บทที่ 4
ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

จากวิธีการดำเนินการวิจัยที่กล่าวมาแล้ว ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง
2. ศึกษาหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบส่วนประกอบหลักของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง
3. การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ
4. การทดสอบและประเมินผลเครื่องต้นแบบเบื้องต้น

ดังนั้นจึงแยกการเสนอผลการวิจัยและวิจารณ์ผลออกเป็น 4 หัวข้อ โดยมีรายละเอียดของผลการวิจัยดังนี้

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

ก) วิธีการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรในปัจจุบัน

จากการศึกษาวิธีการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรจากข้อมูลของกรมวิชาการเกษตร และการลงพื้นที่ไปสัมภาษณ์เกษตรกรในจังหวัดที่มีการปลูกมันสำหลังมากที่สุดพบว่า มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ถ้าในพื้นที่นั้นมีระบบชลประทานที่เพียงพอ ซึ่งกรมวิชาการเกษตรแนะนำให้ปลูกช่วงต้นฤดูฝน(เมษายน-มิถุนายน) หรือปลายฤดูฝน (กันยายน-พฤศจิกายน) และจากการศึกษาลักษณะการปลูกของเกษตรกรได้ผลสรุปดังตารางที่ 4.1 ซึ่งค่าเหล่านี้จะใช้ในการการออกแบบเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต้นแบบ

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาลักษณะการปลูกของมันสำปะหลังของเกษตรกร

รายการ	เฉลี่ย	SD	CV	Range
ลักษณะการปลูก (แถวเดียว)				
-ระยะระหว่างแถว, mm	954.8	64.6	6.8	800-1150
-ระยะระหว่างต้น, mm	476.3	137.4	28.9	230-880
-ความลึกในการปลูก, mm	108.2	29.2	27.0	30-160
-มุมเอียงของท่อนพันธุ์ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่, degree	89.7	1.2	1.3	85-90
-มุมเอียงของท่อนพันธุ์ในทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่, degree	84.3	5.2	6.2	70-90

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาลักษณะการปลูกของมันสำปะหลังของเกษตรกร (ต่อ)

รายการ	Mean	SD	CV	Range
คุณภาพในการปลูก				
-ท่อนพันธุ์ที่ปลูกด้วยความเรียบร้อย,%	100	0	-	-
-ท่อนพันธุ์ที่ล้ม,%	0	0	-	-
-ท่อนพันธุ์ที่เสียหาย,%	0	0	-	-
-ท่อนพันธุ์ที่หาย 1 ท่อน ระหว่างแถวปลูก,%	0	0	-	-
-ท่อนพันธุ์ที่หายมากกว่า 1 ท่อน ระหว่างแถวปลูก,%	0	0	-	-

ข) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของท่อนพันธุ์

จากการวัดต้นพันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ระยอง 5 และพันธุ์ระยอง 90 พันธุ์ละ 100 ต้น ซึ่งได้ผลของลักษณะทางกายภาพของมันสำปะหลังแสดงดังตารางที่ 4.2 โดยค่าเหล่านี้จะใช้ในการการออกแบบเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังต้นแบบ

