

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะจำเพาะของแหนแดง

แหนแดง (*Azolla*) เป็นพืชที่พบอยู่ทั่วไป มีหลายชนิด (species) เช่น *Azolla caroliniana*, *A. filiculoides*, *A. microphylla*, *A. mexicana*, *A. nilotica*, *A. pinnata* และ *A. rubra* ส่วนใหญ่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกา แอฟริกา และเอเชีย (ประยูร สวัสดิ์ และ บรรพหาญ แดงจ๋า, 2524) โดยแหนแดงจะอาศัยอยู่ในน้ำนิ่งและน้ำขุ่นทั่วไป และสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ซึ่งความสามารถนี้เนื่องมาจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินพวก (*Anabaena azollae*) ที่อาศัยอยู่ในกาบใบของ แหนแดงแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Symbiosis) (Watanabe and Van Hove, 1996) แหนแดงเป็นพืชลอยน้ำ ลำต้นทอดราบไปตามผิวน้ำ ใบมีขนาดเล็กเรียงแบบสลับอยู่ตามกิ่งก้าน มีลักษณะคล้ายเกล็ด ยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร ใบอ่อนมีสีเขียว ใบแก่เปลี่ยนเป็นสีแดงหรือสีน้ำตาลเข้ม ขยายพันธุ์โดยการแตกหักของใบแยกเป็นต้นใหม่ และแบบใช้สปอร์ แหนแดง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ ลำต้น ราก และใบ มีกิ่งแยกจากลำต้น ใบเกิดตามกิ่งเรียงสลับกันไป แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ใบบน (dorsal leaf) และใบล่าง (ventral leaf) ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกัน รากของแหนแดงจะหย่อนลงไปใต้น้ำตามแนวดิ่งและอาจฝังลงไปในดินโคลนได้ นอกจากนี้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินยังสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศแล้วเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบในรูปของแอมโมเนียมาให้แหนแดงใช้ประโยชน์ได้ ทำให้แหนแดงเจริญเติบโตได้เร็วและมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง การที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงทำให้แหนแดงสลายตัวได้ง่ายและปลดปล่อยไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่นๆ ออกมาอย่างรวดเร็ว

การจำแนกชนิดของแหนแดง

แหนแดงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Azolla spp.* คำว่า *Azolla* มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ *Azo* หมายถึง แห้ง และ *Ollyo* หมายถึงตาย เมื่อมารวมกันแล้วจะหมายความว่าตาย เมื่อถึงฤดูแล้งมีชื่อเรียกภาษาอังกฤษว่า water velvet การจำแนกชนิดของแหนแดงนั้น Lamarck เป็นผู้ริเริ่มศึกษาเป็นคนแรก (ประยูร สวัสดิ์ และคณะ, 2527) ซึ่งสามารถจำแนกขึ้นทางวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

แหวนแดงจัดอยู่ใน	Division	Pteridophyta
	Class	Filicopsida
	Order	Salviniales
	Family	Azollaceae
	Genus	Azolla

1. การจำแนกโดยใช้จำนวนของท่อนลอย โดยท่อนลอยของแหวนแดงจะมีลักษณะกลมๆ อยู่บริเวณส่วนหัว ของ megaspore แบ่งเป็น

1.1 Section Euazolla จะมีท่อนลอย 3 ท่อน ประกอบด้วยแหวนแดง 5 ชนิด คือ

1.1.1 *A. filiculoides* มีถิ่นกำเนิดทางตอนใต้ของอเมริกาใต้ ถึงตะวันตกและตอนเหนือของอเมริกาเหนือ รวมทั้ง อลาสก้า ซึ่งปัจจุบันมีการแพร่กระจายในยุโรป เอเชีย และออสเตรเลีย

1.1.2 *A. caroliniana* มีถิ่นกำเนิดทางด้านตะวันออกของอเมริกาเหนือ ฝั่งทะเลแคริบเบียนรวมทั้งแม็กซิโกต่อมาได้แพร่เข้ามาในยุโรป และอเมริกาใต้

1.1.3 *A. mexicana* มีถิ่นกำเนิดบริเวณตอนเหนือของอเมริกาใต้ถึงบริเวณตะวันตกของอเมริกาเหนือรวมทั้งแม็กซิโกและอเมริกากลาง

1.1.4 *A. microphylla* พบในเขตร้อนของอเมริกาตั้งแต่ด้านทิศตะวันตกและทิศเหนือของอเมริกาใต้ และแถบเอเชีย

1.1.5 *A. rubra* พบในประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์

1.2 Section Rhizosperma มีท่อนลอยน้ำ 9 ท่อน ประกอบด้วย

1.2.1 *A. pinnata* ต้นมีลักษณะเป็นรูปเหลี่ยม มีถิ่นกำเนิดกระจายอยู่บริเวณกว้าง ตั้งแต่ฝั่งทะเลเขตร้อนของแอฟริกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จีน อินเดีย และออสเตรเลีย

1.2.2 *A. nilotica* เป็นแหวนแดงที่มีขนาดใหญ่ มีถิ่นกำเนิดในลุ่มแม่น้ำไนล์จนถึงประเทศซูดาน

2. การแบ่งชนิดของแหวนแดงโดยใช้ลักษณะของสปอร์ การจำแนกชนิดของแหวนแดงโดยใช้ลักษณะของเซลล์สืบพันธุ์ในการแบ่งชนิดของแหวนแดงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถแยกชนิดของแหวนแดงได้อย่างชัดเจน เพราะลักษณะของลำต้นแหวนแดง โดยเฉพาะพวก Euazolla นั้นในบางช่วงอายุจะมีลักษณะเหมือนกันมากไม่สามารถแยกออกได้ โครงสร้างสปอร์โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนบนสุดเป็นส่วนของท่อนลอย ตรง

กลางเป็นส่วนที่เรียกว่า collar ส่วนล่างเป็นส่วนของ perine ในส่วนของ perine เมื่อตัดตามขวางดู จะแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นนอก ชั้นกลาง ชั้นใน ซึ่งสามารถใช้ในการแบ่งชนิดของแหนแดงได้ โดยแบ่งได้ดังนี้

