ผลของการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ต่อผลผลิตและเปอร์เซ็นต์โปรตีนของหญ้าเนเปียร์ พันธุ์ปากช่อง 1 ในระบบผลิตพืชอินทรีย์

The Effects of Manure Applications on Yields and Protein Content of Napier Grass (*Pennisetum purpureum* cv. Pakchong 1) in Organic Farming System

ณภาส์ณัฐ อู๋สูงเนิน[1] วรพจน์ ศตเดชากุล[2] และ ไชยยงค์ หาราช[3]

Naphanut Usungnoen[1] Worapot Satadaechakul[2] and Chaiyong Harach[3]

Received: July 7, 2022
Revised: September 21, 2022
Accepted: September 22, 2022

Abstract: The research was conducted to investigate the effect of the yields and protein content responses of Napier grass Pakchong 1 (*Pennisetum purpureum* cv. Pakchong 1) to four organic fertilizer treatments and three cutting dates of grass. The field trial was laid out in a factorial experiment in RCBD with 4 replications. The first factor was 4 manure applications including; T1) non-fertilizer (control) T2) composted cow manure at 680 kg/rai (CCM) T3) composted cow manure at 680 kg/rai combined with foliar application of pig manure tea (1: 100 v/v) at 100 liters/rai for 2 times (CCM+PMT) T4) composted cow manure at 680 kg/rai combined with cow sewage 1,000 liters/rai for 2 times (CCM+CS). The second factor was 3 cutting intervals of 45, 60, and 75 days. The results indicated that there was no interaction between the manure applications and cutting date on the yield of Napier grass Pakchong 1 ($P \geq 0.05$). But the results indicated that the total fresh yields of T4 (CCM+CS), T3 (CCM+PMT), and T2 (CCM) were higher than that applied with T1 (control). In addition, the total fresh yield of Napier grass significantly increased ($P<0.01$) with an increase in cutting dates. Therefore, the suitable age of harvesting the grass for animal feed was 45 days, as the 45-days grass had the highest protein content ($P<0.01$).

Keywords: manure, napier grass Pak Chong 1, yields, protein, organic farming system

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของผลผลิตและเปอร์เซ็นต์โปรตีนของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 (*Pennisetum purpureum* cv. Pakchong 1) ต่อวิธีการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์รูปแบบต่างๆ และอายุการตัดที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตพืชอาหารสัตว์อินทรีย์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยแรก คือ การใช้ปุ๋ยมูลสัตว์รูปแบบต่างๆ คือ T1) ไม่ใส่ปุ๋ย (control), T2) ใส่มูลโคหมักทางดิน อัตรา 680 กิโลกรัมต่อไร่ T3) ใส่มูลโคหมักทางดิน อัตรา 680 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับฉีดพ่นน้ำหมักมูลสุกร

[1] ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[1] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhonpathom 73140

[2] ภาควิชาวิศวเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhonpathom 73140

[3] ศูนย์จักรกลการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

[3] National Agricultural Machinery Center, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhonpathom 73140

*Corresponding author: patima.u@ku.th

ทางใบ (สัดส่วน 1: 100) จำนวน 2 ครั้ง T4) ใส่มูลโคหมักทางดิน อัตรา 680 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับให้น้ำทิ้งจากฟาร์มโคทางดิน อัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ จำนวน 2 ครั้ง ปัจจัยที่ 2 คือ อายุการตัดหญ้าที่ 45, 60 และ 75 วัน ผลการทดลองพบว่า ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์รูปแบบต่างๆ และอายุในการตัดต่อผลผลิตหญ้าเนเปียร์ พันธุ์ปากช่อง 1 ($P \geq 0.05$) โดยการใช้มูลโคหมักร่วมกับน้ำทิ้งจากฟาร์มโคทางดิน (T4) การใช้มูลโคหมักร่วมกับการฉีดพ่นน้ำหมักมูลสุกรทางใบ (T3) และการใช้มูลโคหมักทางดิน (T2) ให้ผลผลิตน้ำหนักสดมากกว่าแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย (T1) ($P<0.05$) อีกทั้งการเพิ่มอายุการตัดหญ้าเนเปียร์ทำให้ผลผลิตน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) ดังนั้น การเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นอาหารสัตว์ คือช่วงอายุ 45 วัน เนื่องจากหญ้าให้โปรตีนสูงที่สุด ($P<0.01$)

