บทคัดย่อ

โครงการระบบการจัดการพืชอาหารสัตว์ที่ยั่งยืนสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้ดำเนินการที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2542 ถึง 30 เมษายน 2546

โครงการฯได้ผลิตบทความวิชาการจำนวน 13 เรื่อง และหนังสือคู่มือจำนวนหนึ่งเล่ม โดยที่โครงการฯได้รักษาคุณภาพผลงานไว้ในระดับสูง ทั้งในประเทศและนานาชาติ

มีความเป็นไปได้ที่การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยโดยให้แทะเล็มแปลงหญ้าทั้งวันและคืนจะประสบความสำเร็จ การทดลองในแปลงหญ้าที่ได้รับน้ำในฤดูแล้ง โคให้น้ำนมเฉลี่ย 12.2 กิโลกรัม/ตัว/วันในฤดูแล้งแรก และ 15.6 กิโลกรัม/ตัว/วันในฤดูแล้งที่สอง โดยแปลงหญ้าซิกแนลให้ผลผลิตสูงกว่าส่วนในฤดูฝน โคให้น้ำนมเฉลี่ย 17.3 กิโลกรัม/ตัว/วันตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม โดยแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบลให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด (16.9 กิโลกรัม/วัน) ในฤดูฝนนี้สามารถปล่อยสัตว์ลงแทะเล็มในแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบลในอัตราที่สูงขึ้นได้ เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าซิกแนลและอาร์ราดิจิท

หญ้าพาสพาลัมอุบลที่เกษตรกรปลูกไว้ทำหญ้าหมักสามารถเป็นพืชเศรษฐกิจได้ และจะได้ผลตอบแทนโดยเฉลี่ย 3,200 บาท/ไร่ ผลตอบแทนนี้สูงกว่าที่ได้จากข้าว อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีตลาดสำหรับหญ้าสดและหญ้าหมักในจังหวัดอุบลราชธานี เนื่องจากยังมีฟาร์มเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่จำนวนไม่มากพอ

โครงการฟาร์มโคนมในหมู่บ้านประสบความสำเร็จบางส่วน โดยที่มีเกษตรกรที่โครงการฯคัดเลือกไว้เพียงร้อยละ 50 ประสบความสำเร็จในการปลูกสร้างแปลงหญ้า เกษตรกรจำนวนมากเห็นว่าเป็นเรื่องยากที่จะปลูก ใส่ปุ๋ย และจัดการแปลงหญ้า และพวกเขายังคงใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบปัญหาใหญ่ก็คือ เกษตรกรมีพื้นน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนโคที่มีอยู่

งานวิจัยพื้นฐานได้พิสูจน์ว่า หญ้าพาสพาลัมอุบลตอบสนองต่อวันยาว-สั้นในการออกดอก ซึ่งลักษณะเช่นนี้มีผลต่อการจัดการเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ การจำหน่ายเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลเพิ่มขึ้นจาก 1,944 กิโลกรัมในปี 2543 เป็น 2,530 กิโลกรัมในปี 2545 และคาดว่าจะสามารถจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ที่มีในปัจจุบัน 5,986 กิโลกรัมได้ทั้งหมดในปี 2546 เงินทุนหมุนเวียนในการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ประสบความสำเร็จมาก ทำให้งานผลิตเมล็ดพันธุ์สามารถอยู่ได้ด้วยตัวเอง โดยสามารถจ้างเจ้าหน้าที่วิจัยจำนวนหนึ่งคน และไม่ต้องร้องขอเงินเพิ่มเติมจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย หญ้าพาสพาลัมอุบลเป็นพืชเศรษฐกิจสำหรับเกษตรกรในหมู่บ้าน โดยสามารถทำเงินได้มากกว่า 10,000 บาท/ไร่/ปีจากการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ และในบางกรณี สามารถจำหน่ายหญ้าสดและต้นกล้าได้อีกด้วย เมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลมีชื่อเสียงทั่วประเทศในแง่ที่เป็นเมล็ดพันธุ์คุณภาพสูง เนื่องจากโครงการฯจำหน่ายเฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ดสูง ความงอกสูง และความบริสุทธิ์สูง

ในดินที่ไม่มีน้ำท่วมขัง สามารถปลูกถั่วสไตโลแบบเป็นแถบร่วมกับหญ้าพาสพาลัมอุบลได้เป็นอย่างดี ดังนั้น จึงเป็นการปรับปรุงระดับโปรตีนหยาบของแปลงหญ้าให้สูงขึ้น