2.1 *A. nilotica* ส่วนของ collar แยกไม่ค่อยชัด ผิวของ perine มีลักษณะเรียบมีรู คล้ายรังผึ้งมีขนาดสม่ำเสมอส่วนล่างของ perine มีหนามมนยื่นออกมา

2.2 *A. pinnata* ท่อนลอยมี 9 ท่อน แบ่งเป็น 2 ชั้น อยู่เหนือ collar ซึ่งคลุมด้วยเส้นใย หนา ปกติ perine จะไม่มีเส้นใยคลุม นอกจากด้านข้างผิวของ perine จะมีเส้นใยที่เกิดจาก collar คลุมอยู่บ้าง

2.3 *A. caroliniana* ส่วนของ collar และ perine คลุมด้วยเส้นใยหนาแน่น ส่วนของ perine แบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นในเป็นเม็ดละเอียดสม่ำเสมอ ชั้นกลางมีลักษณะคล้ายรังผึ้งเป็นที่เกิดของ เส้นใย ชั้นนอกประกอบด้วยเส้นใยเกาะกันอย่างหลวมๆ

2.4 *A. filiculoides* ท่อนลอยอยู่ติดกับ collar ด้านบน collar แยกออกชัดเจน perine มีเส้นใยเป็นกลุ่มๆ คลุมอยู่ ส่วนของ perine เมื่อขยายใหญ่จะเห็นเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมเชื่อมต่อกัน ด้วยเส้นเล็กๆ มีกลุ่มขนคลุมอยู่ ชั้นในมีลักษณะเป็นถุง ชั้นนอกมีลักษณะเป็นชั้นแน่นและหนา

2.5 *A. rubra* ลักษณะของสปอร์แตกต่างไปจาก *A. filiculoides* ตรงส่วนของ collar มีขนปกคลุมอยู่ขณะที่สปอร์ของ *A. filiculoides* ลักษณะเรียบไม่มีขน ส่วนชั้นกลางและ ชั้นนอกมีลักษณะคล้ายกับ *A. filiculoides* ส่วนชั้นในเป็นชั้นมีถุงยาว อยู่ระหว่างสันบางๆ

2.6 *A. mexicana* มีเส้นใยลักษณะเป็นขนเล็กๆ คลุมอยู่บนส่วนของ perine ต่อลง มาจากส่วนของ collar ซึ่งมีลักษณะเรียบค่อนข้างกว้าง ถ้าขยายดูจะเห็นส่วนของ perine เป็นรู พรุณ ชั้นในเป็นเม็ดละเอียด ชั้นกลางเป็นท่อกลมสูงขึ้นมาที่สานกันเป็นตาข่ายของชั้นนอก

2.7 *A. microphylla* มีลักษณะเรียบสม่ำเสมอคลุมเส้นใยที่เกิดอยู่บน perine ส่วน ของ perine มีลักษณะนูนเป็นสันเล็กๆ มีรูพรุณอยู่ทั่วไปมีขนโผล่ขึ้นจากรูพรุณนี้ ชั้นในเป็นเม็ด ละเอียด ชั้นกลางประกอบด้วยแท่งกลมๆ ซึ่งจะรวมกันเป็นชั้นใน

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแหนแดง

1. ธาตุอาหาร

แหนแดงต้องการธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับพืชสีเขียวอื่นๆ (Becking, 1979) โดยใช้รากดูดอาหารจากน้ำ ยกเว้นธาตุไนโตรเจน ซึ่งส่วนใหญ่แหนแดงได้จากการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ แहनแดงมักจะแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัส เนื่องจากธาตุ ฟอสฟอรัสจะตรึงอยู่ในดิน และจะละลายในน้ำได้ในปริมาณต่ำ (คณาจารย์ภาควิชา ปฐพีวิทยา,

2523) ธาตุฟอสฟอรัสจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า เพราะเป็นองค์ประกอบของ nucleoprotein ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างองค์ประกอบของการแบ่งเซลล์ และการตรึงไนโตรเจน

2. น้ำ

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นขั้นพื้นฐานของเห็ดนางฟ้าซึ่งเห็ดนางฟ้าจะเจริญเติบโตได้ในน้ำลึกหรือในแหล่งน้ำนิ่งทั่วไป แต่ก็อาจเจริญเติบโตได้ในลำคลองที่น้ำไหลช้าๆ (Becking, 1979) การไหลวน การกระแทกขึ้นลงของคลื่นมีผลให้การเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนลดลง เห็ดนางฟ้าจึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่เกินไป ที่มีลมพัดแรงพอให้เกิดคลื่น เมื่อลมแรงเกินไป จะพัดให้เห็ดนางฟ้าไปรวมกันที่ข้างใดข้างหนึ่งของแหล่งน้ำ เมื่อเจริญเติบโตในน้ำลึกที่รากหยั่งไม่ถึงพื้น เห็ดนางฟ้าสามารถดูดธาตุอาหารที่ต้องการทั้งหมดจากน้ำ ในน้ำตื้นที่รากหยั่งถึงพื้นก็เจริญเติบโตได้ และเจริญเติบโตได้แม้บนผิวของโคลนที่เปียกแฉะพอ

3. อุณหภูมิ

เห็ดนางฟ้าแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแหล่งต้นกำเนิดของเห็ดนางฟ้าชนิดนั้นๆ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าจะอยู่ในช่วง 16-30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำหรือสูงกว่านี้จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตและตรึงไนโตรเจนลดลง (Anonymous, 1976; Brotonegero and Abdulkadir, 1976)

4. ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH)

การเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดมีความต้องการสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันโดยค่า pH ของน้ำที่เห็ดนางฟ้าสามารถเจริญเติบโตได้จากรายงานของ Nickell (1961) และ Aston (1974) รายงานว่า เห็ดนางฟ้าสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วง pH 3.5-10 แต่ระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต จะอยู่ที่ช่วง pH 4.5-7