คำสำคัญ: มูลสัตว์, หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1, ผลผลิต, โปรตีน, ระบบผลิตพืชอินทรีย์

คำนำ

การเติบโตและการให้ผลผลิตของสัตว์เคี้ยวเอื้อง นอกจากมีผลมาจากลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพอาหารที่สัตว์ได้รับ โดยหญ้าอาหารสัตว์ที่กรมปศุสัตว์แนะนำและส่งเสริมเกษตรกรใช้ในการปลูกสร้างแปลงหญ้าส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น หญ้ากินนี หญ้ารูซี่ หญ้าซิกแนล หญ้าขน (ชาญชัย, มปป.) รวมทั้งหญ้าเนเปียร์ พันธุ์ปากช่อง 1 (*Pennisetum purpureum* cv. Pakchong 1) เป็นหญ้าที่ได้รับความนิยมจากเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เพราะมีคุณค่าทางอาหารสัตว์สูง โปรตีนประมาณ 15-18 เปอร์เซ็นต์ ที่การตัดทุก 60 วัน การเจริญเติบโตที่เร็วกระทั่งในฤดูหนาวก็สามารถเจริญเติบโตได้ดี ไม่มีโรคและแมลงรบกวน เป็นหญ้ากอสูงตั้งตรงจึงเก็บเกี่ยวได้ง่าย เหมาะสำหรับการตัดสดให้สัตว์กินและการทำเป็นหญ้าหมัก การปลูกในเขตชลประทานหรือเขตให้น้ำได้ และมีการใส่ปุ๋ยสม่ำเสมอทำให้สามารถตัดได้ปีละ 5-6 ครั้ง ให้ผลผลิตน้ำหนักประมาณ 100 ตันต่อไร่ต่อปี อย่างไรก็ตามในการปลูกหญ้าเนเปียร์ของเกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิต โดยใช้ปุ๋ยยูเรียสลับกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 (ไกรลาศ, 2553) ส่วนการผลิตพืชอาหารสัตว์แบบเกษตรอินทรีย์ (organic agriculture) เป็นระบบการปลูกพืชอีกทางเลือกหนึ่งที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม สมดุลธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพ ที่ไม่อนุญาตให้ใช้สารเคมีทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช กำจัดวัชพืช ฮอร์โมนสังเคราะห์ในกระบวนการผลิต เน้นการใช้อินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ในการปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ เพื่อให้ต้นพืชมีความแข็งแรง สามารถต้านทานโรค และแมลงได้ด้วยตนเอง กระบวนการผลิตและผลผลิตที่ได้จึงปลอดภัยต่อผู้ผลิต และผู้บริโภค ไม่ทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552)

จากรายงานของ ปฏิมา และวรพจน์ (2565) พบว่า มูลโคหมัก มีปริมาณธาตุอาหาร N, P_2O_5, K_2O เท่ากับ 1.30%, 1.99% และ 2.35% เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก เกรด 2 ของกรมพัฒนาที่ดิน ส่วนน้ำหมักมูลสุกรมีปริมาณธาตุอาหาร N, P_2O_5, K_2O เท่ากับ 0.21%, 0.04% และ 0.33% ไม่เป็นไปตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์เหลวของกรมวิชาการเกษตร แต่มีธาตุอาหารรอง จุลธาตุอาหารและธาตุเสริมประโยชน์รวมอย่างน้อย 13 ธาตุ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นธาตุอาหารเสริมสำหรับพืชในรูปของเหลวโดยการให้ทางดินและทางใบได้ นอกจากนี้ ปฏิมา และคณะ (2557) ได้ศึกษาผลการตอบสนองของหญ้าแพงโกล่าต่อการให้น้ำหมักมูลโคนมเป็นปุ๋ยฉีดพ่นทางใบ พบว่า การฉีดพ่นน้ำหมักมูลโคให้กับหญ้าแพงโกล่า อัตรา 100 ลิตร/ไร่ จำนวน 3 ครั้ง ทำให้หญ้าแพงโกล่ามีแนวโน้มความสูงต้น จำนวนหน่อต่อกอ ผลผลิตน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งมากกว่าหญ้าแพงโกล่าที่ไม่ได้รับปุ๋ย อีกทั้งจากการทดลองของอภิพรรณ และคณะ (2539) พบว่า เมื่อเพิ่มอายุการ