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ

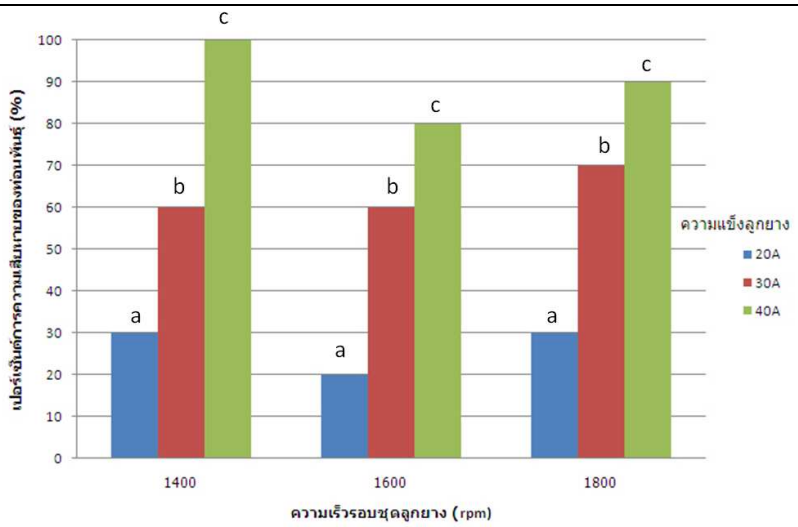
ลักษณะทางกายภาพ	เกษตรศาสตร์ 50	ระยอง 5	ระยอง 90
1.อายุต้นพันธุ์ (เดือน)	10	10	10
2.เวลาในการเก็บรักษา (วัน)	24	25	23
3. เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุด (mm)			
ค่าสูงสุด	26.0	29.0	29.0
ค่าต่ำสุด	11.0	11.0	10.0
เฉลี่ย	17.0	17.9	16.6
SD	2.7	2.9	3.7
4. ความโค้ง (mm)			
ค่าสูงสุด	260.0	160.0	175.0
ค่าต่ำสุด	10.0	0.0	10.0
เฉลี่ย	74.9	32.3	64.5
SD	35.3	27.3	32.9
5.ความสูง (mm)			
ค่าสูงสุด	1360.0	1500.0	1200.0
ค่าต่ำสุด	500.0	430.0	460.0
เฉลี่ย	872.8	779.2	867.4
SD	156.5	178.6	135.4
6.น้ำหนัก (g)			
ค่าสูงสุด	563.6	532.0	515.2
ค่าต่ำสุด	47.7	63.6	30.9
เฉลี่ย	165.0	191.1	146.8
SD	80.1	79.2	84.4
7.ความชื้น (% wb)	60.0	64.4	62.1

4.2 ผลการศึกษาหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

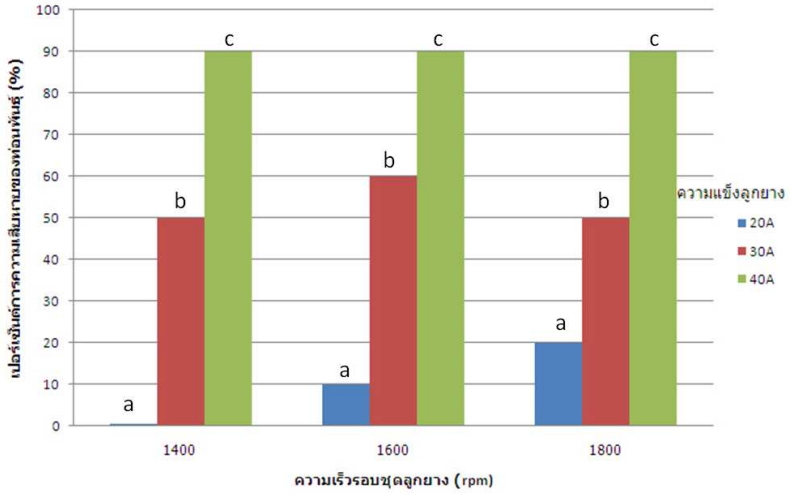
4.2.1 ผลศึกษาหาค่าที่เหมาะสมของชุดปลูก

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของท่อนพันธุ์ของชุดปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทุกความแข็งของชุดลูกกลิ้งยางที่เพิ่มขึ้น และระยะห่างของชุดลูกกลิ้งที่ลดลง และไม่มีแตกต่างกันทางสถิติกับความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่เพิ่มขึ้น