5. แสงแดด

แสงแดดเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสังเคราะห์แสงและกระบวนการตรึงไนโตรเจนของเห็ดนางฟ้า ซึ่งต้องใช้พลังงานจากการสังเคราะห์แสง (Holst, 1977) แต่เมื่อได้รับแสงแดดที่จัดในช่วงกลางวันติดต่อกันหลายวัน ใบเห็ดนางฟ้าจะมีสีแดงปนเขียว ซึ่งเกิดจากการปรับตัวของเห็ดนางฟ้าเพื่อป้องกันความเข้มแสงที่สูงเกินไป แต่เห็ดนางฟ้าจะแสดงอาการนี้ได้เมื่อขาดธาตุฟอสฟอรัส

6. ความชื้นสัมพัทธ์

อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์จะปรากฏเด่นชัดในเห็ดนางฟ้าโดยเฉพาะในเขตร้อนซึ่งแสงแดด และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เหมาะสมสำหรับเห็ดนางฟ้าจะอยู่ในช่วง 85-99% (Becking, 1979)

การขยายพันธุ์ของเห็บแดง

เห็บแดงที่เห็นในธรรมชาติเป็นระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น เมื่อมีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมเห็บแดงจะเปลี่ยนระบบการขยายพันธุ์จากการเจริญเติบโตทางลำต้น เป็นการสร้างสปอร์ทั้งเพศผู้และเพศเมียในต้นเดียวกัน สปอร์เพศผู้ (microsporocarp) มีขนาดใหญ่แต่มีสปอร์เล็กๆ ภายในมากมาย ส่วนสปอร์เพศเมีย (macrosporocarp) มีขนาดเล็ก แต่ภายในมีไข่อยู่ใบเดียว เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม สปอร์เพศผู้ และ สปอร์เพศเมีย จะผสมพันธุ์เกิดเป็นตัวอ่อนที่เรียกว่า zygote ซึ่ง zygote นี้จะเจริญเติบโต เป็นต้นเห็บแดงต่อไป (Rai, et al., 2000) เห็บแดงจะเพิ่มปริมาณเป็น 2 เท่า ได้ในเวลา 2-4 วัน และสามารถตรึงไนโตรเจนได้สูงสุดถึง 5% ของน้ำหนักแห้ง (Brotonegero, 1976) ถ้าหากมีการจัดการที่ดีแล้วพื้นที่เลี้ยงเห็บแดง 6.25 ไร่ สามารถผลิตเห็บแดงเป็นอาหารสุกรได้ถึง 150-550 ตัว จนถึงส่งตลาด (Chu, 1979; Tuan and Thuyet, 1979) เห็บแดงมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 2-3% ของน้ำหนักแห้ง ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมคือ ในฤดูหนาวมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 2% ในฤดูใบไม้ผลิตัวเลขขึ้นสูงถึง 3.3-3.6% แต่เมื่ออากาศร้อนเกินไปในฤดูร้อนเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนลดลงเหลือเพียง 2.2-2.9% ในประเทศไทย การวิเคราะห์ตัวอย่างเห็บแดง 82 ตัวอย่าง จากภาคกลางและภาคเหนือพบว่าเห็บแดงมีวัตถุแห้งเฉลี่ย 4.8% ของน้ำหนักสดและในวัตถุแห้งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบระหว่าง 2.06-5.87% (ประยูร สวัสดิ์ และ บรรหาญ แต่งจำ, 2524)

ปริมาณผลผลิตของเห็บแดง

เห็บแดงเป็นพืชที่สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วโดยเราจะพบเห็นเห็บแดงอยู่ตามแหล่งน้ำต่างๆ ดังรายงานของ ประยูร สวัสดิ์ และคณะ (2527) รายงานว่า เมื่อเริ่มเลี้ยงโดยใช้เชื้อพันธุ์ 50 กิโลกรัม/ไร่ เห็บแดงพันธุ์ดีจะขยายตัวเต็มพื้นที่หนึ่งไร่ภายในเวลา 21 วัน ซึ่งมีน้ำหนักสดประมาณ 3,000 กิโลกรัม/ไร่ และตรึงไนโตรเจนได้ประมาณ 3 กิโลกรัม/ไร่ แต่เมื่อเลี้ยงโดยใช้เชื้อพันธุ์ 100 กิโลกรัม/ไร่ เห็บแดงจะโตเต็มพื้นที่ภายใน 15 วัน บรรหาญ แต่งจำ และ วิศิษฐ์ ไชลิตกุล (2521) รายงานว่า ผลการคัดเลือกพันธุ์เห็บแดงใน ภาคกลาง ภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าเห็บแดงสามารถให้น้ำหนักสดสูงสุดได้ภายใน 3-4 สัปดาห์ มีน้ำหนักสดระหว่าง 2,000-3,500 กิโลกรัม/ไร่ และตรึงไนโตรเจนได้ระหว่าง 3.5-7.5 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ โดยเห็บแดงจากภาคกลางมีน้ำหนักสด และปริมาณไนโตรเจนต่ำสุด ส่วนภาคเหนือมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด

องค์ประกอบทางเคมีของແໜແດງ

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญโดยเฉพาะโปรตีนและกรดอะมิโนที่มีในແໜແດງ ทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับແໜແດງมากขึ้นโดยจากรายงานการวิจัยต่างๆ ได้รายงานว่າ ແໜແດງມີປຶມຳນໄປຣຕິນທ່າກັບ 21.4-28.5 ເປຣເຊັນຕ໌ຂອງວັດຖຸແຫ້ງ (ຕາຣາງ 1) ແລະມີກຣດອະມິໂນທີ່ຈຳເປັນສຳລັບສັດຜູ້ (ຕາຣາງ 2)

ຕາຣາງ 1 ຕົວຢ່າງການສຶກສາຂອງອົງປະກອບທາງເຄມີຂອງແໜແດງ

	ວັດຖຸແຫ້ງ (%)	ໂປຣຕິນ (%)	ເຍື່ອໂຍ (%)	ໄຂມັນ (%)	ເຄົ້າ (%)	NDF (%)	ADF (%)	ແຄລເຊີຢັມ (%)	ຟອສຟອຣັດ (%)
Basak et. al., 2002	90.8	25.78	15.71	3.47	15.76	NA	NA	NA	NA
Khatun et. al., 1999	90.5	28.5	12.3	NA	16.9	44.5	33.4	NA	NA
Alalade and Lyayi 2006	NA	21.4	12.7	2.7	16.2	36.8	47.08	1.16	1.29
Tamang and Samanta 1993	90.2	23.4	12.7	2.7	NA	NA	NA	NA	NA