ตัดหญ้าเนเปียร์จาก 3 เป็น 24 สัปดาห์ ทำให้ปริมาณใบลดลงแต่ลำต้นเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่คุณภาพของหญ้าจะลดลง เนื่องจากส่วนที่มีคุณค่าทางโภชนะสูงจะอยู่ในส่วนของใบหญ้า อย่างไรก็ตาม การใช้มูลโคหมัก น้ำหมักมูลสุกร และน้ำทิ้งจากฟาร์มโคเนื้อ รวมทั้งอายุการตัดหญ้าเนเปียร์แบบระบบการผลิตพืชอินทรีย์ ยังไม่มีรายงานผลการศึกษา ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของผลผลิตและองค์ประกอบโภชนะของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ต่อวิธีการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์และอายุการตัดหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตพืชอาหารสัตว์อินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การทำมูลโคหมัก มูลโคที่ใช้ในการทดลองคือ มูลโคเนื้อที่เลี้ยงแบบปล่อยในทุ่งหญ้าอาหารสัตว์ นำมูลโคมากองให้สูง 1 เมตร เป็นเวลา 1 เดือน แล้วจึงขนย้ายมูลโคมายังโรงเรือนผลิตปุ๋ย นำมูลโคมาหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganism: E.M.) ประกอบด้วย 1) จุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติก 2) ยีสต์ 3) จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง โดยใช้อัตราส่วนมูลโค 1,000 กิโลกรัม ต่ออีเอ็มขยาย 2 ลิตร ที่ความชื้นของกองปุ๋ยหมัก 60 % แล้วใช้ สแลนคลุมกองปุ๋ยหมักไว้ เพื่อรักษาความชื้นให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ พลิกกลับกองปุ๋ยหมักทุก 7 วัน แล้วรดด้วยน้ำหมัก พด.2 จากต้นกล้วย ซึ่งประกอบด้วย 1) ยีสต์ ผลิตแอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์ 2) แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก 3) แบคทีเรียย่อยสลายโปรตีน 4) แบคทีเรียย่อยสลายไขมัน 5) แบคทีเรียละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ครั้งละ 2 ลิตร จำนวน 3 ครั้ง รวมระยะเวลาหมักปุ๋ย 2 เดือน จนกระทั่งเป็นปุ๋ยหมักสมบูรณ์ มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำ ไม่มีกลิ่นเหม็นและความร้อนเกิดขึ้น

2. การทำน้ำหมักมูลสุกร นำมูลสุกรระยะขุนแบบแห้ง 20 กิโลกรัม บรรจุใส่ถุงไนลอน เติมน้ำให้ครบ 200 ลิตร แช่ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำถุงที่บรรจุมูลสุกรออกจากถัง แล้วนำมูลสุกรใหม่ที่บรรจุในถุงไนลอน แช่ลงไปในถังเดิมอีกสองครั้ง ในปริมาณมูลสุกรและเวลาเท่ากัน ปิดฝาถัง บ่มทิ้งไว้ 42 วัน เพื่อกำจัดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Ausungnoen *et al.*, 2014) ก่อนใช้นำมาเจือจางด้วยน้ำสะอาด 1 ต่อ 100 ลิตร ผสมไคโตซาน 100 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 100 ลิตร (แทนสารจับใบ)

3. น้ำทิ้งจากฟาร์มโค ได้จากของเหลวที่มีส่วนผสมของปัสสาวะและอุจจาระของโคเนื้อผสมกับน้ำประปาที่ใช้ล้างคอก ถูกพักไว้ในบ่อกักเก็บน้ำเสียแบบตกตะกอน บ่อที่ 2 สภาพเปิดกลางแจ้ง ซึ่งเป็นบ่อน้ำล้นมาจากบ่อที่ 1 ที่อยู่ติดกัน

4. การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและสมบัติทางเคมีของมูลสัตว์ สุ่มเก็บตัวอย่างมูลโคหมัก น้ำหมักมูลสุกร และน้ำทิ้งจากฟาร์มโค ของภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยมีวิธีการสุ่มและเตรียมตัวอย่าง ดังนี้ 1) มูลโคหมัก สุ่มเก็บปุ๋ยหมักสมบูรณ์ภายในกองปุ๋ย จำนวน 5 จุด แล้วนำมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน สุ่มอีกครั้งให้ได้ปริมาณ 1 กิโลกรัม บรรจุในถุงสะอาด 2) น้ำหมักมูลสุกร เก็บตัวอย่างในถังที่ทำน้ำหมัก โดยผสมให้เข้ากันก่อน แล้วเก็บตัวอย่างจำนวน 3 จุด นำมาผสมกัน บรรจุใส่ขวดสะอาด ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร และ 3) น้ำทิ้งจากฟาร์มโค สุ่มตักน้ำเสียในบ่อโดยกวนให้เข้ากันก่อน จำนวน 5 จุด นำมาผสมกัน บรรจุใส่ขวดสะอาด ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร แล้วนำมูลสัตว์ดังกล่าวมาศึกษา