ในการปลูกหญ้าจาร์ราดิจิท สามารถใช้ไหลปลูกในลักษณะแถวห่างได้ และเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี ควรตัดหญ้าทุก 40 วัน และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กิโลกรัม/เฮคแตร์ทุก 60 วัน

หญ้า *Brachiaria brizantha* และหญ้าซิกแนลจำนวนสองพันธุ์ให้ผลผลิตวัตถุแห้งมากกว่าหญ้ารูซี่อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงฤดูแล้ง อย่างไรก็ตาม หญ้ารูซี่ผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ดีกว่าและง่ายกว่าหญ้าพันธุ์อื่นๆที่อาจจะมีผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่ำหรือเมล็ดใช้เวลาเจริญเติบโตยาวนานในฤดูฝน จากการศึกษา พบว่าหญ้าซิกแนลมีศักยภาพที่จะผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ดีในประเทศไทย แต่เนื่องจากช่วงออกดอกที่ยาวนานจากเดือนกรกฎาคมถึงกันยายนซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกหนัก จึงเป็นเรื่องยากมากสำหรับเกษตรกรที่จะผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าชนิดนี้

รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ส่วน ก การจัดการ

1. โครงการ

ระบบการจัดการพืชอาหารสัตว์ที่ยั่งยืนสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

2. หัวหน้าโครงการ ดร. ไมเคิล แฮร์

ผู้ร่วมวิจัย นายกังวาน ธรรมแสง

ดร.วรพงษ์ สุริยภัทร

ดร.กิตติ วงส์พิเชษฐ

นายสุรชัย สุวรรณลี

นายประพนธ์ บุญเจริญ

นายวันชัย อินทิแสง

นางฉายแสง ไผ่แก้ว

เจ้าหน้าที่วิจัย นายกิตติพัฒน์ สายประเสริฐ

นางสาวพวน ทัศพงษ์

นางสาวอารีรัตน์ อุนผา

นางสาวโสภิตา คำหาญ

3. ระยะเวลาของรายงาน

1 พฤศจิกายน 2542 ถึง 30 เมษายน 2546

4. ผลงานวิจัยประยุกต์ของโครงการ

4.1 งานทดลองการแทะเล็มเพื่อผลิตน้ำนม

วิธีการ

ทำงานทดลองการแทะเล็มเพื่อผลิตน้ำนมจำนวนสามชิ้นที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในปี 2544 ถึง 2546 งานแต่ละชิ้นประกอบด้วยการแทะเล็มหญ้าสามพันธุ์ (หญ้าพาสพาลัมอุบล ซิกแนล และจาร์ราดิจิท) และโคจำนวนสามถึงหกตัวต่อวิธีทดลอง ล้อมรั้วแบ่งแปลงหญ้าเป็นแปลงย่อยขนาดหนึ่งไร่ และให้โคแทะเล็มแบบหมุนเวียนในแปลงย่อยเหล่านี้ทุกสามถึงเจ็ดวัน ขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตของหญ้า ปล่อยให้โคแทะเล็มแปลงหญ้าทั้งวันและคืน

ในงานทดลองทุกชิ้น โคได้รับอาหารข้นในอัตราหนึ่งกิโลกรัมต่อน้ำนมที่ผลิตได้ 2.5 กิโลกรัม วัดผลผลิตน้ำนมต่อโควันละสองครั้ง และเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณภาพด้วย

ก่อนปล่อยโคลงแทะเล็มในแต่ละแปลงย่อย ตัดตัวอย่างหญ้าจากกรอบสุ่มขนาด 8 x 0.25 ตารางเมตร แล้วชั่งน้ำหนักสด และแบ่งออกเป็นใบและลำต้นเพื่อวิเคราะห์น้ำหนักแห้งและธาตุอาหาร ใส่ปุ๋ย NPK (15:15:15) ในอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่

ถือว่าโคเป็นซ้ำในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำนมทางสถิติ และมีจำนวนหกถึงเจ็ดซ้ำสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลแปลงหญ้า