ທີ່ມາ: Basak, et. al., 2002

Khatun, et. al., 1999

Alalade and Lyayi, 2006

Tamang and Samanta, 1993

NA = Data not available

NDF = neutral detergent fibre

ADF = Acid detergent fibre

ตาราง 2 ตัวอย่างการศึกษาองค์ประกอบของกรดอะมิโนของແນແດງ

กรดอะมิโน	เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง	
	Alalade and Lyayi, 2006	Basak, et al., 2002
Lysine	0.98	1.7
Methionine	0.34	1.1
Threonine	0.87	1.3
Tryptophan	0.39	1.5

ที่มา: Alalade and Lyayi, 2006

Basak, et al., 2002

ประโยชน์ของແນແດງ

ในประเทศไทยมีແນແດງอยู่ในบ่อ สระ หนอง คลอง บึง ทั่วๆ ไปมาช้านานแล้ว แต่ก็ไม่ปรากฏว่ามีการใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง จนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์ทางด้านพลังงาน ทำให้ปุ๋ยมีราคาแพง แนนแดงจึงได้รับความสนใจจากนักวิชาการเกษตรทั่วโลก

1. การใช้ประโยชน์ของແນແດງเพื่อเป็นปุ๋ย

เนื่องจากແນແດງเป็นพืชที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้จึงทำให้ແນແດງมีปริมาณไนโตรเจนที่สูงซึ่งเหมาะแก่การนำมาเป็นปุ๋ยโดย กองปฐพีวิทยา (2527) ได้เริ่มทดลองเลี้ยงແນແດງเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวเมื่อประมาณ พ.ศ. 2520 ผลการทดลองปรากฏว่าได้ผลดี ปุ๋ยพืชสดจากແນແດງทำให้ประหยัดค่าปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้ 100-200 บาท/ไร่ และทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 10-20 ถัง/ไร่ โดยแนะนำวิธีเลี้ยงແນແດງเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวไว้ดังนี้ เริ่มโดยนำกล้าແນແດງประมาณ 50-100 กิโลกรัม/ไร่ มาเลี้ยงในนาข้าว ใช้ไม้รวกช่วยกันบริเวณในวงจำกัดไว้ก่อนเพื่อให้ແນແດງตั้งตัวและไม่ถูกลมพัดไปติดตามคันนา ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3 สัปดาห์ แนนแดงก็จะเจริญเติบโตเต็มพื้นที่ ไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวได้ ซึ่งจะช่วยให้ข้าวมีผลผลิตสูงขึ้นเท่ากับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6 กิโลกรัม/ไร่ การใช้ແນແດງเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวอาจทำได้ 3 วิธี คือ

1.1 เลี้ยงขยายແນແດງก่อนปักดำแล้วไถกลบเมื่อແນແດງโตเต็มที่ ซึ่งจะใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 3 สัปดาห์

1.2 เลี้ยงขยายแห่นแดงเมื่อหลังจากปักดำแล้ว ปล่อยให้แห่นแดงเจริญเติบโต ร่วมกับข้าวโดยไม่ต้องไถกลบ คือ มีแห่นแดงอยู่ในนาตลอดไป จนกระทั่งเก็บเกี่ยวข้าว

1.3 เลี้ยงขยายแห่นแดงก่อนปักดำแล้วไถกลบ โดยทิ้งบางส่วนไว้ให้ขยายพันธุ์ เจริญเติบโตอยู่ในนาต่อไป จนกระทั่งเก็บเกี่ยว

วิธีการที่ 3 เป็นวิธีการที่ทำให้ได้ผลผลิตข้าวสูงสุด โดยวิธีที่ 1 ได้ผลรองลงมา แต่ทั้ง 3 วิธีการให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกข้าวโดยไม่ใส่ปุ๋ย การเพาะเลี้ยงแห่นแดงแล้วไถกลบ นอกจากทำให้ดินได้รับไนโตรเจนเพิ่มขึ้นแล้ว แห่นแดงยังให้อินทรีย์วัตถุแก่ดินอีกด้วย ซึ่งมีผลให้ดินมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ดีขึ้น แม้ว่าจะมีข้อมูลจากการทดลองยืนยันว่าการเพาะเลี้ยงและไถกลบแห่นแดงสามารถทดแทนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวได้ แต่การส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากแห่นแดงก็มีปัญหาหลายประการ ปัญหาประการสำคัญที่สุดคือ การขาดน้ำและแหล่งน้ำในการเพาะแห่นแดงในฤดูแล้ง เพื่อใช้เป็นเชื้อพันธุ์เมื่อต้นฤดูฝน เกษตรกรที่จะใช้ประโยชน์จากแห่นแดงในนาข้าวได้มากที่สุดคือ เกษตรกรที่อยู่ในเขตชลประทานและทำนาปีละ 2 ครั้ง (ปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งคือปุ๋ยเดี่ยวฟอสฟอรัสในตลาดบ้านเราไม่แพร่หลายและมีราคาแพง เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยนาสูตร 16-20-0)

2. การใช้แห่นแดงเป็นอาหารสัตว์

แห่นแดง พันธุ์ *Azolla microphylla* เป็นพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน โดยมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย จึงเหมาะแก่การเพาะเลี้ยงในประเทศไทยอีกทั้งแห่นแดงพันธุ์นี้ยังมีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และให้ปริมาณโปรตีนที่สูงจึงเหมาะแก่การนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์

