ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

ปริญญา

วิศวกรรมเกษตร	วิศวกรรมเกษตร
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การออกแบบและทดสอบกลไกการปลูกของเครื่องปลูกกล้าข้าวโยน

Design and Test of Planting Mechanism of Parachute Rice Transplanter

นามผู้วิจัย นายหัสนัย ช่วยพิมาย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ประเทือง อุษาบริสุทธิ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภรต กุญชร ณ อยุธยา, M.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การออกแบบและทดสอบกลไกการปลูกของเครื่องปลูกกล้าข้าวโยน

Design and Test of Planting Mechanism of Parachute Rice Transplanter

โดย

นายหัสนัย ช่วยพิมาย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัสนัย ช่วยพิมาย 2556: การออกแบบและทดสอบกลไกการปลูกของเครื่องปลูกกล้าข้าวโยน ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ ประเทือง อุษาบริสุทธิ์, Ph.D. 82 หน้า

ในการออกแบบกลไกปลูกกล้าข้าวโยนนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การปลูกข้าวแบบใช้กล้าโยนมีระยะห่างของกล้าข้าวหลังการปลูกกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และเป็นแถว ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการหลังการปลูก การออกแบบเริ่มจากออกแบบกลไกปลูกกล้าข้าวโยน และการออกแบบชุดกลไกปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว สำหรับติดตั้งบนรถเพื่อทดสอบในแปลงนา ส่วนประกอบหลักของกลไกในการทำงานประกอบด้วย ส้อมปลูกที่ขับเคลื่อน กลไกเชื่อมต่อ 4 ชิ้น (Four bar linkage) จานหมุนลำเลียงกล้าข้าว โดยความสัมพันธ์ระหว่างส้อมปลูกกับจานหมุนกำหนดได้ด้วยกลไกเจนีวา

ผลการทดสอบหาความเร็วส้อมปลูกที่เหมาะสมพบว่า กลไกปลูกกล้าข้าวโยนมีความเร็วส้อมปลูกที่เหมาะสมอยู่ที่ 80 ครั้งต่อนาที เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยที่สุดเท่ากับ 5.33 เปอร์เซ็นต์ และมีความสัมพันธ์ของความเร็วส้อมปลูกกับความลึกที่กล้าข้าวจมในเลนเป็นสมการเส้นตรง $y = -0.504x + 7.681$ ที่ R^2 เท่ากับ 0.99 เมื่อประกอบเป็นชุดกลไกปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว จากการทดสอบความเร็วที่เหมาะสมของส้อมปลูกพบว่ายังคงอยู่ที่ 80 ครั้งต่อนาที แต่มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 13.33 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนกล้าข้าวที่เหมาะสมในการบรรจุในจานหมุน คือ 5 กอต่อครั้ง และเมื่อนำกลไกปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว ไปติดตั้งบนรถเพื่อใช้ในการทดสอบกลไกในแปลงนา พบว่าความเร็วรถอยู่ที่ 0.24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการทดสอบการกระจายตัวของกล้าข้าวที่ปลูกด้วยกลไกปลูกกล้าข้าวโยนเปรียบเทียบกับคนโยนพบว่า กลไกปลูกกล้าข้าวโยนสามารถปลูกกล้าข้าวให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอกว่าคนโยน โดยกลไกปลูกกล้าข้าวโยนมีระยะห่างระหว่างแถว (แกน X) เท่ากับ 19.17 เซนติเมตร และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.05 และระยะระหว่างกอ (แกน Y) เท่ากับ 18.36 เซนติเมตร มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.26 ในส่วนของคนโยนพบว่า กล้าข้าวมีระยะห่างตามแนวแกน X เท่ากับ 29.22 เซนติเมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.61 มีระยะห่างตามแนวแกน Y เท่ากับ 19.99 เซนติเมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.01

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hatsanai Chuaypimai 2013: Design and Test of Planting Mechanism of Parachute Rice Transplanter. Master of Engineering (Agricultural Engineering), Major Field: Agricultural Engineering, Department of Agricultural Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Prathuang Usaborisut, Ph.D. 82 pages.

Designing mechanism for planting parachute rice seedling is to gain uniform distribution and being in row of seedlings in order to easily manage after planting. It was started with designing mechanism for planting parachute rice seedling and, then, combining four units to be a set mounted on special vehicle for field testing. The main parts of mechanism consisted of the planting finger moving under four bar linkage mechanism and the rotating disk for handling seedling. The relative motion between planting finger and rotating disk was controlled by genava mechanism.

The results showed that the optimal speed of planting finger was 80 times per minute with minimal error of 5.33 percent. The relation of planting finger speed and depth of seedling in mud was linear and could expressed by equation $y = -0.504x + 7.681$ with $R^2 = 0.99$. Testing a set of four units of planting resulted in that the optimal speed of planting finger was still at 80 times per minute but with higher minimal error of 13.33 percent. Optimal loading to rotating disk was 5 seedlings per time. When a set of four units of rice seedling mechanism was setup on vehicle for field test, the suitable travel speed of vehicle was 0.24 kilometer per hour. The distribution of parachute rice seedlings by this machine had more uniformity than one by human. Distance between seedling rows (X axis) in case of machine was 9.17 centimeter with standard deviation of 2.05 and distance between seedlings in row (Y axis) was 18.36 centimeter with standard deviation of 7.26. On the other hand, in case of doing by human, distance between seedlings was 19.22 centimeter with standard deviation of 9.61 in X axis and 19.99 centimeter with standard deviation of 13.01 in Y axis.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ดร. ประเทือง อุษาบริสุทธิ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำปรึกษาในการเรียนการค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ บิดา มารดา คณาจารย์ทุกท่าน และเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือให้กำลังใจชี้แนะและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้

หัสนัย ช่วยพิมาย
พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	29
อุปกรณ์	29
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	40
สรุปและข้อเสนอแนะ	50
สรุป	50
ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	53
ภาคผนวก	58
ภาคผนวก ก คุณสมบัติของเครื่องยนต์	59
ภาคผนวก ข แบบรถปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว	61
ภาคผนวก ค ภาพการทดสอบ	74
ภาคผนวก ง ข้อมูลดิบสมบัติทางกายภาพของกล้าข้าว	79
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1	เปรียบเทียบต้นทุนการปลูกข้าวแบบต่างๆ เพื่อควบคุมข้าววัชพืช ไม่รวมค่าสารเคมี โรค แมลง และน้ำมันสูบน้ำ	24
2	เปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้า โดยใช้เครื่องโยนข้าวแบบพ่น เปรียบเทียบกับการปลูกข้าวแบบปักดำ	27
3	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดจากส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าวความเร็วส้อมปลูกต่างกัน	40
4	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดจากส้อมปลูกเกี่ยวโดนกล้าข้าว 2 ต้นพร้อมกัน ที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน	41
5	เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของกล้าข้าว ที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน	41
6	ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของกล้าข้าว	44
7	เปอร์เซ็นต์ที่ส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าวที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน	46
8	เปอร์เซ็นต์ที่ส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าวที่จำนวนการบรรจุกล้าข้าวต่างกัน	46
9	เปอร์เซ็นต์กล้าข้าวเสียหายที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน	47
10	เปอร์เซ็นต์กล้าข้าวเสียหายของกล้าข้าวที่จำนวนการบรรจุกล้าข้าวต่างกัน	48
11	เปรียบเทียบการกระจายตัว และลักษณะของกล้าข้าวหลังปลูก	49

ตารางผนวกที่

ง1	ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของกล้าข้าวโยนที่มีอายุ 15 วัน	80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1	ข้าว	4
2	ส่วนประกอบของลำต้นข้าว	5
3	ส่วนประกอบของรากข้าว	5
4	การทำนาแบบหว่านข้าวแห้ง	10
5	การหว่านข้าวงอกหรือหว่านน้ำตม	12
6	การทำนาหยอด	12
7	การดำนาด้วยมือ	13
8	การดำนาด้วยรถดำนา	18
9	ถาดป้อนกล้าข้าวเข้าเครื่องพ่น	26
10	ลักษณะของเครื่องพ่นกล้าข้าว	26
11	โครงสร้างของกลไกปลูกกล้าข้าวโยนแบบอยู่กับที่	30
12	แผนผังการทำงานของกลไกปลูกกล้าข้าวโยนแบบอยู่กับที่	31
13	ลักษณะการทำงานของส้อมปลูก	31
14	ระบบบรรจุและลำเลียงกล้าข้าว	32
15	แผนผังการทำงานของกลไกปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว	36
16	กราฟแสดงความลึกของรากข้าวที่จมในเลน ที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน 3 ระดับ	42
17	กราฟแสดงแรงกด และระยะยุบตัวของดินหุ้มรากข้าวจนทำให้ดินแตก	43
18	ค่า Cone index ในแต่ละความลึกของแปลงนาที่ทดสอบ	45
19	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ความเร็วส้อมปลูก และจำนวนกล้าข้าวที่บรรจุต่างกัน	47
20	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่ความเร็วส้อมปลูก และจำนวนกล้าข้าวที่บรรจุต่างกัน	48

ภาพผนวกที่

ข1	แบบโครงรถปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว	62
ข2	ล้อขับรถปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว	63
ข3	ใบยกของรถปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว	64
ข4	ล้อขับจเนวา	65
ข5	ล้อตามเจนีวา	66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข6	จานลูกเบี้ยว	67
ข7	ฐานตั้งโซ่	68
ข8	จานหมุนลำเลียงกล้าข้าว	69
ข9	กรวยกระจายกล้าข้าว	70
ข10	กระบอกบรรจุข้าว	71
ข11	แกน Follower	72
ข12	รถปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว	73
ค1	ดันดินเพื่อบุกเบิกเตรียมดินแปลงนา	75
ค2	นำน้ำเข้านาด้วยวิธีกาลักน้ำจากคลองชลประทาน	75
ค3	ตีเทือกด้วยโรตารี่	76
ค4	ลูปเทือกให้เรียบด้วยกระดานลูปเทือก	76
ค5	กล้าข้าวที่ใช้ทดสอบ	77
ค6	ถอนกล้าเพื่อนำไปทดสอบ	77
ค7	ลักษณะของรถปลูกล้าข้าวโยนในแปลงนา	78
ค8	วัดความแข็งของดินด้วย Cone penetrometer	78

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การออกแบบและทดสอบกลไกการปลูกของเครื่องปลูกกล้าข้าวโยน

Design and Test of Planting Mechanism of Parachute Rice Transplanter

คำนำ

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทย และข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้อย่างมากให้กับประเทศไทยมายาวนาน ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกข้าว เป็นอันดับหนึ่งของโลก มาตั้งแต่ ปี พ.ศ.2524 มาจนถึงปัจจุบัน โดยปี พ.ศ. 2554 ส่งออกได้มากถึง 10.706 ล้านตัน มูลค่า 196.117 ล้านบาท แต่ในปัจจุบันการส่งออกข้าวมีการแข่งขันกันค่อนข้างสูงทั้งในด้านคุณภาพ และปริมาณ ซึ่งคู่แข่งที่สำคัญของการส่งออกข้าวของไทยคือ สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย เวียดนาม จีน ปากีสถาน พม่า และอินเดีย(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [สศก.], 2554)

จุดแข็งของข้าวไทยคือการเป็นที่ยอมรับในตลาดโลก ทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพของข้าว ประเทศไทยมีพันธุ์ข้าวหอมที่ดี และมีพันธุ์ข้าวหลายชนิดที่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาด และเนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตมรสุมเหมาะแก่การเพาะปลูกข้าวจึงเป็นข้อได้เปรียบของประเทศไทย แต่ในขณะเดียวกันประเทศไทยยังมีจุดอ่อนอยู่หลายประการ เช่น พื้นที่นาส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 80 อยู่ในเขตน้ำฝน โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือพื้นที่ปลูกมากกว่าร้อยละ 50 ยังมีปัญหาฝนแล้ง ดินเค็ม ดินเปรี้ยว น้ำท่วม เป็นประจำ และการชลประทานไม่สมบูรณ์เสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในช่วงเพาะปลูก ต้นทุนการผลิตต่อไร่มีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากอัตราค่าจ้างแรงงาน และปัจจัยการผลิตมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ รวมทั้งเกษตรกรบางพื้นที่ยังใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ไม่เหมาะสม (องค์กรความหลากหลายทางชีวภาพและภูมิปัญญาไทย, 2547 และ อัจฉรา, 2547)

การทำนาที่นิยมทำในประเทศไทยมีอยู่ 2 วิธี คือ การทำนาแบบหว่านน้ำตม และการทำนาแบบปักดำ ข้อเสียของการทำนาแบบหว่านน้ำตมคือ ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์สูง ซึ่งปัจจุบันราคาเมล็ดพันธุ์กิโลกรัมละ 20 - 23 บาท และเมล็ดพันธุ์ที่ดีก็ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งการทำนาด้วยวิธีหว่านน้ำตมเป็นวิธีที่ชาวนานิยมทำกันมากที่สุด ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ของการทำนาในประเทศไทยทั้งหมด นอกจากนี้การทำนาแบบหว่านน้ำตมยังนิยมทำกันอย่างต่อเนื่องไม่ว่าจะเป็น 2 ปี 5 ครั้ง หรือ ปีละ 3 ครั้ง ย่อมส่งผลกระทบถึงสภาพแวดล้อม เช่น ปัจจุบันการทำนาในภาคกลางประสบกับ ปัญหาข้าววัชพืชระบาดอย่างรุนแรง จึงทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ส่วนการทำนาแบบปักดำนั้น สามารถควบคุมปริมาณ วัชพืช ข้าววัชพืช ใช้เมล็ดพันธุ์น้อยกว่า ได้ผลผลิตสูงกว่าการทำนาแบบนาหว่านน้ำตม แต่ปัญหาที่ตามมาก็คือ เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่สามารถเตรียมดินให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องปักดำได้ และอัตราค่าปักดำค่อนข้างสูงคือ ไร่ละ 1,100 - 1,200 บาท (รวมเมล็ดพันธุ์ข้าว)

แต่ในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาการทำนาด้วยวิธีใหม่ขึ้น โดยมีต้นทุนในการเพาะปลูกต่ำกว่าและได้ผลผลิตสูงกว่าทั้ง 2 วิธีดั้งเดิม นั่นคือ การทำนาด้วยวิธีโยนกล้า การทำนาแบบโยนกล้าจะใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมล็ดพันธุ์น้อยกว่าการทำนาแบบหว่านประมาณ 3 - 4 เท่า สามารถควบคุมปัญหาเรื่องข้าววัชพืช ช่วยลดต้นทุนในการกำจัดวัชพืชที่จะเกิดขึ้นพร้อมต้นข้าวหลังจากการทำนาหว่านน้ำตม เหมาะสมกับการผลิตข้าวอินทรีย์ หากเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการดำนา การปักดำด้วยเครื่องจะมีค่าใช้จ่ายถึง 672 บาทต่อไร่ ส่วนการโยนกล้ามีค่าใช้จ่าย 50 บาทต่อไร่ (ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2553)

แต่ในการปลูกข้าวโดยวิธีโยนกล้านั้นจะต้องอาศัยทักษะในการโยนของแต่ละบุคคล ทำให้ระยะห่างของกล้าข้าวไม่แน่นอน การกระจายตัวของกล้าข้าวที่ปลูกไม่สม่ำเสมอทำให้การจัดการหลังการปลูกเป็นไปได้ยาก ผลผลิตที่ได้ในแต่ละครั้งนั้นอาจไม่คงที่ หากสามารถปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้าให้กล้าข้าวมีระยะห่างสม่ำเสมอ และเป็นแถวจะทำให้การจัดการหลังการปลูกเป็นไปได้ง่ายขึ้น และอาจจะเพิ่มผลผลิตข้าวได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และสร้างกลไกที่สามารถปลูกกล้าข้าวโยนให้เป็นแถวได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและสร้างกลไกการปลูกกล้าข้าวโยน ให้สามารถปลูกเป็นแถวได้

2. ทดสอบประสิทธิภาพ และสมรรถนะของกลไกการปลูกกล้าข้าวโยน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ข้าว

ข้าว (Rice) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า **Oryza sativa L.** (ประพาส, 2517) เป็นพืชที่สำคัญต่อคนไทยอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจ และสร้างความมั่นคงให้กับประเทศไทย แม้ในสภาวะวิกฤตที่เกิดขึ้นทั้งในประเทศ และประเทศรอบข้าง ประเทศไทยก็ยังสามารถผ่านวิกฤตต่างๆ จนอยู่ได้ถึงปัจจุบัน เกษตรกรส่วนใหญ่ในประเทศไทยปลูกข้าวเป็นหลัก ทำให้ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกข้าวในปี 2554 ถึง 196.117 ล้านบาท (สศก., 2554)

ภาพที่ 1 ข้าว

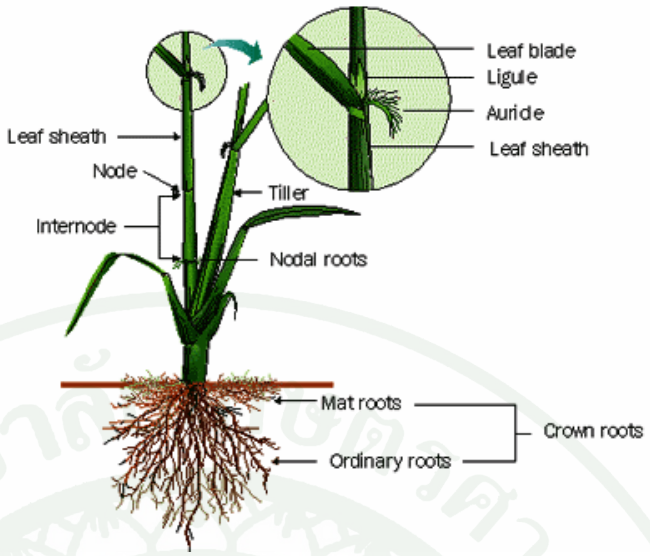
ที่มา: http://sd-group2.blogspot.com/2012/12/53242803-3.html

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว

ลำต้น

ลำต้น (Haulm หรือ Culm) ประกอบด้วยข้อ และปล้อง (Node and Internode) ข้อประกอบด้วย วงเจริญ (Growth ring) ปุ่มกำเนิดราก (Root primordia) ตา (Bud) และรอยกาบใบ (leaf scar) การแตกหน่อของข้าวเรียกว่า (Tillering) เริ่มจากลำต้นหลัก เรียกว่า main culm หน่อที่เจริญจากลำต้นหลักเรียกว่า primary tiller หน่อที่เจริญจาก primary tiller เรียกว่า secondary tiller และหน่อที่เจริญจาก secondary tiller เรียกว่า tertiary tiller ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

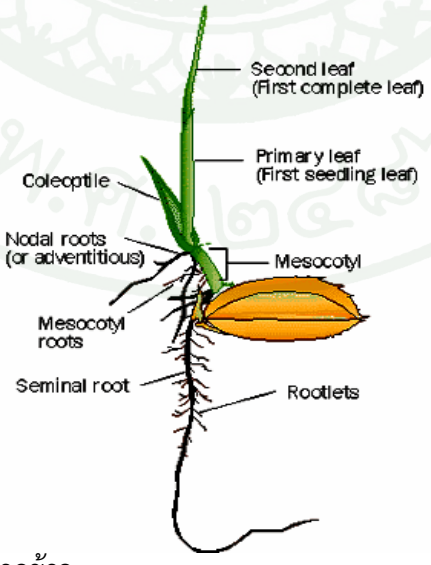


ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของลำต้นข้าว

ที่มา: ภาควิชาพืชไร่นา วิทยาเขตกำแพงแสน (ม.ป.ป.)

รากข้าว

รากของข้าวเป็นระบบรากรากฝอย (Fibrous root system) ประกอบด้วยรากที่พัฒนามาจากส่วนแรดิเคิล (radicle) เรียกว่า primary root หรือ first seedling root และรากที่แตกแขนงออกมาเรียกว่า secondary root หรือ lateral root รากที่เกิดจาก scutellar node เรียกว่า seminal root ส่วนรากที่เกิดจากข้อใต้ดินตั้งแต่ coleoptile node ขึ้นไป เรียกว่า adventitious root (ภาควิชาพืชไร่นา วิทยาเขตกำแพงแสน, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของรากข้าว

ที่มา: ภาควิชาพืชไร่นา วิทยาเขตกำแพงแสน (ม.ป.ป.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การจำแนกข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทคือ

1. จำแนกตามชนิด (Species classification)
2. จำแนกตามแหล่งกำเนิด (Classification based on geographical origins)
3. จำแนกตามชนิดของแป้งในเมล็ด (Endosperm Characteristic Classification)
4. จำแนกตามระบบนิเวศ (Ecosystem-based classification)
5. จำแนกตามลักษณะความไวต่อช่วงแสง (Photoperiod Sensitivity Classification)

จำแนกตามชนิด (Species classification)

สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ข้าวปลูก และข้าวป่า ดังนี้

1. ข้าวปลูก (Cultivated species) ข้าวที่ปลูกเพื่อใช้เมล็ดสำหรับบริโภคมี 2 ชนิด ที่ปลูกกันอยู่ในโลกคือ

1.1 ข้าวปลูกในแถบเอเชีย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ Oryza sativa ซึ่งเป็นข้าวปลูกสำหรับบริโภคทั่วไปในทวีปเอเชีย และเป็นข้าวชนิดที่นิยมปลูกและบริโภคกันทั่วโลก

1.2 ข้าวปลูกในทวีปแอฟริกา เป็นข้าวประเภท Oryza glaberrima มีพื้นที่ปลูกจำกัดเฉพาะในทวีปแอฟริกาเท่านั้น ประเทศที่บริโภคข้าว O. glaberrima คือ ประเทศ ซินิกัล แต่ประเทศในทวีปแอฟริกาหลายประเทศนิยมบริโภค O. sativa มากกว่า

2. ข้าวป่า (Wild rice หรือ Weed relatives) เป็นพืชในสกุล Oryza ที่มีลักษณะคล้ายหญ้า มีลักษณะการเจริญทั้งเป็นพืชปีเดียว (Annual crop) หรือเป็นพืชข้ามปี (Perennial crop) ข้าวป่าแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามจำนวนชุดของโครโมโซม สำหรับข้าวป่าที่พบในประเทศไทยมีชื่อเรียกต่างกันไปแต่ละภาค เช่น ภาคกลางเรียกว่าข้าวละมาน หญ้าละมาน หญ้าสะแห ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่าหญ้าข้าวนก ส่วนภาคใต้เรียกว่าข้าวผี ข้าวป่าพวกนี้จัดเป็นแหล่งพันธุกรรมอย่างดีของข้าวสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าว โดยเฉพาะนำมาใช้สร้างพันธุ์ให้ต้านทานโรคแมลง หรือ ทนทานต่อสภาพแวดล้อม ในประเทศไทยพบว่ามีข้าวป่าขึ้นอยู่ทั่วประเทศ ข้าวป่าทั้งหมดนี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ O. rufipogon และ O. nivara ซึ่งมีความเกี่ยวข้อง และเป็นบรรพบุรุษของข้าวปลูกจึงทำให้พบเห็นทั่วไปส่วน O. officinalis O. ridleyi และ O. granulata เป็นข้าวป่า 3 ชนิดที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกับข้าวปลูกการแพร่กระจายมีขีดจำกัด บางชนิดอยู่ในระยะอันตรายใกล้จะสูญพันธุ์

จำแนกตามแหล่งกำเนิด (Classification based on geographical origins)

ข้าวในกลุ่มของ Oryza sativa ชนิด ที่ปลูกไว้เพื่อบริโภค พบในแถบเอเชีย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แบ่งย่อยได้ 3 ชนิดคือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ข้าวอินดิกา ลักษณะต้นสูง ใบกว้าง สีเขียวอ่อน เมล็ดข้าวยาวรีเป็นข้าวที่ปลูกในเอเชียเขตลมมรสุม ตั้งแต่ประเทศจีน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนิเชีย ไปจนถึงประเทศอินเดีย และศรีลังกา

2. ข้าวจาโปนิกา ลักษณะต้นเตี้ย แข็ง ใบแคบ สีเขียวแก่ เมล็ดข้าวป้อมกลมรี ปลูกมากในเขตอบอุ่น เช่นประเทศญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นต้น

3. ข้าวจาวานิกา ลักษณะต้นสูง แข็ง ใบกว้าง แข็ง สีเขียวอ่อน เมล็ดข้าวป้อมใหญ่ ปลูกในประเทศอินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ ไม่ค่อยได้รับความนิยมเนื่องจากผลผลิตต่ำ

จำแนกตามชนิดของแป้งในเมล็ด (Endosperm characteristic classification) สามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ ข้าวเหนียว และข้าวเจ้า ดังนี้

1. ข้าวเหนียว (Glutinous rice หรือ Waxy rice) เป็นข้าวที่แป้งในเนื้อเมล็ดจะประกอบด้วยแป้งชนิดอะไมโลเพคติน (Amylopectin) เป็นส่วนใหญ่ มีแป้งอะไมโลส (Amylose) อยู่เพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย ข้าวเหนียวจะมีเมล็ดข้าวสารสีขาวขุ่น เมื่อนึ่งแล้วจะได้เมล็ดข้าวสุกที่จับตัวกันเหนียว และมีลักษณะใส

2. ข้าวเจ้า (Non - glutinous rice) เป็นข้าวที่มีแป้งชนิดอะไมโลสอยู่ประมาณตั้งแต่ 7 ถึง 33 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นแป้งอะไมโลเพคติต ข้าวเจ้าจะมีเมล็ดข้าวสารเมื่อหุงสุกแล้วจะมีสีขาวขุ่นและเมล็ดไม่ติดกันหรือร่วน มีบางพันธุ์ซึ่งเป็นชนิดที่มีอะไมโลสต่ำเมล็ดข้าวสุกอาจจะเกาะติดกันบ้าง บางพันธุ์เมล็ดมีกลิ่นหอม เช่น ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เป็นต้น

จำแนกตามระบบนิเวศ (Ecosystem-based classification) หรือจำแนกตามสภาพแวดล้อมที่ข้าวเจริญเติบโต สามารถจำแนกได้ 2 ชนิด ได้แก่

1. ข้าวไร่ (Upland rice หรือ Hill rice) เป็นข้าวที่ปลูกในพื้นที่ที่อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติในพื้นที่สภาพไร่หรือที่ดอน ไม่มีการทำคันนาเพื่อกักเก็บน้ำ พื้นที่ที่ปลูกข้าวไร่อยู่สภาพที่ไม่มีน้ำขังบนผิวดิน ข้าวไร่ส่วนมากปลูกโดยวิธีหยอด หรือโรยเมล็ดข้าวแห้ง

2. ข้าวนาสวน (Lowland rice) แยกออกได้เป็น

2.1 นาชลประทาน (Irrigated lowland rice) หมายถึงข้าวซึ่งปลูกในสภาพนาที่มีน้ำขัง มีการทำคันนาเพื่อกักเก็บน้ำ และมีการให้น้ำโดยระบบชลประทาน ภายใต้สภาพนาชลประทานจะมีการเตรียมดินเมื่อมีน้ำขังนา มีการปรับระดับหน้าดินให้เรียบก่อนปลูก วิธีการปลูกข้าวนาชลประทานส่วนมากจะใช้วิธีการปักดำ หรือวิธีการหว่านน้ำตม โดยปกติข้าวนาชลประทานจะไม่มีปัญหาการควบคุมน้ำ และมักจะรักษาระดับน้ำไว้ประมาณ 5 - 15 เซนติเมตร ตลอดฤดูปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 นาน้ำฝน (Rainfed lowland rice) หมายถึง ข้าวซึ่งปลูกในสภาพนาที่มีน้ำขัง มีการทำคันนาเพื่อกักเก็บน้ำเช่นเดียวกับข้าวนาชลประทาน แต่ข้าวนาน้ำฝนจะต้องอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ฉะนั้นคันนาที่สร้างขึ้นจึงมีเป้าหมายในการกักเก็บน้ำฝนให้พอเพียงหล่อเลี้ยงข้าวตามความต้องการ ในนาที่อาศัยน้ำฝนอาจจะมีน้ำขังตลอดฤดูปลูก มีระดับน้ำโดยทั่วไปไม่เกิน 50 เซนติเมตร แต่บางครั้งน้ำในนาอาจจะแห้งหรือมีระดับน้ำสูงกว่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณ และการกระจายฝน ข้าวนาน้ำฝนถึงแม้ว่าจะไม่มีระบบชลประทานช่วยเมื่อขาดน้ำแต่นาน้ำฝนอาจอาศัยน้ำจากบ่อกักเก็บน้ำในนาได้