4.1 สมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง Electric Conductivity Bridge ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณอินทรียวัตถุ ด้วยวิธี Walkley and Black (1934) และ C/N ratio โดยการคำนวณ C/N ratio = $\frac{\%OC}{\%N}$

4.2 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, P, S, Cl, และ B ย่อยสลายตัวอย่างด้วย Mix acid (HNO_3 : $HClO_4$ อัตราส่วน 5:2) ปรับปรุงจาก ศรีสม (2544) แล้ววัดความเข้มข้นของ K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn และ Zn ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (A.O.A.C., 1990) วิเคราะห์ P โดยวัดความเข้มข้น

ของสีที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (A.O.A.C., 1990) วิเคราะห์ S โดยทำให้เกิดตะกอนด้วย Turbidimetric method แล้ววัด%ความขุ่น ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (A.O.A.C., 1990) วิเคราะห์ Cl ด้วย Dry Ashing, Titration (A.O.A.C., 1990) วิเคราะห์ B ด้วย Dry Ashing, Azomethine-H (A.O.A.C., 1990) วิเคราะห์ N โดยย่อยตัวอย่างด้วย H_2SO_4 (ศรีสม, 2544) นำสารละลายที่ได้ไปกลั่นหาไนโตรเจนตามวิธี micro – Kjedahl (Bremner and Tabatabai, 1972)

5. การเตรียมแปลงทดลอง พื้นที่ทดลองอยู่ในชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen: Ks) เตรียมพื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์ โดยใช้ต้นพันธุ์อายุไม่น้อยกว่า 3 เดือน ที่ได้จากแปลงปลูกแบบอินทรีย์ของภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์ ตัดท่อนพันธุ์ให้มี 2 ตา ปลูกแบบยกร่อง ระยะระหว่างร่อง 120 เซนติเมตร ระหว่างต้น 80 เซนติเมตร ปักท่อนพันธุ์ด้านข้างร่องแบบเอียง 30 องศา ภายหลังการปลูกหญ้าอายุ 90 วัน ทำการตัดปรับทั้งแปลง แล้วจึงแบ่งพื้นที่แปลงย่อยขนาด 12×8 ตารางเมตร จำนวน 16 แปลงย่อย เว้น 1 ร่อง ระหว่างแถว และเว้น 2 ต้น ระหว่างแปลงย่อย เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของปุ๋ยอินทรีย์จากมูลสัตว์ในแต่ละแปลงย่อย วางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยแรก คือ การให้ปุ๋ย 4 แบบคือ ไม่ใส่ปุ๋ยรองพื้น (T1; control), T2) ใส่มูลโคหมักทางดิน อัตรา 680 กิโลกรัมต่อไร่ (CCM) (เทียบกับไนโตรเจนที่พืชได้รับตามอัตราคำแนะนำของกรมปศุสัตว์ สูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่) T3) ใส่มูลโคหมักทางดิน อัตรา 680 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับฉีดพ่นน้ำหมักมูลสุกร 100 ลิตรต่อไร่ (CCM + PMT) เมื่อหญ้าอายุ 15 และ 30 วัน หลังการตัดปรับ T4) ใส่มูลโคหมักทางดิน อัตรา 680 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับให้น้ำทิ้งจากฟาร์มโคทางดิน อัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (CCM + CS) เมื่อหญ้าอายุ 15 และ 30 วันหลังการตัดปรับ ปัจจัยที่ 2 คือ อายุการตัดหญ้าที่ 45, 60 และ 75 วัน การศึกษานี้เริ่มทำการปลูกหญ้าวันที่ 1 กันยายน 2562 จนกระทั่งเก็บเกี่ยวแล้วเสร็จในวันที่ 19 พฤษภาคม 2563 วัดปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวได้ 383.5 มิลลิเมตร ทั้งนี้การจัดการแปลงทั้งหมดไม่มีการใช้สารเคมีใดๆ ตลอดกระบวนการผลิตหญ้า

6. การเก็บข้อมูลพืช ได้แก่ 1) บันทึกผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ โดยการสุ่มตัดต้นหญ้าเนเปียร์ จำนวน 8 กอต่อแปลงย่อย แปลงย่อยมีขนาด 12×8 ตารางเมตร จากจำนวนทั้งหมด 96 ต้นต่อแปลงย่อย คิดเป็นพื้นที่เก็บเกี่ยว 7.68 ตารางเมตร ตัดที่ระดับชิดดิน ชั่งน้ำหนักสด แล้วคำนวณเป็นน้ำหนักสดต่อไร่

$$\text{น้ำหนักสดต่อไร่ (กก.)} = \frac{\text{1,600 (ตร.ม.)} \times \text{น้ำหนักผลผลิตหญ้าสดที่เก็บเกี่ยวได้ (กก.)}}{\text{พท.เก็บเกี่ยว (ตร.ม.)}}$$

7. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ สุ่มตัวอย่างต้นสมบูรณ์ 1,000 กรัม สับเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบและบดรวมกันทั้งส่วนต้นและใบ วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน (Crude Protein) โดยวิธีการของ A.O.A.C. (2016)

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลอง (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD (Least Significant Different) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ปริมาณธาตุอาหารและสมบัติทางเคมีของมูลสัตว์

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชที่มีในมูลสัตว์ชนิดต่างๆ พบว่ามูลสัตว์แต่ละชนิดมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุอาหาร และธาตุเสริมประโยชน์ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยมูลโคหมักมีธาตุอาหารหลักเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก เกรด 2 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550) ส่วนน้ำหมักมูลสุกร และน้ำทิ้งจากฟาร์มโคมีปริมาณธาตุอาหารหลักไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์เหลว (กรมวิชาการเกษตร, 2557) แต่มีธาตุอาหารรอง

จุลธาตุ และธาตุเสริมประโยชน์ รวมอย่างน้อย 12 ธาตุ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นธาตุอาหารเสริมสำหรับพืชในรูปของเหลวโดยการให้ทางดินและทางใบได้ หากใช้เป็นปุ๋ยทางใบควรเจือจางน้ำก่อนเนื่องจากมีค่าการนำไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูง โดยค่าการนำไฟฟ้ามีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งพืชแต่ละช่วงชีวิตต้องการค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน (อานัฐ, 2549) เมื่อนำไปฉีดพ่นต้นพืชหรือรดทางดินต้องเจือจางด้วยน้ำปริมาณมาก ให้มีค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด จะไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตหรือตายของพืชได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) นอกจากนี้ น้ำหมักมูลสุกร น้ำทิ้งจากฟาร์มโค และไคโตซานที่ใช้ในงานทดลองตรวจไม่พบธาตุฟอสฟอรัส (Table 1)

Table 1 pH, EC, OM, OC, C/N ratio, moisture content (% by fresh weight), and plant nutrient content in composted cow manure, pig manure tea, wastewater of cow, and chitosan used in this study.

Properties	Composted cow manure	Pig manure tea	Wastewater of cow	Chitosan
pH	7.70	7.65	7.76	
ECe (dS/m)	7.45	1.13	47.00	
OM (%)	31.68	0.01	2.19	
OC (%)	18.42	0.004	1.28	
C/N ratio	11:1	0.4:1	2:1	
Moisture content (% by fresh weight)	47.22			
Macronutrient elements				
Total N (%)	1.67	0.01	0.78	0.19
Total P (%)	1.18	ND [1/]	ND[1/]	ND[1/]
Total K (%)	2.82	0.01	0.57	0.65
Total Ca (mg/kg)	15,582.01	31.87	427.28	
Total Mg (mg/kg)	8,050.70	17.94	65.28	
Total S (%)	1.42	0.09	0.22	
Micronutrient elements				
Total Fe (mg/kg)	2,920.77	7.16	38.02	
Total Mn (mg/kg)	700.77	1.99	3.05	
Total Zn (mg/kg)	200.74	ND[1/]	14.36	
Total Cu (mg/kg)	44.27	1.39	8.40	
Total B (mg/kg)	24.37	0.16	4.37	
Total Cl (%)	0.89	0.14	0.16	
Beneficial mineral elements				
Total Na (mg/kg)	4,342.43	18.44	1,102.98	

[1/] ND= Not Detected

2. ผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ พันธุ์ปากช่อง 1 ผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 (Table 2) พบว่า การใส่มูลโคหมักร่วมกับน้ำทิ้งจากฟาร์มโคทางดิน การใส่มูลโคหมักร่วมกับการฉีดพ่นน้ำหมักมูลสัตว์ทางใบ และการใส่มูลโคหมักทางดิน ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ของหญ้าเนเปียร์เท่ากับ 5,654.4 5,225.2 และ 5,148.7 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าแปลงหญ้าเนเปียร์ที่ไม่ใส่ปุ๋ย ที่มีผลผลิตน้ำหนักสดอยู่ที่ 4,278.0 กิโลกรัมต่อไร่ ($P<0.05$) เนื่องจากการใส่ปุ๋ยมูลสัตว์ทุกรูปแบบ ทำให้หญ้าเนเปียร์ได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุอาหาร และธาตุเสริมประโยชน์ในปริมาณมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยที่หญ้าเนเปียร์ได้รับธาตุอาหารจากดินปลูกเท่านั้น โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ ฮอร์โมน นิวคลีโอโปรตีน และสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนอื่นๆ ซึ่งสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบดังกล่าวล้วนมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ และกระบวนการทางชีวเคมีของพืช ดังนั้นไนโตรเจนจึงเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโต การสร้างผลผลิต และคุณภาพของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; ยงยุทธ, 2558; Whitehead, 2000) จึงส่งผลให้หญ้าเนเปียร์ที่ได้รับปุ๋ยมีผลผลิตสูงขึ้น อีกทั้งอายุการตัดหญ้า 75 วัน ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่มากกว่าที่อายุ 60 วัน และ 45 วัน ($P<0.01$) เนื่องจากหญ้ามีระยะเวลาในการเจริญเติบโตนานขึ้น แต่ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์รูปแบบต่างๆ และอายุในการตัดหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ต่อผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ของหญ้าเนเปียร์ ($P\geq0.05$)

Table 2 The effect of fertilizer application and cutting date on the fresh yield (kg/rai) of Napier grass cv. Pakchong 1

Cutting date (days)	Fertilizer				Average of cutting date
	Control	CCM	CCM + PMT	CCM + CS	
45	3,130.4	4,027.8	3,830.1	4,548.6	3,884.2[c]
60	4,353.6	5,390.0	4,895.8	5,277.8	4,979.3[b]
75	5,349.9	6,028.3	6,949.8	7,136.8	6,366.2[a]
Average of fertilizer	4,278[b]	5,148.7[a]	5,225.2[a]	5,654.4[a]	
Fertilizer (F)			(P<0.05)		
Cutting date (CD)			(P<0.01)		
F × CD			ns		

R^2 = 0.87 C.V. = 16.31 Grand mean = 5,076.57

Means with a common letter in the row and the column do not differ significantly ($P\geq0.05$) by LSD

CCM = Composted cow manure PMT = Pig manure tea CS = Cow sewage

3. เปอร์เซ็นต์โปรตีน (crude protein) ของหญ้าเนเปียร์ พันธุ์ปากช่อง 1

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (Table 3) พบว่า การให้ปุ๋ยมูลสัตว์รูปแบบต่างๆ ทำให้หญ้าเนเปียร์มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเฉลี่ยไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ย ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.19-4.37 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิณากร และวนิดา (2561) พบว่าคุณค่าทางโภชนะได้แก่ เปอร์เซ็นต์โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และความชื้น ทุกกรรมวิธีที่ใช้ปอเทือง

ร่วมกับมูลโคในการปรับปรุงดินเพื่อปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ปรับปรุงดิน (P>0.05) ส่วนการตัดหญ้าที่อายุ 45 วัน มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนเฉลี่ยมากกว่าหญ้าเนเปียร์ที่ตัดเมื่ออายุ 60 และ 75 วัน คือ 5.44, 3.93 และ 3.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (P<0.01) ซึ่งเปอร์เซ็นต์โปรตีนจะลดลงเมื่อหญ้าเนเปียร์มีอายุมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโปรตีนจะอยู่ในส่วนของใบอ่อน ยอดอ่อนมากกว่าใบแก่ ซึ่งพืชที่อายุน้อยจะมีโปรตีนมากกว่าพืชที่มีอายุมาก สอดคล้องกับงานของธิดารัตน์ และคณะ (2558) นอกจากนี้ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุระดับปานกลาง โดยอินทรียวัตถุในดินมีผลกระทบต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน สมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และชีวภาพ ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น ระดับอินทรียวัตถุจึงเป็นคุณสมบัติอีกประการหนึ่งที่จะบ่งชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของดิน ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหนึ่งของอินทรียวัตถุ ถึงแม้ว่าภายหลังการทดลองการใส่ปุ๋ยมูลสัตว์รูปแบบต่างๆ มีผลต่อการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จนอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (2.6-3.5%) ทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น แต่ยังไม่สามารถเพิ่มคุณภาพทางด้านโปรตีนของหญ้าเนเปียร์ได้ อาจเนื่องจาก พืชได้รับธาตุไนโตรเจน รวมทั้งธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมยังไม่เพียงพอ ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก หากได้รับในปริมาณไม่เพียงพอจะจำกัดการเจริญเติบโต การเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; ยงยุทธ, 2558) นอกจากนี้ไนโตรเจนในพืชประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์อยู่ในคลอโรพลาสต์ (สมบุญ, 2548) ซึ่งจากงานทดลองนี้ พบว่า หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 มีสัดส่วนใบต่อลำต้นอยู่ในช่วง 0.3-0.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหญ้าเนเปียร์มีส่วนของใบน้อยกว่าลำต้นมาก รวมทั้งการเก็บตัวอย่างต้นหญ้าเนเปียร์ ทำการตัดแบบชิดกับดิน จึงอาจทำให้ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยในหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ไม่มากนัก ไม่สอดคล้องกับงานของไกรลาส (2553) ดังนั้น จากผลการทดลองควรเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ธาตุไนโตรเจนสูง เพื่อให้พืชสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตทางด้านใบและลำต้น รวมทั้งการสังเคราะห์โปรตีนด้วย

Table 3 The effect of fertilizer application and cutting date on the crude protein (%) of Napier grass cv. Pakchong 1

Cutting date (days)	Fertilizer				Average of cutting date
	Control	CCM	CCM + PMT	CCM + CS	
45	5.51	5.54	5.43	5.30	5.44[a]
60	4.10	3.73	4.11	3.80	3.93[b]
75	3.51	3.37	3.30	3.48	3.41[c]
Average of fertilizer	4.37	4.21	4.28	4.19	
Fertilizer (F)			ns		
Cutting date (CD)			(P<0.01)		
F × CD			ns		

R^2 = 0.87 C.V. = 16.31 Grand mean = 5,076.57

Means with a common letter in the column do not differ significantly (P≥0.05) by LSD

CCM = Composted cow manure PMT = Pig manure tea CS = Cow sewage

สรุป

การใช้ปุ๋ยมูลสัตว์แบบต่างๆ ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มากกว่าแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ซึ่งไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตทางส่วนเหนือดิน ส่งผลให้ผลผลิตของหญ้าสูงขึ้น นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ทางดินช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน รวมทั้งธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ ทำให้พืชสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต อีกทั้งการให้ปุ๋ยมูลสัตว์ทางดินร่วมกับน้ำทิ้งจากฟาร์มโคทางดิน นอกจากพืชจะได้รับธาตุอาหารทางดินในปริมาณมากขึ้นแล้ว ยังมีแนวโน้มให้ผลผลิตมากกว่าการให้ปุ๋ยรูปแบบอื่น ส่วนอายุการตัด 75 วัน ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มากกว่าที่อายุ 60 วัน และ 45 วัน เนื่องจากหญ้ามีระยะเวลาในการเจริญเติบโตนานขึ้น

จากการศึกษาปริมาณโปรตีนของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ใส่ปุ๋ยมูลสัตว์รูปแบบต่างๆ มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกับหญ้าเนเปียร์ที่ไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนอายุการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการลดลงของปริมาณโปรตีนในหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ดังนั้นอายุการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่มีการใส่ปุ๋ยมูลสัตว์รูปแบบต่างๆ ในระบบการปลูกพืชอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นอาหารสัตว์ คือช่วงอายุ 45 วัน เนื่องจากเป็นช่วงที่หญ้ามีคุณภาพดี คือมีโปรตีนสูงที่สุด อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพพื้นที่ปลูก สภาพอากาศ การใช้ประโยชน์จากหญ้าเนเปียร์ เช่น การตัดสดเพื่อการเลี้ยงสัตว์หรือการทำหญ้าเนเปียร์หมักเพื่อเป็นการถนอมอาหารสัตว์ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง) ของกรมพัฒนาที่ดิน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: www1.ldd.go.th/ldd/Fertilizer/Organic_Fertilizer.pdf, (19 ตุลาคม 2564)

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับเกษตรกร). สำนักงานเลขานุการกรม กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 62 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2557. ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/FEDOA11.pdf, (19 ตุลาคม 2564)

ไกรลาศ เขียวทอง. 2553. คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา. 24 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยาคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 547 หน้า.

ชาญชัย มณีตุลย์. มปป. พืชอาหารสัตว์และการปรับปรุงทำเลเลี้ยงสัตว์. เอกสารวิชาการ. กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพมหานคร. 28 หน้า

ปฏิมา อู๋สูงเนิน สิทธิชัย แก้วสุวรรณ และสุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2557. การตอบสนองของหญ้าแพงโกล่าต่อการให้ปุ๋ยยูเรียทางดินและการให้น้ำสกัดมูลโคนมเป็นปุ๋ยฉีดพ่นทางใบ. หน้า 430-437. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ สาขาพืช ครั้งที่ 52 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ปฏิมา อู๋สูงเนิน และวรพจน์ ศตเดชากุล. 2565. สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารพืชในของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เพื่อใช้ในระบบผลิตพืชอินทรีย์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 5(1): 34-43.

ธิดารัตน์ กันฮะ, อิทธิพล เผ่าไพศาล และกฤตพล สมมาตย์. 2558. อิทธิพลของอายุตัดเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ต่อ

องค์ประกอบทางเคมี ความสามารถในการย่อยได้ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้และการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากกระเพาะหมักของโคเนื้อ. วารสารแก่นเกษตร 43 (3): 565-572.
แก๊สมีเทนจากกระเพาะหมักของโคเนื้อ. วารสารแก่นเกษตร 43 (3): 565-572.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 548 หน้า.

วิณากร ที่รัก และวนิดา วัฒนพายัพกุล. 2561. อิทธิพลของการใช้ปอเทืองร่วมกับมูลโคต่อการผลิตและคุณค่าทางโภชนะของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 27(5): 866-873.

ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 141 หน้า.

สายัณห์ ทัดศรี, สุวะนารถ สุขะเกต และอภิพรรณ พุกภักดี. 2539. ผลผลิตหญ้าและคุณภาพหญ้าเขตร้อนบางชนิด. วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ 30: 293-302.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 252 หน้า.

สุภาพรรณ เพ็งเพชร. 2555. คุณภาพหญ้าอาหารสัตว์เพื่อการเลี้ยงสัตว์. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. สาขาเทคโนโลยีการเกษตร วิชาเอกพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ.9000 เล่ม 1-2552. เกษตรอินทรีย์ เล่ม 1: การผลิต แปรรูป แสดงฉลาก และจำหน่าย ผลิตผล และผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 40 หน้า.

อภิพรรณ พุกภักดี สุวนารถ สุขะเกต และสายัณห์ ทัดศรี. 2539. ผลผลิตหญ้าและคุณภาพหญ้าเขตร้อนบางชนิด. วารสารวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ 30(3): 293-302.

อานัฐ ตันโช. 2549. คู่มือ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโพนิคส์). พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัททรีโอ แอดเวอร์ไทซิ่ง แอนด์มีเดีย จำกัด, เชียงใหม่. 66 หน้า.

A.O.A.C. 1990. Official Method of Analysis of AOAC International. 15th ed., A.O.A.C. International, Arlington, Virginia, U.S.A.

A.O.A.C. 2016. Official Method of Analysis of A.O.A.C. International. 20th ed., A.O.A.C. International, Gaithersburg, Maryland, U.S.A.

Ausungnoen, P., W. Jintanawich and S. Juttupornpong. 2014. Effects of storage on pathogenic bacteria content of pig manure extract. pp. 2249-2254. *In*: Proceedings of the 11th International KU-KPS Conference. December 8-9, 2014, Kamphengsane, Thailand.

Bremner, J.M. and M.A. Tabatabai, 1972. Use of an ammonia electrode for determination of ammonia in Kjeldahl analysis of soil. Communication Soil Science and Plant Analysis 3(2): 159-165.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

Whitehead, D.C. 2000. Nutrient Elements in Grassland: Soil-Plant-Animal Relationships. CABI Publishing, New York, USA.