2.1 การใช้ประโยชน์ของแห่นแดงเป็นอาหารสัตว์ปีก

ในสัตว์ปีกมีการนำแห่นแดงมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผสมในอาหารเพราะว่าแห่นแดงมีปริมาณโปรตีนที่ดี และสามารถใช้ในสัตว์ปีกได้สูงถึง 15% ดังรายงานของ Basak, et al. (2002) ได้รายงานการใช้แห่นแดง (*A. pinnata*) เพื่อทดแทนโปรตีนในสูตรอาหารไก่เนื้อ ในระดับ 0 5 10 และ 15 % ในสูตรอาหาร เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ได้รับแห่นแดงในสูตรอาหารในสัปดาห์ที่ 1-4 ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม แต่น้ำหนักตัวของไก่เนื้อที่ได้รับแห่นแดงในสูตรอาหารในสัปดาห์ที่ 5-7 มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแห่นแดงในสูตรอาหารมากขึ้นจะทำให้น้ำหนักของไก่เนื้อลดลง

2.2 การใช้ประโยชน์ของແຫນແຕງเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

โดยทั่วไปแล้วสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่กินหญ้าเป็นหลักจึงได้รับปริมาณโปรตีนที่ค่อนข้างต่ำจึงมีการนำແຫນແຕງซึ่งมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าเข้ามาทดแทนหญ้าให้สัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งจากการศึกษาของ Hillman and Culley (1978) รายงานว่า โคนมที่ได้รับอาหารແຫນແຕງ (*A. microphylla*) สดที่เก็บแล้วนำมาฉีดล้างทำความสะอาด เพื่อนำไปใช้เป็นอาหารโคนม ที่มีการเสริมโปรตีนประมาณ 60% ของความต้องการปกติในแต่ละวัน พบว่า โคนมรับอาหารที่มีແຫນແຕງสูงถึง 75% ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด โดยไม่เกิดการเจ็บป่วย และมีแนวโน้มว่าจะใช้ແຫນແຕງได้ในสัดส่วนที่สูงขึ้นอีก 19% ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด ของอาหารที่กินได้ปกติในแต่ละวัน นอกจากนี้ได้มีการใช้ແຫນແຕງแห้งระดับ 25 50 75 และ 100 % ของน้ำหนักแห้ง ร่วมกับส่วนผสมของหญ้าแห้ง และ Alfalfa hay 8-9 ปอนด์ เพื่อให้มีโปรตีนหยาบ 16% ของน้ำหนักแห้งรวม เป็นอาหารโคนมรุ่นอายุ 9-10 เดือน (น้ำหนักตัวเฉลี่ย 240 กิโลกรัม) นาน 15 สัปดาห์ พบว่าโคนมมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน และอาหารที่มีส่วนผสมແຫນແຕງ ไม่ก่อให้เกิดอาการผิดปกติของระบบย่อยอาหาร หรือปัญหาต่อสุขภาพโคแต่อย่างใด

2.3 การใช้ประโยชน์ของແຫນແຕງเป็นอาหารสุกร

ความต้องการโปรตีนในอาหารสุกรจะอยู่ที่ประมาณ 16% ซึ่งการจะทำให้สุกรอาหารสุกรมีระดับโปรตีนที่ต้องการต้องใช้วัตถุดิบที่มีราคาสูง เช่น กากถั่วเหลือง จึงมีการศึกษาการใช้ແຫນແຕງเพื่อลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ดังรายงานของ Leterme, et al., (2008) รายงานว่า มีการใช้ແຫນແຕງ *A. filiculoides* เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสุกรเล็ก 3 ระดับ คือ 0 12.5 และ 25 % ในสุกรอาหารมีผลทำให้การเจริญเติบโตของสุกรเล็กลดลง และประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงเมื่อระดับແຫນແຕງในอาหารสูงขึ้น แຫນແຕງสามารถใช้เป็นอาหารสุกรได้ เนื่องจากมี พลังงาน และกรดอะมิโนที่สูง แต่มีข้อจำกัดเรื่องการย่อยได้ของสุกร ทำให้การนำมาใช้ในอาหารสุกรไม่ควรเกิน 10-15% จากรายงานดังกล่าว แຫນແຕງที่ใช้ในงานวิจัยเป็นพันธุ์ *A. filiculoides* ซึ่งมีการเจริญเติบโตช้า ทำให้ *A. filiculoides* มีการสะสมของสารที่ขัดขวางการใช้ประโยชน์ของโภชนา เช่น เยื่อใย ลิกนิน

ใบกระถิน

กระถินเป็นพืชตระกูลถั่วอยู่ใน Family Leguminosae และมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Leucaena leucocephala* ซึ่งสามารถทนต่อสภาพอากาศแห้งแล้งได้ดี และได้รับการยกย่องให้เป็นไม้เอนกประสงค์ เนื่องจากนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิง ไม้ก่อสร้าง อาหาร ปุ๋ยพืชสด เป็นไม้ให้ร่มเงา ป้องกันการถูกทำลายของหน้าดิน เป็นแนวกันลม และไฟ อีกทั้ง

ยังเป็นอาหารสัตว์ได้ เพราะมีคุณค่าทางอาหารสูงใกล้เคียงกับถั่วอัลฟัลฟา ซึ่งเป็นพืชอาหารที่ให้โปรตีนสูง และเจริญเติบโตได้ดีในแถบที่มีอากาศหนาวเย็น (Shelton and Brewbaker, 1994) การนำกระถินมาปลูกในประเทศไทย สันนิษฐานว่า เข้ามาครั้งแรกก่อนสมัยอยุธยา โดยอาจมาจากอินเดียหรือเขมร (ชาญชัย มณีตุลย์, 2526)

องค์ประกอบทางเคมีของใบกระถิน

ใบกระถินเป็นพืชที่มีการใช้เป็นอาหารสัตว์มานานแล้วแต่มีข้อจำกัดเรื่องสารพิษในใบกระถินจึงทำให้ไม่สามารถผสมใบกระถินลงไปในสูตรอาหารสัตว์มากได้แต่การที่ใบกระถินมีปริมาณโปรตีนที่สูงจากรายงานการวิจัยต่างๆ รายงานว่า ใบกระถินมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 21-26 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 3) และมีปริมาณกรดอะมิโนโดยเฉพาะ ไลซีน ที่สูงเท่ากับ 1.10 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4)

ตาราง 3 ตัวอย่างการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน

	วัตถุแห้ง	โปรตีน	เยื่อใย	ไขมัน	เถ้า
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Gohl, 1975	NA	21.0	18.1	6.5	8.4
Cheva-Isarakul, 1982	89.9	26.0	11.2	8.8	8.5
El hassan et al., 2000	90.8	NA	NA	NA	NA