2.3 ข้าวทนน้ำลึก และข้าวขึ้นน้ำ (Deepwater and Floating rice) หมายถึง ข้าวที่ปลูกในพื้นที่ซึ่งภายหลังจะมีน้ำท่วมขังลึกเกินกว่า 50 เซนติเมตร หรือมากกว่า ในระหว่างฤดูฝนข้าวน้ำลึกหรือข้าวขึ้นน้ำส่วนใหญ่จะปลูกโดยวิธีหว่านข้าวแห้งในนา ซึ่งอาศัยน้ำฝน และข้าวจะเจริญเติบโตอยู่ในสภาพน้ำตื้นในระยะ 1 - 3 เดือนแรก และหลังจากนั้นจะเริ่มสูงขึ้นตามลำดับ ข้าวน้ำลึก (deepwater rice) หมายถึง ข้าวซึ่งปลูกในแหล่งที่มีระดับน้ำสูงไม่เกิน 1 เมตร และถ้าระดับน้ำสูงเกิน 1 เมตร โดยปกติจะเรียกว่า ข้าวขึ้นน้ำ (floating rice)

จำแนกตามลักษณะความไวต่อช่วงแสง (Photoperiod Sensitivity Classification) สามารถจำแนกได้ 2 ชนิด ได้แก่

1. พันธุ์ข้าวไวแสงหรือข้าวไวต่อความยาวของช่วงแสง (Photoperiod Sensitive rice variety) เนื่องจากข้าวโดยปกติเป็นพืชวันสั้น (Short day plant) การเปลี่ยนจากระยะการสร้างต้น ราก และใบเป็นระยะที่สร้างรวง ดอก และเมล็ด จะต้องได้รับช่วงแสงต่อวันน้อยกว่า 12 ชั่วโมง ตามความต้องการของพันธุ์นั้น ก่อนที่จะมีการสร้างรวงอ่อน และออกรวงหรือออกดอก ซึ่งดอกข้าวจะพัฒนาต่อไปจนสุกแก่และเก็บเกี่ยว พันธุ์ข้าวที่ต้องการช่วงแสงสั้นนี้จัดเป็นพวกข้าวที่ไวต่อความยาวของช่วงแสงหรือไวแสงซึ่งส่วนมากใช้ปลูกในฤดูนาปี ซึ่งจะมีวันออกรวงหรือวันออกดอกที่ค่อนข้างแน่นอนทุกปี ข้าวพวกนี้แบ่งออกเป็น 3 พวก ตามวัน และเดือนที่ออกดอกก่อนหรือหลังดังนี้

1.1 ข้าวเบา (Early maturing rice) เป็นพันธุ์ข้าวที่ต้องการช่วงแสงสั้นกว่า 12 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการสร้างช่อดอกได้ และจะออกดอกประมาณปลายเดือนกันยายน - ตุลาคม เช่น พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ข้าว กข.15 เป็นต้น

1.2 ข้าวกลาง (Medium maturing rice) เป็นพันธุ์ข้าวที่ต้องการช่วงแสงสั้นนานกว่าพันธุ์ข้าวเบาในการที่จะสร้างช่อดอก พันธุ์ข้าวจะออกดอกในช่วงตุลาคม-พฤศจิกายน เช่น พันธุ์เหลืองใหญ่ 34 พันธุ์ กข.6 และ กข.8 กข.11 เป็นต้น

1.3 ข้าวหนัก (Late maturing rice) เป็นพันธุ์ข้าวที่ต้องการช่วงแสงสั้นนานกว่าข้าวกลางในการที่จะสร้างช่อดอก ดอกจะออกในช่วงเดือนธันวาคม - มกราคม เช่น พันธุ์ขาวปากหม้อ 148 พันธุ์เหลืองประทิว 123 พันธุ์ขาวตาแห้ง 17 เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง (Photoperiod insensitive variety) คือ ข้าวที่มีอายุจากวันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวที่ค่อนข้างแน่นอน ดังนั้น จึงสามารถกำหนดได้แน่ชัดว่าเป็นข้าวอายุ 100 วัน หรือ 120 วัน เป็นต้น เมื่อมีอายุครบถึงระยะเวลาที่จะออกดอก ก็สามารถที่จะออกดอกได้โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยช่วงแสงเป็นตัวกำหนด ทำให้ข้าวชนิดนี้สามารถปลูกได้ตลอดปี อายุของข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกับข้าวไวต่อช่วงแสงได้เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น วิธีการปลูกแบบนาหว่านน้ำตม จะทำให้อายุของข้าวจะสั้นลงไปอีกประมาณ 10 - 12 วัน การปลูกข้าวในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง อายุของข้าวจะยาวกว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ นอกจากนี้พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงที่แนะนำให้เกษตรกรปลูกบางพันธุ์ พบว่า อายุของข้าวมีการเปลี่ยนแปลงสั้นลงหรือยาวขึ้นได้ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าพันธุ์ข้าวเหล่านี้อาจมีลักษณะการไวต่อช่วงแสงอยู่อย่างอ่อน ๆ ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงนั้นสามารถ ให้ผลผลิตต่อไร่สูงถึง 100 ถัง (1,000 กิโลกรัม) ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยดี ตัวอย่างเช่น พันธุ์สุพรรณบุรี1 สุพรรณบุรี2 ชัยนาท1 กข.23 หอมคลองหลวง1 และหอมสุพรรณบุรี ช่วงเพาะปลูกสามารถปลูกได้ตลอดปี ขึ้นอยู่กับสภาพน้ำได้

สภาพการเพาะปลูกข้าวโดยทั่วไป

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวกระจายทั่วทุกภาค ระบบการทำนา และพันธุ์ข้าวที่ปลูกจะแตกต่างไปตามพื้นที่ต่างๆ เช่น ภาคเหนือ จะปลูกข้าวนาสวนในที่ราบระหว่างภูเขากั้นเป็นส่วนใหญ่ และปลูกข้าวไร่ในพื้นที่ดอน และที่สูงบนภูเขา ส่วนมากชนิดของข้าวที่ปลูกเป็นทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สภาพของพื้นนาในภาคนี้เป็นที่ราบ และมักจะแห้งแล้งในฤดูปลูกข้าว ข้าวที่ปลูกเป็นข้าวนาสวน ทางตอนเหนือของภาคปลูกข้าวเหนียว ข้าวที่ปลูกเป็นข้าวเบา ส่วนทางตอนใต้ปลูกข้าวเจ้าอายุหนัก แต่พื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคกลาง เนื่องจากเป็นพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าว มีระบบชลประทานดี สามารถทำนาได้ปีละหลายครั้ง มีทั้งการผลิตเพื่อบริโภค และผลิตเป็นการค้า เกษตรกรในภาคกลางนิยมทำนาด้วยวิธีหว่านน้ำตม เพราะลดต้นทุนการผลิต (กษิณ, 2539) พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกเป็นพันธุ์ปรับปรุงที่มีลักษณะที่ให้ผลผลิตสูง คือ ต้นเตี้ยหรือค่อนข้างเตี้ย มีความต้านทานต่อโรค และแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูง คุณภาพตรงกับความต้องการของตลาด เป็นข้าวเมล็ดยาว คุณภาพการสีดี เช่นพันธุ์สุพรรณบุรี1 ชัยนาท1 ปทุมธานี1 และพิษณุโลก2 (วิไลลักษณ์ และพีระ, 2545)

เมล็ดพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมใช้ปลูกส่วนใหญ่จะเป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้รับการแนะนำมาจากรัฐบาล หรือศูนย์วิจัย หรือเรียกว่าข้าวพันธุ์ปรับปรุง (Improve variety) ซึ่งผ่านการรับรองแล้วว่าเป็นพันธุ์ดี ให้ผลผลิตสูง มีการปรับตัวให้เข้าสภาพแวดล้อมได้ดี ต้านทานโรค และแมลง ทำให้ช่วยลดต้นทุนในการซื้อเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ซื้อจากร้านค้าอาจจะต้องซื้อเมล็ดพันธุ์ในปริมาณที่มากกว่า นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุนในการจัดการเรื่องโรคแมลง และการดูแลรักษาต่างๆ เมล็ดพันธุ์ที่เกษตรกรในภาคกลางใช้เป็นพันธุ์นั้นเกษตรกรจะนิยมผลิตเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง หรือมีการแลกเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์กันระหว่างเกษตรกร หรือเกษตรกรบางรายซื้อเมล็ดพันธุ์จากผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์เอกชน โดยที่เกษตรกรมักเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้ต่ออีกประมาณ 2 - 3 ฤดู แล้วจึงเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ (จรรยา, 2547) จากการตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ดังกล่าวพบการปนเปื้อนของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธุกรรมอื่นๆ ภายในเชื้อพันธุ์ อาจเนื่องจากมีการจัดการที่ไม่ดีพอ ซึ่งอาจมาจากขั้นตอนต่างๆ ในการผลิต (อริยา, 2547) อาจเกิดจากการผสมข้ามระหว่างข้าวปลูกกับข้าวปลูก หรือระหว่างข้าวปลูกกับข้าวป่า (Chen et al, 2004) ซึ่งภายในพื้นที่ปลูกข้าวในภาคกลางเหล่านี้ยังคงพบเห็นข้าวป่าสามัญแพร่กระจายบริเวณริมถนน ริมคลอง ในลำคลองข้างทาง ในแอ่งน้ำใกล้กับแหล่งปลูกข้าวหรือในแปลงปลูกข้าวทั่วไป (สงกรานต์, 2537)

วิธีการปลูกข้าว

การทำนาโดยทั่วไปมี 3 วิธี คือ นาหว่าน นาดำ และนาหยอด ขึ้นอยู่กับ สภาพพื้นที่ เช่น ที่สูง ที่ลุ่ม ที่น้ำลึก สภาพระบบน้ำ เช่น เขตอาศัยน้ำฝน และเขตชลประทาน สภาพทางสังคม เช่นมีแรงงาน หรือไม่มีแรงงาน สภาพทางเศรษฐกิจ เช่นมีทุนมากหรือน้อย

1. การทำนาหว่าน เป็นการเพาะปลูกข้าวโดยใช้เมล็ดพันธุ์หว่านลงไปในนาที่เตรียมดินไว้แล้ว มี 2 วิธีคือ

1.1 การหว่านข้าวแห้ง มักใช้วิธีนี้ในเขตน้ำฝน หรือในพื้นที่ที่ควบคุมน้ำไม่ได้ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวที่หว่านไม่ได้เพาะให้งอกมาก่อน เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การหว่านสำรวย เป็นการหว่านรอฝนในสภาพดินแห้ง โดนหว่านหลังจากไถแปร เมื่อฝนตกลงมาเมล็ดข้าวที่หว่านก็จะงอก ในบางกรณีเพื่อป้องกันการทำลายของศัตรูข้าว จะมีการคราดกลบเมล็ดหลังหว่าน ซึ่งอาจเรียกว่า หว่านคราดกลบ และอีกกรณีหนึ่ง เป็นการหว่านในสภาพดินเปียก คือมีฝนตก เมื่อไถแปรแล้วก็หว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวตามทันทีแล้วคราดกลบ วิธีนี้เรียกว่า หว่านหลังขี้ไถ จะใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 10 - 15 กิโลกรัมต่อไร

ภาพที่ 4 การทำนาแบบหว่านข้าวแห้ง

ที่มา: http://www.gotoknow.org/posts/394087

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 การทำนาหว่านน้ำตม หรือหว่านข้าวงอก หรือหว่านเพาะ จึงเป็นการหว่านโดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีการเพาะให้งอก กล่าวคือแช่เมล็ดข้าวในน้ำที่สะอาด 12 – 24 ชั่วโมง แล้วนำไปหุ้มด้วยผ้าหรือกระสอบป่าน 30 ชั่วโมง จนมีรากงอกยาวประมาณ 1 - 2 มิลลิเมตร แล้วหว่านลงในพื้นที่เตรียมไว้อย่างดี ที่มีการเตรียมดินโดยการ ไถดะ ไถแปร และทำเทือกจนราบเรียบ วิธีการทำนาแบบนี้ในเขตนาน้ำฝนจะควบคุมน้ำได้อยาก จำเป็นต้องหว่านในเทือกที่มีน้ำขัง แต่ในเขตชลประทานควรระบายน้ำให้เทือกนุ่มพอดี สังเกตจากเมล็ดข้าวที่หว่านจะจมลงในเทือกประมาณครึ่งหนึ่งของเมล็ดพันธุ์ข้าวตามแนวนอน เมื่อข้าวงอกแล้วจึงค่อยๆ ระบายน้ำเข้านา แต่ไม่ให้ท่วมยอดข้าว การทำนาหว่านน้ำตม ถ้าเตรียมดินดีวัชพืชจะเกิดน้อย อัตราเมล็ดพันธุ์ไร่ละ 10 - 15 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ถ้าเตรียมดินไม่ดีวัชพืชมากจะใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ไร่ละ 15 - 20 กิโลกรัมต่อไร่

การเตรียมดินสำหรับนาหว่านน้ำตม

การเตรียมดินเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นแรกของการทำนา เพราะการปลูกพืชจะได้ผลผลิตดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับการเตรียมดิน ควรเตรียมดินในช่วงต้นฤดูเมื่อมีฝนตกลงมา 2 - 3 ครั้ง ทำให้สามารถใช้แรงงานสัตว์เตรียมดินได้ ควรไถดะตากดินไว้เพื่อให้วัชพืชที่มีอยู่ตายไปเสียบ้าง และเป็นการพลิกดินด้านบนลง ทำให้ดินร่วนซุย จากนั้นไถแปรเพื่อช่วยให้ดินแตกเป็นก้อนเล็กๆ แล้วคราดเก็บวัชพืชออกให้หมด ยิ่งเก็บได้มากเท่าใด ก็จะลดปัญหาการทำรุ่นในระยะแรกของการปลูกข้าวลงได้เท่านั้น

การทำนาหว่านน้ำตมให้ได้ผลดี จะต้องปรับพื้นที่นาให้สม่ำเสมอ มีคันนาล้อมรอบ และสามารถควบคุมระดับน้ำได้ และมีการเตรียมดินที่ดี โดยการไถดะแล้วปล่อยน้ำเข้านาให้ดินชุ่มอยู่เสมอประมาณ 5 - 10 วัน เพื่อให้เมล็ดวัชพืชงอกขึ้นมาเป็นต้นอ่อนเสียก่อน จึงให้น้ำเข้านาแล้วจึงทำการไถแปร และคราดหรือใช้ลูกทุบตีจะช่วยทำลายวัชพืชได้ หากทำเช่นนี้ 1 - 2 ครั้ง โดยทิ้งระยะประมาณ 4 - 5 วัน จะช่วยทำลายวัชพืชได้มาก หรือหลังจากไถดะ ไถแปร และคราดเสร็จแล้ว เอาน้ำแช่ขังไว้ประมาณ 3 สัปดาห์ เพื่อให้ลูกหญ้าที่เป็นวัชพืชน้ำ เช่นผักตบ ขาเขียด ทรงกระเทียม งอกขึ้นเสียก่อนแล้วจึงทำการคราดออก จากนั้นจึงระบายน้ำออก และปรับเทือกให้สม่ำเสมอ สำหรับผู้ที่ใช้ลูกทุบหรืออีขลุกย่ำฟางข้าวให้จมลงในดินแทนการไถ หลังจากย่ำแล้วควรจะเอาน้ำแช่ไว้ให้ฟางเน่าเปื่อยจนหมดความร้อนเสียก่อนอย่างน้อย 3 สัปดาห์ แล้วทำการย่ำใหม่ แล้วจึงระบายน้ำออกเพื่อปรับเทือก การปรับพื้นที่นาหรือปรับเทือกให้สม่ำเสมอ จะทำให้ควบคุมน้ำได้สะดวก การงอกของข้าวดี เติบโตได้สม่ำเสมอ เพราะเมล็ดข้าวมักจะตายถ้าตกลงไปในหลุมหรือแอ่งน้ำ เว้นแต่กรณีที่ดินเป็นกรดจัดละอองดินตกตะกอนเร็ว ต้นข้าวจึงสามารถขึ้นได้เพราะน้ำใส แสงแดดสามารถส่องลงไปถึงต้นข้าวได้ แต่ถ้าแปลงใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดคลื่น ทำให้ข้าวหลุดลอยง่าย และข้าวรวมกันเป็นกระจุกไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น หลังจากทำเทือกแล้วควรทำแปลงย่อย โดยทำร่องน้ำแคบๆ ระหว่างแปลงให้มีความยาวตลอดแปลงนา โดยมีความกว้างประมาณ 4 - 5 เมตร โดยการแหวกอาจจะใช้ไหกระเทียมผูกเชือกลากให้เป็นร่องก็ได้ จะทำให้น้ำตกลงแปลงให้หมด และใช้เป็นทางเดินในการหว่านข้าว หว่านปุ๋ย และพ่นยา ได้ตลอดแปลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทำนาหว่าน พอสรุปได้ว่า มักจะประสบปัญหากับวัชพืชมาก ดังนั้นการเตรียมดินที่ดีและการใช้เมล็ดพันธุ์สะอาด ตลอดจนการใช้สารเคมีควบคุมวัชพืชอย่างถูกต้อง จะช่วยลดปริมาณวัชพืชได้ โดยไม่จำเป็นต้องสิ้นเปลืองอัตราเมล็ดพันธุ์หว่านมากเกินกว่าไร่ละ 20 กิโลกรัม เพื่อคุมวัชพืช

ภาพที่ 5 การหว่านข้าวงอกหรือหว่านน้ำตม

ที่มา: http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/plant/tamna-warn.html

2. การทำนาหยอด นิยมในสภาพพื้นที่สูง พื้นที่ไร่ หรือในสภาพที่ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล โดยมีวิธีการคือ ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวแห้งที่ไม่ได้เพาะให้งอกก่อน หยอดลงไปในหลุมที่เตรียมไว้โดยใช้จอบเสียบ หรือใช้ไม้กระทุ้ง ตลอดจนใช้เครื่องหยอด หรืออีกวิธีหนึ่งโดยการโรยเป็นแถวในร่องที่ทำเตรียมเอาไว้แล้วกลบดินฝังเมล็ดข้าว เมื่อฝนตกลงมา เมล็ดข้าวที่หยอดจะงอกในสภาพไร่ หรือที่สูง อาจทำเป็นหลุมลึก 4 - 5 เซนติเมตร หยอดเมล็ดข้าวหลุมละ 5 - 6 เมล็ด ใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 8 - 10 กิโลกรัมต่อไร่

ภาพที่ 6 การทำนาหยอด

ที่มา: http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/plant/tamna.html

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การทำนาดำ เป็นการปลูกข้าวโดยแบ่งเป็น 2 วิธีคือ การดำนาด้วยแรงงานคนและการดำนาด้วยเครื่อง ซึ่งทั้งสองวิธีนี้จะมีความแตกต่างกันตั้งแต่ขั้นตอนการตกกล้าจนถึงขั้นตอนการดำการปลูก

ภาพที่ 7 การปักดำด้วยมือ

ที่มา: http://www.brrd.in.th/rkb/management/index.php-file=content.php&id=11.htm

3.1 การดำนาด้วยแรงงานคน มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

การเตรียมดิน

การเตรียมดินสำหรับการทำนา ต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อม เช่น น้ำ ภูมิอากาศ ลักษณะพื้นที่ ตลอดจนแบบวิธีการทำนา และเครื่องมือการเตรียมดินที่แตกต่างกัน การเตรียมดินแยกได้เป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. การไถดะ และไถแปร คือ การพลิกหน้าดิน ตากดินให้แห้ง ตลอดจนเป็นการคลุกเคล้าฟางวัชพืช ลงไปในดิน เครื่องมือที่ใช้ อาจเป็น รถไถเดินตามหรือรถแทรกเตอร์

2. การคราดหรือใช้ลูกทุบ คือการกำจัดวัชพืช ตลอดจนการทำให้ดินแตกตัว และเป็นเทือกพร้อมที่จะปักดำได้ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำต่อจากขั้นตอนที่ 1 จากนั้นขังน้ำไว้ระยะหนึ่ง เพื่อให้มีสภาพดินที่เหมาะสมในการคราดหรือการใช้ลูกทุบ ในบางพื้นที่อาจมีการใช้ โรตารี

ข้อควรระวังในการเตรียมดิน

1. ควรปล่อยให้ดินนามีโอกาสแห้งสนิท เป็นระยะเวลานานพอสมควร และถ้าสามารถไถพลิกดินล่างขึ้นมาตากให้แห้งได้ก็จะดียิ่งขึ้น ถ้าดินเปียกน้ำติดต่อกันโดยไม่มีโอกาสแห้ง จะเกิดการสะสมของสารพิษ เช่นแก๊สไข่เน่า (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) เป็นต้น ซึ่งถ้าแก๊สนี้มีปริมาณมากก็จะเป็นอันตรายต่อต้นข้าวได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ควรมีการปล่อยน้ำขังนาอย่างน้อย 2 สัปดาห์ เพื่อให้กระบวนการหมัก และสลายตัวของอินทรียวัตถุเสร็จสิ้นเสียก่อน ดินจะปรับตัวอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าว และจะปลดปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นออกมาให้แก่ต้นข้าว

3. ดินกรดจัดหรือดินเปรี้ยวจัด หรือดินกรดกำมะถัน เป็นดินที่มีสารที่จะก่อให้เกิดความเป็นกรด (pH ต่ำ) แก่ดินได้มากเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ดินพวกนี้จึงจำเป็นต้องขังน้ำไว้ตลอด เพื่อไม่ให้สารดังกล่าวได้สัมผัสกับออกซิเจน จึงควรที่จะขังน้ำไว้อย่างน้อย 1 เดือน ก่อนปักดำข้าว เพื่อให้ปฏิกิริยาต่างๆ ตลอดจนความเป็นกรดของดินลดลงสู่สภาวะปกติ และค่อนข้างเป็นกลางเสียก่อน ดินกลุ่มนี้ถ้ามีการขังน้ำตลอดปี หรือมีการทำนาปีละ 2 ครั้ง ก็จะเป็นการลดสภาวะความเป็นกรดของดิน และการเกิดสารพิษลงได้ ซึ่งจะทำให้ผลผลิตของข้าวสูงขึ้น

การเตรียมเมล็ดพันธุ์

การเตรียมต้นกล้าให้ได้ต้นที่แข็งแรง เมื่อนำไปปักดำก็จะได้ข้าวที่เจริญเติบโตได้รวดเร็ว และมีโอกาสให้ผลผลิตสูง ต้นกล้าที่แข็งแรงดีต้องมีการเจริญเติบโตและความสูงสม่ำเสมอกันทั้งแปลง มีกาบใบสั้น มีรากมาก และรากขนาดใหญ่ ไม่มีโรค และแมลงทำลาย

1. การเตรียมเมล็ดพันธุ์ ที่ใช้ตกกล้าต้องเป็นเมล็ดพันธุ์ที่บริสุทธิ์ ไม่มีเมล็ดพันธุ์ข้าวชนิดอื่นหรือมีสิ่งเจือปน มีเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ปราศจากการทำลายของโรค และแมลง

2. การแช่ และหุ้มเมล็ดพันธุ์ นำเมล็ดข้าวที่ได้เตรียมไว้บรรจุในภาชนะ นำไปแช่ในน้ำสะอาด นานประมาณ 12 - 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ขึ้นมาวางบนพื้นที่น้ำไม่ขัง และมีการถ่ายเทของอากาศดี นำกระสอบป่านชุบน้ำจนชุ่มมาหุ้มเมล็ดพันธุ์โดยรอบ รดน้ำทุกเช้า และเย็น เพื่อรักษาความชุ่มชื้น หุ้มเมล็ดพันธุ์ไว้นานประมาณ 30 - 48 ชั่วโมง เมล็ดข้าวจะงอกเป็นตุ่มตา (มียอดและรากเล็กน้อยโดยรากจะยาวกว่ายอด) พร้อมที่จะนำไปหว่านได้

ในการหุ้มเมล็ดพันธุ์นั้น ควรวางเมล็ดพันธุ์ไว้ในที่ร่ม ไม่ถูกแสงแดดโดยตรง และขนาดของกองเมล็ดพันธุ์ต้องไม่โตมากเกินไป หรือบรรจุถุงขนาดใหญ่เกินไป เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนสูงในกองข้าว เพราะถ้าอุณหภูมิสูงมากเกินไปเมล็ดพันธุ์ข้าวจะตาย ถ้าอุณหภูมิพอเหมาะข้าวจะงอกเร็ว และสม่ำเสมอกันตลอดทั้งกอง

การตกกล้า

การตกกล้ามีหลายวิธีการ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและวัตถุประสงค์ เช่นการตกกล้าบนดินเปียก (ทำเทือก) การตกกล้าบนดินแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตกกล้าในสภาพเปียก หรือการตกกล้าเทือก

เป็นวิธีที่ชาวนาคุ้นเคยกันดี การตกกล้าแบบนี้จะต้องมีน้ำหล่อเลี้ยงอยู่เสมอ การดูแลรักษาไม่ยุ่งยากและความสูญเสียจากการทำลายของศัตรูข้าวมีน้อย มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

1. การเตรียมดิน ปฏิบัติเช่นเดียวกับแปลงปักดำ แต่เพิ่มความพิถีพิถันมากขึ้น ในการเก็บกำจัดวัชพืช และปรับระดับเทือกให้ราบเรียบสม่ำเสมอ

2. การเพาะเมล็ดพันธุ์ ปฏิบัติตามขั้นตอนของการเตรียมเมล็ดพันธุ์ การแช่และหุ้มเมล็ดพันธุ์ โดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ 50 - 60 กรัมต่อตารางเมตร หรือประมาณ 80 - 90 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้กล้าสำหรับปักดำได้ประมาณ 15 - 20 ไร่

3. การหว่านเมล็ดพันธุ์ ควรปล่อยน้ำในแปลงกล้าให้แห้ง ทำเทือกให้ราบเรียบสม่ำเสมอ นำเมล็ดพันธุ์ที่เพาะงอกดีแล้วมาหว่านให้กระจายสม่ำเสมอตลอดแปลง ควรหว่านเมล็ดพันธุ์ตอนบ่ายหรือตอนเย็น เพื่อหลีกเลี่ยงแสงแดดตอนเที่ยงซึ่งมีความร้อนแรงมาก อาจทำให้เมล็ดข้าวตายได้

4. การให้น้ำ ถ้าตกกล้าไม่มากนัก หลังจากหว่านเมล็ดพันธุ์แล้วหนึ่งวัน สาดน้ำรดให้กระจายทั่วแปลง ประมาณ 3 - 5 วัน กล้าจะสูงพอที่จะปล่อยน้ำเข้าท่วมแปลงได้ แต่ถ้าตกกล้ามาก ไม่สามารถที่จะสาดน้ำรดได้ ให้ปล่อยน้ำหล่อเลี้ยงระหว่างแปลงย่อย ประมาณ 3 - 5 วัน เมื่อต้นกล้าสูงจึงไขน้ำเข้าท่วมแปลง และค่อยเพิ่มระดับขึ้นเรื่อยๆ ตามความสูงของต้นกล้าจนน้ำท่วมผิวดินตลอด ให้หล่อเลี้ยงไว้ในระดับลึกประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร จนกว่าจะถอนกล้าไปปักดำ

5. การใส่ปุ๋ยเคมี ถ้าดินแปลงกล้ามีความอุดมสมบูรณ์สูง กล้างามดีก็ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ย เพราะจะงามเกินไป ใบจะยาว ต้นอ่อน ทำให้ถอนแล้วต้นขาดง่ายและตั้งตัวได้ช้าเมื่อนำไปปักดำ แต่ถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ให้ใส่ปุ๋ยเคมีแอมโมเนียมฟอสเฟต (16 - 20 - 0) อัตราประมาณ 25 - 40 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่หลังหว่านเมล็ดพันธุ์แล้วประมาณ 7 วัน หรือเมื่อสามารถไขน้ำเข้าท่วมแปลงได้

6. การดูแลรักษา ใช้สารป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูข้าวตามความจำเป็น

การตกกล้าในสภาพดินแห้ง

การตกกล้าโดยวิธีนี้ ควรกระทำเมื่อฝนไม่ตกตามปกติ และมีน้ำไม่เพียงพอที่จะทำเทือกเพื่อตกกล้าได้ แต่มีน้ำพอที่จะใช้รดแปลงกล้า

การเตรียมดิน เลือกแปลงที่ดอนน้ำไม่ท่วม มีการระบายน้ำดี อยู่ใกล้แหล่งน้ำที่จะนำมารดแปลง ทำการไถดะตากดินให้แห้ง แล้วไถแปร คราดดินให้แตกละเอียด เก็บวัชพืชออก และปรับระดับดินให้ราบเรียบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการตกกล้า

1. การตกกล้าด้วยวิธีหว่านข้าวแห้ง

คือการหว่านเมล็ดพันธุ์ลงในแปลงโดยตรง โดยไม่ต้องเพาะเมล็ดให้งอกก่อน ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์เช่นเดียวกับการตกกล้าเทือก คือประมาณ 80 - 90 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วคราดกลบเมล็ดพันธุ์ให้จมดินพอประมาณ อย่าให้จมมาก เพราะจะทำให้เมล็ดงอกช้าและโคนกล้าอยู่ลึกทำให้ถอนยาก

