลักษณะของต้นอ่อนพืช แทนการให้บุคคลเป็นผู้วิเคราะห์ เพื่อลดความยุ่งยาก และลดทอนเวลาในการทดสอบ

โปรแกรมประยุกต์สามารถวิเคราะห์ลักษณะการงอกของเมล็ดพืชจากภาพถ่ายดิจิตอล ซึ่งภาพถ่ายดิจิตอลนี้อาจได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล หรือการสแกนภาพถ่ายที่เป็นกระดาษด้วยสแกนเนอร์ แล้วนำภาพถ่ายดิจิตอลนี้มาผ่านเทคนิคการประมวลผลภาพด้วยวิธีการตรวจจับวัตถุจากภาพนิ่งและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อหาอัตราการงอกของเมล็ดพืช

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ในการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์พืชด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล

1.2.2 เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับวิเคราะห์ภาพถ่ายเมล็ดพืชที่เหมาะสมกับการทดสอบการงอกของเมล็ดพืช

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ เพื่อใช้สำหรับการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์พืช ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ สำหรับประมวลผลภาพถ่ายเมล็ดพืช 3 ประเภท ได้แก่ 1) พืชตระกูลถั่ว 2 ชนิด ได้แก่ ถั่วแดง และถั่วเขียว 2) ธัญพืช ได้แก่ ข้าว และข้าวโพด 3) พืชประเภทผัก ได้แก่ ผักบุ้งจีน และผักคะน้า จำนวน ตัวอย่างละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 10 เมล็ด

1.3.2 ขอบเขตของระบบงาน

1.3.2.1 โปรแกรมประยุกต์ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 7

1.3.2.2 โปรแกรมประยุกต์สามารถประมวลผลจากภาพถ่ายดิจิตอลสกุล JPG JPEG และ PNG เท่านั้น

1.3.2.3 โปรแกรมประยุกต์สามารถประมวลผลภาพเมล็ดพืชและให้ข้อมูล ได้แก่ จำนวนเมล็ดที่ตรวจพบในภาพถ่าย จำนวนต้นอ่อนในภาพถ่าย พื้นที่ของต้นอ่อน และตำแหน่งคอนทัวร์ที่วิเคราะห์ได้

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1.4.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)

1.4.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU) มีความเร็วในการประมวลผล 2.10 Giga Hertz (GHz)

1.4.1.2 หน่วยความจำหลัก (Random Access Memory: RAM) ความจุขนาด 2.00 Gigabyte

1.4.1.3 อุปกรณ์เก็บข้อมูลฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) ความจุขนาด 320 Gigabyte

1.4.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

1.4.2.1 Visual Studio C++ 2010 Express

1.4.2.2 ชุดเครื่องมือประมวลผลภาพ OpenCV 2.4.3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้โปรแกรมประยุกต์สำหรับทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช

1.5.2 ได้ขั้นตอนวิธีสำหรับวิเคราะห์ภาพถ่ายเมล็ดพืชที่เหมาะสมกับการทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช

1.5.3 ได้ระบบสารสนเทศเพื่อพัฒนางานด้านการเกษตร

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การค้นคว้าอิสระ เรื่องการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับตรวจสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอันประกอบไปด้วย

2.1 การตรวจสอบความงอก (Germination Test)

2.2 ชนิดของภาพถ่ายดิจิตอล

2.3 เทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล

2.4 OpenCV 2.4.3

2.5 ภาษา C++

2.6 ไคสแควร์ (Chi-square)

2.1 การตรวจสอบความงอก

ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนวิธีการตรวจสอบความงอกจากเอกสารของสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดย ณัฐหทัย เอพานิช (2547) ได้อธิบายไว้ว่า "การตรวจสอบความงอก เป็นกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการงอกของกองเมล็ดพันธุ์ที่ทำการตรวจสอบว่าจะงอกได้มากน้อยเพียงใดเมื่อนำไปปลูกในสภาพไร่นา และใช้ผลการตรวจสอบนี้เป็นตัวชี้วัดความแตกต่างของคุณภาพเมล็ดพันธุ์แต่ละกอง" ซึ่งจากการศึกษาผู้วิจัยได้สรุปรายหัวข้อไว้ดังนี้

2.1.1 ความหมายของการงอก (Germination)

ณัฐหทัย เอพานิช (2547: 21) กล่าวว่า "การงอกของเมล็ด หมายถึง การที่ต้นอ่อนงอกออกจากเมล็ดจนถึงระยะที่มีองค์ประกอบที่สำคัญต่างๆ ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน ไม่ว่าต้นอ่อนนั้นจะพัฒนาและเจริญเติบโตเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในดินได้หรือไม่" จากคำกล่าวดังกล่าวในการจำแนกเมล็ดพืชที่งอกนั้นจะเริ่มนับโดยให้เมล็ดพืชเติบโตในช่วงระยะเวลาหนึ่งจากนั้นนับเอาเฉพาะเมล็ดที่มีการเติบโตสมบูรณ์เท่านั้น โดยเมล็ดที่เติบโตสมบูรณ์ในระยะเวลาที่กำหนด คือ เมล็ดที่งอก

2.1.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเพาะเมล็ดพืช

ในการตรวจสอบความงอก มีวัสดุที่ใช้ในการเพาะเมล็ด ซึ่งโดยทั่วไปต้องมีคุณสมบัติหลักๆ ได้แก่ ต้องเป็นวัสดุที่ซึมซับน้ำได้ดี ไม่มีสารพิษที่เป็นภัยต่อต้นอ่อนและเมล็ดของพืช และปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อพืช โดยวัสดุที่ใช้ในการเพาะเมล็ดพืชสำหรับทดสอบประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ (ณัฐหทัย เอพานิช, 2547: 22)

2.1.2.1 กระดาษเพาะ เป็นกระดาษที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ดี เช่น กระดาษชับ กระดาษกรอง หรือ ผ้าขนหนู โดยต้องไม่มีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อต้นอ่อนและเมล็ดพืชและไม่มีเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต้อพืช ควรมีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6.0-7.5 และควรเก็บรักษาในที่แห้งและปลอดฝุ่น

2.1.2.2 ทราย เป็นทรายละเอียดปราศจากเมล็ดพืชอื่นๆ เจือปน และไม่มี สารพิษ หรือเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อพืช ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6.0-7.5 ทรายที่ใช้ในการเพาะเมล็ดพืชแล้วสามารถนำกลับมาใช้เพาะเมล็ดพืชใหม่ได้แต่ต้องทำความสะอาดด้วยการล้างและอบฆ่าเชื้อเสียก่อน

2.1.2.3 น้ำ น้ำที่ใช้ในการเพาะต้องเป็นน้ำสะอาดไม่มีสารใดๆ ปนอยู่ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วง 6.0-7.5

2.1.3 วิธีการเพาะเมล็ดด้วยกระดาษเพาะ

ในการเพาะพืชสำหรับตรวจสอบการงอก เมล็ดที่ใช้ทดสอบ เป็นเมล็ดพันธุ์พืชบริสุทธิ์ (Pure Seed) โดยทำการสุ่มนับครั้งละ 400 เมล็ด และนำไปทำการเพาะ ครั้งละ 100 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำอาจจะแบ่งออกเป็นซ้ำละ 50 เมล็ด หรือ 25 เมล็ด เพื่อให้เหมาะสมกับวัสดุที่ทำการเพาะ โดยวิธีการเพาะด้วยกระดาษจะมีวิธีเพาะได้ 3 วิธีดังนี้ (ณัฐหทัย เอพานิช, 2547: 24)

2.1.3.1 การเพาะบนกระดาษ (Top of Paper) เป็นการเพาะเมล็ดโดยการวางเมล็ดไว้บนกระดาษเพาะที่เปียกชื้นและวางไว้ในถาดเพาะหรือกล่องพลาสติก เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำอาจจะใช้กระดาษหรือผ้าชุบน้ำวางบนเมล็ดอีกชั้นเพื่อรักษาความชื้น

2.1.3.2 การเพาะระหว่างกระดาษ (Between Paper) เป็นการเพาะเมล็ดด้วยกระดาษเพาะโดยทำการวางเมล็ดบนกระดาษที่เปียกชื้นจากนั้นนำกระดาษที่เปียกชื้นอีกแผ่นมาวางทับโดยเมล็ดพืชจะอยู่ตรงกลางระหว่างกระดาษจากนั้นม้วนกระดาษและเก็บใส่ถุงพลาสติกเพื่อป้องการระเหยของความชื้น

2.1.3.3 การเพาะด้วยการใช้กระดาษพลีต (Pleated Paper) เป็นการเพาะเมล็ดให้งอกในกระดาษที่พับกลับไปกลับมาเหมือนผ้าอัดกลีบ มีทั้งหมด 50 ช่อง โดยว่างช่องละ 2 เมล็ดให้ห่างกัน แล้วลดน้ำให้ชุ่มจากนั้นเก็บใส่กล่องพลาสติกเพื่อเก็บรักษาความชื้น

2.1.4 การคำนวณและรายงานผล

ผลตรวจสอบความงอก จะรายงานเป็นร้อยละของต้นอ่อนที่สมบูรณ์ จากการคำนวณค่าเฉลี่ยของทั้ง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ด ถ้ามีการแบ่งออกเป็นส่วนย่อยก็ต้องนับรวมกันให้เป็นซ้ำละ 100 เมล็ดก่อน การผลการคำนวณจะต้องเป็นเลขจำนวนเต็มโดยถ้าได้ทศนิยม 0.5 ให้ปัดเป็น 1 ในกรณีเมล็ดที่ไม่งอกให้คำนวณเช่นเดียวกัน และเมื่อรวมค่าร้อยละของเมล็ดที่งอกและไม่งอกจะต้องได้ร้อยละ 100 (ณัฐหทัย เอพานิช, 2547: 42)

2.2 ชนิดของภาพถ่ายดิจิตอล

ภาพถ่ายดิจิตอลเป็นข้อมูลชนิดรูปภาพที่สามารถคำนวณได้ด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ เป็นข้อมูลรูปแบบดิจิตอลที่ได้จากอุปกรณ์ดิจิตอล เช่น กล้องถ่ายภาพดิจิตอล แต่บางครั้งก็ได้จากการแปลงภาพถ่ายแอนะล็อกด้วยเครื่องสแกนเนอร์หรืออุปกรณ์ที่คล้ายกัน (บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2556: 66)

2.2.1 พิกเซล (Pixel)

บุญธรรม ภัทราจารุกุล (2556: 66) ได้ให้ความหมายไว้ว่า "จุดภาพหรือพิกเซล (Pixel) มาจากคำว่า พิกเจอร์ (Picture) ที่แปลว่ารูปภาพ และ อีเลเมนต์ (Element) ที่แปลว่า องค์ประกอบ หรือหน่วยโดยภาพหนึ่งๆ จะประกอบด้วยจุดภาพหรือพิกเซลมากมาย โดยความหนาแน่นนี้เรียกว่า ความละเอียดของภาพ" จากความหมายดังกล่าว พิกเซลคือ ข้อมูลภาพถ่ายดิจิตอลที่เก็บในรูปของชุดข้อมูลที่มีองค์ประกอบที่แสดงถึงจุดภาพนั้นๆ โดยเก็บในรูปแบบ 2 มิติ ประกอบไปด้วย แนวนอน (แกน x) และแนวตั้ง (แกน y) เช่น 1024 x 768 พิกเซล ซึ่งหมายความว่า ภาพถ่ายดิจิตอลประกอบไปด้วยพิกเซลทั้งสิ้นคือ 786432 พิเซล และในแต่ละพิกเซลจะเก็บค่าสีของแต่ละจุดพิกเซลไว้ด้วยจำนวนข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในแต่ละพิกเซลนั้น มีหน่วยที่เรียกว่า บิท (Bit) เมื่อนำมาเทียบกันจะเรียกว่า บิทต่อพิกเซล (Bit per Pixel: bpp) ตัวอย่างเช่น ภาพถ่ายดิจิตอลชนิด 8 บิท ต่อ พิเซล จะมีค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไปได้ทั้งหมด 256 สี โดยค่า 0 จะเป็นค่าที่มีความเข้มแสงต่ำสุดคือ สีดำ และ ค่า 255 มีค่าความส่วงของแสงมากที่สุดคือ สีขาว และเมื่อทำการเพิ่มจำนวนบิทต่อพิกเซลให้สูงขึ้นจะทำให้สีของภาพถ่ายมีความละเอียดมากขึ้น

2.2.2 ชนิดของภาพถ่ายดิจิตอล

ชนิดของภาพถ่ายดิจิตอลพื้นฐานมีทั้งสิ้น 4 ประเภท โดยแบ่งตามองค์ประกอบของภาพแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน ได้แก่

2.2.2.1 ภาพขาวดำ (Binary Image) เป็นภาพถ่ายดิจิตอลแบบที่ใช้จำนวนบิทต่อพิกเซล 1 บิทเพื่อแทนพิกเซลในแต่ละจุดด้วยสีดำหรือสีขาวเท่านั้น

2.2.2.2 ภาพสีเทา (Grayscale or Intensity Image) เป็นภาพถ่ายดิจิตอลที่มีการเพิ่มขนาดของบิทต่อพิกเซล โดยมีขนาด 8 บิทต่อพิกเซล มีค่าสีระหว่าง 0-255 และเป็นสีที่ไล่จากสีดำเป็นโทนสีเทาและสีขาวในที่สุด

2.2.2.3 ภาพดัชนี (Index Image) เป็นภาพถ่ายดิจิตอลที่มีลักษณะการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบสมการแมทริกซ์ โดยแมทริกซ์ชั้นแรกจะเป็นข้อมูลของภาพ และแมทริกซ์ชั้นที่สองจะเป็นแมททริกซ์ของสี (Color Map Matrix)

2.2.2.4 ภาพสีจริง (True Color Image) เป็นภาพถ่ายดิจิตอล ที่ใช้จำนวนบิทต่อพิกเซลมีขนาด 8 บิท ในการแทนค่าแต่ละสี ได้ สีแดง (R) สีเขียว (G) และ สีน้ำเงิน (B) โดยภาพถ่ายดิจิตอลชนิดนี้เรียกว่าภาพแบบ RGB

2.3 เทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอล

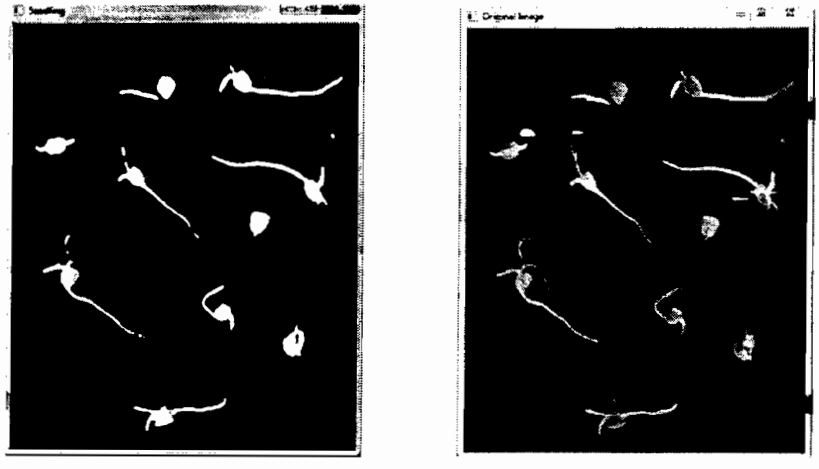
ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและเลือกใช้เทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอลเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยดังนี้

2.3.1 การตรวจจับวัตถุ (Object Detection)

การตรวจจับวัตถุ เป็นเทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอลเพื่อหาวัตถุหรือรูปภาพที่ต้องการจากภาพที่มีองค์ประกอบรวมกันหลายๆ อย่างโดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพหลายๆ เทคนิค เข้ามาประกอบกัน เช่น การทำเทรชโฮลด์ การค้นหาขอบภาพ หรือการเทียบรูปทรง เป็นต้น

2.3.2 การทำเทรชโฮลด์ (Thresholding)

การทำเทรชโฮลด์ เป็นกระบวนการประมวลผลภาพถ่ายดิจิตอลเพื่อที่จะแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ ด้วยค่าเทรชโฮลด์ โดยวิธีการที่ง่ายที่สุดในการทำเทรชโฮลด์ได้แก่ การแปลงภาพเป็นภาพสีเทา (Grayscale) จากนั้นก็ตัดภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์ ในการเลือกค่าเทรชโฮลด์แบบที่ง่ายที่สุดมี 2 วิธีที่นิยมคือ เลือกจากค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางของสี (ค่ากลางของสีคือ 128) และมีอีกวิธีคือใช้วิธีของโอตสึ (Otsu's Method) (บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2556: 113)



(ก) (ข)

ภาพที่ 2.1 ผลการทำเทรชโฮลด์ด้วยค่าเทรชโฮลด์แบบค่าเฉลี่ย: (ก) ผลลัพธ์ในการทำเทรชโฮลด์ส่วนที่เป็นสีขาวซึ่งเป็นส่วนที่มากกว่าค่าเทรชโฮลด์ (ข) ภาพต้นฉบับที่เป็นภาพสี

จากภาพที่ 2.1 เป็นภาพแสดงผลการทำเทรชโฮลด์ โดยภาพ ก) เป็นภาพผลลัพธ์การทำเทรชโฮลด์ด้วยค่าเฉลี่ยของภาพและ ข) เป็นภาพต้นฉบับ โดยการเลือกใช้ค่าเทรชโฮลด์ให้เหมาะสมจะทำให้ได้ผลการตรวจจับวัตถุได้ดีขึ้น

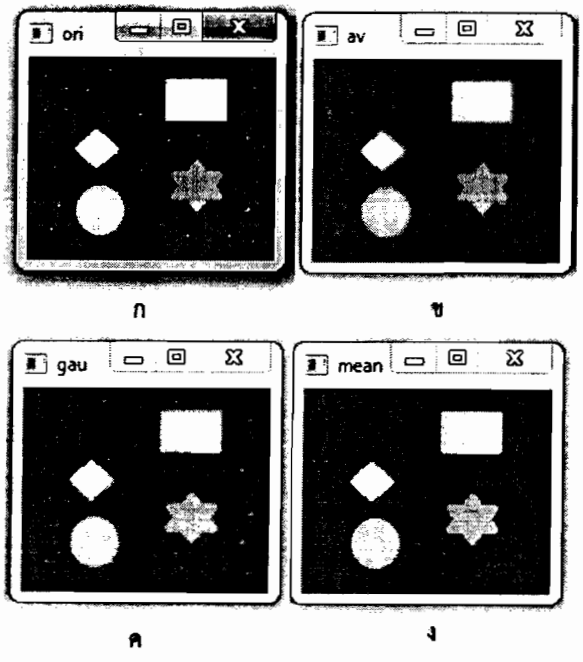
2.3.3 การกรองภาพเชิงพื้นที่ (Smoothing Spatial Filters)

บุญธรรม ภัทราจารุกุล (2556: 130) อธิบายไว้ว่า "การกรองให้เรียบ เป็นการเบลอภาพและลดสัญญาณรบกวนในภาพ ด้วยการใช้ตัวกรองเฉลี่ยและคำสั่งตัวกรองทางสถิติ ที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 วิธีคือ การกรองค่าเฉลี่ย (Mean Filtering) และการกรองค่ามัธยฐาน (Median Filtering)"

2.3.3.1 การกรองภาพด้วยค่าเฉลี่ย (Mean Filtering) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าวิธีการกรองภาพความถี่ต่ำ (Low Pass Filters) เหมาะสำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพ การกรองภาพด้วยค่าเฉลี่ยใช้หน้าต่างคอนโวลูชั่น ขนาด 3×3 เป็นพื้นฐานและเพิ่มขนาดขึ้นได้ถ้าต้องการความราบเรียบของภาพมากขึ้น (บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2556: 130-131)

2.3.3.2 ตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filters) เป็นการกรองภาพด้วยฟังก์ชั่นแบบเกาส์ (Gaussian Function) เมื่อใช้การกรองภาพแบบเกาส์เซียนนี้จะมีผลคือ ภาพจะมีรายละเอียดที่ลดลงและทำให้ภาพเบลอ ทั้งนี้ การกรองภาพแบบเกาส์เซียนจะเป็นการกรองความถี่สูง (High Pass Filters) และเหมาะที่จะนำไปใช้ในการหาขอบภาพ (บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2556: 132-133)

2.3.3.3 การกรองภาพด้วยค่ามัธยฐาน (Median Filtering) เป็นการกรองภาพที่ใช้วิธีในการคำนวณเอาต์พุตโดยค่ามัธยฐานของพิกเซลใกล้เคียง เป็นการกำจัดสัญญาณรบกวนได้ดียิ่งขึ้นและสามารถลดการเบลอของภาพได้ และใช้กำจัดสัญญาณรบกวนแบบจุด (Salt and Pepper Noise) ได้ดี (บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2556: 133-134)



ภาพที่ 2.2 การใช้เทคนิคกรองภาพในการประมวลผลภาพ (ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพต้นฉบับเมื่อกรองภาพแบบค่าเฉลี่ย (ค) ภาพต้นฉบับเมื่อกรองภาพแบบเกาส์เซียน (ง) ภาพต้นฉบับเมื่อกรองภาพแบบค่ามัธยฐาน

ภาพที่ 2.2 เป็นภาพที่แสดงตัวอย่างกรองภาพ โดยภาพ ก) เป็นภาพต้นฉบับ ภาพ ข) เป็นภาพที่กรองด้วยค่าเฉลี่ยด้วยคอนโวลูชั่นขนาด 3×3 ภาพ ค) เป็นภาพที่กรองด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน และ ง) เป็นภาพที่กรองด้วยค่ามัธยฐานด้วยคอนโวลูชั่นขนาด 3×3

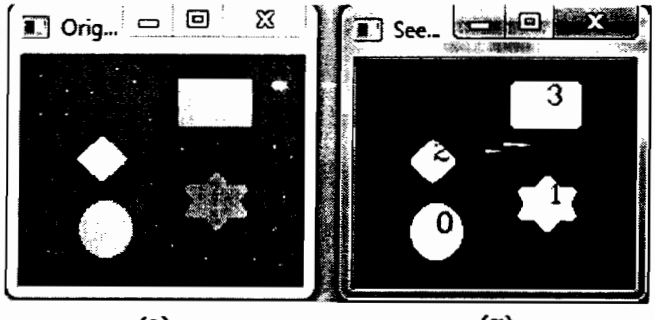
2.3.4 คอนทัวร์ (Contour)

ในการประมวลผลภาพ คอนทัวร์ หมายถึงเส้นรอบรูปของจุดพิกเซลที่มีสีใกล้เคียงกันหรือมีค่าเดียวกัน ในการใช้งานการประมวลผลภาพแบบคอนทัวร์ในการตรวจจับวัตถุนี้ มีฟังก์ชั่นที่สำคัญในการตรวจจับวัตถุ ได้แก่

2.3.4.1 เซนทรอยด์ (Centroid) เป็นจุดศูนย์กลางของวัตถุที่ไร้รูปทรง สำหรับใช้ในการหาตำแหน่งของวัตถุที่ปรากฏบนรูปภาพเพื่อวิเคราะห์ลักษณะต่างๆ เช่น ระยะห่างของคอนทัวร์ ตำแหน่งด้านแนวนอน ตำแหน่งด้านแนวตั้ง หรือ ระยะของวัตถุ เป็นต้น

2.3.4.2 พื้นที่ของคอนทัวร์ (Contour Area) พื้นที่ของคอนทัวร์ เพื่อใช้วิเคราะห์ลักษณะของวัตถุ เช่น ขนาดของวัตถุ พื้นที่มากที่สุด พื้นที่น้อยที่สุด เป็นต้น

2.3.4.3 กรอบล้อมรอบรูปคอนทัวร์ (Bounding) การวาดกรอบล้อมรอบที่รูปคอนทัวร์เพื่อใช้เทียบลักษณะของวัตถุกับรูปเลขาคณิต



(ก) (ข)

	Sid	Area	PositionX	PositionY
▶	0	680	45	94
	1	613	106	78
	2	335	43	55
	3	967	105	24
*				

(ค)

ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างการหาคอนทัวร์ (ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพคอนทัวร์ที่ได้จากการประมวลผล (ค) ภาพผลการหาจุดศูนย์กลางและพื้นที่ของคอนทัวร์

จากภาพที่ 2.3 เป็นภาพตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลภาพ เพื่อหาคอนทัวร์และใช้ฟังก์ชั่นเพื่อหา เซนทรอยด์และพื้นที่ของคอนทัวร์ โดยภาพ ก) เป็นภาพต้นฉบับ ภาพ ข) เป็นภาพของคอนทัวร์ที่ได้จากการประมวลผล และ ภาพ ค) เป็นภาพข้อมูลของคอนทัวร์ประกอบด้วยจุดศูนย์กลางและพื้นที่ของคอนทัวร์ที่มีหน่วยเป็นพิกเซล

2.4 OpenCV 2.4.3 (OpenCV Community, 2012)

OpenCV เป็นไลบรารีสำหรับคอมพิวเตอร์วิชั่น ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือสำหรับการประมวลผลภาพแมชชีนเลินนิ่ง โดย OpenCV เป็นชุดไลบรารีที่เป็นซอฟต์แวร์ประเภท Open Source ซึ่งให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถนำไปพัฒนาโปรแกรมภายใต้ลิขสิทธิ์ แบบ BSD โดยมีส่วนเชื่อมต่อหลายภาษาได้แก่ C, C++, Pyton และ java และใช้งานได้หลากหลายระบบปฏิบัติการ เช่น Windows, Linux, Mac OS, iOS และ Android ทั้งนี้ OpenCV มีการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงและเน้นเรื่องประสิทธิภาพเป็นหลัก

OpenCV เป็นไลบรารีที่รวบรวมขั้นตอนวิธีสำหรับการประมวลผลไว้มากกว่า 2500 ขั้นตอนวิธี และมีไลบรารี่สำหรับผู้พัฒนาโปรแกรมเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการประมวลผลภาพ ซึ่งแสดงบางส่วนได้ดังนี้

2.4.1 core เป็นไลบรารีพื้นฐาน เกี่ยวกับโครงสร้างข้อมูล และข้อมูลชนิด Mat ที่ต้องนำมาใช้ในการเรียกใช้โมดูลอื่นๆ

2.4.2 imgproc เป็นไลบรารีพื้นฐานสำหรับประมวผลภาพแบบ Linear และ Non Linear ในการประมวลผลภาพเช่น การกรองภาพ การแปลงรูปร่าง สี หรือ Histograms เป็นต้น

2.4.3 video เป็นไลบรารีสำหรับการประมวลผลวิดีโอ ในรูปแบบต่างๆ

2.4.4 calib3d เป็นไลบรารีพื้นฐานสำหรับการประมวลผลภาพในรูปแบบหลายมุมมอง และใช้สำหรับประมวลผลภาพ 3 มิติ

2.4.5 highgui เป็นไลบรารีสำหรับสร้างอินเตอร์เฟสพื้นฐานในการแสดงรูปภาพหรือวิดีโอ

2.4.6 gpu เป็นไลบรารีที่ใช้สำหรับการประมวลผลร่วมกับการใช้ขั้นตอนวิธีของโมดูลอื่นๆ นอกเหนือจากไลบรารีของ OpenCV

2.5 ภาษา C++

ภาษา C++ เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย เบียเนอ สเตราสดร็อบ (Bjarne Stroustrup) จากเบลล์แล็บส์ (Bell Labs) ในปี ค.ศ. 1983 โดยพัฒนาจาก ภาษา C โดยมีหลักการที่จะเพิ่มความสามารถให้ภาษา C โดยเพิ่มคุณสมบัติของการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุเพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมและวิเคราะห์เชิงวัตถุได้ ภาษา C++ มีการเขียนในหลายรูปแบบ และรองรับการเขียนในรูปแบบภาษา C เดิมได้ ในการเขียนโปรแกรมในภาษา C++ มีรูปแบบการเขียนแบบโปรแกรมแบบเชิงวัตถุ โดยมีการใช้คราส (Class) ในการเขียนโปรแกรม และมีคุณสมบัติในการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ เช่น การสืบทอด (Inheritance) การเขียนทับ (Polymorphisms) หรือ เท็มเพลต (Templates) ภาษา C++ สามารถนำมาเขียนโปรแกรมได้หลากหลายรูปแบบ เช่น สามารถเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้าง สามารถนำไปเขียนโปรแกรมเชิงวัตุ สามารถนำไปเขียนโปรแกรมแบบกราฟิกอินเตอร์เฟส หรือสามารถนำไปเขียนเว็บไซต์ได้ (Deitel and Deitel, 2548: 7)

2.6 ไคสแควร์ (Chi-square)

มนต์ชัย เทียนทอง (ม.ป.ป: 311) ได้อธิบายไว้ว่า "ไคสแควร์ เป็นสถิติที่ใช้สำหรับการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบความถี่หรือรูปแบบสัดส่วน ซึ่งไม่สามารถวัดออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอน แต่สามารถจำแนกเป็นหมวดหมู่ได้ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกิดจากการเก็บรวบรวมจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องแล้วจำแนกออกเป็นความถี่หรือสัดส่วน" ซึ่งสรุปได้ว่าไคสแควร์เป็นสถิติที่ใช้ทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรนั่นเอง โดยมีการกล่าวถึงรายละเอียดเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

2.6.1 รูปแบบของการทดสอบไคสแควร์

การทดสอบไคสแควร์ สามารถใช้ทดสอบข้อมูลที่ต้องการนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาผลได้หลายกรณี ซึ่งรูปแบบการทดสอบสามารถแสดงได้ดังนี้

2.6.1.1 การทดสอบความกลมกลืน (The Goodness of Fit Test)

การทดสอบความกลมกลืน เป็นการศึกษาเพื่อดูว่าการแจกแจงความถี่นั้นเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดหรือไม่ โดยศึกษาจากตัวแปรเพียงตัวเดียว เป็นการทดสอบระหว่างผลและตัวแปรเพื่อเป็นการทดสอบว่าผลที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

2.6.1.2 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Test of Association)

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เป็นการทดสอบถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรว่าสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยทำการทดสอบตัวแปรทีละคู่ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวจำแนกออกเป็นตาราง ในการทดสอบจะต้องมีการกำหนดสมมุติฐานกลางว่าตัวแปรที่ทดสอบนั้นไม่มีความสัมพันธ์กัน

2.6.1.3 การทดสอบความเป็นเอกภาพ (Test of Homogeneity)

การทดสอบความเป็นเอกภาพ เป็นการทดสอบผลความเหมือนกันระหว่างตัวแปร โดยพิจารณาจากความน่าจะเป็นหรืออัตราส่วนและนำมาจัดทำเป็นตาราง ในการทดสอบจะต้องมีการกำหนดสมมุติฐานกลางว่าตัวแปรที่ทำการทดสอบนั้นไม่แตกต่างกัน (เหมือนกัน)

2.6.2 ขั้นตอนในการทดสอบไคสแควร์

ในการทดสอบไคสแควร์ ทั้ง 3 รูปแบบ มีขั้นตอนเหมือนกันซึ่งสามารถแสดงเป็นขั้นตอนการทดสอบได้ดังนี้

2.6.2.1 กำหนดให้ค่า O คือ ความถี่ที่ต้องการศึกษา และกำหนดให้ค่า E คือ ความถี่ที่คาดหวัง

2.6.2.2 กำหนดสมมุติฐานการวิจัย H_0 ให้เป็นสมมุติฐานการวิจัยกลาง ซึ่งให้ผลระหว่างความถี่ที่ต้องการศึกษาและความถี่ที่คาดหวังตามรูปแบบที่ต้องการทดสอบ และ กำหนดสมมุติฐานการวิจัย H_1 ให้เป็นผลตรงข้ามกับสมมุติฐานกลาง

2.6.2.3 หาค่าความถี่ที่คาดหวัง (E) ด้วยการคำนวณตามหลักของความน่าจะเป็น โดยให้คำนวณแต่ละเซลในตาราง จนครบทุกเซลของตาราง

2.6.2.4 หาค่าไคสแควร์ (χ^2)

2.6.2.5 เปรียบเทียบค่าไคสแควร์กับตารางค่าวิกฤต ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด

2.6.2.6 สรุปผลโดยการเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้กับตารางค่าวิกฤต ถ้าค่าที่คำนวณได้น้อยกว่าตาราง ให้ถือว่า สมมุติฐานกลาง (H_0) เป็นที่ยอมรับ แต่ถ้าค่าที่คำนวณมีค่ามากกว่าค่าในตาราง แสดงว่าสมมุติฐานตรงข้าม (H_1) เป็นที่ยอมรับ

2.6.3 ข้อจำกัดของไคสแควร์

ในการทดสอบไคสแควร์มีข้อจำกัดของข้อมูลที่จะทำให้การทดสอบไคสแควร์มีความน่าเชื่อถือลดลง ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของการทดสอบไคสแควร์ ได้แก่

2.6.3.1 กรณีที่ตารางข้อมูลมีขนาด 2×2 ถ้ามีค่าความถี่ที่คาดหวังค่าใดค่าหนึ่งมีค่าน้อยกว่า 5 จะทำให้ผลการทดสอบไคสแควร์มีค่าความน่าเชื่อถือลดลง

2.6.3.2 กรณีที่ตารางข้อมูลมีขนาดมากกว่า 2×2 ต้องมีค่าความถี่ที่คาดหวังที่น้อยกว่า 5 ไม่เกินร้อยละ 20 ของทั้งหมด ถ้าเกินจะทำให้ผลการทดสอบไคสแควร์มีค่าความน่าเชื่อถือลดลง

2.6.3.3 ประชากรในการทดสองไคสแควร์ถ้ามีขนาดมากกว่า 50 จะได้ผลค่อนข้างดี

2.6.3.4 ถ้าระดับความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับ 1 (df=1) จะทำให้การทดสอบไคสแควร์ได้ไม่ดี ต้องแก้ไขด้วยวิธีของเยสต์ (Yates's Correction for Continuity)

2.6.3.5 ถ้าการคำนวณไคสแควร์เป็นข้อมูลแบบเปอร์เซ็นต์ จะต้องมีการปรับผลลัพธ์โดยคูณค่าผลลัพธ์ด้วยหลักการพื้นฐานของเปอร์เซ็นต์ ($\frac{N}{100}$ เมื่อ N คือ จำนวนประชากร)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การค้นคว้าอิสระ เรื่องการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับทดสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอล ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การจัดเตรียมกลุ่มตัวอย่างทดลอง

3.2 การออกแบบขั้นตอนวิธีของการประมวลผลภาพ

3.3 การพัฒนาโปรแกรม

3.4 การใช้งานและทดสอบโปรแกรม

3.1 การจัดเตรียมกลุ่มตัวอย่างทดลอง

ในกระบวนการการทดสอบความงอกของเมล็ดพืชที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการเพาะเมล็ดพืชสำหรับการตรวจสอบความงอก โดยผู้วิจัยได้ใช้การเพาะแบบเพาะบนกระดาษ โดยเลือกเมล็ดพันธุ์พืช 6 ชนิด มาเพาะเพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างทดลองโดยแบ่งออกได้ดังนี้

3.1.1 ชุดการสอน (Training Set) หมายถึงกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมย่อยในขั้นตอนต่างๆ เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งไม่ได้กำหนดวิธีการเพาะเมล็ด ไม่ได้กำหนดจำนวนเมล็ด ไม่ได้กำหนดชนิดพืช ไม่ได้ควบคุมแสงและมุมในการถ่ายภาพ โดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ของโปรแกรม

3.1.2 ชุดทดสอบ (Test Set) หมายถึงกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมที่เสร็จสมบูรณ์และนำผลที่ได้ไปประเมินผลการทดสอบโปรแกรม เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีการกำหนดรายละเอียดอย่างชัดเจน เช่น กำหนดวิธีการเพาะเมล็ดแบบเพาะบนกระดาษ กำหนดมุมถ่ายภาพให้ตั้งฉากกับถาดเพาะ กำหนดความสว่างของแสง กำหนดพันธุ์พืชที่เพาะ จำนวนซ้ำ และจำนวนเมล็ดต่อซ้ำ โดยกำหนดไว้ ตามตารางที่ 3.1

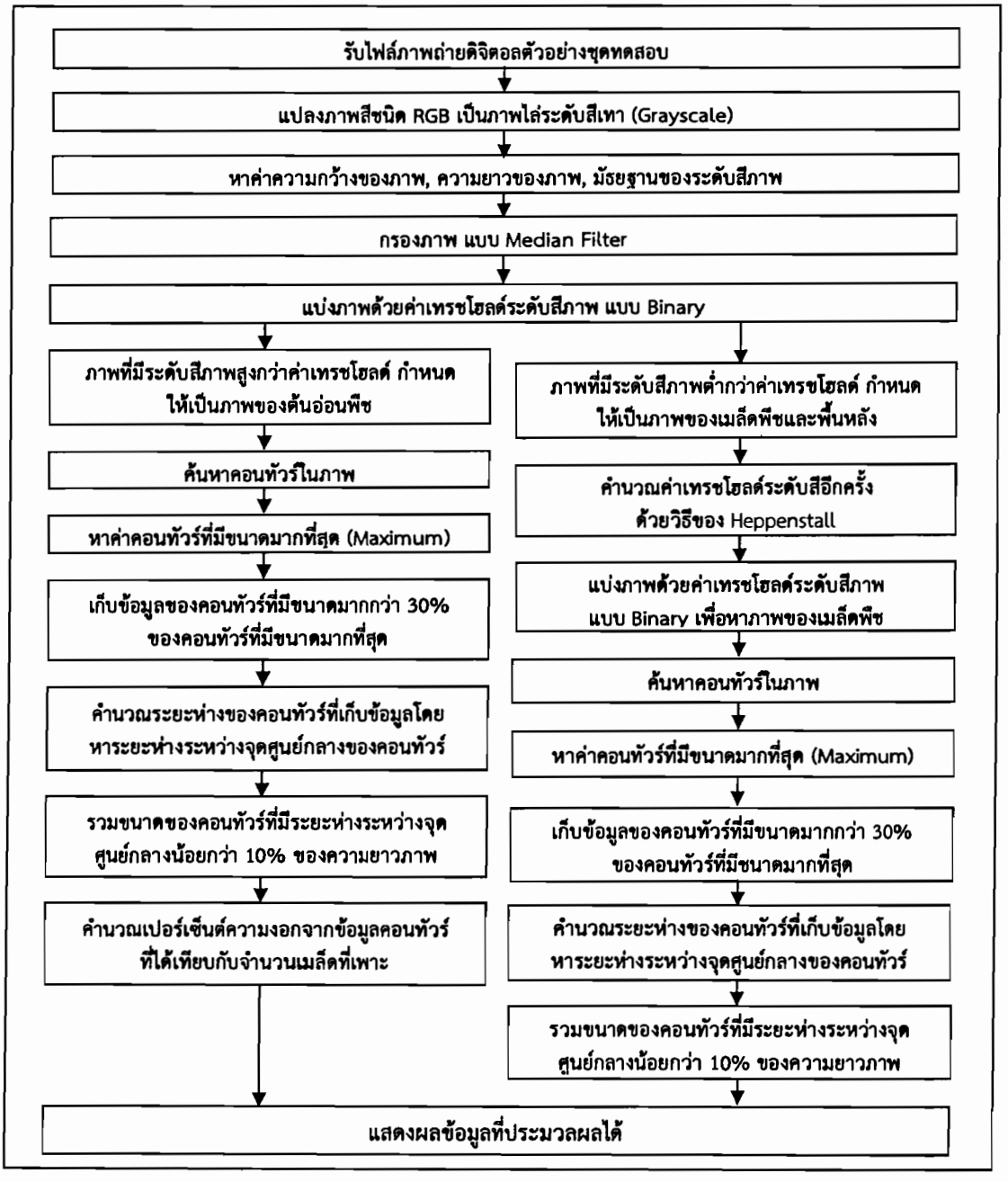
ตารางที่ 3.1 พันธุ์พืชที่เพาะ จำนวนซ้ำ และจำนวนเมล็ดต่อซ้ำของตัวอย่างชุดทดสอบ