ที่มา: Gohl, 1975

Cheva-Isarakul, 1982

El hassan et al., 2000

NA = Data not available

ตาราง 4 ปริมาณของกรดอะมิโนในใบกระถินจากการศึกษาวิจัยของ Ter Meulen, et al., 1979

Amino acid	%DM
Lysine	1.10
Methionine	0.28
Tryptophan	0.20
Threonine	0.80

ไมโมซีนในใบกระถิน

สารไมโมซีน (mimosine) พบได้ในพืชตระกูลถั่วเขตร้อนโดยเฉพาะถั่วยืนต้นสกุล *Leucaena* แต่ปริมาณจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ เช่น *L. leucocephala* มีสารชนิดนี้เกือบทุกส่วนของต้นพืช โดยปริมาณแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ และอายุการเจริญเติบโต กระถินพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกกันในปัจจุบันจะมีปริมาณไมโมซีน อยู่ในระดับใกล้เคียงกันคือ 3-5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง

ตาราง 5 ปริมาณไมโมซีนที่พบในส่วนต่างๆของกระถิน

	ปริมาณไมโมซีน (%)
ใบอ่อนที่อยู่ปลายใบ	5
ใบแก่	2
ดอก	4
ฝักอ่อน	0.8
เมล็ด	4

ที่มา: วิเชียร เกียรติสุวรรณ, 2520

ปัญหาความเป็นพิษของสารไมโมซินต่อสัตว์กระเพาะรวมมักเกิดขึ้นน้อย เนื่องจากเมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องกิน เอนไซม์ที่อยู่ในเซลล์จะถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้การเปลี่ยนสารไมโมซินไปเป็นสาร DHP (dihydroxypyrimidine) ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ของไมโมซินที่กินเข้าไปมีการเปลี่ยนแปลงก่อนถึงกระเพาะรูเมน (Lowry, et al., 1983) เมื่อกระดุกที่ถูกเคี้ยวผ่านมาถึงกระเพาะรูเมน ส่วนของไมโมซินที่เหลือมีการเปลี่ยนไปเป็นสาร DHP จนหมดในช่วงเวลาสั้นๆ โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน แต่ถ้าสัตว์กินกระดุกที่ตากแห้ง เอนไซม์ภายในเซลล์พืชจะถูกทำลาย ทำให้การเปลี่ยนไมโมซินไปเป็น DHP เกิดภายในกระเพาะรูเมนเท่านั้น ดังนั้นจึงพบว่าสัตว์ที่กินใบกระดุกแห้งมีการขับสารไมโมซินออกมาทางปัสสาวะมากกว่าปกติ แต่ในกรณีนี้สัตว์เคี้ยวเอื้องได้กินกระดุกสดหรือแห้งมาแล้วจะขับออกในรูปสาร DHP เนื่องจากจุลินทรีย์กลุ่มที่เปลี่ยนสารไมโมซินไปเป็นสาร DHP มีการเพิ่มจำนวนประชากรที่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงของสารดังกล่าว ด้วยเหตุนี้จึงพบว่าสัตว์ที่กินกระดุกครั้งแรกจะมีอาการขนหางร่วงเนื่องจากสารพิษไมโมซิน อาการของสัตว์ที่กินกระดุกในปริมาณมากเป็นเวลานาน จะมีการหลั่งน้ำลายมากกว่าปกติ เกิดอาการคอบอก ระดับไทรอกซินในซีรัมต่ำลง เบื่ออาหาร น้ำหนักตัวไม่เพิ่มหรืออาจลดลง เกิดแผลในกระเพาะอาหารและกระเพาะรูเมน มีแผลถลอกตามร่างกาย ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ลดลง ร่างกายอ่อนแอ ถ้าเป็นลูกโคจะมีน้ำหนักตัวเบาว่าปกติ และตายในที่สุด แต่อย่างไรก็ดี พบว่าสัตว์กระเพาะรวมที่แสดงอาการเป็นพิษเนื่องจากการกินกระดุกมีน้อยมาก แต่ก็มีระดับไทรอกซินต่ำ สาเหตุของอาการเหล่านี้เป็นผลมาจาก DHP ถูกดูดซึมเข้าทางกระแสเลือดซึ่งไปรบกวนการทำงานของต่อมไทรอยด์ โดยไปรบกวนการจับตัวของสารอินทรีย์กับไอโอดีนทำให้ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนไทรอกซินได้ ต่อมาไทรอยด์จึงถูกกระตุ้นให้สร้างฮอร์โมนไทรอกซินมากขึ้น ก่อให้เกิดอาการคอบอกและเนื่องจากสารไมโมซิน มีผลไปขัดขวางและยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกาย นอกจากนี้สัตว์กระเพาะเคี้ยวถ้ากินใบกระดุกปนมากกว่า 5-10 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหารจะทำให้มีการเจริญเติบโตช้าลง ขนร่วง อัมพาต และเป็นต่อกระดูกได้ และถ้าได้รับปริมาณไมโมซินมากเกินไป อาจทำให้สัตว์ตายได้

การใช้ใบกระดุกเป็นอาหารสัตว์

1. การใช้ใบกระดุกในสัตว์ปีก

การศึกษาการใช้ประโยชน์ของใบกระดุกในไก่จะมีการใช้ใบกระดุกผสมลงในอาหารประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการศึกษาของ Labadan (1969) รายงานว่า ไก่กระตักที่ได้รับใบกระดุกปนผสมอาหารในระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้การเจริญเติบโตลดลงประมาณ 10 และ 65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากความเป็นพิษของไมโมซิน ในใบกระดุกทำให้การเจริญเติบโตชะงัก

