บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการปลูกข้าวนาหว่านน้ำตม ข้อมูลทั่วไปของเครื่องหว่านชนิดต่างๆ ชุดทดลองพ่นหว่านข้าวที่ทำการทดสอบและสมการต่างๆที่ใช้หาค่าในการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

2.1 วิธีการปลูกข้าวโดยการหว่านน้ำตม

จากการสำรวจวิธีการทำนาของเกษตรกรในเขตพื้นที่บริเวณรอบๆมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก [2] พบว่าสำหรับการปลูกข้าวด้วยวิธีการหว่านนั้น โดยทั่วไปเกษตรกรจะทำการเตรียมแปลง เริ่มจากการไถดะลึกประมาณ 15-18 เซนติเมตร พลิกกลับหน้าดินตากไว้เพื่อให้ดินชั้นล่างได้รับออกซิเจนจากอากาศและเป็นการทำลายวัชพืช เชื้อโรคและไข่ตัวอ่อนของแมลงศัตรูพืชบางชนิด ทิ้งไว้ 1-2 สัปดาห์แล้วจึงไถแปร 1-2 ครั้งเพื่อกำจัดวัชพืชที่ขึ้นมาใหม่และย่อยดินให้มีขนาดเล็กลงอีก จากนั้นจึงคราด 2-3 ครั้งเพื่อเอาเศษวัชพืชออกจากนา แล้วย่อยดินให้มีขนาดเล็กลงอีก จากนั้นทำการปรับระดับพื้นนาให้สม่ำเสมอแล้วจึงปล่อยให้น้ำท่วมขัง ต่อจากนั้นทำเป็นเทือกโดยการใช้ไหหรือลูกมะพร้าวลากไปตามแนวพื้นที่นาเพื่อให้เป็นร่องระบายน้ำ เทือกจะต้องไม่แข็งหรือเหลวเกินไป พอเหมาะกับการหว่านของข้าวงอก เพราะเทือกที่แข็งเกินไปจะแห้งเร็วทำให้เมล็ดที่หว่านไว้งอกลงดินไม่ได้ ส่วนเทือกที่เหลวเกินไปจะทำให้เมล็ดข้าวที่หว่านจมลงลึกในเทือกและเน่าตายได้ ต้องปรับหน้าดินหรือลูบเทือกให้เรียบที่สุดไม่ให้มีแอ่งน้ำขัง และควรแบ่งเป็นแปลงย่อยๆ หน้ากว้างประมาณ 3-5 เมตร โดยมีร่องระบายน้ำระหว่างแปลง

วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ที่จะใช้ในการหว่านกระทำโดยแช่ในน้ำ 12-24 ชั่วโมง ต่อจากนั้นนำเมล็ดข้าวที่แช่น้ำมาคลุมด้วยผ้าทึบประมาณ 24-48 ชั่วโมง ซึ่งจะได้ข้าวลักษณะตุ่มตา มีรากยาว 1-2 มิลลิเมตร นำไปหว่านในแปลงนาที่ทำเทือกไว้แล้ว การหว่านด้วยมือกระทำโดยการนำเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมไว้ใส่ในภาชนะขนาดพอดีที่มีการมัดเชือกไว้สำหรับสะพายบนไหล่ อัตราเมล็ดพันธุ์ที่เกษตรกรใช้ 20-30 กิโลกรัมต่อไร่ แต่อัตราที่ศูนย์วิจัยข้าว อ.วังทอง จ.พิษณุโลก แนะนำคือ 15 กิโลกรัมต่อไร่

การหว่านด้วยมือนั้นสามารถหว่านได้รัศมี 3-5 เมตร อัตราการทำงาน 5 ไร่ต่อวัน นอกเหนือจากสมรรถนะที่ต่ำแล้วการหว่านด้วยมือนั้น ผู้หว่านต้องย่ำลงไปในแปลงนาอาจโดนเศษไม้หรือเปลือกหอยบาดเท้าได้ และเมื่อหว่านเป็นระยะเวลานานๆทำให้ผู้หว่านเกิดความเมื่อยล้าและต้องทำงานในสภาพอากาศที่ร้อน

เนื่องจากรัศมีการหว่านของการหว่านด้วยมือและการหว่านของเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังไม่เท่ากัน รัศมีการพ่นหว่านของเครื่องคือ 6-9 เมตร การเตรียมแปลงที่ใช้กับเครื่องฉีดพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังจึงต้องมีหน้ากว้างมากกว่าการเตรียมแปลงสำหรับการหว่านด้วยมือ