ที่	ชนิดพืช	จำนวนซ้ำ	จำนวนเมล็ดที่เพาะต่อหนึ่งซ้ำ
1	ผักบุ้ง	6 ซ้ำ	10
2	ถั่วเขียว	6 ซ้ำ	10
3	ข้าวโพด	6 ซ้ำ	10
4	ข้าว	6 ซ้ำ	10
5	ถั่วแดง	6 ซ้ำ	10
6	คะน้า	6 ซ้ำ	10
รวม		36	360

จากกตารางที่ 3.1 ผู้วิจัยได้กำหนดพืชที่ใช้ทดสอบจำนวน 6 ชนิด โดยทำการเพาะชนิดละ 6 ซ้ำ ซึ่งทำให้ได้ ตัวอย่างชุดทดสอบทั้งสิ้น 36 ตัวอย่าง

3.2 การออกแบบขั้นตอนวิธีของการประมวลผลภาพ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอล และได้เลือกใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอลมาใช้และนำมาออกแบบขั้นตอนการประมวลผลของโปรแกรม ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 Block Diagram ขั้นตอนการประมวลผลของโปรแกรมประยุกต์

จากภาพที่ 3.1 เป็นการแสดงขั้นตอนการประมวลผลของโปรแกรมโดยแสดงภาพรวมของระบบด้วยแผนผังแบบ Block Diagram โดยจากรูปสามารถแสดงรายละเอียดในแต่ละส่วนได้ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนเตรียมประมวลผลภาพ

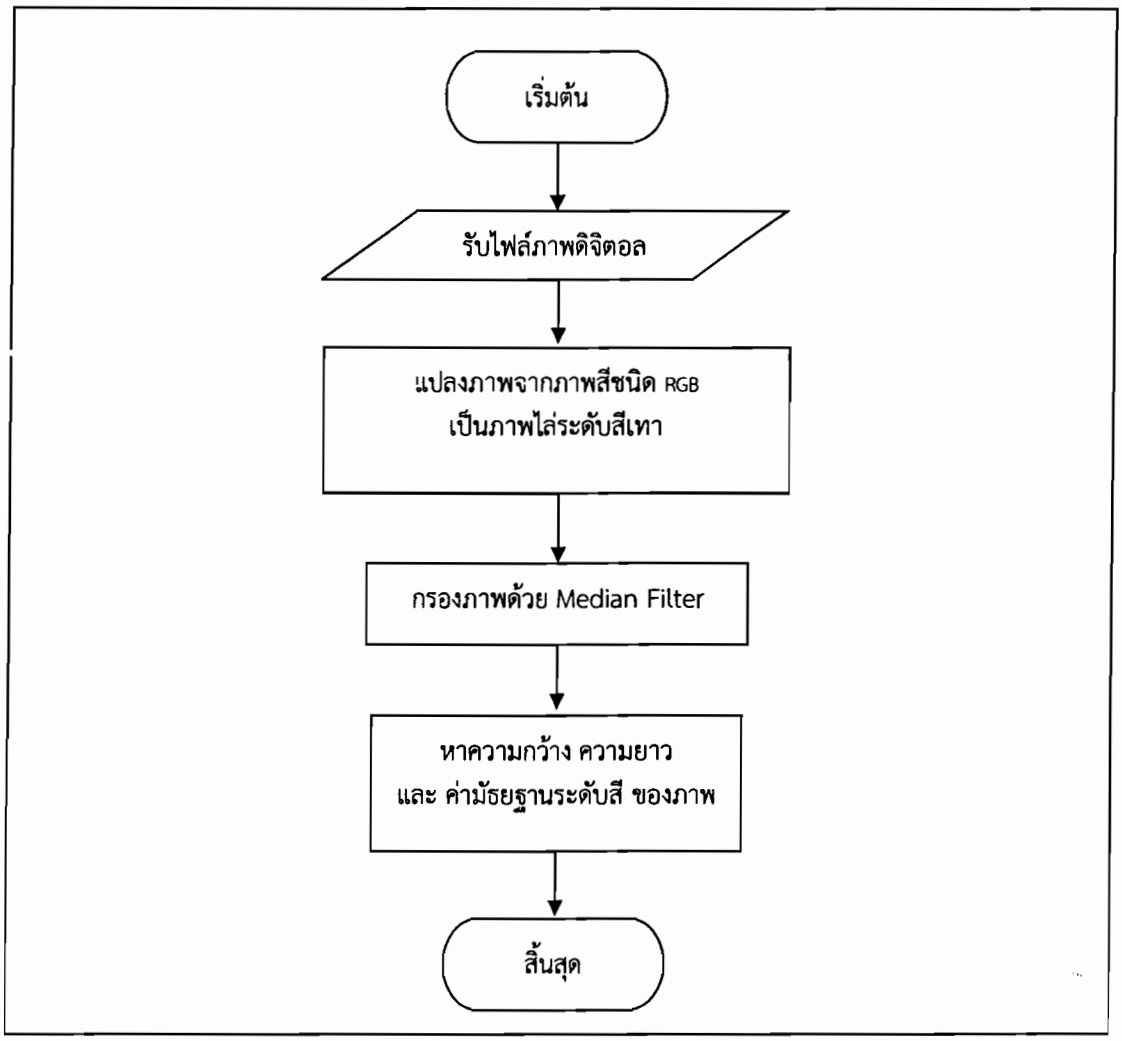
ขั้นตอนการเตรียมประมวลผลภาพ เป็นขั้นตอนการเตรียมภาพดิจิตอลก่อนการประมวลผล ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

3.2.1.1 รับไฟล์ภาพดิจิตอลที่ใช้เป็นข้อมูลในการประมวลผล

3.2.1.2 แปลงภาพจากภาพสีชนิด RGB เป็น ภาพชนิดไล่ระดับสีเทา

3.2.1.3 กรองภาพด้วย Median Filter เพื่อลดสัญญาณรบกวนในภาพ

3.2.1.4 เก็บข้อมูลความกว้าง ความยาว และค่ามัธยฐานระดับสี ของภาพดิจิตอล

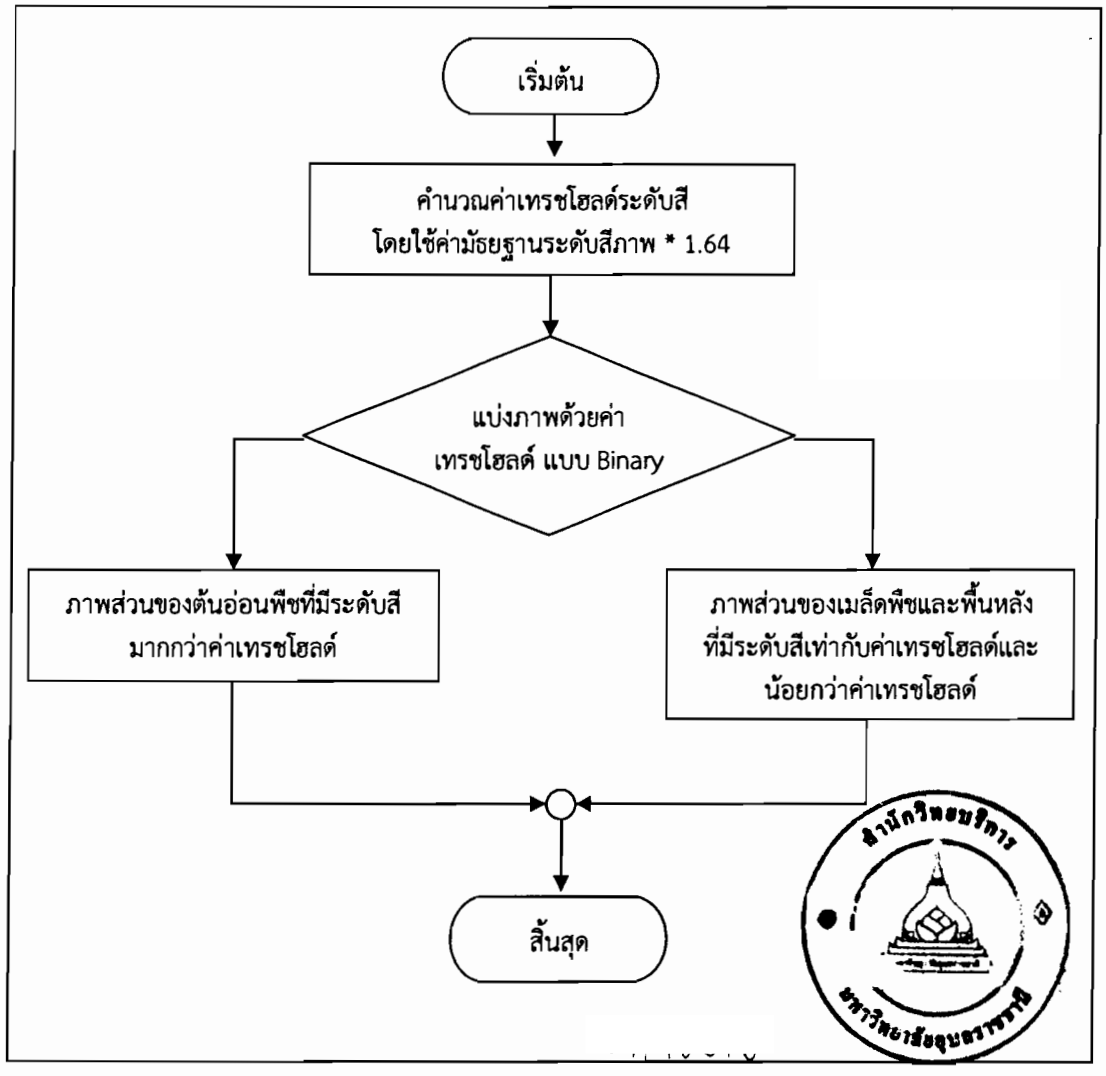


ภาพที่ 3.2 ผังงานขั้นตอนเตรียมประมวลผลภาพ

จากภาพที่ 3.2 เป็นผังงานที่ผู้วิจัยได้ออกแบบในส่วนของการเปลี่ยนสีภาพชนิด RGB ให้เป็นรูปแบบภาพไล่ลำดับสีเทา (Gray Scale) แล้วทำการกรองภาพเพื่อลดสัญญาณรบกวนด้วยการกรองภาพแบบ Median Filter จากนั้นหาความกว้าง ความยาวและมัธยฐานระดับสีของภาพดิจิตอล

3.2.2 ขั้นตอนการแบ่งภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์ระดับสีภาพ แบบ Binary

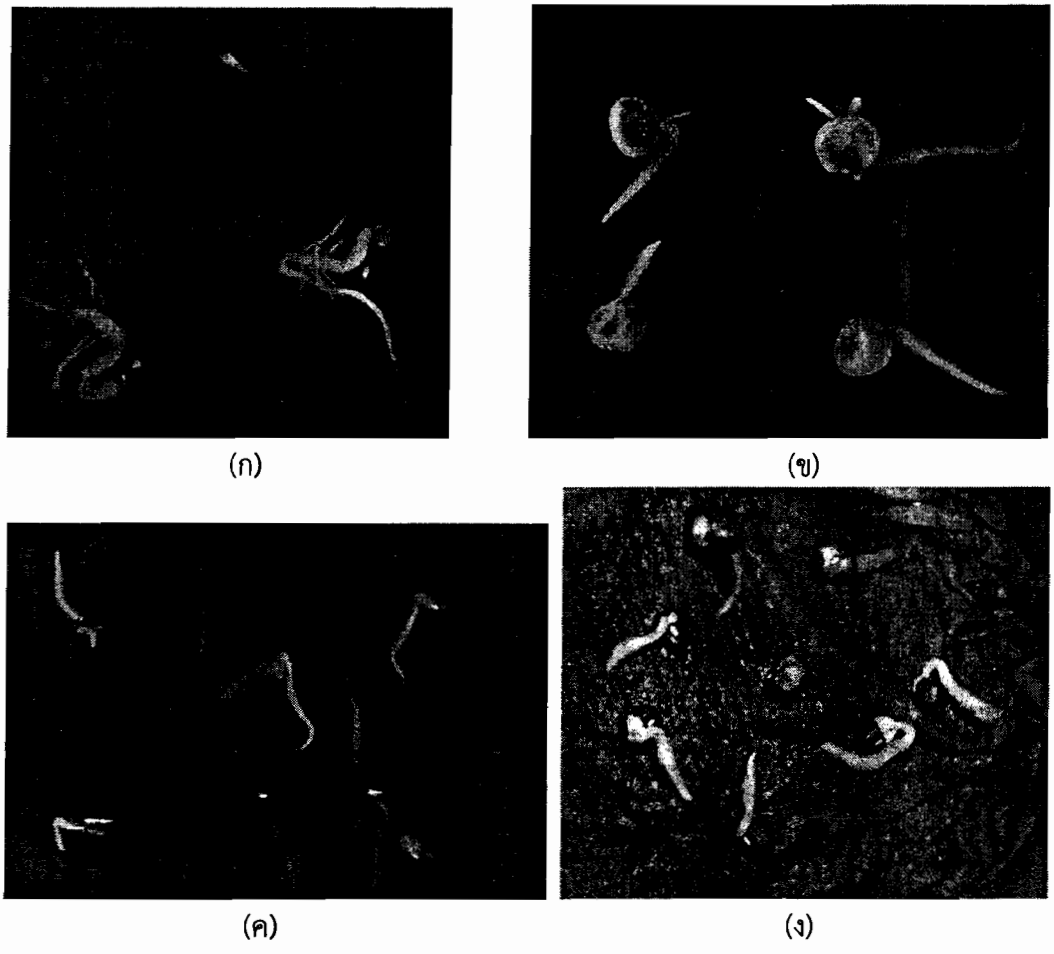
เมื่อเตรียมภาพดิจิตอลแล้ว ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการแบ่งภาพออกเป็นสองส่วนโดยแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ผังงานขั้นตอนการแบ่งภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์ระดับสีภาพ แบบ Binary

จากภาพที่ 3.3 ผู้วิจัยได้กำหนดให้โปรแกรมจำคำนวณค่าเทรชโฮลด์จากค่ามัธยฐานระดับสีภาพคูณด้วยค่าคงที่ 1.64 ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดลอง และจากนั้นก็แบ่งภาพแบบ Binary โดยส่วนภาพที่มีระดับสีมากกว่าค่าเทรดโฮลด์จะเป็นส่วนที่มีช่วงระดับสีสีขาว ซึ่งเป็นภาพส่วนต้นอ่อนของพืช และ ส่วนภาพที่มีระดับสีเท่ากับค่าเทรชโฮลด์แลน้อยกว่าค่าเทรดโฮลด์จะเป็นส่วนที่เป็นเมล็ดพืชและพื้นหลัง

ในการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการคำนวณค่าเทรชโฮลด์ระดับสีภาพนั้น ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเขียนโปรแกรมทดสอบค่าเทรชโฮลด์ และนำมาทดลองใช้กับภาพถ่ายเมล็ดพืช ชุดการสอน ที่แตกต่างกัน 4 ภาพ ดังภาพที่ 3.4



(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 3.4 ภาพตัวอย่างชุดการสอนที่ใช้ทดลองในการหาค่าเทรชโฮลด์: (ก) ภาพถั่วแดงที่ค่อนข้างมืด (ข) ภาพข้าวโพดที่มีองค์ประกอบภาพที่สว่าง (ค) ภาพเมล็ดข้าวที่สีเมล็ดเป็นสีใกล้เคียงกับพื้นหลัง (ง) ภาพถั่วเขียวที่มีองค์ประกอบที่ไม่สมบูรณ์

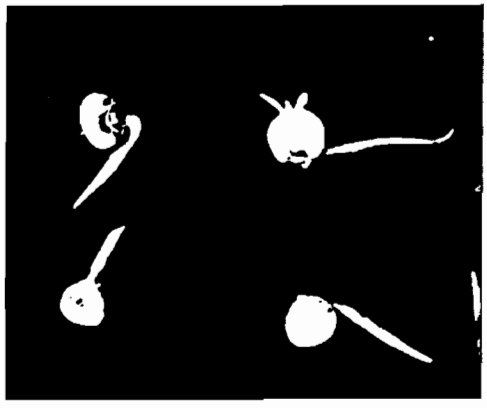
จากภาพที่ 3.4 ตัวอย่างชุดการสอน จะมีองค์ประกอบของภาพแตกต่างกันเพื่อนำมาทดสอบโดยผู้วิจัยได้ใช้ค่าเทรชโฮลด์ทดลองกับภาพตัวอย่างจำนวน 4 ภาพ โดยการทดลองกำหนดรูปแบบการทำเทรชโฮลด์ แบบ Binary และกำหนดค่าเทรชโฮลด์เริ่มต้นที่ 128 (Threshold = 128) และลดค่าเทรชโฮลด์ลงทีละ 10 จากเริ่มต้น จนถึงค่าที่ไม่สามารถตรวจจับวัตถุได้ (หมายถึงภาพเป็นสีขาวทั้งหมด) และจึงทำการเพิ่มค่าขึ้นทีละ 10 จนถึงค่าที่ไม่สามารถตรวจจับวัตถุได้ (หมายถึงภาพเป็นสีดำทั้งหมด) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองเลือกค่าเทรชโฮลด์จากภาพตัวอย่างที่ 3.4

ภาพที่ / Threshold	ภาพ 3.4 (ก)	ภาพ 3.4 (ข)	ภาพ 3.4 (ค)	ภาพ 3.4 (ง)
8	X	X	X	X
18	X	X	X	X
28	X	X	X	X
38	X	X	X	X
48	X	X	X	X
58	X	X	X	X
68	X	X	X	X
78	X	X	X	X
88	X	X	X	X
98	X	X	X	X
108	X	O	O	X
118	O	O	O	X
128	O	O	O	X
138	X	O	O	X
148	X	X	X	X
158	X	X	X	O
168	X	X	X	O
178	X	X	X	O
188	X	X	X	X
198	X	X	X	X
208	X	X	X	X
218	X	X	X	X
228	X	X	X	X
238	X	X	X	X
248	X	X	X	X
หมายเหตุ: X หมายถึง ไม่เหมาะสม O หมายถึง เหมาะสม				

จากตารางที่ 3.2 เป็นตารางแสดงผลลัพธ์ของการทดลองเลือกค่าเทรดโฮลด์ที่เหมาะสมกับการประมวลผลภาพตัวอย่างภายนอกในภาพที่ 3.4 โดยตารางแสดงให้เห็นได้ว่าค่าเทรชโฮลด์ที่เลือกใช้จะเปลี่ยนแปลงไปตามองค์ประกอบของภาพ ซึ่งเมื่อลองนำค่าที่เหมาะสมมาประมวลผลภาพตัวอย่างภายนอก จะได้ผลดังภาพ

ภาพที่ 3.5 ผลการทดสอบโปรแกรมกับภาพที่ 3.4 (ก) ที่ค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 118



ภาพที่ 3.6 ผลการทดสอบโปรแกรมกับภาพที่ 3.4 (ข) ที่ค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 108

ภาพที่ 3.7 ผลการทดสอบโปรแกรมกับภาพที่ 3.4 (ค) ที่ค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 108

ภาพที่ 3.8 ผลการทดสอบโปรแกรมกับภาพที่ 3.4 (ง) ที่ค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 178

จากภาพที่ 3.5 ถึงภาพที่ 3.8 เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสม ซึ่งใช้ค่าเทรชโฮลด์ที่ 118, 108, 108 และ178 ในการแบ่งภาพที่ 3.4 (ก) (ข) (ค) และ (ง) ตามลำดับ และเมื่อนำค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมจากตารางที่ 3.2 มาคำนวณหาค่าคงที่ๆ เหมาะสมในการนำไปใช้คำนวณค่าเทรชโฮลด์ในส่วนของการหาวัตถุที่มีสีขาวและสีเทาที่ใกล้เคียงโดยทำการนำค่าเทรชโฮลด์ในช่วงที่สามารถใช้งานได้มาหาค่ากลางช่วงเทรชโฮลด์ด้วยสมการ

$$T-range = \frac{\min + \max}{2} \tag{3.1}$$

โดย $T-range$ หมายถึง ค่ากลางของช่วงเทรชโฮลด์ที่สามารถตรวจจับต้นอ่อนได้

min หมายถึง ค่าเทรชโฮลด์ที่น้อยที่สุดที่สามารถตรวจจับต้นอ่อนได้

max หมายถึง ค่าเทรชโฮลด์ที่มากที่สุดที่สามารถตรวจจับต้นอ่อนได้

ผู้วิจัยได้นำค่า $T-range$ จากสมการที่ 3.1 มาคำนวนหาผลต่างและค่าคงที่ด้วยการนำค่า มัธยฐานของภาพไปหารค่า $T-range$ ของแต่ละรูปภาพเพื่อหาค่าคงที่ด้วยสมการที่ 3.2

$$X = \frac{T-range}{Mean} \tag{3.2}$$

โดย X หมายถึง ค่าคงที่ที่นำไปคำนวณค่าเทรชโฮลด์

$T-range$ หมายถึง ค่ากลางของช่วงเทรชโฮลด์ที่สามารถตรวจจับต้นอ่อนได้

$Mean$ หมายถึง ค่ามัธยฐานของสีภาพ

และเมื่อนำค่าที่คำนวณได้จากสมการที่ 3.2 มาจัดทำตารางแสดงผลลัพธ์และหาค่าเฉลี่ยรวมในทุกๆ ภาพ เพื่อหาค่าคงที่สำหรับนำไปใช้เป็นค่ามาตรฐานของโปรแกรมจะได้ผลดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 ผลการคำนวณหาค่าคงที่

ภาพที่	*Mean*	*T – range*	ค่าคงที่
3.4 (ก)	84	123	1.46
3.4 (ข)	65	123	1.89
3.4 (ค)	68	123	1.80
3.4 (ง)	118	168	1.42
เฉลี่ย			**1.643**

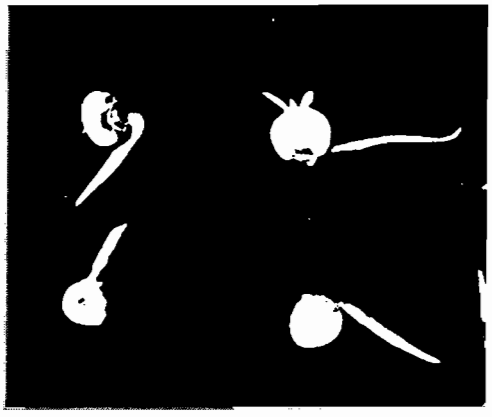
จากตารางที่ 3.3 ผู้วิจัยได้นำค่าคงที่ที่หาได้จากสมการที่ 3.2 มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อหาค่าคงที่และนำไปใช้เป็นค่ามาตรฐานโปรแกรม ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วได้ค่าเท่ากับ 1.643 โดยผู้วิจัยได้ปัดค่าทศนิยมเป็น 1.64 และเมื่อนำค่าคงที่ 1.64 โปรแกรมมาทดลองคำนวณค่าเทรชโฮลด์โดยนำค่าคงที่ที่ได้ไปคูณกับค่า *Mean* ของแต่ละภาพตัวอย่าง โดยแสดงผลการคำนวณในตารางที่ 3.3 จากนั้นนำค่าเทรชโฮลด์ที่ได้ไปทำการประมวลผลกับภาพแต่ละภาพอีกครั้ง

ตารางที่ 3.4 ผลการคำนวณค่าเทรชโฮลด์ด้วยการคูณค่าคงที่ 1.64

ภาพที่	*Mean*	ค่าคงที่	ค่าเทรชโฮลด์ที่ได้
3.4 (ก)	84	1.64	137
3.4 (ข)	65	1.64	106
3.4 (ค)	68	1.64	111
3.4 (ง)	118	1.64	193

จากตารางที่ 3.4 เป็นการคำนวณค่าเทรชโฮลด์ที่จะนำไปประมวลผลใหม่ โดยคำนวณค่าเทรชโฮลด์ด้วยการนำ *Mean* มาคูณด้วยค่าคงที่ 1.64 เมื่อได้ค่าเทรชโฮลด์แล้วนำไปทดลองประมวลผลภาพในภาพที่ 3.4 อีกครั้งเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ ดังภาพที่ 3.9 ถึงภาพที่ 3.12

ภาพที่ 3.9 ภาพตัวอย่างที่ 3.4 (ก) ที่ตัดภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 137



ภาพที่ 3.10 ภาพตัวอย่างที่ 3.4 (ข) ที่ตัดภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 106

ภาพที่ 3.11 ภาพตัวอย่างที่ 3.4 (ค) ที่ตัดภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 111

ภาพที่ 3.12 ภาพตัวอย่างที่ 3.4 (ง) ที่ตัดภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 193

จากภาพที่ 3.9 ถึงภาพที่ 3.12 เป็นภาพผลลัพธ์ที่ประมวลผลด้วยค่าเทรชโฮลด์ที่คำนวณด้วยการคูณค่าคงที่ 1.64 พบว่า ภาพผลลัพธ์ในทุกตัวอย่างมีผลการตรวจจับส่วนที่มีสีขาวที่คาดว่าเป็นต้นอ่อนได้ดี ซึ่งค่าคงที่ 1.64 ถือว่าเป็นค่าเหมาะสมสำหรับใช้เป็นค่าพื้นฐานของการคำนวณค่าเทรชโฮลด์

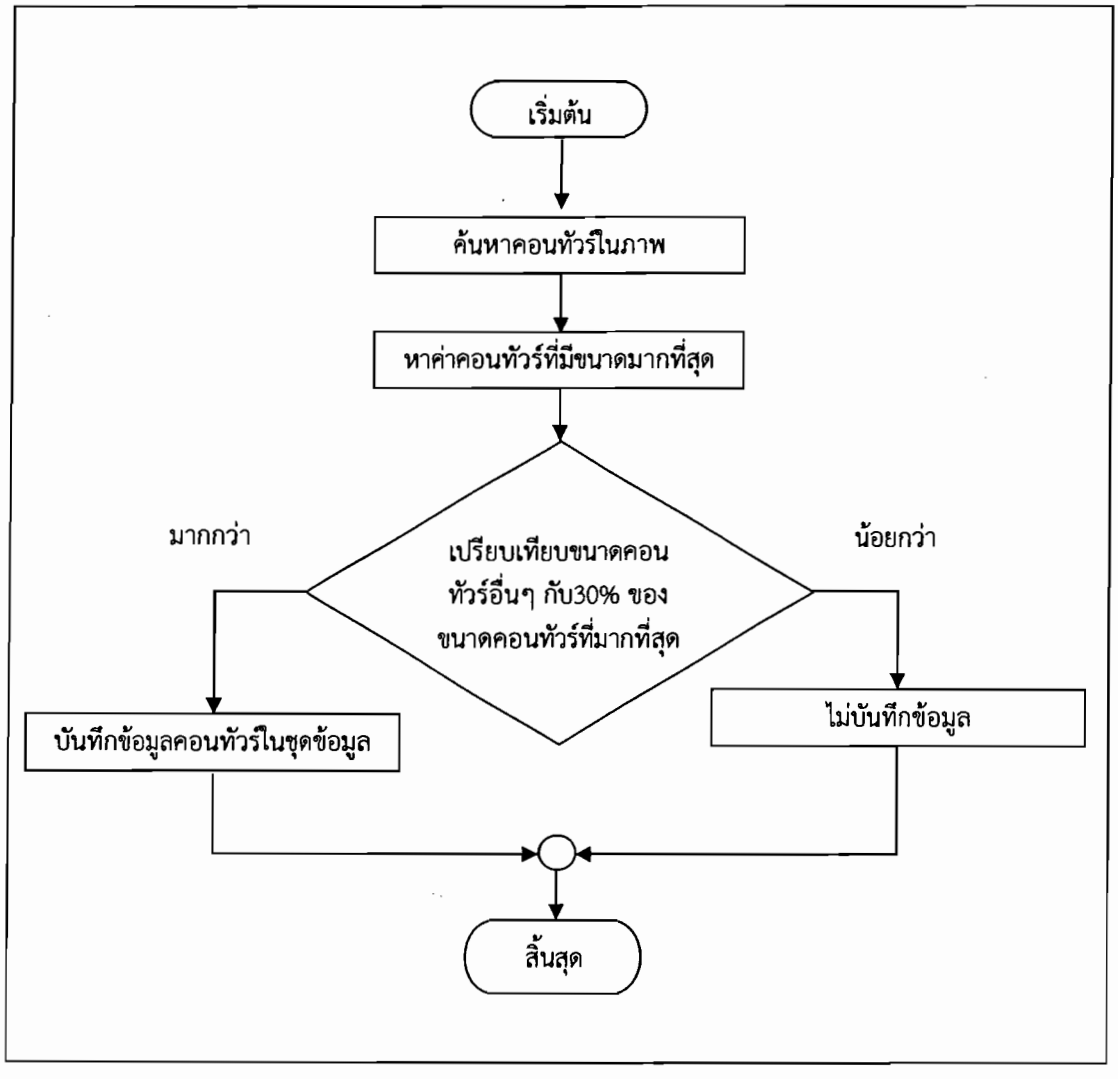
แต่การแบ่งภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์ได้จากการคำนวณในบางครั้งผลที่ได้อาจจะยังไม่สามารถวิเคราะห์ส่วนของต้นอ่อนพืชได้ชัดเจน แต่สามารถนำค่าที่คำนวณได้มาใช้อ้างอิงในการหาค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมได้

3.2.3 ขั้นตอนค้นหาคอนทัวร์ในภาพ

เมื่อแบ่งภาพออกแล้ว ผู้วิจัยได้ค้นหาคอนทัวร์ในภาพที่แบ่งส่วนแล้วโดยทำการวิเคราะห์ส่วนของภาพต้นอ่อนพืช (ส่วนที่มีค่าระดับสีภาพมากกว่าค่าเทรชโฮลด์) โดยถือว่าต้นอ่อนคือผลลัพธ์ของโปรแกรม และนำมาค้นหาและวิเคราะห์คอนทัวร์ตามขั้นตอนดังนี้

3.2.3.1 หาขนาดของคอนทัวร์ที่มากที่สุดเพื่อใช้เป็นร้อยละเปรียบเทียบกับคอนทัวร์อื่น

3.2.3.2 เก็บข้อมูลของคอนทัวร์ที่มีขนาดมากกว่าร้อยละ 30 ของคอนทัวร์ที่มีขนาดมากที่สุดในภาพดิจิตอลที่ประมวลผล ซึ่งถือว่าเป็นคอนทัวร์ของต้นอ่อนพืชที่อยู่ในกลุ่มต้นอ่อนที่งอก

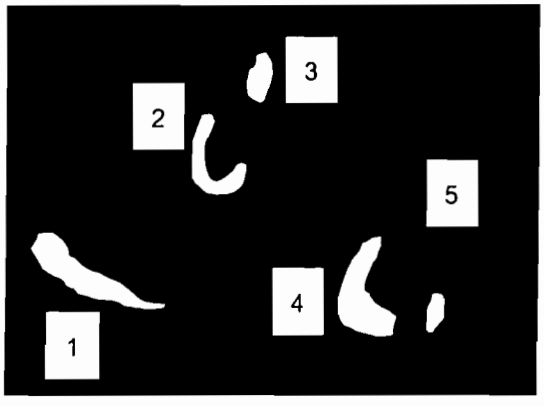


ภาพที่ 3.13 ขั้นตอนค้นหาคอนทัวร์ในภาพ

จากภาพที่ 3.13 เป็นผังงานขั้นตอนค้นหาคอนทัวร์ในภาพ โดยใช้สมมุติฐานว่าพื้นที่สีขาวส่วนใหญ่ของภาพจะต้องเป็นส่วนของต้นอ่อนพืช โดยต้นอ่อนของพืชที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือต้นอ่อนที่สมบูรณ์ที่สุด เพราะในระยะเวลาการเพาะที่เท่ากันสามารถพัฒนารากได้มากกว่าที่สุด โดยค่าขนาดร้อยละ 30 ของขนาดคอนทัวร์ที่มากที่สุดในภาพดิจิตอลที่ประมวลผล โดยเป็นค่าที่ได้จากการทดลองด้วยตัวอย่างชุดฝึกสอนเพื่อเลือกค่าที่เหมาะสมเพื่อให้ได้คอนทัวร์ที่เป็นต้นอ่อนพืชได้ชัดเจนและสามารถตัดคอนทัวร์ที่คาดว่าเป็นต้นอ่อนที่ไม่งอกและสิ่งแปลกปลอมออกไปได้

3.2.4 ขั้นตอนคำนวณระยะห่างของคอนทัวร์

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระยะห่างของคอนทัวร์ เพื่อตรวจสอบว่ามีคอนทัวร์ใดที่เป็นชิ้นส่วนของต้นอ่อนเดียวกัน ด้วยหาจุดศูนย์กลางของคอนทัวร์แล้วจัดทำคู่อันดับของระยะห่างในคอนทัวร์แต่ละชุดดังตัวอย่างในภาพที่ 3.14



	C1	C2	C3	C4	C5
C1	-	dx,dy	dx,dy	dx,dy	dx,dy
C2	dx,dy	-	dx,dy	dx,dy	dx,dy
C3	dx,dy	dx,dy	-	dx,dy	dx,dy
C4	dx,dy	dx,dy	dx,dy	-	dx,dy
C5	dx,dy	dx,dy	dx,dy	dx,dy	-

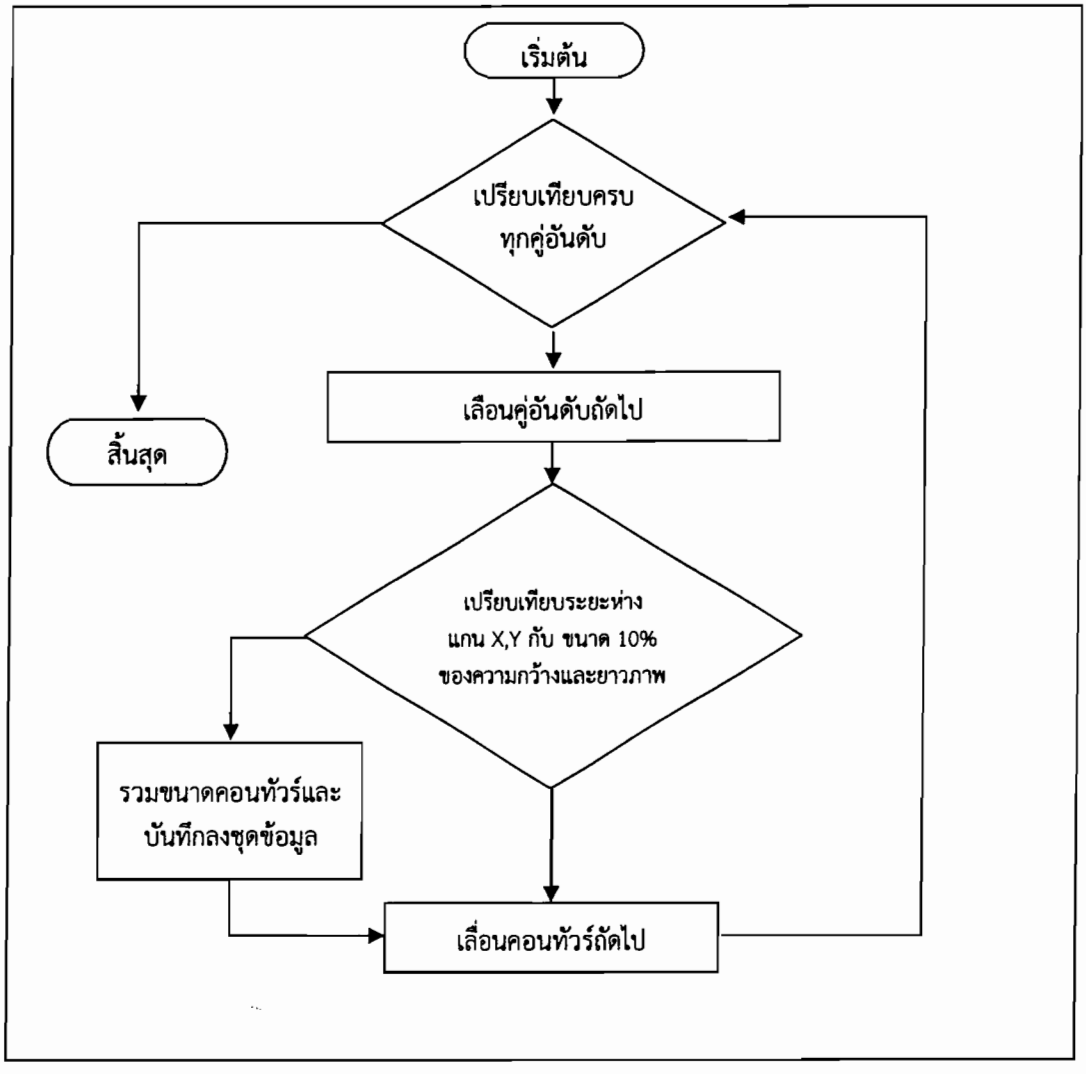
C1...Cn หมายถึง คอนทัวร์ใดๆ
dx หมายถึง ระยะห่างด้านความยาว (แกน X) โดยการหาผลต่างระหว่างจุดศูนย์กลาง
dy หมายถึง ระยะห่างด้านความกว้าง (แกน Y) โดยการหาผลต่างระหว่างจุดศูนย์กลาง

ภาพที่ 3.14 การหาระยะห่างของคอนทัวร์

จากภาพที่ 3.14 เป็นภาพที่แสดงตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาระยะห่างและเปรียบเทียบระยะห่างของคอนทัวร์ โดยอาศัยตารางคู่อันดับ ระยะห่างของด้านกว้าง (แกน Y) และระยะห่างของด้านยาว (แกน X) โดยการนำจุดศูนย์กลางของรูปไร้รูปทรง (Centroid) ของคอนทัวร์สองคอนทัวร์มาลบกันเพื่อหาผลต่าง เป็นขนาดของระยะทาง จากนั้นบันทึกลงชุดข้อมูล โดยการเปรียบเทียบระยะของคอนทัวร์จะทำทุกๆคอนทัวร์ที่บันทึกไว้ในชุดข้อมูลในลักษณะตารางชุดข้อมูลแบบสองมิติ ซึ่ง ค่า dx หมายถึงระยะห่างทางด้านยาวของภาพ (แกน X) มีหน่วยเป็น Pixel และ ซึ่ง ค่า dy หมายถึงระยะห่างทางด้านกว้างของภาพ (แกน Y) มีหน่วยเป็น Pixel