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารลดลง และจากการศึกษาของ Lopez, et al., (1979) ทดลองการใช้ไบโกระถินในอาหารไก่ที่ระดับ 5 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ จะให้ผลผลิตไข่ได้เทียบเท่ากับอาหารที่ไม่มีไบโกระถินปนผสม ส่วนที่ระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ จะให้ผลผลิตไข่ลดลง ชูพงษ์ ศรีวัฒนรัชย์ (2532) ทดลองใช้ไบโกระถินแช่น้ำเป็นอาหารไก่กระทง ที่ระดับ 0 5 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารพบว่า เมื่อระดับไบโกระถินแช่น้ำในสูตรอาหารสูงขึ้น มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากการทดลองที่ได้รายงานมานี้การใช้ไบโกระถินที่สูงขึ้นในสูตรอาหารของไก่จะทำให้อัตราการเจริญเติบโต และการให้ไข่ลดลง

2. การใช้ประโยชน์ของไบโกระถินเป็นอาหารสุกร

ในอาหารของสุกรที่มีไบโกระถินเป็นส่วนผสมจะทำให้ช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ เนื่องจากสามารถหาได้ง่ายแต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการใช้จากการศึกษาของ อุทัย พิสนต์ (2518) รายงานว่า สุกรน้ำหนัก 34 กิโลกรัมขึ้นไป สามารถใช้กระถินได้ 5-10 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาของ สิ้นชัย เรืองไพบุรณ์ (2527) รายงานว่า สามารถใช้ไบโกระถินแช่น้ำเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรระยะเจริญเติบโตได้ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ โดยที่อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าใช้กระถินแห้งธรรมดาในระดับเดียวกัน การศึกษาของ พิชญ์วัฒน์ แสนไชย สุรียา. (2528) รายงานว่า การใช้ไบโกระถินแช่น้ำเป็นอาหารสุกรรุ่น ในระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารยังสามารถให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ และแตกต่างจากสุกรที่กินอาหารไม่ผสมไบโกระถินอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การใช้ประโยชน์ของไบโกระถินเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ในอดีตมีการใช้ไบโกระถินเป็นอาหารสัตว์มานานแล้วเนื่องจากในไบโกระถินมีปริมาณโปรตีนที่สูงและสัตว์กระเพาะรวมจะแสดงอาการเป็นพิษจากสารโมโนซินที่ต่ำกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว ซึ่งจากรายงานของ จินดา สนิทวงศ์ และคณะ (2527) รายงาน การเปรียบเทียบการใช้ยูเรียและไบโกระถินสดเพื่อเสริมโปรตีนในฟางข้าวของโคพันธุ์ อเมริกันบราห์มัน ไม่พบอาการเป็นพิษจากการกินไบโกระถินสดติดต่อกันเป็นเวลา 364 วัน โดยการเสริมไบโกระถินให้กินตอนเย็น โคกินไบโกระถินได้ 3.78 กิโลกรัม หรือประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบที่กินทั้งหมด พบว่า น้ำหนักเพิ่มตัวละ 0.25 กิโลกรัม ส่วนกลุ่มที่กินฟางข้าว เสริมด้วยยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์มีน้ำหนักเพิ่มเพียง 0.13 กิโลกรัม/ตัว/วัน โดยการทดลองนี้แนะนำสูตรที่ให้ผลดีในการขุนโคในระยะสั้นๆ คือ ฟางข้าว ไบโกระถินสด และมันหยาบคลุกมันเส้น ในอัตราส่วน 30:30:40 โคจะมีอัตราการเจริญเติบโต 0.76 กิโลกรัม/ตัว/วัน 40:30:30 และ 25:25:50 มีอัตราการเจริญเติบโต 0.56 และ 0.68 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ จากรายงานของจินดา สนิทวงศ์ และคณะ (2528) ได้ทดลองใช้ไบโกระถินแห้งเป็นแหล่งเสริมโปรตีนในอาหารมันสำปะหลังสำหรับกระบือ โดย

กระป๋องได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหลักเสริมด้วยอาหารชั้นวันละ 3 กิโลกรัม พบว่าสามารถใช้ใบกระถินในสูตรอาหารชั้นเพื่อเป็นแหล่งโปรตีนได้สูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหาร โดยที่สัตว์ไม่แสดงอาการเป็นพิษ จากรายงานของ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล (2532) รายงานว่า การเสริมรำละเอียด 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ให้กับโคที่ได้รับฟางข้าว เสริมใบกระถินแห้ง 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณฟางข้าวที่กินได้ของกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวปรุงแต่งกินอาหารหยาบต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารธรรมดาเสริมใบกระถินแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1.4 และ 1.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ซึ่งอาจเนื่องมาจากใบกระถินช่วยให้โปรตีน พลังงาน แร่ธาตุ และวิตามินให้แก่จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ จึงช่วยให้การย่อยอาหารดีขึ้น ทำให้สัตว์กินอาหารได้เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณโปรตีน และการย่อยได้ กลุ่มที่ได้รับฟางข้าวธรรมดาเสริมใบกระถินแห้งจะสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับฟางข้าวปรุงแต่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดจนน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง กล่าวคือ กลุ่มที่ได้รับใบกระถินมีการเพิ่มน้ำหนักตัว 0.30 กิโลกรัม/ตัว/วัน ส่วนกลุ่มที่ได้รับฟางข้าวปรุงแต่งมีการเพิ่มน้ำหนักตัวเพิ่ม 0.23 กิโลกรัม/ตัว/วัน ดังนั้นถ้าให้ฟางข้าวธรรมดาเสริมด้วยใบกระถินแห้ง 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว และรำละเอียดอีก 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ทำให้สมรรถภาพการผลิตของโคนสูงขึ้น

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสุกร

การหาค่าการย่อยได้ มีการศึกษาการทดลองกับตัวสัตว์โดยตรง และวิธีในห้องปฏิบัติการซึ่งมีดังนี้