2.2 เครื่องหว่านข้าว

เครื่องหว่านข้าวที่ดีควรมีลักษณะ [1] ดังต่อไปนี้

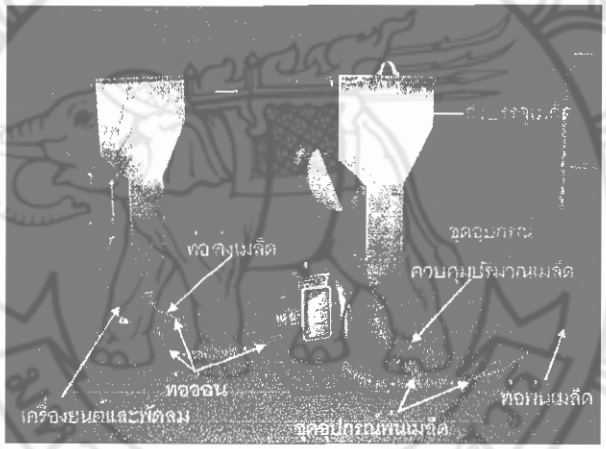
1) หว่านได้อัตราที่สม่ำเสมอ
2) กลไกที่ควบคุมอัตราการหว่านข้าวจะต้องปรับตั้งง่าย
3) ใช้ได้กับข้าวหลายชนิด
4) ปรับตั้งอัตราการหว่านได้ตามต้องการโดยมีประสิทธิภาพคงที่
5) กลไกในการหว่านทำงานได้ดีทั้งในขณะที่ข้าวเต็มถัง และใกล้จะหมด
6) ทำความสะอาดง่าย และดูแลรักษาง่าย

โดยทั่วไป สามารถจำแนกชนิดเครื่องหว่านข้าวตามหลักการทำงานได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องหว่านข้าวแบบอาศัยแรงลม และเครื่องหว่านแบบอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ รายละเอียดของเครื่องหว่านข้าวทั้ง 2 ประเภทมีดังต่อไปนี้

2.2.1 เครื่องหว่านแบบอาศัยแรงลม

เครื่องหว่านชนิดนี้จะอาศัยแรงลมพัดพาเมล็ดข้าวไปตามบริเวณที่ต้องการ ส่วนประกอบหลักๆได้แก่ 1) ชุดใบพัด และต้นกำลังซึ่งโดยทั่วไปใช้เครื่องยนต์เบนซินแบบ 1 สูบ 2 จังหวะ 2) ถังบรรจุเมล็ด และท่อพ่นเมล็ด ตัวอย่างของเครื่องพ่นชนิดนี้ เป็นเครื่องพ่นที่พัฒนาโดยสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม [1] ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบพบว่า ถังบรรจุเมล็ดของเครื่องต้นแบบมีขนาดที่เล็กและสูงเกินไป ทำให้เกษตรกรเติมเมล็ดได้ยากและต้องเสียเวลาเติมเมล็ดบ่อย อีกทั้งยังพบปัญหาของชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณเมล็ดและชุดท่ออ่อน ที่เกิดชำรุดหลังจากใช้งานในเวลาที่ไม่นานนัก จึงได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบใหม่ โดยออกแบบให้ถังบรรจุเมล็ดมีความสูงลดลงประมาณ 10 เซนติเมตร และมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น จากเดิมที่สามารถบรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวแห้งได้ 16 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นเป็น 24 กิโลกรัม และดำเนินการออกแบบชุดควบคุมปริมาณเมล็ดขึ้นใหม่ให้มีความแข็งแรงและมีกลไกที่ง่ายขึ้นอีกทั้งยังได้ดำเนินการเปลี่ยน

ชุดท่ออ่อนโดยใช้วัสดุที่มีคุณภาพมากขึ้น ทำให้ได้ต้นแบบที่มีความเหมาะสมและคงทนต่อการใช้งานเพิ่มขึ้น ซึ่งผลจากการนำเครื่องไปใช้งานโดยเกษตรกรพบว่า สามารถลดเวลาหรือแรงงานที่ใช้หว่านลงได้ ลดความเหนื่อยเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจากการหว่านลง และเมล็ดที่หว่านมีความสม่ำเสมอมากขึ้น การใช้เครื่องของเกษตรกรนอกจากจะใช้ในการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวแล้ว ยังนำเครื่องไปใช้ในการหว่านปุ๋ยเม็ดอีกด้วย เกษตรกรบางส่วนมีการนำเครื่องไปรับจ้างหว่าน ทำให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้นสำหรับการใช้เครื่องที่เหมาะสม เกษตรกรควรใช้เมล็ดพันธุ์ที่สะอาด การใช้เครื่องในการหว่านข้าวงอกในนาหว่านน้ำตม ควรใช้เมล็ดที่มีรากงอกเป็นตุ่มตา ไม่ควรใช้เมล็ดที่มีรากงอกยาว เพราะจะทำให้เกิดปัญหาเมล็ดอุดตัน อีกทั้งควรกำหนดขอบเขตการหว่านและจุดเติมเมล็ดที่ชัดเจน เพื่อให้การใช้เครื่องเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ 2.1 เครื่องหว่านแบบเครื่องพ่นเมล็ด

2.2.2 เครื่องหว่านข้าวแบบอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์

เครื่องหว่านชนิดนี้จะอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เพื่อเหวี่ยงเมล็ดข้าวให้ไปตกยังบริเวณที่ต้องการโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 1) ชุดจานเหวี่ยงและต้นกำลัง และ 2) ถังบรรจุเมล็ด ตัวอย่างเครื่องหว่านชนิดนี้แสดงในรูปที่ 2.2 เป็นเครื่องที่ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดพิษณุโลก (จักรกลเกษตร) ได้นำเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ต่อพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ออกแนะนำให้แก่เกษตรกร จากการศึกษาของ ทรรศวรรธ และ ศิวพงษ์ [3] พบว่า สำหรับการหว่านข้าวแห้ง สามารถปรับอัตราการหว่านได้ตั้งแต่ 490.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ระดับความกว้างช่องจ่ายเมล็ด 3-4) ถึง 1398.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ระดับ 5-6) สำหรับข้าวงอกสามารถปรับอัตราการหว่านได้ตั้งแต่ 239.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ระดับ 3-4) ถึง 1437.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ระดับ 6-6)

เมื่อทดลองหว่านข้าวแห้งอยู่กับที่พบว่า ความกว้างการหว่านเฉลี่ยเท่ากับ 12.6 เมตร ระยะหว่านไกลสุดเฉลี่ย 10.3 เมตร สัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ย 11.1% และเมล็ดแตกหักเฉลี่ย 5.0% เมื่อหว่านข้าวแห้งโดยรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า ความกว้างการหว่านเฉลี่ยเท่ากับ 13.9 เมตร สัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ย 60.8% เมล็ดแตกหักเฉลี่ย 12.6% และสมรรถนะทางทฤษฎีเท่ากับ 17.5 ไร่ต่อชั่วโมง เมื่อรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่า ความกว้างการหว่านเฉลี่ยเท่ากับ 14.6 เมตร สัมประสิทธิ์การกระจายตัวเฉลี่ย 66.4% เมล็ดแตกหักเฉลี่ย 10.9% และสมรรถนะทางทฤษฎีเท่ากับ 43.8 ไร่ต่อชั่วโมง

โดยข้าวงอกที่ถูกหว่าน ที่ระดับความกว้างช่องจ่ายเมล็ด 6-6 มีอัตราการงอกเฉลี่ย 44.3% จะเห็นได้ว่า เครื่องหว่านชนิดนี้สามารถใช้หว่านเมล็ดข้าวแห้งได้ แต่ไม่เหมาะสมกับการหว่านเมล็ดข้าวงอก เนื่องจากการหว่านข้าวงอกด้วยเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงนั้น จะทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดข้าวเพราะเมล็ดข้าวได้สัมผัสโดยตรงกับจานเหวี่ยง จึงทำให้เมล็ดข้าวงอกถูกจานเหวี่ยงทำลายรากที่งอกออกมา และบางเมล็ดถูกกะเทาะเปลือกออก ซึ่งทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวลดต่ำลง

รูปที่ 2.2 เครื่องหว่านข้าวชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

2.3 หลักการและทฤษฎี four-bar linkage

กลไกชนิดนี้ประกอบไปด้วยชิ้นต่อโยง 4 ชิ้นดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ก) ชิ้นต่อโยงที่ 1 อยู่กับที่ (Frame หรือ ground) ชิ้นต่อโยงที่ 2 เป็นตัวขับ ซึ่งอาจหมุนได้รอบ หรือเคลื่อนที่กลับไปกลับมาก็ได้ และจะทำให้ชิ้นต่อโยงที่ 4 เคลื่อนที่กลับไปกลับมา หรือหมุนได้รอบโดยขึ้นอยู่กับความยาวของชิ้นต่อโยงต่างๆ มีชิ้นต่อโยงที่ 3 เป็นตัวส่งผ่านการเคลื่อนที่ ทั้งนี้บางครั้งอาจจะใช้ชิ้นต่อโยงที่

4 เป็นตัวขับและชิ้นต่อโยงที่ 2 เป็นตัวตามก็ได้ กลไก four-bar linkage แบบ crank rocker คือ กลไกที่ตัวขับจะหมุนได้รอบ และตัวตามเคลื่อนที่กลับไปกลับมาดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ข)