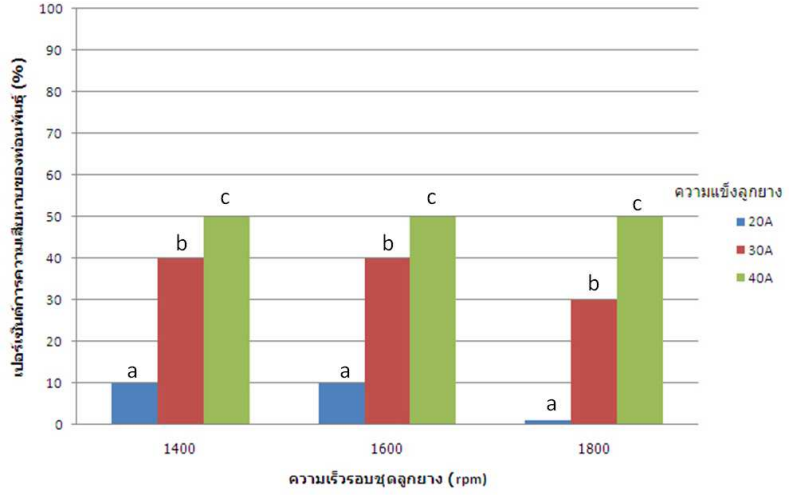
รูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อค่าความแข็งของชุดลูกกลิ้งเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของท่อนพันธุ์จะเพิ่มขึ้นตาม และระยะห่างของชุดลูกกลิ้งที่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนพันธุ์จะทำให้ท่อนพันธุ์เสียหายมากกว่าระยะห่างของชุดลูกกลิ้งที่มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนพันธุ์ ส่วนความเร็วรอบของลูกกลิ้งไม่ทำให้ท่อนพันธุ์เสียหาย จากการสังเกตขณะทดสอบพบว่าปัจจัยหลักทำให้ที่ทำให้ท่อนพันธุ์เสียหายคือความแข็งของลูกกลิ้งและระยะห่างของชุดลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งที่มีความแข็งสูงและระยะห่างน้อยกว่าค่าเฉลี่ยจะบีบให้ตาของท่อนพันธุ์แตกมากขึ้น เนื่องจากลูกยางที่มีความแข็งสูงจะยืดหยุ่นน้อย อีกทั้งเมื่อตั้งค่าระยะห่างของลูกยางที่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยจึงเป็นเหตุให้ท่อนพันธุ์เกิดความเสียหายมากขึ้นนั้นเอง ดังนั้นความแข็งของลูกยางที่เหมาะสมสำหรับใช้ออกแบบชุดปลูกของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ควรใช้ 20 Shore A ระห่างควรเท่ากับหรือมากกว่าค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนพันธุ์ สำหรับความเร็วของชุดลูกกลิ้งควรสูงกว่า 1,400 rpm เพื่อให้มีแรงส่งท่อนพันธุ์ลงสู่ร่องปลูก ซึ่งสามารถนำค่านี้ไปออกแบบระบบส่งกำลังของชุดยิงท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกต่อไป



ระยะห่างชุดลูกยาง 15 mm

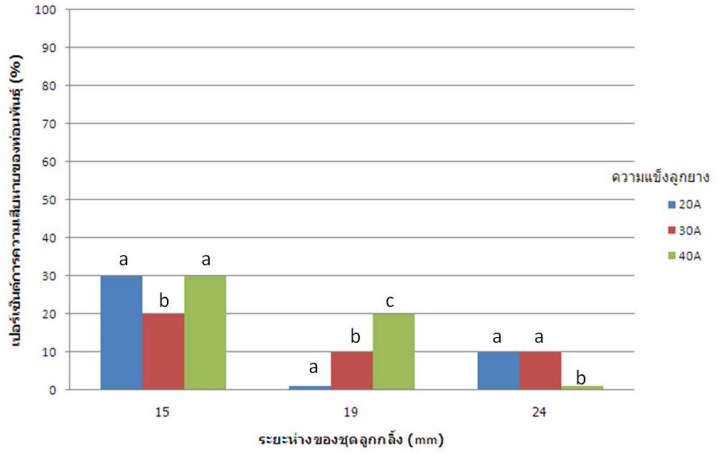


ระยะห่างชุดลูกยาง 19 mm

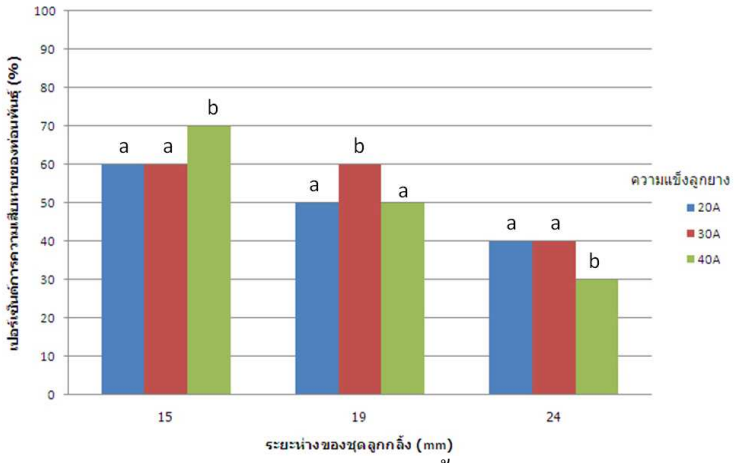


ระยะห่างชุดลูกยาง 24 mm

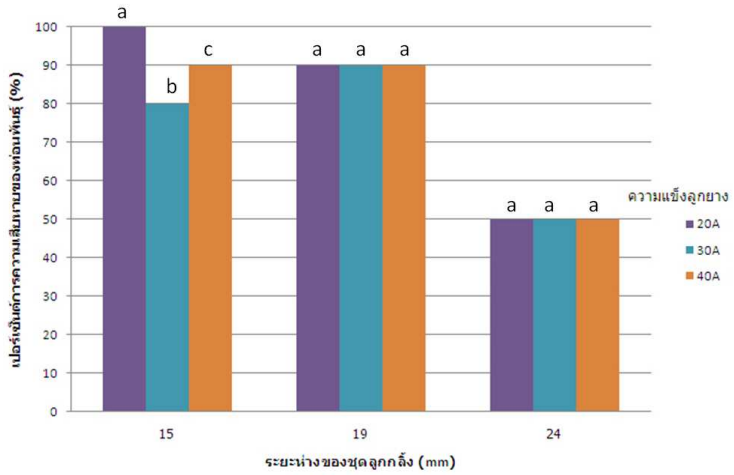
รูปที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของท่อนพันธุ์ที่ความแข็งของชุดลูกกลิ้งและความเร็วรอบของชุดลูกกลิ้งต่างๆ ^{abc}**:** แสดงให้เห็นความแตกต่างของแต่ละการทดลอง ($P < 0.05$)



ความเร็วรอบของชุดลูกกลิ้ง 1,400 rpm



ความเร็วรอบของชุดลูกกลิ้ง 1,400 rpm



ความเร็วรอบของชุดลูกกลิ้ง 1,400 rpm

รูปที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของท่อนพันธุ์ที่ความแข็งของชุดลูกกลิ้งและระยะห่างของชุดลูกกลิ้งต่างๆ ^{abc}**:** แสดงให้เห็นความแตกต่างของแต่ละการทดลอง ($P < 0.05$)

4.2.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบเครื่องปลูกมันแบบอัตโนมัติ

จากการทดสอบชุดปลูกมันสำปะหลังแบบอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 4.3 ในห้องปฏิบัติการและในแปลงทดสอบ พบว่าแนวคิดที่จะให้เครื่องปลูกมันทำงานได้โดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีผู้ควบคุมเครื่องปลูกมันไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากเกิดการติดขัดของท่อนพันธุ์ที่ไหลลงสู่ชุดแบ่งท่อนพันธุ์ ทำให้ท่อนพันธุ์ ไม่สามารถไหลลงสู่ชุดปลูกได้ ซึ่งการติดขัดนี้เกิดจากการเกี่ยวกันของตาที่อยู่รอบๆ ท่อนพันธุ์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการวิจัยเพิ่มเติมและหาแนวทางแก้ปัญหานี้ในอนาคตต่อไป เหตุที่ไม่สามารถวิจัยต่อในงานวิจัยนี้ได้เพราะข้อจำกัดของงบประมาณและเวลาในการทำวิจัยนั่นเอง

รูปที่ 4.3 การทดสอบชุดปลูกมันสำปะหลังแบบอัตโนมัติ

4.3 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

จากการรวบรวมข้อมูลและศึกษาในหัวข้อที่ 4.1 และ 4.2 รวมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้ และหลักการทางวิศวกรรมศาสตร์ในการออกแบบ จึงได้เครื่องปลูกมันสำปะหลังที่มีส่วนประกอบหลัก คือ โครงสร้างของเครื่อง ชุดยกร่อง ชุดโรยปุ๋ย ชุดตัดท่อนพันธุ์ ชุดปลูก ระบบส่งกำลัง และใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 60-70 แรงม้า เป็นต้นกำลังแสดงดังรูปที่ 4.4 โดยการทำงานของเครื่องปลูก เริ่มจากเครื่องปลูกเคลื่อนที่ชุดยกร่องจะยกร่องสูงประมาณ 30 เซนติเมตร และความกว้างของร่องเฉลี่ย 90 เซนติเมตร ต่อจากนั้นตัวเปิดร่องจะเปิดร่องสำหรับการปักท่อนพันธุ์ ขณะเดียวกันผู้ควบคุมเครื่องจะป้อนท่อนพันธุ์มันสำปะหลังทั้งต้นในช่องป้อนท่อนพันธุ์เข้าสู่ชุดตัดท่อนพันธุ์ ต่อจากนั้นท่อนพันธุ์จะถูกตัดยาว 20-25 เซนติเมตร (ขึ้นอยู่กับการปรับตั้ง) แล้วไหลลงสู่ท่อลำเลียงท่อนพันธุ์เข้าสู่ชุดปลูก ซึ่งประกอบด้วยชุดยิงลูกกลิ้งยางที่ทำหน้าที่ยิงท่อนพันธุ์ให้ลงร่องที่ถูกเปิดไว้ หลังจากนั้นท่อนพันธุ์จะถูกกลบด้วยชุดกลบ ในขณะที่เครื่องทำการปลูก ชุดโรยปุ๋ยจะโรยปุ๋ยลงสู่กลางร่องปลูกในเวลาเดียวกัน

รูปที่ 4.4 เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ

4.4 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ

การทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ได้ดำเนินการทดสอบที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 3 ระดับคือที่ เกียร์ 1, 2 และ 3 ต่ำ ตามลำดับ ซึ่งได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 3 ระดับ

รายการ	ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์		
	เกียร์ 1 ต่ำ	เกียร์ 2 ต่ำ	เกียร์ 3 ต่ำ
1. พื้นที่ที่ทำการทดสอบ (ตารางเมตร)	200	200	200
2. คุณสมบัติของดิน			
- ชนิดของดิน	ดินเหนียว	ดินเหนียว	ดินเหนียว
- ความชื้น (%) d.b.	10.7	10.7	10.7
- ค่าการต้านทานการแทงทะลุของดิน (kPa)			
ที่ 5 เซนติเมตร	82	163	228
ที่ 10 เซนติเมตร	374	316	725
ที่ 15 เซนติเมตร	784	573	1146
ที่ 20 เซนติเมตร	1252	1078	1486
ที่ 25 เซนติเมตร	1497	1427	1697

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 3 ระดับ (ต่อ)

รายการ	ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์		
	เกียร์ 1 ต่ำ	เกียร์ 2 ต่ำ	เกียร์ 3 ต่ำ
3.คุณสมบัติของต้นพันธุ์มันสำปะหลัง			
- พันธุ์	เกษตรศาสตร์ 50	เกษตรศาสตร์50	เกษตรศาสตร์50
- อายุของท่อนพันธุ์ (เดือน)	10	10	10
- ความสูงเฉลี่ย (cm)	141	141	141
- ความโค้งเฉลี่ย (cm)	14.7	14.7	14.7
- เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุดเฉลี่ย (cm)	2.1	2.1	2.1
4. ความกว้างของหัวแปลง (m)	5	5	5
5. ความเร็วในการเคลื่อนที่ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	1.5	1.7	2.8
6.เปอร์เซ็นต์การลื่นไถลของรถแทรกเตอร์ (%)	6.5	10	13
7. ความสามารถในการทำงาน (ไร่ต่อชั่วโมง)	0.55	0.65	0.74
8. ประสิทธิภาพในการทำงาน (%)	78	86	70
9. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อไร่)	11.6	8.2	6

ผลการทดสอบในตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น ความสามารถในการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นตาม ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ที่เกียร์ 1, 2 และ 3 ต่ำ จะมีความสามารถในการทำงาน 0.55, 0.65 และ 0.74 ไร่ต่อชั่วโมง ตามลำดับ แต่ประสิทธิภาพในการทำงานไม่มีความแตกต่างกันเมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งการจะเลือกใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ใดที่เหมาะสมกับเครื่องปลูกจะต้องพิจารณาปัจจัยสำคัญคือคุณภาพหลังจากการปลูกของเครื่องต้นแบบ

สำหรับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ เนื่องจากกาที่รถแทรกเตอร์มีความเร็วมากขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการทำงานลดน้อยลงจึงทำให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 4.4 คุณภาพในการปลูกมันสำปะหลังที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 3 ระดับ

รายการ	ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์		
	เกียร์ 1 ต่ำ	เกียร์ 2 ต่ำ	เกียร์ 3 ต่ำ
1. ลักษณะการปลูก (สุ่มวัด 120 ตารางเมตร)			
- ความกว้างในการทำงาน (เมตร)	1.1	1.1	1.1
- ระยะห่างระหว่างแถวเฉลี่ย (เมตร)	1	1	1
- ระยะห่างระหว่างต้นเฉลี่ย (เมตร)	0.8	0.7	0.7
- ความลึกในการปลูกเฉลี่ย (เมตร)	5	6.5	5.5
- ความยาวของท่อนพันธุ์ที่ปลูก (เซนติเมตร)	20-25	20-25	20-25
2. มุมของท่อนพันธุ์หลังจากการปลูก (สุ่มวัด 120 ตารางเมตร)			
- มุมของท่อนพันธุ์ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (องศา)	41	41.5	41
- มุมของท่อนพันธุ์ในทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ (องศา)	63	60	48
3. คุณภาพในการปลูก (สุ่มวัด 120 ตารางเมตร)			
- ท่อนพันธุ์ที่ปลูกตั้ง (%)	35.6	38.2	17.3
- ท่อนพันธุ์ที่ล้มหรือฝังดิน (%)	39.8	34.6	37.4
- ท่อนพันธุ์ที่เสียหาย (%)	8.5	13	15
- ท่อนพันธุ์ที่หาย 1 ต้นระหว่างแถวปลูก (%)	8.5	7.5	7.2
- ท่อนพันธุ์ที่หายมากกว่า 1 ต้นระหว่างแถวปลูก (%)	7.6	6.7	10.8

จากตารางที่ 4.4 เมื่อรถแทรกเตอร์มีความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น ระยะห่างระหว่างต้น ระยะห่างระหว่างแถว ความลึกในการปลูก และมุมการปักตั้งของท่อนพันธุ์ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มุมการปักตั้งของท่อนพันธุ์ในทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่และต้นพันธุ์ที่ปลูกตั้งด้วยความเรียบร้อยก็มีค่าที่ลดลง ส่วนท่อนพันธุ์ที่ล้ม ท่อนพันธุ์ที่เสียหาย ท่อนพันธุ์ที่หาย 1 ต้นหรือมากกว่า 1 ต้น ระหว่างแถวปลูกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการสังเกตขณะทดสอบ ท่อนพันธุ์ที่ล้มหรือถูกกลบฝังดินส่วนใหญ่นั้นเกิดจากการที่ท่อนพันธุ์ที่ยิงออกจากชุดปลูกไปปะทะกับก้อนดินที่มีขนาดใหญ่จึงทำให้ท่อนพันธุ์ล้ม ดังนั้นการเตรียมดินที่ดีนั้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การตั้งของต้นพันธุ์เพิ่มขึ้น ส่วนการเสียหายของท่อนพันธุ์ส่วนใหญ่เกิดจากการ

ที่ตาของท่อนพันธุ์ไปกระแทกกับชุดแบ่งท่อนพันธุ์โดยเฉพาะเมื่อความเร็วการเคลื่อนที่ของเครื่องปลูกเพิ่มขึ้น ทำให้จานแบ่งท่อนพันธุ์เคลื่อนที่เร็วตามจึงทำให้เกิดการกระแทกเพิ่มมากขึ้น

จากผลการทดสอบดังกล่าวคุณภาพการปลูกมันสำปะหลังของเครื่องยังมีค่าค่อนข้างต่ำ และค่าเปอร์เซ็นต์ความเสียหายค่อนข้างสูง จึงควรมีการพัฒนาเครื่องต้นแบบให้ใช้งานได้จริงต่อไป