1. การศึกษาในตัวสัตว์ทดลอง

การหาค่าการย่อยได้ในสัตว์ทดลอง แบ่งออกเป็น 2 วิธี (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, 2532) ที่นิยมทำคือ conventional method และ indicator หรือ indirect method ซึ่งหลักการโดยทั่วไปทั้ง 2 วิธี คล้ายคลึงกัน แตกต่างแต่เพียงว่า วิธี conventional method จำเป็นต้องทราบปริมาณที่แน่นอนของอาหารที่กินและมูลที่ขับถ่ายออกมา ส่วนวิธีการ indirect method ไม่จำเป็นต้องทราบน้ำหนักที่แน่นอนของอาหารที่กิน และมูลที่ขับออกมา เพียงแต่ทราบความเข้มข้นของ indicator ในอาหารและในตัวอย่างมูลของสัตว์แต่ละตัว ซึ่งสัดส่วนของความเข้มข้นจะบ่งบอกถึงการย่อยได้ เช่น ถ้าสัดส่วนความเข้มข้นของ indicator ในอาหารเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ และในมูลเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าอาหารนั้นถูกย่อยได้ 50 เปอร์เซ็นต์ การหาค่าการย่อยได้ของโปรตีนอาศัยการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโปรตีนที่ได้รับและที่เหลือจากการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหาร ผลต่างคือส่วนที่สูญหายในระบบการย่อยได้ ซึ่งอนุมานว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ วิธีการดังกล่าวนี้เรียกว่า การศึกษาการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหาร ซึ่งการย่อยได้

ของโปรตีนจากวิธีการนี้เป็นผลรวมของกรดอะมิโนที่มาจากอาหารที่กินและส่วนที่ร่างกายขับออกมา เช่น เอนไซม์ เซลล์เยื่อบุทางเดินอาหาร เยื่อเมือก และเซลล์จุลินทรีย์ ซึ่งรวมเรียกว่า เอ็นโดจีนัสซับสแตนซ์ (endogenous substance) ซึ่งถ้าปริมาณเอ็นโดจีนัส ซับสแตนซ์ ไปหักออก จากโปรตีนหรือกรดอะมิโนที่พบทั้งหมดที่ปลายลำไส้ใหญ่ วิธีการศึกษานี้เรียกว่า การย่อยได้แท้จริง ทั้งระบบทางเดินอาหาร (true fecal digestibility) (Whittemore, 1993)

2. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การประมาณคุณค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่เดิมต้องอาศัยระยะเวลา สัตว์ทดลอง และสถานที่ในการทดลองเพื่อทำการหาค่าการย่อยได้หรือใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร ซึ่งเป็นงานที่สิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายมาก จึงได้มีความพยายามวัดค่าการย่อยได้ของอาหาร โดยใช้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในห้องทดลองโดยจำลองให้เหมือนกับสภาวะที่เกิดขึ้นในทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นวิธีการที่เรียกว่า in vitro technique ในระยะแรกๆ เทคนิคที่ใช้ในการหาค่าของวัตถุดิบของอาหารสัตว์หรือการย่อยได้ในห้องทดลองจะใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมนสำหรับหาค่าของวัตถุดิบสำหรับสัตว์กระเพาะรวม และได้มีการศึกษาและปรับปรุงการย่อยได้ในห้องทดลองเพื่อหาค่าของวัตถุดิบอาหารสัตว์หรือการย่อยได้ของโปรตีนในสัตว์กระเพาะเดี่ยว หาโดยอาศัยส่วนประกอบของอาหารที่อยู่ในกระเพาะอาหารและส่วนต่างๆ ของลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ รวมทั้งการศึกษาโดยการใช้ intestinal fluid (Clunies and Leeson, 1984) โดยการบ่มด้วยน้ำย่อยที่ได้จากลำไส้เล็กส่วนต่างๆ และการบ่มด้วยมูล จากรายงานของ Graham, et al., (1985) ได้ศึกษาเทคนิคการย่อยได้โดยวิธีการใช้ถุงในลอน ใส่ลงไปในที่เจาะติดฝังลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม (duodenum) และการย่อยได้ในห้องทดลองโดยการใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนไอเลียม (ileum) บ่มเป็นเวลา 60 ชั่วโมง โดยใช้สุกรหนัก 150 กิโลกรัม พบว่า วิธีการทั้งสองสามารถให้ทำนายค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ แต่ไม่สามารถให้ทำนายค่าการย่อยได้ของโปรตีนเนื่องจากค่าการย่อยได้ของโปรตีนจากทั้งสองวิธีให้ค่าที่มีค่ามากกว่าการย่อยได้ในตัวสัตว์ (*in vivo* apparent fecal digestibility) จากรายงานของ Graham, et al., (1989) ศึกษาการเปรียบเทียบการย่อยได้ในห้องทดลองโดยการใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม ไอเลียม และจากมูล กับการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบ พบว่า การย่อยได้ของโปรตีน เถ้า แป้ง พลังงาน และวัตถุแห้งจากวิธีการในห้องทดลองโดยการใช้น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนดูโอดินัม มีความสัมพันธ์กับการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าที่ได้จากวิธีการในห้องทดลองโดยน้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วน ไอเลียม และจากมูล พบว่ามีความสัมพันธ์ กับค่าการย่อยได้ทั้งระบบ ในกรณีการย่อยได้ของเยื่อใย พลังงาน และวัตถุแห้ง ส่วนโปรตีน และเถ้าไม่พบความสัมพันธ์ ทั้งนี้เนื่องมาจากอิทธิพลของเอ็นโดจีนัส ซับสแตนซ์ ของจุลินทรีย์ในลำไส้ซึ่งรวมอยู่

ในมูล จากรายงานของ Lowgren, et al., (1989) ศึกษาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการถึงอิทธิพลของ น้ำย่อย โดยใช้ น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้น ส่วนปลาย และมูล บ่มอาหารสุกร รำละเอียด และ กากชูการ์บีทพัลพ์ (sugar beet pulp) บ่มเป็นเวลา 96 ชั่วโมง มีผลทำให้ค่าการสูญเสียของ ส่วนประกอบต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 ส่วน ยกเว้นค่าการสูญเสียของโปรตีน ซึ่งการบ่มด้วย น้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้นมีค่ามากกว่าการบ่มด้วยน้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนปลายและจากมูล นอกจากนี้พบว่า การบ่มด้วยน้ำย่อยจากลำไส้เล็กส่วนต้น 24 ชั่วโมง การบ่มด้วยน้ำย่อยจากลำไส้ เล็กส่วนปลาย 48 ชั่วโมง และการบ่มด้วยมูล 48 ชั่วโมง มีผลทำให้การละลายของวัตถุแห้งเท่ากับ 87.60 83.60 และ 91.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติ