D.K. knowledge series

# ต้นกำลังและระบบสำคัญของ ฟาร์มแทรกเตอร์

- แปลและเรียบเรียงจากหนังสือตำราทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทยหลายเล่ม
- ยึดกรอบหลักและวิธีการปฏิบัติให้สอดคล้องกับสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งอเมริกา (ASAE)
- ใช้สอนหรือบรรยายให้แก่นักศึกษาในสาขาเกษตรกลวิธาน วิศวกรรมเกษตร และวิศวกรรมเครื่องกล และอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

ดวงกมลพับลิชชิ่ง
นำเสนอหนังสือดี มีคุณค่า

รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล

# ต้นกำลังและระบบสำคัญ
# ของ
# ฟาร์มแทรกเตอร์

รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล

# คำนำสำนักพิมพ์

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงได้มีการนำเอาเครื่องทุ่นแรงในฟาร์มมาทดแทนการใช้แรงงานจากคนและสัตว์มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของเครื่องมือหรือเครื่องทุ่นแรงดังกล่าวก็คือ “แทรกเตอร์” เพราะแทรกเตอร์ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังและมีบทบาทต่อการพัฒนาการทางการเกษตรทั่วโลก

ทางสำนักพิมพ์จึงเล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาเกษตรกรรมในประเทศไทย หนังสือต้นกำลังและระบบสำคัญของฟาร์มแทรกเตอร์ จึงเป็นหนังสืออีกเล่มหนึ่งที่จะช่วยอาจารย์ นักศึกษา เกษตรกร และผู้ประกอบการในฟาร์ม เพิ่มพูนความรู้ในการใช้เครื่องทุ่นแรง เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตด้านการเกษตร

ด้วยความปรารถนาดี

ดวงกมล พับลิชชิ่ง

ตัวอย่าง

# คำนำ

ปัจจุบันการทำการเกษตรในประเทศไทย ได้มีการนำเอาเครื่องทุ่นแรงในฟาร์มมาทดแทนการใช้แรงงานจากคนและสัตว์มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องจากแรงงานคนและสัตว์ในภาคการเกษตรนับวันจะมีจำนวนลดลง อีกทั้งแรงงานดังกล่าวมีข้อจำกัดในการทำงานค่อนข้างมาก มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ซึ่งจากอดีตที่ผ่านมามนุษย์พยายามเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้น ลดความเหนื่อยยากและความลำบากของเกษตรกร จึงได้คิดค้นเครื่องมือและเครื่องทุ่นแรงเข้ามาช่วยงานในฟาร์ม โดยหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของเครื่องมือหรือเครื่องทุ่นแรงดังกล่าวก็คือแทรกเตอร์ เนื่องจากแทรกเตอร์ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังและมีบทบาทต่อการพัฒนาการทางการเกษตรทั่วโลก โดยพัฒนาการแทรกเตอร์เริ่มจากแทรกเตอร์เครื่องจักรไอน้ำ ซึ่งมีขนาดใหญ่ เทอะทะ ขาดความคล่องตัว ใช้กับงานฉุดลากเป็นหลัก จนมาถึงปัจจุบันแทรกเตอร์ได้ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้อเนกประสงค์ มีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานสูง ตลอดจนมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงานมากขึ้นอีกด้วย

หนังสือแทรกเตอร์เล่มนี้ได้เรียบเรียงขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลายประการ คือ ประการที่หนึ่งเพื่อใช้ในการสอนหรือบรรยายให้แก่นักศึกษาในสาขาเกษตรกลวิธาน วิศวกรรมเกษตร และวิศวกรรมเครื่องกลและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประการที่สอง เพื่อให้ผู้สนใจได้ศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการใช้งานและการซ่อมบำรุง ซึ่งนับวันจะมีความจำเป็นและมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น และประการสุดท้าย เนื่องจากเอกสารหรือตำราเกี่ยวกับแทรกเตอร์ในประเทศไทยถือว่ามีน้อยมาก มีผู้รู้ในอดีตเขียนไว้สำหรับประกอบการสอนซึ่งปัจจุบันไม่มีการจัดพิมพ์แล้ว ส่วนตำราที่เป็นภาษาอังกฤษก็มีไม่มากนักและส่วนใหญ่จะมีราคาแพงและยุ่งยากหากไม่สันทัดทางด้านภาษา

หนังสือแทรกเตอร์เล่มนี้ ผู้เขียนได้แปลและเรียบเรียงจากหนังสือตำราทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทยหลายเล่ม โดยยึดกรอบหลักและวิธีการปฏิบัติให้สอดคล้องกับสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งอเมริกา (ASAE) โดยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็นทั้งหมด 15 บท โดยเน้นให้เห็นถึงพัฒนาการแทรกเตอร์ การจำแนกแทรกเตอร์เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน ระบบที่สำคัญต่าง ๆ ของรถแทรกเตอร์ทุกระบบ เสถียรภาพการทำงาน ตลอดจนการวัดหาค่าที่สำคัญเกี่ยวกับแทรกเตอร์

อย่างไรก็ตามเนื่องจากเป็นหนังสือเล่มแรกเกี่ยวกับแทรกเตอร์ แม้ผู้เขียนจะสอนวิชาดังกล่าวมานานพอสมควร เชื่อว่าอาจมีข้อผิดพลาดและอาจไม่ครบถ้วนทั้งหมด จึงขออภัยในที่นี้ หากผู้อ่านพบข้อผิดพลาดหรือมีข้อเสนอแนะที่คิดว่าจะเกิดประโยชน์ กรุณาแจ้งให้ผู้เขียนได้ทราบจะเป็นพระคุณยิ่ง

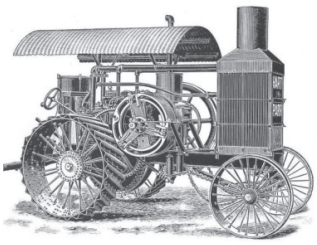
สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้ความรู้ ทักษะ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ มากมาย

รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล

# สารบัญ

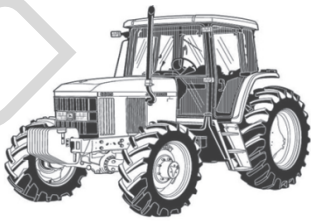

## การวิวัฒนาการและหน้าที่ของรถแทรกเตอร์ 1

ประวัติและพัฒนาการของแทรกเตอร์..... 2
พัฒนาการแทรกเตอร์ในประเทศไทย..... 22
แทรกเตอร์ในอนาคต..... 25
หน้าที่ของรถแทรกเตอร์..... 26


## ประเภทและขนาดของแทรกเตอร์ 2

ประเภทของแทรกเตอร์..... 31
แทรกเตอร์ขับเคลื่อน 4 ล้อ..... 39
ระบบบังคับเลี้ยว..... 41
ขนาดของรถแทรกเตอร์..... 46
เชื้อเพลิงสำหรับแทรกเตอร์..... 47

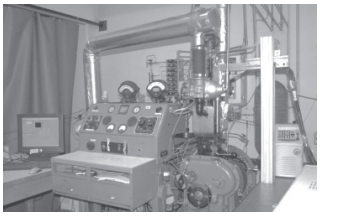

## หลักการทำงานเบื้องต้นเครื่องยนต์ต้นกำลัง 3

หลักการทำงานเครื่องยนต์ต้นกำลัง..... 51
เปรียบเทียบเครื่องยนต์ 2 จังหวะและเครื่องยนต์ 4 จังหวะ.. 58
ชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์..... 60
วัฏจักรเครื่องยนต์สันดาปภายใน..... 65
กำลังของเครื่องยนต์..... 80
การทดสอบแทรกเตอร์ของเนบราสก้า..... 97
การทดสอบแทรกเตอร์สมาคมวิศวกรรมเกษตรฯ..... 102

## เชื้อเพลิงและการสันดาป 4

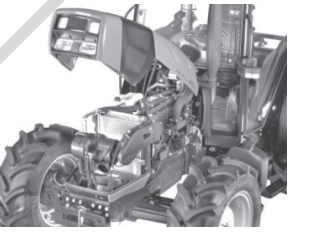
ชนิดของเชื้อเพลิง..... 107
น้ำมันดิบและการกลั่น..... 114
การสันดาปและมลพิษไอเสีย..... 118
การวัดคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง..... 122
ความถ่วงจำเพาะเชื้อเพลิง..... 123
ค่าความร้อนเชื้อเพลิง..... 124

การระเหยและจุดวาบไฟของเชื้อเพลิง..... 125
ความหนืดน้ำมันเชื้อเพลิง..... 129
จุดหมอกและจุดเริ่มไหล..... 130
การปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง..... 131
ค่าออกเทนและการน็อคเครื่องยนต์..... 133
ค่าซีเทนของน้ำมันเชื้อเพลิง..... 136
สารเติมน้ำมันเชื้อเพลิง..... 139
การเก็บรักษาเชื้อเพลิงรถแทรกเตอร์..... 141



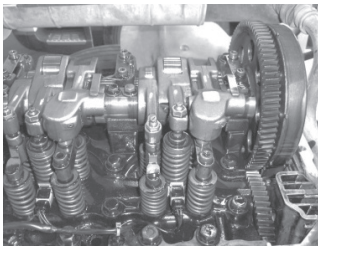
## ระบบเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 5

ถังเชื้อเพลิงปั๊มและกรองน้ำมันเชื้อเพลิง..... 149
ความต้องการส่วนผสมของเครื่องยนต์..... 153
หลักการคาร์บูเรเตอร์เบื้องต้น..... 155
โครงสร้างของคาร์บูเรเตอร์..... 156
วงจรการทำงานของคาร์บูเรเตอร์..... 157
คาร์บูเรเตอร์อิเล็กทรอนิกส์..... 164
ระบบเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สปิโตรเลียมเหลว..... 166
ระบบเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติ..... 170



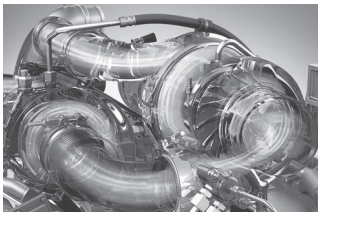
## เครื่องยนต์ดีเซลหรือเครื่องยนต์จุดระเบิดแรงอัด 6

เปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน..... 176
การออกแบบห้องเผาไหม้..... 179
ขั้นตอนการสันดาปในเครื่องยนต์ดีเซล..... 191
ระบบเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล..... 193



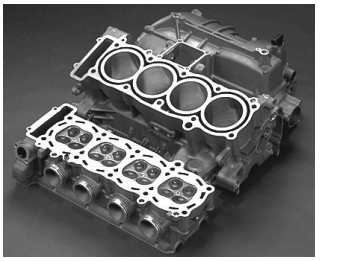
## ระบบประจุอากาศและไอเสียของเครื่องยนต์ 7

กรองอากาศ..... 222
ท่อร่วมไอดี..... 226
เทอร์โบชาร์จเจอร์..... 227
อินเตอร์คูลเลอร์..... 230
ระบบไอเสีย..... 232



## ระบบระบายความร้อนเครื่องยนต์ 8


แบบของระบบระบายความร้อน..... 237
ส่วนประกอบของระบบระบายความร้อนด้วยของเหลว..... 239
สารเพิ่มคุณภาพน้ำหล่อเย็น..... 249
ระบบระบายความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน..... 250
เครื่องยนต์เซรามิค..... 251

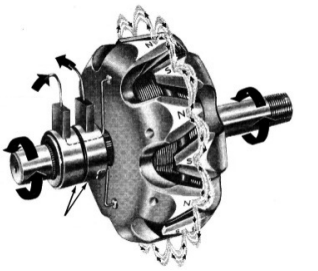



## ระบบหล่อลื่นและสารหล่อลื่น 9


หน้าที่ของระบบหล่อลื่น..... 253
ชนิดระบบหล่อลื่น..... 254
ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบหล่อลื่น..... 259
สารหล่อลื่น..... 265
ประเภทของน้ำมันหล่อลื่น..... 269
มาตรฐานน้ำมันหล่อลื่นตามสภาพการใช้งาน..... 275
สาเหตุที่ทำให้น้ำมันเครื่องสกปรก..... 278
จาระบี..... 279

## ระบบไฟฟ้า 10


หลักการไฟฟ้าเบื้องต้น..... 281
หลักเบื้องต้นของสารกึ่งตัวนำ..... 289
หลักเบื้องต้นของอำนาจแม่เหล็ก..... 296
แบตเตอรี่..... 302
ระบบประจุไฟ..... 312
ระบบสตาร์ท..... 333

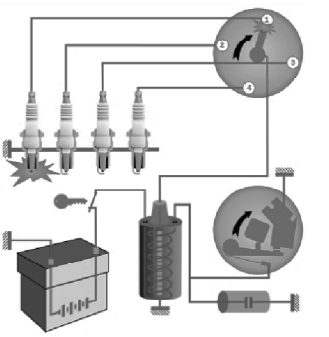



## ระบบจุดระเบิด 11


ประเภทของระบบจุดระเบิด..... 347

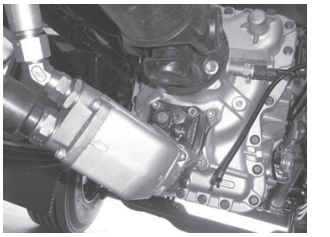

## ระบบส่งกำลัง 12


ระบบส่งกำลัง..... 371
วิธีการส่งกำลัง..... 373
แบบของระบบส่งกำลัง..... 379

ตัวอย่าง

ส่วนประกอบระบบส่งกำลัง..... 383
การส่งกำลังแบบไฮโดรสแตติก..... 410
การส่งกำลังโดยของเหลว..... 420
เฟืองท้าย..... 429
ชุดขับท้าย..... 434
เพลาอำนวยกำลัง..... 438



## ระบบไฮดรอลิกและการประยุกต์ใช้งาน 13

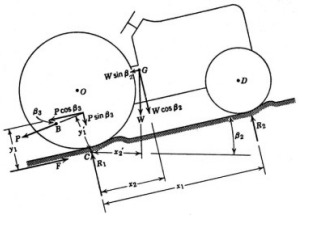
หลักพื้นฐานของระบบไฮดรอลิก..... 448
ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของระบบไฮดรอลิก..... 455
ชนิดของระบบไฮดรอลิก..... 456
ส่วนประกอบระบบไฮดรอลิก..... 461
ระบบไฮดรอลิกกับระบบบังคับเลี้ยวแทรกเตอร์..... 504
การประยุกต์ใช้ระบบไฮดรอลิกกับระบบเบรก..... 505
การนำระบบไฮดรอลิกกับอุปกรณ์พ่วงท้าย..... 507

## การถ่ายเทน้ำหนักแรงฉุดลากและเสถียรภาพ 14

โมเมนต์และจุดศูนย์ถ่วง..... 511
การถ่ายเทน้ำหนัก..... 513
ยางรถฟาร์มแทรกเตอร์..... 515
เสถียรภาพของรถแทรกเตอร์..... 538
สัญญาณมือ..... 540

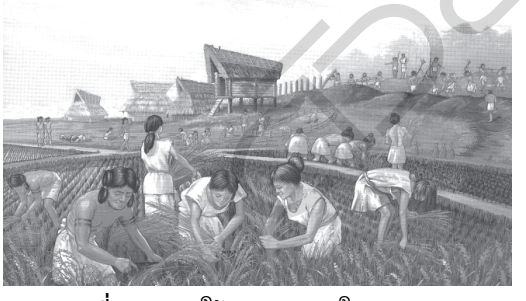
## กลศาสตร์ของรถแทรกเตอร์ 15

ข้อกำหนดเบื้องต้น..... 543
แรงที่กระทำกับแทรกเตอร์..... 544
จุดศูนย์ถ่วงแทรกเตอร์..... 545
แรงดึงไม่ขนานกับแนวลากเมื่อเคลื่อนที่บนพื้นลาดเท..... 549
โมเมนต์เฉื่อยมวล..... 550
แรงในสภาวะพลศาสตร์..... 551
แรงคู่ควบไจโรสโคปิก..... 552
สมการของแรงและโมเมนต์อย่างสมบูรณ์..... 553
การเลี้ยวรถด้วยความเร็วสูง..... 553



# บทที่ 1
# การวิวัฒนาการและหน้าที่ของรถแทรกเตอร์

เมื่อพิจารณาวิวัฒนาการทางการเกษตรจะเห็นว่าเกิดขึ้นและได้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะมีลักษณะที่คล้าย ๆ กันทั่วโลก เริ่มจากการใช้แรงงานคนเป็นหลักในการทำงานโดยการใช้เครื่องทุ่นแรงแบบง่าย ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อรองรับกับการใช้แรงงานของคน เช่น จอบ คราด เป็นต้น จากนั้นได้พัฒนาเครื่องมือหรือเครื่องทุ่นแรงให้ใช้กับสัตว์ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการทำงานมากขึ้นอีกระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามหลังจากสงครามโลกเป็นต้นมารูปแบบการผลิตทางการเกษตรได้เปลี่ยนไป จากการผลิตเพื่อใช้บริโภคเพียงอย่างเดียวเป็นหลักมาเป็นการผลิตเพื่อจำหน่ายหรือการผลิตเพื่ออุตสาหกรรม เนื่องจากเกิดความต้องการอาหารและเครื่องนุ่งห่มเป็นอย่างมาก ดังนั้นวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมไม่สามารถตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้ จึงเกิดการพัฒนาเครื่องทุ่นแรงอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในทวีปยุโรปและทวีปอเมริกา แทรกเตอร์ได้ถูกคิดค้นและออกแบบขึ้นเพื่อใช้เป็นต้นกำลังสำคัญทางการเกษตรซึ่งมีผลทำให้เกิดความก้าวหน้าทางการเกษตรผลผลิตทางการเกษตรมีคุณภาพและปริมาณสูงขึ้น เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดียิ่งขึ้น ดังนั้นหากจะสรุปอย่างง่ายว่าวิวัฒนาการทางการเกษตรนั้นพัฒนาจากยุคแรก คือ การใช้แรงงานคนในการทำงานมาเป็นยุคที่สอง คือ การนำแรงงานสัตว์มาใช้เป็นต้นกำลังทดแทนแรงงานคน จนมาถึงยุคปัจจุบันเป็นการนำเครื่องมือกลหรือเครื่องทุ่นแรงมาทดแทนทั้งแรงงานของคนและสัตว์ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมสูงขึ้น



**รูปที่ 1.1** การใช้แรงงานคนในการเกษตร

**รูปที่ 1.2** การนำสัตว์มาทดแทนแรงงานคน

(ก)

(ข)

**รูปที่ 1.3** การใช้เครื่องทุ่นแรงหรือเครื่องจักรกลมาทดแทนแรงงานคนและสัตว์ (ก) และ (ข)

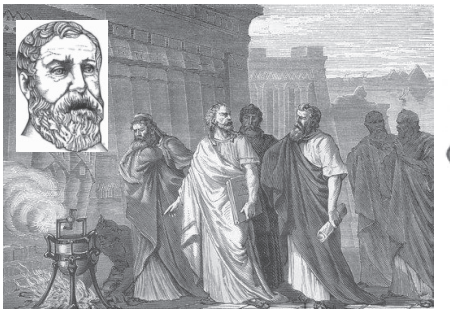
ประเทศไทยเองแม้จะมีความก้าวหน้าทางการเกษตรอย่างค่อยเป็นค่อยไป แต่ก็เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรเกือบทั้งหมดใช้เครื่องทุ่นแรงในการทำการเกษตร ซึ่งปัญหาสำคัญด้านการเกษตรของไทยอีกอย่างหนึ่งก็คือ การขาดแคลนแรงงานทางด้านเกษตร สาเหตุเนื่องจากแรงงานภาคเกษตรส่วนหนึ่งย้ายไปสู่ภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการอื่น ๆ ดังนั้นการนำเครื่องทุ่นแรงมาใช้จึงเป็นการแก้ปัญหาที่ตรงจุดและมีประสิทธิภาพ

ดังที่กล่าวแล้วว่าแทรกเตอร์ฟาร์มถือว่าเป็นหัวใจสำคัญในภาคการเกษตร ถือเป็นต้นกำลังหลักที่นำมาทดแทนแรงงานคนและแรงงานสัตว์ จะเห็นว่าแทรกเตอร์ฟาร์มเป็นต้นกำลังที่สามารถประยุกต์ใช้กับเครื่องทุ่นแรงหรือเครื่องจักรกลเกษตรได้หลากหลาย เนื่องจากสามารถใช้ไถเตรียมดิน ปลูกพืช ควบคุมและกำจัดวัชพืชและยังใช้เก็บเกี่ยวผลผลิตเกษตรได้ ซึ่งการนำแทรกเตอร์ฟาร์มและเครื่องจักรมาใช้ในการเกษตรมีเป้าหมายหลัก 3 ประการคือ (1) เพื่อลดการใช้แรงงานในส่วนที่ไม่จำเป็น (2) เพื่อเพิ่มผลผลิตให้ได้มากกว่าการใช้แรงงานคน และ (3) เพื่อลดระยะเวลาในการทำงานและเพิ่มคุณภาพในการทำงานให้สูงขึ้น ซึ่งปกติมนุษย์เมื่อเติบโตเป็นผู้ใหญ่เต็มที่สามารถใช้พลังงานได้เพียง 150 วัตต์ (0.2 แรงม้า) หรือใช้พลังงาน 0.15 กิโลวัตต์/ชั่วโมง (0.2 แรงม้า/ชั่วโมง) เมื่อต้องทำงานที่ต่อเนื่องกัน ขณะเดียวกันรถแทรกเตอร์ดีเซลที่ดีสามารถให้พลังงาน 3.0 กิโลวัตต์/ชั่วโมง/ลิตร (15.2 แรงม้า/ชั่วโมง/แกลลอน) ดังนั้นเมื่อนำเครื่องจักรมาใช้ในการเกษตรทำให้สามารถได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าเพิ่มขึ้นอีกค่อนข้างมาก นอกจากนั้นยังช่วยทุ่นแรงและลดความเหนื่อยยากของเกษตรกร ทดแทนแรงงานที่หายากและค่าจ้างสูง ประหยัดเวลาและลดต้นทุนการผลิต เป็นต้น

## 1.1 ประวัติและพัฒนาการของแทรกเตอร์

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าแทรกเตอร์เป็นต้นกำลังที่มีความสำคัญมากในภาคการเกษตร แม้ประวัติแทรกเตอร์ได้เริ่มต้นมาอย่างยาวนานในอดีต แต่พัฒนาการสำคัญเกี่ยวกับการออกแบบแทรกเตอร์ได้เริ่มขึ้นเมื่อไม่กี่ร้อยปีที่ผ่านมานี้เองก่อนปีพ.ศ. 2243 (ค.ศ. 1700) การสร้างและทดสอบเครื่องยนต์ต้นกำลังยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร หรืออีกนัยหนึ่งอาจกล่าวได้ว่าความสำเร็จเกี่ยวกับพัฒนาการของเครื่องจักรกลประสบความสำเร็จครั้งแรกในปีพ.ศ. 2312 (ค.ศ. 1769) เมื่อเจมส์ วัตต์ (James Watt) ได้จดสิทธิบัตรเครื่องจักรไอน้ำที่ใช้งานได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น จนสามารถนำไปประยุกต์กับเครื่องจักรกลต่าง ๆ มากมาย อย่างไรก็ตามเพื่อให้เห็นจุดเริ่มต้นของเครื่องจักรไอน้ำจะย้อนเริ่มต้นที่เฮรอนแห่งอเล็กซานเดรีย (Heron of Alexandria) นักคณิตศาสตร์และนักประดิษฐ์ชาวกรีก (ประเทศอียิปต์) ในช่วงศตวรรษที่ 1 ได้ประดิษฐ์แอโรลิไพล (Aeolipile) เป็นอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนด้วยไอน้ำเมื่อ 2,000 ปีมาแล้ว ซึ่งถือเป็นเครื่องจักรไอน้ำเครื่องแรกของโลก แต่ครั้งนั้นใช้เป็นของเล่นไม่ได้นำมาประยุกต์ใช้งานอย่างจริงจัง อย่างไรก็ตามถือเป็นจุดเริ่มต้นของการนำไอน้ำมาใช้ผลักดันหรือขับเคลื่อนให้เกิดการหมุนขึ้น จากนั้นต่อมาเมื่อ พ.ศ. 2206 (ค.ศ. 1663) เอ็ดเวิร์ด โซเมอร์เซ็ด (Edward

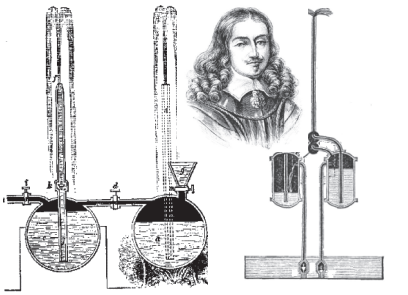
Somerset) ได้ออกแบบและนำหลักการของเฮรอนไปใช้เป็นประโยชน์ในการปั๊มน้ำ โดยหลักการปั๊มน้ำของเขาจะใช้ไอน้ำสร้างทั้งแรงดันและสุญญากาศซึ่งจะทำงานสลับกันสำหรับดูดน้ำและผลักดันน้ำ (สูบน้ำ) ซึ่งสามารถสูบน้ำขึ้นไปได้สูงถึง 40 ฟุต (ประมาณ 12.20 เมตร)



(ก)

(ข)

**รูปที่ 1.4** เฮรอนแห่งอเล็กซานเดรีย (ก) และแอโรลิไพล (ข)

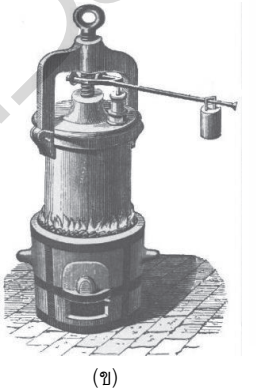


(ค)

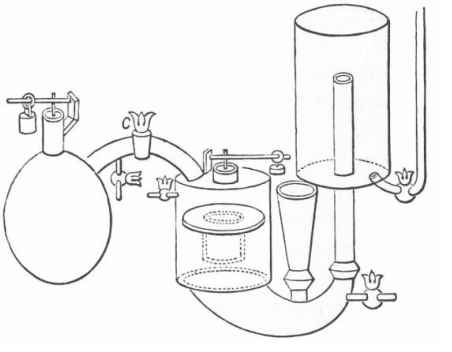
**รูปที่ 1.5** ปั๊มน้ำหลักการของเอ็ดเวิร์ด

ต่อมา พ.ศ. 2223 (ค.ศ. 1680) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส เดนนิส ปาแปง (Denis Papin) ได้สร้างหม้อต้มความดันจุดประสงค์เพื่อใช้ทำอาหาร ซึ่งถือเป็นหม้อความดันรุ่นแรก และเพื่อเป็นการป้องกันการระเบิดของหม้อต้มความดันเขาจึงออกแบบวาล์วลดความดัน (Release Valve) นอกจากนี้ยังสังเกตว่าการทำงานของวาล์วจะเป็นจังหวะขึ้น ๆ ลง ๆ ทำให้เกิดความคิดเกี่ยวกับเครื่องจักรแบบกระบอกสูบ แต่เขาก็ไม่ได้สร้างเครื่องจักรไอน้ำที่ใช้งานได้จริง

(ก)



(ข)

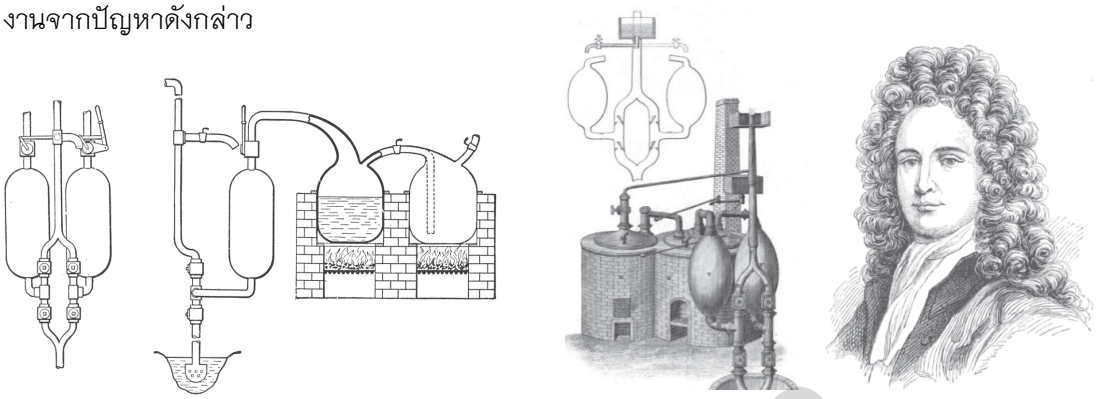


(ค)

**รูปที่ 1.6** เดนนิส ปาแปง (ก) หม้อต้มความดัน (ข) เครื่องจักรไอน้ำแนวคิดเดนนิส ปาแปง (ค)

จากนั้นต่อมาปี พ.ศ. 2241 (ค.ศ. 1698) วิศวกรชื่อโธมัส เซฟเวอรี่ (Thomas Savery) ชาวอังกฤษ ได้นำหลักการของปาแปงที่ออกแบบไว้มาทำเป็นเครื่องจักรไอน้ำที่ใช้งานได้จริง และได้จดสิทธิบัตรเครื่องสูบน้ำของเซฟเวอรี่ (Savery pump) ซึ่งใช้สูบน้ำออกจากเหมืองและถือว่าเป็นเครื่องยนต์เครื่องแรกที่นำพลังงานไอน้ำมาใช้เป็นพลังงานกลเครื่องสูบน้ำของเซฟเวอรี่ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวจะใช้ไอน้ำสำหรับสร้างสุญญากาศดูดน้ำ และจะใช้แรงดันไอน้ำผลักน้ำออกไป ซึ่งสามารถสูบน้ำได้สูง

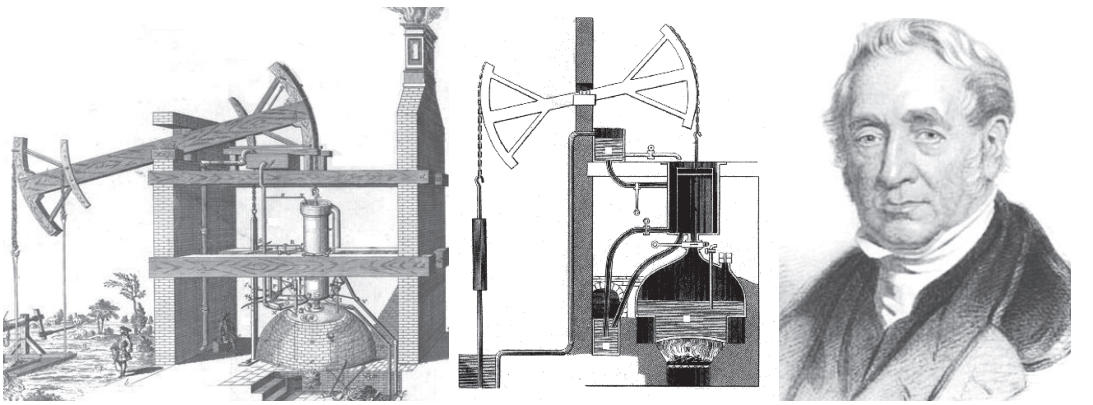
ประมาณ 20 ฟุต แต่การใช้งานค่อนข้างมีปัญหา เนื่องจากเมื่อเพิ่มแรงดันไอน้ำเพื่อดันน้ำออกได้สูงขึ้น ทำให้หม้อน้ำเกิดการระเบิดขึ้นทำให้มีผู้เสียชีวิต ดังนั้นเครื่องสูบน้ำของเซฟเวอรี่จึงไม่ค่อยมีการนำไปใช้งานจากปัญหาดังกล่าว



(ก) (ข) (ค)

**รูปที่ 1.7** หลักการและแบบสร้างเครื่องสูบน้ำโธมัส เซฟเวอรี่ (ก) (ข) และโธมัส เซฟเวอรี่ (ค)

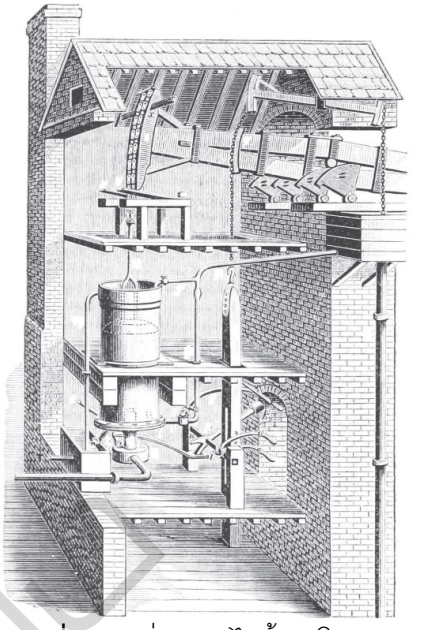
จากแนวคิดและต้นแบบของเซฟเวอรี่เป็นแนวทางให้โธมัส นิวโคเมน (Thomas Newcomen) ชาวอังกฤษนำแนวคิดดังกล่าวไปปรับปรุงให้ทำงานดีขึ้น ดังนั้นเครื่องสูบน้ำของนิวโคเมนทำงานได้ดีกว่าของเซฟเวอรี่ค่อนข้างมาก และได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง แต่เนื่องจากเซฟเวอรี่ได้จดสิทธิบัตรไว้แล้ว ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาในปี พ.ศ. 2255 (ค.ศ. 1712) โธมัส นิวโคเมน จึงต้องทำธุรกิจร่วมกับเซฟเวอรี่เพื่อผลิตเครื่องสูบน้ำที่ออกแบบโดยโธมัส นิวโคเมนและเรียกเครื่องสูบน้ำดังกล่าวว่าเครื่องจักรไอน้ำแบบบรรยากาศ (Atmospheric-engine) ซึ่งการทำงานเครื่องสูบน้ำดังกล่าวโดยการป้อนไอน้ำเข้ากระบอกสูบ มีผลให้ลูกสูบเลื่อนขึ้นจากนั้นฉีดน้ำเย็นเข้าไปในกระบอกสูบให้ไอน้ำกลั่นตัวและเกิดสุญญากาศดูดลูกสูบกลับลงมาซึ่งก้านลูกสูบจะต่อกับคานกระดกและปลายอีกด้านของคานกระดกจะต่ออยู่กับสูบน้ำ โดยทั่วไปมักนิยมใช้ดูดน้ำออกจากเหมือง



(ก) (ข) (ค)

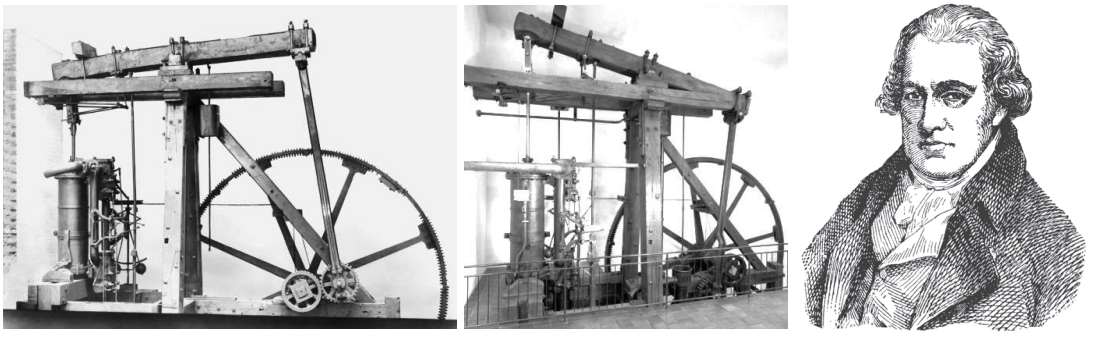
**รูปที่ 1.8** เครื่องสูบน้ำแบบบรรยากาศของโธมัส นิวโคเมน (ก) (ข) และโธมัส นิวโคเมน (ค)

เครื่องสูบน้ำของนิวโคเมนมีการใช้อย่างกว้างขวาง โดยไม่มีการปรับปรุงเป็นเวลากว่า 50 ปี ในปี พ.ศ. 2272 (ค.ศ. 1729) มีเครื่องสูบน้ำของเขาใช้ในอังกฤษและยุโรปอย่างน้อย 100 เครื่องอย่างไรก็ตามยังมีข้อด้อยของเครื่องดังกล่าวคือ 1) การฉีดน้ำเย็นเข้ากระบอกสูบทำให้เสียความร้อนค่อนข้างมากเมื่อป้อนไอน้ำเข้าไปอีกครั้งจะทำให้ไอน้ำบางส่วนกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ต้องรอจนกระบอกสูบร้อนขึ้นจึงจะทำงานได้ เกิดการสูญเสียความร้อนมากเป็นผลให้มีประสิทธิภาพโดยรวมต่ำ 2) ลูกสูบให้กำลังงานไม่ค่อยสม่ำเสมอเกิดการกระตุกมาก ซึ่งหลังจากที่ โธมัส นิวโคเมน เสียชีวิตไปเป็นเวลา 34 ปี เจมส์ วัตต์ ได้มาเห็นการทำงานเครื่องจักรไอน้ำของนิวโคเมนในปี พ.ศ. 2306 (ค.ศ. 1763) และพบข้อบกพร่องทั้งสองประการดังที่กล่าวมาแล้วก็ได้รับการแก้ไข ซึ่งมีผลทำให้เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมรอบสอง



**รูปที่ 1.9** เครื่องจักรไอน้ำนิวโคเมน

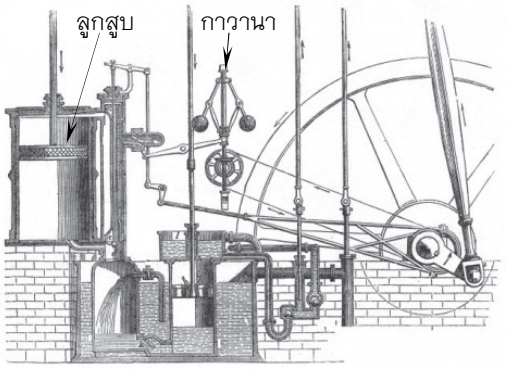
เนื่องจากเจมส์ วัตต์ (James Watt) เป็นวิศวกรและนักประดิษฐ์ชาวสกอตแลนด์ถือเป็นบิดาเครื่องจักรไอน้ำ ดังมีรายละเอียดการประดิษฐ์คิดค้นพอสังเขปคือ ในปี พ.ศ. 2306 (ค.ศ. 1763) เจมส์ วัตต์ ทราบแล้วว่าเครื่องจักรไอน้ำของนิวโคเมนเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ เทอะทะ ทำงานช้า จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบให้กะทัดรัดและทำงานต่อเนื่อง (ไม่มีจังหวะหยุดเหมือนของนิวโคเมน) ดังนั้นจึงอาสาซ่อมเครื่องต้นแบบของนิวโคเมนโดยไม่คิดค่าตอบแทน ด้วยความวิริยะอุตสาหะจนกระทั่งในปี พ.ศ. 2308 (ค.ศ. 1765) ได้ปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้มีประสิทธิภาพและใช้งานได้จริง ในปี พ.ศ. 2312 (ค.ศ. 1769) เจมส์ วัตต์ ได้จดสิทธิบัตรเครื่องจักรไอน้ำในชื่อ เครื่องสันดาปแยก (Separate condenser) และในปี พ.ศ. 2319 (ค.ศ. 1776) เครื่องจักรไอน้ำตัวแรกได้ติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีการทำงานแบบไปกลับอย่างเดียว (Only reciprocating motion)



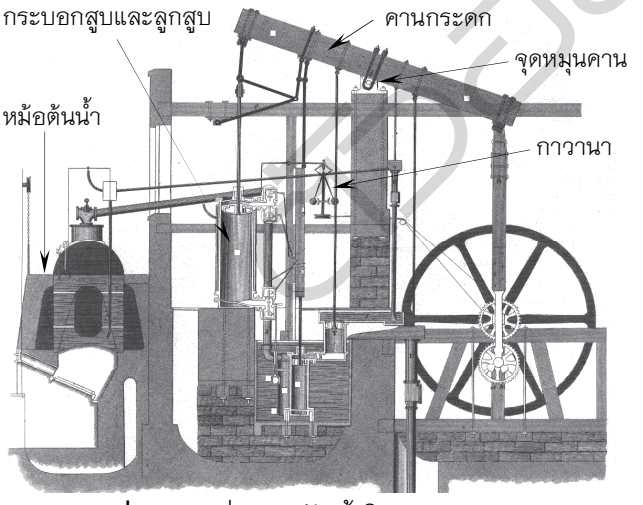
(ก) (ข) (ค)

**รูปที่ 1.10** เครื่องจักรไอน้ำของเจมส์ วัตต์ (ก) (ข) และเจมส์ วัตต์ (ค)

นอกจากนั้นเจมส์ วัตต์ ได้ให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แบบไปกลับเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน เพื่อให้สามารถใช้กับการโม่ การทอ และการสีข้าว ซึ่งทางออกก็คือการใช้ข้อเหวี่ยง (Crank) และหลายปีต่อมาได้ประดิษฐ์อุปกรณ์เสริมให้กับเครื่องจักรไอน้ำ เช่น พัฒนาการทำงานกระบอกสูบให้เป็นแบบทำงานสองทาง (Double acting engine) โดยป้อนไอน้ำเข้ากระบอกสูบสองด้านในเครื่องเดียวกัน และได้ออกแบบกาวานา สำหรับควบคุมแรงเหวี่ยงหนี (Centrifugal governor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันชิ้นส่วนที่หมุนด้วยความเร็วสูงหลุดออกจากกัน พร้อมทั้งได้พัฒนาเครื่องจักรไอน้ำแบบที่มีหลายสูบ (Compound engine) โดยการเชื่อมต่อการส่งกำลังเครื่องจักรไอน้ำสองตัวหรือมากกว่า โดยเครื่องของเขาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากขึ้นเป็น 5 เท่าของนิวโคเมน เมื่อใช้เชื้อเพลิงเท่ากัน อย่างไรก็ตามในช่วงแรกเครื่องจักรไอน้ำของเขาถูกต่อต้าน เนื่องจากอันตรายจากการระเบิดของหม้อน้ำ ซึ่งหลังจากโอลิเวอร์ อีวานส์ (Oliver Evans) และริชาร์ด เทรวิทิค (Richard Trevithick) ได้คิดค้นวาล์วนิรภัย ซึ่งทำหน้าที่ปล่อยความดันที่เกินออก เพื่อป้องกันหม้อน้ำระเบิด ดังนั้น ในปี พ.ศ. 2337 (ค.ศ. 1794) เขาได้จดทะเบียนห้างหุ้นส่วนจำกัดโบลตันแอนด์วัตต์ (Boulton and Watt) กลายเป็นผู้ผลิตเครื่องจักรไอน้ำแต่เพียงผู้เดียวและประสบความสำเร็จมาตลอด 25 ปี ซึ่งถือเป็นการนำเครื่องจักรไอน้ำไปสู่ขยายผลใช้งานที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

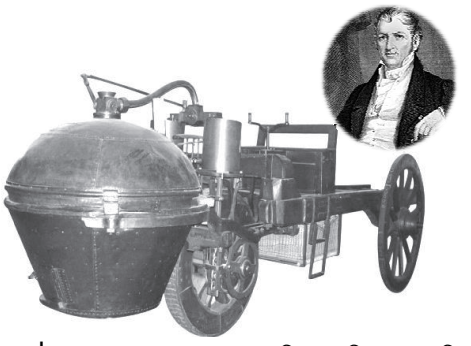



**รูปที่ 1.11** เครื่องจักรไอน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์เสริม



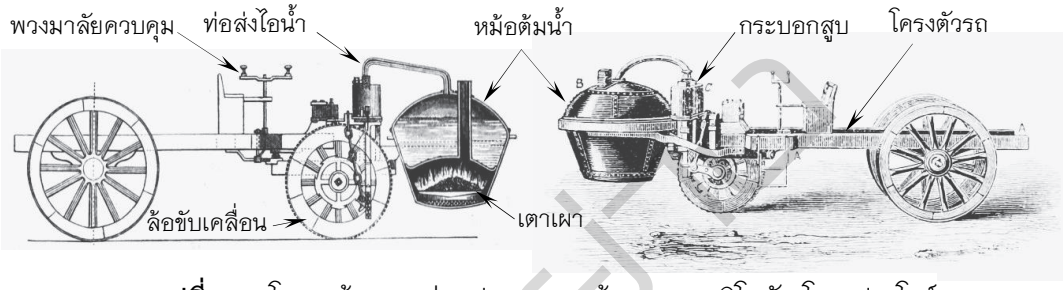

**รูปที่ 1.12** เครื่องจักรไอน้ำโบลตันแอนด์วัตต์

ขณะเดียวกันในปี พ.ศ. 2312 (ค.ศ. 1769) นิโคลัส โจเซฟ คูโนว์ (Nicolas–Joseph Cugnot) ชาวฝรั่งเศส ได้นำเครื่องยนต์ไอน้ำมาประยุกต์ใช้ขับเคลื่อนรถเป็นครั้งแรก ซึ่งรถต้นแบบที่ประดิษฐ์ขึ้นมีลักษณะเป็นรถ 3 ล้อ วัตถุประสงค์ในตอนนั้นเพื่อต้องการใช้ลากปืนใหญ่ แต่รถต้นแบบยังคงมีขนาดค่อนข้างใหญ่ เคลื่อนที่ได้ช้า บังคับควบคุมยาก (ขณะทดสอบเกิดการชนกำแพงจนได้รับความเสียหาย) จึงได้หยุดพัฒนารถต้นแบบเนื่องจากไม่มีเงินทุน แต่อย่างไรก็ตามผลงานดังกล่าวถือเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเครื่องจักรไอน้ำมาเพื่อใช้สำหรับการขับเคลื่อน



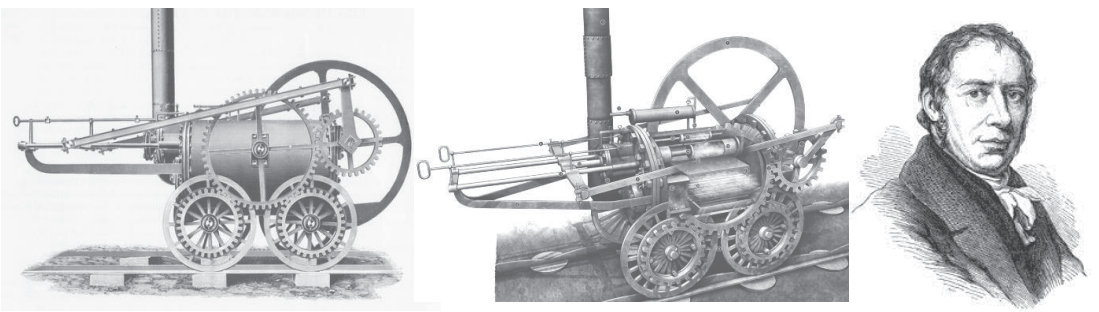
**รูปที่ 1.13** รถต้นแบบของนิโคลัส โจเซฟ คูโนว์

**รูปที่ 1.14** อุบัติเหตุจากการทดสอบรถต้นแบบ




**รูปที่ 1.15** โครงสร้างและส่วนประกอบรถต้นแบบของนิโคลัส โจเซฟ คูโนว์

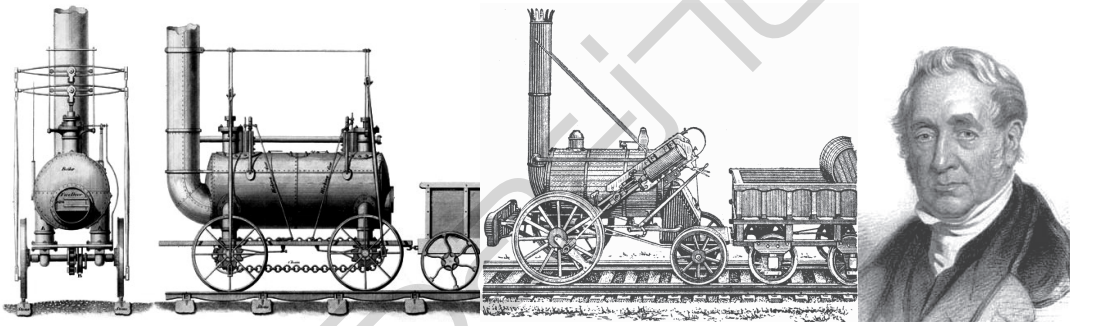
จากนั้นต่อมาในปี พ.ศ. 2345 (ค.ศ. 1802) ริชาร์ด เทรวิทิค (Richard Trevithick) ชาวอังกฤษเป็นนักประดิษฐ์ที่สร้างรถราง (รถไฟ) ที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องจักรไอน้ำได้เป็นผลสำเร็จเป็นคนแรกของโลก ต่อมาปรับปรุงให้สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้นจากวิศวกรชาวอังกฤษชื่อจอร์จ สตีเฟนสัน (George Stephenson) และได้เป็นต้นแบบของรถไฟในเวลาต่อมา ซึ่งริชาร์ด เทรวิทิค มีความสนใจเรื่องเครื่องจักรไอน้ำมาตั้งแต่เด็กและเห็นว่าเครื่องจักรไอน้ำต้นแบบที่นิวโคเมนสร้างขึ้นนั้นเป็นเครื่องจักรที่ใช้งานอยู่กับที่มีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก และมีรูปร่างค่อนข้างเทอะทะ ซึ่งเขาได้ดัดแปลงเอาเครื่องจักรไอน้ำนั้นมาใช้กับรถไฟโดยทำให้ขนาดเล็กลง จนเกิดเป็นเครื่องจักรไอน้ำที่ผลักดันให้รถไฟแล่นไปตามรางได้เป็นผลสำเร็จ แม้ว่าจะแล่นช้า (ราว 15 ไมล์ต่อชั่วโมง) มีเสียงดังและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก ซึ่งได้นำออกแสดงให้ผู้คนได้ชมครั้งแรกในปี พ.ศ. 2347 (ค.ศ. 1804)



(ก) (ข) (ค)

**รูปที่ 1.16** รถไฟเครื่องจักรไอน้ำผลงานของริชาร์ด เทรวิทิค (ก) (ข) และริชาร์ด เทรวิทิค (ค)

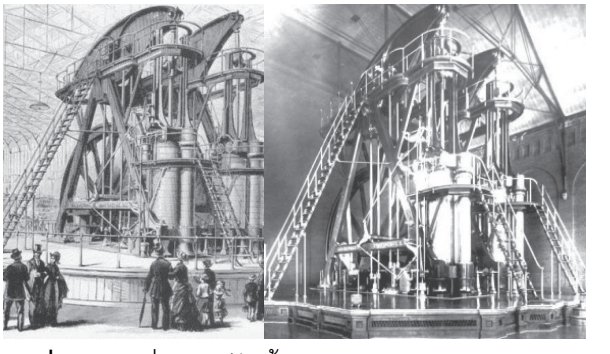
สำหรับจอร์จ สตีเฟนสัน (George Stephenson) วิศวกรชาวอังกฤษ ซึ่งเป็นผู้นำคนหนึ่งในการคิดค้นและปรับปรุงเครื่องจักรไอน้ำสำหรับเป็นต้นกำลังรถไฟจนใช้งานได้ดี งานประดิษฐ์คิดค้นของเขาสานต่อจากงานของริชาร์ด เทรวิทิค ที่ได้เริ่มไว้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และเนื่องจากเครื่องจักรไอน้ำของริชาร์ด เทรวิทิค ยังเป็นรถจักรไอน้ำที่ใช้เป็นล้อรถธรรมดาและวิ่งบนถนน นอกจากนั้นรถดังกล่าวยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความเร็วต่ำ และทำความเสียหายแก่ถนนเพราะน้ำหนักการบรรทุกที่มาก จึงได้สร้างรางเหล็กให้รถจักรวิ่ง ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาถนนพังได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิ่งรถบนรางแล้ว รถจักรยังคงตกรางบ่อย ๆ จึงได้ปรับปรุงล้อรถจักรใหม่จากเดิมเป็นล้อธรรมดาก็เปลี่ยนเป็นล้อเหล็กและมีร่องสำหรับวิ่งบนรางเหล็กอีกด้วย จนได้รับการยกย่องว่าเป็น "บิดาแห่งการรถไฟ" และยังเป็นผู้นำสร้างทางรถไฟวิ่งบริการสาธารณะระหว่างเมืองสายแรกของโลกที่ใช้หัวรถจักรไอน้ำระหว่างเมืองลิเวอร์พูลและเมืองแมนเชสเตอร์ ซึ่งเปิดให้บริการในปี พ.ศ. 2373 (ค.ศ. 1830) โดยที่เขาถูกขนานนามในฐานะ "บิดาของรถไฟ"



(ก) (ข) (ค)

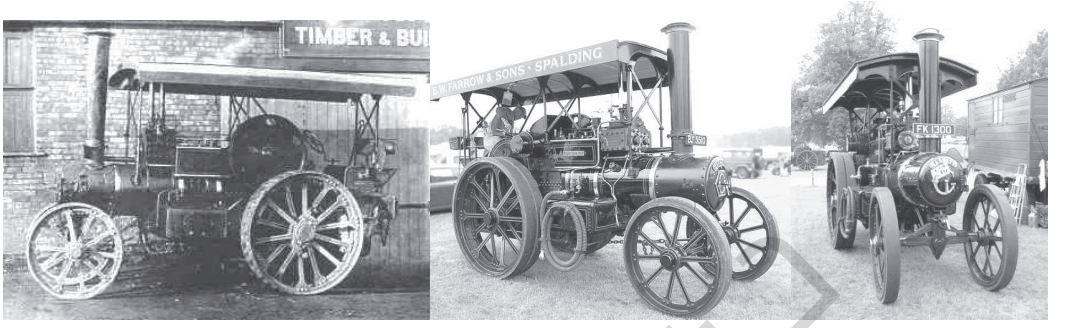
**รูปที่ 1.17** รถไฟเครื่องจักรไอน้ำผลงานของจอร์จ สตีเฟนสัน (ก) (ข) และจอร์จ สตีเฟนสัน (ค)

ขณะเดียวกันที่ประเทศอังกฤษเกิดการพัฒนาเครื่องจักรไอน้ำอย่างแพร่หลาย เครื่องจักรขนาดใหญ่ถูกนำมาใช้เพื่อทดแทนแรงงานคน ดังรูปที่ 1.18 เครื่องจักรไอน้ำของบริษัทคอร์ลิสส์ ซึ่งจะเห็นว่าเครื่องจักรไอน้ำดังกล่าวเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 44 นิ้ว ระยะชัก 10 ฟุต มีความสูงโดยรวม 54 ฟุต หนัก 56 ตัน ล้อช่วยแรง (Fly Wheel) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ฟุต หนา 24 นิ้ว สามารถให้แรงม้าเท่ากับ 1,400 แรงม้า ที่ 36 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่



**รูปที่ 1.18** เครื่องจักรไอน้ำของบริษัทคอร์ลิสส์ (Corliss)

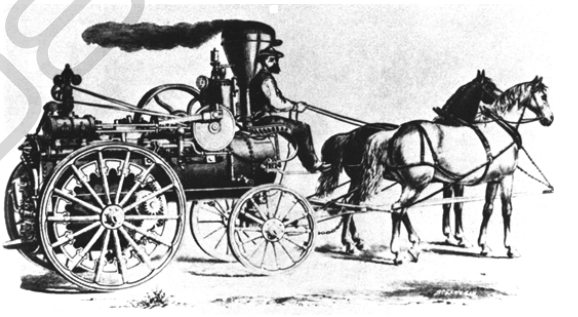
ซึ่งในช่วงเวลาเดียวกันที่อังกฤษได้พัฒนาแทรกเตอร์ที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำเป็นต้นกำลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2383 (ค.ศ. 1840) ซึ่งเป็นแทรกเตอร์ที่ใช้ทำงานอยู่ในฟาร์ม เครื่องต้นกำลังจากเครื่องจักรไอน้ำที่ใช้ปกติจะมีขนาดกำลังเท่ากับ 5 ถึง 20 แรงม้า ซึ่งสามารถลดการใช้แรงงานคนและลดเวลาในการทำงานลงได้เป็นอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2411 (ค.ศ. 1868) แทรกเตอร์ส่วนใหญ่ใช้สำหรับยกและลากท่อนซุง ซึ่งแทรกเตอร์ที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายคือรุ่น การ์แรทท์ 4 CD (Garrett 4 CD)




(ก) (ข) (ค)

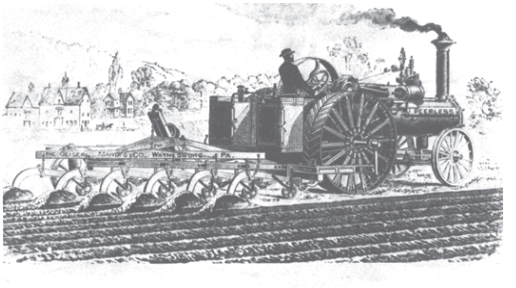
**รูปที่ 1.19** แทรกเตอร์รุ่นการ์แรทท์ 4 CD (ก) (ข) และ (ค) ที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในยุคนั้น

ขณะเดียวกันในประเทศสหรัฐอเมริกาเกิดสงครามกลางเมืองขึ้น เกิดการตั้งถิ่นฐานในดินแดนทุ่งหญ้าทางตะวันตก และมีความต้องการเครื่องทุ่นแรงในฟาร์มมากขึ้น โดยใช้เครื่องจักรไอน้ำเป็นต้นกำลังให้กับเครื่องนวด แต่เนื่องจากเครื่องจักรไอน้ำดังกล่าวยังไม่มีระบบขับเคลื่อนของตัวเอง จึงใช้ม้าหรือล่อมาฉุดลากไปยังแปลงต่าง ๆ ดังรูปที่ 1.20



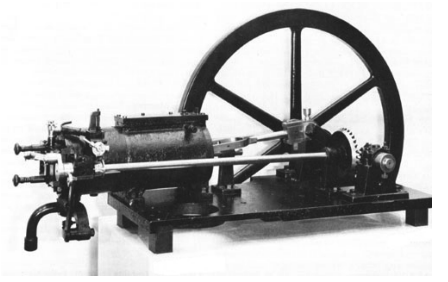
**รูปที่ 1.20** การใช้ม้าฉุดลากเครื่องจักรไอน้ำ

ในปี พ.ศ. 2413 (ค.ศ. 1870) มีผู้ประดิษฐ์คิดค้นชุดคลัตช์ เกียร์ และโซ่ที่จะใช้ขับล้อหลังเครื่องจักรไอน้ำนอกจากนั้นอุปกรณ์ควบคุมการบังคับเลี้ยวได้ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อใช้ควบคุมบังคับเลี้ยวที่ล้อหน้า ในปี พ.ศ. 2423 (ค.ศ. 1880) เกษตรกรได้ซื้อแทรกเตอร์เครื่องจักรไอน้ำมาใช้งานเป็นจำนวนมาก นำมาใช้ในงานนวดและไถเตรียมดิน ดังรูปที่ 1.21



**รูปที่ 1.21** เครื่องจักรไอน้ำฉุดลากชุดไถ

พัฒนาการที่สำคัญของการพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายใน เมื่อโบ เดอ โรซาส์ (Beau de Rochas) ปี พ.ศ. 2405 (ค.ศ. 1862) วิศวกรชาวฝรั่งเศสได้นำเสนอหลัก 4 ประการ เพื่อให้การทำงานของเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คือ



(ก) (ข)

**รูปที่ 1.22** โบ เดอ โรซาส์ (ก) และเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นตามหลักการของเขา ซึ่งเขาไม่ได้ประดิษฐ์ขึ้นเอง (ข)

1) ห้องเผาไหม้ควรมีปริมาตรที่เล็กที่สุดเพื่อเพิ่มอัตราส่วนความอัด

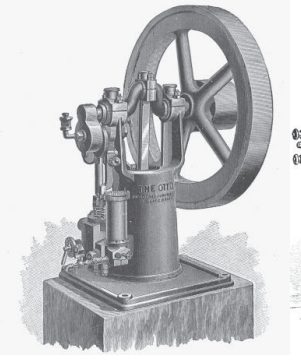
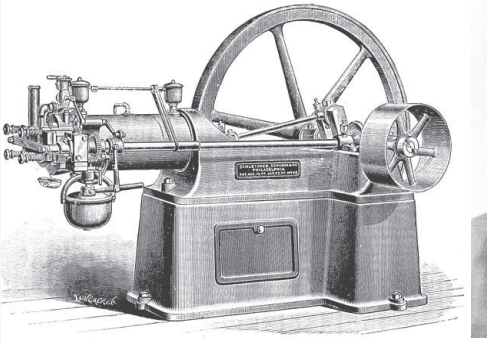
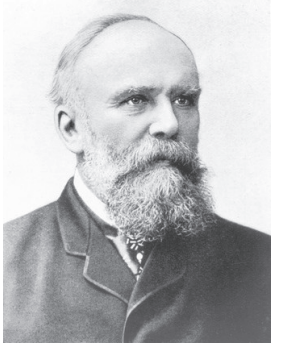
2) กระบวนการขยายตัว (Expansion process) ควรเกิดขึ้นรวดเร็วที่สุด

3) แรงอัด ณ จุดเริ่มขยายตัวควรมีค่าสูงที่สุด

4) จังหวะของการขยายตัวควรยาวที่สุด

หลังจากที่โบ เดอ โรซาส์ ได้นำเสนอหลักการดังกล่าว มีนักประดิษฐ์จำนวนมากได้พยายามนำหลักการนั้นมาประดิษฐ์เครื่องยนต์สันดาปภายในอย่างหลากหลาย แต่มีผู้ที่ประสบความสำเร็จคนแรกเป็นชาวเยอรมันชื่อ นิโคลัส ออกัสท์ ออตโต้ (Nikolaus August Otto) ได้คิดหลักการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยใช้หลักทางเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งเรียกเป็นวัฏจักรทางความร้อน โดยใช้ชื่อว่า "วัฏจักรออตโต้ (Otto Cycle)" และเขายังได้คิดค้น "ระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ (แมกนีโต)" ได้จดสิทธิบัตรในปี พ.ศ. 2419 (ค.ศ. 1876) และได้จัดแสดงรูปแบบการทำงานหลังจากนั้นสองปีต่อมาได้ประดิษฐ์เครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ โดยใช้เชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของแก๊สภายหลังการอัดได้เป็นเครื่องแรกในปีพ.ศ. 2421 (ค.ศ. 1878) นิโคลัส ออกัสท์ ออตโต้ และยูจีน แลงเกน (Eugen Langen) ได้สร้างเครื่องยนต์เป็นเครื่องยนต์ที่มี 4 จังหวะการทำงาน ได้แก่ จังหวะดูดส่วนผสม (Intake) จังหวะอัด (Compression) จังหวะกำลัง (Power) และจังหวะคายไอเสียออกจากกระบอกสูบ (Exhaust) ซึ่งเป็นหลักการที่ยังคงใช้กันมาถึงปัจจุบันนี้

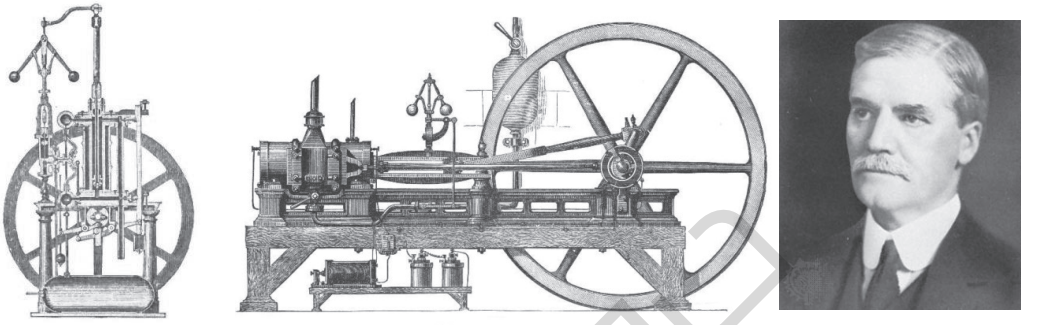
**รูปที่ 1.23** นิโคลัส ออกัสท์ ออตโต้

(ก) (ข) (ค)

**รูปที่ 1.24** เครื่องยนต์สันดาปภายในที่พัฒนาโดยออตโต้และแลงเกน (ก) (ข) และยูจีน แลงเกน (ค)

ขณะเดียวกันนักประดิษฐ์ร่วมสมัยของออตโต้ ต่างก็มีความคิดเห็นว่าการเกิดกำลังเพียงจังหวะเดียวในเครื่องยนต์ที่มีการหมุน 2 รอบ เป็นการสูญเปล่าอย่างมากจึงหันมาให้ความสนใจกับเครื่องยนต์ 2 จังหวะและเครื่องยนต์ที่ไม่ต้องใช้แรงอัดอีก 3 ปี ภายหลังจากที่ออตโต้ได้ประดิษฐ์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ เซอร์ดักแกลด เคริก (Sir Dugald Clerk) ชาวสกอตแลนด์ได้สร้างเครื่องยนต์ 2 จังหวะที่มีระบบอัดขึ้น แต่ได้หยุดไปเนื่องจากปัญหาด้านกลไกการทำงาน



(ก) (ข) (ค)

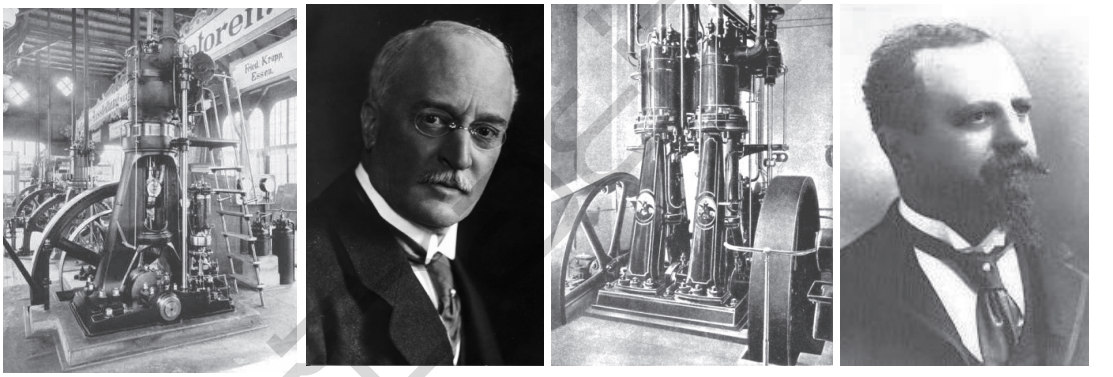
**รูปที่ 1.25** เครื่องยนต์ 2 จังหวะของเซอร์ดักแกลด เคริก (ก) (ข) และเซอร์ดักแกลด เคริก (ค)

ในปี พ.ศ. 2434 (ค.ศ. 1891) โจเซฟ เดย์ (Joseph Day) ชาวอังกฤษ ได้ลดความซับซ้อนในการออกแบบเครื่องยนต์ 2 จังหวะลงโดยใช้ห้องเพลาข้อเหวี่ยง (Crankcase) ช่วยในการอัดอากาศแทนการใช้ลูกสูบอัด (Pumping cylinder) สำหรับเครื่องยนต์ที่เดย์ประดิษฐ์มีการใช้ช่องไอดีและช่องไอเสียที่ผนังกระบอกสูบเช่นเดียวกับที่ใช้ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ในปัจจุบันและในปี พ.ศ. 2449 (ค.ศ. 1906) บริษัทคัชแมน (Cushman Company) ประสบความสำเร็จในการประดิษฐ์เครื่องยนต์ 2 จังหวะ 2 สูบจุดระเบิดด้วยหัวเทียนสำหรับใช้เป็นต้นกำลังต่าง ๆ นอกจากนั้นยังใช้เป็นต้นกำลังของรถแทรกเตอร์เพื่อใช้ในการเกษตรอีกด้วย

(ก) (ข) (ค)

**รูปที่ 1.26** เครื่องยนต์ 2 จังหวะโจเซฟ เดย์ (ก) เครื่องยนต์ 2 จังหวะของบริษัทคัชแมนที่ติดตั้งบนรถแทรกเตอร์ (ข) และติดตั้งบนรถพ่นสารเคมี (ค)

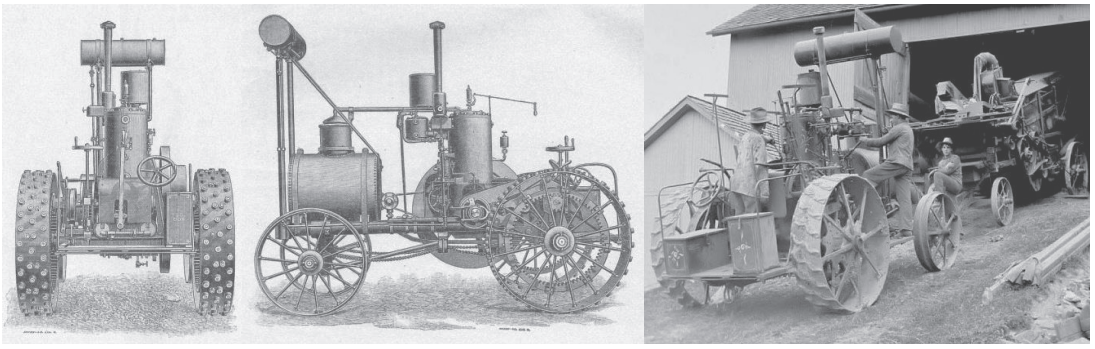
ในปี พ.ศ. 2435 (ค.ศ. 1892) ดร.รูดอล์ฟ ดีเซล (Dr. Rudolf Diesel) วิศวกรชาวเยอรมันได้จดสิทธิบัตรเครื่องยนต์ดีเซลที่จุดระเบิดด้วยการอัดอากาศ หลังจากทดลองมาหลายปี โดยเรียกหลักการการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ใหม่ว่า “วัฏจักรดีเซล (Diesel Cycle)” ซึ่งใช้การจุดระเบิดเชื้อเพลิงโดยการอัดอากาศให้มีปริมาตรเล็กลงและมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในระยะแรกเขาได้ออกแบบเครื่องยนต์ให้ทำงานได้โดยใช้ผงถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงแต่หลังจากนั้นไม่นานก็เปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงเหลว เครื่องยนต์ของดีเซลนี้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงคุณภาพต่ำที่มีราคาถูกได้หลายชนิด อีกทั้งมีชิ้นส่วนน้อยกว่า และให้ประสิทธิภาพทางความร้อนดีกว่าเครื่องยนต์ของออตโต้ อย่างไรก็ตามปี พ.ศ. 2439 (ค.ศ. 1896) อดอล์ฟ บูชส์ (Adolph Busch) ได้สร้างเครื่องยนต์ดีเซลเครื่องแรกของสหรัฐอเมริกาขึ้นที่เมืองเซนต์หลุยส์ รัฐมิสซูรีแต่ก็ยังไม่มีการนำเครื่องยนต์ดีเซลมาใช้ในแทรกเตอร์เพื่อการเกษตร จนกระทั่งอีกหลายปีหลังจากนั้น



(ก) (ข) (ค) (ง)

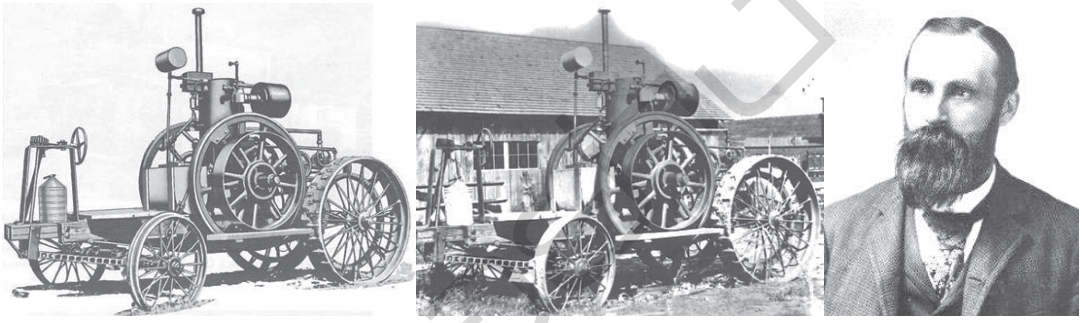
**รูปที่ 1.27** เครื่องยนต์ดีเซลของรูดอล์ฟ ดีเซล (ก) ดร.รูดอล์ฟ ดีเซล (ข)
เครื่องยนต์ดีเซลของอดอล์ฟ บูชส์ (ค) และอดอล์ฟ บูชส์ (ง)

ในเวลาเดียวกันปี พ.ศ. 2435 (ค.ศ. 1892) ในเมืองเล็ก ๆ ที่อยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของไอโอวา จอห์น ฟรอลิกท์ (John Froelich) ชาวอเมริกัน คิดว่าการนำเครื่องยนต์แก๊สโซลีนไปติดตั้งเข้ากับเครื่องนวดน่าจะเหมาะสมกว่า ต่อมาได้คิดค้นและประดิษฐ์แทรกเตอร์เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเครื่องแรกได้สำเร็จ โดยได้วางเครื่องยนต์แก๊สโซลีน แวน ดูเซน (Van Duzen) ลงบนตัวโครงรถโรบินสัน (Robinson chassis) ได้ติดตั้งชุดเกียร์เข้ากับแทรกเตอร์ ทำให้แทรกเตอร์สามารถเคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลังได้ จากนั้นได้ก่อตั้งบริษัทแทรกเตอร์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนวอเตอร์ลู บอย ขึ้นและเขาได้พัฒนาผลิตแทรกเตอร์ดังกล่าวไปเป็นรุ่นวอเตอร์ลู บอย (Waterloo Boy) ในปี พ.ศ. 2457 (ค.ศ. 1914) จากนั้นได้ขายกิจการให้บริษัทจอห์นเดียร์ (John Deere) ในปี พ.ศ. 2461 (ค.ศ. 1918) และแทรกเตอร์ดังกล่าวได้พัฒนาไปสู่แทรกเตอร์เครื่องยนต์ 2 สูบของบริษัทจอห์นเดียร์ในที่สุด



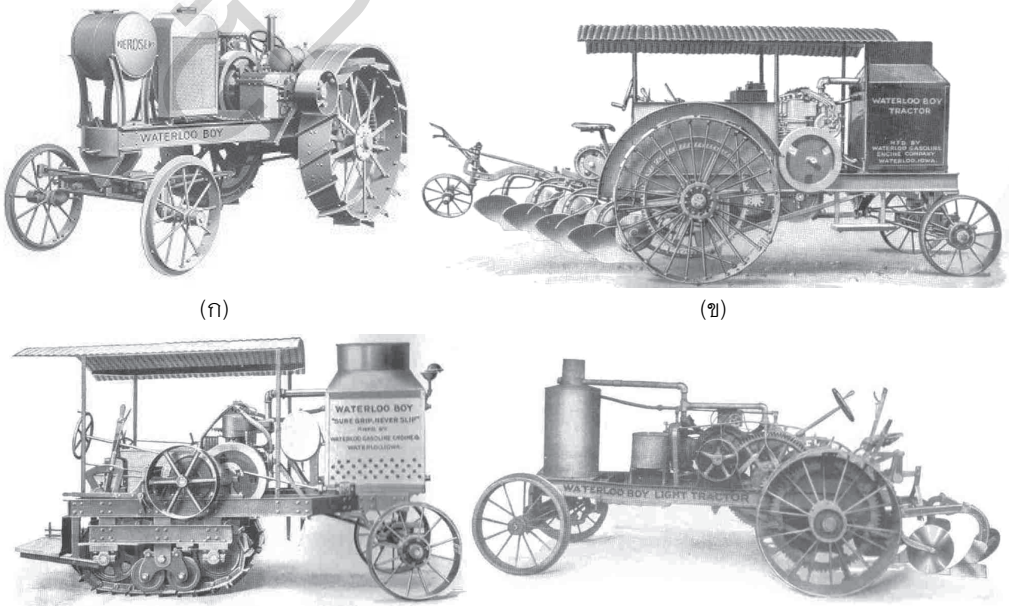
(ก) (ข) (ค)

**รูปที่ 1.28** การติดตั้งเครื่องยนต์แก๊สโซลีน แวน ดูเซน สูบเดียวเข้ากับแทรกเตอร์ (ก) (ข) และแทรกเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลังให้กับเครื่องนวด (ค)



(ก) (ข) (ค)

**รูปที่ 1.29** แทรกเตอร์ของจอห์น ฟรอลิกท์ (ก) (ข) และจอห์น ฟรอลิกท์ (ค)

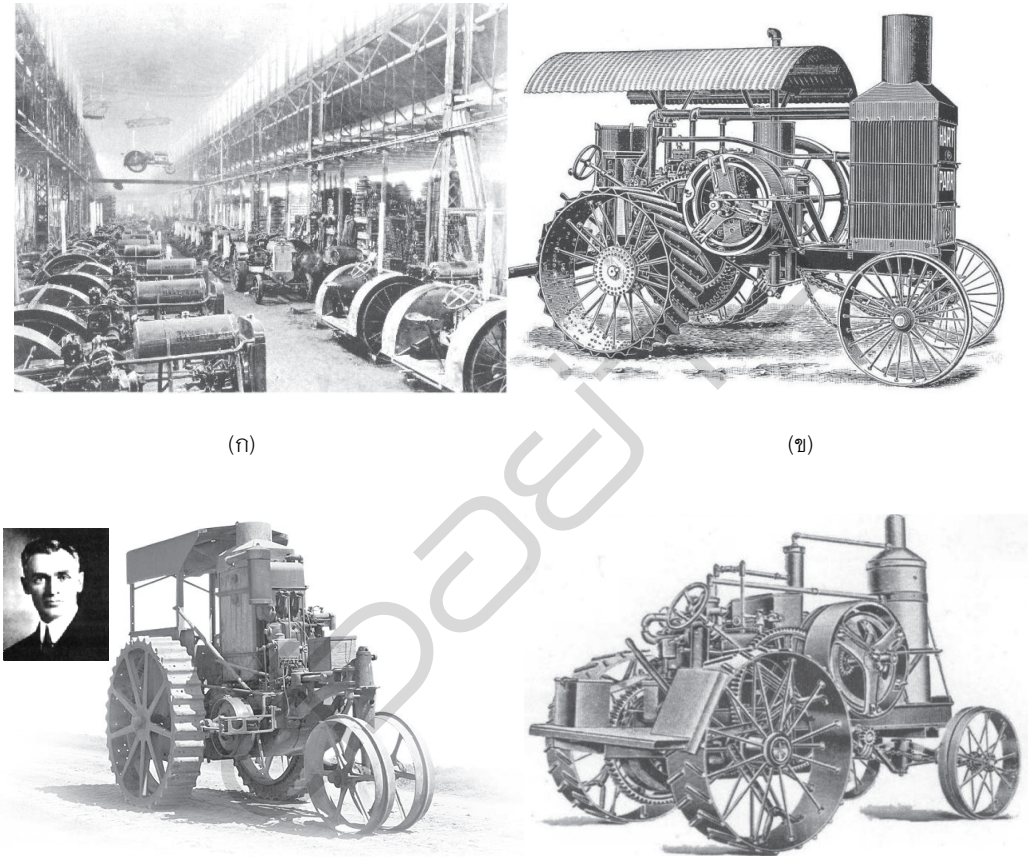



(ก) (ข)

(ค) (ง)

**รูปที่ 1.30** แทรกเตอร์ Waterloo Boy ที่พัฒนาโดย จอห์น ฟรอลิกท์ (ก) (ข) (ค) และ (ง)

โรงงานผลิตรถแทรกเตอร์แห่งแรกถูกสร้างขึ้นโดยชาร์ลี ฮาร์ท (Charles Hart) และ ชาร์ลี พาร์ร์ (Charles Parr) โดยทั้งสองได้ให้ความสนใจเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ขณะที่ได้เข้าศึกษาด้านวิศวกรรมเครื่องกลที่มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน ในปี พ.ศ. 2440 (ค.ศ. 1897) พวกเขาก่อตั้งบริษัทเครื่องยนต์แก๊สโซลีนฮาร์ท–พาร์ร์และผลิตแทรกเตอร์คันแรก ชื่อแทรกเตอร์ฮาร์ท–พาร์ร์ ในปี ค.ศ. 1901

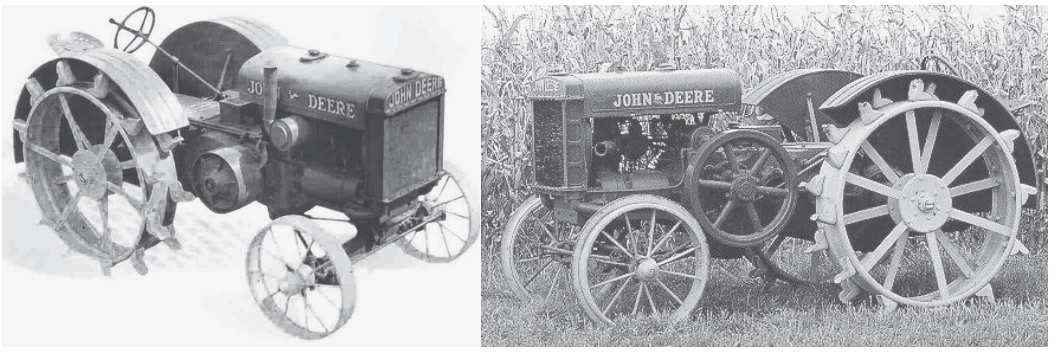


(ก) (ข)

(ค) (ง)

**รูปที่ 1.31** โรงงานผลิตแทรกเตอร์ฮาร์ท–พาร์ร์ (ก) และแทรกเตอร์แบบต่าง ๆ ของฮาร์ท–พาร์ร์ (ข) (ค) และ (ง)

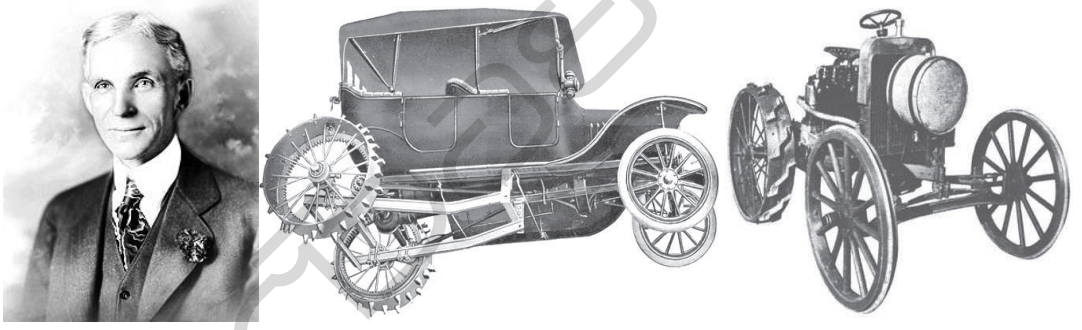
จอห์น เดียร์ได้ก่อตั้งบริษัทขึ้นในปี พ.ศ. 2380 (ค.ศ.1837) เดิมเป็นโรงงานผลิตไถเหล็ก (Steel plows) และในปี พ.ศ. 2461 (ค.ศ.1918) ได้ซื้อแทรกเตอร์วอเตอร์ลู บอย ของจอห์น ฟรอลิกท์ ซึ่งในปี พ.ศ. 2466 (ค.ศ. 1923) จอห์น เดียร์ได้เปิดตัวรถแทรกเตอร์จอห์น เดียร์รุ่น D ซึ่งจะดำเนินการผลิตจริงในอีก 30 ปีข้างหน้า




(ก) (ข)

**รูปที่ 1.32** แทรกเตอร์จอห์น เดียร์รุ่น D (ก) และ (ข)

ในปี พ.ศ. 2450 (ค.ศ. 1907) บริษัท ฟอร์ด มอเตอร์ ได้ผลิตรถแทรกเตอร์คันแรก คนทั่วไปเรียกว่า “รถไถ” โดยเฮนรี ฟอร์ด (Henry Ford) ขณะนั้นความต้องการที่จะประยุกต์เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์มาใช้งานในฟาร์ม หลังจากฟอร์ดประสบความสำเร็จในการสร้างแทรกเตอร์โมเดล T และสร้างโรงงานใหม่แล้วเสร็จจึงเริ่มสร้างแทรกเตอร์ขึ้นมาใช้งานต่อจากนั้น



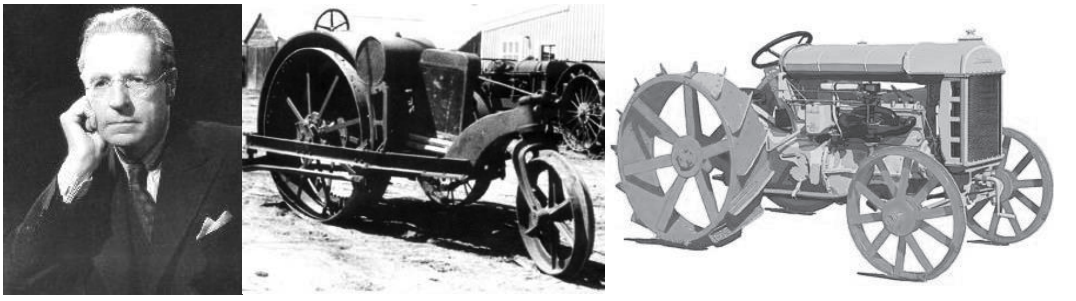
(ก) (ข) (ค)

**รูปที่ 1.33** เฮนรี ฟอร์ด (ก) ยานยนต์ฟอร์ด (ข) และแทรกเตอร์โมเดลที (Model T tractor) (ค)

เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่ 1 ความต้องการแทรกเตอร์ที่ใช้ในงานฟาร์มสูงมาก อาหารจำเป็นมากสำหรับกองทัพ แรงงานชายที่ทำงานอยู่ในฟาร์มถูกเรียกไปทำสงคราม แทรกเตอร์ซึ่งสามารถทำงานทดแทนแรงงานคนในการผลิตอาหารได้หลายเท่า ดังนั้นรถแทรกเตอร์ฟอร์ดจึงถูกนำมาใช้เพื่อทดแทนแรงงานในงานฟาร์มเป็นจำนวนมาก

สำหรับ แมสซี่ เฟอร์กูสัน (Massy Ferguson) ได้ก่อตั้งโรงงานเพื่อผลิตอุปกรณ์ทางการเกษตร ประมาณกลางปี พ.ศ. 2343 (ค.ศ. 1800) เป็นที่รู้จักในนามแมสซี่–แฮร์ริส พวกเขาเริ่มนำเข้าแทรกเตอร์จากมินนิโซต้าส่งให้ลูกค้าชาวแคนาดาในช่วงต้นศตวรรษ 20 ผลจากสงครามโลกครั้งที่ 1 ผลักดันให้บริษัทให้ความสำคัญกับแทรกเตอร์มากขึ้น พวกเขาเลือกการนำเข้ารถแทรกเตอร์ของบริษัทบูลแทรกเตอร์ ขณะเดียวกันที่ประเทศไอร์แลนด์ แฮร์รี่ เฟอร์กูสัน (Harry Ferguson) ได้เริ่ม

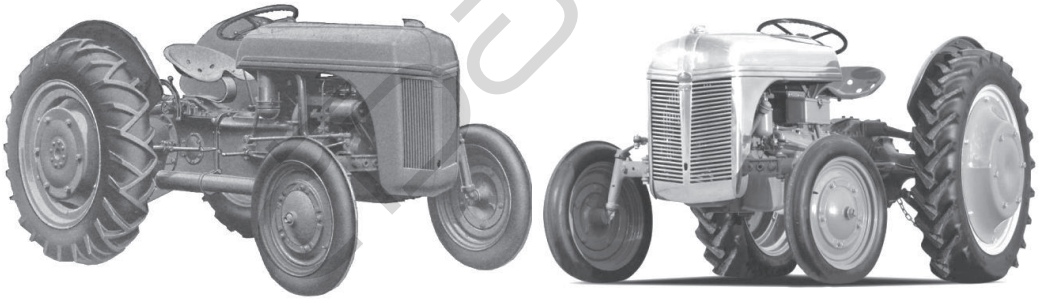
ออกแบบเพิ่มอุปกรณ์ในฟาร์มโดยการดัดแปลงแทรกเตอร์โมเดล T ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการสังเคราะห์เพื่อการออกแบบรถแทรกเตอร์ฟอร์ดสัน โมเดล เอฟ (Fordson Model F) กลับมาที่แคนาดา แมสซี่–แฮร์ริส ได้เริ่มผลิตแทรกเตอร์ของตนเอง



(ก) (ข) (ค)

**รูปที่ 1.34** แฮร์รี่ เฟอร์กูสัน (ก) และแทรกเตอร์ Big bull (ข) และฟอร์ดสัน โมเดล เอฟ (ค)

ในปี พ.ศ. 2481 (ค.ศ. 1938) เฟอร์กูสันทำข้อตกลงกับฟอร์ดในการออกแบบรถแทรกเตอร์รุ่นใหม่เป็นที่รู้จักในชื่อ ฟอร์ด 9N และในปี พ.ศ. 2496 (ค.ศ.1953) แมสซี่–แฮร์ริสได้ซื้อบริษัทของเฟอร์กูสัน และกลายเป็นแมสซี่ เฟอร์กูสัน

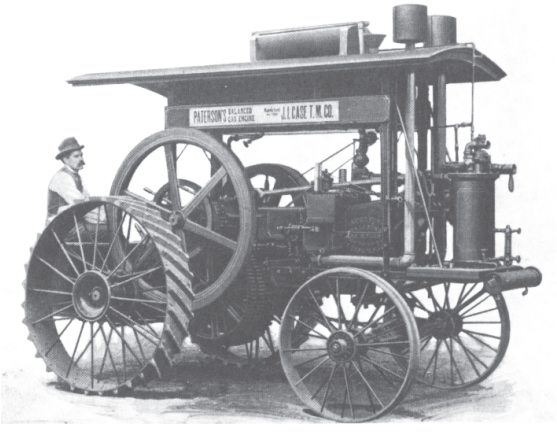


(ก) (ข)

**รูปที่ 1.35** แทรกเตอร์ ฟอร์ด 9N (ก) และ (ข)

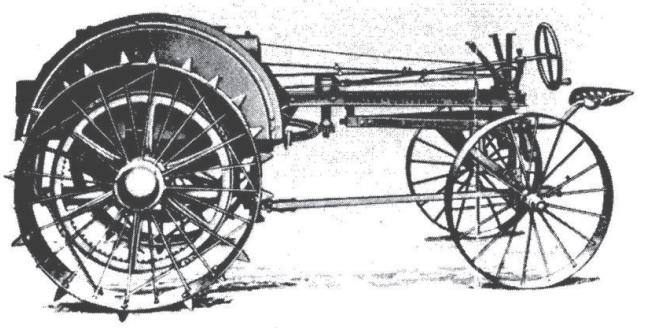
ย้อนกลับไปประมาณปี พ.ศ. 2433 (ค.ศ. 1890) หลายบริษัทเริ่มสร้างแทรกเตอร์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ดังรูปที่ 1.36 และมีการพัฒนาทั้งแทรกเตอร์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงและที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำเป็นต้นกำลัง นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2451–2455 (ค.ศ. 1908–1912) The Winnipeg Tractor Trials ได้เสนอข้อมูลจากการเปรียบเทียบระหว่างแทรกเตอร์ที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำ และแทรกเตอร์ที่ใช้น้ำมันน้ำมันเบนซิน ซึ่งแทรกเตอร์ที่ใช้น้ำมันเบนซินสามารถทำงานได้โดยใช้ผู้ควบคุมเพียงคนเดียว ในขณะที่แทรกเตอร์ที่ใช้ไอน้ำต้องใช้คนมากกว่าหลายเท่าเพื่อดูแลเชื้อเพลิงและหม้อน้ำ ข้อมูลนี้มีผลทำให้ความนิยมในแทรกเตอร์ไอน้ำลดลง ซึ่งในปีพ.ศ. 2467 (ค.ศ. 1924) บริษัทอินเตอร์

เนชั่นแนลฮาเวสเตอร์ (International Harvester Company) ได้สร้างแทรกเตอร์เครื่องจักรไอน้ำแบบปิด (Closed cycle steam tractor) ขึ้นแต่ไม่ได้นำออกจำหน่าย




**รูปที่ 1.36** แทรกเตอร์เครื่องยนต์สันดาปภายในในยุคแรก ๆ

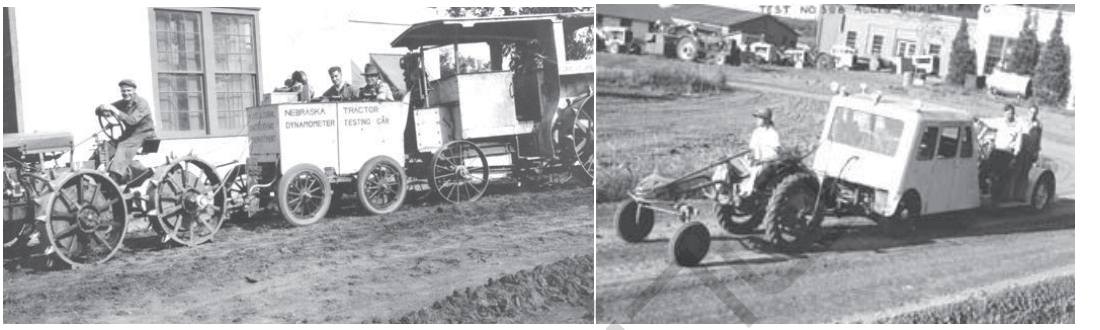
ระหว่างปี พ.ศ. 2453–2463 (ค.ศ. 1910–1920) ผู้ผลิตได้เริ่มพัฒนาแทรกเตอร์ให้มีขนาดเล็กลงและมีน้ำหนักเบากว่าที่เคยผลิตในยุคก่อน และเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่ระบบส่งกำลัง (Transmission) ระบบจุดระเบิด (Ignition) ระบบหล่อลื่น (Lubrication) อุปกรณ์ควบคุมรอบของเครื่องยนต์หรือกาวานา (Governors) อุปกรณ์ผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ (Carburetors) กรองอากาศ (Air cleaners) รวมถึงการจัดวางโครงตัวรถ (Chassis) ได้ถูกพัฒนาจนถึงระดับที่เชื่อถือได้ บางบริษัทได้ผลิตแทรกเตอร์ให้มีล้อบังคับเลี้ยวอยู่ด้านท้าย ในขณะที่ล้อขับเคลื่อนอยู่ด้านหน้า ดังแสดงในรูปที่ 1.37 แทรกเตอร์บางรุ่นมีเพียง 2 ล้อ และมีเฉพาะชุดแกนเพลาหลัง (Rear axle kits) ซึ่งสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด เพื่อนำมาปรับเปลี่ยนแปรสภาพเป็นแทรกเตอร์ได้ และในปี พ.ศ. 2463 (ค.ศ. 1920) แทรกเตอร์ที่มีลักษณะที่ไม่เหมาะสมก็ไม่ปรากฏให้เห็นอีก ทั้งนี้ถือได้ว่าเป็นผลสืบเนื่องมาจากการออกแบบแทรกเตอร์ให้มีพวงมาลัยอยู่ด้านท้ายเพื่อบังคับล้อที่อยู่ด้านหน้า



**รูปที่ 1.37** แทรกเตอร์รุ่นแรก ๆ ที่ออกแบบใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวมีการบังคับเลี้ยวจะอยู่ที่ล้อหลัง

แทรกเตอร์ที่ได้จำหน่ายไปก่อนปี พ.ศ. 2463 (ค.ศ. 1920) ถือว่ายังใช้งานได้ไม่ดีนัก สิ่งนี้กระทบต่อคณะกรรมการทดสอบการทำงานของแทรกเตอร์ (A Federal tractor–testing program) ซึ่งสภาคองเกรส (Congress) ไม่สามารถจัดหาทุนเพื่อสนับสนุนโครงการนี้ได้และหัวข้อนี้ก็มิได้ถูกนำไปพิจารณาในระดับชาติ E.F. Crozier ซึ่งเป็นเกษตรกรและสมาชิกทางด้านกฎหมายของเนบราสก้า (Nebraska) เป็นผู้หนึ่งที่ได้ซื้อแทรกเตอร์ที่มีคุณภาพไม่ดีไปใช้เขาได้ทำหนังสือเพื่อเรียกร้องค่าทดแทน ซึ่งมีผลให้สำนักงานกฎหมายแห่งเนบราสก้า (Nebraska Legislature) ตั้งกฎการทดสอบแทรกเตอร์แห่งเมืองเนบราสก้า (The Nebraska Tractor Test law) ขึ้นในปี พ.ศ. 2462

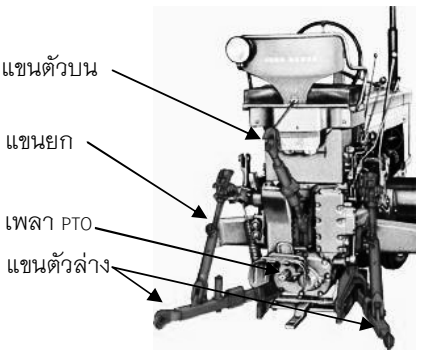
(ค.ศ. 1919) กำหนดให้ผู้ผลิตแทรกเตอร์ต้องนำแทรกเตอร์ไปทดสอบโดยมหาวิทยาลัยแห่งเนบราสก้า (The University of Nebraska) ก่อนนำออกจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งการทดสอบนี้ได้เป็นที่ยอมรับทั้งประเทศว่าเป็นมาตรการเปรียบเทียบแทรกเตอร์ที่เชื่อถือได้ จนกระทั่งมีการตั้งองค์กรทดสอบขึ้นมีชื่อเรียกว่า OECD (Organization of Economic and Community Development, a European organization) ขึ้นในปลายศตวรรษที่ 19 อย่างไรก็ตาม The Nebraska Test ถือได้ว่ามีผลต่อพัฒนาการด้านการออกแบบและลดข้อด้อยของแทรกเตอร์ได้เป็นอย่างมาก




(ก) (ข)

**รูปที่ 1.38** การทดสอบแทรกเตอร์ที่เมืองเนบราสก้า (ก) และ (ข)

แม้การกำหนดรูปแบบพื้นฐานของแทรกเตอร์เกิดขึ้นอย่างจริงจังในปี พ.ศ. 2463 (ค.ศ. 1920) แต่พัฒนาการต่างๆ ได้เริ่มขึ้นก่อนนั้นหลายปีแล้ว ที่สำคัญคือในยุคต้นของปี พ.ศ. 2463 ได้มีการพัฒนาแทรกเตอร์เพื่อใช้งานทั่วไป (General purpose Tractor) ซึ่งสามารถไถเตรียมดิน และทำงานอื่นในแปลงปลูกพืชได้ ซึ่งในอดีตแทรกเตอร์ทำได้เพียงการไถและฉุดลากเท่านั้นนอกจากนี้การทำงานโดยใช้เพลาอำนวยกำลังหรือ Power take-off (PTO) ก็มีการพัฒนาขึ้นในยุคนี้ด้วยซึ่งสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งอเมริกัน (The American Society of Agricultural Engineers) หรือ ASAE ได้จัดพิมพ์มาตรฐานเกี่ยวกับ PTO ขึ้นในปี พ.ศ. 2468 (ค.ศ. 1925) ส่วนการทำงานของเพลาอำนวยกำลังจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป และในระหว่างปี พ.ศ. 2478-2482 (ค.ศ. 1935-1939) ได้มีการนำยางแบบเติมลมมาใช้แทนล้อเหล็ก ซึ่งส่งผลให้แทรกเตอร์สามารถวิ่งบนถนนได้และมีการพัฒนาแขนพ่วงท้ายแทรกเตอร์ 3 จุด (Three point hitch) ถือว่าประสบความสำเร็จเป็นครั้งแรกในยุคนี้



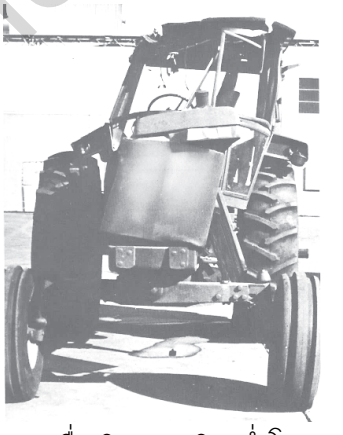

**รูปที่ 1.39** แขนพ่วงท้ายและเพลา PTO

ระหว่างปีพ.ศ. 2483-2502 (ค.ศ. 1940-1959) ได้มีการนำระบบไฮดรอลิก (Hydraulic system) ระบบสตาร์ทด้วยตัวเอง (Self – starters) มาใช้ ตลอดจนมีการปรับปรุง

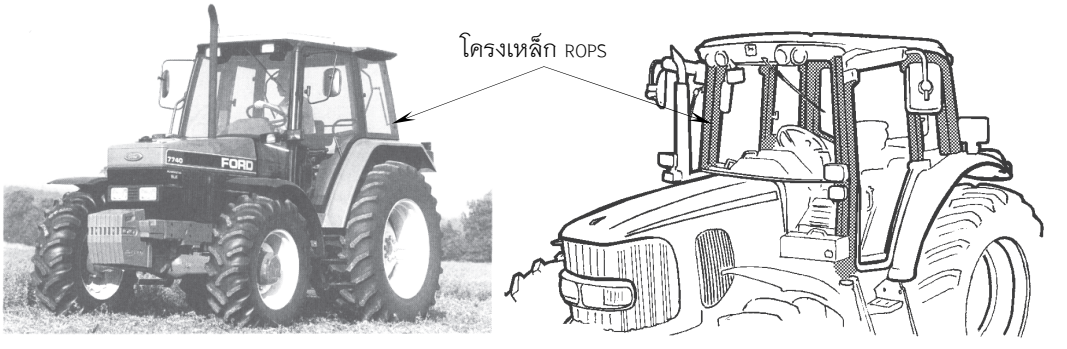
เก้าอี้นั่งคนขับและเพิ่มเติมคุณสมบัติอื่น ๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายในการใช้แทรกเตอร์มากยิ่งขึ้น พัฒนาการแรกที่ถูกนำมาใช้ระหว่างปี พ.ศ. 2493–2502 (ค.ศ. 1950–1959) คือพวงมาลัยเพาเวอร์ (Power steering) เพลาอำนวยกำลังแบบอิสระ (Independent PTO) และการส่งกำลังแบบเกียร์อัตโนมัติ (Power shift transmissions)

แนวโน้มการใช้แทรกเตอร์ดีเซลได้เริ่มขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2503–2512 (ค.ศ. 1960–1969) และในปัจจุบันแทรกเตอร์เพื่อการเกษตรเกือบทั้งหมดใช้เครื่องยนต์ดีเซล นอกจากนี้ในช่วงเวลาเดียวกันได้มีการนำอัลเทอร์เนเตอร์ (Alternators) เทอร์โบชาร์จเจอร์ (Turbo chargers) และการถ่ายทอดกำลังด้วยไฮดรอลิก (Hydrostatic transmission) อีกทั้งเพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่จะติดตั้งโครงเหล็กสำหรับป้องกันกรณีรถแทรกเตอร์หมุนกลิ้งหรือพลิกคว่ำ (Roll over protective structure; ROPS) มากับตัวรถด้วยดังแสดงในรูปที่ 1.40 และ 1.41 สำหรับแทรกเตอร์บางรุ่นที่มีโครงเหล็กดังกล่าวจะออกแบบให้เป็นห้องคนขับที่ปิดด้วยวัสดุโปร่งแสง ทำให้สามารถใช้เครื่องปรับอากาศได้ ใช้ป้องกันฝุ่น ความร้อน หิมะหรือฝนได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.42

**รูปที่ 1.40** โครงเหล็กสำหรับป้องกันคนขับขณะรถเกิดการหมุนกลิ้งหรือพลิกคว่ำ



**รูปที่ 1.41** เมื่อเกิดการพลิกคว่ำโครงเหล็กต้องแข็งแรงและไม่ยุบตัวลง




(ก) (ข)

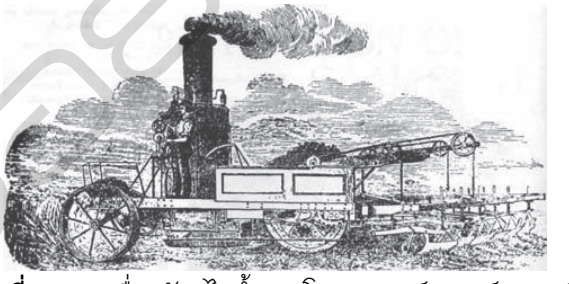
**รูปที่ 1.42** การออกแบบห้องคนขับโดยอาศัยโครงเหล็กป้องกันการหมุนกลิ้งหรือพลิกคว่ำ (ก) และ (ข)

ระหว่างปี พ.ศ. 2513–2522 (ค.ศ. 1970–1979) จำนวนการใช้แทรกเตอร์ขับเคลื่อน 4 ล้อและแทรกเตอร์พิเศษขนาดเล็กเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก และมีการนำเอาระบบระบายความร้อนของน้ำมันหล่อลื่น (Intercoolers) มาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ที่ใช้ระบบเทอร์โบชาร์จเจอร์อีกด้วย

เนื่องจากแทรกเตอร์ขับเคลื่อน 2 ล้อมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นจึงเพิ่มกลไกสำหรับช่วยขับเคลื่อนล้อหน้า (Mechanically driven front-wheel assists หรือ FWA) มาใช้อย่างกว้างขวางในระหว่างปี พ.ศ. 2523–2532 (ค.ศ. 1980–1989) นอกจากนี้ความก้าวหน้าทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้นำไปสู่การใช้สัญญาณเตือน (Sensors monitors) และควบคุมการทำงานด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic controls) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและสมรรถนะของแทรกเตอร์ให้สูงยิ่งขึ้น

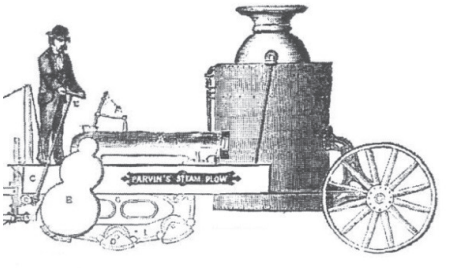
สำหรับเหตุการณ์สำคัญของพัฒนาการแทรกเตอร์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2401 ถึง พ.ศ. 2510 (ค.ศ. 1858 ถึง 1967) ตามลำดับดังต่อไปนี้

**2401 (1858)** – โจเซฟ วอล์คเกอร์ ฟอกส์ (Joseph Walker Fawkes) ชาวอเมริกันใช้รถแทรกเตอร์เครื่องจักรไอน้ำที่มีความกว้าง 8 ฟุต ยาว 12 ฟุต กระบอกสูบเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 นิ้ว ระยะชัก 15 นิ้ว ลากชุดไถ 8 ผาน ด้วยความเร็ว 3 ไมล์ต่อชั่วโมง



**รูปที่ 1.43** เครื่องจักรไอน้ำของโจเซฟ วอล์คเกอร์ ฟอกส์

**2416 (1873)** – เครื่องจักรไอน้ำของพาร์วินส์ (Parvins) ซึ่งอาจเป็นเครื่องจักรไอน้ำเครื่องแรกของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้นำมาติดตั้งบนรถแทรกเตอร์แบบตีนตะขาบ แม้ตามรายงานการจดสิทธิบัตรระบุว่ารถแทรกเตอร์แบบตีนตะขาบได้ถูกพัฒนาขึ้นในต้นปี พ.ศ. 2393 (ค.ศ. 1850) แล้วก็ตาม




**รูปที่ 1.44** เครื่องจักรไอน้ำของพาร์วินส์

| | |
|---|---|
| 2419 (1876) | – นิโคลัส ออกัสท์ ออตโต้ ได้จดสิทธิบัตรเครื่องยนต์สันดาปภายใน |
| 2432 (1889) | – แทรกเตอร์ที่ติดตั้งเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ถูกสร้างขึ้น |
| 2451 (1908) | – รถแทรกเตอร์สำหรับการทดลองคันแรกได้ถูกสร้างขึ้นชื่อ วินนิเพก |
| 2453–2457 (1910–1914) | – มีการสาธิตแทรกเตอร์ครั้งแรกที่เมืองโอมาฮา มลรัฐเนบราสก้า ประเทศสหรัฐอมริกา ในปี พ.ศ. 2454 (ค.ศ. 1911)<br>– รถแทรกเตอร์ขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบาได้ถูกแนะนำเข้าสู่ตลาดจำหน่าย<br>– รถแทรกเตอร์แบบไม่มีโครง (Frameless type) ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรก |
| 2458–2462 (1915–1919) | – เพลาอำนวยกำลัง (PTO) ได้ถูกนำมาติดตั้งเข้ากับรถแทรกเตอร์<br>– กฎหมายการทดสอบแทรกเตอร์ของมลรัฐเนบราสกาได้ผ่านสภาและเริ่มนำออกมาใช้ |
| 2463–2467 (1920–1924) | – รถแทรกเตอร์อเนกประสงค์ได้รับการพัฒนาจนประสบความสำเร็จ |
| 2468–2472 (1925–1929) | – เพลาอำนวยกำลัง (PTO) รถแทรกเตอร์ได้รับการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น |
| 2473–2480 (1930–1937) | – เครื่องยนต์ดีเซลถูกดัดแปลงมาติดตั้งในรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่<br>– ล้อยางถูกนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์ ทำให้รถแทรกเตอร์มีความเร็วและมีความคล่องตัวมากขึ้น<br>– อุปกรณ์ไฟฟ้าในรถแทรกเตอร์ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น<br>– เครื่องยนต์ที่มีกำลังอัดสูงได้รับความสนใจมากขึ้น<br>– แทรกเตอร์แบบอเนกประสงค์เป็นที่ยอมรับของประชาชนมากขึ้น |
| 2480–2484 (1937–1941) | – มาตรฐานเพลาอำนวยกำลังและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์พ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ของสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกาเป็นที่ยอมรับจากประชาชนทั่วไป<br>– ระบบหล่อเย็นแบบแรงดัน (Pressurized cooling system) ได้ถูกนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์<br>– การเพิ่มกำลังฉุดลากโดยการเติมของเหลวเข้าไปในยางของรถแทรกเตอร์ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขว้าง<br>– การติดตั้งอุปกรณ์พ่วงท้ายหรือเครื่องทุ่นแรงเข้ารถแทรกเตอร์แบบ 3 จุด (Three point hitch) ได้ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรก<br>– การควบคุมเครื่องทุ่นแรงแบบอัตโนมัติด้วยระบบไฮดรอลิกถูกนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์ |

| | |
|---|---|
| **2484–2492 (1941–1949)** | – เพลาอำนวยกำลังแบบคลัตช์ร่วมได้ถูกนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์<br>– ระบบไฮดรอลิกที่ใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์พ่วงท้ายแบบลากได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น<br>– รถแทรกเตอร์ใช้แก๊ส (Liquefied petroleum gasses) เป็นเชื้อเพลิงได้ถูกแนะนำเข้าสู่วงการ<br>– จำนวนรถแทรกเตอร์ชนิดใช้กับงานสวนขนาดเล็กได้เพิ่มจำนวนมากขึ้น |
| **2493–2503 (1950–1960)** | – แทรกเตอร์มีกำลังหรือแรงม้าเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว<br>– จำนวนรถแทรกเตอร์เครื่องยนต์ดีเซลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว<br>– ระบบบังคับเลี้ยวแบบกำลัง (Power steering) ระบบเกียร์อัตโนมัติแบบระบบส่งกำลังแบบหลายความเร็ว ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย |
| **2503 (1960)** | – ระบบไฮดรอลิกแบบวงจรปิดถูกนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์ |
| **2510 (1967)** | – ระบบการส่งกำลังแบบไฮโดรสแตติก (Hydrostatic) ถูกนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์ เพื่อลดความยุ่งยากในการปรับความเร็ว (ระบบส่งกำลังแบบกลไก) เพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ดีขึ้น |

## 1.2 พัฒนาการแทรกเตอร์ในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยแทรกเตอร์มีบทบาทและมีความสำคัญยิ่งต่อเกษตรกร คือรถไถเดินตาม (Walking tractor) เนื่องจากราคาไม่แพงจนเกินไป ทำให้เกษตรกรสามารถซื้อมาใช้ได้ มีระบบกลไกไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นได้หลากหลาย จากรถไถเดินตามดังกล่าวได้พัฒนากลายเป็นแทรกเตอร์ ซึ่งพัฒนาการของรถไถเดินตามและแทรกเตอร์ของประเทศไทยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

### 1.2.1 การนำเข้ารถไถเดินตามจากต่างประเทศ

ประเทศไทยประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งเกษตรกรส่วนมากจะปลูกข้าว ซึ่งปัญหาสำคัญอันหนึ่งของการปลูกข้าวก็คือการไถเตรียมดิน แต่เดิมการไถเตรียมดินจะใช้สัตว์เป็นต้นกำลังสำหรับฉุดลากชุดไถ ซึ่งเป็นงานที่หนักและใช้ระยะเวลาค่อนข้างมาก ดังนั้นการนำเครื่องทุ่นแรงเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงเริ่มขึ้น คือ

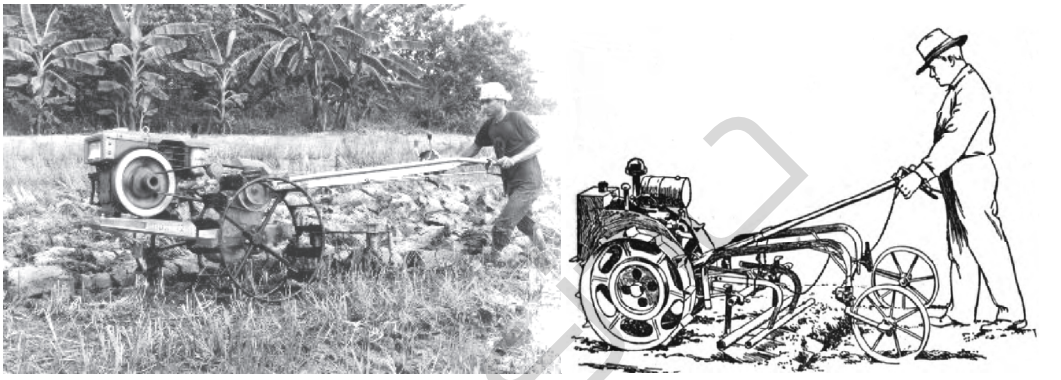
พ.ศ. 2490 บริษัท ส. ธวัชชัยนันท์ จำกัด ได้นำเข้ารถไถเดินตามแบบติดจอบหมุนจากประเทศอังกฤษ เป็นแบบล้อยาง ใช้ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เบนซิน 1 สูบ ขนาด 6 แรงม้า

พ.ศ. 2496 บริษัทดังกล่าวได้นำเข้ารถไถเดินตามติดจอบหมุนจากประเทศเดิม แต่เครื่องยนต์ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เบนซิน 2 สูบ ขนาด 9.8 แรงม้า มีคันบังคับยาวขึ้นและใช้ล้อเหล็ก

พ.ศ. 2500 บริษัทเดิม ได้นำเข้ารถไถเดินตามอีกรุ่นติดไถจอบหมุนจากประเทศเดิม แต่ติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 9 แรงม้าช่วยให้ประหยัดน้ำมันได้มาก

พ.ศ. 2500–2510 หลายบริษัทเอกชนในประเทศไทยได้นำเข้ารถไถเดินตามจากประเทศญี่ปุ่น ได้แก่ ยี่ห้อมิตซูบิชิ ฮอนด้า อิเซกิ และคูโบต้า อย่างไรก็ตามราคารถที่นำเข้าจากต่างประเทศราคาค่อนข้างสูง จึงทำให้ตลาดไม่ค่อยขยายตัวเท่าที่ควร

พ.ศ. 2520 มีการนำเข้ารถไถเดินตามจากสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งมีราคาถูก แต่อย่างไรก็ตามรถไถมีรูปร่างใหญ่และขนาดค่อนข้างเทอะทะ



(ก) (ข)

**รูปที่ 1.45** การไถเตรียมดินด้วยรถไถเดินตาม (ก) และติดตั้งอุปกรณ์พ่วงท้ายอื่น ๆ (ข)

**1.2.2 การพัฒนารถไถเดินตามและแทรกเตอร์ในประเทศไทย**

สำหรับประเทศไทยการพัฒนารถไถเดินตามเกิดขึ้นจากทั้งหน่วยงานของรัฐ และเอกชน ดังนี้คือ

พ.ศ. 2501 ม.ร.ว.เทพฤทธิ์ เทวกุล ได้เริ่มโครงการควายเหล็ก โดยได้พัฒนารถไถเดินตาม ใช้เครื่องยนต์ดีเซล 4.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังถ่ายทอดกำลังด้วยโซ่และต่อมาได้พัฒนาให้มีที่นั่งคนขับ และเพิ่มล้อที่สามเข้าไป นับเป็นรถไถนั่งขับคันแรกของประเทศไทย อย่างไรก็ตามรถไถสามล้อก็ยังมีข้อจำกัดคือ ขณะทำการเลี้ยวจะเกิดความไม่สะดวกขึ้น จึงได้พัฒนาให้เป็นแบบสี่ล้อ และถือเป็นแทรกเตอร์ควายเหล็กสี่ล้อคันแรกของประเทศไทย

พ.ศ. 2502 ได้พัฒนาความกว้างของล้อหน้าให้มากขึ้น จากเดิมระยะห่างของล้อหน้าค่อนข้างชิดกัน และได้เปลี่ยนเครื่องยนต์ดีเซล 4.5 แรงม้า เป็น 8.5 แรงม้า

พ.ศ. 2509 ม.ร.ว.เทพฤทธิ์ เทวกุล ได้พัฒนาควายเหล็กเทพฤทธิ์ขั้นสุดท้าย โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลของโตโยต้าขนาด 25 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยรถแทรกเตอร์ควายเหล็กดังกล่าวมีคุณลักษณะสากลของแทรกเตอร์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันอย่างสมบูรณ์ คือมีเพลาอำนวยกำลัง มีระบบไฮดรอลิกสำหรับยกอุปกรณ์พ่วงท้าย เป็นต้น

พ.ศ. 2510 บริษัทอุตสาหกรรมกรุงจักรกล ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล ให้ประกอบควายเหล็กเทพฤทธิ์จำหน่าย โดยใช้เครื่องยนต์และส่วนประกอบแทรกเตอร์ที่ถูกผลิตจากประเทศญี่ปุ่น และปิดกิจการลงเมื่อปี พ.ศ. 2515

พ.ศ. 2510 โรงงานสหยนต์ จังหวัดปทุมธานี ได้ผลิตรถแทรกเตอร์แบบเลี้ยวกลางลำ โดยดัดแปลงจากรถไถเดินตาม ตัวคัสซี (ส่วนโครงรถ) ได้ถูกต่อออกทางด้านหลังพร้อมที่นั่ง นอกจากนั้นยังพัฒนาพวงมาลัยและแขนยกอุปกรณ์

พ.ศ. 2512 โรงงาน จ. เจริญชัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้พัฒนาแทรกเตอร์แบบขับเคลื่อนด้วยล้อหลัง มีเกียร์เดินหน้าและถอยหลัง ถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ไปกระปุกเกียร์ด้วยสายพาน ลักษณะพิเศษของแทรกเตอร์แบบนี้คือจะมีชุดเฟืองท้ายอยู่ในห้องเกียร์ และแทรกเตอร์ลักษณะนี้จะถูกเรียกชื่อทางวิชาการว่า รถแทรกเตอร์แบบอยุธยา และปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้มีระบบไฮดรอลิกเพื่อใช้สำหรับยกอุปกรณ์พ่วงท้าย

พ.ศ. 2522 โรงงาน จ. เจริญชัย ได้พัฒนาแทรกเตอร์รุ่นแรดน้อย การถ่ายทอดกำลังจะถ่ายทอดโดยตรงสู่กระปุกเกียร์ ไม่ใช้สายพานเหมือนรุ่นเก่า ใช้เครื่องยนต์ระบายความร้อนด้วยอากาศขนาด 14 แรงม้า

พ.ศ. 2536 อาจารย์ชาญชัย โรจนสโรช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้พัฒนาแทรกเตอร์ขนาดเล็กขึ้น คือรุ่นกำแพงแสน 0836 G โดยใช้เครื่องยนต์เบนซิน 8 แรงม้า เป็นต้นกำลัง มีเกียร์เดินหน้า 4 เกียร์ มีเกียร์ถอยหลัง 2 เกียร์ มีเพลาอำนวยกำลังและระบบไฮดรอลิกสำหรับยกอุปกรณ์

พ.ศ. 2537 อาจารย์ชาญชัย โรจนสโรช ได้พัฒนาแทรกเตอร์จากรุ่นกำแพงแสน 0836 G เป็นรุ่นกำแพงแสน 0837 D โดยให้ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8–11 แรงม้า เป็นต้นกำลัง

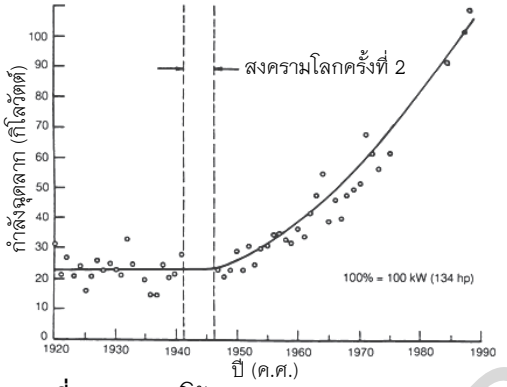
พ.ศ. 2538 อัคคพล เสนาณรงค์ และสุภาษิต เสงี่ยมพงศ์ กองเกษตรวิศวกรรม ได้พัฒนาแทรกเตอร์ขนาดเล็ก โดยออกแบบชุดเฟืองท้ายอยู่ในห้องเกียร์เช่นเดียวกับแบบอยุธยา แต่เฟืองท้ายจะถูกออกแบบเป็นพิเศษ โดยประกอบจากเฟืองฟันตรงเท่านั้น ไม่ใช้เฟืองดอกจอก ทำให้การผลิตง่ายและมีราคาถูก และได้นำระบบเกียร์แบบ Shuttle shift มาใช้ ทำให้สะดวกในการเปลี่ยนเกียร์

(ก) (ข)

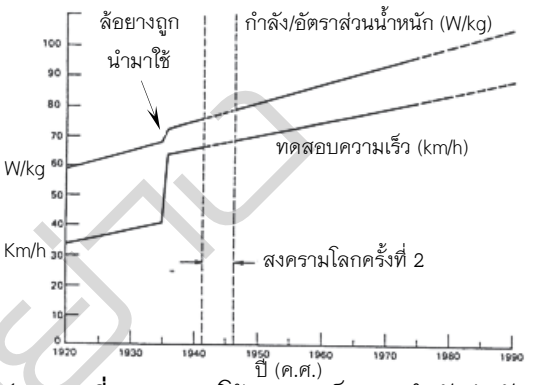
**รูปที่ 1.46** การไถเตรียมดินด้วยแทรกเตอร์ที่พัฒนาในประเทศไทย (ก) และ (ข)