Grashoff's law ช่วยให้แยกแยะประเภทของกลไก four-bar linkage ได้จากการพิจารณาชิ้นต่อโยงต่างๆ คือ ถ้าผลบวกของความยาวของชิ้นส่วนที่สั้นที่สุดกับชิ้นส่วนที่ยาวที่สุดมีค่าน้อยกว่าผลบวกของความยาวของชิ้นที่เหลือ จะทำให้มีการหมุนสัมพัทธ์อย่างต่อเนื่อง (ครบรอบ) ของชิ้นส่วนหนึ่งเทียบกับอีกชิ้นส่วนหนึ่ง

กำหนด s คือ ความยาวของชิ้นส่วนที่สั้นที่สุด

l คือ ความยาวของชิ้นส่วนที่ยาวที่สุด

p และ q คือ ความยาวของชิ้นส่วนที่ยาวมากกว่า s และน้อยกว่า l

1) ถ้า $l+s < p+q$

-Crank-rocker ถ้า s เป็น crank และ อยู่ติดกับ frame (ground)

-Double-crank ถ้า s เป็น frame

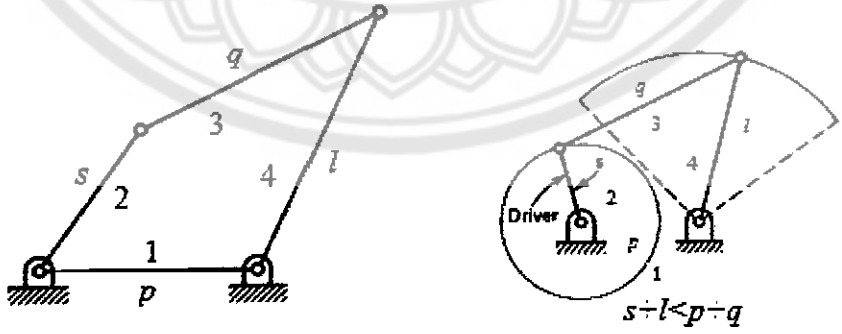
-Rocker-crank ถ้า s เป็น follower

-Double-rocker ถ้าชิ้นต่อโยงตรงข้าม s เป็น frame

2) ถ้า $l+s > p+q$ Non-Grashoff

3) ถ้า $l+s = p+q$ ได้เหมือนกรณีที่ 1 แต่จะเกิด change point condition (singularity) หรือ ชิ้นส่วนเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกัน

4) $s = p$ และ $l = q$ เป็น deltoid หรือ parallelogram linkage ชิ้นต่อโยงเรียงตัวกันเป็นสี่เหลี่ยมด้านขนาน



(ก) (ข)

รูปที่ 2.3 กลไกfour-bar linkage: (ก) ชิ้นต่อโยงพื้นฐาน, (ข) crank rocker

2.4 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ใช้หลักการของ Donnell Hunt (1976) เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาเป็นแบบเส้นตรง (Straight-line method) และเกษตรกรมีเครื่องพ่นสารเคมีแบบสะพายหลังอยู่แล้ว โดยราคาของเครื่องเท่ากับ 3,000 บาท สมการที่ใช้วิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

สมการคำนวณต้นทุนการใช้เครื่อง, *Ac*

$$Ac = \left(\frac{Fc}{A}\right) + \left(\frac{1}{Ct}\right) \times \left[\left(\frac{R\,\&\,M}{100}\right) + F + O + Lo\right] \qquad (2.1)$$

เมื่อ Ac = ต้นทุนการใช้เครื่อง (บาทต่อไร่)

Fc = ต้นทุนคงที่ (บาท/ปี)

A = พื้นที่หว่านใน 1 ปี (ไร่)

Ct = ความสามารถในการทำงานของเครื่องมือ (ไร่ต่อชั่วโมง)

$R\&M$ = ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (บาทต่อชั่วโมง)

F = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาทต่อชั่วโมง)

O = ค่าน้ำมันหล่อลื่น (บาทต่อชั่วโมง)

Lo = ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน (บาทต่อชั่วโมง)

สมการคำนวณต้นทุนคงที่, Fc

$$Fc = D + I \qquad (2.2)$$

เมื่อ D = ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)

I = ดอกเบี้ย (บาทต่อปี)

สมการคำนวณค่าเสื่อมราคา กรณีคิดค่าเสื่อมราคาเป็นเส้นตรง, D

$$D = \left(\frac{P - S}{N_y}\right) \qquad (2.3)$$

เมื่อ P = ราคาซื้อ (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

N_y = อายุการใช้งาน (ปี)

สมการคำนวณดอกเบี้ย, *I*

$$I = \left(\frac{P + S}{2}\right) \times \frac{r}{100} \qquad (2.4)$$

เมื่อ r = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์ต่อปี)