2. การตกกล้าด้วยวิธีหว่านข้าวงอก

คือการเพาะเมล็ดให้งอกขนาดตุ่มตา (วิธีการเพาะเช่นเดียวกับการตกกล้าเทือก) อัตราเมล็ดพันธุ์เช่นเดียวกับการหว่านข้าวแห้ง ควรหว่านตอนบ่ายหรือเย็น หว่านแล้วคราดกลบและรดน้ำให้ชุ่มทันทีหลังการหว่าน การให้น้ำ แบบวิธีการหว่านข้าวแห้ง อาจหว่านทิ้งไว้คอยฝนได้ 7 - 10 วัน แต่ถ้ายังไม่มีฝนตกก็ให้รดน้ำให้ชุ่ม และต้องรดติดต่อกันทุกๆวัน โดยรดวันละ 3 ครั้ง เช่นเดียวกับวิธีหว่านข้าวแห้ง ทั้งแบบหว่านข้าวแห้ง และหว่านข้าวงอกเมื่อข้าวงอกโผล่พ้นดินประมาณ 1 เซนติเมตร หากมีน้ำพอก็ปล่อยน้ำเข้าหล่อร่องทางเดินให้เต็มร่อง เพื่อให้แปลงกล้าชุ่มทั่วกันแปลง จะได้ไม่ต้องรดน้ำทุกวัน ถ้ามีน้ำเพียงพอ ก็ไขน้ำเข้าท่วมแปลงแบบวิธีตกกล้าเทือกก็ได้ แต่หากไม่มีน้ำเพียงพอก็ต้องใช้วิธีรดน้ำให้ดินชุ่ม และอาศัยน้ำฝนจนกว่าจะถอนกล้าไปปักดำได้ การใส่ปุ๋ยเคมีและการดูแลรักษาปฏิบัติเช่นเดียวกับการตกกล้าแบบเทือก

ลักษณะของการปักดำ

การปักดำควรทำเป็นแถวเป็นแนวซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ย การพ่นยากำจัดโรคแมลง และยังทำให้ข้าวแต่ละกอมีโอกาสได้รับอาหารและแสงแดดอย่างสม่ำเสมอกัน สำหรับระยะปักดำนั้นขึ้นกับชนิด และพันธุ์ข้าว ดังนี้

1. พันธุ์ข้าวไม่ไวแสงหรือข้าวนาปรัง เช่นพันธุ์ สุพรรณบุรี1 ชัยนาท1 พิษณุโลก2 ควรใช้ระยะปักดำระหว่างแถว และระหว่างกอ 20 × 20 เซนติเมตร หรือ 20 × 25 เซนติเมตร

2. พันธุ์ข้าวไวแสงหรือข้าวนาปี เช่น เหลืองประทิว123 ขาวดอกมะลิ105 กข.15 กข.6 ปทุมธานี 60 ควรใช้ระยะปักดำ 25 × 25 เซนติเมตร ปักดำจับละ 3 - 5 ต้น ปักดำลึกประมาณ 3 - 5 เซนติเมตร จะทำให้ข้าวแตกกอใหม่ได้เต็มที่ การปักดำลึกจะทำให้ข้าวตั้งตัวได้ช้าและแตกกอได้น้อย ไม่ควรตัดใบกล้าเพราะการตัดใบกล้าจะทำให้เกิดแผลที่ใบ จะทำให้โรคเข้าทำลายได้ง่าย ควรตัดใบกรณีที่จำเป็นจริงๆ เช่น ใช้กล้าอายุมาก มีใบยาว ต้นสูง หรือมีลมแรง เมื่อปักดำแล้วจะทำให้ต้นข้าวล้ม

3. พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงหรือข้าวนาปรัง เช่นพันธุ์ สุพรรณบุรี1 ชัยนาท1 พิษณุโลก2 ควรใช้กล้าที่มีอายุประมาณ 20 - 25 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. พันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสงหรือข้าวนาปี เช่น เหลืองประทิว123 ขาวดอกมะลิ105 กข.15 กข.6 ปทุมธานี60 ควรใช้กล้าที่มีอายุประมาณ 25 - 30 วัน ระดับน้ำในการปักดำ ควรมีระดับน้ำในนาน้อยที่สุดเพียงแค่คลุมผิวดิน เพื่อป้องกันวัชพืชและประคองต้นข้าวไว้ไม่ให้ล้ม การควบคุมระดับน้ำหลังปักดำก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะระดับน้ำลึกจะทำให้ต้นข้าวแตกกอน้อย ซึ่งจะทำให้ผลผลิตต่ำ ควรควบคุมให้อยู่ในระดับลึกประมาณ 1 ฝ่ามือ หรือประมาณ 20 เซนติเมตร

3.2 การทำนาด้วยเครื่องดำนา

การทำนาด้วยเครื่องดำนาต้องพิถีพิถันกว่าการดำนาตามปกติ เริ่มจากการไถเตรียมดินให้ละเอียดไม่มีเศษหญ้าเศษวัชพืชหลงเหลือ ปรับทำเทือกให้เรียบสม่ำเสมอกันทั่วพื้นที่ ไม่มีแอ่งมีหลุม การเพาะกล้า เริ่มจากการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์ เปอร์เซ็นต์การงอกสูง (80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป) ไม่มีเมล็ดลีบ สามารถคัดเมล็ดลีบด้วยการแช่ในน้ำเกลือเข้มข้น หรือใช้เกลือ 1.4 กิโลกรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร ก็จะได้เมล็ดที่สมบูรณ์ นำเมล็ดใส่ถุงแช่น้ำทิ้งไว้ 2 - 3 คืน จากนั้นเอาเมล็ดขึ้นมาโรยลงในกระบะเพาะ ขนาดของกระบะกว้าง 28 เซนติเมตร ยาว 58 เซนติเมตร และสูง 3 เซนติเมตร เป็นขนาดมาตรฐาน จุดินได้ 4.3 ลิตร เป็นกระบะเพาะกล้าโดยเฉพาะ ร่อนดินผ่านตะแกรงละเอียด ขนาด 4 - 5 ช่อง ต่อตารางมิลลิเมตร ใส่กระบะให้สูง ประมาณ 2.5 เซนติเมตร ปาดให้เรียบเสมอกันก่อนโรยเมล็ดและโรยขี้เถ้าแกลบกลบหน้า นำกระบะเพาะกล้าเก็บไว้ที่ร่ม 2 คืน เมล็ดจะงอกออกมาประมาณ 1 เซนติเมตร จึงเอาออกไปไว้ในแปลงนาที่เตรียมไว้ รดน้ำให้โชกคลุมด้วยซาแลนทิ้งไว้ 2 วัน แล้วจึงเปิดเอาซาแลนออก ปล่อยน้ำเข้าให้ท่วมกระบะเป็นเวลา 10 วัน จึงปล่อยน้ำเข้าสูงได้ แต่ในญี่ปุ่นประสบปัญหาในการเพาะกล้า เนื่องจากเป็นเมืองหนาวจึงต้องเอากระบะเพาะเข้าตู้อบก่อนจะนำออกแดด รอจนต้นกล้าอายุได้ 20 - 30 วัน จึงนำไปปักดำ นาที่จะปักดำต้องขังน้ำทิ้งไว้ในแปลงจนน้ำในแปลงตกตะกอนใสเสียก่อน จึงใช้เครื่องดำนาได้ ความลึกของน้ำในแปลงปักดำไม่ควรเกิน 5 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อจะได้มองเห็นแนวจากก้านขีดแถว (Line mark) ทำให้สามารถขับรถดำนาได้เป็นแนวตรง มีระยะห่างระหว่างแถวที่เท่ากันตลอด แต่การปลูกข้าวโดยใช้รถดำนามีขั้นตอนที่ยุ่งยากคือขั้นตอนการเพาะกล้า ปัจจุบันประเทศญี่ปุ่น ชาวนาจึงไม่ผลิตกล้าข้าวเอง เนื่องจากสามารถหาซื้อกล้าได้จากโรงงานผลิตกล้าหรือที่สหกรณ์ จำนวนคนที่ปฏิบัติงานประกอบด้วยแรงงานอยู่ที่รถ 3 คน คนแรกเป็นคนขับ อีก 2 คน อยู่ทางซ้ายทางขวาทำหน้าที่ใส่แผ่นกล้าที่ม้วนเก็บไว้บนรถลงในถาดลำเลียงแผ่นกล้ารถดำนา 1 คัน เท่ากับคน 70 - 80 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 8 การดำนาด้วยรถดำนา

ที่มา: http://news.hatyaiok.com/?p=171485

ประเภทของเครื่องดำนา

การแบ่งประเภทของเครื่องดำนามีการแบ่งออกได้หลายประเภทหลายวิธีการ แต่โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1. เครื่องดำนาใช้แรงคน (Manual rice transplanter)

เครื่องดำนาใช้แรงคน อาศัยแรงงานจากคนโดยตรง ทำให้กลไกเกิดการปักดำด้วยการเข็นเดินหน้า และเดินถอยหลัง เครื่องดำนาประเภทนี้แยกออกตามชนิดของต้นกล้าที่ใช้กับเครื่องได้ดังนี้

1.1 เครื่องดำนาใช้แรงคนชนิดใช้กับต้นกล้าล้างราก ต้นกล้าที่จะใช้กับเครื่องชนิดนี้จะถูกถอนออกจากแปลงเพาะกล้า เมื่ออายุได้ 20 - 25 วัน แล้วนำมาล้างรากเอาดินที่ติดอยู่กับรากออกให้หมด ก่อนนำไปจัดวางในถาดกล้าอย่างเป็นระเบียบ ปักดำได้ครั้งละ 4 - 6 แถว การสูญเสียต้นกล้าระหว่างการปักดำเกิดขึ้นประมาณ ร้อยละ 11 - 34 ผู้ใช้ต้องเดินถอยหลังเพื่อลากตัวเครื่องไปและทำการปัก ความสามารถในการทำงานของเครื่องได้ประมาณวันละ 3 ไร่ (8 ชั่วโมง 2 คน ผลัดกัน) มีใช้ในประเทศไทยระยะหนึ่ง แต่ปัจจุบันไม่นิยม

1.2 เครื่องดำนาใช้แรงคนชนิดใช้กับต้นกล้าเป็นแผ่น ลักษณะของเครื่องคล้ายกับชนิดแรก แตกต่างกันที่ต้นกล้าที่นำมาใช้กับเครื่อง การเพาะกล้ามีขั้นตอนการเพาะที่พิถีพิถันมากกว่า โดยจะต้องเพาะกล้าให้เป็นแผ่นพอดีกับช่องถาดใส่ต้นกล้าของเครื่อง ปักดำได้ครั้งละ 4 - 8 แถว ผู้ใช้ต้องเดินถอยหลังเช่นเดียวกัน ความสามารถในการทำงานได้วันละ 2.5 - 3 ไร่ เป็นเครื่องที่ได้รับการพัฒนา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากสถาบันวิจัยข้าวระหว่างประเทศ (IRRI) และได้มีการปรับปรุงแก้ไขในประเทศญี่ปุ่น และไต้หวัน ได้มีการนำมาใช้กันตามศูนย์วิจัยข้าวต่างๆ ในประเทศไทยหลายปีมาแล้ว แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้ในที่สุด

2. เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบเดินตาม (Walking type rice transplanter) ได้แก่

2.1 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับต้นกล้าเป็นแถบยาว เครื่องดำนาชนิดนี้ต้นกล้าจะถูกเพาะในกระบะที่แบ่งเป็นช่องๆ เพื่อให้ต้นกล้าที่ออกมาเป็นแถวเล็กๆ แล้วนำออกจากกระบะมาใส่ในถาด แล้วถูกอุปกรณ์ป้อนต้นกล้าพาเข้าไปยังอุปกรณ์ปักดำ แถวต้นกล้าจะถูกเฉือนเป็นท่อนก่อนการปักดำ ขนาดของท่อนกล้า 10 - 15 มิลลิเมตร ปักดำได้ครั้งละ 2 แถว เครื่องดำนาชนิดนี้ช่วยลดการสูญเสียของต้นกล้าระหว่างการปักดำได้มาก ประมาณร้อยละ 1.1 - 1.5 และมีราคาถูก ถึงแม้จะมีข้อดีที่มีการสูญเสียต้นกล้าในการปักดำน้อย และมีราคาถูก แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมใช้กัน เนื่องจากมีขั้นตอนและใช้แรงงานในการเพาะกล้ายุ่งยาก

2.2 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับกล้าล้างราก เครื่องดำนาชนิดนี้เป็นเครื่องดำนาเริ่มแรกที่มีการประดิษฐ์ขึ้น เพื่อจะมาทำหน้าที่ปักดำแทนคน โดยติดตั้งอุปกรณ์ปักดำประกอบเข้ากับรถไถเดินตามหรือเครื่องพรวนดินแบบเดินตาม ใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลัง ทำให้เครื่องมีน้ำหนักมาก การถอยหลังเป็นไปด้วยความล่าช้า การเลี้ยวกลับหัวงานลำบาก เพราะใช้วงเลี้ยวกว้าง แต่มีข้อได้เปรียบที่ขั้นตอนในการเตรียมกล้าไม่ยุ่งยาก เนื่องจากใช้กล้าชนิดเดียวกันกับที่เพาะไว้สำหรับการทำนาดำทั่วไป

2.3 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับกล้าแท่งหรือกล้าหลุม เครื่องดำนาชนิดนี้ยังคงมีการใช้กันอยู่ทางตอนเหนือของประเทศญี่ปุ่น แต่ก็มีอยู่เป็นจำนวนน้อย กล้าแท่งหรือกล้าหลุมที่จะใช้ต้องเป็นกล้าแก่ (Mature seedling) กล้าที่มีอายุมากรากจะขดกันเป็นก้อนรูปแท่งสี่เหลี่ยมตามรูปทรงของหลุมในกระบะเพาะ ทำให้ส่วนของรากมีน้ำหนักมาก จึงเหมาะกับพื้นที่นาที่เป็นดินทราย ที่กล้าทั่วไปหรือกล้าแผ่นไม่สามารถตั้งต้นให้ตรงได้ กล้ามักจะเอนหรือล้มนอนราบ แต่กล้าแท่งจะทรงตัวให้ตั้งตรงได้ดีในดินทรายหรือดินเป็นเลนอ่อนมาก เนื่องจากแท่งดินกับกระจุกรากจะเป็นฐานยึดติดให้อย่างดี แต่กล้าแท่งก็มีขั้นตอนในการเพาะกล้าที่ยุ่งยากกว่าและมีปัญหาในการจัดซื้อหากระบะเพาะซึ่งไม่ค่อยมีจำหน่ายทั่วไป

2.4 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับกล้าแผ่น เครื่องดำนาประเภทนี้มีขนาดค่อนข้างเล็ก ใช้เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน 4 จังหวะ 1 - 2.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ประกอบด้วยล้อเหล็กหุ้มยาง 2 ล้อ ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อน ให้ความสะดวกคล่องตัวในการทำงาน ผู้ใช้จะเดินตามเครื่อง การควบคุมการเลี้ยวบังคับด้วยการบีบคลัตช์ข้างที่ต้องการเลี้ยวที่มือจับ ปักดำได้ครั้งละ 2 - 6 แถว สามารถปรับระยะห่างระหว่างต้นได้แน่นอน มีระบบไฮดรอลิกส์เข้ามาช่วยในการยกตัวเครื่องให้สูงขึ้นขณะเลี้ยวกลับหัวงานและระหว่างการเดินทาง เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบเดินตามแบ่งออกได้ตามชนิดของต้นกล้าที่ใช้ดังนี้ เครื่องดำนาที่ใช้กับต้นกล้าล้างราก เครื่องดำนาที่ใช้กับต้นกล้าเป็นแผ่น เครื่องดำนาที่ใช้กับต้นกล้าเป็นแถวยาว และเครื่องดำนาที่ใช้กับต้นกล้าเป็นหลุม แต่เครื่องดำนาที่ใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กับต้นกล้าเป็นแผ่นได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง และได้มีการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพทำงานสูงขึ้นหลายๆ ด้าน ส่วนเครื่องดำนาอีก 3 ชนิด ดังกล่าว ไม่ได้รับความนิยม และบางชนิดได้เลิกการผลิตไปแล้ว นอกจากนี้ สถาบันการใช้เครื่องจักรกลเกษตร (Agricultural Mechanization Institute : AMI) ประเทศเกาหลีใต้ได้ดัดแปลงเอารถไถเดินตามใช้เครื่องยนต์ดีเซลประกอบเข้ากับเครื่องดำนาใช้กับต้นกล้าเป็นแผ่น ปักดำได้ครั้งละ 4 แถว แต่ไม่ได้รับความนิยม เพราะมีน้ำหนักมาก การถอยหลังล้าช้า การเลี้ยวกลับหัวงานใช้วงเลี้ยวกว้าง ทำงานได้ 6 - 8 ไร่ ต่อวัน

3. รถดำนา หรือเครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับ (Riding type rice transplanter)

เครื่องดำนาประเภทนี้มีขนาดใหญ่ก็จริง แต่มีความคล่องตัวในการทำงานที่ดี มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง สามารถปักดำได้ครั้งละ 4 - 8 แถว ปักดำได้ตั้งแต่ 8 ไร่ ต่อวัน มีทั้งแบบ 3 ล้อ และ 4 ล้อ เครื่องดำนาประเภทนี้ที่ใช้กันอยู่มี 2 ชนิด คือ

3.1 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับชนิดใช้กับต้นกล้าล้างราก เป็นเครื่องจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน มี 3 ล้อ โดยมีล้อหน้าเป็นล้อขับเคลื่อน ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 3 แรงม้า และเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน 3 - 5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ปักดำได้ครั้งละ 8 แถว แต่มีข้อจำกัดของระยะปักดำต้นกล้าที่สามารถปรับการปักดำได้เพียง 2 ระยะ ความสามารถในการทำงาน ประมาณ 10 ไร่ ต่อวัน มีการสูญเสียของต้นกล้าระหว่างการปักดำประมาณ ร้อยละ 3 โดยใช้คนในการทำงานกับเครื่องนี้ 2 - 3 คน คนแรกนั่งขับด้านหน้า ทำหน้าที่เป็นผู้ขับควบคุมเครื่อง ส่วนอีกคนหรือ 2 คน นั่งหันหลังอยู่ข้างซ้ายและข้างขวาของคนขับ ทำหน้าที่คอยใส่ต้นกล้าในถาดใส่ต้นกล้าของเครื่อง จัดเป็นเครื่องที่มีน้ำหนักมาก ทำให้การเลี้ยวกลับหัวงานและการเดินทางไม่ค่อยคล่องตัว ในการเดินทางจะต้องเปลี่ยนเป็นล้อยาง ทำให้เสียเวลาในการถอดประกอบล้อ ทำงานได้ 15 - 20 ไร่ ต่อวัน

3.2 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบนั่งขับชนิดใช้กับต้นกล้าเป็นแผ่น จัดได้ว่าเป็นเครื่องดำนาที่ได้รับความนิยมใช้กันทั่วไป ส่วนใหญ่เป็นเครื่องจากประเทศญี่ปุ่น และมีส่วนน้อยที่เป็นของประเทศเกาหลีใต้ ได้มีการนำเอาระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้ในการควบคุมการทำงานหลายด้าน บางรุ่นติดตั้งอุปกรณ์ใส่ปุ๋ยทำงานร่วมด้วยระหว่างการปักดำ ปักดำได้ครั้งละ 4 - 5 แถว การสตาร์ทติดเครื่องยนต์ด้วยระบบไฟฟ้า การบังคับเลี้ยวใช้ระบบไฮดรอลิกส์เข้ามาช่วย ทำให้การเลี้ยวเร็วขึ้น ได้วงเลี้ยวที่แคบ และเบาแรงแก่ผู้ใช้

3.3 เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดใช้กับต้นกล้าเป็นแผ่นแบบอัตโนมัติ เป็นแบบนั่งขับแต่คนไม่ได้ขับ โดยได้นำเอาเทคโนโลยีระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก GPS และระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมในการทำงาน เครื่องจึงสามารถทำงานได้เองโดยไม่ต้องมีคนขับ คนมีหน้าที่คอยใส่แผ่นกล้าเท่านั้น (ศูนย์เมล็ดพันธ์ข้าวแพร่, 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัญหาของข้าววัชพืช (Weedy rice)

นอกจากปัจจุบันได้มีการวิจัย และพัฒนาพันธุ์ข้าว ทั้งที่เป็นพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงและรสชาติดี หรือพันธุ์ข้าวที่สามารถเลือกปลูกได้ในสภาพพื้นที่ ภูมิประเทศ และภูมิอากาศที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาด้านการผลิต เทคนิคการผลิต เทคโนโลยีการผลิต ตลอดจนพัฒนาทางด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต อย่างไรก็ตามในการปลูกข้าวของเกษตรกรก็ยังคงต้องเผชิญกับปัญหาเดิมๆ เช่น แมลงศัตรูพืช วัชพืช และโรคต่างๆ ซึ่งปัญหาต่างๆ เหล่านี้ย่อมทำให้เกษตรกรได้รับผลผลิตข้าวลดลง นอกจากปัญหาดังกล่าว ในปัจจุบันบางพื้นที่ของประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาใหม่ที่กำลังเกิดขึ้นนั่นคือ ปัญหาการรุกระบาดของข้าวป่าในนาข้าว โดยข้าวป่าชนิดดังกล่าว ไม่ใช่ข้าวป่าที่พบในสภาพธรรมชาติบริเวณริมถนน ริมคลอง หรือบริเวณชื้นแฉะ แต่เป็นข้าววัชพืชซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างข้าวป่า และข้าวปลูก (จรรยา, 2547) ดังนั้นเมื่อข้าวป่าที่เป็นวัชพืชรุกระบาดในนาข้าวจึงแก่งแย่งน้ำ แย่งปุ๋ย แย่งธาตุอาหารในดิน ทำให้ข้าววัชพืชมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และสมบูรณ์กว่าข้าวที่เกษตรกรปลูก ซึ่งปัญหานี้ได้ส่งผลทำให้ผลผลิต และกำไรของเกษตรกรจากผลผลิตข้าวลดลง

ข้าววัชพืช (Weedy rice) คือ ข้าวลูกผสมที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างข้าวป่า และข้าวปลูก ข้าวประเภทนี้มีการกระจายตัวสูง เรียกว่า Spontanea forms ซึ่งมีลักษณะกึ่งข้าวป่า และข้าวปลูก ในการเพาะปลูกระบบนาหว่าน และใช้รถเก็บเกี่ยว พบข้าวชนิด Spontanea forms ดังกล่าวอยู่บริเวณตรงขอบแปลงหรือในแปลงปลูก แต่ในปัจจุบันพบข้าวชนิดนี้พัฒนาเป็นวัชพืชร้ายแรง เรียกว่า ข้าววัชพืช (Invasive weedy form) มีลักษณะเด่นที่แสดงออกคือ แพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว เมื่อระยะสุกแก่เมล็ดจะร่วงหมดสะสมอยู่ในแปลงปลูก และมีการพักตัวของเมล็ดที่ยาวนานถึง 12 ปี ข้าววัชพืชมักพบว่าแตกกอ และออกดอกเร็วกว่าข้าวปลูกประมาณ 7 - 14 วัน (อนุพงศ์ และคณะ, 2548; อาทิตยาและคณะ, 2548) มีการสังเคราะห์สารสีในกลุ่ม Anthocyanin ในแต่ละส่วนของต้นพืชแตกต่างจากข้าวปลูก เช่น ข้อต่อใบ ลิ้นใบ สียอดดอก สีเกสรตัวเมีย และสีหาง (Cho *et al*, 1995; Shu *et al,* 1997) ทำให้เกษตรกรสามารถแยกความแตกต่างของข้าววัชพืชที่ขึ้นปนมาในแปลงข้าวปลูกได้ โดยดูสีโคนกอ ความสูง หรือระยะการออกรวงสามารถกำจัดได้โดยถอนทิ้ง และตัดรวงข้าวที่ออกดอกก่อน แต่ไม่สามารถใช้สารกำจัดวัชพืชกำจัดได้เนื่องจากข้าววัชพืชนั้นมีโครงสร้างพันธุกรรมเหมือนข้าวปลูก ถ้าฉีดพ่นสารจำกัดวัชพืชข้าวปลูกจะตายไปด้วย แต่ 2 - 3 ปีที่ผ่านมาข้าววัชพืชเปลี่ยนแปลงให้มีลักษณะภายนอกเหมือนข้าวปลูกแทบทุกอย่างเช่น เมล็ดไม่มีหาง สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีฟาง เมล็ดเรียว ทำให้การคัดเลือกพันธุ์โดยดูจากตาเปล่ายากขึ้น(ศันสนีย์ และคณะ 2548)

เทิดศักดิ์ และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาความแตกต่างระหว่างข้าววัชพืชชนิดข้าวหาง และชนิดข้าวแดง กับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และข้าวป่าสามัญ พบว่า ข้าวหาง และข้าวแดงมีความใกล้ชิดกันทางพันธุกรรมสูง และข้าวทั้งสองชนิดนี้ยังมีความใกล้เคียงทางพันธุกรรมกับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มากกว่าข้าวป่า

ปัญหาข้าววัชพืชเกิดการระบาดขึ้นทั่วโลก ทั้งในทวีปอเมริกาพบการระบาดในประเทศอเมริกาและบราซิล ในทวีปยุโรปพบการระบาดในประเทศอิตาลี โปรตุเกส และสเปน ส่วนในทวีป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอเชียพบการระบาดในประเทศศรีลังกา จีน เกาหลี เวียดนาม ลาว พม่า และมาเลเซีย(Gealy et al, 2003; IRRI, 2000) ส่วนในประเทศไทยพบมีการระบาดของข้าววัชพืชตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ประมาณ 500 ไร่ และคาดการณ์ว่าปี 2550 นี้พบพื้นที่ข้าววัชพืชระบาดมากกว่า 2 ล้านไร่(จรรยา, 2547 และ 2548)

ปัจจุบันพบปัญหาข้าววัชพืชเริ่มทวีความรุนแรงขึ้นในหลายท้องที่ กระจายอยู่ในเขตภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งพื้นที่เหล่านี้เป็นแหล่งผลิตข้าวเพื่อการส่งออกที่สำคัญของประเทศ การแพร่ระบาดทำให้ผลผลิตเสียหายทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับระบบการปลูกข้าวโดยวิธีการหว่านเมล็ดซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน (Chen et al, 2004)

สำราญ และคณะ (2552) ได้ศึกษาปริมาณข้าววัชพืช (weedy rice) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวในนาหว่านน้ำตมพบว่า ข้าววัชพืชทำให้ผลผลิตของข้าวปทุม 1 ลดลงถึง 45.5 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตของข้าวพิษณุโลก 2 ลดลงถึง 86.3 เปอร์เซ็นต์

การปลูกข้าวโดยวิธีการโยนกล้า (Parachute)

การปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้ามีต้นกำเนิดมาจากประเทศจีน และในปี ค.ศ.1995 ประเทศจีนได้ปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้านี้ประมาณ 98,700 ไร่ เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้แรงงานน้อย สามารถเพิ่มจำนวนครั้งของการปลูกข้าวได้มากขึ้น ได้ผลผลิตสูงทำให้เกษตรกรมีกำไรเพิ่มขึ้น จนในปี ค.ศ. 2000 ประเทศจีนได้ขยายการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้าเป็นพื้นที่เป็น 6.7 ล้านไร่ หรือ 21.8 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทำนาทั้งหมดในประเทศ(Tang Sheng - xiang, 2002) และได้กระจายไปสู่ประเทศอินเดีย และปากีสถาน จนในปี พ.ศ. 2545 ประเทศไทยได้นำวิธีปลูกข้าวโยนกล้ามาทดลองปลูกในประเทศโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อควบคุมวัชพืช และข้าววัชพืช

วิธีการปลูกข้าวแบบโยนกล้า

1. ขั้นตอนการเตรียมเพาะกล้าพันธุ์

เตรียมเพาะกล้าพันธุ์ โดยการย่อยดินแห้งให้ละเอียด เม็ดดินโตไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร ดินนั้นต้องไม่มีเมล็ดข้าววัชพืช นำถาดพลาสติกมาวางกับพื้นที่ที่เตรียมไว้ พื้นที่ต้องเสมอกัน หว่านดินไปก่อนประมาณ 50 – 70 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นหว่านเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ (แช่ 1 คืน หุ้ม 1 คืน หรือข้าวแห้ง) อัตราประมาณ 3 - 4 กิโลกรัมต่อไร่ (50 - 60 ถาดต่อไร่) แล้วหว่านดินตามลงไปให้เต็มเสมอปากหลุมพอดี การใช้แรงงานย่อยดินแห้ง และเพาะข้าว 1 คนสามารถเพาะกล้าข้าวได้ 150 - 200 ถาดต่อ 1 วัน (หว่านได้ 2 - 3 ไร่) การให้น้ำระยะแรกๆ ต้องให้ฝอยละเอียด ระวังอย่าให้เมล็ดข้าวกระเด็นหรือให้น้ำแบบท่วมพื้นแปลง เพราะน้ำจะซึมเข้าก้นถาดหลุมเอง ให้รักษาความชื้นจนกว่าข้าวงอก หากมีฝนตกให้หาวัสดุหรือกระสอบป่านเก่ามาคลุมจนกว่ารากจะงอก วิธีนี้สามารถเพาะเมล็ดในร่ม และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ย้ายถาดไปที่ที่เตรียมไว้ พอข้าวกล้าอายุ 12 - 16 วัน สามารถนำไปโยนได้ทันที ความยาวต้นกล้าประมาณ 3 - 5 นิ้ว ซึ่งก็แล้วแต่ความอุดมสมบูรณ์ของวัสดุเพาะ ใช้พื้นที่เพาะกล้าประมาณ 12 - 15 ตารางเมตรต่อ 50 - 60 ถาด หว่านได้ 1 ไร่

2. ขั้นตอนการเตรียมแปลง

ก่อนทำนาให้พักแปลงนาให้แห้งอย่างน้อย 1 เดือน เพื่อให้ข้าววัชพืชพ้นระยะพักตัว หรือให้เมล็ดข้าววัชพืชที่ร่วงในนาก่อนนี่พร้อมที่จะงอกให้มากที่สุด ให้ขังน้ำในแปลงนา 1 คืน และปล่อยให้น้ำแห้งเองเพื่อล่อข้าววัชพืชให้งอกขึ้นมาเต็มที่ ไม่ควรพ่นสารเคมีกำจัด จากนั้นไถกลบวัชพืชให้เป็นปุ๋ย ควรล่อวัชพืชอย่างน้อย 1 ครั้งขึ้นไป ต่อจากนั้นให้ไถเตรียมดินเหมือนนาดำหรือนาหว่านน้ำตมทั่วไป แต่ปรับเทือกให้สม่ำเสมอ พอเช้าวันต่อมาให้โยนกล้าได้ กรณีที่เป็นดินเหนียว แต่ถ้าเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทราย หลังปรับเทือกให้โยนต้นกล้าทันทีทันใด

3. ขั้นตอนการโยนต้นกล้า

ขณะที่โยนต้นกล้าในแปลงควรมีน้ำขลุกขลิกเล็กน้อย วิธีโยน ให้เดินถอยหลังโยนกำมือละ 5 - 15 กอ โดยตวัดหงายมือโยนต้นข้าวขึ้นสูงกว่าระดับศีรษะ ต้นกล้าจะกระจายตัวพุ่งลงตั้งตรงหรือเอนเล็กน้อย สำหรับถาดเพาะให้วางบนท่อนแขนครั้งละหลาย ๆ แผ่นแล้วแต่จะรับไหว หากเห็นว่าต้นข้าวห่างเกินไปให้โยนเพิ่มเติมได้ วิธีโยนสามารถนำอุปกรณ์คล้ายเรือลงไปในแปลงนาได้ เพื่อให้สามารถใส่ถาดเพาะครั้งละมากๆ และสะดวกในการโยน เกษตรกร 1 คน โยนต้นกล้าได้ 3 - 5 ไร่ต่อวัน หลังจากหว่าน 1 - 2 วัน ให้เติมน้ำทันที และเพิ่มระดับน้ำขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 5 - 10 เซนติเมตร ซึ่งมีประสิทธิภาพควบคุมข้าววัชพืชและวัชพืชได้ดีมาก ให้รักษาระดับน้ำจนถึงข้าวโตคลุมพื้นที่นาหรือจนถึงก่อนเกี่ยว 15 - 20 วัน

4. ขั้นตอนการปฏิบัติดูแลรักษา

ควรใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนโยนต้นกล้า 1 วัน ขณะปรับเทือกและการปฏิบัติดูแลรักษาเช่นเดียวกันกับการทำนาวิธีอื่นๆ ทุกประการ(ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์บริการวิชาการเกษตรอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (ของมูลนิธิชัยพัฒนา) อ.ลำลูกกา จ. ปทุมธานี ปี 2545 – 2548 ได้ทำการศึกษา ปฏิบัติในการปลูกข้าวอินทรีย์ เพื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตของแต่ละวิธี พบว่า ต้นทุนการทำนาแบบโยนกล้าเพื่อควบคุมข้าววัชพืชและวัชพืชทั่วไป มีต้นทุนต่ำที่สุดและยังให้ผลผลิตสูงกว่าการทำนาด้วยวิธีอื่นๆ จากการศึกษาพบว่า อายุต้นกล้า 12 - 16 วัน และจำนวนต้นกล้า 50 - 60 ถาด มีความเหมาะสมมากที่สุด สามารถป้องกันและควบคุมข้าววัชพืชได้ดีมาก ใช้แรงงานเตรียมดินเพาะกล้า 150 - 200 ถาดต่อคนต่อวัน ใช้แรงงานโยนกล้า 3 - 5 ไร่ต่อคนต่อวัน ที่สำคัญคือใช้เมล็ดเพียง 3 - 4 กิโลกรัมต่อไร่ ประหยัดเมล็ดพันธุ์ได้ร้อยละ 80 – 85 สามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพมาตรฐานได้ ซึ่งมีรายละเอียดของต้นทุนในการปลูกข้าวดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบต้นทุนการปลูกข้าวแบบต่างๆ เพื่อควบคุมข้าววัชพืช ไม่รวมค่าสารเคมี โรค แมลง และน้ำมันสูบน้ำ

อุปกรณ์	**ต้นทุนการจัดการ (บาทต่อไร่)**			
และขั้นตอนการทำนา	**นาหว่านน้ำตม**	**คนปักดำ**	**เครื่องปักดำ**	**โยนต้นกล้า**
เตรียมแปลง (แบบประณีต)	610	610	610	610
ถาดเพาะกล้า	-	-	-	84-112
ค่าเพาะกล้า	-	100	-	125
หว่านกล้า ปักดำ โยน	50	1200	1200-1500	100
สารคุม + กำจัดวัชพืช + ค่าแรง	175+110+100	60+50*	60+50*	60+50*
เมล็ดพันธุ์ (กก.ละ 22 บาท)	440	154	220	88
ค่าตัดข้าววัชพืช	400-800	-	-	-
ค่าปุ๋ย	948	948	948	948
ค่าเกี่ยวนวด	450	450	450	450
รวม	**3283 - 3683**	**3462**	**3318 - 3618**	**2515 - 2543**

หมายเหตุ *ถาดเพาะกล้าสามารถเพาะได้มากกว่า 5 ครั้ง (ในตารางคิดค่าเฉลี่ย 5 ครั้ง)
หากมีการระบาดของผักปอดนา ในนาปักดำ นาโยน 60+50 บาท

ที่มา: สำราญ (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำราญ และคณะ (2551) ได้ทำการทดลองปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้า (Parachute planting) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคุมวัชพืชของกล้าข้าวที่มาอายุก่อนนำมาปลูกต่างกัน คือ 8 12 16 20 24 28 วัน เปรียบเทียบกับนาหว่านน้ำตมและนาปักดำ พบว่านาโยนกล้าทุกเงื่อนไขที่กำหนด และนาปัก ดำ มีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชและข้าววัชพืชได้ดี และจากการเปรียบเทียบผลผลิตของการทำนาทั้ง 3 วิธีพบว่า การปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้าให้ผลผลิตสูงที่สุด ลองลงมาคือการปลูกข้าวแบบนาดำ และการปลูกข้าวแบบหว่านน้ำตม

Mohammad Safdar BALOCH (2007) ได้ทำการทดสอบการปลูกข้าว 5 วิธี เพื่อนำมาวิเคราะห์หาวิธีการปลูกข้าวที่มีความเหมาะสมที่สุด ทั้งในด้านผลผลิต และต้นทุนการผลิต ซึ่งประกอบด้วยการปลูกข้าวแบบนาหว่านน้ำตม แบบปักดำ แบบหว่านข้าวร่อง ปักดำในร่อง และการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้า ผลการทดลองพบว่าการปลูกข้าวแบบปักดำมีความเหมาะสมที่สุด รองลงมาคือการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้า ซึ่งทั้ง 2 วิธี มีผลผลิตใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากการปลูกข้าวแบบโยนกล้าใช้ต้นทุนที่สูงกว่า การปลูกข้าวแบบปักดำจึงมีความเหมาะสมที่สุด แต่การปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้ามีจำนวนของกล้าข้าวต่อ 1 ตารางเมตร น้อยกว่าการปลูกข้าวด้วยวิธีปักดำ

การทดลองในปี 2002 การปลูกข้าวแบบปักดำมีจำนวนต้นกล้าเฉลี่ย 21.0 ต้นต่อตารางเมตร ได้ผลผลิตเฉลี่ย 5.9 ตันต่อไร่ การปลูกข้าวแบบโยนกล้ามีจำนวนต้นกล้าเฉลี่ย 17.0 ต้นต่อตารางเมตร ได้ผลผลิต 4.8 ตันต่อไร่

การทดลองในปี 2003 การปลูกข้าวแบบปักดำมีจำนวนต้นกล้าเฉลี่ย 21.0 ต้นต่อตารางเมตร ได้ผลผลิตเฉลี่ย 6.5 ตันต่อไร่ การปลูกข้าวแบบโยนกล้ามีจำนวนต้นกล้าเฉลี่ย 17.0 ต้นต่อตารางเมตร ได้ผลผลิต 6.5 ตันต่อไร่

การปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้ามีต้นทุนสูงกว่าเนื่องจากจะต้องมีต้นทุนของถาดในการเพาะกล้าในการลงทุนปลูกครั้งแรก แต่การปลูกครั้งต่อไปจะใช้ต้นทุนลดลงเพราะถาดพลาสติกใช้งานได้อย่างน้อย 3 ปี

Ehsanullah (2007) ได้ทดลองปลูกข้าว 6 วิธีเพื่อวิเคราะห์หาความเหมาะสมทั้งด้านผลผลิตและต้นทุน วิธีการปลูกข้าวทั้ง 6 วิธี ประกอบด้วย นาหว่านข้าวแห้ง นาหว่านน้ำตม นาหยอด นาปักดำระยะห่างระหว่างแถว 20 เซนติเมตร นาปักดำแบบสุ่ม และการทำนาแบบโยนกล้า ผลการทดลองพบว่า การทำนาแบบโยนกล้าให้ผลผลิตมากที่สุดลองลงมาคือ การทำนาแบบปักดำระยะห่างระหว่างแถว 20 เซนติเมตร แต่เมื่อวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า การทำนาแบบปักดำระยะห่างระหว่างแถว 20 เซนติเมตร มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากได้ผลผลิตสูง และมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าการทำนาแบบโยนกล้า แต่การทำนาแบบโยนกล้ายังสามารถลดต้นทุนได้โดยเพิ่มจำนวนการผลิตให้มากขึ้น และนำถาดเพาะกล้าที่ใช้แล้วมาใช้ใหม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในประเทศปากีสถาน ได้มีการพัฒนาการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้า โดยสมาคมการปลูกข้าวและข้าวสาลีในปากีสถาน เขตที่ราบ Indo-Gangetic (Pakistan Rice-Wheat Consortium for the Indo -Gangetic Plains) โดยการสร้างเครื่องโยนข้าวแบบลมพ่นซึ่งดัดแปลงมาจากเครื่องพ่นยา ดังภาพที่ 11 และ 12 ระบบการป้อนข้าวนั้นป้อนด้วยมือ และกล้าข้าวจะถูกลมดูดเข้าไปในท่อและพ่นออกทางท่อปล่อยข้าว ซึ่งท่อทำมุมกับแนวระดับ 60 องศา สามารถพ้นต้นกล้าได้สูง 3 - 4 เมตร ด้วยกำลังของเครื่อง 1.5 แรงม้า

ภาพที่ 9 ถาดป้อนกล้าข้าวเข้าเครื่องพ่น

ที่มา: Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains (2003)

ภาพที่ 10 ลักษณะของเครื่องพ่นกล้าข้าว

ที่มา: Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains (2003)

อัตราการทำงานของเครื่องโยนข้าวแบบพ่นนี้ประมาณ 50 นาทีต่อ 1 ไร่ต่อ 1 คน และจากการทดสอบประสิทธิภาพของการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้า โดยใช้เครื่องโยนข้าวแบบพ่น เปรียบเทียบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กับการปลูกข้าวแบบปักดำโดยใช้แรงงานคนพบว่าการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้าโดยใช้เครื่องพ่นสามารถทำรายได้สุทธิ (Net income) มากกว่าการทำนาโดยใช้แรงงานคนปักดำ 13 เปอร์เซ็นต์ และรายละเอียดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้า โดยใช้เครื่องโยนข้าวแบบพ่น เปรียบเทียบกับการปลูกข้าวแบบปักดำ

Comparative performance of mechanical parachute and conventional transplanting methods (Average of three years)

Parameter	Conventional method	Mechanical parachute method	Advantage (%)
- Water for transplantation (cm)	21	5.5	57
- Age of seedling (day)	40	26	35
- Time of transplantation (hr/ha)	15	5	67
- Cost of transplantation (Rs/ha)	2,300	6,900	-200*
- Average height of seedlings at transplantation (cm)	45	18	60
- plant population per square meter	15	23	53
- Productive tiller per square meter	292	428	47
- panicle length (cm)	25	25	0
- plant height at harvest (cm)	102	105	0
- 1000 grain weight (g)	21	22	5
- Yield (kg/ha)	3,400	4,300	27
- Net income (Rs/ha)	31,900	36,000	13

หมายเหตุ * Higher initial cost due to sprayer modifications and plastic bubble sheets.

ที่มา: Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains (2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tahir Hussain Awan (2008) ได้ทำการทดลองปลูกข้าว 3 วิธี คือการปลูกข้าวแบบปักดำเป็นแถว (Line transplanting) การปลูกข้าวแบบโยนกล้า (Parachute planting) และการปลูกข้าวแบบปักดำสุ่ม (Random transplanting) เพื่อเปรียบเทียบผลผลิต พบว่าการปลูกข้าวแบบปักดำเป็นแถวนั้นให้ผลผลิตสูงสุด รองลงมาคือการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้า และการปักดำแบบสุ่ม จากผลการทดลองยังพบอีกว่าการปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้ามีจำนวนของกล้าข้าวต่อไร่สูงที่สุด รองลงมาคือ การปักดำเป็นแถว และการปักดำแบบสุ่ม แต่การปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้าและวิธีปักดำแบบสุ่ม ยังมีค่าความแปรปรวนของจำนวนกล้าข้าวมาก (ต้นต่อไร่) ซึ่งอาจมีผลกระทบกับผลผลิตและการเจริญเติบโตของข้าวได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบคือแปลงนาของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน

1. ตลับเมตร
2. เวอร์เนียร์ (Vernier caliper)
3. นาฬิกาจับเวลา
4. กล้องถ่ายภาพ
5. กระบอกตวงวัดน้ำมัน
6. กล้าข้าวอายุ 15 วัน
7. เครื่องวัดความเร็วรอบ รุ่น Testo 470
8. ใบวัดมุม (Bevel Protractor)
9. ไม้บรรทัด (1 เมตร)
10. เทปวัดระยะ (15 เมตร)
11. กระบะใส่เลนขนาด กว้าง 50 ยาว 50 สูง 20 เซนติเมตร
12. เครื่องมือทดสอบความแข็งของผิวหน้าเทือก (Drop Type Cone Penetrometer)
13. Cone penetrometer
14. ถาดเพาะกล้าข้าวโยนชนิดหลุม 6 เหลี่ยม

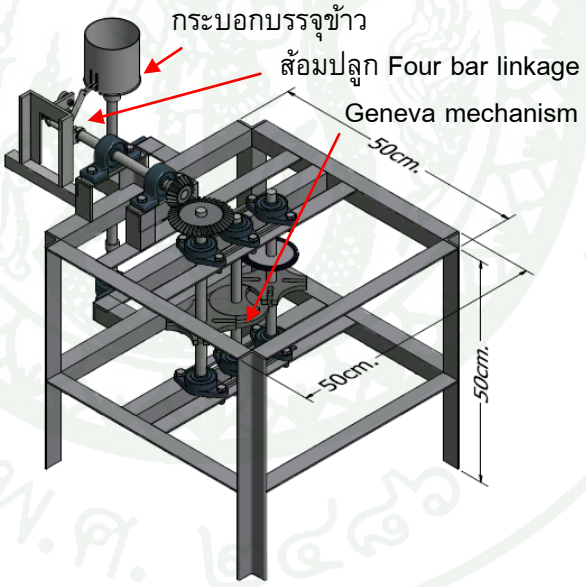
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การออกแบบกลไกปลูกกล้าข้าวโยน

การออกแบบกลไกปลูกกล้าข้าวโยน เป็นการออกแบบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการทดสอบกลไกการปลูกกล้าข้าวที่สามารถปลูกกล้าข้าวได้ทีละ 1 กอ โดยเป็นการทดสอบแบบอยู่กับที่ (Stationary test) เพื่อเป็นกลไกพื้นฐานในการออกแบบรถปลูกกล้าข้าวโยนที่สามารถทำงานในแปลงนาได้ หลักการของกลไกคือ กล้าข้าวจะบรรจุลงในกระบอกซึ่งวางอยู่บนจานหมุน จานหมุนจะพากล้าข้าวไปสู่ตำแหน่งที่ส้อมปลูกทำงาน โดยเมื่อจานหมุนพากล้าข้าวไปสู่ตำแหน่งที่ส้อมปลูกทำงาน จานหมุนจะหยุดนิ่งเพื่อให้ส้อมปลูกเกี่ยวกล้าข้าวลงสู่พื้น จากนั้นจานหมุนก็จะหมุนพากล้าข้าวต้นต่อไปมาในตำแหน่งที่ส้อมปลูกทำงานเหมือนเดิม การออกแบบกลไกปลูกกล้าข้าวโยนแบบอยู่กับที่มีลักษณะของกลไก และขั้นตอนออกแบบดังภาพที่ 11

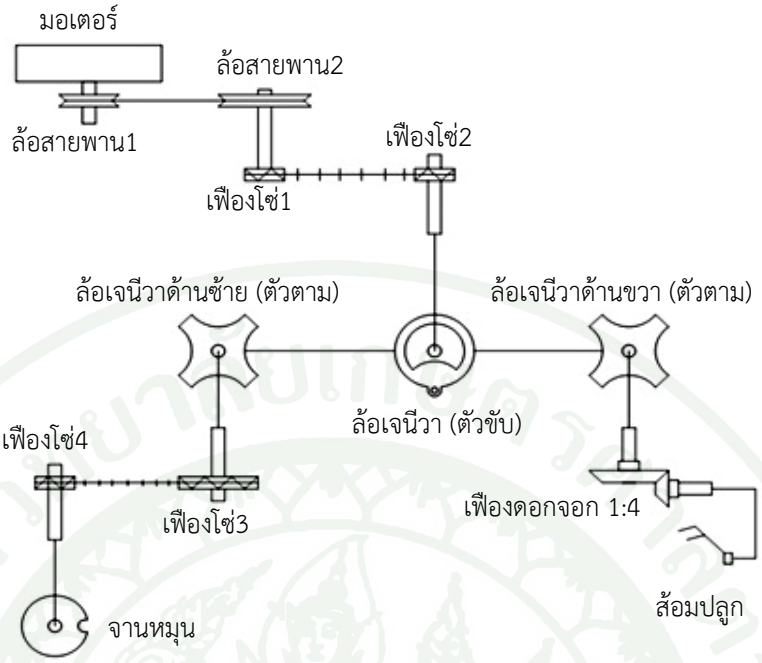
1.1 โครงสร้างมีขนาด กว้าง 50 ยาว 50 สูง 50 เซนติเมตร ประกอบขึ้นจากเหล็กฉาก (Angle steel) ขนาด 40 × 40 × 4 เซนติเมตร.



ภาพที่ 11 โครงสร้างของกลไกปลูกกล้าข้าวโยนแบบอยู่กับที่

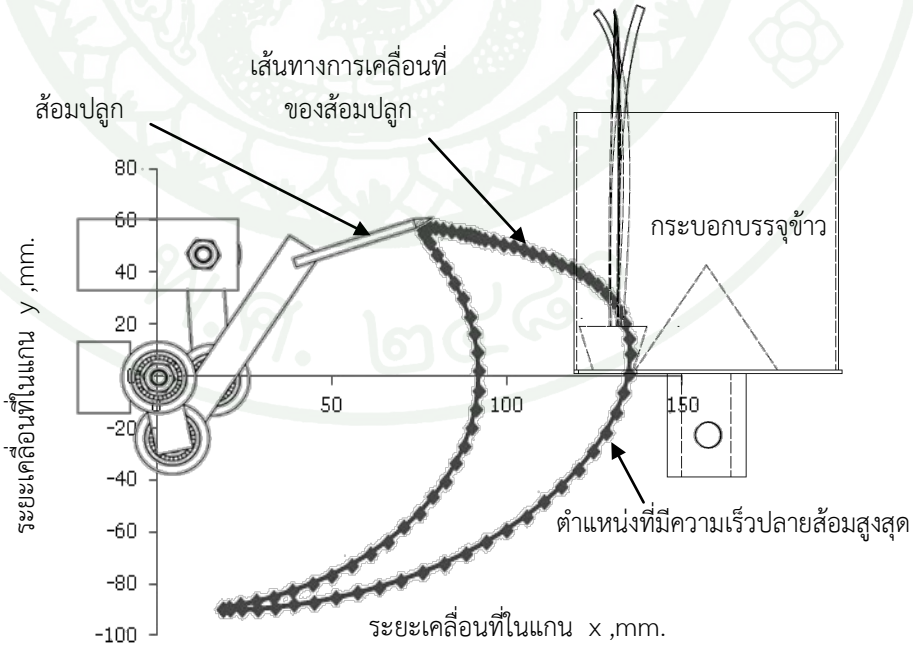
1.2 ระบบส่งกำลัง ประกอบด้วยต้นกำลังคือมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าปรับความเร็วรอบด้วยน้ำมันไฮดรอลิก ส่งกำลังให้กับล้อสายพาน (Pulley) ขนาด 5 นิ้ว จากนั้นส่งกำลังต่อไปให้กับล้อเจนีวา (Geneva wheel) 1:0.25 โดยใช้โซ่ เบอร์ 40 ด้วยอัตราทด 1 : 1 ซึ่งล้อเจนีวาเป็นกลไกที่สามารถกำหนดจังหวะในการเคลื่อนที่ของจานหมุนให้ทำงาน และหยุดเป็นจังหวะที่สัมพันธ์กับการทำงานของส้อมปลูกได้ จากนั้นล้อเจนีวาตัวกลาง (ตัวขับ) จะส่งกำลังให้ล้อเจนีวาตัวซ้าย และขวา (ตัวตาม) โดยตัวซ้ายจะส่งกำลังให้กับจานหมุนด้วยอัตราทด 4:1 ดังภาพที่ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 แผนผังการทำงานของกลไกปลูกกล้าข้าวโยนแบบอยู่กับที่

1.3 ระบบส้อมปลูก ส้อมปลูกที่ออกแบบเป็นกลไกชนิด ข้อต่อเชื่อม 4 ชิ้น (Four bar linkage) ชนิด Crank rocker มีความเร็วช่วงชักขณะทำ งานสูงกว่าช่วงชักขณะเคลื่อนที่กลับจุดเริ่มต้น ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ลักษณะการทำงานของส้อมปลูก

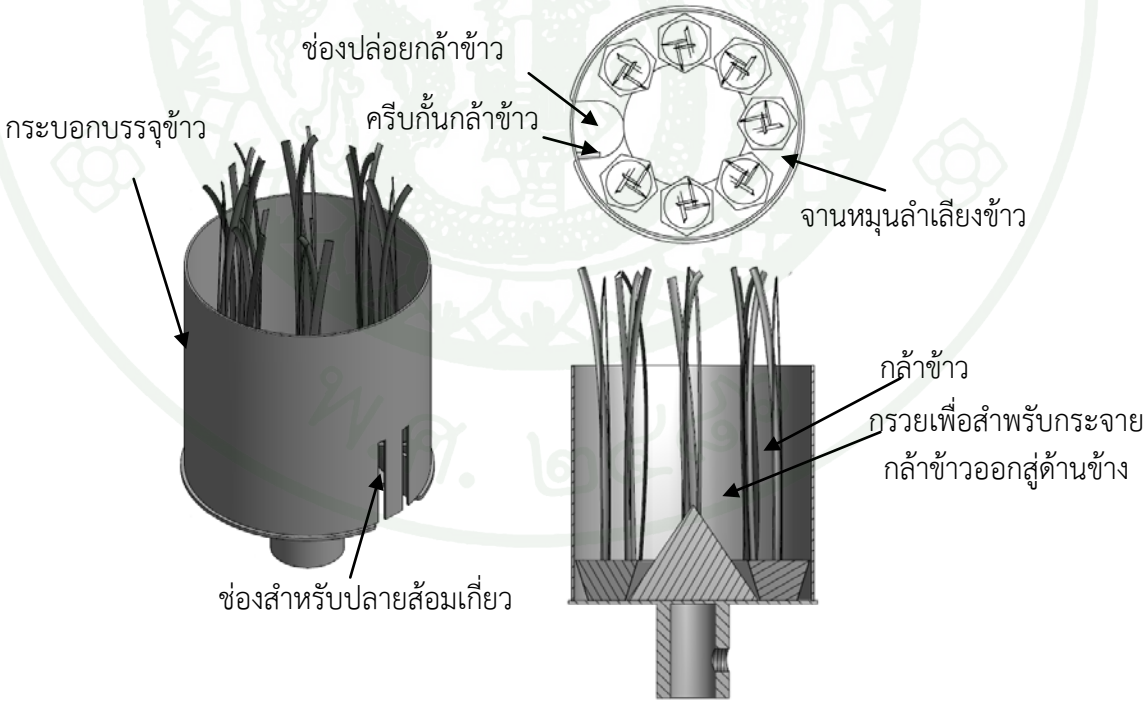
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส้อมปลูกจะทำงานในขณะที่จานหมุนลำเลียงข้าวหยุด โดยปลายของส้อมปลูกจะเสียบเข้าไปในกระบอกซึ่งปลายส้อมจะสัมผัสกับตุ้มดินของกล้าข้าวเพื่อเกี่ยวกล้าข้าวให้พุ่งลงมา มีความเร็วเท่ากับความเร็วปลายส้อม คือ 730.52 mm/s ซึ่งความเร็วสุดท้ายก่อนตกถึงพื้นจะมีค่าดังสมการที่ 1

$$v_f^2 = v_0^2 + 2gs \qquad (1)$$

v_f = ความเร็วสุดทายก่อนที่กล้าขาวตกสู่พื้น, mm/s
v_0 = ความเร็วสูงสุดของส้อมปลูกขณะที่เกี่ยวกล้าข้าว, mm/s
g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง, mm/s^2
s = ระยะระหว่างจุดของส้อมที่มีความเร็วสูดสุดกับพื้นดิน, mm.

1.4 ระบบบรรจุและลำเลียงกล้าข้าว ประกอบไปด้วยส่วนประกอบสำคัญ 2 ชิ้นคือ จานหมุนเพื่อลำเลียงข้าว และกระบอกเพื่อใช้สำหรับบรรจุกล้าข้าว จานหมุนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 เซนติเมตร และมีช่องทางออกสำหรับกล้าข้าวดังภาพที่ 16 และกระบอกบรรจุกล้าข้าวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และมีความสูง 15 เซนติเมตร ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ระบบบรรจุและลำเลียงกล้าข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. **การทดสอบการทำงาน และประสิทธิภาพในการทำงาน**

2.1 เปรียบเทียบความผิดพลาดในการปลูกที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน

การเปรียบเทียบความผิดพลาดในการปลูกที่ความเร็วส้อมปลูก 40 60 และ 80 ครั้งต่อนาที การทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ และความเหมาะสมของความเร็วส้อมปลูกที่สามารถปลูกกล้าข้าวโยนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งความเร็วในการทำงานของส้อมปลูกจะเป็นสาเหตุทำให้ความผิดพลาดในการปลูกเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไร การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมกล้าข้าวที่มีอายุครบ 15 วัน (งดให้น้ำ 1 วันก่อนการทดสอบ เพื่อทำให้ดินมีความแข็งพอสำหรับการปลูก)

2. ถอนกล้าข้าวทีละกอ จำนวน 270 กอ (ทดสอบ 3 ความเร็ว ความเร็วละ 3 ซ้ำ ใช้กล้าข้าวทดสอบซ้ำละ 30 ต้น)

3. ตั้งความเร็วของส้อมปลูกให้ได้ 40 ครั้งต่อนาที โดยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์

4. ใส่กล้าข้าวลงในกระบอกอย่างต่อเนื่อง ครั้งละ 10 กอ จนครบ 30 กอ

5. นับจำนวนครั้งที่ส้อมปลูกทำงานแต่กล้าข้าวไม่หล่น และจำนวนครั้งที่ส้อมปลูกทำงานแล้วกล้าข้าวตกลงมา 2 กอ และบันทึกผล ทำจนครบ 3 ซ้ำ

6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของกลไกปลูกกล้าข้าวโยน โดยใช้สมการที่ (2)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ส้อมปลูกพลาด}}{\text{จำนวนกล้าข้าวที่ทดสอบ}} \times 100 \qquad (2)$$

7. วิเคราะห์ผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของแต่ละความเร็วว่าแตกต่างกันหรือไม่ ด้วย ANOVA (Analysis of variance) และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 เปรียบเทียบความความเสียหายของกล้าข้าวหลังจากปลูกที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน

ความเสียหายของกล้าข้าวเกิดจากส้อมปลูกสัมผัสกับดินที่หุ้มรากของกล้าข้าว ซึ่งดินนั้นมีรากของกล้าข้าวพันอยู่หากดินที่หุ้มรากข้าวแตกออกแสดงว่ารากของกล้าข้าวขาดเกิดความเสียหายของต้นกล้า ความเร็วของส้อมปลูกที่ใช้ทดสอบความเสียหายของกล้าข้าวมี 3 ระดับ คือ 40, 60 และ80 ครั้งต่อนาที มีวิธีการทดลองดังนี้

1. นำต้นกล้าข้าวที่ทดลองจากการทดลองที่ 1 มาวิเคราะห์ความเสียหาย โดยการสังเกตตุ้มดินที่หุ้มรากของกล้าข้าว ถ้ามีการแตก และรากของกล้าข้าวขาดจึงนับว่าเป็นกล้าที่เสียหาย

2. นับจำนวนกล้าข้าวที่เสียหาย ของแต่ละความเร็ว ความเร็วละ 3 ซ้ำ

3. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของแต่ละความเร็วด้วยสมการที่ (2)

$$\text{เปอร์เซ็นต์เสียหาย} = \frac{\text{จำนวนกล้าข้าวที่เสียหาย}}{\text{จำนวนกล้าข้าวที่ทดสอบ}} \times 100 \qquad (3)$$

4. วิเคราะห์ผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของแต่ละความเร็วว่าแตกต่างกันหรือไม่ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (Analysis of variance) และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan’s Multiple Range Test)

2.3 หาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของรากกล้าข้าวที่จมในเลน กับความเร็วส้อมปลูกที่ต่างกัน

การติดตั้งกลไกการปลูกกับตัวรถปลูกกล้าข้าวโยน ความเร็วในการทำงานย่อมมีผลต่อความเร็วที่ปลายส้อมปลูก ที่เป็นแบบ Four bar linkage ซึ่งเป็นสาเหตุให้กล้าข้าวที่ถูกส้อมปลูกขว้างลงสู่เลนมีความลึกที่รากของกล้าข้าวจมอยู่ในเลนไม่เท่ากัน ซึ่งในความเร็วการทำงานที่ต่ำอาจทำให้กล้าข้าวไม่จมเลน ล้ม และรากลอย ดังนั้นในวัตถุประสงค์นี้จึงทดสอบต้องการทดสอบ หาความลึกที่รากของกล้าข้าวจมเลน ที่ความเร็วของส้อมปลูกต่างกัน 3 ระดับ คือ 40, 60 และ80 ครั้งต่อนาที ซึ่งอยู่ระหว่างความเร็วในการทำงานโดยทั่วไปของรถดำนา ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. เตรียมกล้าข้าวเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2. ถอนกล้าข้าวทีละกอ จำนวน 90 กอ สำหรับการทดสอบ 3 ความเร็ว ความเร็วละ 3 ซ้ำ ทดสอบครั้งละ 10 กอ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. เตรียมเลนสำหรับการทดสอบ และทดสอบความแข็งของผิวหน้าเทือกให้มีความแข็งไม่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร

4. ตั้งความเร็วของส้อมปลูกให้ได้ 40 ครั้งต่อนาที โดยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์

5. ใส่กล้าข้าวลงในกระบอกครั้งละ 10 กอ ให้ส้อมปลูกเกี่ยวกล้าข้าวลงสู่กระบะเลนที่เตรียมไว้

6. วัดความลึกรากของกล้าข้าวที่จมอยู่ในเลนด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์

7. บันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์

8. ทำเช่นเดียวกันในการทดสอบที่ความเร็วส้อมปลูก 60 และ 80 ครั้งต่อนาที

3. การออกแบบกลไกปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว สำหรับติดตั้งบนรถเพื่อทดสอบในแปลงนา

เมื่อทราบความเป็นไปได้ในการปลูกกล้าข้าวโยนของกลไกปลูกกล้าข้าวโยนที่ออกแบบและทดสอบไว้ในการทดลองที่ 1 จึงทำการออกแบบกลไกปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว สำหรับติดตั้งบนรถเพื่อทดสอบในแปลงนานั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของกลไกปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว และรถที่ใช้ทดสอบในแปลงนา

3.1 การออกแบบกลไกปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว

กลไกปลูกข้าวโยน 4 หัว มีกลไกหลักเช่นเดียวกับกลไกปลูกล้าข้าวโยนแบบอยู่กับที่ที่ทดสอบไว้เบื้องต้น แต่จะมีความแตกต่างไปจากเดิมในบางประการ เช่น จานหมุนลำเลียงข้าวมีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อสามารถบรรจุกล้าข้าวได้มากขึ้น เพิ่มช่องปล่อยข้าวให้มากขึ้น เพื่อเพิ่มอัตราการโยน (จำนวนกล้าข้าวต่อเวลา) ให้มากขึ้น และได้ติดตั้งกลไกเพิ่มความเร็วชั่วขณะ เพื่อเพิ่มความเร็วเชิงเส้นของปลายส้อมปลูกในจังหวะที่ส้อมปลูกทำงาน เพื่อให้กล้าข้าวพุ่งลงปักลงในเลน และตั้งตรง กลไกเพิ่มความเร็วชั่วขณะยังทำให้ความเร็วของส้อมปลูกขณะทำงานคงที่ในทุกความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ (ไม่ขึ้นกับความเร็วรถ)

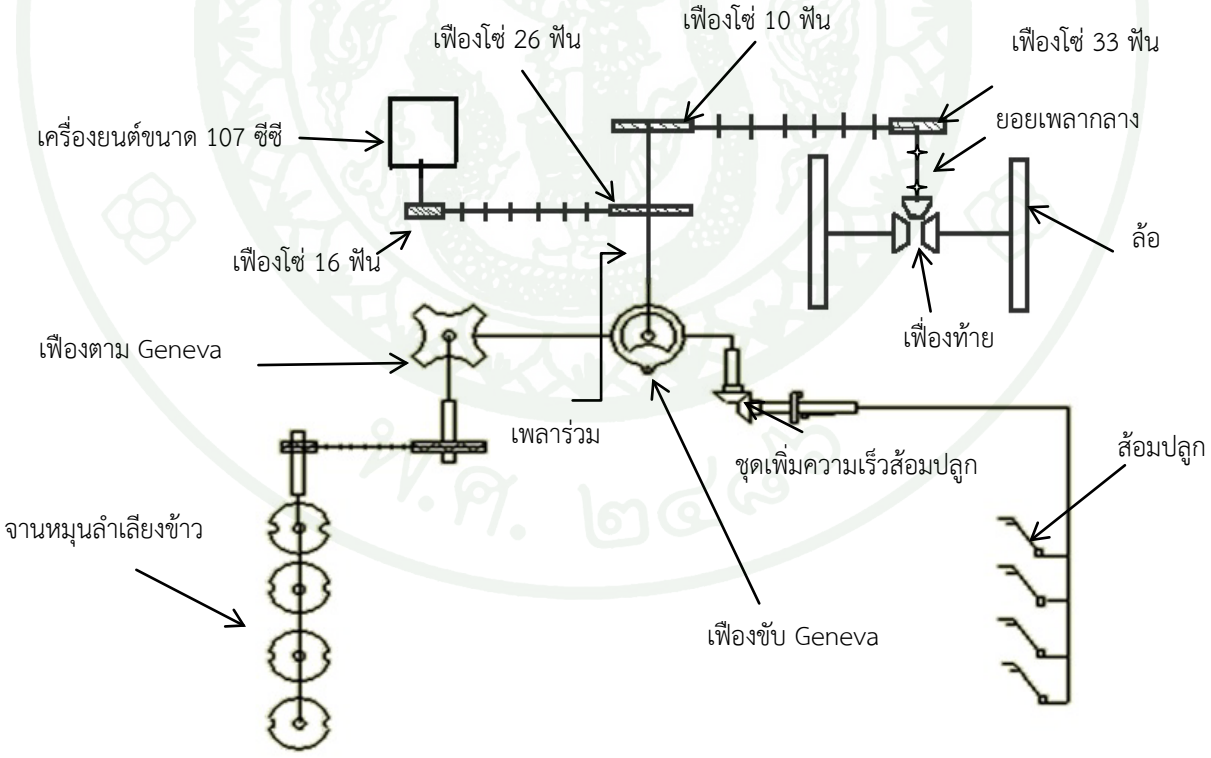
การส่งกำลังเริ่มจากเครื่องยนต์ส่งกำลังไปยังเพลาร่วมด้วยโซ่ เพลาร่วมเป็นเพลาที่ทำหน้าที่รับกำลังจากเครื่องยนต์ และส่งกำลังไปยังชุดกลไกปลูกกล้าข้าว และในขณะเดียวกันก็ยังส่งกำลังไปยังระบบขับเคลื่อนรถด้วย ปลายของเพลาร่วมด้านหนึ่งจะติดเฟืองดอกจอก (Bevel gear) ตัวขับส่งกำลังผ่านเฟืองดอกจอกตัวตามเป็นมุม 90 องศา ด้วยอัตราทด 2 : 1 ไปยังเพลาของล้อเจนีวาตัวขับ ซึ่งปลายเพลาของล้อเจนีวาตัวขับจะส่งกำลังผ่านเฟืองดอกจอกเป็นมุม 90 องศา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัตราทด 1 : 1 ไปยังกลไกเพิ่มความเร็วชั่วขณะ และส่งกำลังไปยังส้อมปลูก ในขณะเดียวกันล้อเจนีวาตัวขับจะส่งกำลังไปยังล้อเจนีวาตัวตามซึ่งมีอัตราทด 4 : 1 และส่งกำลังไปยังจานหมุนลำเลียงกล้าข้าว จานหมุนจะทำงานเป็นจังหวะ คือ เมื่อส้อมปลูกทำงานจานหมุนจะหยุดนิ่งในตำแหน่งที่ช่องปล่อยข้าวตรงกับส้อมปลูกพอดี และเมื่อส้อมปลูกเกี่ยวข้าวลง ส้อมปลูกจะหมุนกลับไปอยู่ในตำแหน่งเดิม และหยุดนิ่ง จากนั้นจานหมุนจะหมุนลำเลียงกล้าข้าวมาในตำแหน่งที่ส้อมปลูกทำงานอีกครั้ง ดังภาพที่ 15

3.2 **การออกแบบรถ และระบบขับเคลื่อน**

การออกแบบรถ และระบบขับเคลื่อนมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับติดตั้งกลไกปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว เพื่อทดสอบในแปลงนา การขับเคลื่อนตัวรถใช้ต้นกำลังเดียวกับการขับเคลื่อนกลไกปลูกกล้าข้าว ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ปริมาตรกระบอกสูบขนาด 107 ลูกบาศก์เซนติเมตร โครงสร้างของรถเป็นรูปแบบรถ 3 ล้อ มีล้อบังคับเลี้ยวคือล้อหน้า 1 ล้อ และล้อขับคือล้อหลัง 2 ล้อ ที่ติดตั้งใบยกเพื่อช่วยในการขับเคลื่อน เฟืองท้ายแบบดิฟเฟอเรนเชียล (Differential) เพื่อง่ายต่อการเลี้ยว และมีรัศมีวงเลี้ยวแคบ เฟืองท้ายรับกำลังมาจากยอยเพลากลาง (Universal joint) เนื่องจากเป็นการต่อเพลาขับเคลื่อนแบบต่างระดับ ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แผนผังการทำงานของกลไกปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว และระบบขับเคลื่อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การศึกษาสมบัติของกล้าข้าว

การศึกษาคุณสมบัติของกล้าข้าว ประกอบด้วย การศึกษาคุณสมบัติของดินที่หุ้มรากของกล้าข้าว และ การศึกษาสมบัติของต้นกล้าข้าว มีวิธีการดังนี้

4.1. การศึกษาสมบัติของดินที่หุ้มรากของกล้าข้าว

4.1.1 อนุภาคของดินที่หุ้มรากของกล้าข้าว %Sand, %silk, %Clay

4.1.2 ความชื้นของดินที่หุ้มรากข้าวก่อนทำการทดสอบ, %db

4.1.3 ความแข็งของดินที่หุ้มรากข้าวก่อนทำการทดสอบ

4.2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของต้นกล้าข้าว

4.2.1 ความสูงเฉลี่ยของกล้าข้าว

4.2.2 จำนวนใบต่อกล้าข้าว 1 ต้น

4.2.3 จำนวนกล้าข้าวต่อหลุม

4.2.4 น้ำหนักรวมของกล้าข้าวรวมดิน

5. การศึกษาคุณสมบัติของแปลงนา

5.1. อนุภาคของดิน %Sand, %silk, %Clay

5.2. ความแข็งของผิวเทือก (Soil hardness) โดยใช้วิธี Falling - down cone method

5.3. ความลึกของชั้นดาน (Depth of hard pan)

5.4. ความลึกของน้ำในแปลงนาก่อนทดสอบ

5.5 รูปร่างของแปลงนา (Shape of test field)

5.6 วิธีการ และขั้นตอนการเตรียมแปลง (Method of land preparation)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การทดสอบการประสิทธิภาพในการทำงานของกลไกปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว

6.1. หาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าว และเปอร์เซ็นต์ที่ส้อมปลูกเกี่ยวข้าวลงมากกว่า 1 กอ

การทดลองมี 2 ปัจจัยคือ ความเร็วส้อมปลูก 80 100 120 ครั้งต่อนาที และจำนวนกล้าข้าวที่บรรจุในแต่ละครั้ง คือ 5 10 15 กอต่อครั้ง โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าว สามารถคำนวณหาได้ด้วยสมการที่ 5

$$\text{เปอร์เซ็นต์ที่ส้อมปลูกเกี่ยวพลาด} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ส้อมปลูกทำงานผิดพลาด}}{\text{จำนวนกล้าข้าวทั้งหมดที่ทดสอบในแต่ละครั้ง}} \times 100 \qquad (5)$$

เปอร์เซ็นต์ที่กล้าข้าวเสียหาย (Percentage of damage seedling hill) เก็บกล้าข้าวที่ผ่านการทดสอบมาข้างต้น นำมาวิเคราะห์ความเสียหาย และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความเสียหายได้จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ที่กล้าข้าวเสียหาย} = \frac{\text{จำนวนของกล้าข้าวที่เสียหาย}}{\text{จำนวนกล้าข้าวทั้งหมดที่ทดสอบในแต่ละครั้ง}} \times 100 \qquad (6)$$

6.2 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว ขณะทำงานในแปลงนา

โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ การทดสอบแต่ล่ะซ้ำใช้แผ่ที่ 0.1 เฮกตาร์ หรือ 0.625 ไร่ (RNAM, 1995.)

6.2.1. วัดความเร็วในการเคลื่อนที่ขณะทำงาน (Actual travelling speed) กิโลเมตรต่อชั่วโมง จับเวลาที่ขณะรถเคลื่อนที่ได้ 10 เมตร

6.2.2. อัตราการทำงานจริง, ไร่ต่อชั่วโมง จับเวลาที่รถทำงานได้ 1 แปลง (0.625 ไร่)

6.2.3. วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันโดยใช่กระบอกตวงน้ำมันต่อสายเข้ากับคาบูเรเตอร์ของเครื่องยนต์ จากนั้นเติมน้ำมันลงในกระบอกตวง 1 ลิตร เมื่อทำงานเสร็จ 1 แปลง อ่านมาตรวัดระดับน้ำมันในที่กระบอกตวง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2.4. การลื่นไถล (Slip) ทำการเครื่องหมายไว้ที่ล้อ วัดระยะ 10 เมตร แล้ปักไม้บอกตำแหน่งลงในแปลง เมื่อรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่โดยประมาณ จึงเริ่มนับจำนวนรอบของล้อ โดยมีคนนับ 2 คน เพื่อนับทั้ง 2 ล้อ เนื่องจาก การลื่นไถลทัง 2 ล้อไม่เท่ากัน จากนั้นหาระยะทางที่รถเคลื่อนที่โดยไม่ลื่นไถลเพื่อนำมาเปรียบเทียบ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การลื่นไถล} = \frac{\text{ระยะทางทางทฤษฎี} - \text{ระยะทางจริง}}{\text{ระยะทางทางทฤษฎี}} \times 100 \qquad (4)$$

6.3 การเก็บข้อมูลหลังการทดสอบ

หลังจากกลไกปลูกกล้าข้าวโยนทำงานเสร็จหนึ่งแปลง จึงทำการเก็บข้อมูลของลักษณะกล้าข้าวหลังปลูก เพื่อเปรียบเทียบกับลักษณะของกล้าข้าวที่ปลูกด้วยการใช้มือโยน การเก็บข้อมูลเริ่มจากการวางกรอบสุ่มตัวอย่างสี่เหลี่ยมขนาด 1 × 1 เมตร เพื่อสุ่มวัดข้อมูลต่างๆ ของกล้าข้าวในหนึ่งแปลงทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 3 ซ้ำ การเก็บข้อมูลหลังการทดสอบมีดังนี้

6.3.1. ใช้ตลับเมตรวัดระยะห่างระหว่างแถว (X) และระยะห่างระหว่างกอ (Y)

6.3.2. ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์วัดความลึกของรากข้าวที่จมในเลน (Plan ting depth)

6.3.3. มุมที่กล้าข้าวกระทำกับพื้นดิน (Standing angle of planted seedling) วัดได้โดยใช้เครื่องมือวัดมุมโดยใช้ใบวัดมุม (Bevel Protractor)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ผลการทดลองของกลไกปลูกกล้าข้าวโยน

1.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดในการปลูกที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน

จากการทดลองหาความผิดพลาดในการปลูกเกิดขึ้น 2 ชนิด คือ ความผิดพลาดที่ส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าวทำให้จังหวะนั้นกล้าข้าวไม่ตกลงสู่เลน และความผิดพลาดเนื่องจากส้อมปลูกเกี่ยวโดนกล้าข้าวมากกว่า 1 กอ ซึ่งทั้ง 2 ความผิดพลาดได้ผลการทดลองดังนี้

1.1.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดที่เกิดจากส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าวที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดจากส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าวความเร็วส้อมปลูกต่างกัน

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
40 ครั้งต่อนาที	60 ครั้งต่อนาที	80 ครั้งต่อนาที
$9.33^{a} \pm 6.41$	$8.67^{a} \pm 6.91$	$5.33^{a} \pm 5.06$

หมายเหตุ: ตัวยกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
ตัวเลขหลังค่า $\pm$ คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

จากผลการทดลองพบว่า ความเร็วส้อมปลูก 80 ครั้งต่อนาที มีความผิดพลาด ในการปลูกกล้าข้าวน้อยที่สุด รองลงคือ ความเร็วส้อมปลูก 60 ครั้งต่อนาที และความเร็วที่มีความผิดพลาดในการปลูกมากที่สุดคือ 40 ครั้งต่อนาที อาจเนื่องมาจากที่ผนังของกระบอกที่บรรจุกล้าข้าวมีความฝืดทำให้ที่ความเร็วต่ำกล้าข้าวเคลื่อนตัวได้ไม่ดีเกิดการขัดกัน แต่เมื่อความเร็วมากขึ้น แรงในการเคลื่อนที่ของกล้าข้าวเพิ่มขึ้นและเอาชนะความเสียดทานของผนังกระบอกได้ทำให้ข้าวเคลื่อนที่ได้ดี

ที่ความเร็วส้อมปลูก 80 ครั้งต่อนาที มีความผิดพลาด 5.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าความผิดพลาดของรถดำนารุ่น S1 – 400D (KUBOTA) ที่มีความผิดพลาดของหลุมที่ไม่มีต้นกล้า 6.33 เปอร์เซ็นต์ (กนกศักดิ์, 2532) จากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA (Analysis of variance) และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วย DMRT (Duncan's Multiple Range Test) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดจากส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าว ที่ความเร็วส้อมปลูก 40, 60 และ 80 ครั้งต่อนาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบความผิดพลาดที่เกิดจากส้อมปลูกเกี่ยวโดนกล้าข้าวมากกว่า 1 กอ พร้อมกัน ที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดจากส้อมปลูกเกี่ยวโดนกล้าข้าว 2 ต้นพร้อมกัน ที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
40 ครั้งต่อนาที	60 ครั้งต่อนาที	80 ครั้งต่อนาที
$18.67^{a} \pm 6.06$	$15.33^{a} \pm 6.06$	$12.67^{a} \pm 1.49$

หมายเหตุ: ตัวยกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
ตัวเลขหลังค่า $\pm$ คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

จากผลการทดลองพบว่าที่ความเร็วส้อมปลูก 80 ครั้งต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยที่สุดรองลงมาคือ 60 ครั้งต่อนาที และที่มีความผิดพลาดมากที่สุดคือความเร็วส้อมปลูก 40 ครั้งต่อนาที แต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยวิธี ANOVA (Analysis of variance) และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วย DMRT (Duncan's Multiple Range Test) พบว่า ที่ความเร็วส้อมปลูก 40, 60 และ 80 ครั้งต่อนาที มีความผิดพลาดที่เกิดจากส้อมปลูกเกี่ยวโดนกล้าข้าว 2 กอพร้อมกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 4

1.1.4 ผลการเปรียบเทียบความความเสียหายของกล้าข้าวหลังจากปลูกที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของกล้าข้าว ที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน

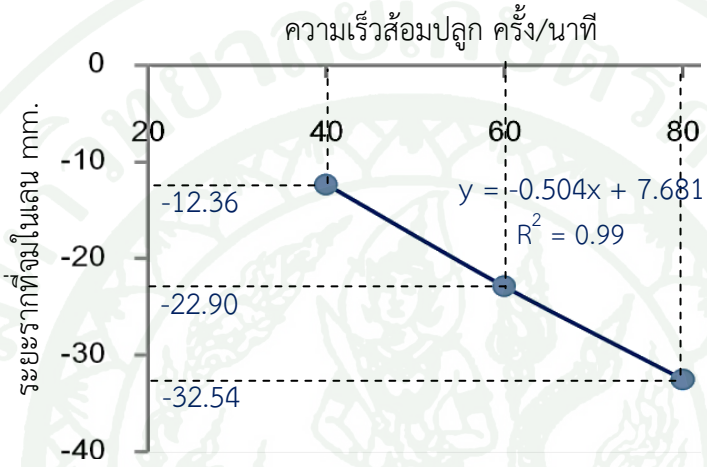
เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย		
40 ครั้งต่อนาที	60 ครั้งต่อนาที	80 ครั้งต่อนาที
$14.67^{a} \pm 9.00$	$14.00^{a} \pm 7.96$	$15.33^{a} \pm 10.17$

หมายเหตุ: ตัวยกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
ตัวเลขหลังค่า $\pm$ คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวิเคราะห์ด้วย ANOVA (Analysis of variance) และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้วย DMRT (Duncan's Multiple Range Test) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของกล้าข้าว ที่ความเร็วส้อมปลูก 40, 60 และ 80 ครั้งต่อนาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วในการปลูกต่างกันไม่มีผลต่อความเสียหายของกล้าข้าว

1.2 ผลของการทดลองหาความลึกรากของกล้าข้าวที่จมในเลน ที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน



ภาพที่ 16 กราฟแสดงความลึกของรากข้าวที่จมในเลน ที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน 3 ระดับ

จากภาพที่ 16 แสดงให้เห็นว่าความลึกรากของกล้าข้าวมีความสัมพันธ์กับความเร็วของส้อมปลูกแบบเส้นตรงดังสมการ (9) ที่ค่า R square เท่ากับ 0.99

$$y = -0.504x + 7.681 \quad (9)$$

โดย y = ระยะรากของกล้าข้าวที่จมในเลน มิลลิเมตร

x = ความเร็วของส้อมปลูก ครั้งต่อนาที

จากกราฟยังแสดงให้เห็นอีกว่า ที่ความเร็วของส้อมปลูกต่ำสุด รากข้าวสามารถจมอยู่ในเลนถึง 12.36 มิลลิเมตร ซึ่งหากสังเกตจากขนาดความสูงของดินที่หุ้มรากข้าว ที่มีความสูง 17 มิลลิเมตรนั้น ความเร็วต่ำสุดของส้อมเกี่ยวสามารถปลูกกล้าข้าวให้รากจมอยู่ในเลนได้ ถึง 72.7 เปอร์เซ็นต์ ของความสูงของตุ้มดิน ซึ่งเพียงพอสำหรับการที่จะทำให้ข้าวไม่ล้มได้

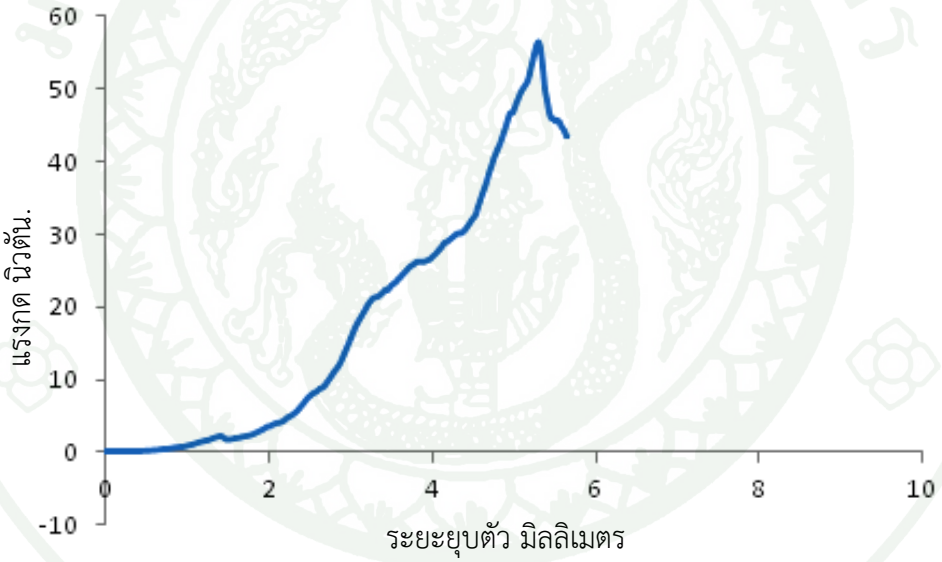
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลการทดลองของรถปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว

2.1 คุณสมบัติของดินที่ใช้ปลูกกล้าข้าว

ดินที่ใช้ปลูกกล้าข้าวเป็นดินประเภท Loam soil คือดินที่อุดมสมบูรณ์ มีอนุภาคของ Sand 43.24 % Silt 28.88% Clay 22.88%

ก่อนทดสอบดินของกล้าข้าวมีความชื้นเท่ากับ 7.37%db และเมื่อทดสอบความแข็งของดินที่หุ้มกล้าข้าวด้วยแรงกดแบบสถิต โดยใช้เครื่อง UTM (Universal testing machine) พบว่า ดินที่หุ้มกล้าข้าวสามารถทนแรงกดได้ประมาณ 54.79 นิวตัน และเมื่อมีแรงกระทำมากเกินกว่านี้จะทำให้ดินที่หุ้มกล้าข้าวเกิดการแตก ซึ่งลักษณะของแรงกดกับระยะยุบของดินหุ้มรากข้าวเป็นไปดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 กราฟแสดงแรงกด และระยะยุบตัวของดินหุ้มรากข้าวจนทำให้ดินแตก

2.2 สมบัติทางกายภาพของกล้าข้าว

หลังจากทำการตกกล้าข้าวจนกล้าข้าวมีอายุได้ 15 วัน จึงนำมาวัดหาคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งได้ข้อมูลดังตารางที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของกล้าข้าว

น้ำหนักกล้าข้าวรวมดิน (กรัม)	จำนวนต้นต่อหลุม (ต้น)	จำนวนใบต่อต้น (ใบ)	ความสูงกล้าข้าว (เซนติเมตร)
4.324 ± 0.513	6.829 ± 2.467	2.329 ± 0.514	13.500 ± 3.754

หมายเหตุ: ตัวเลขหลังค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2.3 คุณสมบัติของแปลงนา

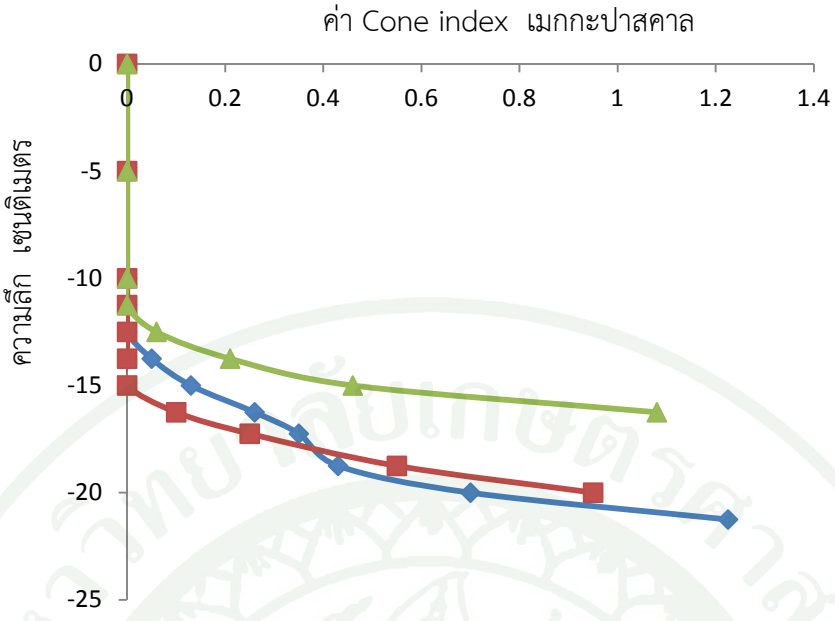
แปลงนาที่ใช้ทดสอบ เป็นแปลงนาของภาควิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน เป็นดินประเภท Silt loam หรือดินร่วนปนตะกอนเป็นดินที่เหมาะสำหรับปลูกพืช มีส่วนประกอบของอนุภาค Sand 25.24% silt 55.44% clay 19.32%

แปลงนาที่ทดสอบ เตรียมดินโดยการใช้รถแทรกเตอร์ดันดินเพื่อปรับที่ให้ได้ระดับประกอบกับใช้ไถจานผาล 3 ช่วยในการบุกเบิกพื้นที่ พื้นที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง 20 เมตร ยาว 80 เมตร เมื่อปรับที่เสมอจึงนำน้ำเข้าในแปลงให้ระดับน้ำสูงประมาณ 10 เซนติเมตร จากพื้นดินแช่ไว้ 2 วันจึงทำการตีเทือกด้วยโรตารี่ และลูปเทือกด้วยกระดานลูปเทือก

จากการวัดความแข็งของผิวเทือกด้วยวิธี Falling - down cone method พบว่า ความแข็งเทือกมีค่าเฉลี่ยที่ 11.33 เซนติเมตร ซึ่งเป็นไปดังข้อกำหนดของ Instruction Book Agricultural Machinery. (Yanmar, n.d.) ที่กล่าวไว้ว่าผิวเทือกที่เหมาะแก่การปลูกข้าวไม่ควรต่ำกว่า 10 เซนติเมตร

ความลึกของชั้นดาน และค่า Cone index ของขั้นดานที่หาได้จากการใช้ Cone penetrometer กดลงในแปลงนา พบว่า ความลึกของชั้นดานเฉลี่ยเท่ากับ 12.67 เซนติเมตร และค่า Cone index ของดานเท่ากับ 1.133 เมกกะปาสคาล โปรไฟล์ของแรงและความลึกของดินในแปลงนาแสดงดังภาพที่ 18

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 ค่า Cone index ในแต่ละความลึกของแปลงนาที่ทดสอบ

2.4 ผลการทดสอบหาความเร็วของส้อมปลูกที่เหมาะสม และจำนวนกล้าข้าวที่เหมาะสมสำหรับการบรรจุข้าวในแต่ละครั้ง

2.4.1 ผลการทดลองหาความผิดพลาดที่ส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าว

จากการทดสอบ และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) พบว่าระดับของความเร็วของส้อมปลูกมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการปลูกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test, DMRT พบว่า ที่ระดับความเร็วส้อมปลูก 100 และ 120 ครั้งต่อนาที มีค่าความผิดพลาดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และความเร็วของส้อมปลูกที่มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยที่สุดคือ ที่ความเร็วส้อมปลูก 80 ครั้งต่อนาที มีความความผิดพลาด 13.33 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 7 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของกลไกปลูกกล้าข้าวโยนที่ออกแบบไว้ในการทดลองแรก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์ที่ส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าวที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
80 ครั้งต่อนาที	100 ครั้งต่อนาที	120 ครั้งต่อนาที
$13.33^{a} \pm 10.00$	$24.44^{b} \pm 10.14$	$25.65^{b} \pm 8.82$

หมายเหตุ: ตัวยกเหมือนกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน
ตัวเลขหลังค่า $\pm$ คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

จากการทดสอบ และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) พบว่าจำนวนของกล้าข้าวที่บรรจุลงในกระบอกส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันของค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และจากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test, DMRT พบว่า จำนวนกล้าข้าวที่ใส่กระบอก 10 และ 15 ต้นต่อครั้ง มีค่าความผิดพลาดไม่ต่างกัน แต่จำนวนกล้าข้าวที่เหมาะสมในการบรรจุลงกระบอกในแต่ละครั้งคือ 5 กอต่อการใส่ 1 ครั้ง เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยที่สุดคือ 11.48 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 8

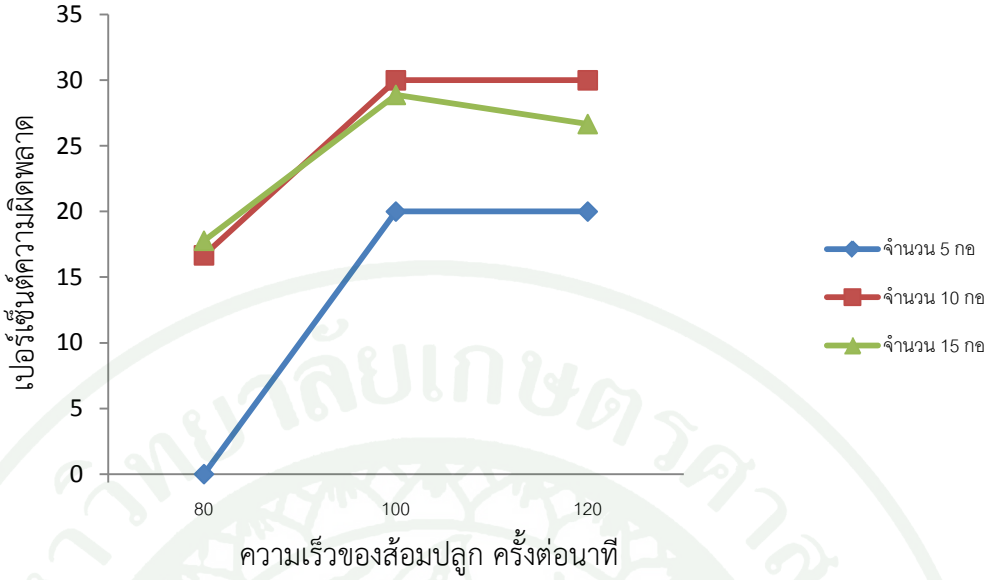
ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์ที่ส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าวที่จำนวนการบรรจุกล้าข้าวต่างกัน

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด		
5 กอต่อครั้ง	10 กอต่อครั้ง	15 กอต่อครั้ง
$11.48^{a} \pm 9.88$	$26.3^{b} \pm 7.16$	$25.56^{b} \pm 8.82$

หมายเหตุ: ตัวยกเหมือนกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน
ตัวเลขหลังค่า $\pm$ คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

จากการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า ค่าความเร็วส้อมปลูกที่ 80 ครั้งต่อนาที ที่การบรรจุกล้าข้าวทีละ 5 กอ มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ส้อมปลูกเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าว เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่มีความผิดพลาดเลย ดังแสดงในกราฟจากภาพที่ 19

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ความเร็วส้อมปลูก และจำนวนกล้าข้าวที่บรรจุต่างกัน

2.4.2 ผลการทดลองหาความเสียหายที่ความเร็วส้อมปลูก และจำนวนต้นที่บรรจุต่างกัน

ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ของความเสียหายที่เกิดจากความเร็วส้อมปลูกต่างกัน และจำนวนกอที่บรรจุในแต่ละครั้งต่างกัน พบว่า ความเร็วของส้อมปลูกต่างกันส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของกล้าข้าวต่างกัน และเมื่อวิเคราะห์ด้วย Duncan's multiple range test, DMRT พบว่า ความเร็วส้อมปลูกที่ 100 และ120 ครั้งต่อนาที มีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของกล้าข้าวไม่ต่างกันดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์กล้าข้าวเสียหายที่ความเร็วส้อมปลูกต่างกัน

เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย		
80 ครั้งต่อนาที	100 ครั้งต่อนาที	120 ครั้งต่อนาที
$11.11^{a} \pm 9.43$	$31.85^{b} \pm 14.15$	$31.85^{b} \pm 9.73$

หมายเหตุ: ตัวยกเหมือนกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน
ตัวเลขหลังค่า $\pm$ คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

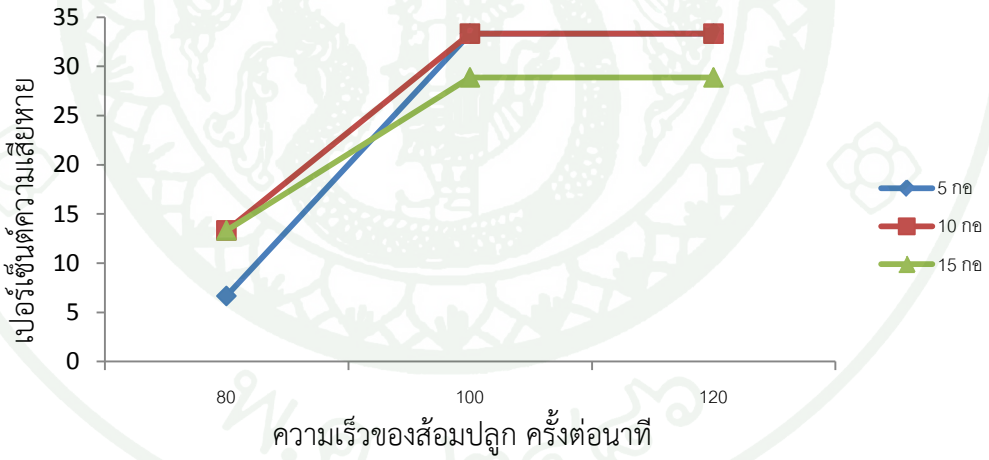
จากการทดสอบ และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) พบว่าจำนวนของกล้าข้าวที่บรรจุลงในกระบอกไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันของค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์กล้าข้าวเสียหายของกล้าข้าวที่จำนวนการบรรจุกล้าข้าวต่างกัน

เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย		
5 กอต่อครั้ง	10 กอต่อครั้ง	15 กอต่อครั้ง
$24.44^{a} \pm 19.44$	$26.67^{a} \pm 14.14$	$23.70^{a} \pm 11.11$

หมายเหตุ: ตัวยกเหมือนกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน
ตัวเลขหลังค่า $\pm$ คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

จากผลการทดลองยังพบอีกว่า ที่ความเร็วส้อมปลูก 80 ครั้งต่อนาที มีความเสียหายน้อยที่สุด แสดงให้เห็นดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความเสียหายที่ความเร็วส้อมปลูก และจำนวนกล้าข้าวที่บรรจุต่างกัน

2.5 ผลการทดสอบสมรรถนะของกลไกปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว ในแปลงนา

ความเร็วในการเคลื่อนที่	0.24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
อัตราการทำงาน	0.12 ไร่ต่อชั่วโมง
อัตราการลื่นไถลรวมของรถ	35.3%
อัตราการลื่นไถลของล้อซ้าย	51.7%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัตราการลื่นไถลของล้อขวา	18.95%
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน	3.4 ลิตรต่อไร่
รัศมีวงเลี้ยวในแปลงนา	2.82 เมตร
รัศมีวงเลี้ยวที่ไม่มีการลื่นไถล	1.635 เมตร

การทำงานของกลไกปลูกกล้า ในแปลงนามีอัตราการทำงานที่ต่ำ เนื่องมาจากล้อของรถที่ใช้ทดสอบมีอัตราการลื่นไถลมากถึง 35.3% แต่อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันค่อนข้างต่ำเนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็ก

2.6 ผลของระยะห่างกล้าข้าว จากการปลูกด้วยกลไกเปรียบเทียบกับการโยนด้วยมือ

ระยะห่างระหว่างแถว (แกน X) และระยะห่างระหว่างกอ (แกน Y) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การปลูกกล้าข้าวด้วยกลไกปลูกกล้าข้าวโยนที่ออกแบบมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าการโยนกล้าข้าวด้วยมือ โดยระยะห่างระหว่างแถว (แกน X) ที่ปลูกด้วยกลไกปลูกกล้าข้าวโยนมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 2.05 แต่การโยนด้วยมือมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานถึง 9.61 และระยะห่างระหว่างกอ (แกน Y) ที่ปลูกด้วยกลไกปลูกกล้าข้าวโยนมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 7.26 แต่การโยนด้วยมือมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.01 แสดงให้เห็นว่าการปลูกกล้าข้าวด้วยรถปลูกกล้าข้าวโยนมีการกระจายตัวของกล้าข้าวสม่ำเสมอกว่าการโยนกล้าข้าวด้วยมือ แต่ระยะห่างระหว่างกอ (แกน Y) ที่ปลูกด้วยกลไกปลูกกล้าข้าวโยนยังคงมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงอยู่ อาจเนื่องมาจากการลื่นไถลของล้อเป็นสาเหตุให้กลไกการปลูกทำงานแต่ตัวรถไม่เคลื่อนที่ ระยะห่างของกล้าข้าวจึงไม่คงที่

ผลการทดลองและวัดค่ามุมที่กล้าข้าวทำกับพื้นและความลึกที่กล้าข้าวจมอยู่ในเลนพบว่ากล้าข้าวที่ปลูกโดยกลไกที่ออกแบบมีค่าเฉลี่ยของมุมระหว่างกล้าข้าวกับพื้นเท่ากับ 29.52 องศา ความลึกที่กล้าข้าวจมเลนเท่ากับ 0.56 มิลลิเมตร และกล้าข้าวที่ปลูกด้วยมือมีค่าเฉลี่ยของมุมระหว่างกล้าข้าวกับพื้นเท่ากับ 45.24 องศา ความลึกที่กล้าข้าวจมเลนเท่ากับ 4.54 มิลลิเมตร

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบการกระจายตัว และลักษณะของกล้าข้าวหลังปลูก

	ระยะระหว่างแถว (แกน X) cm.	ระยะระหว่างกอ (แกน Y) cm.	มุมระหว่างกล้าข้าวกับพื้น (องศา)	ความลึกที่กล้าข้าวจมในเลน mm.
มือโยน	29.22 $\pm$ 9.61	19.99 $\pm$ 13.01	45.24 $\pm$ 26.27	4.54 $\pm$ 1.44
รถปลูกกล้าข้าวโยน	19.17 $\pm$ 2.05	18.36 $\pm$ 7.26	29.52 $\pm$ 32.44	0.56 $\pm$ 1.05

หมายเหตุ: ตัวเลขหลังค่า $\pm$ คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การออกแบบ และสร้างกลไกปลูกกล้าข้าวโยนมีส่วนประกอบหลักคือ ส้อมปลูกเป็นกลไกเชื่อมต่อ 4 ชิ้น (Four bar linkage) ทำหน้าที่เหวี่ยงกล้าข้าวลงสู่พื้น จานหมุนทำหน้าที่ลำเลียงกล้าข้าวโดยมีลิ้นปิดเปิดเพื่อปล่อยข้าวในจังหวะที่ส้อมปลูกทำงาน โดยความสัมพันธ์ระหว่างส้อมปลูกกับจานหมุนกำหนดได้ด้วยกลไกเจนีวา

การทดสอบการทำงานของส้อมปลูกที่ความเร็ว 40 60 และ80 ครั้งต่อนาที จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความผิดพลาดในการปลูก และความเสียหายของกล้าข้าวหลังปลูกไม่ต่างกัน โดยที่ความเร็วส้อมปลูก 80 ครั้งต่อนาที มีความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งมีความผิดพลาดจากการเกี่ยวไม่โดนกล้าข้าวเท่ากับ 5.33 เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาดจากการเกี่ยวกล้ามากกว่า 1 กอ พร้อมกัน เท่ากับ 12.67 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของกล้าข้าวหลังปลูกมากที่สุดอยู่ที่ความเร็วส้อมปลูก 80 ครั้งต่อนาที และน้อยที่สุดที่ความเร็วส้อมปลูก 40 ครั้งต่อนาที

ความลึกรากของกล้าข้าวที่จมเลนมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเร็วของส้อมปลูกตามสมการ $y = -0.504x + 7.681$ ที่ R^2 เท่ากับ 0.99

การออกแบบชุดกลไกการปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว มีหลักการทำงาน และส่วนประกอบหลักเช่นเดียวกับกลไกปลูกกล้าข้าวโยนที่ออกแบบ และทดสอบไว้เบื้องต้น แต่ได้เพิ่มขนาดของจานหมุนให้ใหญ่ขึ้นเพื่อบรรจุกล้าข้าวได้มากขึ้น และเพิ่มลิ้นปิดเปิดเป็น 4 ช่อง เพื่อเพิ่มอัตราการทำงาน ในส่วนของส้อมปลูกมีการติดตั้งชุดกลไกเพิ่มความเร็วชั่วขณะ เพื่อเพิ่มความเร็วในขณะส้อมปลูกทำงาน

การทดสอบการทำงานของส้อมปลูกในชุดกลไกการปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว ที่ความเร็วส้อมปลูก 80 100 และ120 ครั้งต่อนาที จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความเร็วส้อมปลูกที่ต่างกันส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการปลูก และความเสียหายของกล้าข้าวหลังปลูกต่างกัน โดยที่ความเร็วส้อมปลูก 80 ครั้งต่อนาที มีความผิดพลาดในการปลูก และความเสียหายของกล้าข้าวหลังปลูกน้อยที่สุด เท่ากับ 13.33 เปอร์เซ็นต์ และ 11.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การทดสอบความเหมาะสมของจำนวนของกล้าข้าวที่บรรจุในแต่ละครั้ง จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า จำนวนกล้าข้าวที่บรรจุในกระบอกในแต่ละครั้งต่างกันส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการปลูกต่างกัน โดยจำนวนที่เหมาะสมที่สุดคือการบรรจุกล้าข้าว 5 กอต่อ 1 ครั้ง มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยที่สุดที่ 11.48 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติยังพบอีกว่า จำนวนกล้าข้าวที่บรรจุในแต่ละครั้งไม่มีผลต่อความเสียหายของกล้าข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลไกปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว ที่ติดตั้งบนรถเพื่อใช้ในการทดสอบกลไกในแปลงนา พบว่า ความเร็วรถอยู่ที่ 0.24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการทดสอบการกระจายตัวของกล้าข้าวที่ปลูกด้วยกลไกปลูกกล้าข้าวโยนเปรียบเทียบกับคนโยนพบว่า กลไกปลูกกล้าข้าวโยนสามารถปลูกกล้าข้าวให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอกว่าคนโยน โดยกลไกปลูกกล้าข้าวโยนมีระยะห่างระหว่างแถว (แกน X) เท่ากับ 19.17 เซนติเมตร และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.05 และระยะระหว่างกอ (แกน Y) เท่ากับ 18.36 เซนติเมตร มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.26 ในส่วนของคนโยนพบว่า กล้าข้าวมีระยะห่างตามแนวแกน X เท่ากับ 29.22 เซนติเมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.61 มีระยะห่างตามแนวแกน Y เท่ากับ 19.99 เซนติเมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

การออกแบบชิ้นส่วนที่ต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ควรที่จะต้องเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา เพื่อลดแรงกระแทกที่เกิดขึ้นในขณะทำงาน การกระแทกของกลไกทำให้เกิดการสั่น อาจเป็นสาเหตุให้กลไกเกิดความเสียหายเมื่อมีอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้น และอาจทำให้ความแม่นยำในการปลูกลดลง

กลไกปลูกกล้าข้าวโยนที่ออกแบบควรปรับปรุงให้สามารถเพิ่มจำนวนการบรรจุในแต่ละครั้งให้เพิ่มมาก โดยการแก้ไขการซ้อนกันของกล้าข้าวภายในกระบอกซึ่งการซ้อนกันของกล้าข้าวในกระบอกจะส่งผลให้เมื่อใส่กล้าข้าวจำนวนมากขึ้นความผิดพลาดในการปลูกก็มากขึ้นด้วย

ระยะห่างของกล้าข้าวในแนวแกน y หรือระยะระหว่างกอ ที่ปลูกด้วยกลไกปลูกกล้าข้าวโยนมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงอยู่ เนื่องมาจากการลื่นไถลของล้อเป็นสาเหตุให้กลไกการปลูกทำงานแต่ตัวรถไม่เคลื่อนที่ ระยะห่างของกล้าข้าวจึงไม่คงที่ จึงควรที่จะลดการลื่นไถลของรถให้น้อยที่สุด โดยการถ่วงน้ำหนักที่ล้อขับให้น้ำหนักตกที่ล้อซ้าย และล้อขวาให้มีค่าไกลเคียงกัน และเนื่องจากเพลาขับเป็นเฟืองท้ายแบบ differential จึงทำให้กำลังถูกถ่ายเทไปสู่ล้อที่ลื่นไถล ทำให้การลื่นไถลเพิ่มมากขึ้น จึงอาจเพิ่มระบบล็อกล้อขับทั้งสองข้างให้หมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากัน (Differential lock) ในขณะที่รถทำงานเป็นแนวตรง ในขณะเลี้ยวกลับหัวงานจึงปลดออก

ในขณะที่ทำงานในแปลงนาจะมีดินติดล้อมาก ทำให้กินกำลังของเครื่องยนต์จนในบางครั้งเครื่องยนต์ต้องทำงานหนัก หรืออาจทำให้ระบบขับเคลื่อนเสียหาย จึงควรออกแบบล้อให้สามารถหลีกเลี่ยงการติดของดิน หรือควรศึกษาเรื่องความชื้นของดินที่จะมีผลต่อปริมาณดินที่ติดล้อต่อไป

แปลงนาที่เหมาะสำหรับการใช้เครื่องจักรในการปลูกข้าวควรเป็นแปลงนาที่ผ่านการทำนามาแล้ว 2 – 3 ครั้ง เพราะดินชั้นล่างจะอัดตัวกันแน่นจนเป็นดานแข็ง ไม่เป็นหล่ม เหมาะสมต่อการใช้เครื่องจักรกลในการทำงาน ถ้าเป็นแปลงนาใหม่จะประสบปัญหากับนาหล่ม เนื่องจากการทำแปลงนาใหม่จะต้องปรับที่ให้มีความเสมอ จึงต้องมีการดันดินใหม่ไปเสริมในบริเวณที่เป็นพื้นที่ต่ำ เมื่อนำน้ำเข้าแปลงนา และทำเทือก ดินบริเวณนั้นจึงเป็นหล่มลึก เกิดปัญหาในการทำงานของเครื่องจักรได้

กลไกปลูกกล้าข้าวโยนที่ออกแบบ เป็นกลไกที่ต้องอาศัยความแม่นยำของตำแหน่งการทำงาน ซึ่งการทำงานในแปลงนาจะมีปัญหาเรื่องเลนไปติดบริเวณโซ่ สปริง หรือชิ้นส่วนอื่นๆ ทำให้ความผิดพลาดในการปลูกมีมากขึ้น และอาจเกิดความเสียหายกับกลไกได้ จึงควรมีอุปกรณ์ที่จะสามารถปิดกลไกที่มีความสำคัญเพื่อหลีกเลี่ยงการเปื้อนของดินเลน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกศักดิ์ เอี่ยมโอภาส. 2532. **การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปลูกข้าวแบบนั่งขับ**. รายงานผลการทดสอบศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

กษิณ ขำเลหะสิงห์. 2539. เปรียบเทียบวิธีการปลูกข้าวกับประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืช ผลงานวิจัย ปี 2539 ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีเล่ม 1 สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. หน้า 440 - 454

การทำนาหว่าน. 2556. ความรู้เกี่ยวกับข้าว – ชาวนา. แหล่งที่มา: http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/plant/tamna-warn.html

จรรยา มณีโชติ. 2547. ข้าวหาง ข้าวแดง ข้าวดีด ภัยคุกคามของชาวนา หนังสือกสิกร ปีที่ 77 ฉบับที่กันยายน - ตุลาคม 2547. หน้า 6 - 15

จรรยา มณีโชติ. 2548. ข้าววัชพืช ปัญหาและการจัดการ กลุ่มวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืชกรมวิชาการเกษตร. 20 หน้า

เทิดศักดิ์ อนากาศ จรรยา มณีโชติ เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม และศันสนีย์ จำจด. 2548 ความหลากหลาย ทางพันธุกรรมของข้าวป่าและข้าววัชพืช เอกสารประกอบการประชุม วิชาการข้าว วัชพืช 21ตุลาคม 2548 โรงแรมรามาการ์เด้นท์ ถนนวิภาวดีรังสิต กรุงเทพฯ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. หน้า 35-42

ภาควิชาพืชไร่นา วิทยาเขตกำแพงแสน. ม.ป.ป. แหล่งที่มา: http://agri.kps.ku.ac.th/agron/mainphp?pg=chapter&et_id=3&e_id=1

บทความทางวิชาการเรื่องปัญหาการรับจำนำข้าว. 2556. แหล่งที่มา: http://sd- group2.blogspot.com/2012/12/53242803-3.html

ประพาส วีระแพทย์. 2517. ความรู้เรื่องข้าว. กองการข้าว กรมวิชาเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ประพาส วีระแพทย์. 2531. ความรู้เรื่องข้าว. บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ.

ประสูติ สิทธิสรวง. 2537. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้าว. บริษัทรุ่งศิลป์การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

วิถีการทำนาของชาวใต้. 2556. แหล่งที่มา: http://www.gotoknow.org/posts/394087

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิไลลักษณ์ สมมุติ และพีระ ดุงสูงเนิน. 2545. สถานการณ์การปลูกข้าวในระบบนิเวศน์นาน้ำลึกของประเทศไทย ฤดูปลูก 2543/2544. ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี สถาบันวิจัยข้าว เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปี 2545 ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถานีทดลองข้าวบางเขนสถานีทดลองข้าวคลองหลวง ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี สถานีทดลองข้าวพระนครศรีอยุธยาศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี สถานีทดลองข้าวราชบุรี วันที่ 28 กุมภาพันธุ์-1 มีนาคม 2545 ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี

ศันสนีย์ จำจด จรรยา มณีโชติ และเบญจวรรณ ฤกษ์เกษม. 2548. บทบาทของการแลกเปลี่ยนยีนต่อการแพร่กระจายของข้าววัชพืช. เอกสารประกอบการประชุม วิชาการข้าว วัชพืช 21 ตุลาคม 2548 โรงแรมรามาการ์เด้นท์ ถนนวิภาวดีรังสิต กรุงเทพฯ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. หน้า 63-72

สงกรานต์ จิตรากร. 2537. ข้าว ทรัพยากรพันธุกรรม. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. หน้า 8 - 12

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 405. แหล่ที่มา: http://www.oae.go.th/ download /journal/trade-eco54.pdf

องค์กรความหลากหลายทางชีวภาพและภูมิปัญญาไทย. 2547. “เปิดร่างยุทธศาสตร์ข้าวไทย (2547-2551). แหล่งที่มา: http://www.biothai.net/cgi- bin/content/news/ show.pl?0781

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น. 2526. เรื่องของข้าว. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

อริยา เผ่าเครื่อง. 2547. การประเมินค่าการสูญเสียกำไรของเกษตรกร จากการรุกระบาดของข้าววัชพืชในจังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทคณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 100 หน้า

อัจฉรา วรศิริสุนทร. 2547. “ยุทธศาสตร์ข้าวไทย ปี 2547 – 2551; สานฝันไทยสู่ครัวโลก”. ฝ่ายวิจัย ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน). แหล่งที่มา: http://www.bangkokbank.com /dowmload/SR_rice.pdf

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวปัตตานีสาธิตการดำนาด้วยเครื่องปักดำแก่ศูนย์ข้าวชุมชนสงขลา. 2556. แหล่งที่มา: http://news.hatyaiok.com/?p=171485

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวแพร่. 2551. แหล่งที่มา: http://pre- rsc.ricethailand.go.th/ knowledge/41.html

ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. การปลูกข้าวด้วยวิธีโยนกล้า (Parachute). 2553. แหล่งที่มา: http://ptt-rrc.ricethailand.go.th/work/parachute.pdf

สำราญ อินแถลง นิตยา รื่นสุข วาสนา อินแถลง. 2551. **การควบคุมข้าววัชพืชและวัชพืชทั่วไปด้วย วิธีการทำนาแบบหว่านต้นกล้า.** น. 233 - 244. การประชุมวิชาการข้าว และธัญพืชเมืองหนาว ของสำนักวิจัย และพัฒนาข้าว กรมการข้าว เล่มที่ 2/2.

สำราญ อินแถลง นิตยา รื่นสุข วาสนา อินแถลง. 2552. **ปริมาณข้าววัชพืช (Weedy rice) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวในนาหว่านน้ำตม.** ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี.

สำราญ อินแถลง. 2553. **การทำนาด้วยวิธีโยนกล้า (parachute).** เอกสารประกอบการฝึกอบรมชาวนาจากจังหวัดปทุมธานี พฤษภาคม 2552. 6 หน้า

องค์ความรู้เรื่องข้าว. 2556. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. แหล่งที่มา: http://www.brrd.in.th/rkb/management/index.php-file=content.php&id=11.htm

อนุพงค์ วงค์ตามี จรรยา มณีโชติ และศันสนีย์ จำจด 2548 การประเมินลักษณะและความหลายหลายของข้าววัชพืชที่พบขึ้นในแปลงข้าวปลูกพันธุ์ปทุมธานี 1 เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าววัชพืช 21 ตุลาคม 2548 โรงแรมรามาการ์เด้นท์ ถนนวิภาวดีรังสิต กรุงเทพฯ สำนักวิจัยพัฒนาการ อารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร หน้า 161 - 170

อาทิตยา สุตา ณภัทร สมควร จรรยา มณีโชติ และศันสนีย์ จำจด. 2548. การประเมินลักษณะประชากรข้าววัชพืชที่ระบาดในแปลงปลูกพันธุ์อายุสั้น เอกสารประกอบการประชุม วิชาการข้าววัชพืช21 ตุลาคม 2548 โรงแรมรามาการ์เด้นท์ ถนนวิภาวดีรังสิต กรุงเทพฯ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร หน้า 171 - 178

Chen, L.J., Lee D.S., Song Z.P., Suh H.S. and Lu B-R. 2004 . Gene flow from cultivated rice (Oryza sativa) to its weedy and wild relative. Annals of Botany 93:67 - 73.

Cho, Y.G., Blair M.W.; Panaud O. and Mccouch S.R. 1995. Cloning and mapping of variety specific rice genomic DNA sequences amplified length fragment polymorphisms (AFLP) from silverstained poly-acrylamide gels. Genome 39: 373-378.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ehsanullah, Nadeem Akbar, Khawar Jabran and Tahir Habib. 2007. Comparison of Different Planting Method for Optimization of Plant Population of Fine Rice (Oryza sativa L.) In Punjab (Pakistan). Pak. J. Agri. Sci., Vol. 44(4), 2007

Gealy, D.R., Mitten D.H. and Rutger J.N. 2003. Gene flow between red rice (Oryza sativa) and herbicide-resistant rice (O.sativa): Implication for weed management. Weed Technology 17: 627 - 645.

IRRI-International Rice Reserch Institute. 2000. Wild and weedy rice in rice ecosystem in Asia-areview. Limited Proceeding, (Eds. B.B. Baki, D.V. Chin and M. Moritimer), Manila,Philippines, 188 p.

Matsuo, T. and Hoshikawa, K. 1993. Sclence of the rice plant. Noson Gyoson Bunka Kyokai (Nobunkyo), Tokyo.

Mohammad Safdar BALOCH and Inayat Ullah AWAN. 2007. Studies on Plant Population and Stand Establishment Techniques for Increasing Productivity of Rice in Dera Ismail Khan, Pakistan. Rice Science, 2007, 14(2): 118-124

Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains. 2003. An economical alternative to traditional transplantation. ISSN: 0972 - 2084

RNAM. 1995. Test Codes & Procedures For Farm Machinery. Technical Series No. 12 93 – 113

Shu, H.S., Y.I. Sato and H. Morishima. 1997. Genetic characterization of weedy rice (Oryza sativa L.) based on morpho-physiology isozymes and RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 94: 316 - 321.

Tang Sheng-xiang. 2002. Seedling broadcasting in China: an overview. pp. 177 - 184. In Pandey S, Mortimer M, Wade L, Tuong TP, Lopez K, Hardy B., eds. **Direct seeding research strategies and opportunities.** Philippines.

Tahir Hussain Awan, Inayat Ali, M. Ehsan Safdar, Mushtaq Ahmad and M. Saleem Akhtar. 2008. Comparison of Parachute Line and Traditional Rice Transplanting Methods at Farmer's. Pak. J. Agri. Sci., Vol. 45(4), 2008

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Yanmar. n.d. Instruction Book. Agricultural Machinery. Yanmar Agricultural Equipment Co., LTD. Japan

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของเครื่องยนต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติของเครื่องยนต์

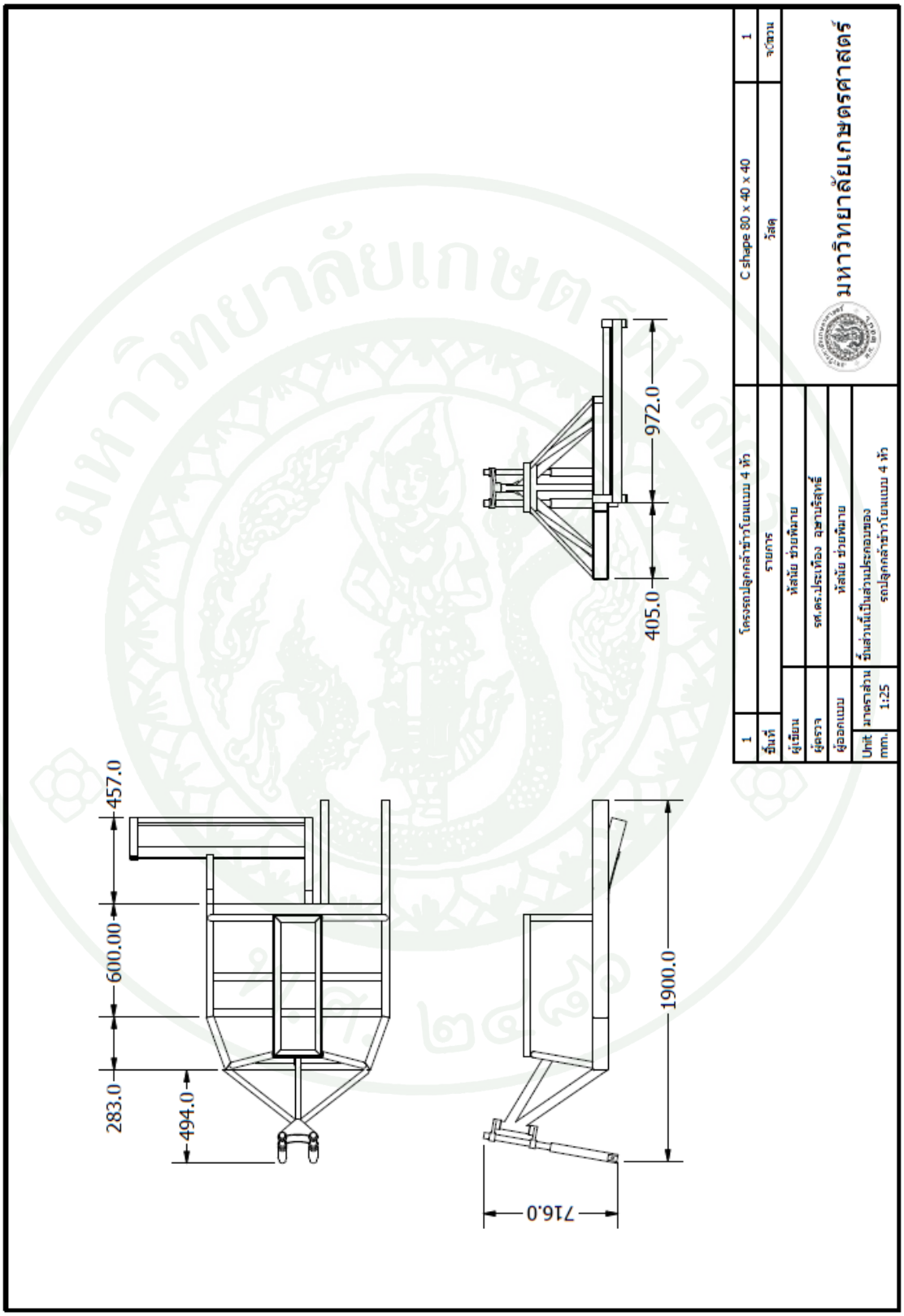
เครื่องยนต์:	โปรทูสต์ PT110T-AR
กลวัตรการทำงาน	4 จังหวะ
จำนวนกระบอกสูบ	1 สูบ
การระบายความร้อน	ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ปริมาตรกระบอกสูบ:	107 ซีซี
ขนาดกระบอกสูบ/ช่วงชัก:	ช่วงชัก 49.5 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 52.4 มิลลิเมตร
ระบบจุดระเบิด:	CDI (Capacitor discharge ignition)
กำลังบิดสูงสุด:	6.2 N.m ที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm. 7.0 N.m ที่ความเร็วรอบ 4,500 rpm.
ระบบสตาร์ท:	สตาร์ทมือ และ เท้า
ระบบคลัทช์	อัตโนมัติ
ระบบเกียร์:	4 เกียร์ พร้อมเกียร์ถอย มีอัตราทดดังนี้ ที่เกียร์ 1 มีอัตราทดเท่ากับ 5.175 ที่เกียร์ 2 มีอัตราทดเท่ากับ 3.55 ที่เกียร์ 3 มีอัตราทดเท่ากับ 2.14 ที่เกียร์ ถอยหลัง มีอัตราทดเท่ากับ 5.16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

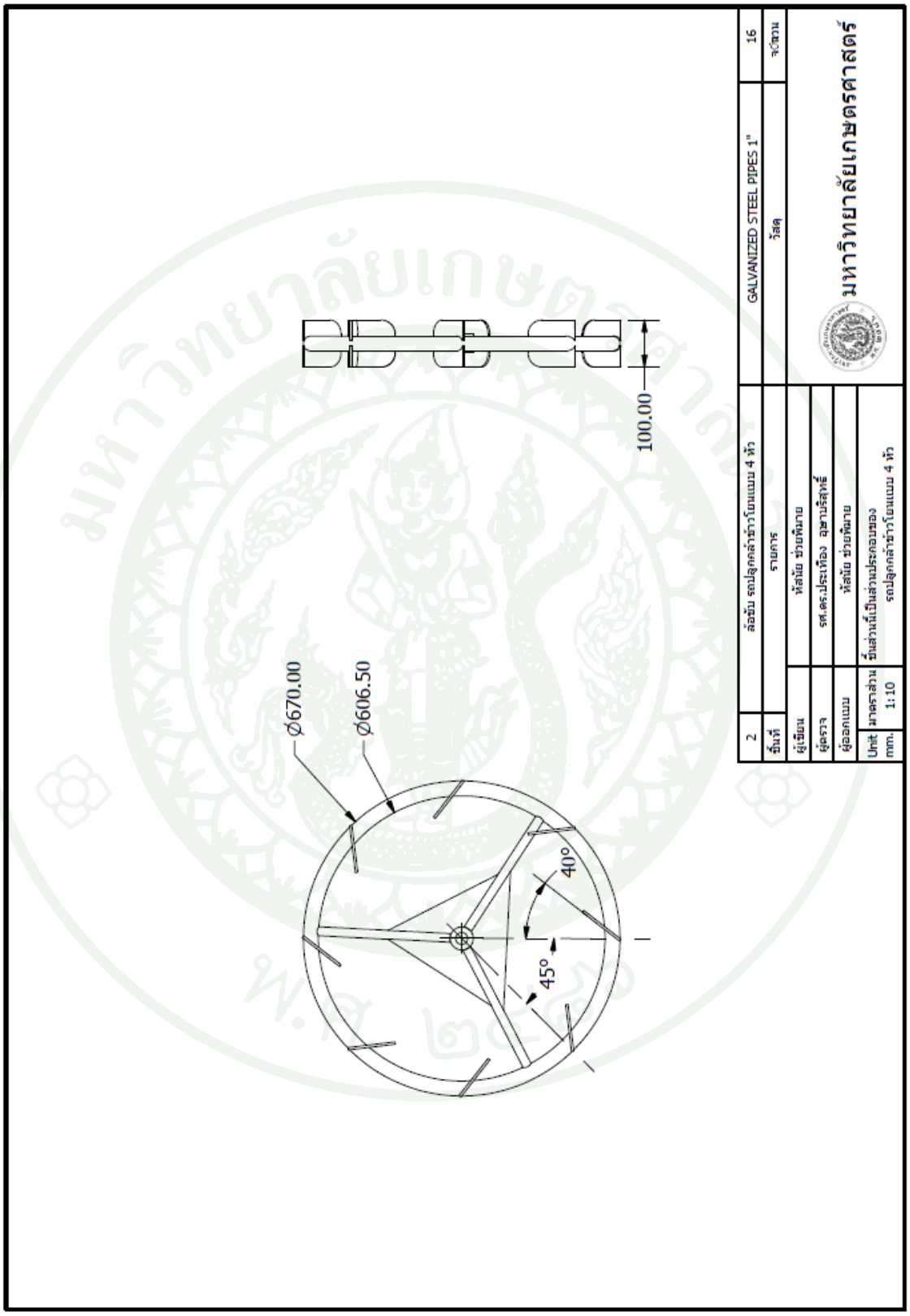
แบบรถปลูกกล้าข้าวโยน 4 หัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



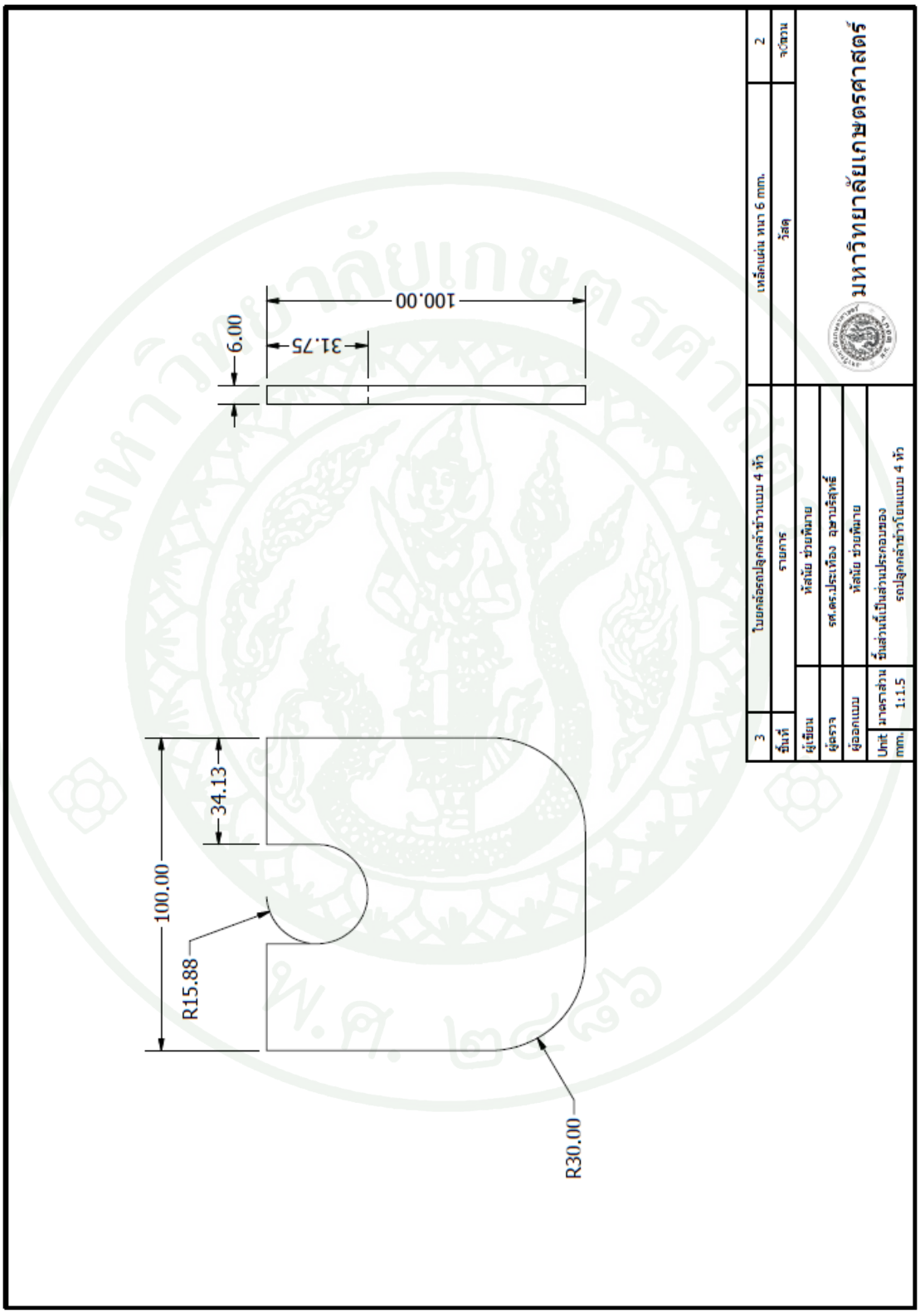
ภาพผนวกที่ ข1 แบบโครงรถปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



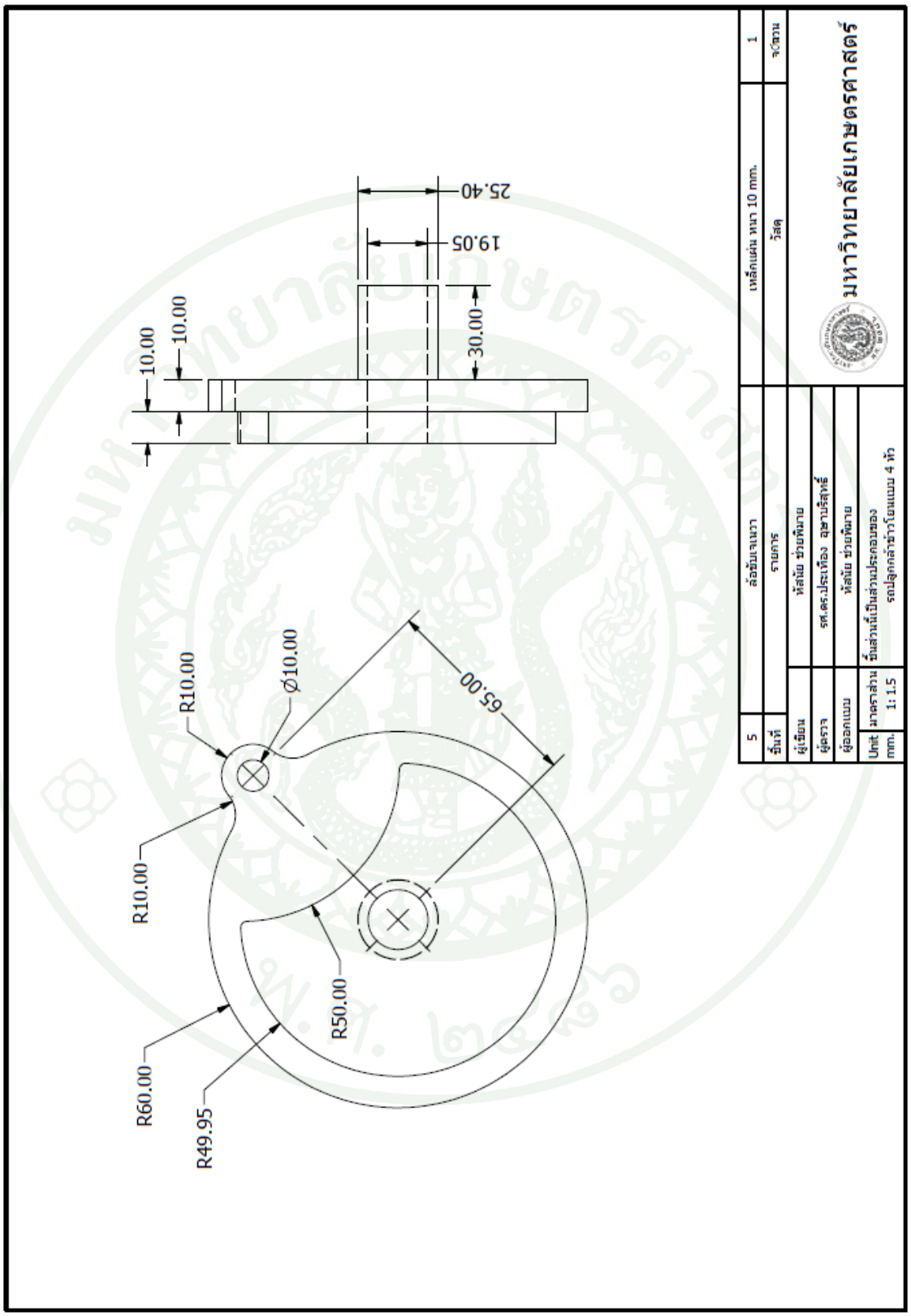
ภาพผนวกที่ ข2 ล้อขับรถปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



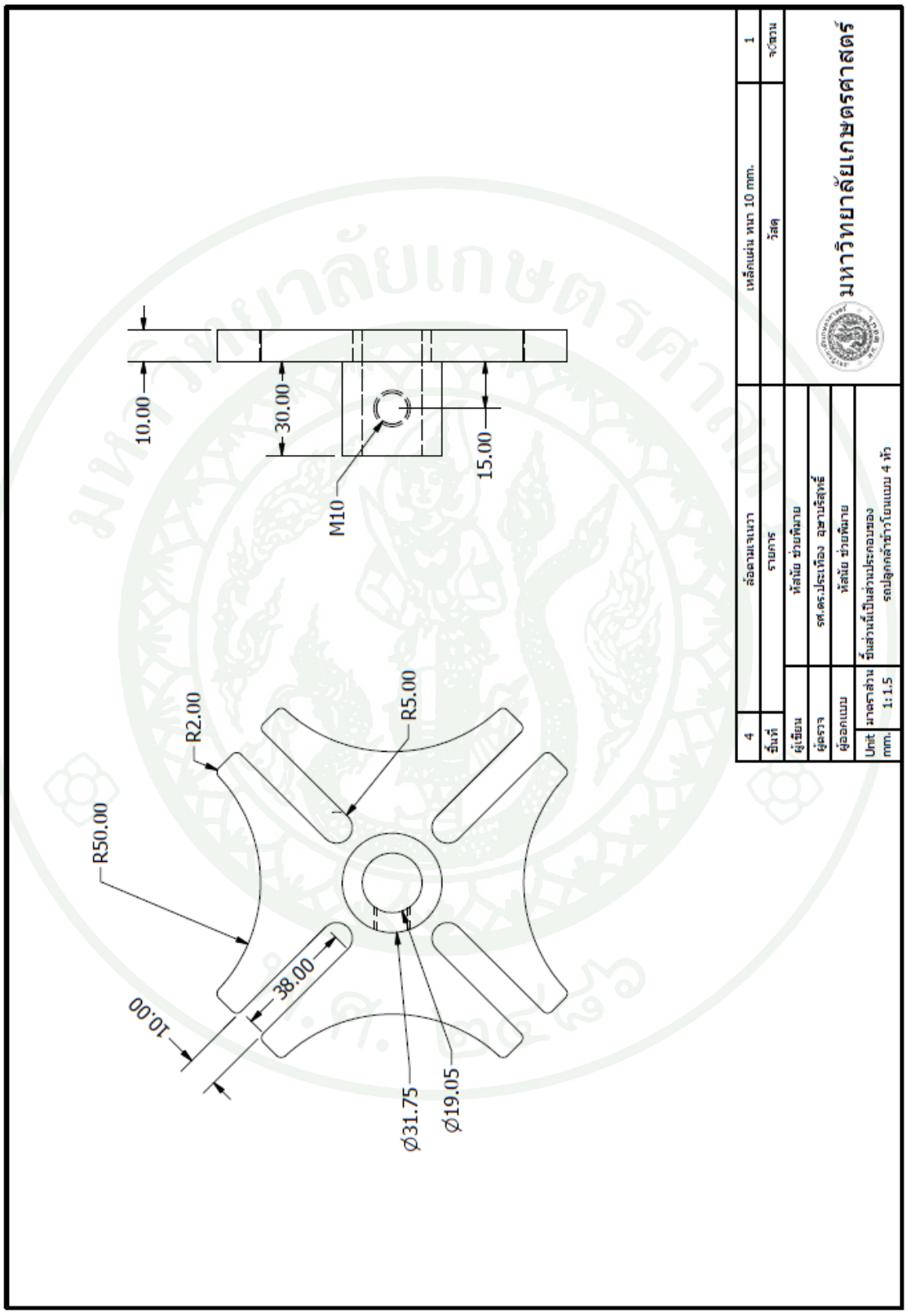
ภาพผนวกที่ ข3 ใบยกของรถปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



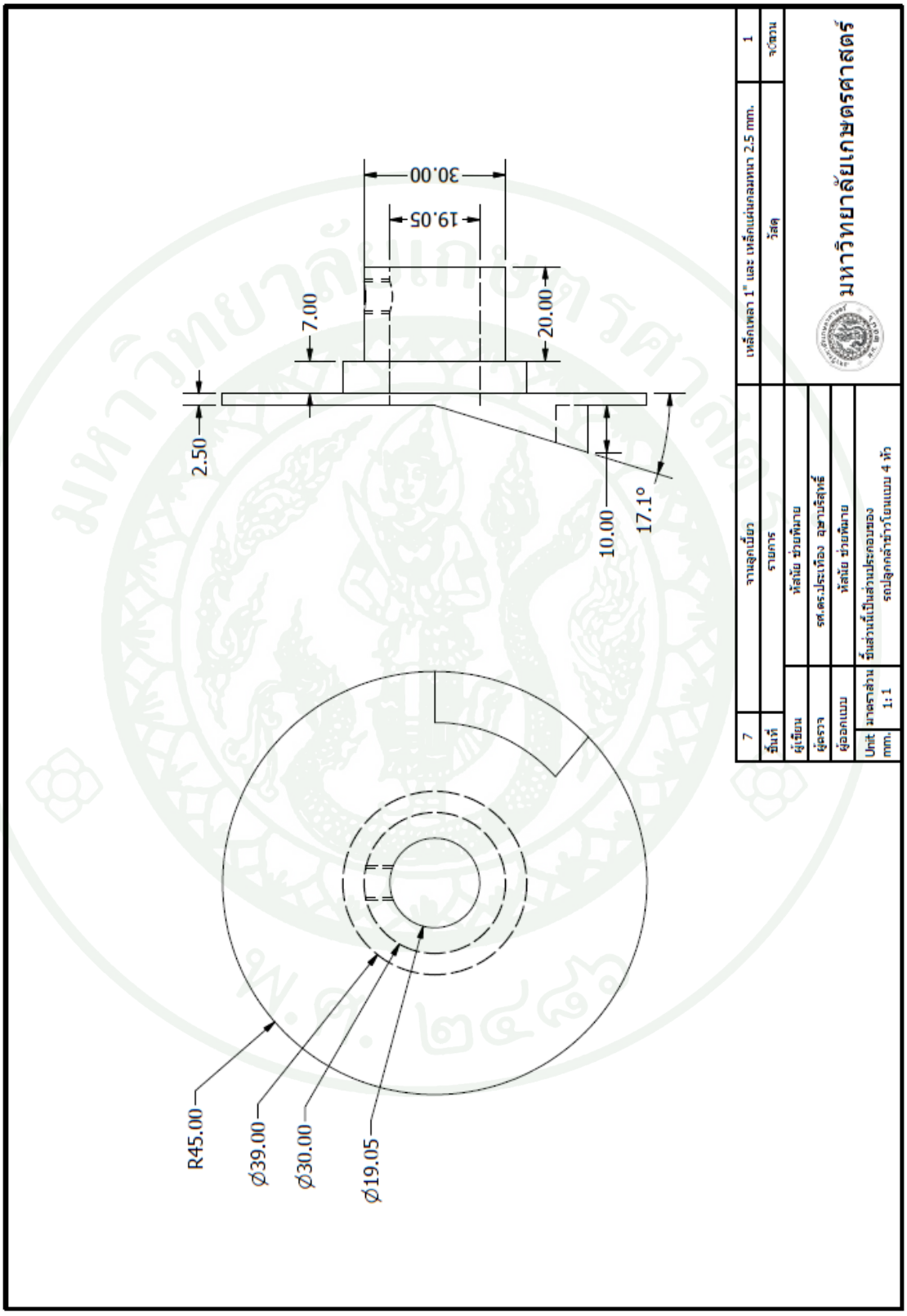
ภาพผนวกที่ ข6 ล้อขับเจนีวา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



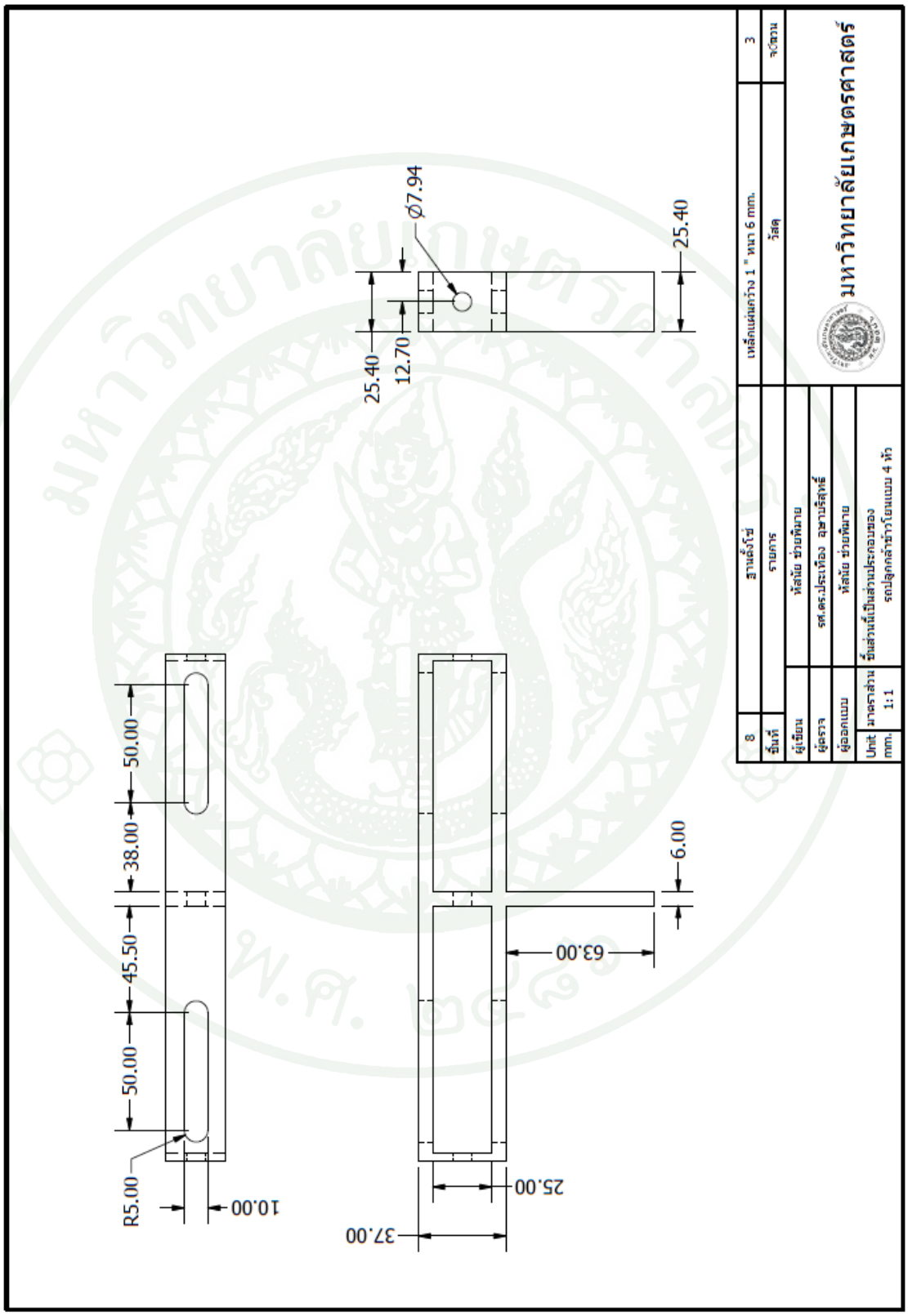
ภาพผนวกที่ ข5 ล้อตามเจนีวา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



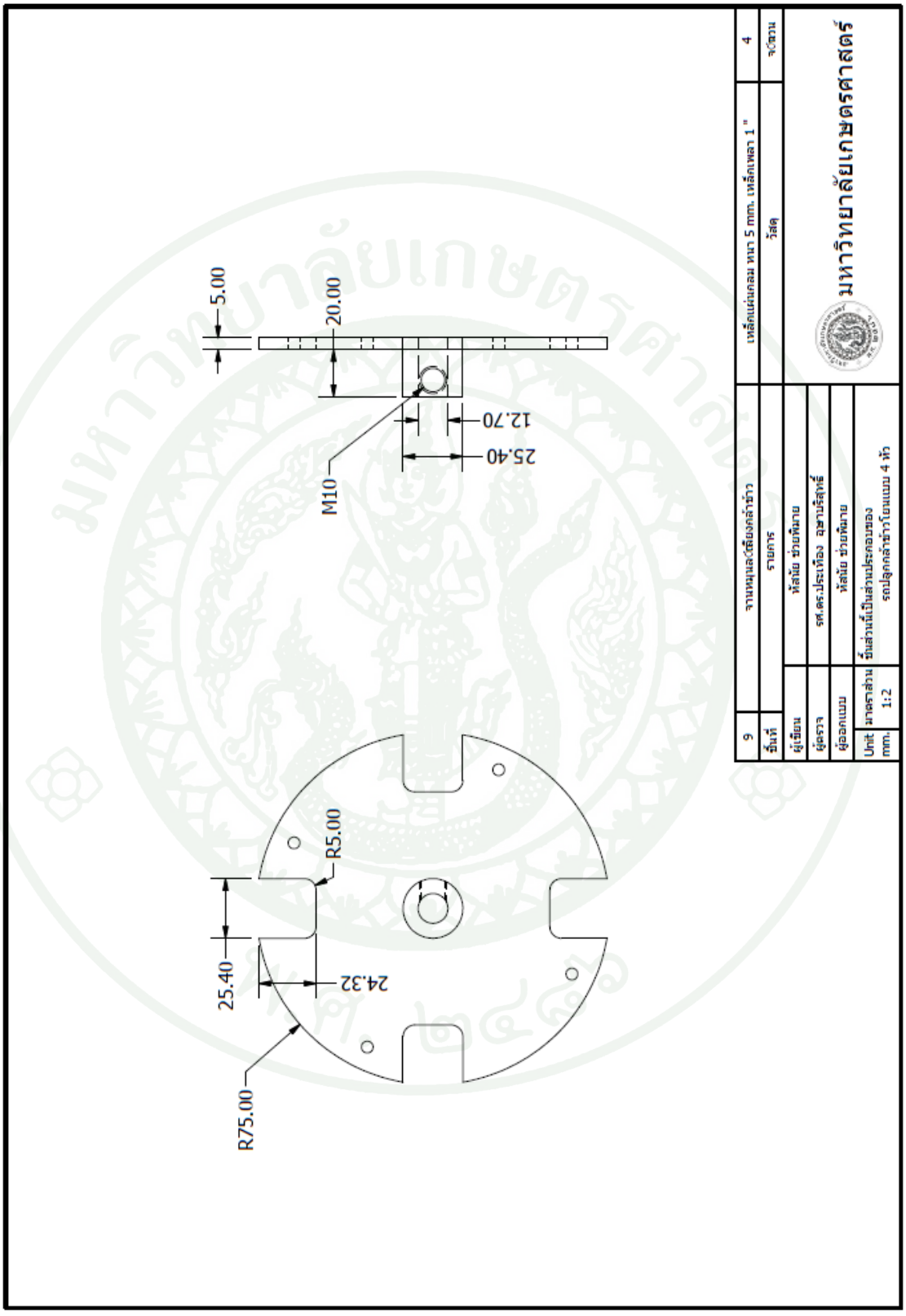
ภาพผนวกที่ ข8 จานลูกเบี้ยว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



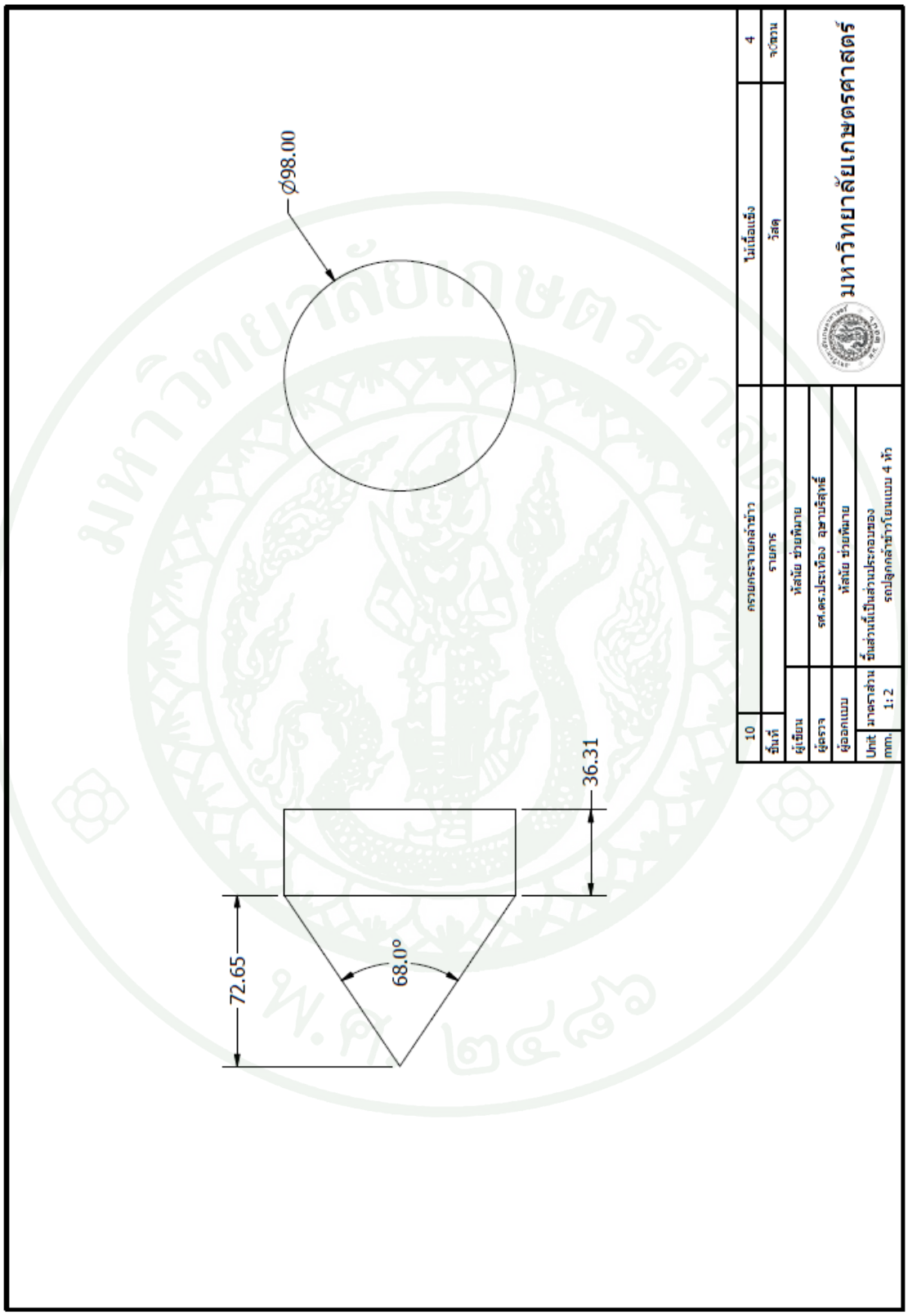
ภาพผนวกที่ ข9 ฐานตั้งโซ่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



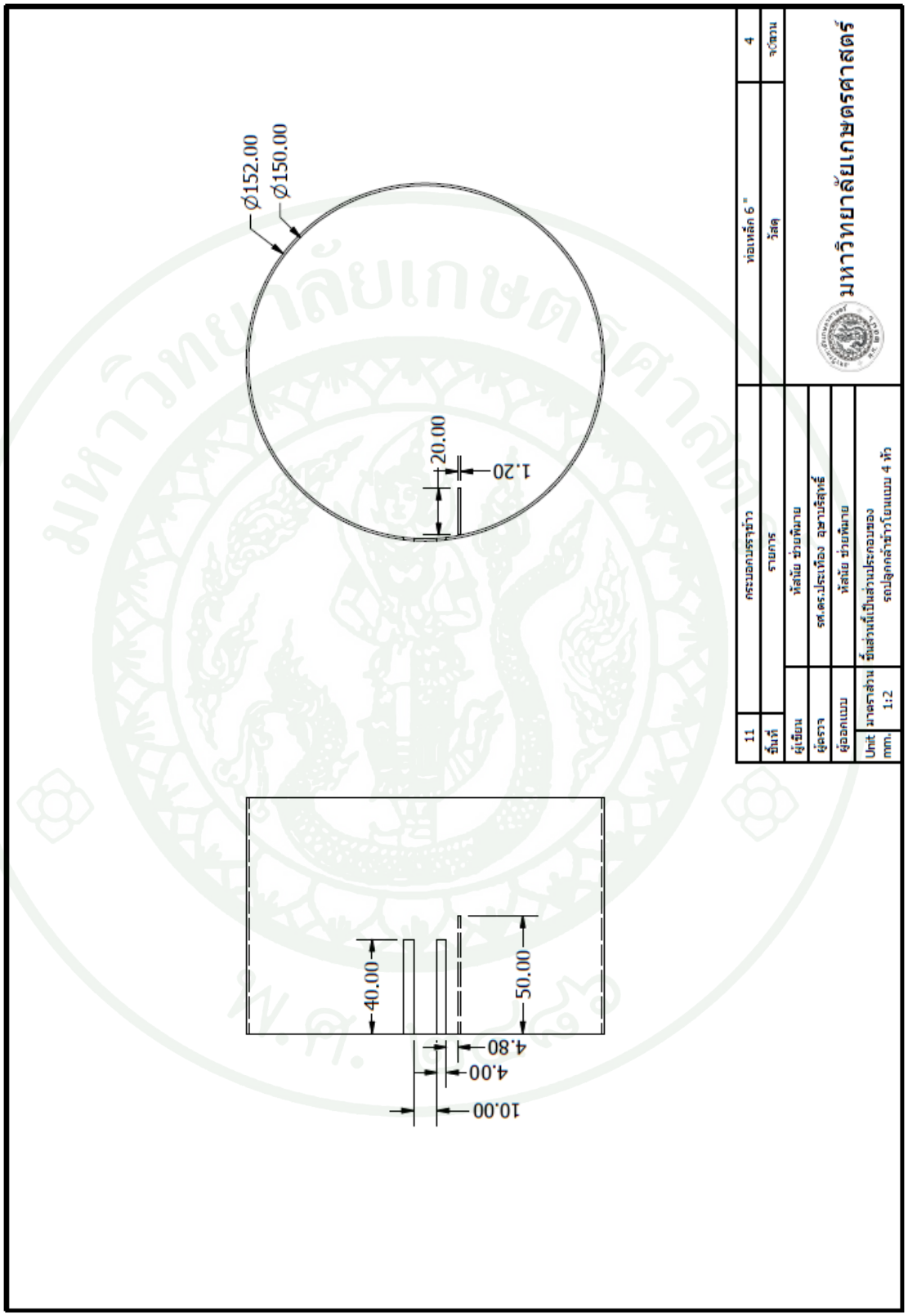
ภาพผนวกที่ ข9 จานหมุนลำเลียงกล้าข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



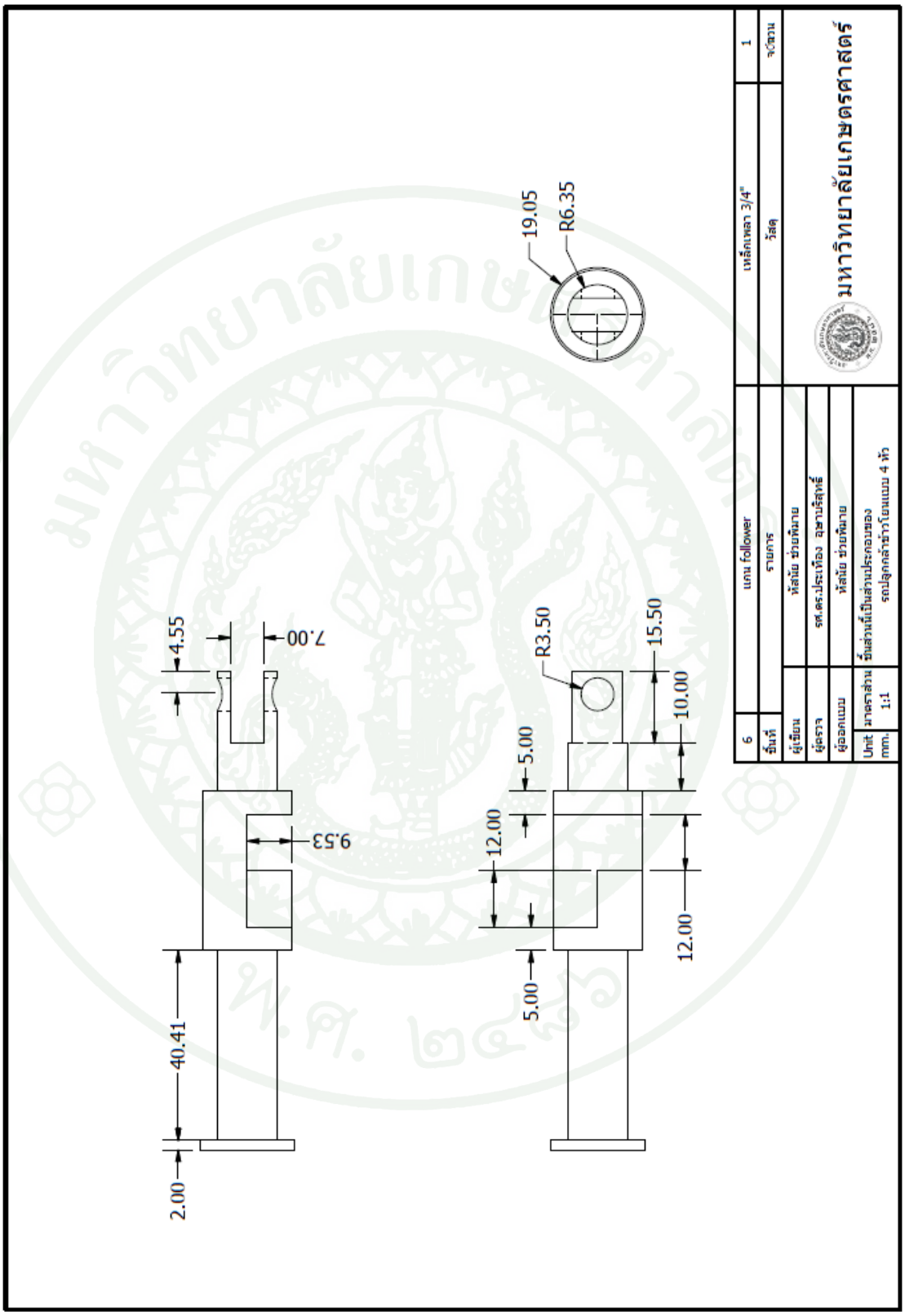
ภาพผนวกที่ ข10 กรวยกระจายกล้าข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



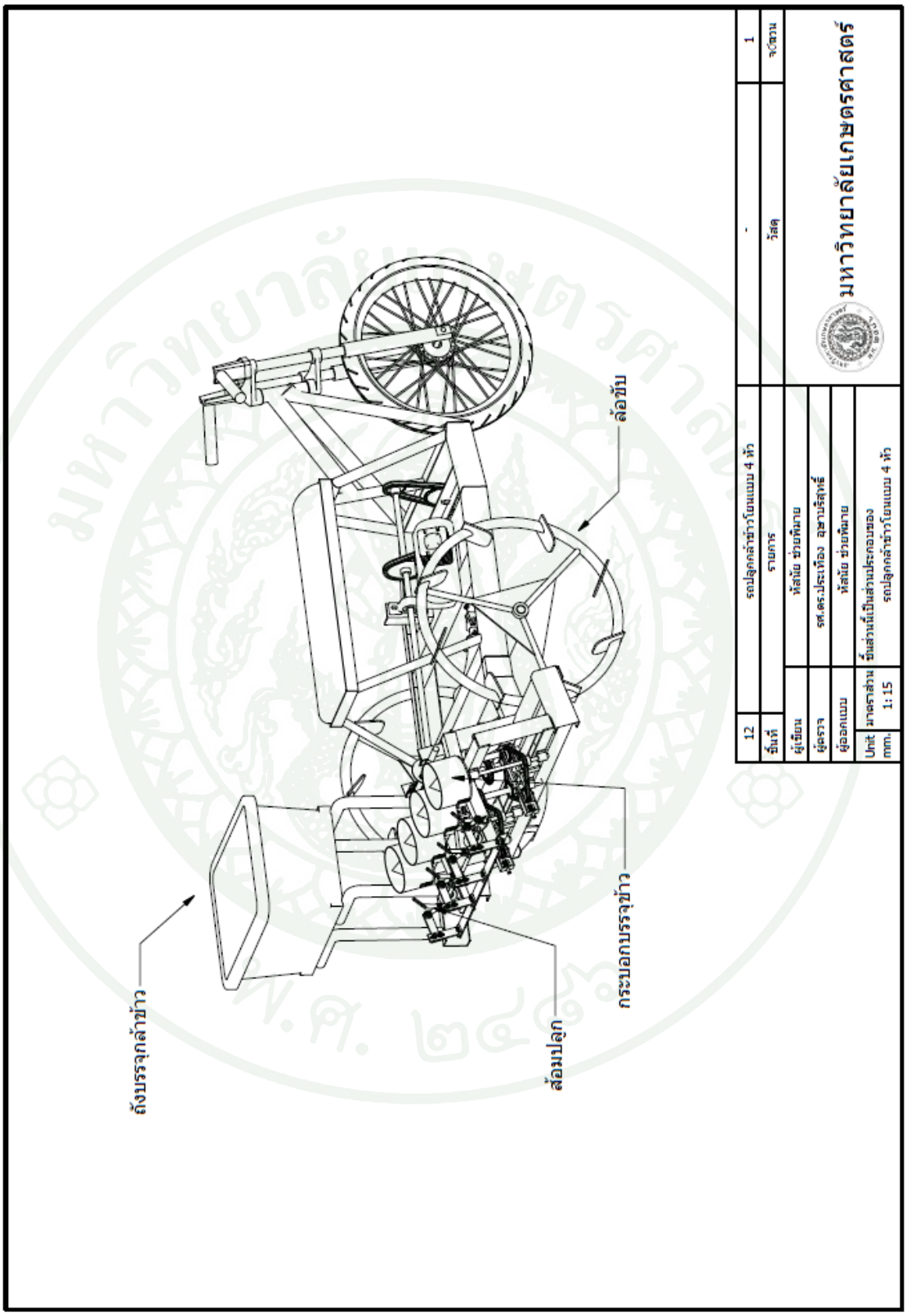
ภาพผนวกที่ ข11 กระบอกบรรจุข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข7 แกน follower

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข12 รถปลูกกล้าข้าวโยนแบบ 4 หัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

ภาพการทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ค1 ดันดินเพื่อบุกเบิกเตรียมดินแปลงนา

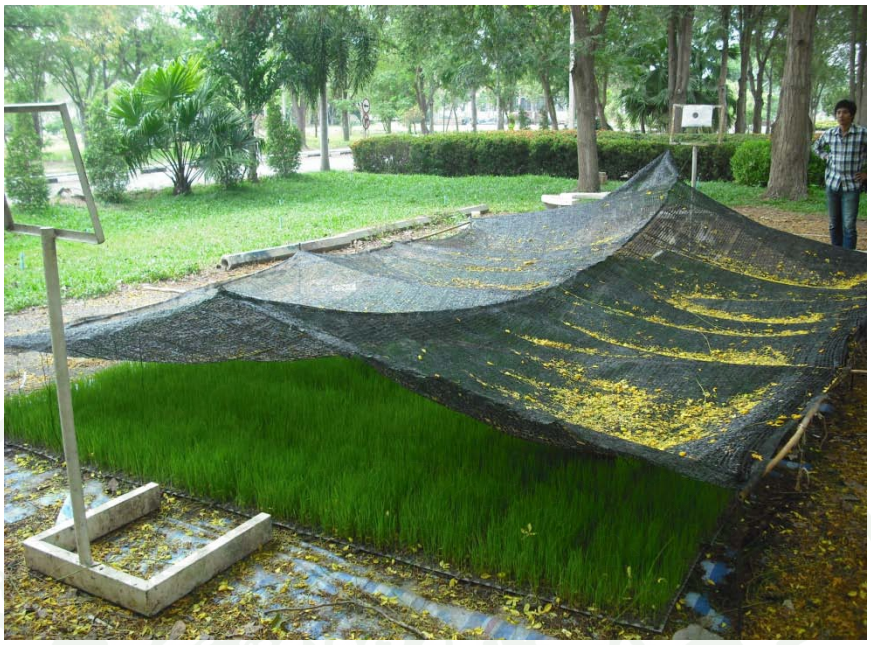
ภาพผนวกที่ ค2 นำน้ำเข้านาด้วยวิธีกาลักน้ำจากคลองชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ค3 ตีเทือกด้วยโรตารี่

ภาพผนวกที่ ค4 ลูบเทือกให้เรียบด้วยกระดานลูปเทือก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค5 กล้าข้าวที่ใช้ทดสอบ

ภาพผนวกที่ ค6 ถอนกล้าเพื่อนำไปทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ ค7 ลักษณะของรถปลูกล้าข้าวโยนในแปลงนา

ภาพผนวกที่ ค8 วัดความแข็งของดินด้วย Cone penetrometer

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

ข้อมูลดิบสมบัติทางกายภาพของกล้าข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ผนวกที่ ง1 ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของกล้าข้าวโยนที่มีอายุ 15 วัน

ตัวอย่าง	น้ำหนักรวม (g)	น้ำนักดิน (g)	ความสูงดิน (cm)	จำนวนต้น	ค่าเฉลี่ยจำนวนใบ	ค่าเฉลี่ยความสูงต้น (cm)
1	4.4.6	3.68	1.6	6	2.00	19.63
2	4.39	3.45	1.85	13	2.38	13.51
3	4.73	4.02	1.6	7	2.00	10.19
4	4.67	3.8	1.7	11	2.27	13.93
5	5.02	4	1.7	13	2.54	13.85
6	4.93	4.16	1.8	9	2.22	12.10
7	4.47	3.79	1.85	6	2.00	13.47
8	4.35	3.66	1.6	6	2.00	10.72
9	4.5	3.77	1.7	5	2.20	10.30
10	4.06	3.24	1.6	9	2.33	13.04
11	5.3	4.46	1.7	9	2.78	14.81
12	4.47	3.58	1.7	9	2.22	13.80
13	4.76	3.89	1.75	7	2.29	16.60
14	4	3.17	1.8	10	2.40	11.02
15	5.08	4.25	1.5	6	2.50	15.52
16	5.09	4.28	1.75	7	2.43	14.23
17	4.31	3.49	1.7	9	2.33	11.76
18	4.34	3.6	1.6	6	2.17	13.82
19	3.86	3.24	1.7	4	1.75	13.05
20	4.74	4.06	1.65	4	2.00	14.30
21	4.19	3.47	1.7	7	2.29	12.54
22	4.55	3.66	1.6	8	2.38	14.26
23	4.47	3.76	1.6	4	2.25	14.05
24	4.54	3.7	1.7	6	2.50	14.15
25	4.24	3.49	1.75	7	2.29	12.87
26	3.96	3.25	1.6	5	2.40	13.14
27	3.83	3.09	1.6	7	2.29	12.67
28	4.78	4.04	1.5	3	3.00	16.03
29	3.92	3.07	1.6	7	2.29	12.39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ผนวกที่ ง1 (ต่อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนักรวม (g)	น้ำนักดิน (g)	ความสูงดิน (cm)	จำนวนต้น	ค่าเฉลี่ยจำนวนใบ	ค่าเฉลี่ยความสูงต้น (cm)
30	3.63	2.94	1.6	6	2.83	13.57
31	3.75	3.03	1.5	4	2.75	16.33
32	3.85	3.18	1.6	5	2.00	13.90
33	3.58	2.94	1.55	4	2.75	15.93
34	3.06	2.44	1.5	6	2.17	11.77
35	3.59	2.9	1.5	4	2.75	14.58

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายหัสนัย ช่วยพิมาย
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 31 กรกฎาคม 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดนครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นิสิตปริญญาโท
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ	เครื่องจักกลเกษตร
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการทำวิจัยที่ได้รับ	ศูนย์ความเป็นเลิศเครื่องจักรกลการเกษตร และอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์