3.2.5 ขั้นตอนรวมขนาดของคอนทัวร์

เป็นขั้นตอนเพื่อสร้างข้อมูลของต้นอ่อนพืช โดยการนำชุดข้อมูลที่คำนวณระยะห่างเรียบร้อยแล้วมาทำการรวมขนาดโดยเทียบค่าระยะห่าง โดยระยะห่างจะใช้ค่าที่ร้อยละ 10 ของความกว้างของภาพ (แกน X) และความสูงของภาพ (แกน Y) โดยค่าดังกล่าวได้มาจากการทดลองเปรียบเทียบระยะห่างของคอนทัวร์จากตัวอย่างชุดการสอน โดยเลือกใช้ระยะห่างที่ร้อยละ 10 เป็นค่าที่เหมาะสมโดยให้ผลการรวมพื้นที่ได้ถูกต้องที่สุด โดยถ้าคอนทัวร์มีระยะห่างกันน้อยกว่าร้อยละ 10 ทั้งใน แกน X และ แกน Y ถือว่าเป็นคอนทัวร์ของวัตถุเดียวกันให้รวมขนาดเข้าด้วยกัน เนื่องจากต้นอ่อนพืชจะมีส่วนรากและส่วนลำต้น ซึ่งแสดงขั้นตอนด้วยผังงานในภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 ผังงานขั้นตอนรวมขนาดของคอนทัวร์

3.2.6 ขั้นตอนเพิ่มเติมในส่วนการประมวลผลภาพเมล็ดพืชและภาพพื้นหลัง

ภาพส่วนของเมล็ดพืชและพื้นหลัง (ส่วนที่มีค่าระดับสีภาพน้อยกว่าค่าเทรชโฮลด์) ผู้วิจัยได้เพิ่มเติมขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาคอนทัวร์ของเมล็ดพืช โดยมีขั้นตอนย่อยดังนี้

3.2.6.1 การคำนวณค่าเทรชโฮลด์เพื่อแยกภาพเมล็ดและพื้นหลังด้วยวิธีของ Heppenstall (2007) ที่ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีในการคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์ไว้ดังนี้

1) เลือกค่าเทรชโฮลด์เริ่มต้นเพื่อใช้แบ่งภาพ (T) โดยอาจจะใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยสีของภาพ หรือใช้ค่า 128 ที่เป็นค่ากลางของระดับสีก็ได้

2) ทำการแบ่งภาพด้วยค่า T โดยภาพที่มีค่ามากกว่า T กำหนดให้เป็น R1 และ ภาพที่มีค่าน้อยกว่า T กำหนดให้เป็น R2

3) คำนวณค่ามัธยฐานของ R1 และ R2 โดยกำหนดค่ามัธยฐานของ R1 และ R2 เป็น $\mu 1$ และ $\mu 2$ ตามลำดับ

4) คำนวณค่าเทรชโฮลด์ใหม่ ($Tnew$) ด้วยสมการ

$$Tnew = \frac{1}{2}(\mu 1 + \mu 2) \tag{3.3}$$

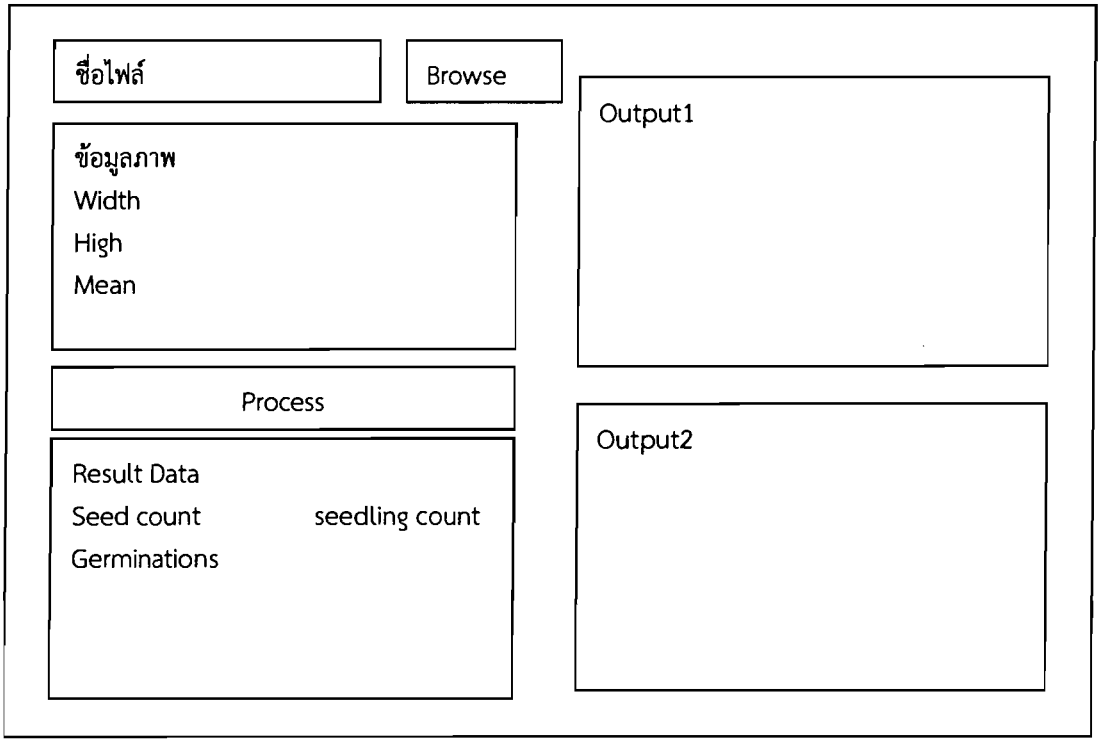
5) ทำการเปรียบเทียบค่า $Tnew$ กับค่า T โดยถ้าค่า T มีค่าไม่เท่ากับ $Tnew$ ให้แทนค่า T ด้วยค่า $Tnew$ และนำไปคำนวณในข้อที่ 2) ถึง ข้อที่ 5) ใหม่ แต่ถ้าค่า $Tnew$ มีค่าเท่ากันกับ T แสดงว่าค่า $Tnew$ ที่คำนวณได้เหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้

3.2.6.2 การแบ่งภาพด้วยค่าเทรชโฮลด์ เป็นขั้นตอนในการแยกภาพในส่วนที่เหลือออกเพื่อหาภาพเมล็ดพืชโดยการคำนวณค่าเทรชโฮลด์ใหม่อีกครั้งและทำการแบ่งภาพโดยเงื่อนไขมีสองกรณี โดยถ้าเมล็ดพืชมีสีเข้มกว่าพื้นหลัง เงื่อนไข A จะเป็นค่าที่มากกว่าเทรชโฮลด์ และเงื่อนไข B จะเป็นค่าที่น้อยกว่าเทรชโฮลด์แต่ถ้าเมล็ดเป็นสีอ่อนเงื่อนไข A และB จะเปลี่ยนแปลงเป็นตรงข้าม คือ หลัง เงื่อนไข A จะเป็น ค่าที่น้อยกว่าเทรชโฮลด์ และเงื่อนไข B จะเป็นค่าที่มากกว่าเทรชโฮลด์

อย่างไรก็ตามถ้าเมล็ดเป็นสีอ่อนมากๆ ก็จะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้เนื่องจากค่าสีของเมล็ดใกล้เคียงกับต้นอ่อนเกินไปทำให้ภาพเมล็ดถูกตัดรวมกับต้นอ่อนไปแล้วนั้นเอง ซึ่งโดยหลักการของเทคนิคการประมวลผลภาพแบบการตรวจจับวัตถุ วัตถุที่ตรวจจับกับวัตถุที่ไม่ต้องการต้องมีสีที่แตกต่างกัน

3.3 การพัฒนาโปรแกรม

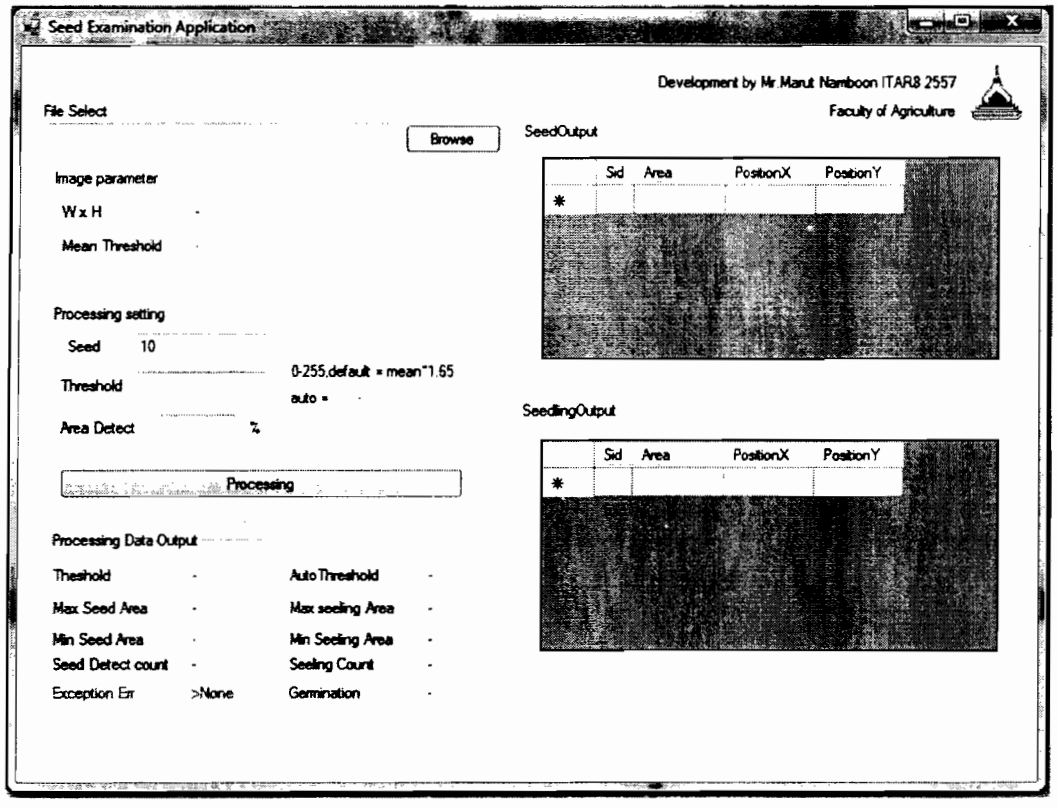
ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C++ บนโปรแกรม Visual studio C++ Express 2010 ของบริษัท Microsoft และชุดไลบรารีประมวลผลภาพดิจิตอล OpenCV เวอร์ชั่น 2.4.3 โดยผู้วิจัยได้ออกแบบอินเตอร์เฟสของโปรแกรมไว้ดังนี้



ภาพที่ 3.16 ภาพการออกแบบอินเตอร์เฟสของโปรแกรม

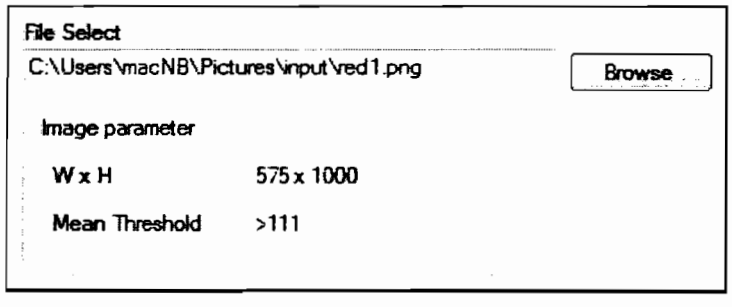
จากภาพที่ 3.16 ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบหน้าต่างอินเตอร์เฟสของโปรแกรม ประกอบไปด้วยส่วนการเรียกไฟล์ภาพดิจิตอลสำหรับประมวลผล ส่วนที่แสดงผลข้อมูลของภาพ ส่วนการแสดงข้อมูลผลลัพธ์ และข้อมูลของต้นอ่อนและเมล็ดพืชที่ประมวลผลได้

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมตามที่ออกแบบไว้ดังภาพที่ 3.16 โดยโปรแกรมที่พัฒนาได้มีหน้าต่างอินเตอร์เฟสดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 หน้าต่างอินเตอร์เฟสของโปรแกรมประยุกต์ฯ

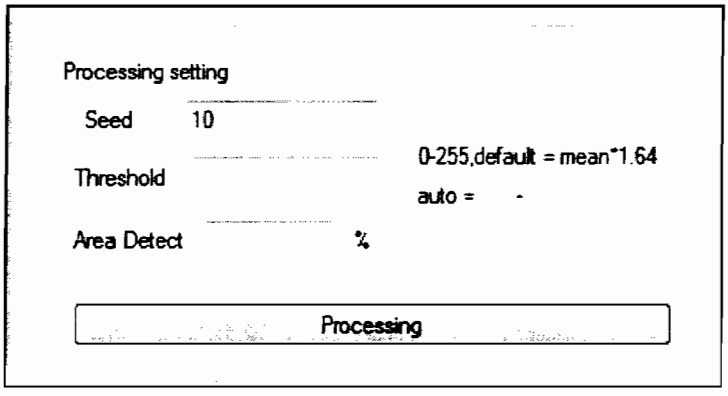
จากภาพที่ 3.17 เป็นภาพของอินเตอร์เฟสโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นตามที่ออกแบบไว้ซึ่งแบ่งส่วนอธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 3.18 ส่วนการอ่านไฟล์และข้อมูลภาพเบื้องต้น

3.3.1 ส่วนการอ่านไฟล์และข้อมูลภาพเบื้องต้น

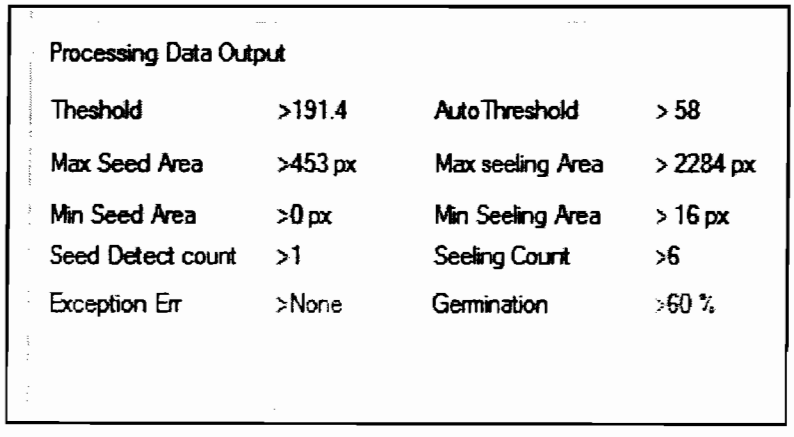
จากภาพที่ 3.18 ในส่วนการอ่านไฟล์ ประกอบไปด้วยปุ่มสำหรับเลือกไฟล์ภาพเพื่อประมวลผล โดยใช้ไฟล์สกุล JPG JPEG หรือ PNG เท่านั้น และในส่วนของ ข้อมูลภาพเบื้องต้นจะแสดงค่าความกว้างของภาพ (W) และค่าความสูงของภาพ (H) และ ค่าสีเฉลี่ยของภาพ (Grayscale)



ภาพที่ 3.19 ส่วนที่ใช้ปรับแต่งค่าการประมวลผล

3.3.2 ส่วนที่ใช้ปรับแต่งค่าการประมวลผล

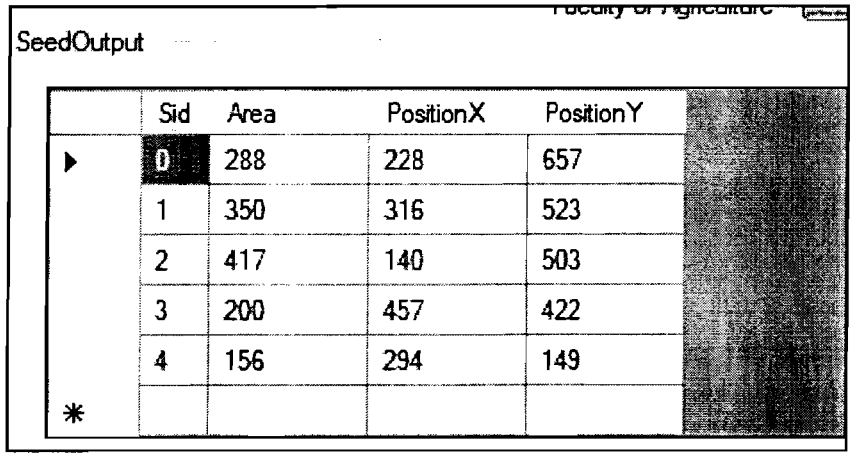
จากภาพที่ 3.19 เป็นส่วนที่ใช้ปรับแต่งค่าการประมวลผลโดยมีช่องให้ใส่จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ ช่อง Threshold โปรแกรมจะคำนวณค่าเทรชโฮลด์และแสดงค่าเทรชโฮลด์ที่โปรแกรมคำนวณไว้ให้ คือ คือค่ามัธยฐานของสีภาพคูณด้วยค่าคงที่ 1.64 โดยมีช่องให้ป้อนข้อมูลค่าเทรชโฮลด์เพื่อเลือกค่าเองในกรณีที่การประมวลผลด้วยค่าที่โปรแกรมคำนวณให้ไม่ได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจน ช่อง Area Detect เป็นส่วนที่ไว้ใส่ค่า ร้อยละเพื่อนำไปเทียบกับคอนทัวร์ที่มีพื้นที่มากที่สุด และปุ่ม Processing สำหรับกดเพื่อเริ่มต้นการประมวลผล



ภาพที่ 3.20 ส่วนข้อมูลหลังการประเมินผล

3.3.3 ส่วนข้อมูลหลังการประเมินผล

จากภาพที่ 3.20 เป็นส่วนที่ใช้แสดงข้อมูลผลของการประมวลผลภาพ ประกอบไปด้วยค่าเทรชโฮลด์ที่ใช้ในการประมวล ค่าพื้นที่คอนทัวร์ที่มากที่สุด จำนวนเมล็ดและต้นอ่อนที่ตรวจจับได้ ค่าเปอร์เซ็นความงอก และความผิดพลาดของโปรแกรม

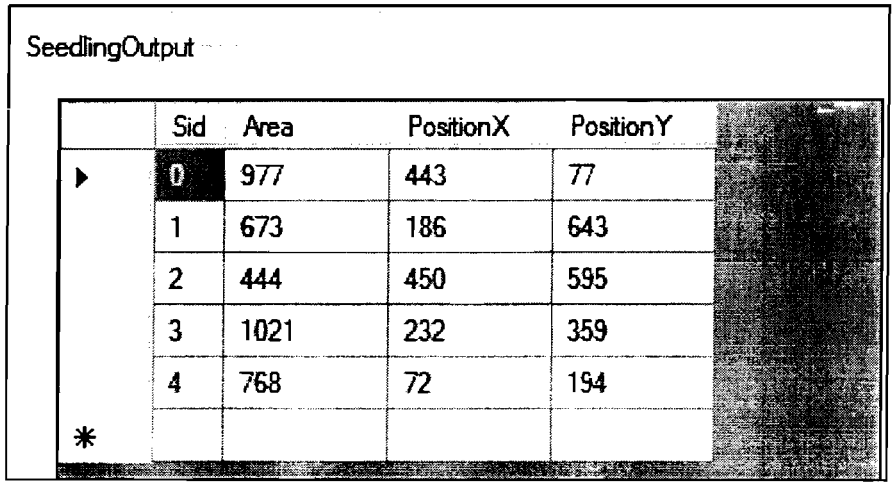

SeedOutput

	Sid	Area	PositionX	PositionY
▶	0	288	228	657
	1	350	316	523
	2	417	140	503
	3	200	457	422
	4	156	294	149
*				

ภาพที่ 3.21 ส่วนข้อมูลหลังการประเมินผล Output 1 (Seed Output)

3.3.4 ส่วนข้อมูลหลังการประเมินผล Output 1 (Seed Output)

จากภาพที่ 3.21 เป็นส่วนที่แสดงข้อมูลของการประมวลผลส่วนของเมล็ดพืช โดยแสดงค่า เลขลำดับคอนทัวร์ พื้นที่คอนทัวร์ในภาพ พิกัดจุดศูนย์กลางแกน X และ พิกัดจุดศูนย์กลางแกน Y


SeedlingOutput

	Sid	Area	PositionX	PositionY
▶	0	977	443	77
	1	673	186	643
	2	444	450	595
	3	1021	232	359
	4	768	72	194
*				

ภาพที่ 3.22 ส่วนข้อมูลหลังการประเมินผล Output 2 (Seedling Output)

3.3.5 ส่วนข้อมูลหลังการประเมินผล Output 2 (Seedling Output)

จากภาพที่ 3.22 เป็นภาพส่วนการแสดงข้อมูลของการประมวลผลส่วนของ ต้นอ่อนพืช โดยแสดงค่า เลขลำดับคอนทัวร์ พื้นที่คอนทัวร์ในภาพ พิกัดจุดศูนย์กลางแกน X และ พิกัดจุดศูนย์กลางแกน Y

3.4 การใช้งานและทดสอบโปรแกรม

ในการใช้งานโปรแกรมประยุกต์สำหรับทดสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยการประมวลผลภาพดิจิตอล มีขั้นตอนในเตรียมข้อมูลนำเข้าและการใช้โปรแกรมดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.4.1 การเตรียมข้อมูลนำเข้า สำหรับภาพดิจิตอลที่นำมาประมวลผลนั้นมีขั้นตอนในการเตรียมการดังนี้

3.4.1.1 ถ้าภาพดิจิตอลเป็นไฟล์ชนิดอื่นๆ ต้องแปลงไฟล์เป็นชนิด JPEG JPG หรือ PNG

3.4.1.2 ปรับขนาดของภาพดิจิตอลให้มีขนาดความกว้าง (W) ไม่เกิน 600 พิกเซล และความสูง (H) ไม่เกิน 600 พิกเซล

3.4.2 การใช้งานโปรแกรมประยุกต์

3.4.2.1 กดปุ่ม Browse เพื่อเลือกไฟล์ภาพที่ต้องการประมวลผล

3.4.2.2 ป้อนค่าตัวเลขของจำนวนเมล็ดที่ทำการเพาะในช่อง Seed เพื่อใช้คำนวณหาเปอร์เซนต์ความงอก

3.4.2.3 กดปุ่ม Processing เพื่อประมวลผลภาพดิจิตอล

3.4.2.4 ในกรณีที่ต้องการปรับแต่งค่าการประมวลผลเพิ่มเติม สามารถปรับแต่งค่าได้ดังต่อไปนี้

1) ช่อง Threshold ใส่ค่าตัวเลขตั้งแต่ 0-255 เพื่อปรับแต่งค่าเทรชโฮลด์ในการแบ่งภาพให้ได้วัตถุที่ชัดเจนขึ้นในกรณีที่ค่าที่โปรแกรมตั้งไว้ให้ผลลัพธ์ไม่เหมาะสม

2) ช่อง Area Detect ใส่ค่าตัวเลขตั้งแต่ 1-100 เพื่อเปรียบเทียบพื้นที่ในการตรวจจับวัตถุใหม่ ในกรณีการตรวจจับวัตถุให้ผลผิดพลาดมากเกินไป

3.4.2.5 ข้อมูลการประมวลผลจะแสดงในช่อง Seed Output และ Seedling Output

3.4.2.6 ผลลัพธ์ในการประมวลผลและเปอร์เซ็นต์ความงอกจะแสดงในส่วน Processing Data Output

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิจัย เรื่องการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับทดสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยการประมวลผลภาพ มีการเก็บข้อมูลจากการประมวลผลตัวอย่างชุดทดลองจำนวน 36 ภาพตัวอย่าง และได้ข้อมูลเพื่อประเมินผลการวิจัยและหาผลด้านประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ โดยแสดงผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการประมวลผลภาพดิจิตอลของตัวอย่างชุดทดสอบ

ในการทดลองวิจัยและการเก็บบันทึกผลการประมวลผลของโปรแกรมประยุกต์ฯ ผู้วิจัยได้ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองของโปรแกรมประยุกต์ฯ และได้ข้อมูลการประมวลผลของโปรแกรมประยุกต์ฯ โดยแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการประมวลผลจากโปรแกรมประยุกต์

ลำดับ	พืช	ชื่อรูปภาพ	Mean	ค่าเทรชโฮลด์	คอนทัวร์ที่	พื้นที่ (พิกเซล)	พิกัดXของ Centriod	พิกัดYของ Centriod	เปอร์เซ็นความงอก
1	ผักบุ้ง	v1.png	115	188	0	439	251	557	
	.				1	209	93	350	
					2	306	212	314	
					3	210	61	99	
					4	528	281	83	50.00
2	ผักบุ้ง	v2.png	97	159	0	978	443	77	
					1	676	186	643	
					2	449	451	595	
					3	1021	232	359	
					4	771	72	194	50.00
3	ผักบุ้ง	v3.png	100	164	0	552	119	561	
					1	460	411	510	
					2	580	294	419	
					3	537	55	298	
					4	712	224	264	
					5	691	414	198	
					6	657	69	123	
					7	709	438	60	80.00
4	ผักบุ้ง	v4.png	101	165	0	441	366	655	
					1	446	152	530	

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการประมวลผลจากโปรแกรมประยุกต์ (ต่อ)

ลำดับ	พืช	ชื่อรูปภาพ	Mean	ค่าเทรชโฮลด์	คอนทัวร์ที่	พื้นที่ (พิกเซล)	พิกัดXของ Centriod	พิกัดYของ Centriod	เปอร์เซ็นความงอก
					2	1107	356	466	
					3	732	196	261	
					4	710	400	231	
					5	752	401	47	60.00
5	ผักบุ้ง	v5.png	117	191	0	478	370	643	
					1	819	107	578	
					2	570	90	364	
					3	664	370	250	
					4	616	68	109	
					5	369	300	30	60.00
6	ผักบุ้ง	v6.png	138	226	0	502	358	164	
					1	200	350	641	
					2	347	90	622	
					3	472	120	44	40.00
7	ถั่วเขียว	green1.png	118	193	0	1424	614	475	
					1	1494	456	441	
					2	1663	115	464	
					3	1623	282	361	
					4	1285	828	306	
					5	1398	618	112	
					6	2350	122	140	70.00
8	ถั่วเขียว	green2.png	120	196	0	2716	720	519	
					1	943	483	524	
					2	861	134	552	
					3	1389	285	373	
					4	1989	915	377	
					5	2196	82	369	
					6	1210	561	308	
					7	2007	154	130	
					8	1854	701	85	90.00
9	ถั่วเขียว	green3.png	116	190	0	1288	103	443	
					1	1035	468	431	
					2	577	389	325	
					3	526	332	198	
					4	503	509	182	
					5	570	378	49	60.00
10	ถั่วเขียว	green4.png	90	147	0	1224	483	506	

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการประมวลผลจากโปรแกรมประยุกต์ (ต่อ)

ลำดับ	พืช	ชื่อรูปภาพ	Mean	ค่าเทรชโฮลด์	คอนทัวร์ที่	พื้นที่ (พิกเซล)	พิกัดXของ Centriod	พิกัดYของ Centriod	เปอร์เซ็นความงอก
					1	1480	108	458	
					2	1294	273	404	
					3	1080	406	310	
					4	930	128	231	
					5	1532	336	178	
					6	1308	49	85	70.00
11	ถั่วเขียว	green5.png	116	190	0	2328	206	539	
					1	960	451	460	
					2	1812	851	407	
					3	2003	304	328	
					4	1128	570	224	
					5	1975	119	229	60.00
12	ถั่วเขียว	green6.png	138	185	0	857	393	465	
					1	470	569	407	
					2	974	80	275	
					3	1052	464	226	
					4	564	629	103	
					5	1547	396	54	60.00
13	ข้าวโพด	corn1.png	68	111	0	531	255	414	
					1	595	58	358	
					2	840	150	403	
					3	560	301	50	
					4	1595	42	76	50.00
14	ข้าวโพด	corn2.png	70	114	0	966	51	403	
					1	854	80	252	
					2	1283	220	136	
					3	838	364	114	
					4	677	98	43	50.00
15	ข้าวโพด	corn3.png	68	106	0	850	206	504	
					1	670	367	412	
					2	814	78	334	
					3	637	166	205	
					4	1036	365	201	
					5	1157	322	79	60.00
16	ข้าวโพด	corn4.png	72	118	0	1254	160	369	
					1	710	411	290	
					2	551	115	251	

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการประมวลผลจากโปรแกรมประยุกต์ (ต่อ)

ลำดับ	พืช	ชื่อรูปภาพ	Mean	ค่าเทรชโฮลด์	คอนทัวร์ที่	พื้นที่ (พิกเซล)	พิกัดXของ Centriod	พิกัดYของ Centriod	เปอร์เซ็นความงอก
					3	559	315	175	
					4	796	107	141	50.00
17	ข้าวโพด	corn5.png	98	160	0	2704	100	389	
					1	1668	568	413	
					2	1499	723	158	
					3	3938	284	155	40.00
18	ข้าวโพด	corn6.png	71	116	0	723	168	505	
					1	678	119	405	
					2	956	386	378	
					3	578	34	301	
					4	811	384	162	
					5	501	89	97	
					6	726	191	59	70.00
19	ข้าว	rice1.png	68	111	0	277	231	454	
					1	396	312	322	
					2	216	47	285	
					3	142	429	162	
					4	286	131	152	
					5	135	275	95	
					6	166	55	75	70.00
20	ข้าว	rice2.png	64	100	0	222	262	453	
					1	230	350	362	
					2	180	354	228	
					3	553	195	176	
					4	334	73	124	50.00
21	ข้าว	rice3.png	70	95	0	327	233	403	
					1	309	95	387	
					2	431	140	243	
					3	172	379	351	
					4	153	410	249	
					5	322	252	187	
					6	736	118	134	
					7	116	317	77	80.00
22	ข้าว	rice4.png	112	168	0	376	389	556	
					1	400	136	524	
					2	427	506	188	
					3	257	301	373	

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการประมวลผลจากโปรแกรมประยุกต์ (ต่อ)

ลำดับ	พืช	ชื่อรูปภาพ	Mean	ค่าเทรชโฮลด์	คอนทัวร์ที่	พื้นที่ (พิกเซล)	พิกัดXของ Centriod	พิกัดYของ Centriod	เปอร์เซ็นความงอก
					4	105	141	269	
					5	297	254	256	
					6	361	191	91	
					7	127	388	38	80.00
23	ข้าว	rice5.png	70	108	0	189	192	453	
					1	107	306	433	
					2	302	101	329	
					3	93	293	229	
					4	167	117	74	50.00
24	ข้าว	rice6.png	63	90	0	475	79	426	
					1	197	361	358	
					2	150	95	288	
					3	155	218	269	
					4	162	350	240	
					5	237	79	164	
					6	226	319	115	70.00
25	ถั่วแดง	red1.png	70	100	0	357	285	458	
					1	408	149	425	
					2	405	219	351	
					3	383	339	319	
					4	1121	222	188	
					5	374	313	48	60.00
26	ถั่วแดง	red2.png	58	95	0	494	130	472	
					1	434	345	413	
					2	643	347	252	
					3	688	221	258	
					4	850	309	99	
					5	957	193	102	
					6	1037	57	104	70.00
27	ถั่วแดง	red3.png	51	83	0	729	45	399	
					1	1021	233	363	
					2	528	50	282	
					3	812	235	242	
					4	1177	78	147	
					5	393	334	101	
					6	434	152	38	70.00
28	ถั่วแดง	red4.png	55	87	0	1152	265	69	

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการประมวลผลจากโปรแกรมประยุกต์ (ต่อ)

ลำดับ	พืช	ชื่อรูปภาพ	Mean	ค่าเทรชโฮลด์	คอนทัวร์ที่	พื้นที่ (พิกเซล)	พิกัดXของ Centriod	พิกัดYของ Centriod	เปอร์เซ็นความงอก
					1	793	59	521	
					2	487	200	500	
					3	1420	302	460	
					4	656	59	356	
					5	432	338	316	
					6	750	66	158	70.00
29	ถั่วแดง	red5.png	55	90	0	557	377	451	
					1	614	258	448	
					2	2261	107	393	
					3	468	252	334	
					4	708	402	153	
					5	1012	246	154	
					6	1534	92	113	70.00
30	ถั่วแดง	red6.png	58	95	0	1052	42	73	
					1	1426	185	523	
					2	800	313	495	
					3	1268	54	491	
					4	1065	375	317	
					5	720	211	240	
					6	1489	73	260	
					7	745	269	87	80.00
31	คะน้า	kana1.png	101	140	0	1198	580	645	
					1	974	316	544	
					2	1108	153	434	
					3	2294	834	450	
					4	1721	308	304	
					5	1253	468	100	
					6	2399	777	58	70.00
32	คะน้า	kana2.png	136	180	0	523	744	536	
					1	1280	226	502	
					2	910	546	496	
					3	1101	916	375	
					4	576	708	304	
					5	1318	296	211	
					6	1367	613	276	
					7	1220	780	100	80.00
33	คะน้า	kana3.png	119	180	0	227	606	430	

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการประมวลผลจากโปรแกรมประยุกต์ (ต่อ)

ลำดับ	พืช	ชื่อรูปภาพ	Mean	ค่าเทรชโฮลด์	คอนทัวร์ที่	พื้นที่ (พิกเซล)	พิกัดXของ Centriod	พิกัดYของ Centriod	เปอร์เซ็นความงอก
					1	562	201	408	
					2	350	454	405	
					3	306	728	298	
					4	491	502	235	
					5	563	257	181	
					6	369	622	90	
					7	1220	780	100	80.00
33	คะน้า	kana3.png	119	180	0	227	606	430	
					1	562	201	408	
					2	350	454	405	
					3	306	728	298	
					4	491	502	235	
					5	563	257	181	
					6	369	622	90	70.00
34	คะน้า	kana4.png	107	160	0	238	350	473	
					1	586	107	386	
					2	400	402	349	
					3	339	500	182	
					4	577	97	198	
					5	434	270	159	
					6	684	345	68	70.00
35	คะน้า	kana5.png	143	210	0	405	540	438	
					1	386	362	145	
					2	216	175	506	
					3	155	365	411	
					4	479	98	307	
					5	410	535	238	
					6	144	574	73	70.00
36	คะน้า	kana6.png	119	180	0	225	616	438	
					1	308	417	365	
					2	440	120	295	
					3	441	61	144	
					4	480	483	144	
					5	732	228	110	60.00

จากตารางที่ 4.1 เป็นตารางแสดงผลลัพธ์ของการประมวลผลด้วยโปรแกรมผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลผลลัพธ์การประมวลผลที่ได้จากโปรแกรมประยุกต์ โดยมีข้อมูลจากตัวอย่างชุดทดสอบจำนวนทั้งสิ้น

36 ตัวอย่างทดสอบและได้ข้อมูลทั้งสิ้น จำนวน 36 ชุดข้อมูล โดยข้อมูลผลลัพธ์แสดงรายละเอียดในการวิเคราะห์วัตถุที่ตรวจจับได้ ซึ่งวัตถุที่ตรวจจับได้จะเป็นต้นอ่อนของพืช มีรายละเอียด ได้แก่ ค่ากลางของสี และค่าเทรชโฮลด์ที่ใช้ในการแบ่งภาพ จำนวนต้นอ่อนของพืชที่ตรวจจับได้ (คอนทัวร์) ขนาดพื้นที่ พิกัดแกน X และพิกัดแกน Y ของ Centroid และค่าเปอร์เซ็นความงอกไว้

4.2 การประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรม

ผู้วิจัยต้องการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ ใน 2 ด้านได้แก่ ด้านความถูกต้องของการประมวลผล และ ด้านข้อจำกัดของโปรแกรม

4.2.1 ผลด้านความถูกต้องของโปรแกรมประยุกต์

จากการทดสอบโปรแกรมประยุกต์ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลผลการทดสอบโปรแกรมประยุกต์มาทำตาราง เพื่อวิเคราะห์หาค่าความถูกต้องของโปรแกรมโดยแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลเปรียบเทียบการตรวจนับระหว่างโปรแกรมประยุกต์และบุคคลนับ

ตัวอย่างที่	ชื่อพืช	จำนวนนับ		ส่วนต่าง	ร้อยละของความผิดพลาด	ชนิดความผิดพลาด
		บุคคล	โปรแกรมฯ			
1	ผักบุ้ง	6	5	1	16.67	จำนวน
2	ผักบุ้ง	5	5	0	0.00	-
3	ผักบุ้ง	8	8	0	0.00	-
4	ผักบุ้ง	6	6	0	0.00	-
5	ผักบุ้ง	6	6	0	0.00	-
6	ผักบุ้ง	5	4	1	20.00	จำนวน
7	ถั่วเขียว	7	7	0	0.00	-
8	ถั่วเขียว	8	9	1	12.50	จำนวน
9	ถั่วเขียว	6	6	0	0.00	-
10	ถั่วเขียว	6	7	1	16.67	จำนวน
11	ถั่วเขียว	6	6	0	0.00	-
12	ถั่วเขียว	5	6	1	20.00	จำนวน
13	ข้าวโพด	5	5	0	0.00	-
14	ข้าวโพด	4	5	0	25.00	จำนวน
15	ข้าวโพด	5	6	1	20.00	จำนวน, ตำแหน่ง
16	ข้าวโพด	5	5	0	0.00	-
17	ข้าวโพด	4	4	0	0.00	-
18	ข้าวโพด	7	7	0	0.00	ตำแหน่ง
19	ข้าว	6	7	1	16.67	จำนวน
20	ข้าว	4	5	1	25.00	จำนวน
21	ข้าว	8	8	0	0.00	ตำแหน่ง

ตารางที่ 4.2 ผลเปรียบเทียบการตรวจนับระหว่างโปรแกรมประยุกต์และบุคคลนับ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ชื่อพืช	จำนวนนับ		ส่วนต่าง	ร้อยละของความผิดพลาด	ชนิดความผิดพลาด
		บุคคล	โปรแกรมฯ			
22	ข้าว	9	8	1	11.11	จำนวน
23	ข้าว	5	5	0	0.00	ตำแหน่ง
24	ข้าว	6	7	1	16.67	จำนวน
25	ถั่วแดง	7	6	1	14.29	จำนวน
26	ถั่วแดง	7	7	0	0.00	-
27	ถั่วแดง	6	7	1	16.67	จำนวน
28	ถั่วแดง	8	7	1	12.50	จำนวน
29	ถั่วแดง	8	7	1	12.50	จำนวน
30	ถั่วแดง	7	8	1	14.29	จำนวน
31	ผักคะน้า	7	7	0	0.00	-
32	ผักคะน้า	7	8	1	14.29	จำนวน
33	ผักคะน้า	7	7	0	0.00	-
34	ผักคะน้า	7	7	0	0.00	-
35	ผักคะน้า	7	7	0	0.00	-
36	ผักคะน้า	6	6	0	0.00	-
ความผิดพลาดเฉลี่ย					7.91	
ความถูกต้องเฉลี่ย					92.09	
หมายเหตุ ชนิดของความผิดพลาด จำนวน หมายถึง จำนวนต้นอ่อนที่นับได้ระหว่างคอมพิวเตอร์และบุคคลไม่เท่ากัน ตำแหน่ง หมายถึง ตำแหน่งที่นับต้นอ่อนได้ระหว่างคอมพิวเตอร์และบุคคลไม่ตรงกัน						