## 1.3 แทรกเตอร์ในอนาคต (Tractors of the future)

แทรกเตอร์ในอนาคตจะแตกต่างจากแทรกเตอร์จากอดีตกาลเพียงใดคงต้องศึกษาจากแนวโน้มของพัฒนาการในการผลิต จากรูปที่ 1.47 แสดงให้เห็นแนวโน้มจาก Nebraska Testing Station ที่แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มความต้องการแรงฉุดลากแทรกเตอร์ของผู้ใช้แทรกเตอร์สูงขึ้น ตามความต้องการสมรรถนะของแทรกเตอร์หรือความเร็วในการทำงานของแทรกเตอร์ที่เพิ่มขึ้นและจากรูปที่ 1.48 แสดงให้เห็นว่าอัตรากำลังของแทรกเตอร์ต่อน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามความเร็วและแรงที่ต้องการใช้งานอย่างไรก็ตามจะเห็นว่าในอนาคตขนาดและสมรรถนะของแทรกเตอร์คงถึงจุดยุติที่ระดับหนึ่ง




**รูปที่ 1.47** แนวโน้มของแรงฉุดลากของแทรกเตอร์ทดสอบที่ Nebraska Testing Station




**รูปที่ 1.48** แนวโน้มความเร็วและกำลังต่ออัตราส่วนน้ำหนักของแทรกเตอร์ที่ทดสอบ

ในอนาคตจะมีการนำไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) และอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติมาใช้ในการเกษตรมากขึ้น และหากมีการรับสัญญาณประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต้นกำลังมาใช้ในแทรกเตอร์ จะส่งผลให้มีการปรับอัตราทดความเร็วของกระปุกเกียร์เพื่อรักษาสมรรถนะต่าง ๆ ในการทำงานทั้งหมดไว้ ซึ่งในอนาคตอาจมีการควบคุมการส่งกำลังอย่างอัตโนมัติ ความคิดต่าง ๆ เหล่านี้ไม่ใช่ความคิดใหม่แต่ได้เคยถูกนำมาใช้กับแทรกเตอร์แล้ว แต่จะเป็นไปได้หรือไม่ที่ไมโครโปรเซสเซอร์จะสามารถควบคุมระบบพวงมาลัย (Steering) ของแทรกเตอร์ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าท้าทายและเชื่อว่ามีความเป็นไปได้สูง

ในขณะที่ราคาของน้ำมันปิโตรเลียมสูงขึ้นและเริ่มขาดแคลนมีผลทำให้การออกแบบแทรกเตอร์เปลี่ยนแปลงไป จะมีการนำวัสดุอื่นมาใช้ในการสร้างแทรกเตอร์หรือไม่ จะเป็นไปได้หรือไม่ที่แทรกเตอร์จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพในอัตราความเร็วที่ต่ำลง และจะเป็นไปได้หรือไม่ที่จะมีการสร้างเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด (Multi fuel engines) ที่สามารถทำงานได้กับเชื้อเพลิงทุกประเภทที่ราคาถูกอย่างไรก็ตามพัฒนาการต่าง ๆ ยังคงต้องดำเนินต่อไป

สรุปแล้วแทรกเตอร์สำหรับงานฟาร์ม ทำให้งานการเกษตรซึ่งเป็นงานหนักกลับกลายเป็นงานที่สะดวกสบายยิ่งขึ้น ช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิต ตลอดจนลดเวลาในการทำงานให้น้อยลง ซึ่ง

จากประวัติและพัฒนาการของแทรกเตอร์ ทำให้เราทราบว่าพัฒนาการสูงสุดของแทรกเตอร์ได้เริ่มขึ้นเมื่อประมาณร้อยกว่าปีที่ผ่านมา โดยอยู่ภายใต้การควบคุมของ The Nebraska tractor Test Law ซึ่งตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2462 (ค.ศ. 1919) เพื่อลดข้อบกพร่องของแทรกเตอร์และทำให้แทรกเตอร์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

แทรกเตอร์เพื่อการเกษตรเครื่องแรกถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้นวดเมล็ดพืช และใช้ในการฉุดลากชุดไถระหว่างปี พ.ศ. 2463–2472 (ค.ศ. 1920–1929) ได้มีการสร้างแทรกเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปขึ้น ซึ่งสามารถไถยกร่องเพื่อปลูกพืชได้ ในปัจจุบันแทรกเตอร์ถูกสร้างขึ้นมาเป็นจำนวนมาก เพื่อทำหน้าที่พิเศษต่าง ๆ ทั้งในงานด้านการเกษตรและด้านอุตสาหกรรม

เครื่องจักรไอน้ำเครื่องแรกใช้ฟืนและถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เมื่อมีการเจาะบ่อน้ำมันบ่อแรกขึ้นในปีพ.ศ. 2402 (ค.ศ. 1859) ได้มีการใช้ปิโตรเลียมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน ต่อมาน้ำมันดีเซลได้กลายเป็นเชื้อเพลิงหลักสำหรับแทรกเตอร์ทางการเกษตร และเป็นที่นิยมมาจนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการแสวงหาแหล่งเชื้อเพลิงใหม่ก็คงยังดำเนินอยู่อย่างต่อเนื่อง

สำหรับประเทศไทยจุดเริ่มต้นการพัฒนาแทรกเตอร์มาจากการเริ่มนำเข้ารถไถเดินตามเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2490 และได้พัฒนาให้เหมาะสมกับการใช้งานยิ่งขึ้น ซึ่งจากเดิมเป็นแบบ 2 ล้อ ได้พัฒนาให้มี 3 ล้อ และ 4 ล้อ ตามลำดับ ปัจจุบันแทรกเตอร์ที่ผลิตในประเทศไทยออกแบบให้มีอุปกรณ์ตามแบบสากลแล้ว และยังมีแนวโน้มการใช้แทรกเตอร์ขับเคลื่อน 4 ล้อมากขึ้น (แบบล้อหน้าเป็นล้อช่วยและมีขนาดเล็กกว่าแทรกเตอร์มาตรฐาน)

สำหรับในอนาคตจะมีการนำไมโครโปรเซสเซอร์มาใช้กับรถแทรกเตอร์ ซึ่งจะทำให้รถแทรกเตอร์มีสมรรถนะในการทำงานที่สูงมากขึ้นและเครื่องยนต์จะถูกพัฒนาให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้ในปัจจุบันกำลังมีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ นั่นคืออาจมีการผลิตเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลาย โดยสามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงทุกประเภทที่มีราคาไม่แพงได้

## 1.4 หน้าที่ของรถแทรกเตอร์

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นถึงความจำเป็นของการนำแทรกเตอร์เข้ามาทดแทนแรงงานจากคนและสัตว์ ซึ่งแทรกเตอร์สามารถทำงานได้รวดเร็วกว่าคนและสัตว์ ไม่เหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้าและต้องการการพักผ่อน เช่น คนและสัตว์ ปัจจุบันการผลิตทางการเกษตรมุ่งเน้นการผลิตเชิงพาณิชย์ เพื่อการผลิตอาหารเลี้ยงประชากรได้อย่างเพียงพอ ขณะเดียวกันในปัจจุบันเกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคเกษตรค่อนข้างสูงมาก อย่างไรก็ตามการใช้แทรกเตอร์หรือเครื่องจักรกลเกษตรโดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์สองประการ คือ เพื่อเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อแรงงาน และเพื่อเปลี่ยนลักษณะการทำงานที่น่าเบื่อเป็นงานที่ท้าทาย ดังมีรายละเอียด คือ

**1.4.1 การเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อแรงงาน**

การเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อแรงงานสามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะ คือ การเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อพื้นที่การเกษตร และการเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อแรงงาน ซึ่งแบบแรกไม่ได้หมายถึงการขยายพื้นที่การเกษตรให้มากขึ้นในแต่ละปี แต่หมายถึงการเพิ่มผลผลิตโดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ผลผลิตสูงขึ้น เช่น การจัดการระบบชลประทาน การปรับปรุงดิน การใช้พันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูง การควบคุมพืชและแมลง เป็นต้น ซึ่งจะเห็นว่าการเพิ่มผลผลิตวิธีนี้ต้องลงทุนค่อนข้างสูง ส่วนการเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อแรงงานก็คือ การอาศัยเครื่องจักรกลทางการเกษตรเข้ามาใช้เพื่อลดการใช้แรงงานจากคนและสัตว์ นอกจากนั้นการใช้เครื่องจักรกลเกษตรทำให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้นอีกด้วย

**1.4.2 การเปลี่ยนลักษณะการทำงานที่น่าเบื่อเป็นงานที่ท้าทาย**

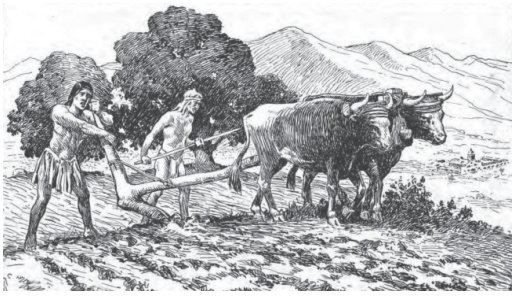
เป็นที่รับรู้กันทั่วไปว่าการทำงานด้านการเกษตรส่วนใหญ่จะต้องทำงานกลางแดด บางครั้งอาจทำงานท่ามกลางสายฝน และต้องใช้กำลังแทบทุกส่วนของร่างกาย นอกจากนั้นบางโอกาสต้องทำงานแข่งกับเวลาเพื่อให้ทันฤดูกาลเพาะปลูกหรือเก็บเกี่ยว ซึ่งจะต่างจากงานอุตสาหกรรมค่อนข้างมาก ที่ผ่านมาการขยายตัวของอุตสาหกรรมมากขึ้น ความต้องการแรงงานภาคอุตสาหกรรมก็มีมากขึ้น ทำให้คนรุ่นใหม่สนใจงานอุตสาหกรรม เนื่องจากให้ค่าตอบแทนที่แน่นอนและสม่ำเสมอกว่างานทางภาคเกษตร แต่หากมีการนำเครื่องจักรมาใช้ในงานภาคเกษตรก็จะทำให้การทำงานง่ายและสะดวกมากขึ้น คนสามารถทำงานได้มากขึ้นแต่มีความเหน็ดเหนื่อยน้อยลง ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและทันตามระยะเวลาที่กำหนด

ดังนั้นแทรกเตอร์จึงมีความสำคัญและมีบทบาทมากกับการทำเกษตรยุคใหม่ ซึ่งแทรกเตอร์ถือเป็นต้นกำลังของเครื่องทุ่นแรงการเกษตรหลายชนิด เช่น เครื่องมือที่ใช้สำหรับการเตรียมดิน เครื่องปลูกพืชและหว่านเมล็ดพืช เครื่องกำจัดวัชพืช เครื่องพ่นสารเคมี และเครื่องเกี่ยวนวดเมล็ดพืช เป็นต้น จะเห็นว่าเครื่องจักรเหล่านี้มีลักษณะการทำงานแตกต่างกัน ดังนั้นแทรกเตอร์ก็ต้องพัฒนาให้มีลักษณะสอดคล้องกับเครื่องจักรดังกล่าว โดยเฉพาะในส่วนของหน้าที่การเป็นต้นกำลัง จากพัฒนาการของรถแทรกเตอร์จะเห็นว่าแทรกเตอร์จะถูกใช้เป็นต้นกำลัง สำหรับฉุดลากและหมุนขับเครื่องนวดเมล็ดพืช ซึ่งต่อมามีการพัฒนาเพลาอำนวยกำลังและกำลังจากไฮดรอลิก การต่อการส่งกำลังจากเครื่องยนต์โดยตรงจึงลดความสำคัญลง ดังนั้นหากจะสรุปการให้กำลังจากแทรกเตอร์ที่นิยมในปัจจุบันได้ 3 ทาง คือ

**1. กำลังฉุดลาก**

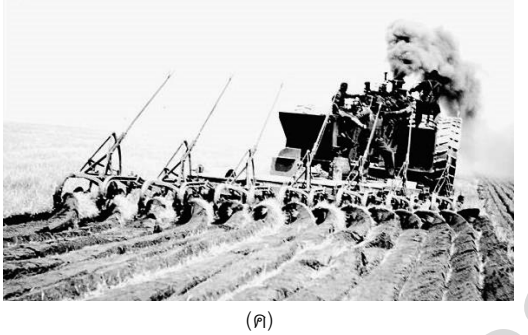
การใช้กำลังฉุดลากจากรถแทรกเตอร์ถือว่ามีบทบาทและความสำคัญตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน กำลังฉุดลากของแทรกเตอร์ได้จากเครื่องยนต์ต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านระบบส่งกำลังไปขับ

เคลื่อนล้อ ทำให้ล้อตะกุยดินดันรถแทรกเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ขณะเดียวกันจะทำหน้าที่ฉุดลากอุปกรณ์พ่วงท้าย ซึ่งการใช้แรงฉุดลากมีพัฒนาการมาจากการใช้สัตว์เป็นต้นกำลังฉุดลาก ดังรูปที่ 1.49

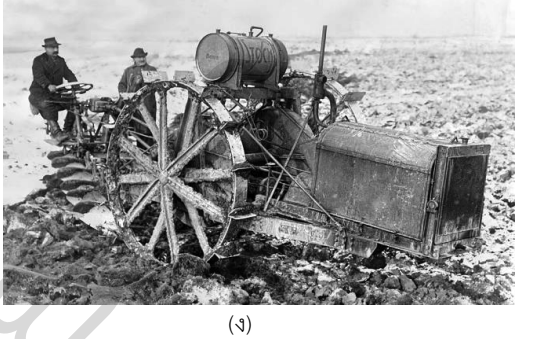


(ก)

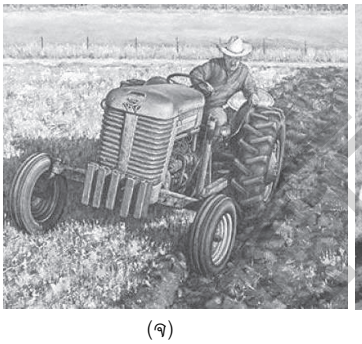
(ข)



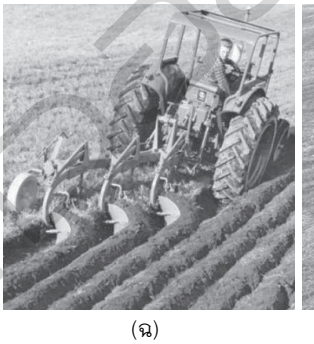
(ค)



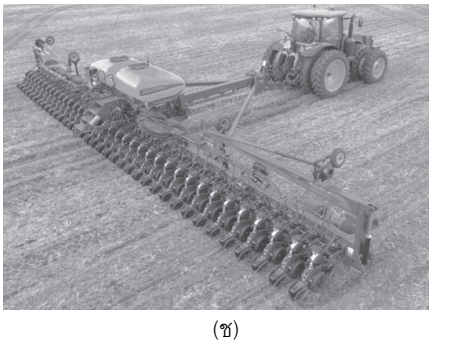
(ง)



(จ)



(ฉ)



(ช)

**รูปที่ 1.49** การใช้สัตว์ฉุดลากชุดไถ (ก) และ (ข) แทรกเตอร์ยุคแรก ๆ ฉุดลากชุดไถ (ค) และ (ง) การใช้แทรกเตอร์ฉุดลากชุดไถ (จ) และ (ฉ) และเครื่องปลูกเมล็ด (ช)

**2. กำลังจากเพลาอำนวยกำลัง**

เพลาอำนวยกำลังหรือเพลา พี.ที.โอ. (Power take off : PTO) เป็นเพลาที่ได้รับกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลังเช่นกัน ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในส่วนของระบบส่งกำลังอีกครั้งหนึ่ง การใช้กำลังจากเพลาอำนวยกำลังถือเป็นส่วนสำคัญการทำการเกษตรในประเทศไทย เนื่องจากในประเทศไทยนิยมใช้ไถจอบหมุนหรือไถแบบโรตารี่เป็นหลักในการเตรียมดิน การส่งกำลังแบบนี้จะเกิดการสูญเสียกำลังน้อยกว่าการใช้กำลังฉุดลาก เพราะเกิดการสูญเสียกำลังในระบบการส่งกำลังน้อยกว่า

# ประวัติผู้เขียน

**รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล**

**การศึกษา**

- จบการศึกษา คอ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์
- จบการศึกษา วศ.ม. (เครื่องจักรกลเกษตร) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น
- จบการศึกษา กศ.ม. (จิตวิทยาการศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตมหาสารคาม

**ปัจจุบัน**

- ดำรงตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตัวอย่าง

หมวด วิศวกรรมเครื่องยนต์

## ต้นกำลัง และระบบสำคัญของ

# ฟาร์มแทรกเตอร์

- พัฒนาการแทรกเตอร์ การจำแนกแทรกเตอร์เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน
- วิวัฒนาการและหน้าที่ของรถแทรกเตอร์
- ประเภทและขนาดของแทรกเตอร์
- หลักการทำงานเบื้องต้นเครื่องยนต์ต้นกำลัง
- ระบบเชื้อเพลิง
- ระบบประจุอากาศและไอเสีย
- กลศาสตร์ของรถแทรกเตอร์

ดวงกมลพับลิชชิ่ง
นำเสนอหนังสือดี มีคุณค่า

ต้นกำลังและระบบสำคัญของฟาร์มแทรกเตอร์

9 786165 112611