จากตารางที่ 4.2 เป็นการจัดทำตารางเพื่อหาความถูกต้องและค่าความผิดพลาดจากภาพถ่ายเมล็ดพืชที่ทำการเพาะขึ้น จำนวน 36 ภาพ มาประมวลผลด้วยโปรแกรมประยุกต์ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับการนับเมล็ดที่งอกด้วยตาเปล่าด้วยเงื่อนไขเดียวกันกับโปรแกรมประยุกต์ จากนั้นนำผลที่นับได้มาคำนวณผลต่างและคิดเป็นร้อยละของความผิดพลาด โดยได้ผลคือ มีความผิดพลาดมากที่สุดที่ ร้อยละ 25.00 พืชชนิดข้าวตัวอย่างที่ 14 และตัวอย่างที่ 20 พืชชนิด ข้าวโพด ค่าผิดพลาดน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0.00 และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 7.91 เมื่อนำค่าความผิดพลาดเฉลี่ย มาคำนวณร้อยละเพื่อหาความถูกต้อง จึงได้ค่าความถูกต้องที่ร้อยละ 92.09

จากตารางที่ 4.2 ผู้วิจัยได้นำหลักสถิติไคสแควร์มาใช้ในการแปลผลทดลองเรื่องความเป็นเอกภาพระหว่างผลจากบุคคลนับและผลการโปรแกรมโดยผู้วิจัยกำหนดสมมุติฐานการวิจัย ไว้ดังนี้

H_0 ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในโปรแกรมประยุกต์ในการวิเคราะห์ความงอกไม่แตกต่างกับการวิเคราะห์ของบุคคล

H_a ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในโปรแกรมประยุกต์ในการวิเคราะห์ความงอกแตกต่างกับการวิเคราะห์ของบุคคล

และใช้สมการที่ มนต์ชัย เทียนทอง (ม.ป.ป: 321) ได้นำเสนอไว้มาคำนวณหาค่าไคสแควร์โดยมีรูปสมการดังนี้

$$x^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \qquad (4.1)$$

โดยกำหนดให้ x^2 คือ ผลการคำนวณค่าไคสแควร์

O คือ ผลการทดลอง

E คือ ผลการคำนวณความถี่ที่คาดหวัง

และหาค่า E ในแต่ละแถวและแต่ละคอลัมน์ของตารางผลการทดลองด้วยสมการ

$$E_{ij} = \frac{(R_{T_i})(C_{T_j})}{N} \qquad (4.2)$$

โดยกำหนดให้ E_{ij} คือ ความถี่ที่คาดหวัง

R_{T_i} คือ ข้อมูลผลการทดลองในแถวใดๆ

C_{T_j} คือ ข้อมูลผลการทดลองคอลัมน์ใดๆ

N คือ ความถี่ทั้งหมด

และเมื่อนำสมการที่ 4.1 และ 4.2 มาคำนวณจะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิจัยที่นำมาศึกษาด้วยไคสแควร์

ผลการทดสอบไคสแควร์ของการวิจัย											
no	type	pic	p	c	psum	csum	sum	e1	e2	x1	x2
1	ผักบุ้ง	v2	6	5	36	34	70	34.62	35.38	0.06	0.05
2	ผักบุ้ง	v5	5	5							
3	ผักบุ้ง	v4	8	8							
4	ผักบุ้ง	v3	6	6							
5	ผักบุ้ง	v1	6	6							
6	ผักบุ้ง	v6	5	4							
7	ถั่วเขียว	green1	7	7	38	41	79	39.07	39.93	0.03	0.03
8	ถั่วเขียว	green2	8	9							
9	ถั่วเขียว	green3	6	6							
10	ถั่วเขียว	green4	6	7							
11	ถั่วเขียว	green5	6	6							
12	ถั่วเขียว	green6	5	6							

ตารางที่ 4.3 ผลการวิจัยที่นำมาศึกษาด้วยไคสแควร์ (ต่อ)

ผลการทดสอบไคสแควร์ของการวิจัย											
no	type	pic	p	c	psum	csum	sum	e1	e2	x1	x2
13	ข้าวโพด	corn1	5	5	30	32	62	30.66	31.34	0.01	0.01
14	ข้าวโพด	corn2	4	5							
15	ข้าวโพด	corn3	5	6							
16	ข้าวโพด	corn4	5	5							
17	ข้าวโพด	corn5	4	4							
18	ข้าวโพด	corn6	7	7							
19	ข้าว	rice1	6	7	38	40	78	38.57	39.43	0.01	0.01
20	ข้าว	rice2	4	5							
21	ข้าว	rice3	8	8							
22	ข้าว	rice4	9	8							
23	ข้าว	rice5	5	5							
24	ข้าว	rice6	6	7							
25	ถั่วแดง	red1	7	6	43	42	85	42.04	42.96	0.02	0.02
26	ถั่วแดง	red2	7	7							
27	ถั่วแดง	red3	6	7							
28	ถั่วแดง	red4	8	7							
29	ถั่วแดง	red5	8	7							
30	ถั่วแดง	red6	7	8							
31	ผักคะน้า	kana5	7	7	41	42	83	41.05	41.95	0.00	0.00
32	ผักคะน้า	kana4	7	8							
33	ผักคะน้า	kana3	7	7							
34	ผักคะน้า	kana2	7	7							
35	ผักคะน้า	kana1	7	7							
36	ผักคะน้า	kana6	6	6							
รวม			226	231	sum					0.13	0.13
รวม			457		x^2					0.26	
df (5)										11.07	

หมายเหตุ
- no หมายถึง ลำดับตัวอย่าง
- type หมายถึง ชนิดพืช
- pic หมายถึง ชื่อรูปภาพ
- p หมายถึง จำนวนนับจากบุคคล
- c หมายถึง จำนวนนับจากโปรแกรม
- psum หมายถึง ผลรวมจำนวนนับจากบุคคล 6 ภาพ
- csum หมายถึง ผลรวมจำนวนนับจากโปรแกรม 6 ภาพ
- sum หมายถึง ผลรวมจำนวนนับ
- e1 หมายถึง ความถี่ที่คาดหวัง(บุคคลนับ)
- e2 หมายถึง ความถี่ที่คาดหวัง(โปรแกรม)
- x1 หมายถึง ผลไคสแควร์เฉพาะชนิดพืช (บุคคลนับ)
- x2 หมายถึง ผลไคสแควร์เฉพาะชนิดพืช (โปรแกรมนับ)
- x^2 หมายถึง ผลไคสแควร์
- df หมายถึง ค่าวิกฤตจากตารางไคสแควร์

จากตารางที่ 4.3 ผลที่ได้ ค่า x^2 มีค่าเท่ากับ 0.26 และค่าวิกฤติที่ได้จากตารางไคสแควร์ ที่ df เท่ากับ 5 มีค่าเท่ากับ 11.07 เมื่อนำค่า x^2 มาเทียบสามารถแปลผลได้ว่า ค่า x^2 มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.26<11.07) แสดงว่าค่าที่ได้จากการศึกษาอยู่นอกเขตวิกฤติ จึงยอมรับ H_0 และปฏิเสธ H_1

ซึ่งแปลผลได้ว่า ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในโปรแกรมประยุกต์ในการวิเคราะห์ความงอกไม่แตกต่างกับการวิเคราะห์ของบุคคล

4.2.2 ผลด้านข้อจำกัดของโปรแกรมประยุกต์

ผู้วิจัยได้นำผลจากตารางที่ 4.2 มาวิเคราะห์เพื่อหาข้อจำกัดของโปรแกรมประยุกต์ โดยผลจากตารางที่ 4.2 มีความผิดพลาดเกิดขึ้น 2 ลักษณะ ได้แก่

4.2.2.1 จำนวนนับผิดพลาด คือ ผลการนับจำนวนต้นอ่อนระหว่างโปรแกรมประยุกต์และบุคคล ไม่ตรงกัน

4.2.2.2 ตำแหน่งผิดพลาด คือ ผลการนับจำนวนต้นอ่อนพืชระหว่างโปรแกรมประยุกต์และบุคคล อาจตรงกันหรือไม่ตรงกัน แต่ตำแหน่งของต้นอ่อนพืชที่โปรแกรมประยุกต์นับ ไม่ตรงกันกับตำแหน่งของต้นอ่อนพืชที่บุคคลนับ

ตารางที่ 4.4 การแสดงผลรวมความผิดพลาดของโปรแกรมในเมล็ดพืชตัวอย่าง 6 ชนิด

ที่	ชนิดพืช	ความผิดพลาดแบบจำนวนนับผิดพลาด (ภาพ)	ความผิดพลาดแบบตำแหน่งผิดพลาด (ภาพ)	ความผิดพลาดรวม (ภาพ)	การแปลผลด้านการประมวลผลของโปรแกรม
1	ผักบุ้ง	1	0	1	ได้
2	ถั่วเขียว	3	0	3	ได้
3	ข้าวโพด	0	2	2	ปรับปรุง
4	ข้าว	4	2	6	ปรับปรุง
5	ถั่วแดง	5	0	5	ได้
6	ผักคะน้า	1	0	1	ได้

จากตารางที่ 4.4 เป็นตารางสรุปจำนวนความผิดพลาดที่เกิดขึ้น พบว่าชนิดพืชที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุดได้แก่ ผักบุ้งและผักคะน้า โดยผิพลาดพลาดเพียงชนิดละ 1 ภาพ และพืชที่มีความผิดพลาดมากที่สุดคือ ข้าว โดยผิดพลาด 6 ภาพ

การแปลผลด้านการประมวลผลเพื่อหาข้อจำกัดในการประมวลผลของโปรแกรมประยุกต์ ผู้วิจัยได้พิจารณาถึงรูปแบบความผิดพลาดแบบ ตำแหน่งผิดพลาด และกำหนดให้เป็นผล “ปรับปรุง” ถือว่าโปรแกรมประมวลผลผิดพลาด เพราะผลที่ขัดแย้งกับการตัดสินใจของบุคคล และความผิดพลาดแบบ จำนวนนับผิดพลาด แปลผลจากตารางที่ 4.2 พบว่าโปรแกรมประยุกต์สามารถประมวลได้เพราะมีส่วนต่างความผิดพลาดเพียงแค่ 1 เมล็ด ในแต่ละภาพตัวอย่างที่ผิดพลาด ถือว่าเป็นความผิดพลาดที่ยอมรับได้ จึงกำหนดให้เป็นผล “ได้”

จากตารางที่ 4.4 ภาพตัวอย่างของพืชที่มีผลต้องปรับปรุงเพราะมีความผิดพลาดรูปแบบตำแหน่งผิดพลาด ได้แก่ 1) พืชชนิดข้าวโพด มีลักษณะเมล็ดที่มีสีจางใกล้เคียงกับส่วนที่เป็นต้นอ่อนและราก ทำให้โปรแกรมประมวลผลพื้นที่ในส่วนของเมล็ดรวมกับพื้นที่ของต้นอ่อนทำให้ประมวลผลขนาดผิด 2) พืชชนิดข้าว มีลักษณะที่มีเมล็ดสีจางใกล้เคียงกับส่วนที่เป็นต้นอ่อนและราก ทำให้โปรแกรมประมวลผลพื้นที่ในส่วนของเมล็ดรวมกับพื้นที่ของต้นอ่อนทำให้ประมวลผล และต้นอ่อนมีขนาดเล็ก ทำให้การประมวลผลมีความผิดพลาดแบบ จำนวนนับผิดพลาด ในการประมวลผลด้วย

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับทดสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอล ได้สรุปผลและข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อไป

5.1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพ

ผลจากการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์ สำหรับทดสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยได้กำหนดการประเมินผลเป็น 2 เรื่อง ได้แก่ 1) ผลด้านความถูกต้องของโปรแกรม และ 2) ผลด้านข้อจำกัดของโปรแกรม โดยผู้วิจัยทำตารางเพื่อทดสอบ โดยทำการเปรียบเทียบการตรวจนับระหว่างโปรแกรมประยุกต์และบุคคลเป็นผู้ตรวจเพื่อหาค่าความถูกต้อง โดยโปรแกรมประยุกต์ฯ มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยที่ร้อยละ 92.09 โดยมีความผิดพลาดสูงสุดที่ ร้อยละ 25.00 ในตัวอย่างที่ 14 พืชชนิด ข้าว และตัวอย่างที่ 20 พืชชนิด ข้าวโพด ในการทดสอบทางสถิติผู้วิจัยได้ใช้สถิติไคสแควร์เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการนับด้วยบุคคลและผลการนับจากโปรแกรมประยุกต์ในเรื่องของความเป็นเอกภาพ ซึ่งผลการทดสอบ ได้ผลทดสอบไคสแควร์ (χ^2) มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.26<11.07) แสดงว่าค่าที่ได้จากการศึกษาอยู่นอกเขตวิกฤติ จึงยอมรับสมมุติฐาน H_0 คือ ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในโปรแกรมประยุกต์ในการวิเคราะห์ความงอกไม่แตกต่างกับการวิเคราะห์ของบุคคล

ด้านข้อจำกัดของโปรแกรมประยุกต์ฯ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ลักษณะของพืชตัวอย่าง โดยกำหนด ชนิดความผิดพลาด ไว้ 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) จำนวนผิดพลาด หมายถึง การนับจำนวนไม่ตรงกันระหว่างโปรแกรมและบุคคล และ 2) ตำแหน่งผิดพลาด หมายถึง การนับผลโดยที่ตำแหน่งที่นับไม่ตรงกัน และผู้วิจัยได้กำหนดให้ความผิดพลาดแบบจำนวนผิดพลาดได้ผลเป็น “ได้” และความผิดพลาดแบบตำแหน่งผิดพลาดเป็นการประมวลผลที่ได้ผลเป็น “ปรับปรุง” ผลการวิจัยพบว่า มีพืช 2 ชนิดจาก 6 ชนิด มีความผิดพลาดแบบตำแหน่งผิดพลาดได้ผลการประมวลผล “ปรับปรุง” ได้แก่พืชชนิดข้าวและข้าวโพด มีลักษณะที่เหมือนกันคือเมล็ดที่มีสีอ่อน ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า โปรแกรมประยุกต์สำหรับทดสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยการประมวลผลภาพ สามารถประมวลผลได้ในกรณีที่ดีที่สุดคือพืชที่มีเมล็ดสีเข้มและมีข้อจำกัดในการประมวผลพืชที่มีเมล็ดสีอ่อน

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ฯ ต่อไป

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับทดสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยการประมวลผลภาพในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้โปรแกรมมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนี้

5.2.1 การเพาะเมล็ดพืช

เพื่อให้โปรแกรมประยุกต์สามารถประมวลผลได้ดีขึ้น ผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะในเพาะเมล็ดพืชเพื่อให้โปรแกรมประมวลผลได้ดี ดังนี้

5.2.1.1 ในกรณีที่เมล็ดพืชมีสีจางหรือมีสีใกล้เคียงกับต้นอ่อน ควรมีใช้กระบวนการย้อมสีเมล็ดพืชให้เข็มขึ้น เพื่อให้สามารถแยกเมล็ดพืชกับต้นอ่อนพืชได้ชัดเจน

5.2.1.2 ควรกำหนดให้พื้นหลังของภาพให้มีสีเข้ม เช่น การรองกระดาษเพาะด้วยกระดาษสีดำ หือใช้พื้นสีดำเป็นพื้นหลัง จะทำให้โปรแกรมแยกต้นอ่อนพืชได้ชัดเจน

5.2.1.3 ควรซับน้ำในถาดเพาะให้แห้งเพื่อลดการสะท้อนแสงข้องน้ำ

5.2.1.4 ควรเก็บสิ่งสกปรก สิ่งแปลกปลอม ออกจากถาดเพาะ ก่อนถ่ายภาพ

5.2.2 การถ่ายภาพ

ในการถ่ายภาพเพื่อใช้เป็นข้อมูลภาพดิจิตอลในการประมวลผลในโปรแกรมประยุกต์ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการเตรียมการถ่ายภาพเพื่อให้โปรแกรมประยุกต์ประมวลผลได้ดี ดังนี้

5.2.2.1 ควรถ่ายภาพด้านบน ตั้งฉากกับถาดเพาะเมล็ด เพื่อให้เห็น ลักษณะและขนาดของต้นอ่อนพืชได้ชัดเจนและ ไม่ควรใช้แฟลชเพราะจะทำให้เกิดแสงสะท้อนจากน้ำในถาดเพาะ หรือผิวของเปลือกเมล็ด

5.2.2.2 ควรถ่ายภาพให้มีขนาดของเมล็ดพืชและต้นอ่อนพืชใหญ่มากที่สุดตามที่เหมาะสม โดยการใช้การถ่ายถาพด้วเลนส์ ขนาด 50 mm. เพื่อลดความบิดเบือนขแงภาพและช่วยให้การประมวลผลของโปรแกรมชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเฉพาะกรณีที่เมล็ดและต้นอ่อนมีขนาดเล็ก

5.2.2.4 ควรถ่ายภาพในเวลกลางวัน ในสถานที่มีแสงเพียงพอไม่มากจนเกินไปและไม่ทำให้เกิดเงาบนถาดเพาะเมล็ดพืช

5.2.2.3 ควรปรับกล้องถ่ายภาพดิจิตอลให้เหมาะสมกับการถ่ายภาพวัตถุขนาดเล็กโดยกำหนด รูรับแสง (F-Stop) เท่ากับ 16 ตั้งค่า ISO ไม่เกิน 200 และปรับความเร็วชัตเตอร์ (Speed Shutter) ให้เหมาะสมตามค่าการวัดแสงของกล้อง จะช่วยให้ได้ภาพที่ชัดเจนและมีสัญญาณรบกวนที่น้อยลง

5.2.2.4 ควรออกใช้อุปกรณ์ที่ช่วยให้ถ่ายภาพได้นิ่งเช่น ขาตั้งกล้อง และควรถ่ายภาพด้วยระบบถ่ายภาพแบบตั้งเวลา (Self-Timer) เพื่อลดการสั่นไหวของตัวกล้องขณะถ่ายภาพ

5.2.3 การพัฒนาโปรแกรม

5.2.3.1 ควรพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับหาขนาดเมล็ดพืช เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในกรณีที่มีการนับรวมพื้นที่ระหว่างเมล็ดพืชที่มีสีจางและต้นอ่อนพืช ทำให้สามารถแยกเมล็ดพืชออกจากต้นอ่อน โดยการนำเอาพื้นที่คอนทัวร์ของเมล็ดพืชมาลบกับพื้นที่คอนทัวร์ของวัตถุ

5.2.3.2 ควรพัฒนาขั้นตอนตรวจจับวัตถุเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องในการประมวลผล เช่น นำการหาขอบภาพหรือการวิเคราะห์ความถี่ของสีภาพ มาช่วยประมวลผลเพิ่มเติม เป็นต้น เพื่อช่วยให้ผลความถูกต้องชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. "ตารางการแจกแจง Chi-Square", **ตารางสถิติ**. http://www.watpon.com/table/ChiSquareDis.pdf. 27 มีนาคม, 2558.

ณัฐหทัย เอพานิช. **การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร, 2547.

ทองจุล ขันขาว. "การทดสอบ t-test แบบ Dependent ด้วย Excel 2010 และ การแปรผล", http://www.thongjoon.com/2014/08/t-test-dependent-excel-2010.html. 27 มีนาคม, 2558.

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. **การประมวลผลภาพดิจิตอลเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2556.

มนต์ชัย เทียนทอง. "การทดสอบไคสแควร์", **ระเบียบวิธีวิจัย**. http://home.dsd.go.th/kamphaengphet/km/information/RESECARCH/12Chi-Square_Test.pdf. 27 มีนาคม, 2558.

ยุทธนา ลีลาศวัฒนกุล. **คู่มือการเขียนโปรแกรมวินโดว์ขั้นสูงด้วย Visual C++.NET Episode One**. นนทบุรี: ดวงกมล, 2546.

วิรัช วิรัชนิภาวรรณ. **เทคนิคการเขียนงานวิจัยหรือวิทยานิพนธ์**. กรุงเทพฯ: คณะรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย, 2554.

สุธิดา ชัยชมชื่น. "Software testing", **วิศวกรรมซอฟต์แวร์ขั้นสูง**. http://ced.kmutnb.ac.th/scc/SlideASE/Testting.ppt. 23 กุมภาพันธ์, 2558.

อัจฉรี พรพินิจสุวรรณ. **คู่มือการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์**. กรุงเทพฯ: สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2552.

Dave Heppenstall. (2007). "Automatic Thresholding", http://www.heppenstall.ca/academics/doc/472/CIS472.Seminar03.Slides.1.pdf. December 15, 2014.

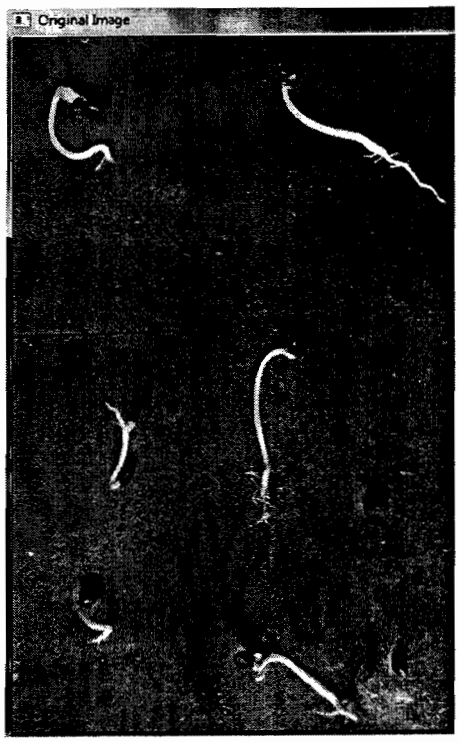
H. M. Deitel and P. J. Deitel. **How to Program C++**. New Jersey: Pearson Education Inc, 2005.

OpenCV Community. **Open Source Computer Vision Library Version 2.4.3** http://sourceforge.net/project/opencvlibrary. November 3, 2012.

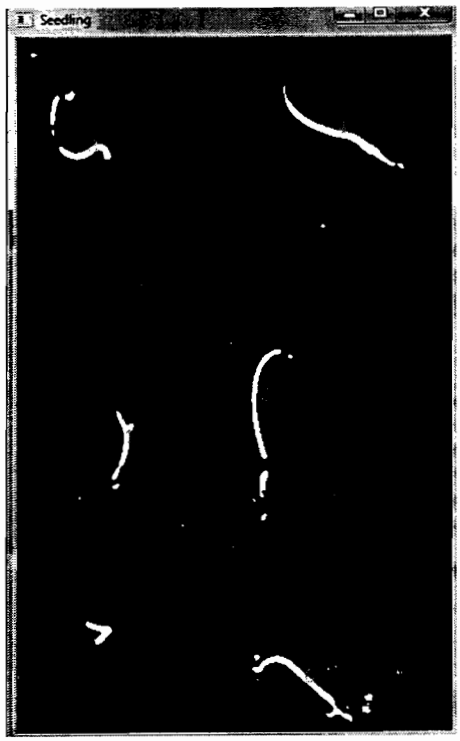
Puthipong Sthitpattanapongsa. "How to Set OpenCV 2.4.3 for Visual C++", http://darkpsart.com/?p=213. October 21, 2013.

ภาคผนวก

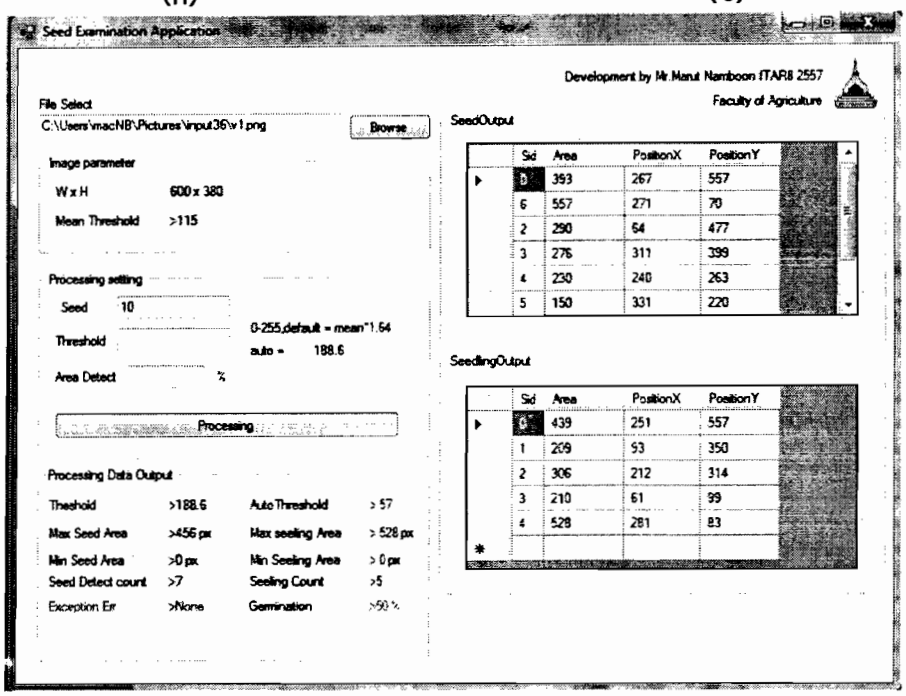
ภาคผนวก ก
ภาพผลการทดลองการประมวลผลภาพตัวอย่าง 36 ชุด ด้วยโปรแกรมประยุกต์สำหรับตรวจสอบการงอกของเมล็ดพืชด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิตอล



(ก)

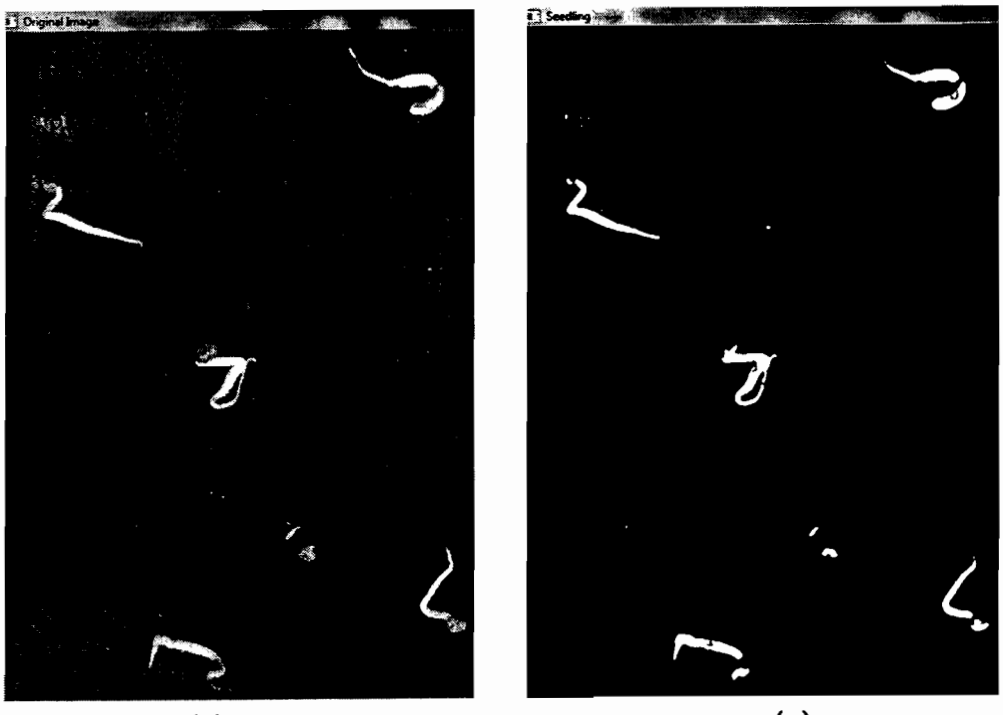


(ข)

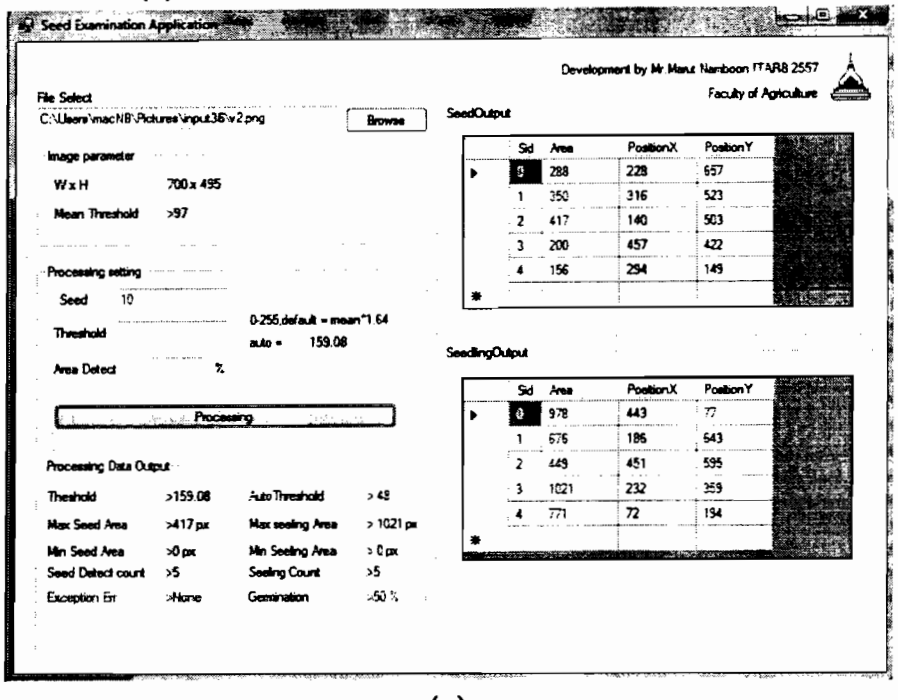


(ค)

ภาพที่ ก.1 ภาพตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ V1.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

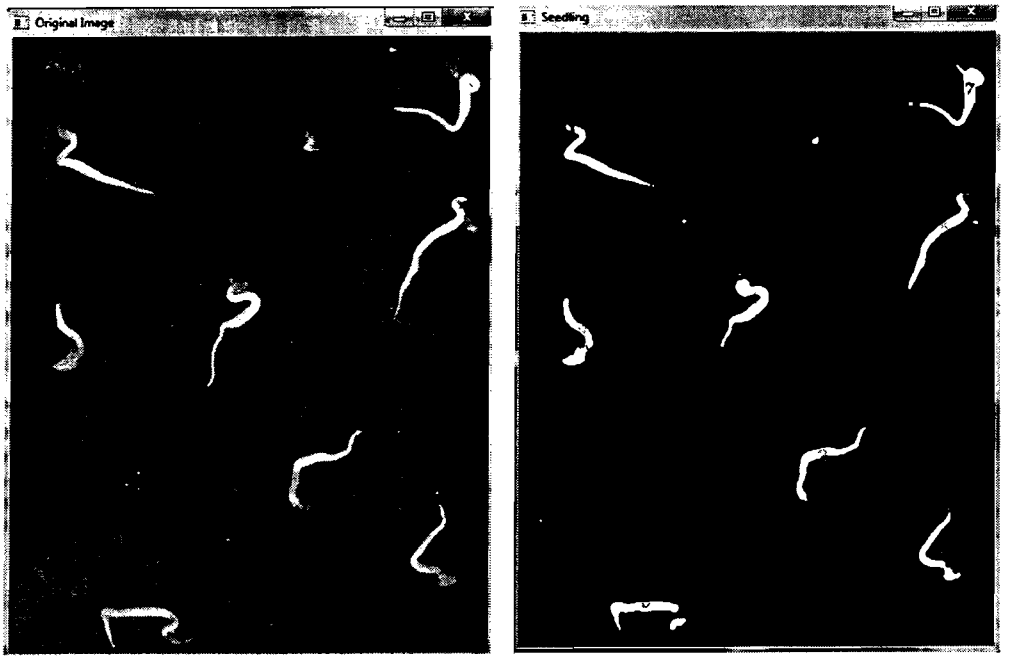


(ก) (ข)

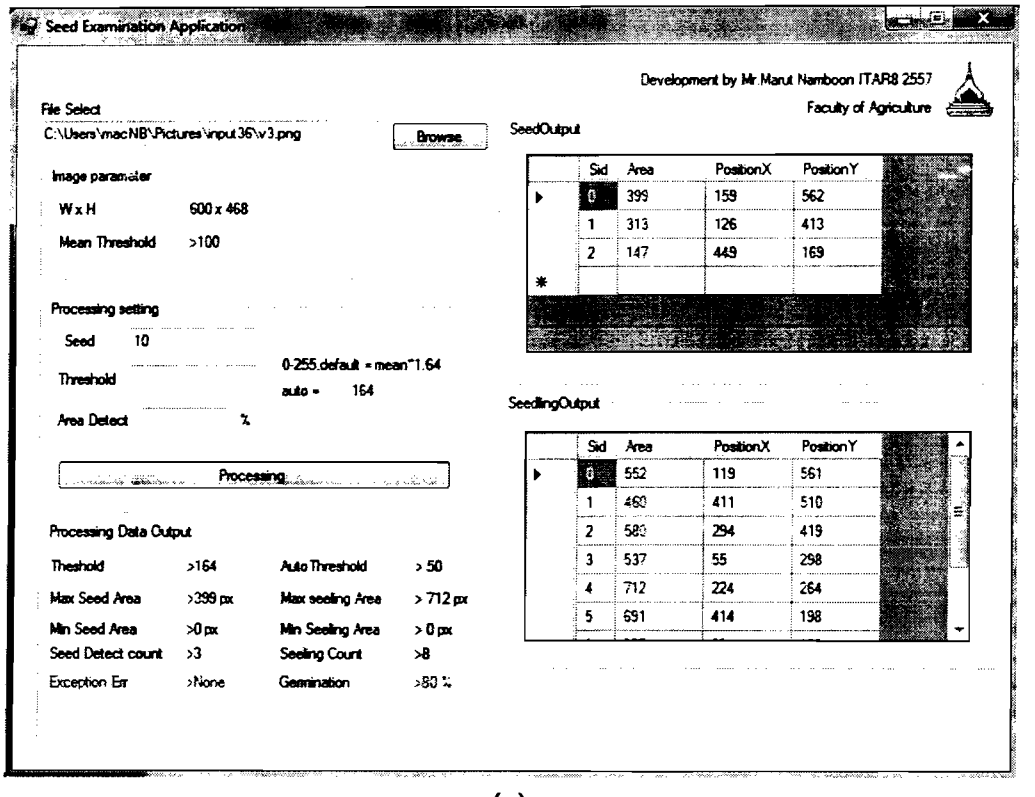


(ค)

ภาพที่ ก.2 ภาพตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ V2.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

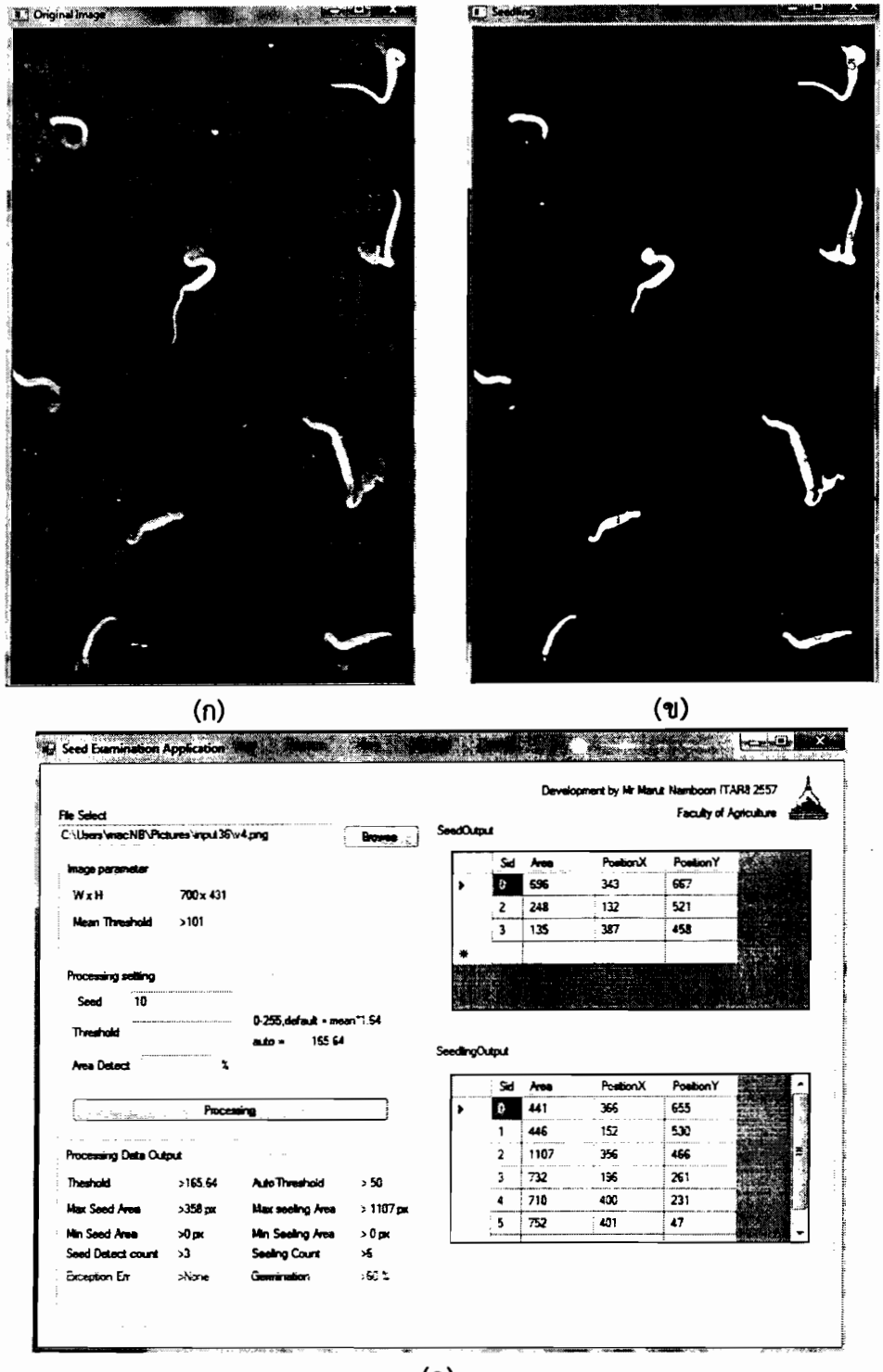


(ก) (ข)

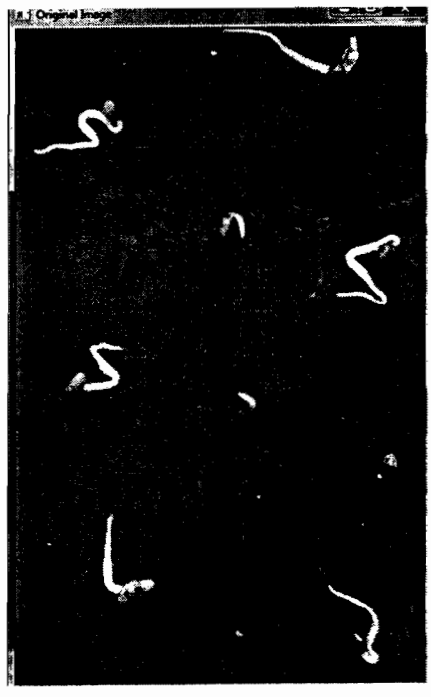


(ค)

ภาพที่ ก.3 ภาพตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ V3.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

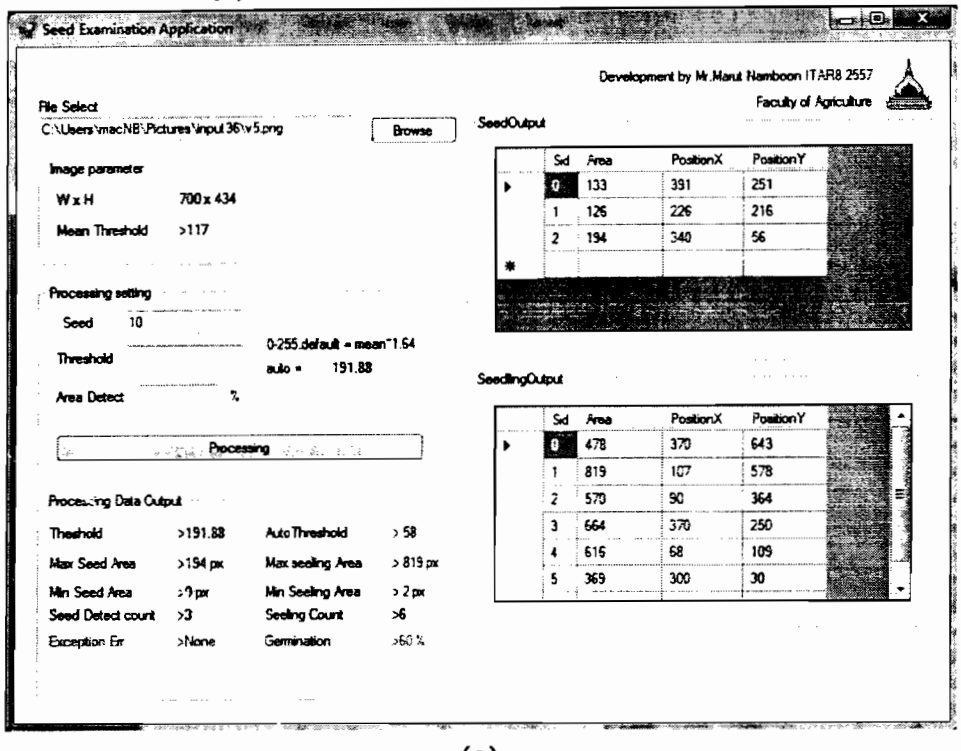


ภาพที่ ก.4 ภาพตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ V4.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น



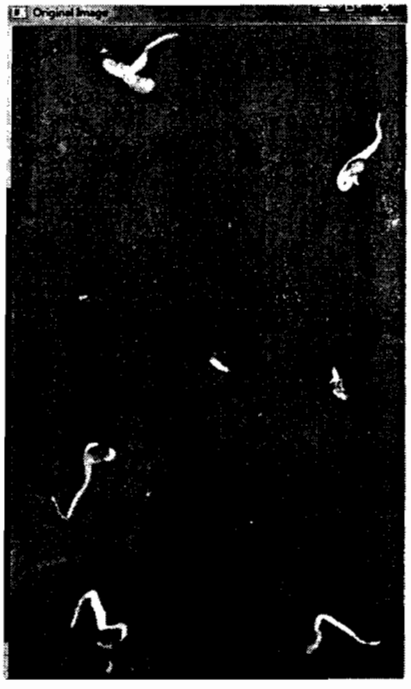
(ก)

(ข)

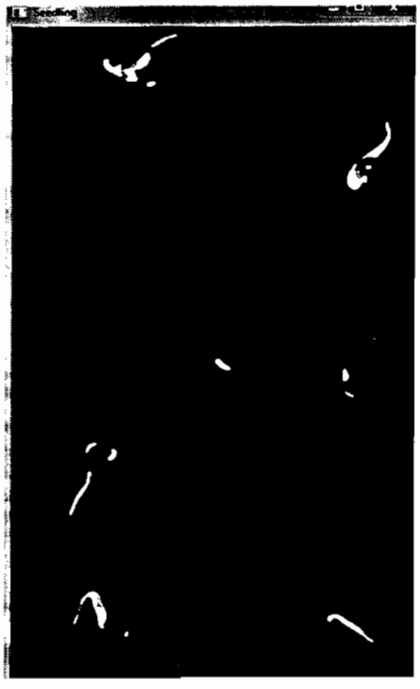


(ค)

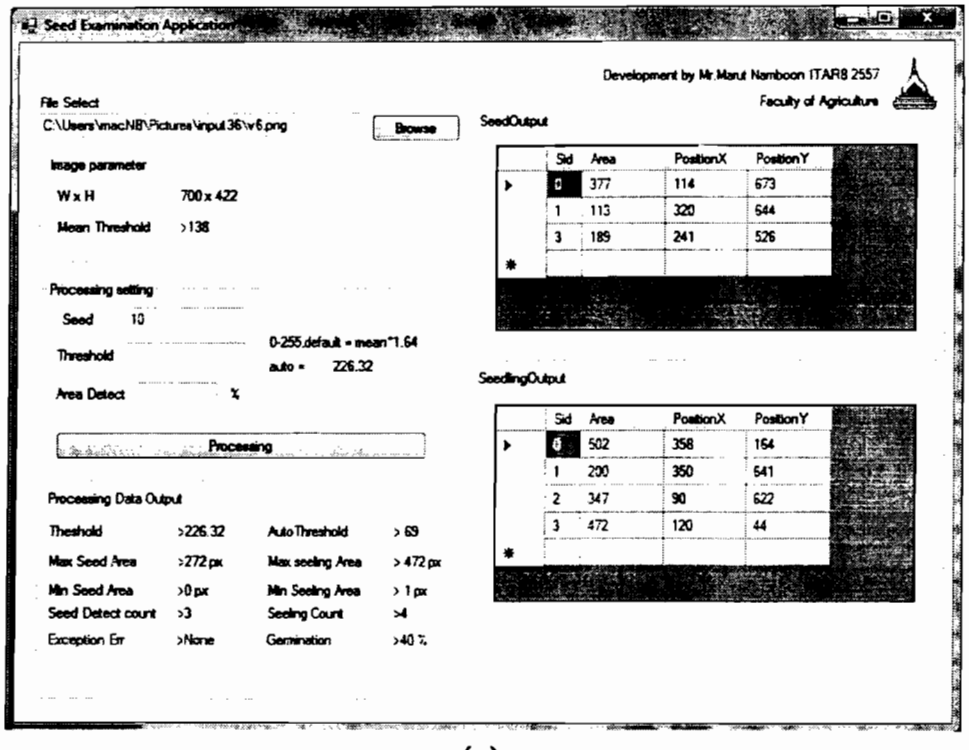
ภาพที่ ก.5 ภาพตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ V5.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น



(ก)

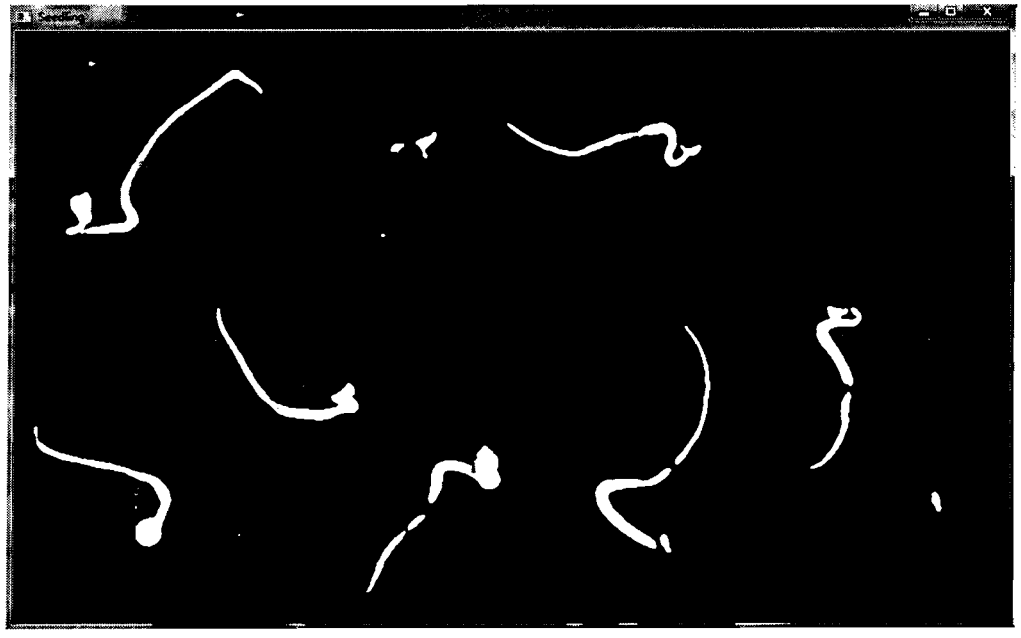


(ข)

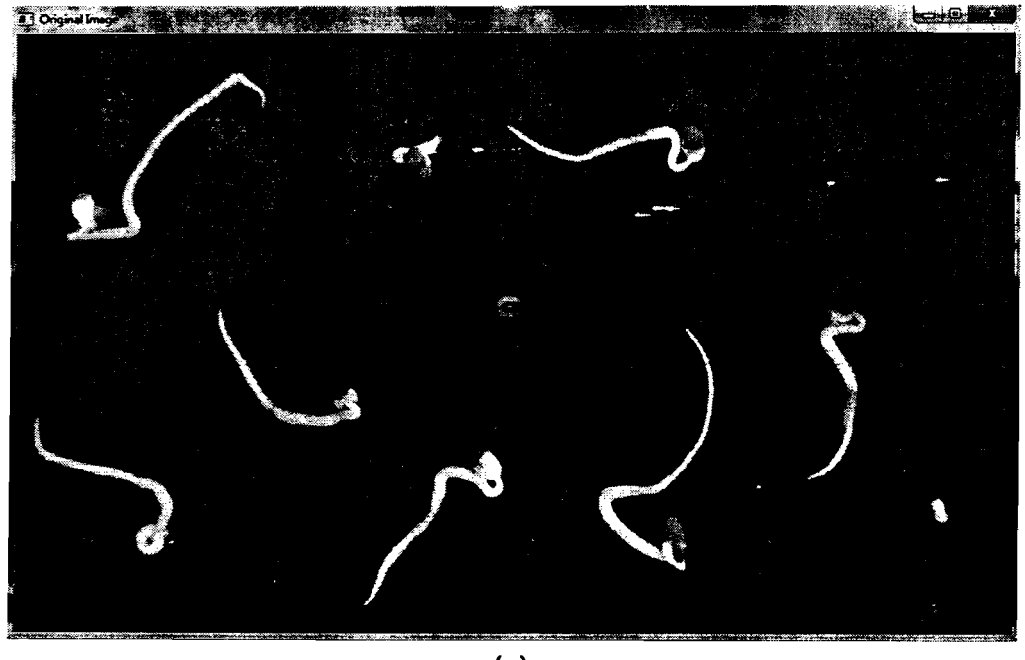


(ค)

ภาพที่ ก.6 ภาพตัวอย่างพืชชนิดผักบุ้งที่ประมวลผล ชื่อภาพ V6.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

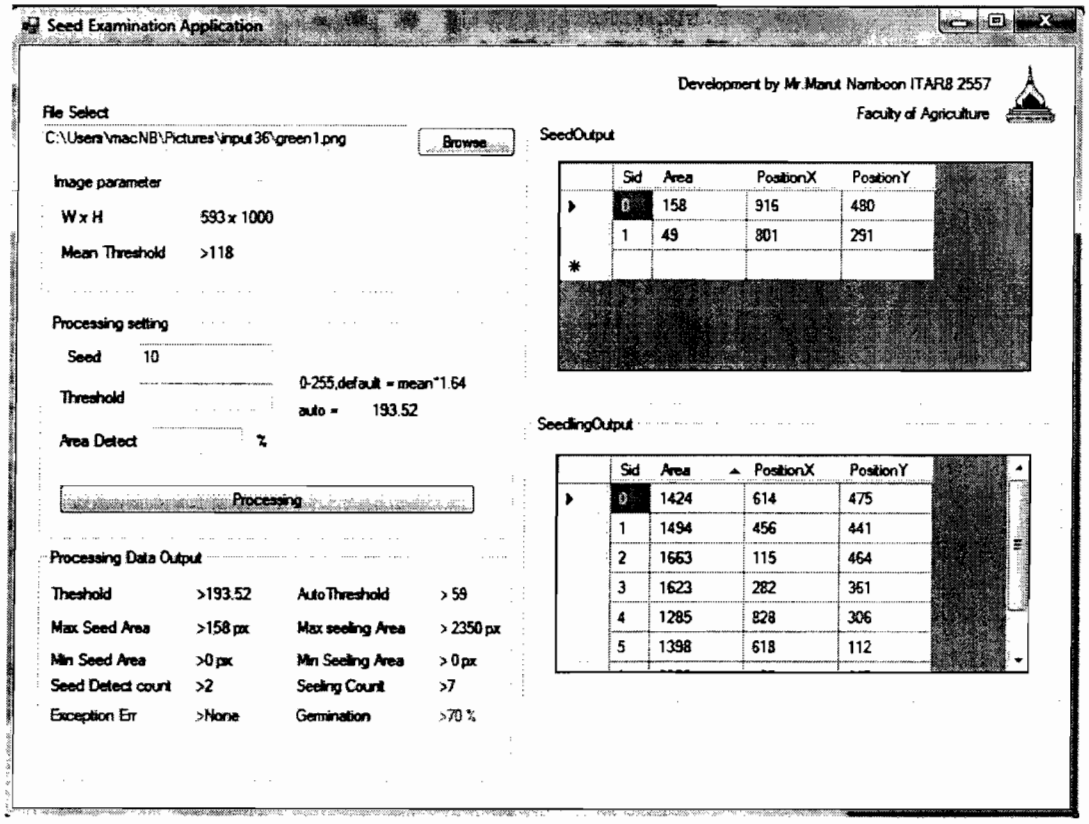


(ก)



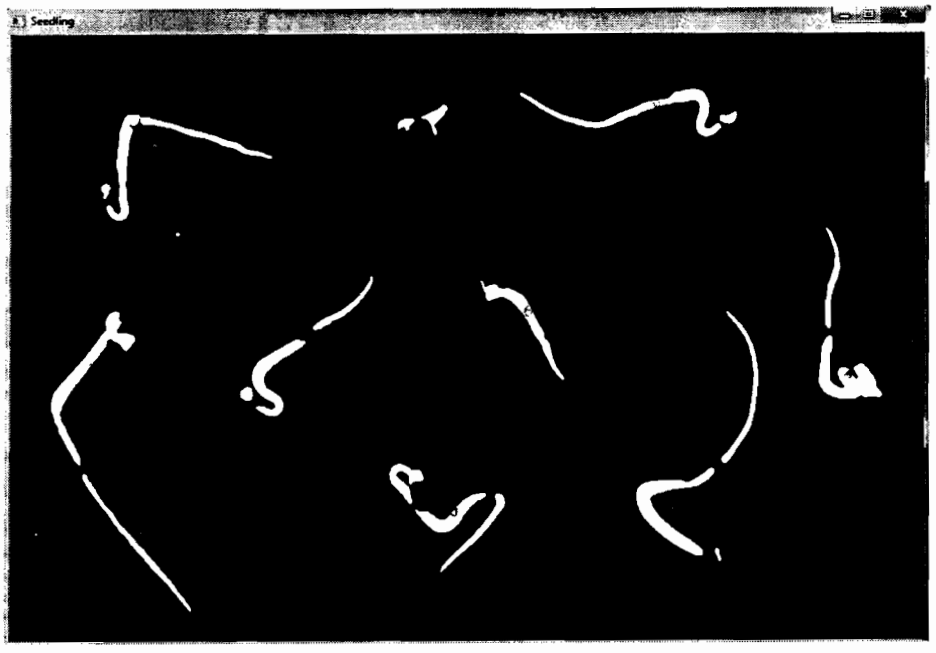
(ข)

ภาพที่ ก.7 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ประมวลผลชื่อภาพ green1.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ

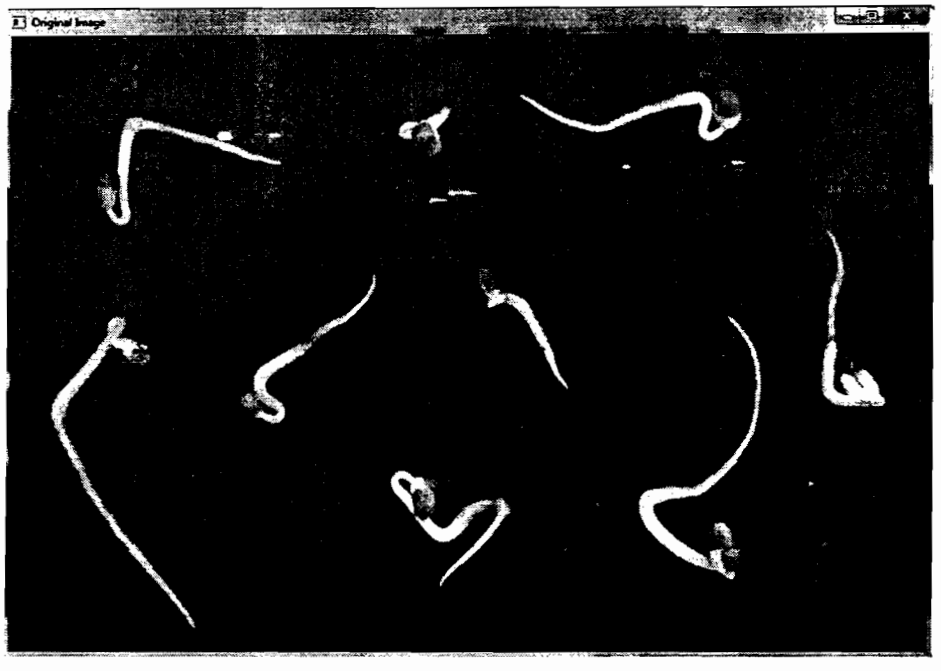


(ค)

ภาพที่ ก.8 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ประมวลผล ชื่อภาพ green1.png (ต่อ) (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

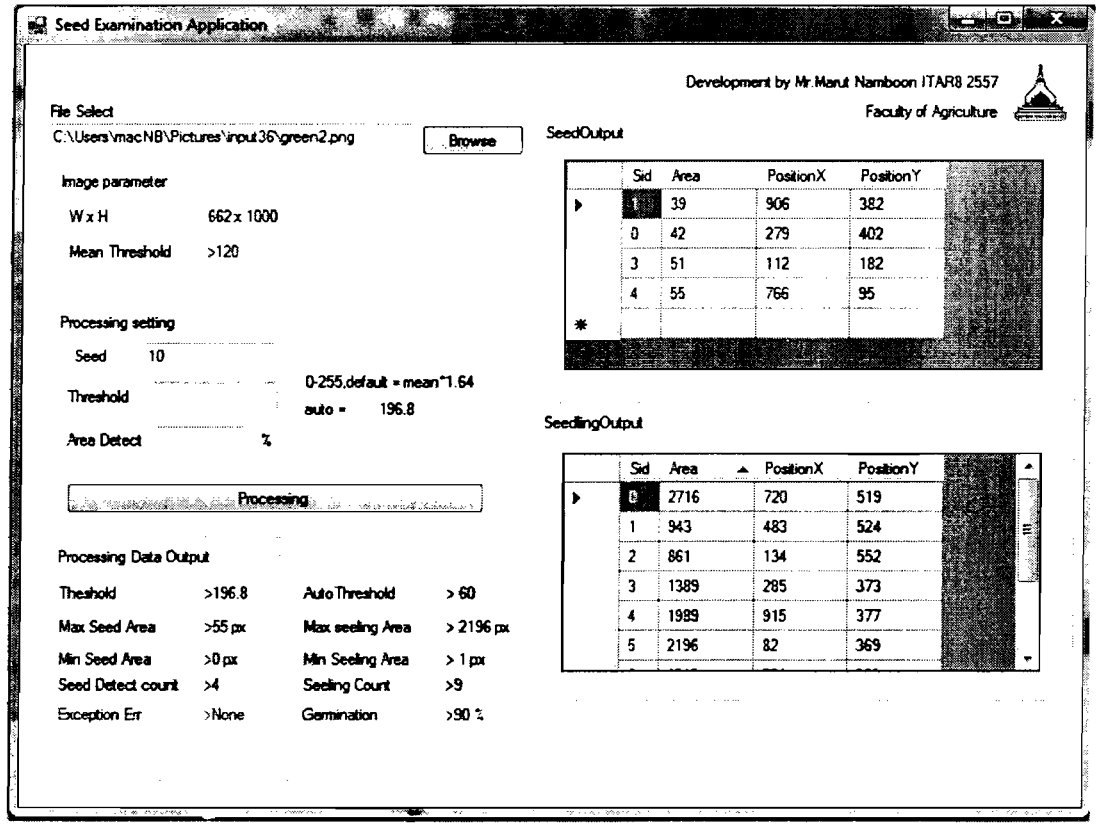


(ก)



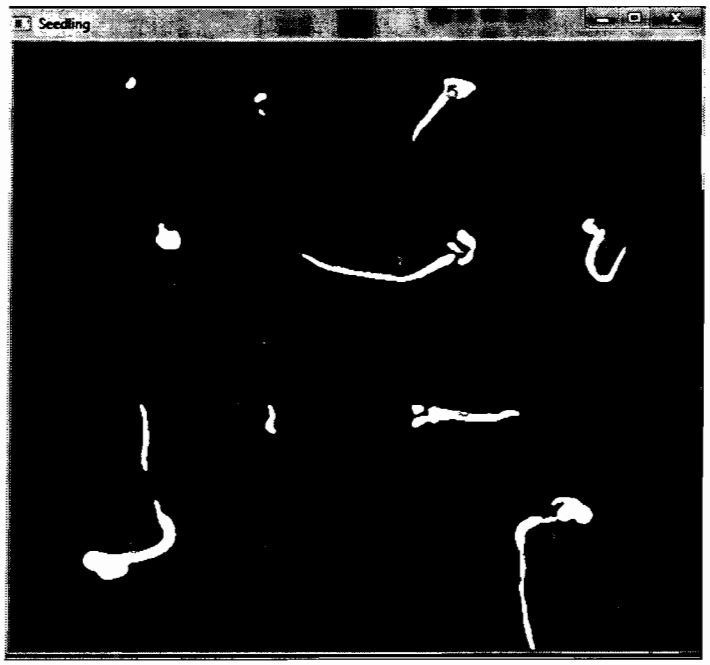
(ข)

ภาพที่ ก.9 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ประมวลผลชื่อภาพ green2.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ

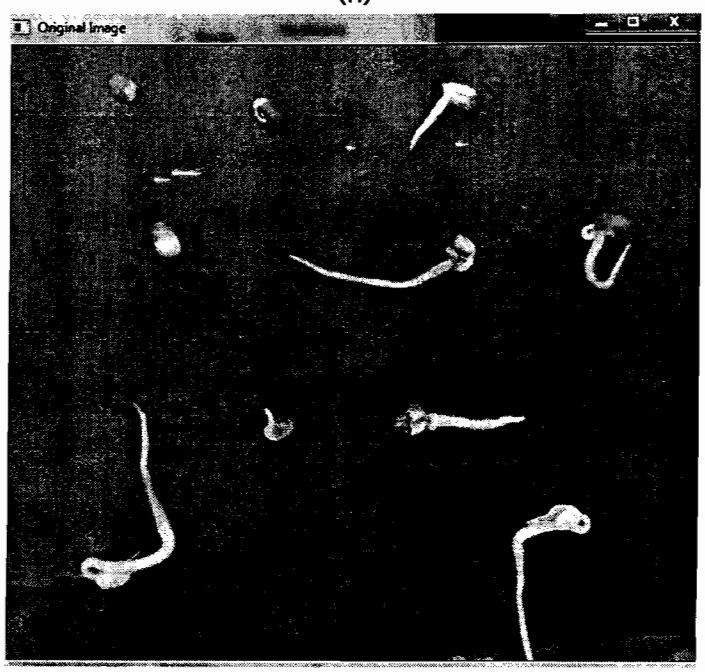


(ค)

ภาพที่ ก.10 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ประมวลผล ชื่อภาพ green2.png (ต่อ) (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

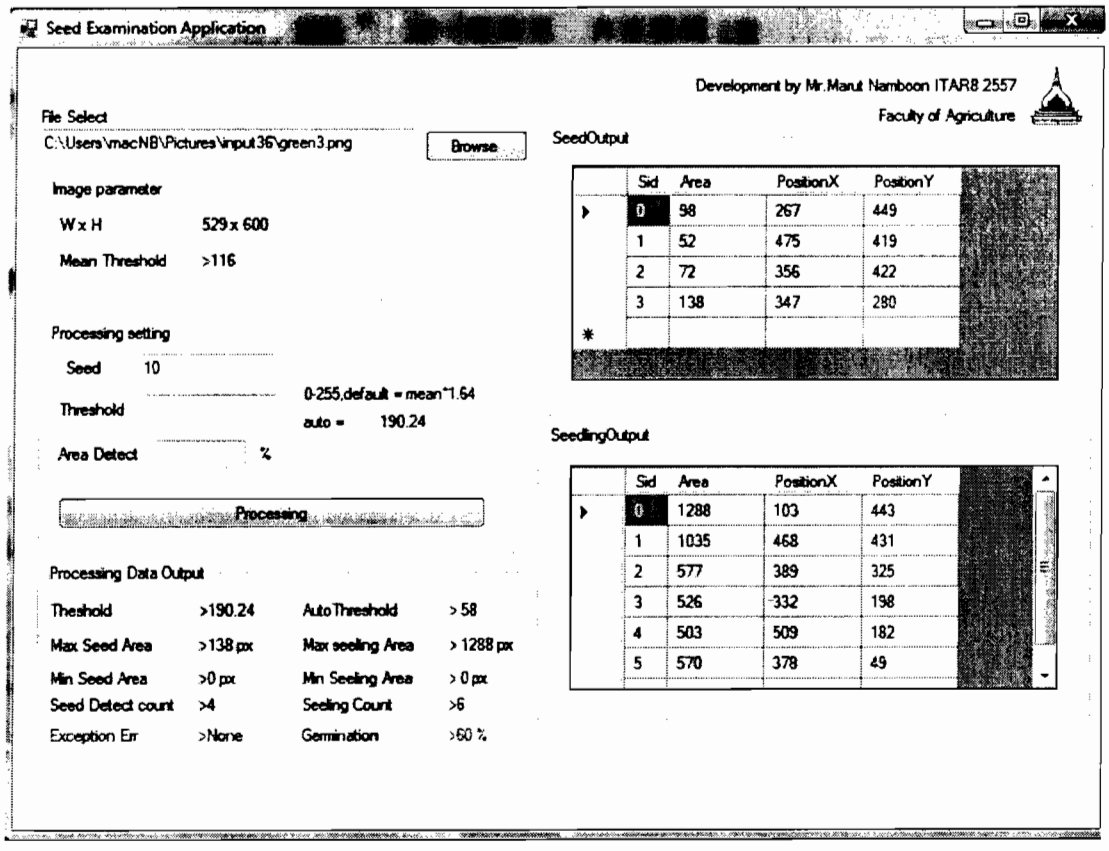


(ก)



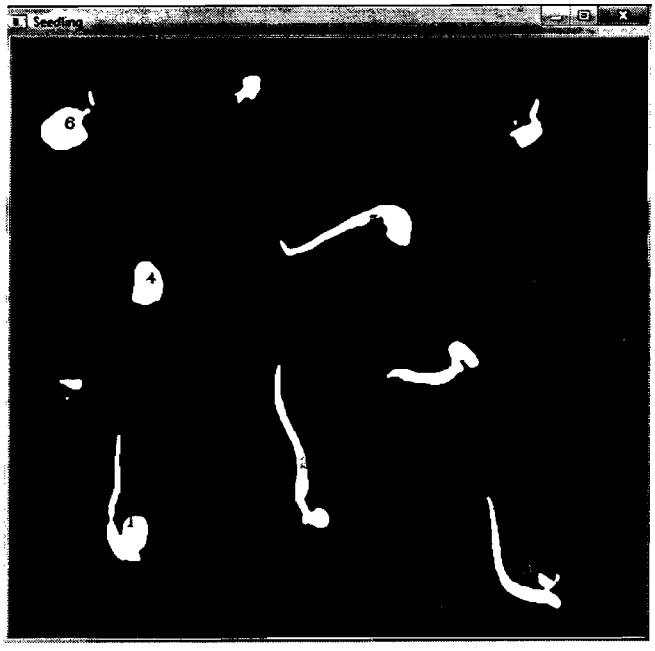
(ข)

ภาพที่ ก.11 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green3.png) (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



(ค)

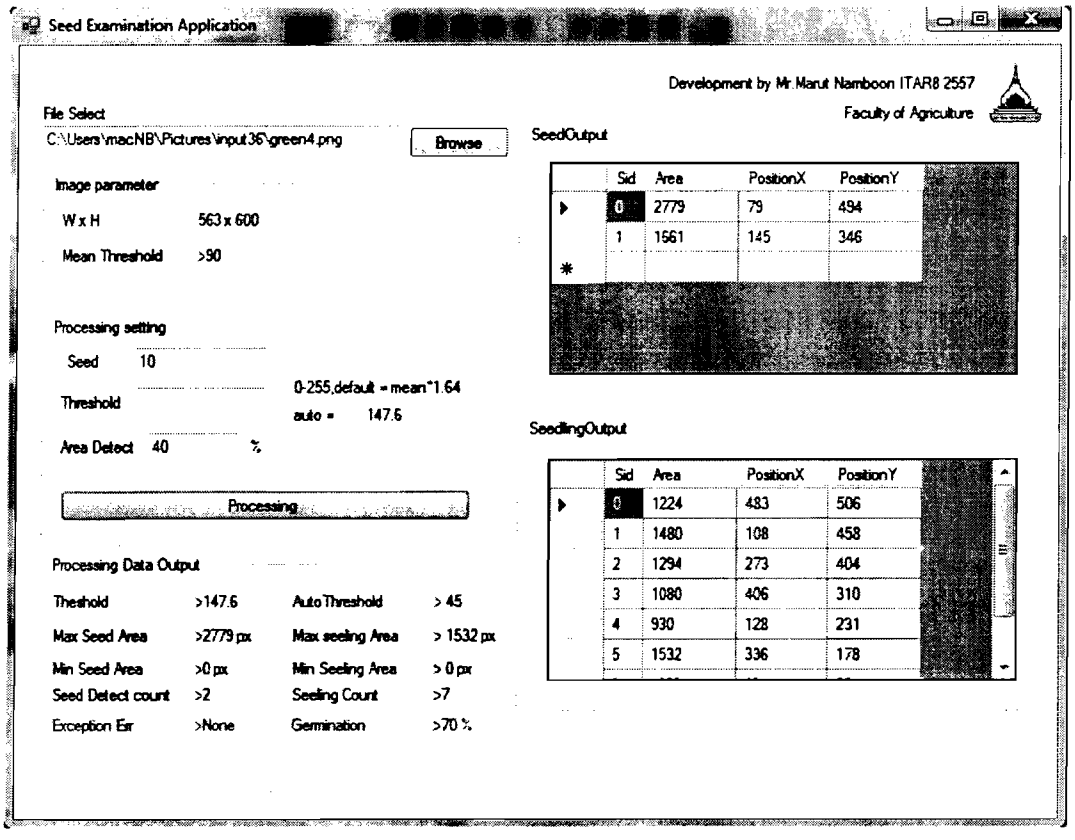
ภาพที่ ก.12 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green3.png (ต่อ) (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น



(ก)

(ข)

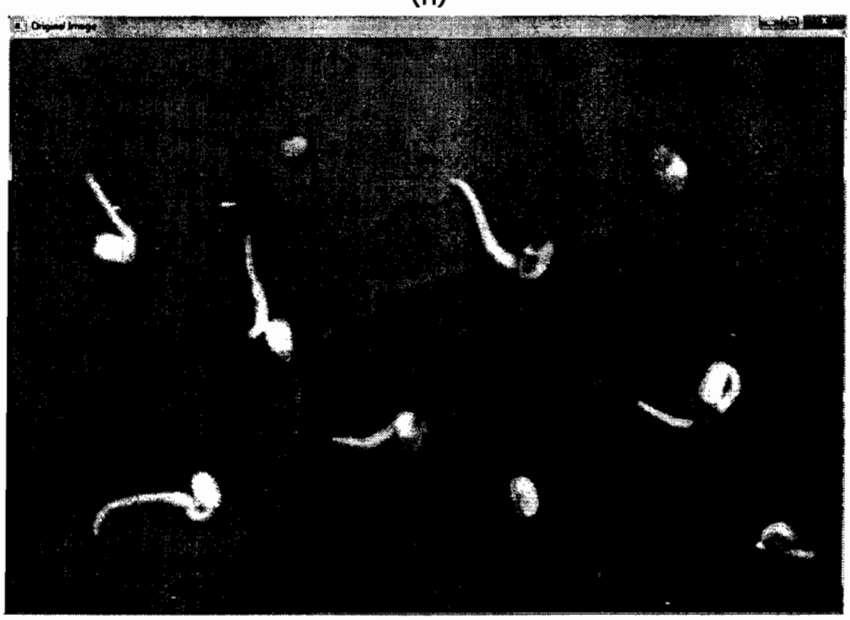
ภาพที่ ก.13 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green4.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



(ค)

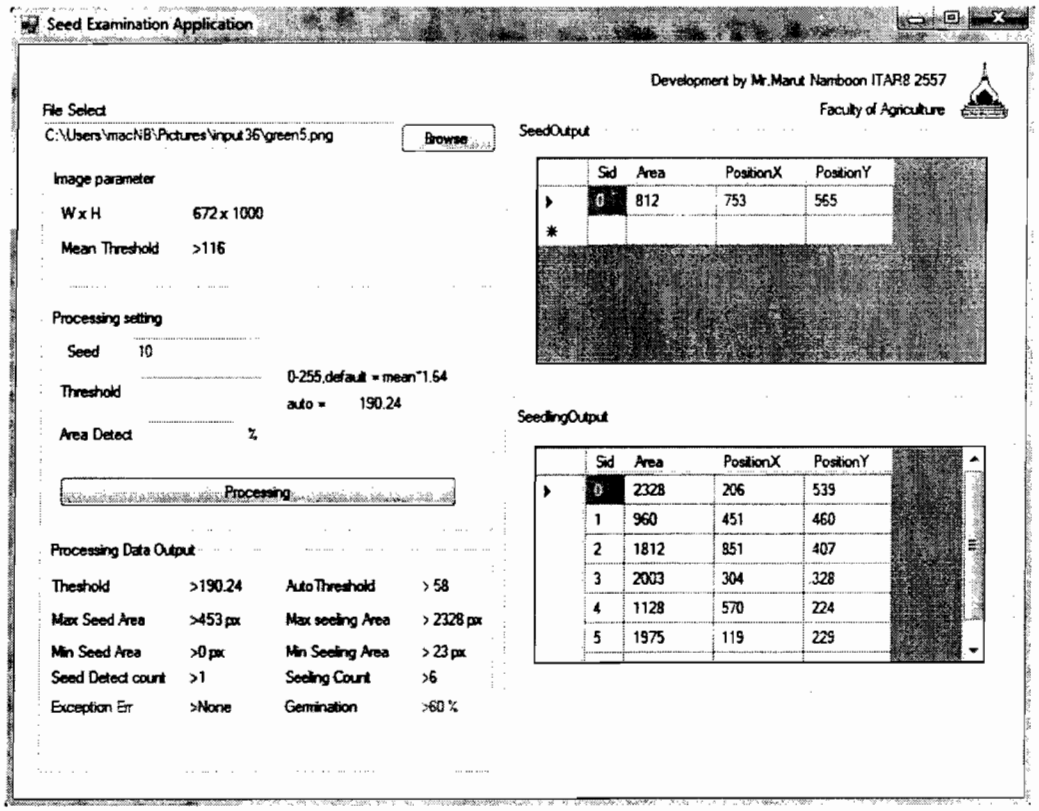
ภาพที่ ก.14 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green4.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)

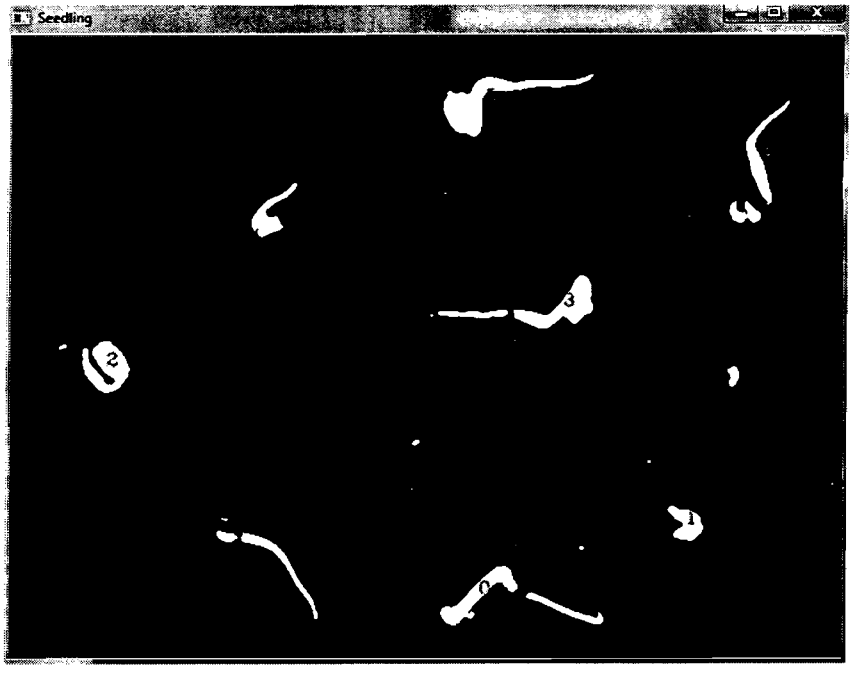


(ข)

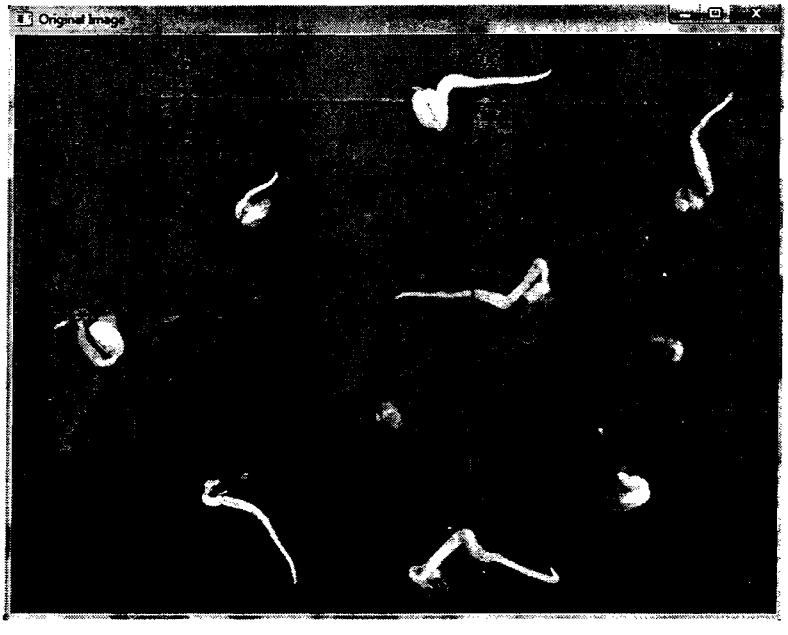
ภาพที่ ก.15 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green5.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



ภาพที่ ก.16 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green5.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

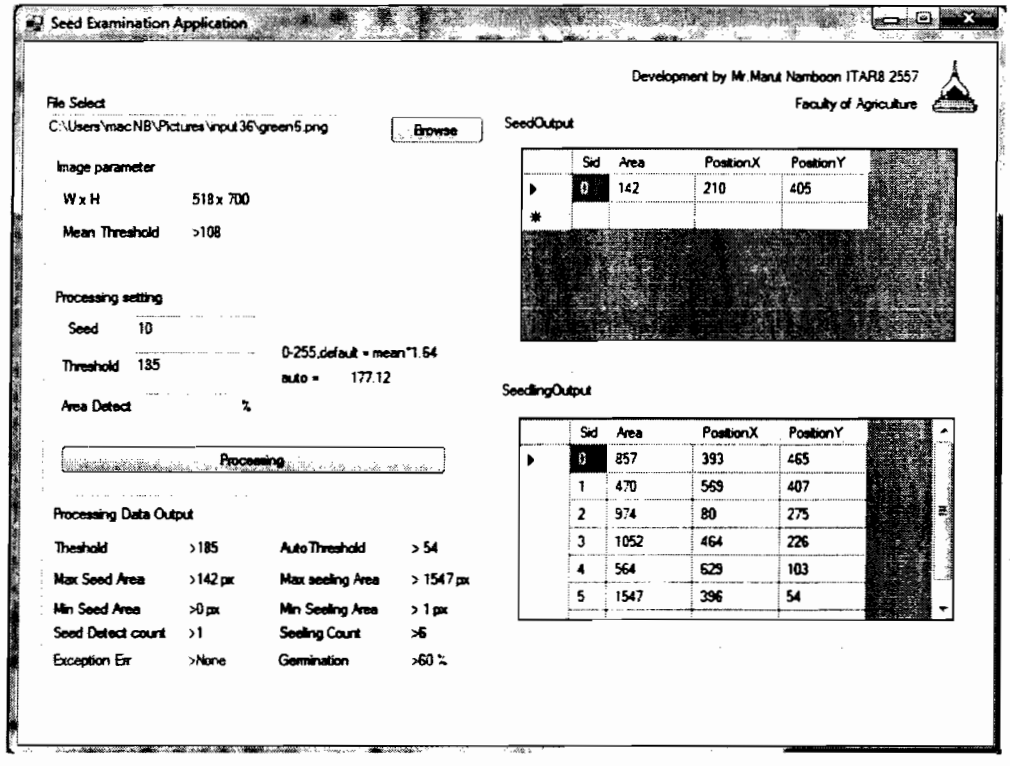


(ก)



(ข)

ภาพที่ ก.17 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green6.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ

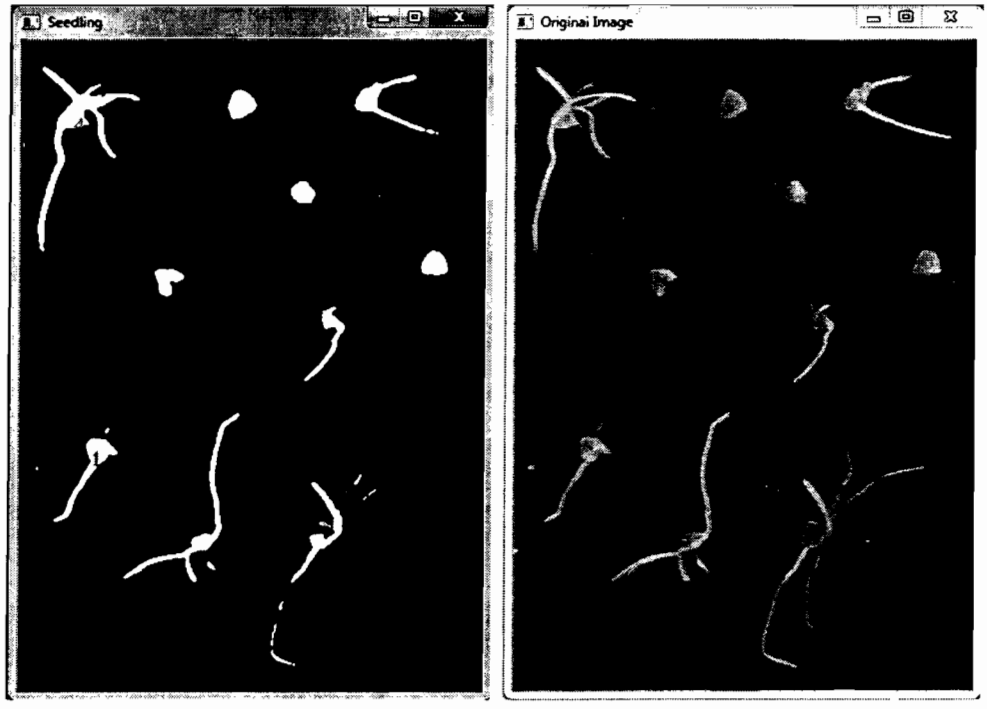


	Sid	Area	PositionX	PositionY
▶	0	142	210	405
*				

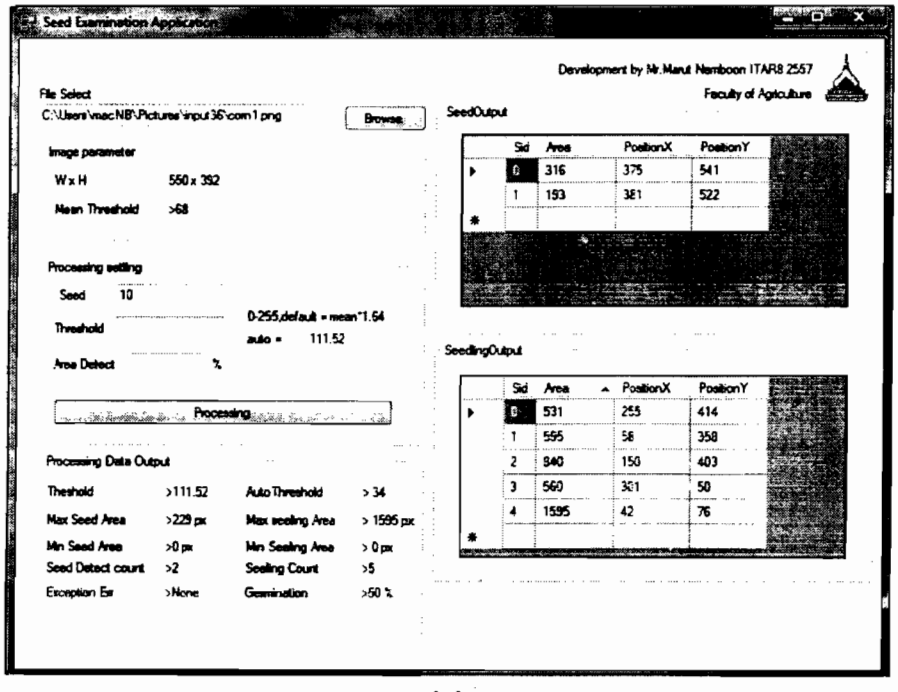
	Sid	Area	PositionX	PositionY
▶	0	857	393	465
	1	470	569	407
	2	974	80	275
	3	1052	464	226
	4	564	629	103
	5	1547	396	54

(ค)

ภาพที่ ก.18 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วเขียวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ green6.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

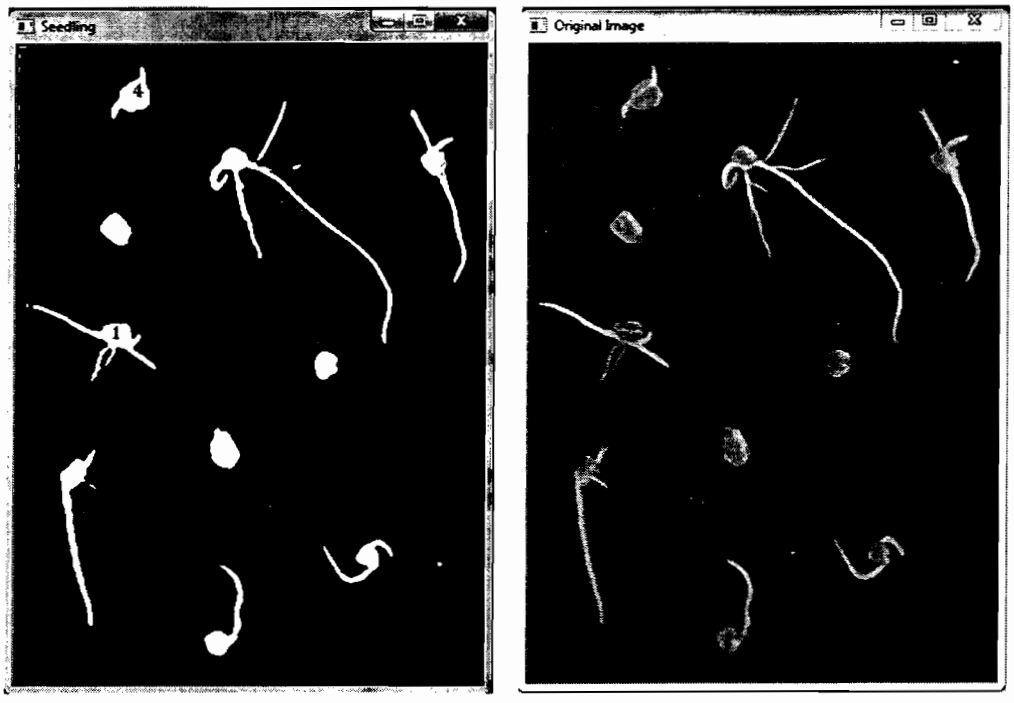


(ก) (ข)

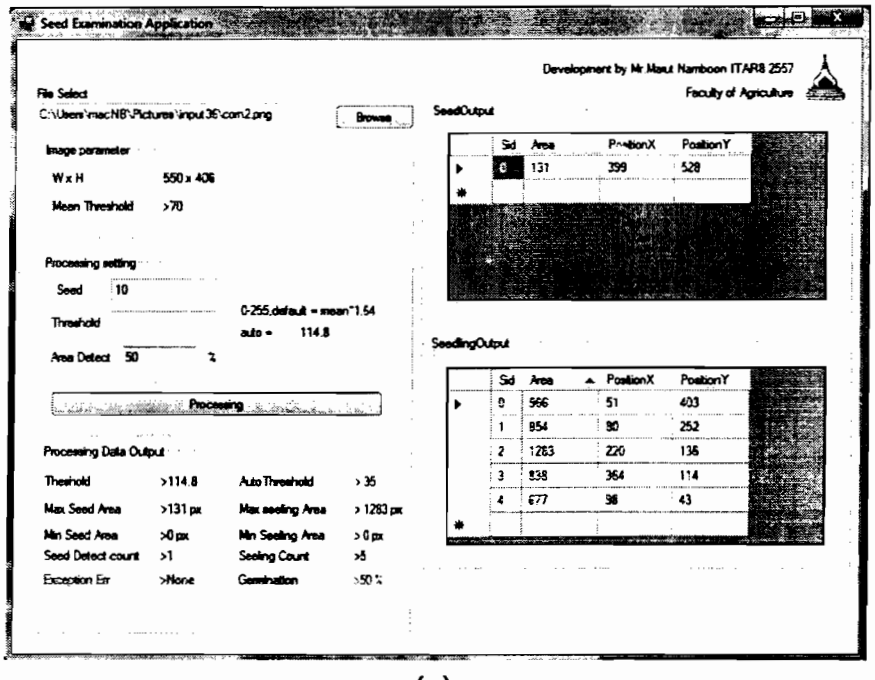


(ค)

ภาพที่ ก.19 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ corn1.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

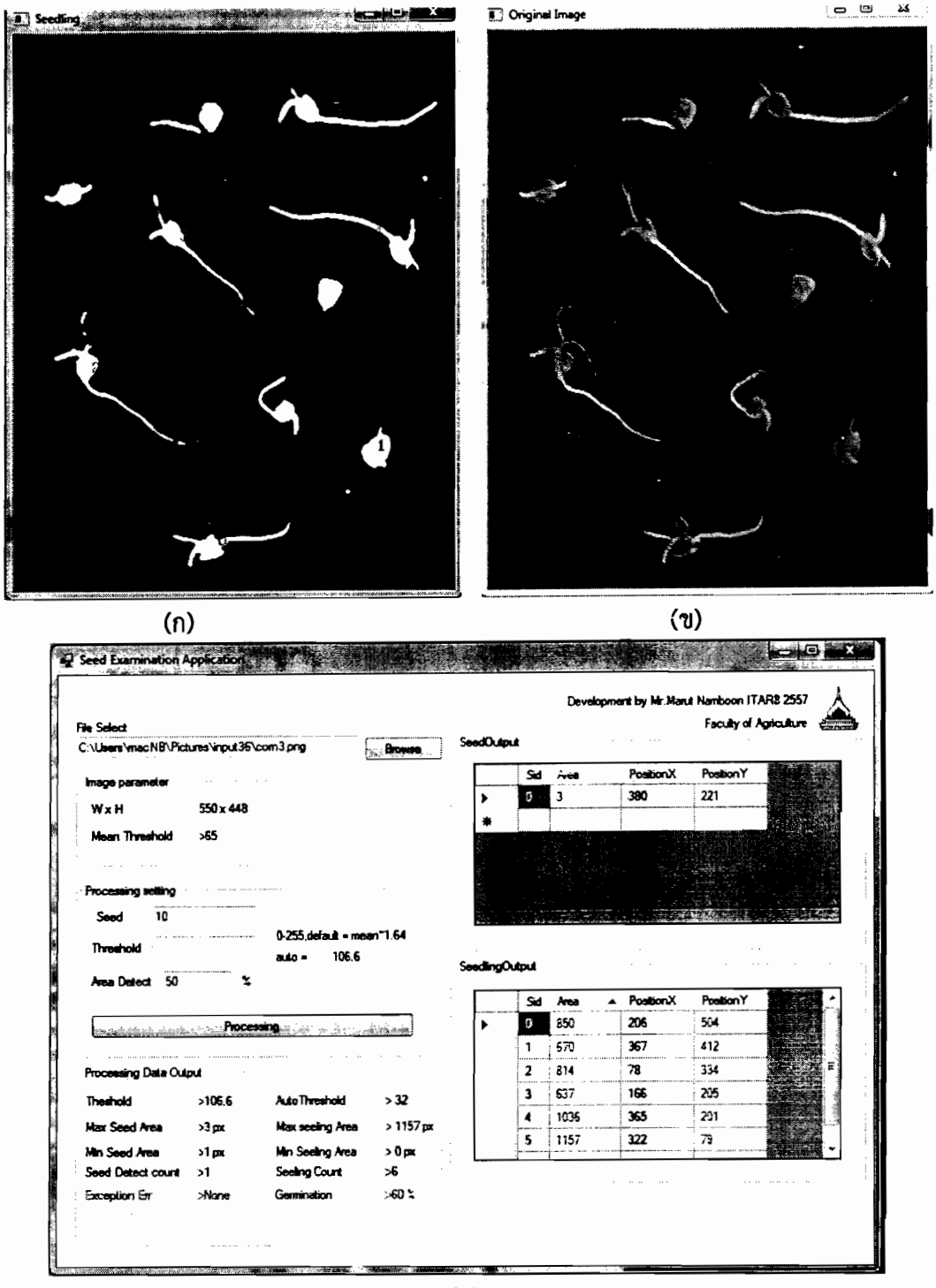


(ก) (ข)

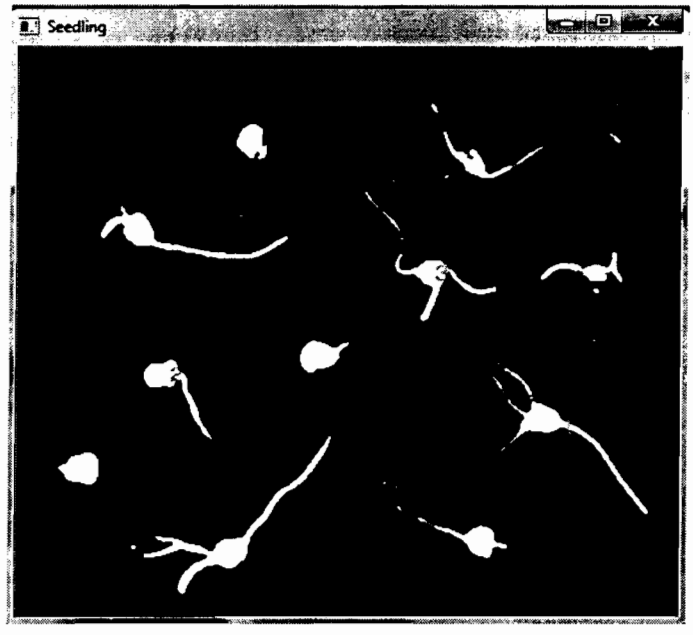


(ค)

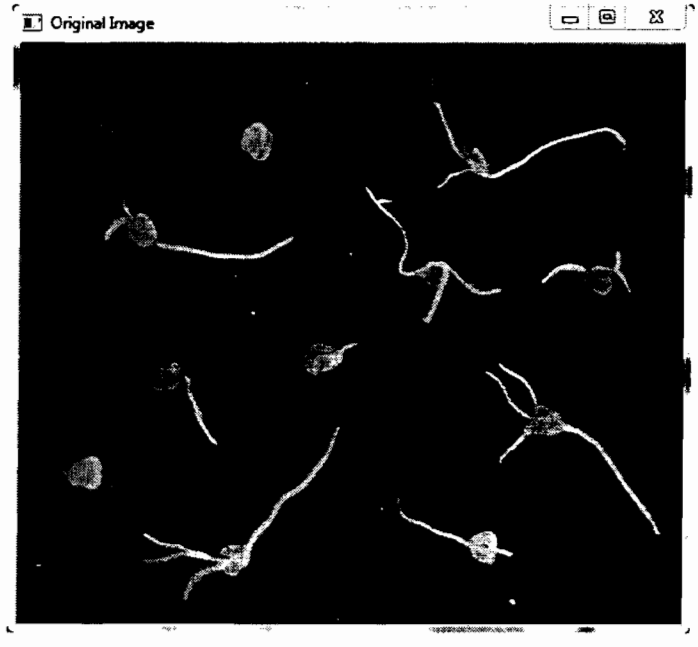
ภาพที่ ก.20 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ประมวลผลชื่อภาพ corn2.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น



ภาพที่ ก.21 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ประมวลผลชื่อภาพ corn3.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

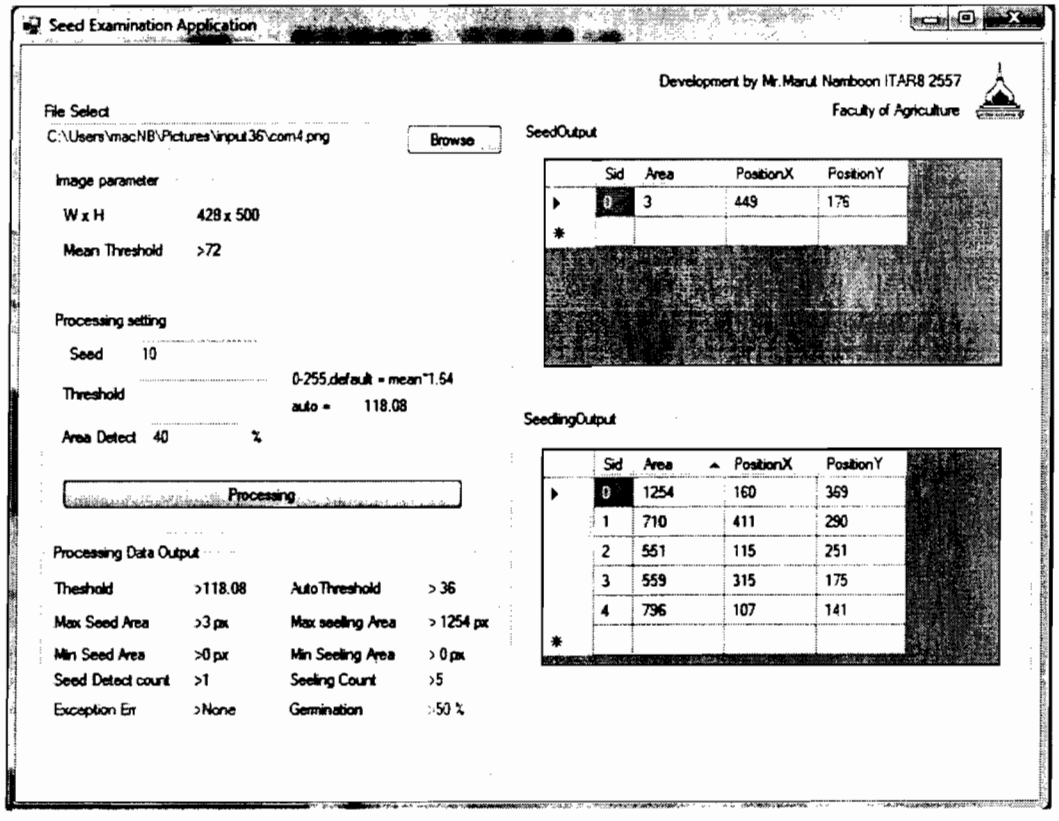


(ก)



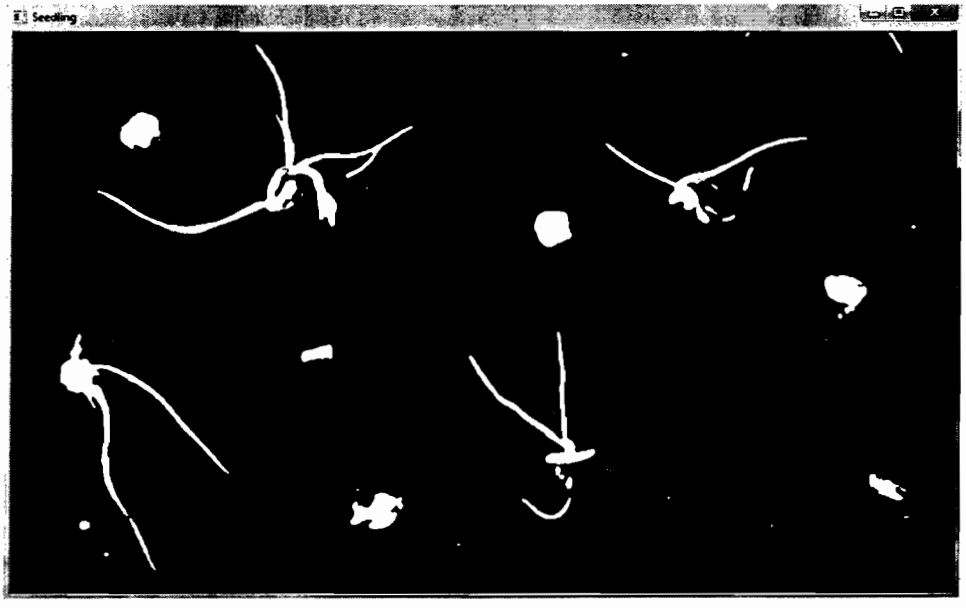
(ข)

ภาพที่ ก.22 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ corn4.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ

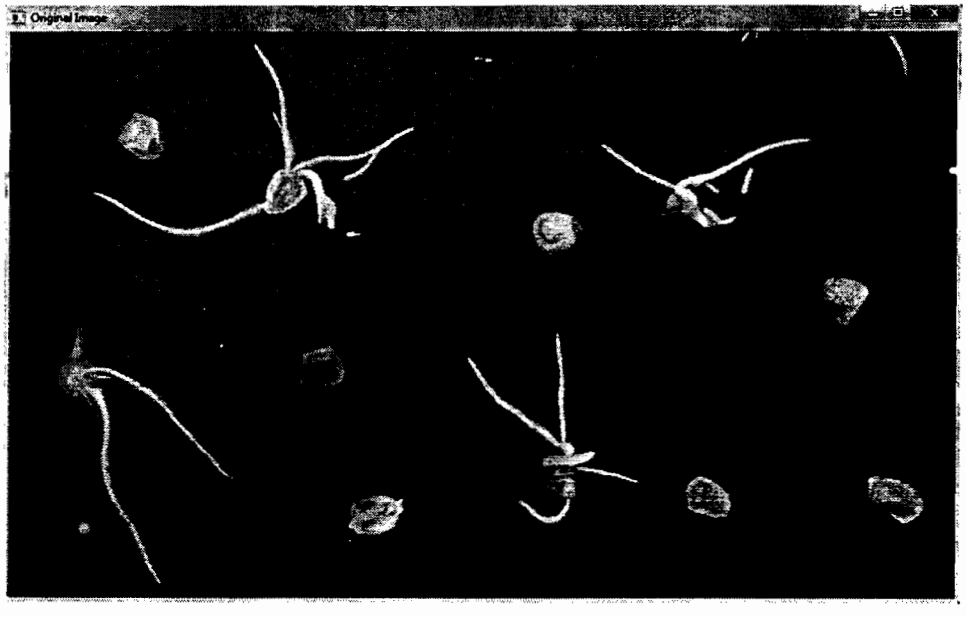


(ค)

ภาพที่ ก.23 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ corn4.png (ต่อ) (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

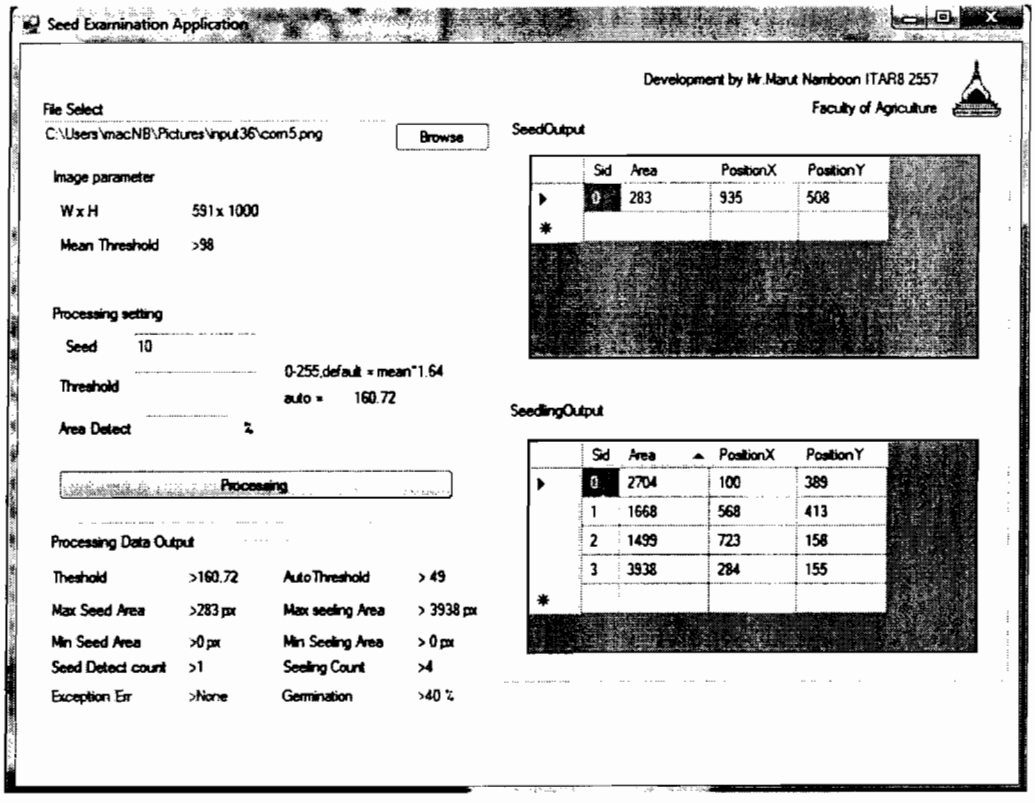


(ก)



(ข)

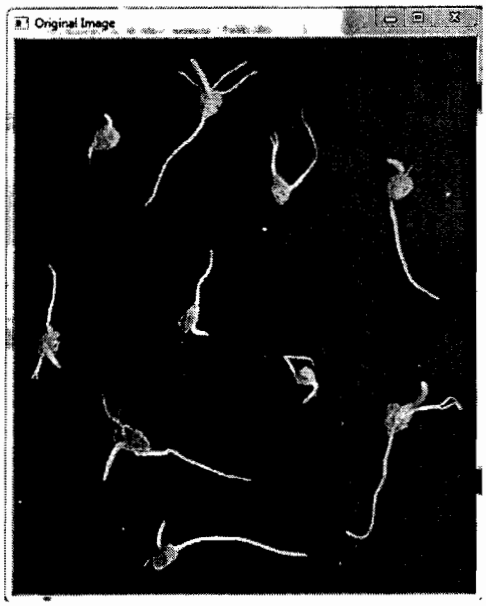
ภาพที่ ก.24 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ corn5.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



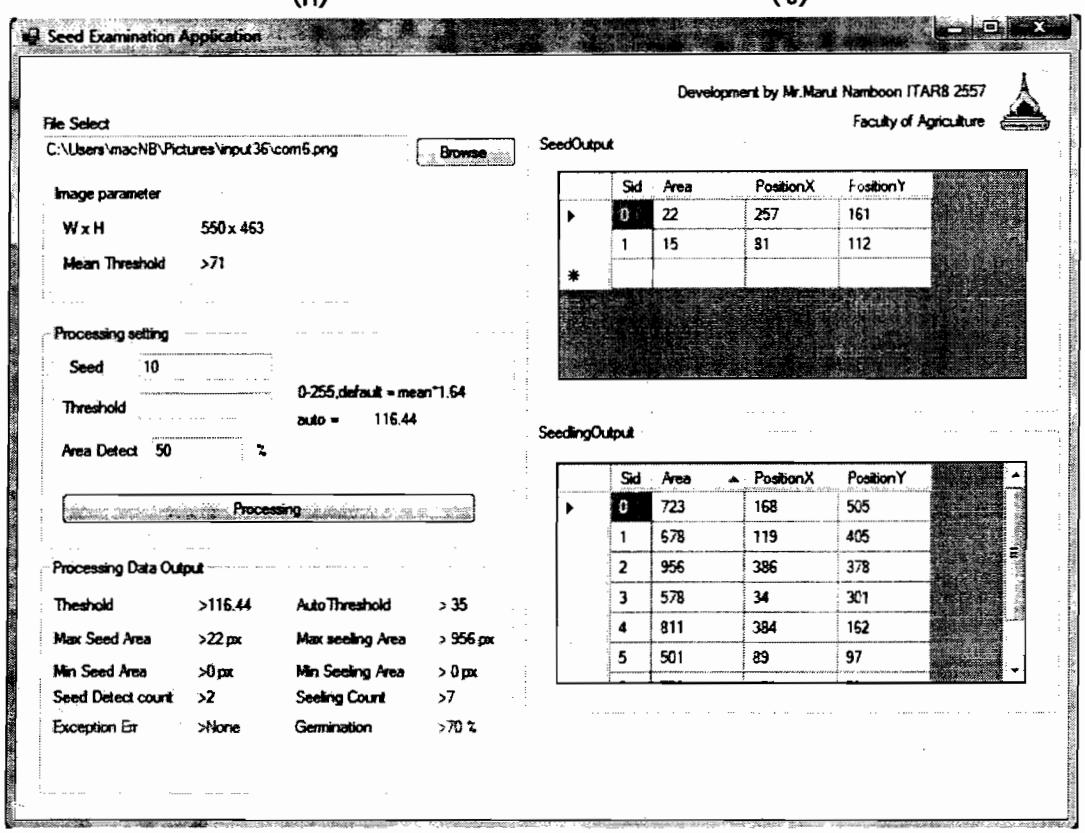
(ค)

ภาพที่ ก.25 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ corn5.png (ต่อ) (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)

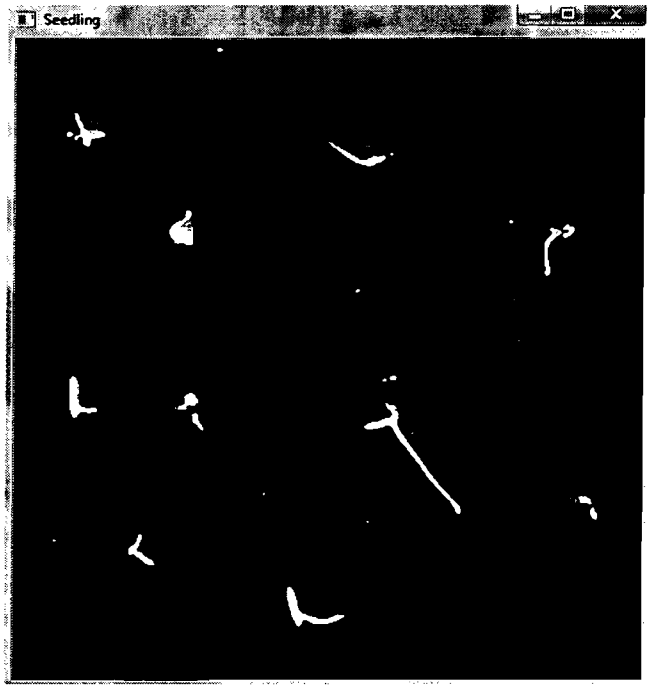


(ข)

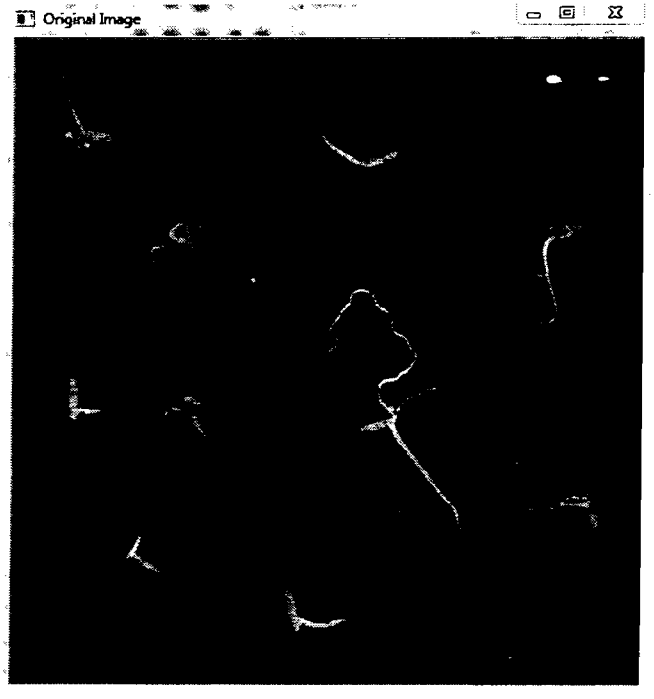


(ค)

ภาพที่ ก.26 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวโพดที่ประมวลผลชื่อภาพ corn6.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

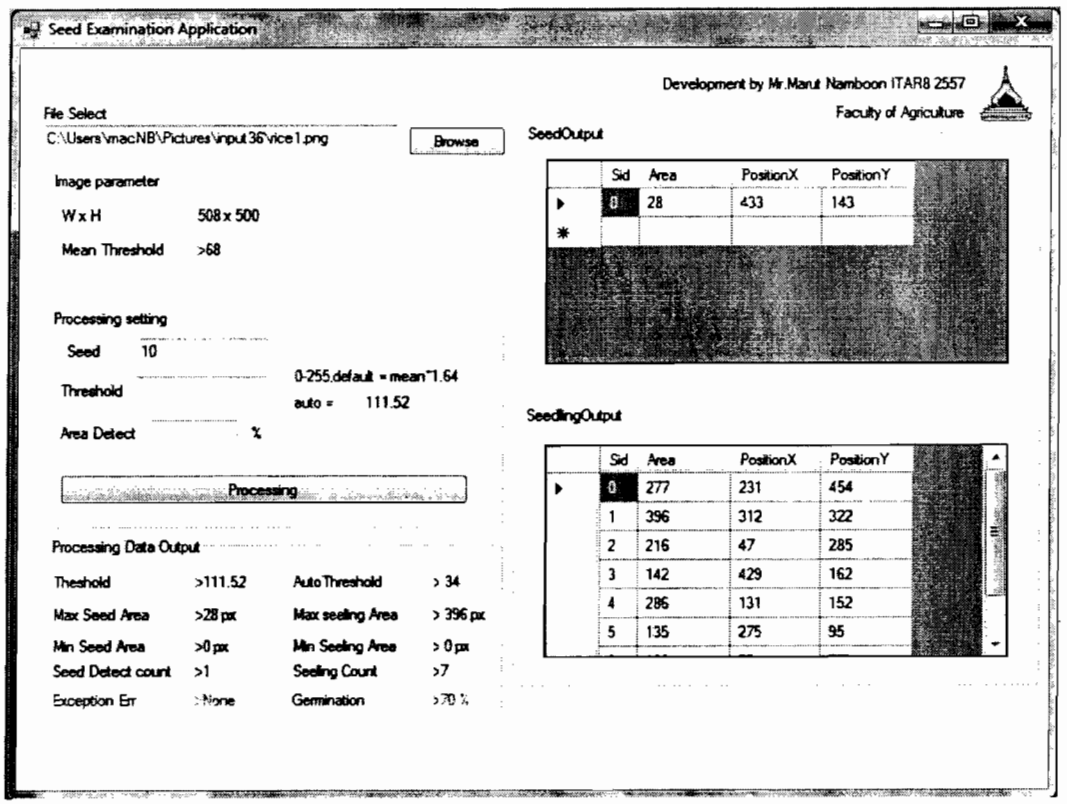


(ก)



(ข)

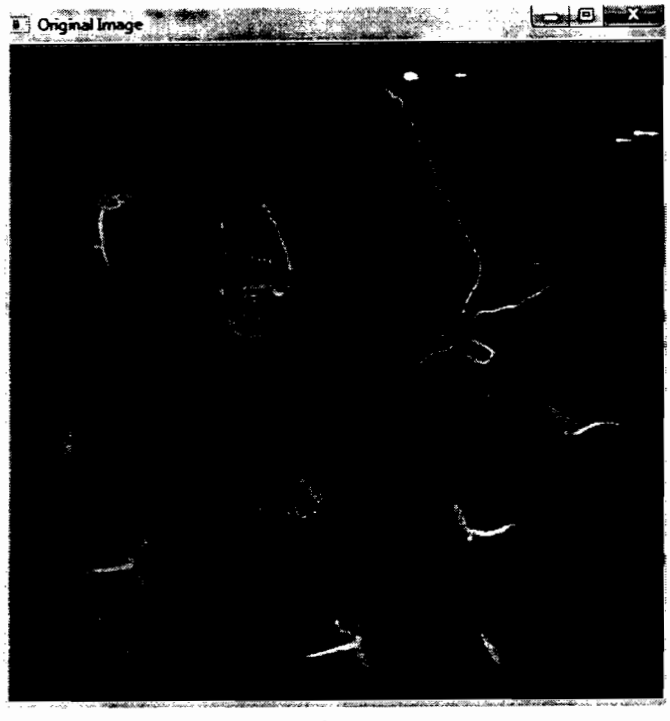
ภาพที่ ก.27 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice1.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



(ค)

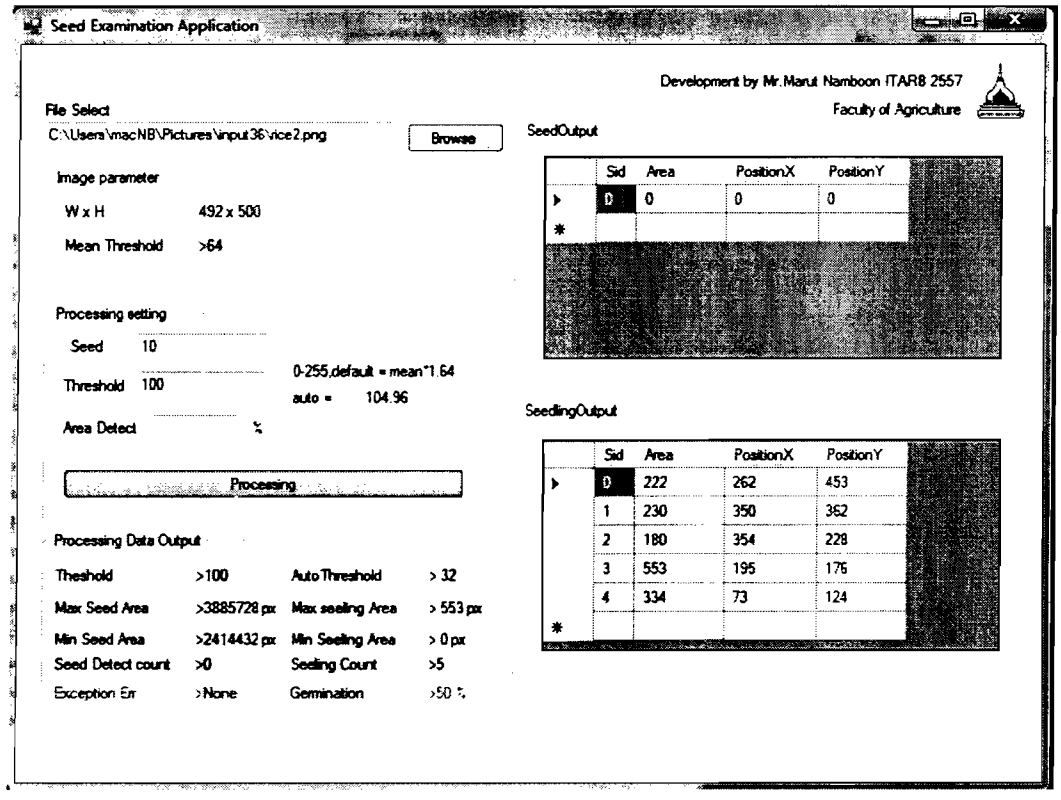
ภาพที่ ก.28 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice1.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)



(ข)

ภาพที่ ก.29 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice2.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



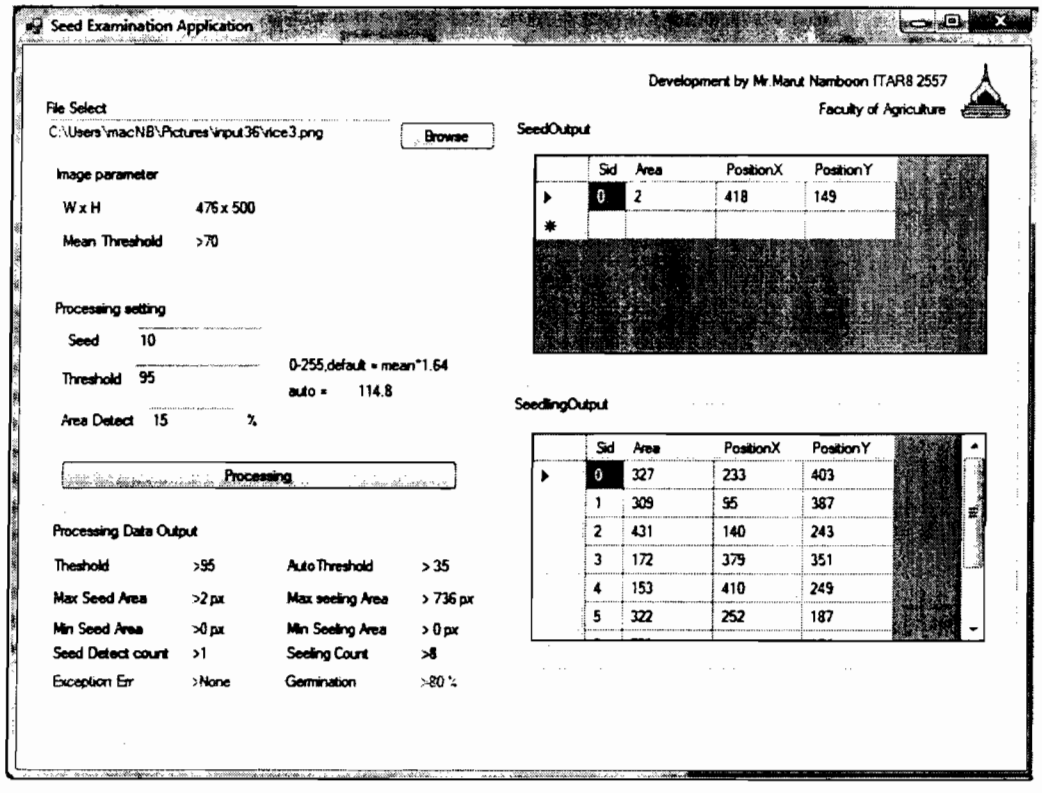
(ค)

ภาพที่ ก.30 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice2.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)

(ข)

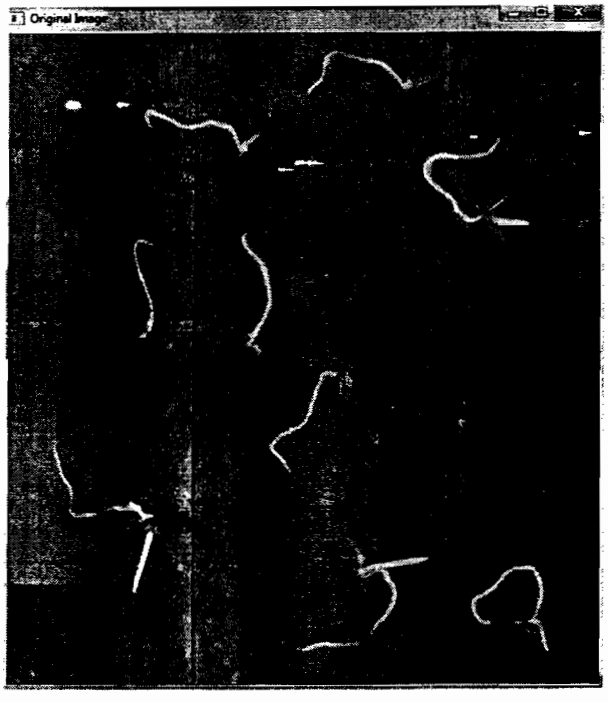
ภาพที่ ก.31 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice3.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



(ค)

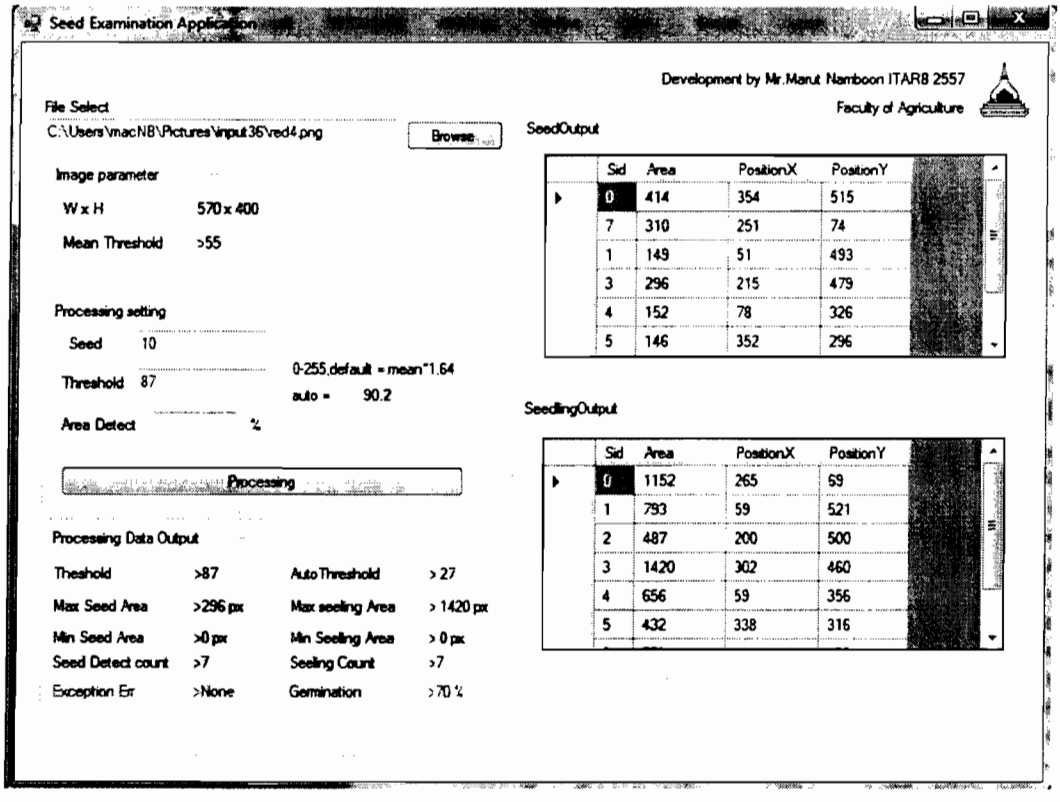
ภาพที่ ก.32 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice3.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)



(ข)

ภาพที่ ก.33 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice4.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



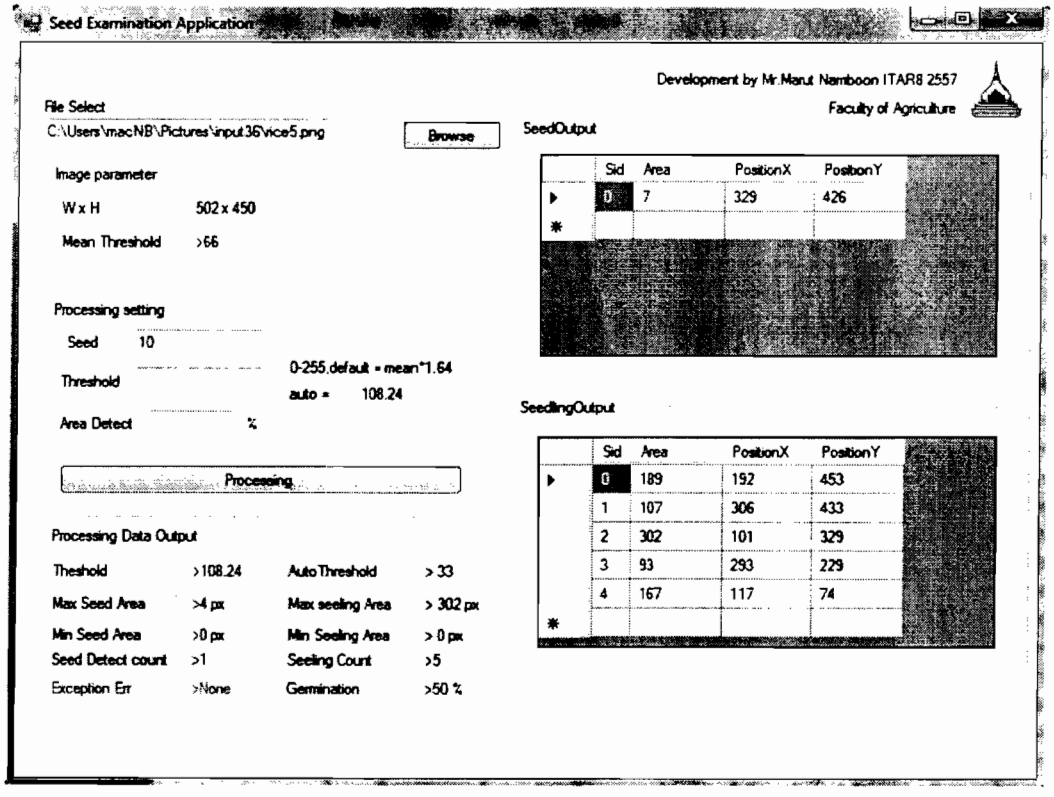
(ค)

ภาพที่ ก.34 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice4.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)

(ข)

ภาพที่ ก.35 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice5.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



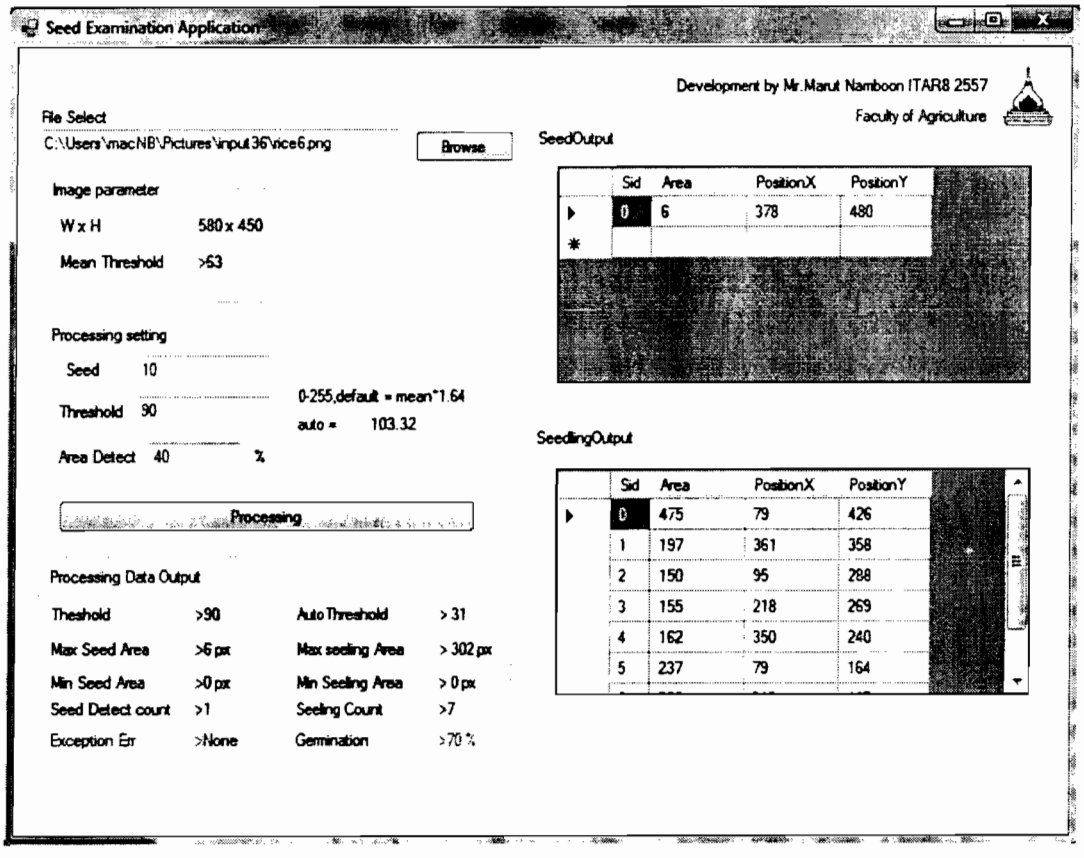
(ค)

ภาพที่ ก.36 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice5.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)

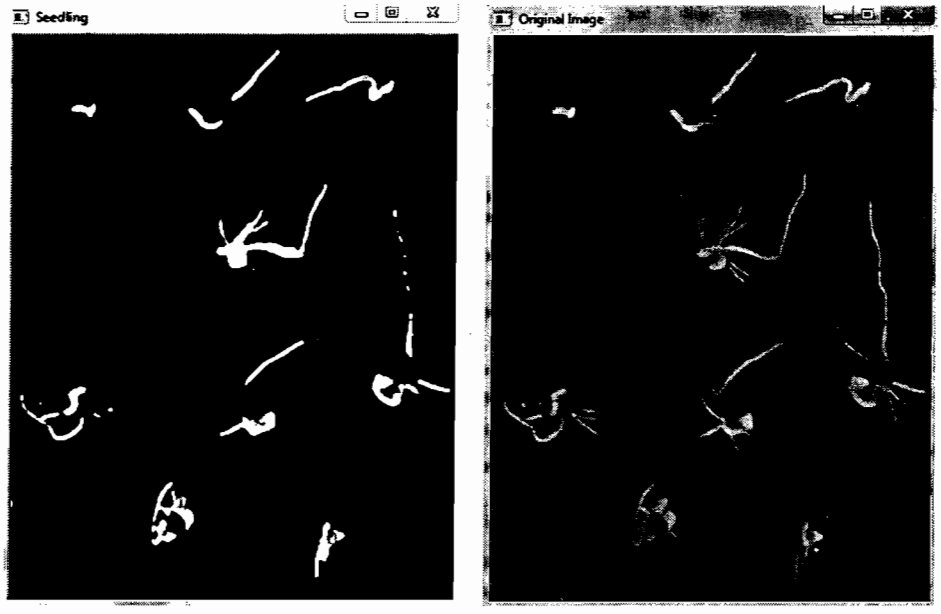
(ข)

ภาพที่ ก.37 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice6.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ

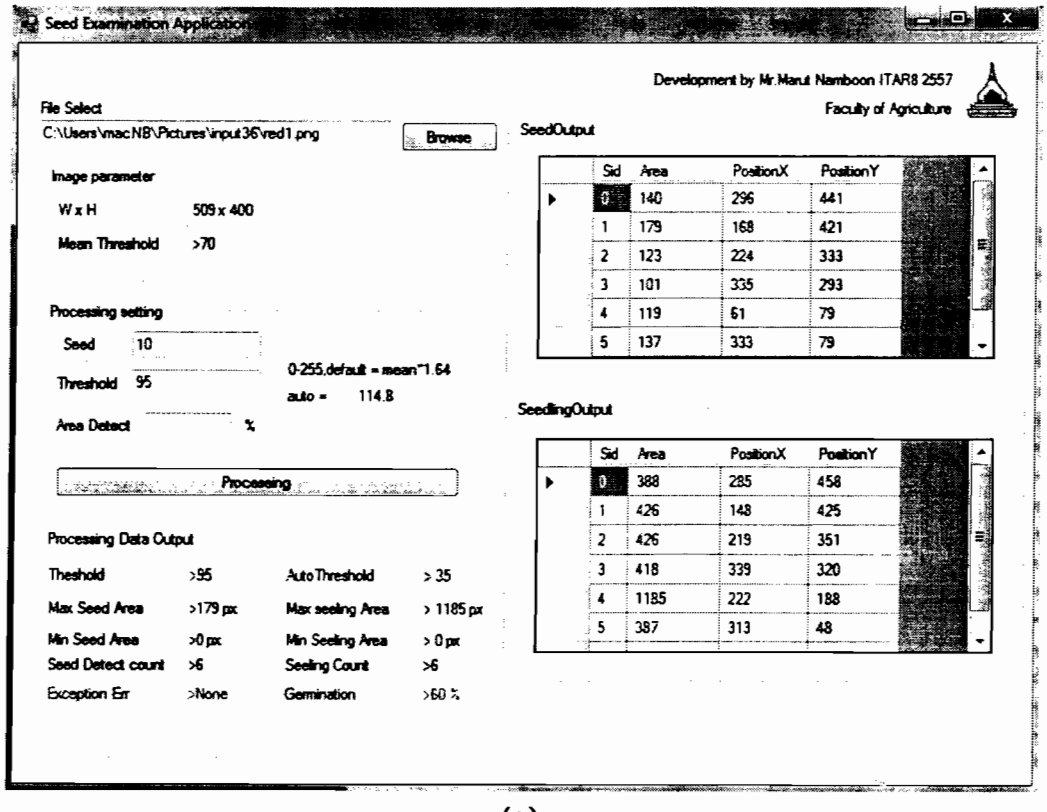


(ค)

ภาพที่ ก.38 ภาพตัวอย่างพืชชนิดข้าวที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Rice6.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น



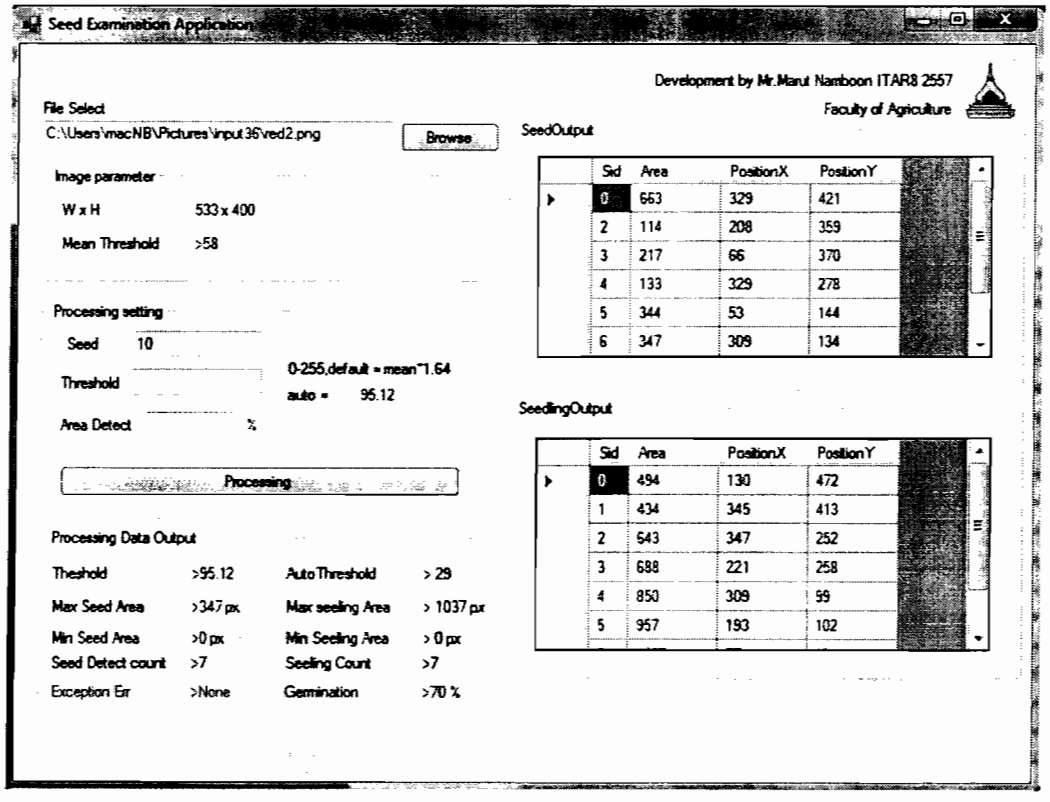
(ก) (ข)



(ค)

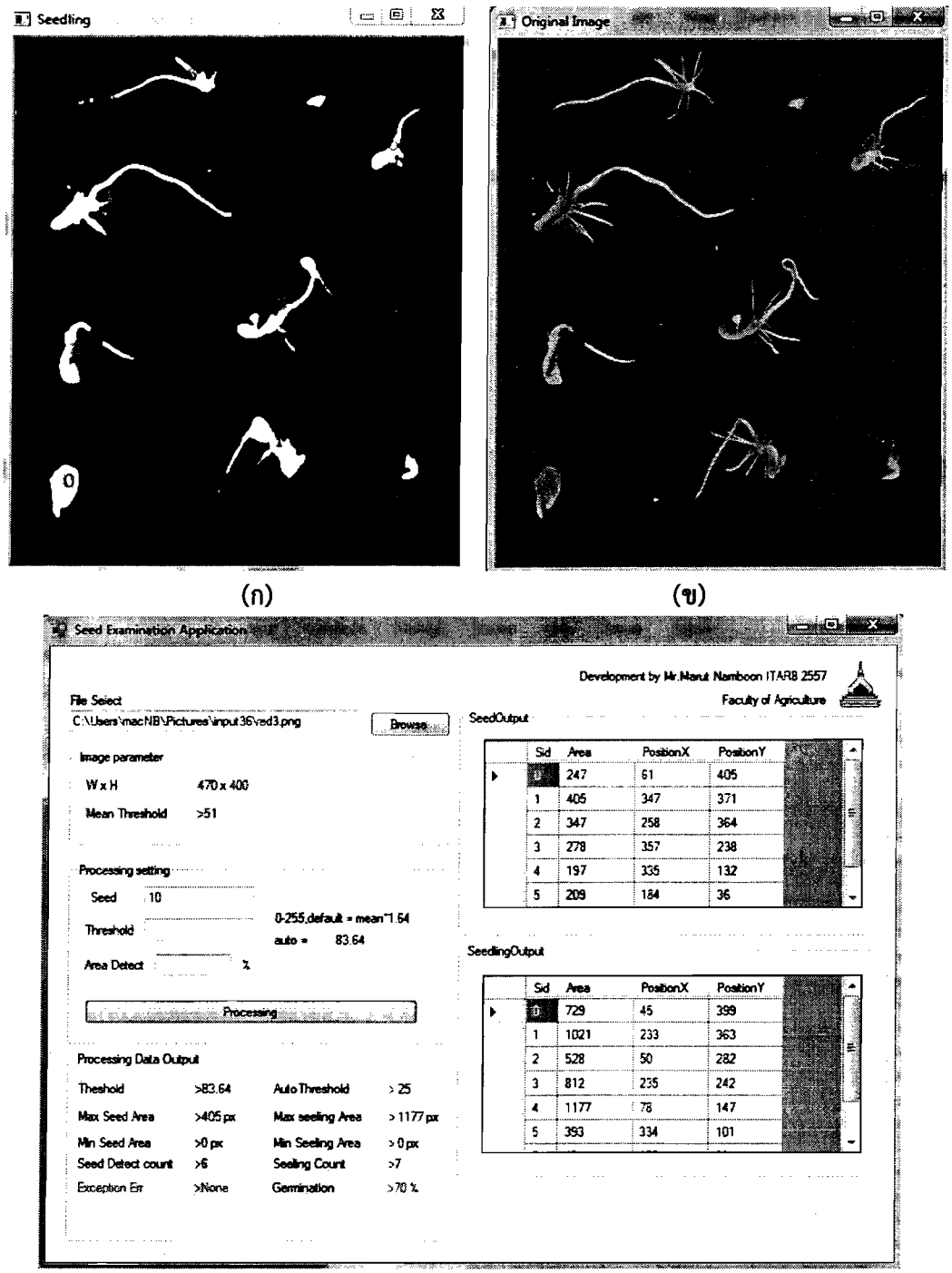
ภาพที่ ก.39 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ Red1.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก) (ข)



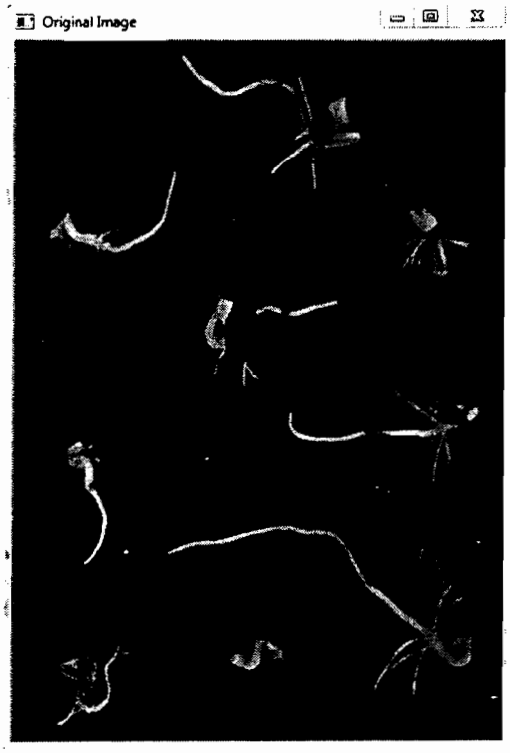
(ค)

ภาพที่ ก.40 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ Red2.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

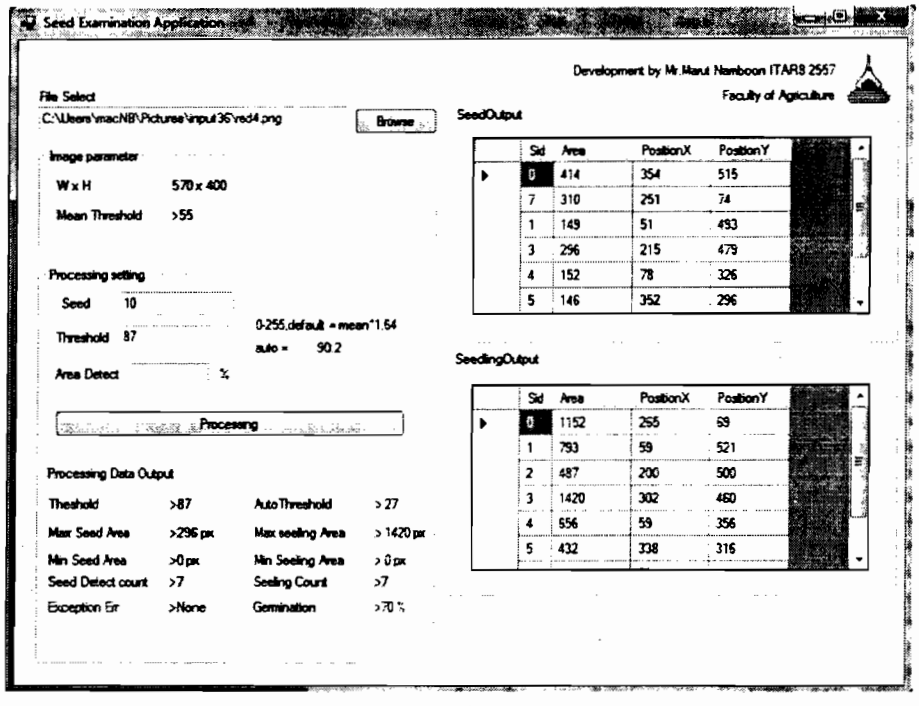


ภาพที่ ก.41 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ Red3.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)



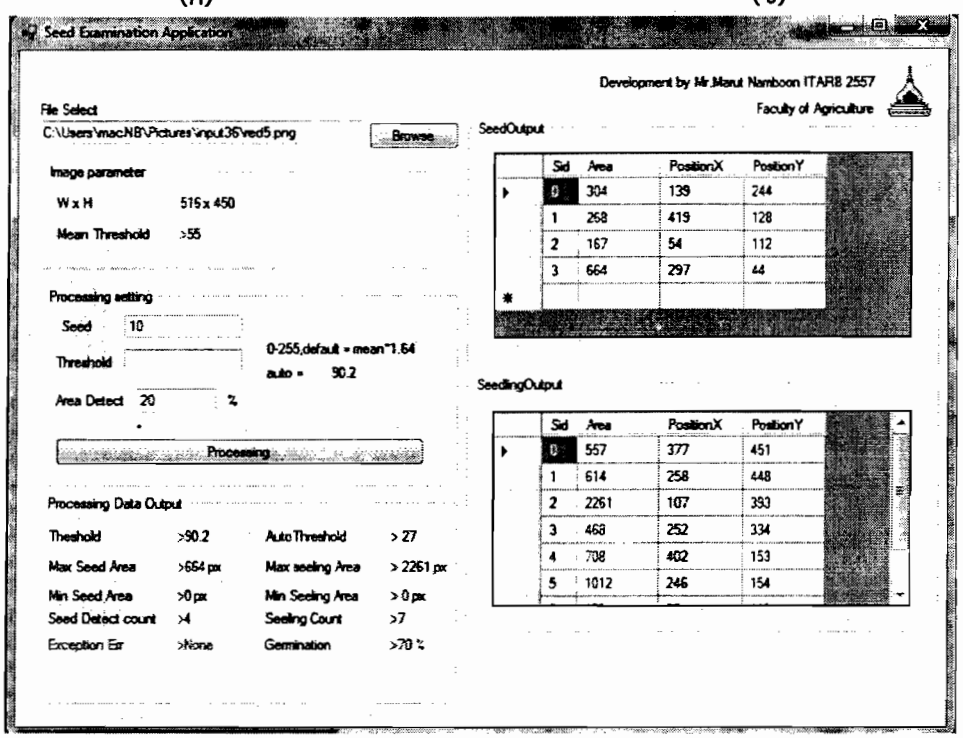
(ข)



(ค)

ภาพที่ ก.42 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ Red4.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

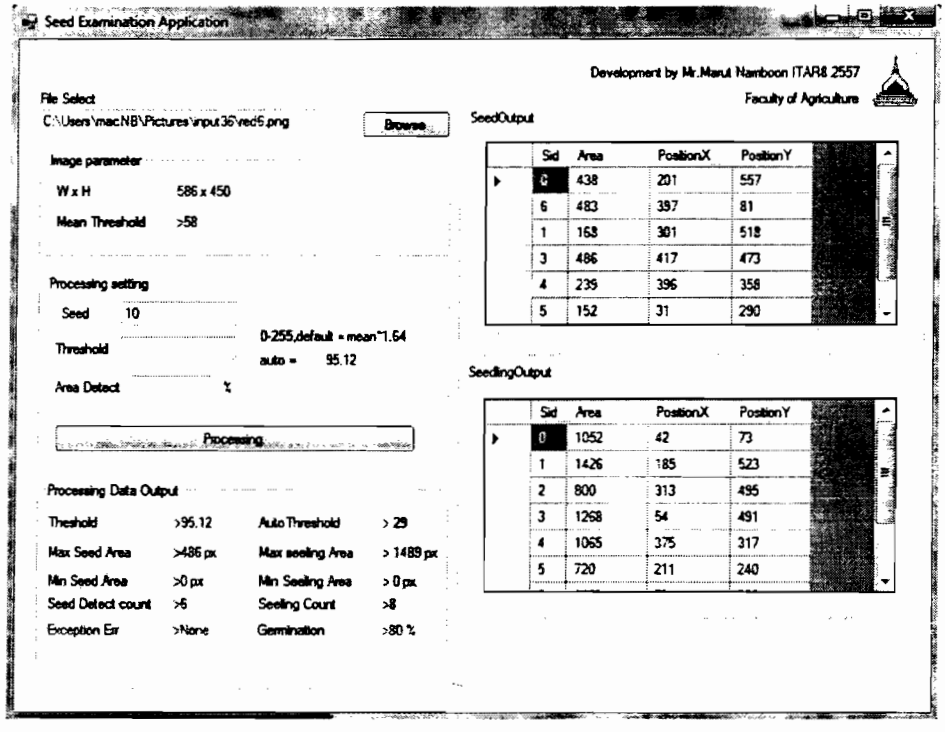
(ก) (ข)



(ค)

ภาพที่ ก.43 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ Red5.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก) (ข)



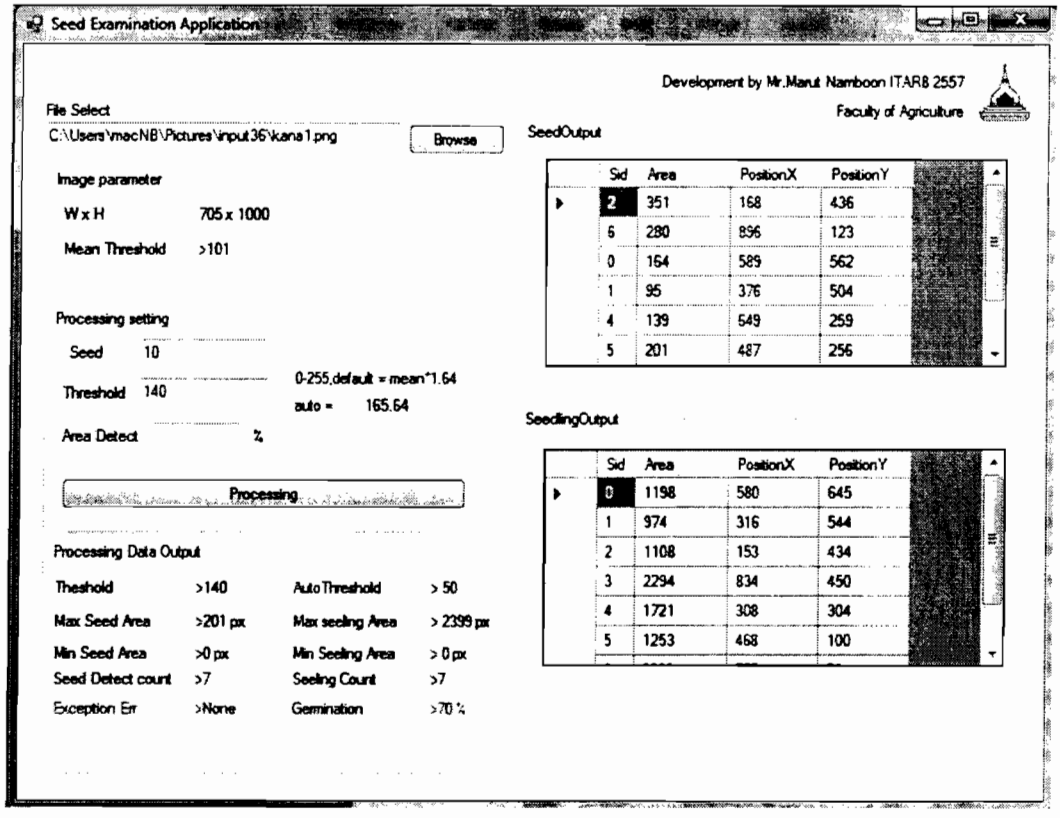
(ค)

ภาพที่ ก.44 ภาพตัวอย่างพืชชนิดถั่วแดงที่ประมวลผล ชื่อภาพ Red6.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)

(ข)

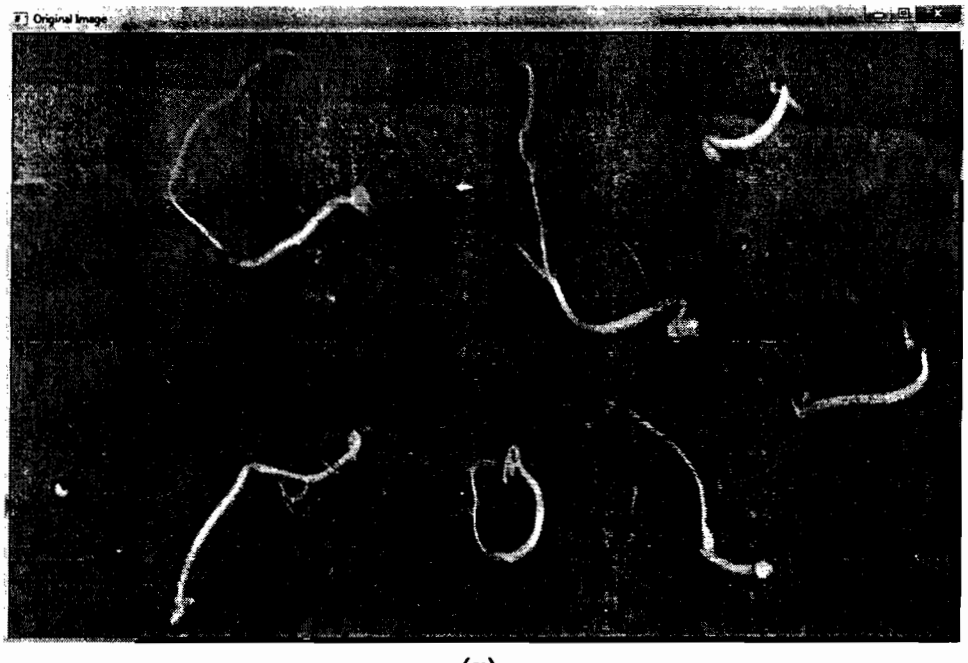
ภาพที่ ก.45 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Kana1.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



(ค)

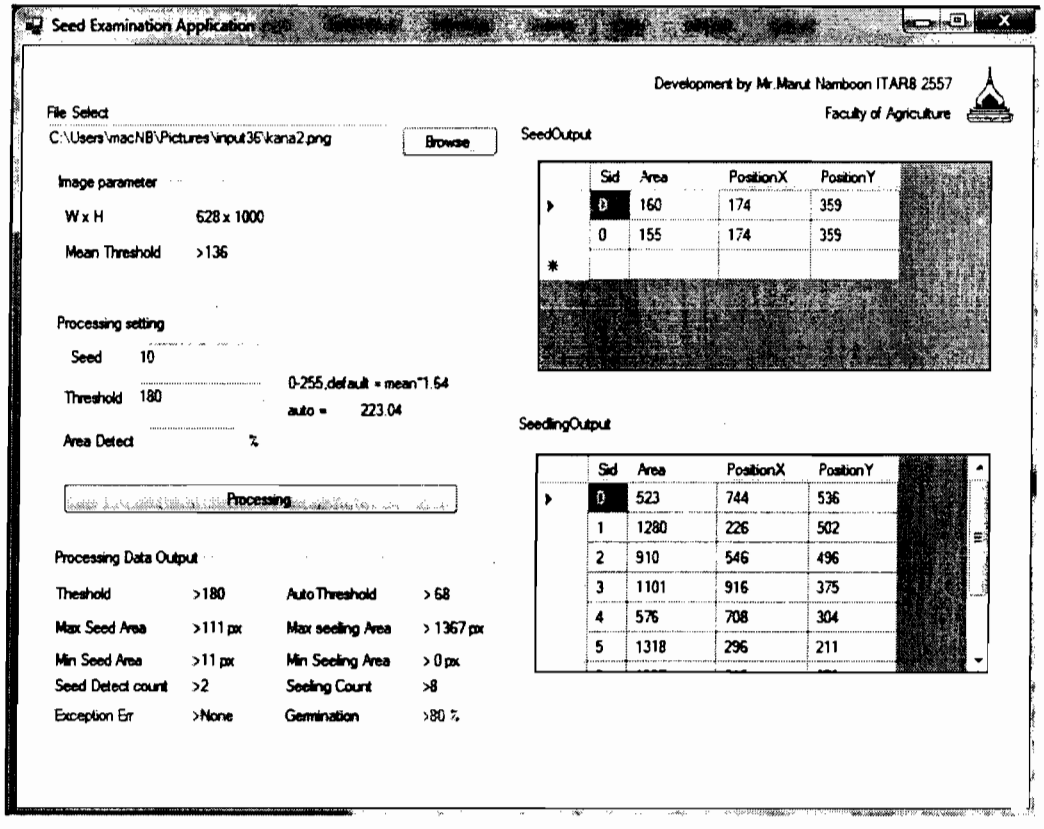
ภาพที่ ก.46 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Kana1.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)



(ข)

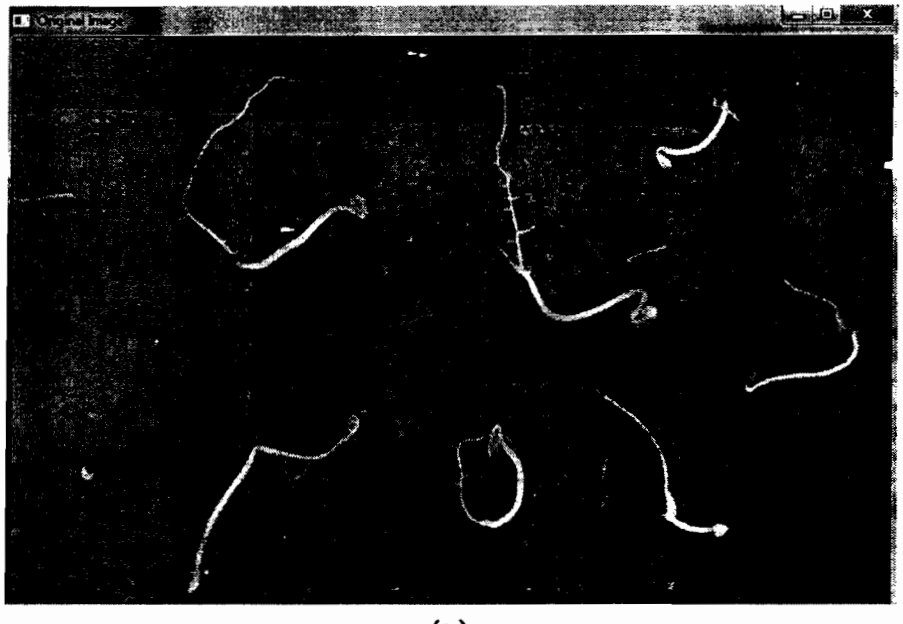
ภาพที่ ก.47 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ Kana2.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



(ค)

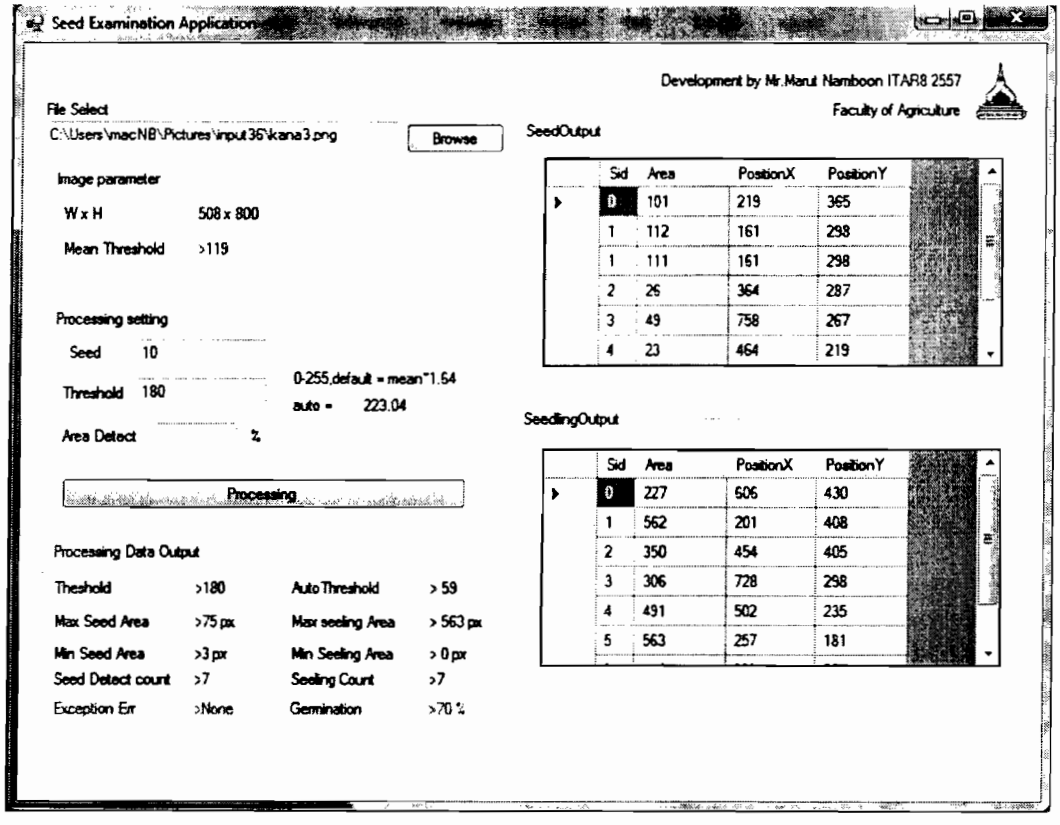
ภาพที่ ก.48 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Kana2.png (ต่อ) (ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)



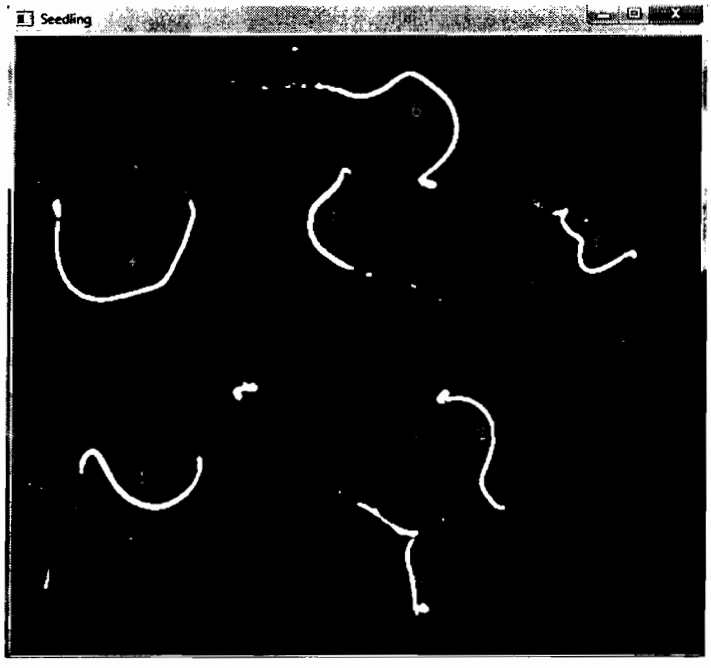
(ข)

ภาพที่ ก.49 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ Kana3.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ

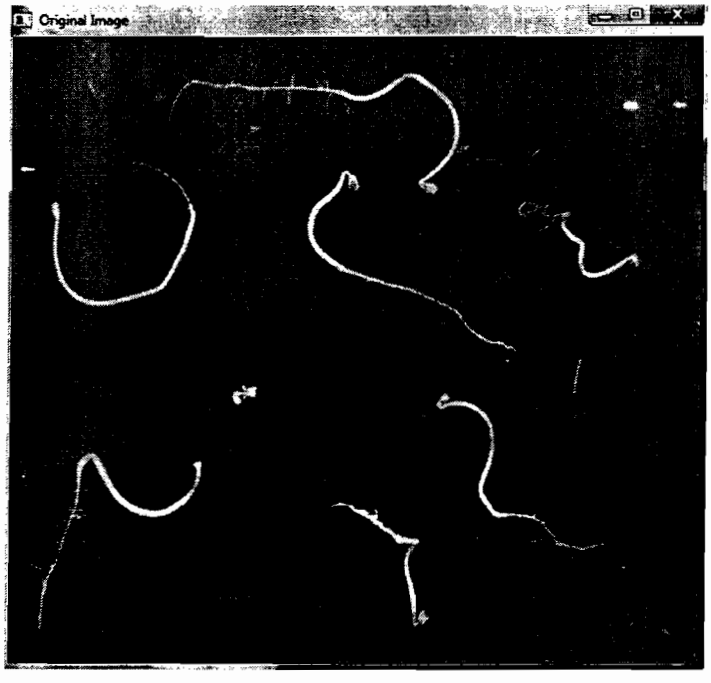


(ค)

ภาพที่ ก.50 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Kana3.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

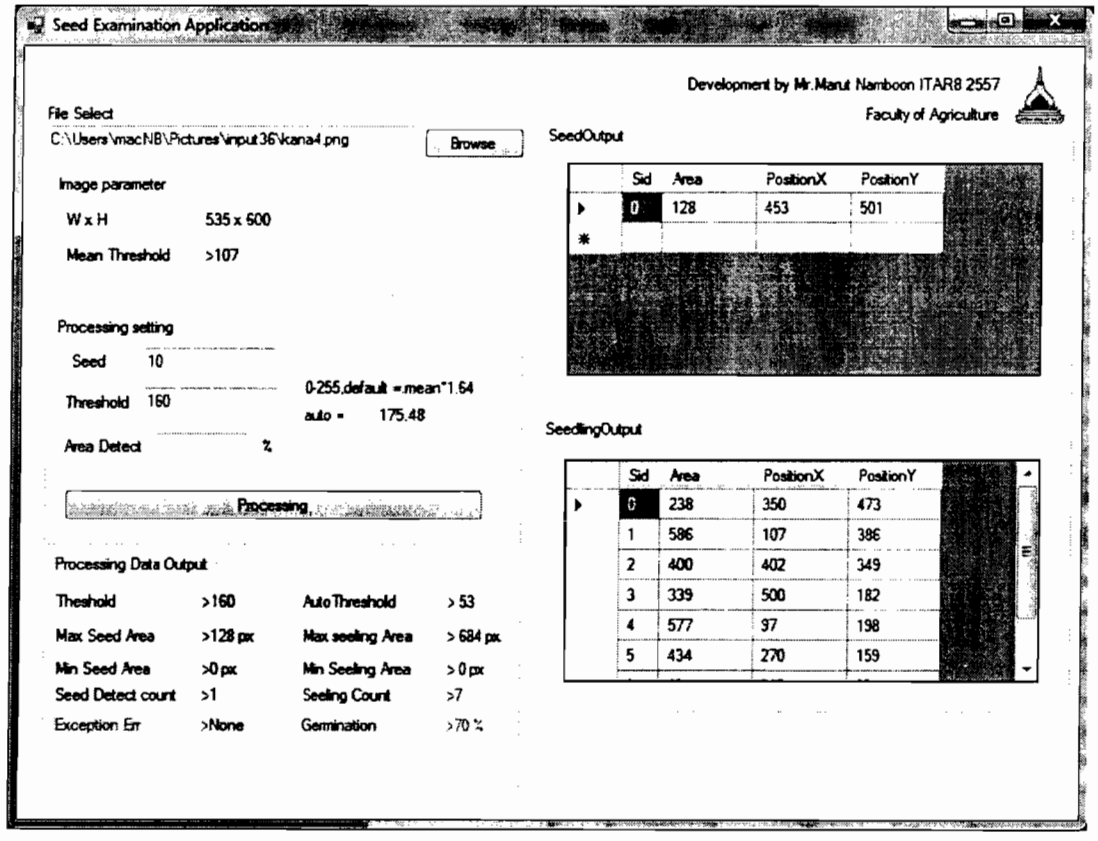


(ก)



(ข)

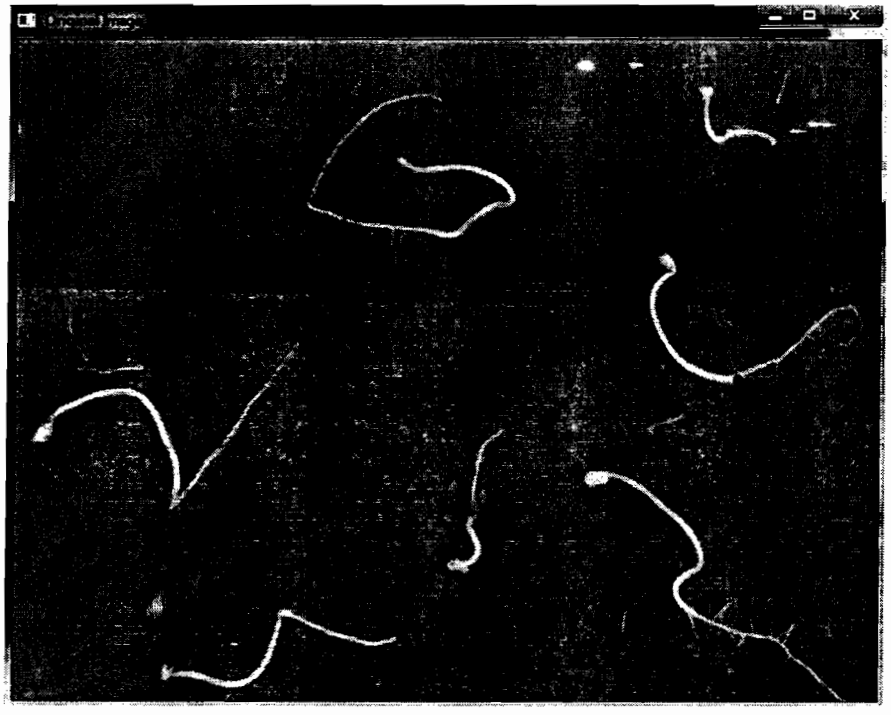
ภาพที่ ก.51 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Kana4.png) (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



(ค)

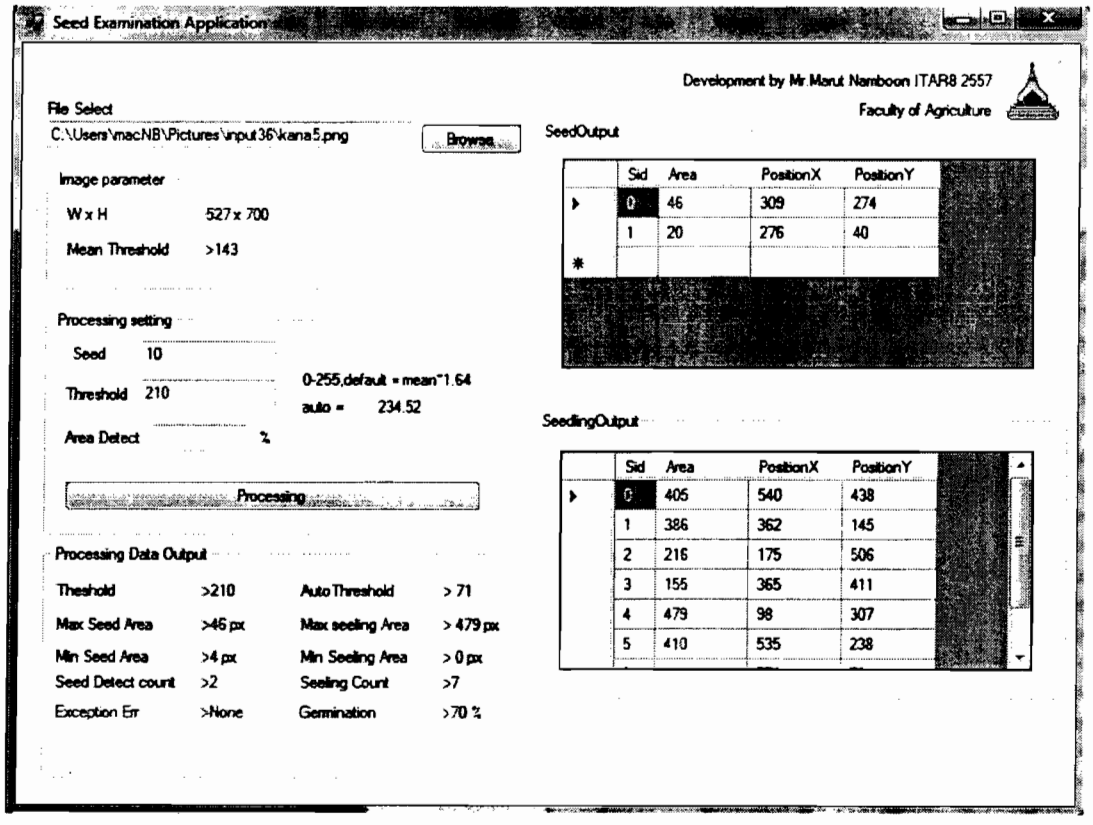
ภาพที่ ก.52 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ถูกประมวลผล ชื่อภาพ Kana4.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)



(ข)

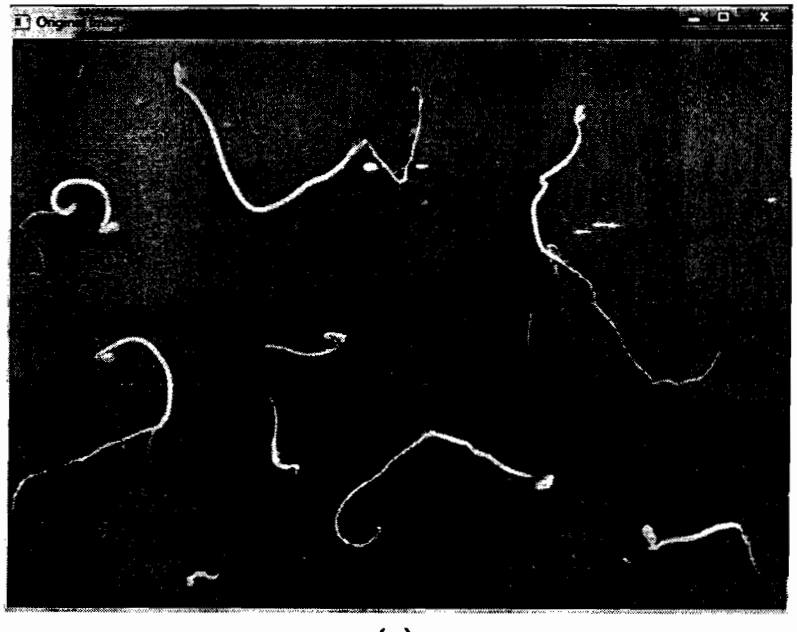
ภาพที่ ก.53 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ Kana5.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



(ค)

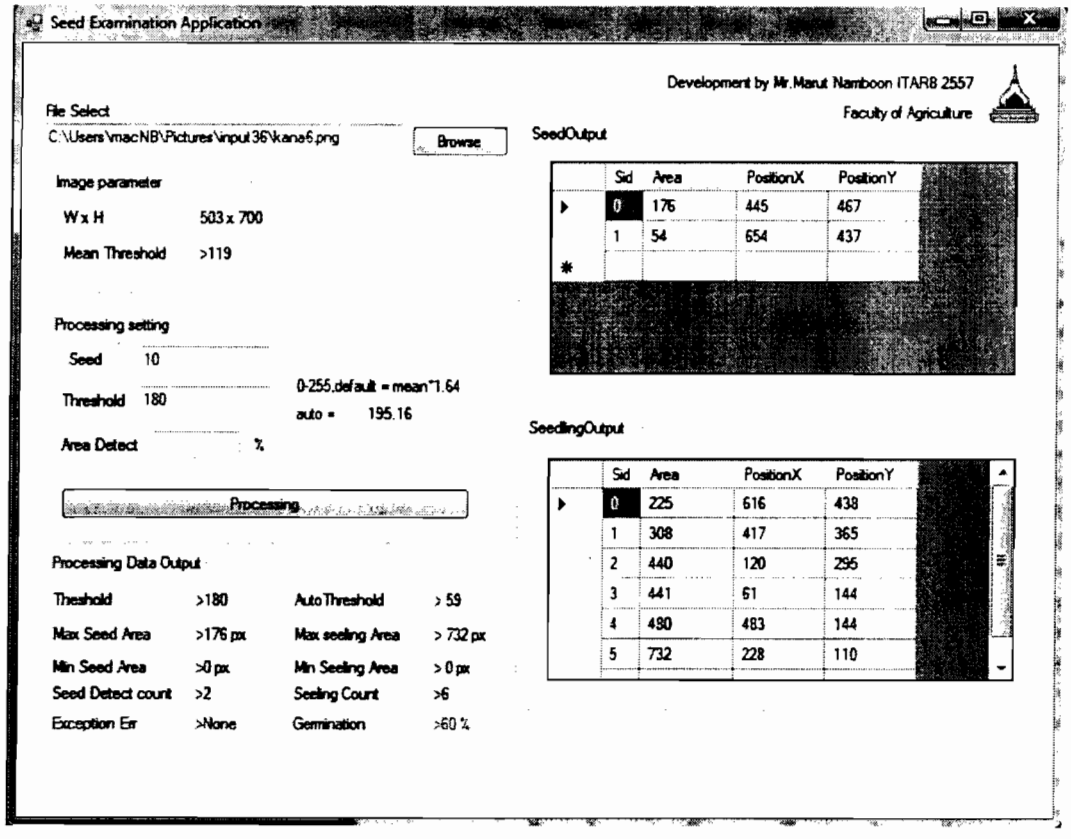
ภาพที่ ก.54 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ Kana5.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

(ก)



(ข)

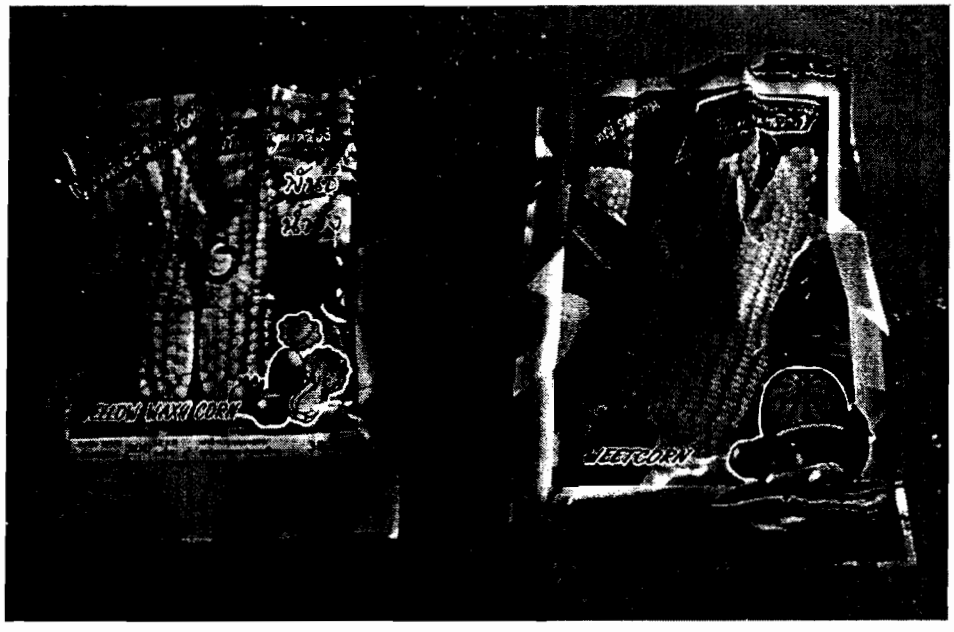
ภาพที่ ก.55 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ Kana6.png (ก) ภาพต้นอ่อน (ข) ภาพต้นฉบับ



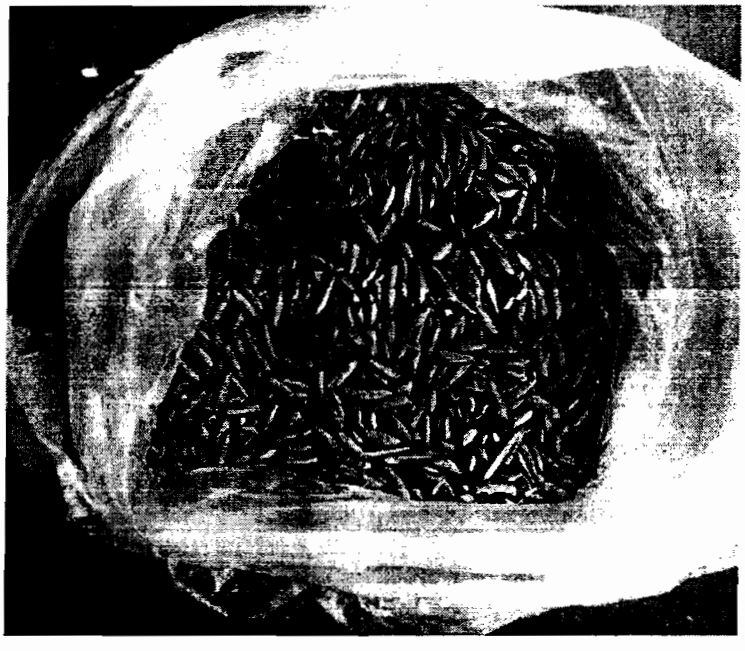
(ค)

ภาพที่ ก.56 ภาพตัวอย่างพืชชนิดคะน้าที่ประมวลผล ชื่อภาพ Kana6.png (ต่อ)
(ค) อินเตอร์เฟสของโปรแกรมเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น

ภาคผนวก ข
ภาพการเพาะเมล็ดพืชตัวอย่างทดลอง



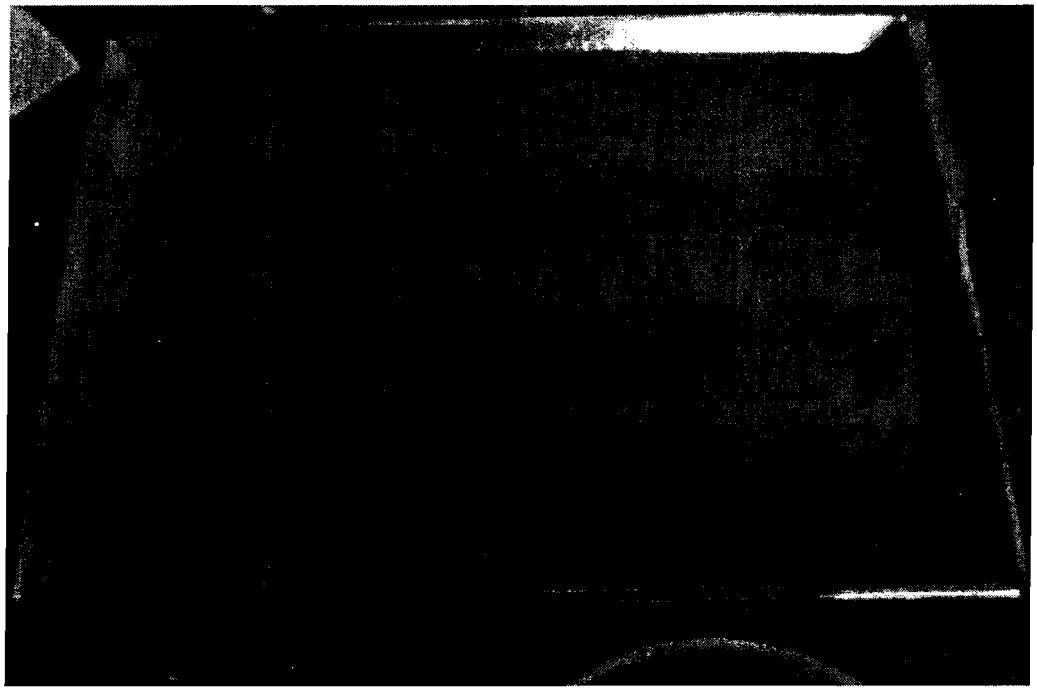
ภาพที่ ข.1 เมล็ดพันธ์ข้าวโพดหวานที่ใช้เป็นตัวอย่างเพาะ



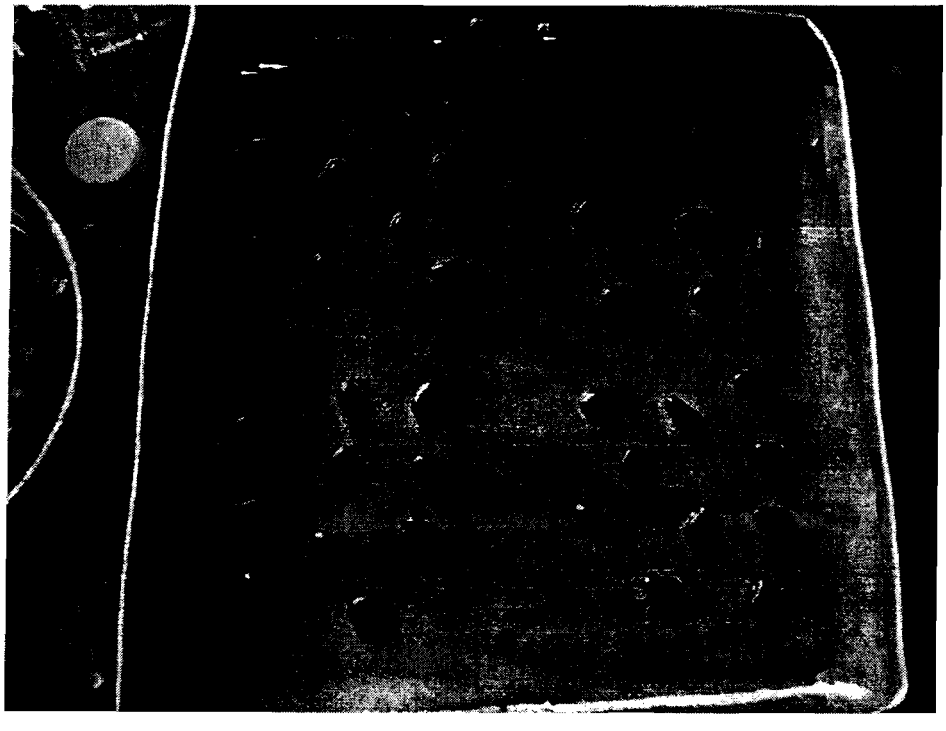
ภาพที่ ข.2 เมล็ดพันธ์ข้าวหอมมะลิที่ใช้เป็นตัวอย่างเพาะ

ภาพที่ ข.3 เมล็ดพันธ์ผักบุ้ง และ ผักคะน้า ที่ใช้เป็นตัวอย่างเพาะ

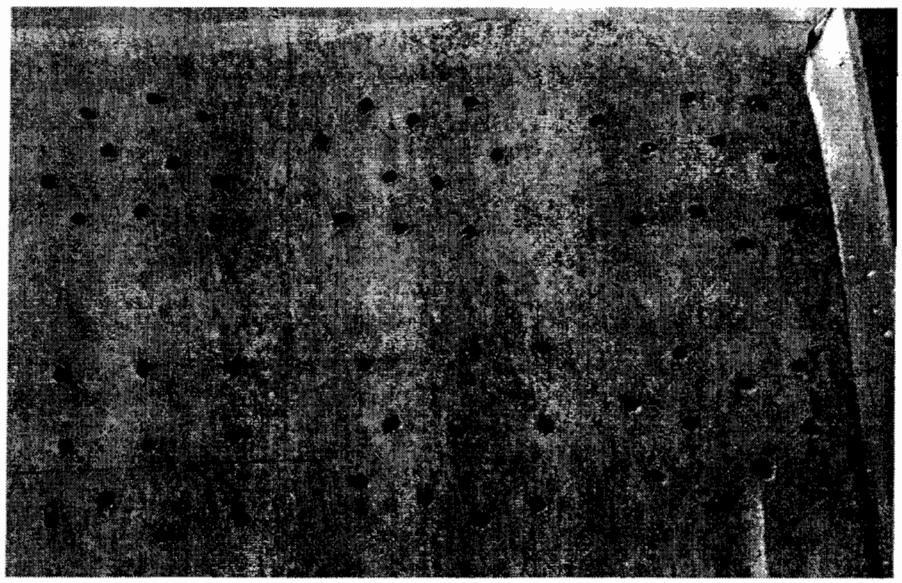
ภาพที่ ข.4 เมล็ดพันธ์ถั่วเขียวที่ใช้เป็นตัวอย่างเพาะ



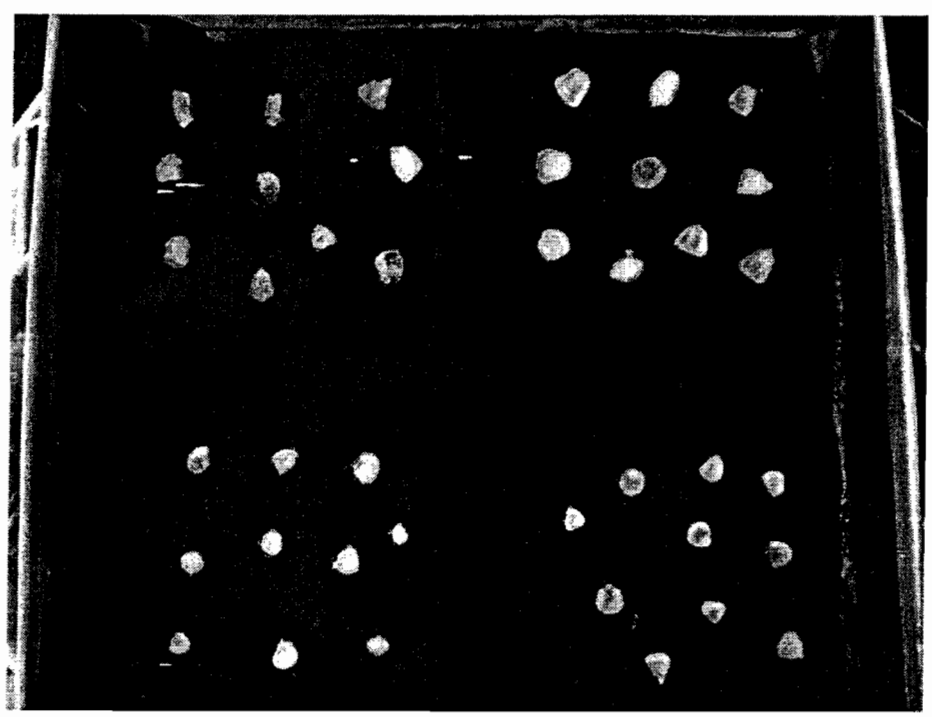
ภาพที่ ข.5 ถาดเพาะที่รองพื้นด้วยกระดาษสีน้ำตาล



ภาพที่ ข.6 การวางเมล็ดพืชบนถาดเพาะเมล็ด



ภาพที่ ข.7 การวางเมล็ดพืชบนถาดเพาะเมล็ด



ภาพที่ ข.8 การวางเมล็ดพืชบนถาดเพาะเมล็ด

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายมรุต นามบุญ

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2544
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ช่างอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี
พ.ศ. 2546
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ช่างอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี
พ.ศ. 2549
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2550 – ปัจจุบัน
วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ตำแหน่ง ครู แผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

สถานที่ทำงานปัจจุบัน วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ
ถนนกสิกรรม ตำบลหนองครก อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ 33000