งานทดลองที่ 1

ทำงานทดลองนี้เป็นเวลา 16 สัปดาห์ จากวันที่ 25 กันยายน 2544 ถึง 14 มกราคม 2545 โคเริ่มแทะเล็มแปลงหญ้าทดลองในเดือนสิงหาคม 2544 ให้น้ำแปลงหญ้ารายสัปดาห์จากเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม แต่ละวิธีทดลองมีโคที่กำลังให้นมจำนวนห้าตัวหมุนเวียนในหกแปลงย่อย (ตารางที่ 1) ช่วงการแทะเล็มนานเจ็ดวันสำหรับหญ้าพาสพาลัมอุบลและซิกแนล และสี่ถึงห้าวันสำหรับหญ้าจาร์ราดิจิท

งานทดลองที่ 2

งานทดลองนี้ใช้เวลา 14 สัปดาห์ เริ่มตั้งแต่วันที่ 21 กรกฎาคม 2545 จนถึงวันที่ 27 ตุลาคม 2545 แบ่งงานทดลองออกเป็นสองระยะคือ ระยะต้นของการให้น้ำนมห้าสัปดาห์ (28 กรกฎาคม ถึง 1 กันยายน) และระยะกลางของการให้น้ำนมเจ็ดสัปดาห์ (8 กันยายน ถึง 27 ตุลาคม) มีช่วงปรับตัวหนึ่งสัปดาห์ก่อนที่จะเริ่มการทดลองแต่ละระยะ วิเคราะห์ข้อมูลในเวลาห้าสัปดาห์ในระยะที่หนึ่ง และเจ็ดสัปดาห์ในระยะที่สอง แต่ละวิธีมีโคที่กำลังให้น้ำนมจำนวนสามตัวหมุนเวียนในแปลง เมื่อสิ้นสุดระยะที่หนึ่ง ได้สุ่มโคใหม่อีกครั้งสำหรับระยะที่สอง พื้นที่แปลงหญ้าแตกต่างกันแล้วแต่การเจริญเติบโตของหญ้าแต่ละชนิด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 พื้นที่ (ไร่) แปลงหญ้าแต่ละแปลงในงานทดลองการแทะเล็ม

แปลงหญ้า	งานทดลองที่ 1	งานทดลองที่ 2		งานทดลองที่ 3
		ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	
พาสพาลัมอุบล	6	3	4	10
ซิกแนล	6	4	5	10
จาร์ราดิจิท	6	4	6	11

งานทดลองที่ 3

งานทดลองนี้ในเวลา 16 สัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 11 พฤศจิกายน 2545 ถึงวันที่ 3 มีนาคม 2546 แปลงหญ้ามีพื้นที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) และมีโคจำนวนหกตัวต่อวิธีทดลอง

แบ่งงานทดลองออกเป็นสองระยะๆละแปดสัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลในเวลาเจ็ดสัปดาห์ในแต่ละระยะ โดยให้สัปดาห์แรกของแต่ละระยะเป็นระยะปรับตัว เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 1 ได้สุ่มโคอีกครั้งสำหรับระยะที่ 2

ให้น้ำแปลงหญ้ารายสัปดาห์

ผลการทดลอง

งานทดลองที่ 1

โคที่แทะเล็มหญ้าสามชนิดให้ผลผลิตน้ำนมไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตาม โคที่แทะเล็มหญ้าซิกแนลให้น้ำนมสูงกว่าโคที่แทะเล็มหญ้าพาสพาลัมอุบลและจาร์ราดิจิทระหว่างร้อยละ 11 และ 16 โคที่แทะเล็มหญ้าพาสพาลัมอุบลมีไขมันน้ำนมสูงกว่าร้อยละ 5 และระดับโปรตีนในน้ำนมต่ำกว่าร้อยละ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับในหญ้าอีกสองชนิด ระดับแลกโตสใกล้เคียงกัน แต่ระดับ SNF ในน้ำนมของโคที่แทะเล็มหญ้าพาสพาลัมอุบลต่ำกว่าร้อยละ 2

ตารางที่ 2 อิทธิพลของการแทะเล็มแปลงหญ้าสามชนิดที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพน้ำนมของโค (งานทดลองที่ 1)

วิธีทดลอง	ผลผลิตน้ำนม (กิโลกรัม/ตัว/วัน)	ไขมันน้ำนม (%)	โปรตีนน้ำนม (%)	แลกโตสน้ำนม (%)	SNF น้ำนม (%)
หญ้าพาสพาลัมอุบล	11.96 a	4.33 a	2.98 a	4.85 a	8.58 a
หญ้าซิกแนล	13.34 a	4.08 a	3.12 a	4.95 a	8.81 a
หญ้าจาร์ราดิจิท	11.47 a	4.16 a	3.21 a	4.84 a	8.80 a

ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 5% ทดสอบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range

ตารางที่ 3 ผลผลิตวัตถุแห้ง ระดับลำต้นและใบ และผลผลิตโปรตีนหยาบของหญ้าสามชนิดก่อนที่จะถูกโคนมแทะเล็ม (งานทดลองที่ 1)

วิธีทดลอง	ผลผลิตวัตถุแห้งทั้งหมด (กิโลกรัม/เฮคแตร์)	% น้ำหนักสดลำต้น	% น้ำหนักสดใบ	% โปรตีนหยาบลำต้น	% โปรตีนหยาบใบ	ผลผลิตโปรตีนหยาบ (กิโลกรัม/เฮคแตร์)
หญ้าพาสพาลัมอุบล	4026 a	24 b	76 a	6.6 b	10.5 c	391 ab
หญ้าซิกแนล	3496 a	42 a	58 b	10.3 a	14.1 b	438 a
หญ้าจาร์ราดิจิท	2205 b	40 a	60 b	10.7 a	16.3 a	302 b

ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 5% ทดสอบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range

โคที่แทะเล็มหญ้าซิกแนลให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่า อาจเนื่องจากโปรตีนหยาบของหญ้าชนิดนี้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าพาสพาลัมอุบลและจาร์ราดิจิท (ตารางที่ 3) แม้ว่าผลผลิตวัตถุแห้งของหญ้าซิกแนลต่ำกว่าของหญ้าพาสพาลัมอุบล เมื่อเปรียบเทียบกัน ลำต้นและใบของหญ้าซิกแนลกลับมีระดับโปรตีนหยาบสูงกว่าถึงร้อยละ 50 และ 38 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในหญ้าจาร์ราดิจิทที่แม้จะมีระดับโปรตีนหยาบสูง แต่ก็ไม่สามารถทดแทนผลผลิตวัตถุแห้งที่ต่ำได้ จึงทำให้มีผลผลิตโปรตีนหยาบต่อเฮคแตร์ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าอีกสองชนิด และเป็นผลให้ได้ผลผลิตน้ำนมต่ำกว่า การที่หญ้าพาสพาลัมอุบลมีสัดส่วนใบสูงและผลผลิตวัตถุแห้งสูง ทำให้ระดับโปรตีนหยาบที่ต่ำของหญ้าชนิดนี้ไม่เป็นปัญหากับโคเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าซิกแนลและจาร์ราดิจิท และทำให้โคสามารถผลิตน้ำนมได้ดีพอสมควร

งานทดลองที่ 2

ไม่มีความแตกต่างในด้านผลผลิตน้ำนมรายวันต่อตัวระหว่างการแทะเล็มหญ้าสามชนิด (ตารางที่ 4) ในระยะที่ 1 ทั้งหญ้าพาสพาลัมอุบลและซิกแนลทำให้ได้ไขมัน แลกโตส โปรตีน และ SNF สูงกว่าจากหญ้าจาร์ราดิจิท ในระยะที่ 2 ระดับไขมันในน้ำนมใกล้เคียงกันระหว่างวิธีทดลอง แต่หญ้าพาสพาลัมอุบลให้โปรตีนน้ำนม แลกโตส และ SNF ต่ำกว่าหญ้าอีกสองชนิด

ผลผลิตน้ำนมต่อไร่ของโคที่แทะเล็มในแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบลสูงกว่าที่ได้จากแปลงหญ้าซิกแนลและจาร์ราดิจิทร้อยละ 35-55 (ตารางที่ 4) เนื่องมาจากอัตราการปล่อยสัตว์ลงแทะเล็มที่สูงกว่านั่นเอง และเป็นผลมาจากผลผลิตวัตถุแห้งที่สูงกว่าและสัดส่วนใบที่สูงกว่าของแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบล (ตารางที่ 5) ที่ทำให้สามารถใช้อัตราปล่อยสัตว์ที่สูงกว่าได้ (ตารางที่ 1) ผลผลิตวัตถุแห้งของหญ้าพาสพาลัมอุบลสูงกว่าของหญ้าซิกแนลร้อยละ 19-30 และสูงกว่าของหญ้าจาร์ราดิจิทร้อยละ 76-80 แม้ว่าแปลงหญ้าซิกแนลและจาร์ราดิจิทจะมีระดับโปรตีนหยาบที่สูงกว่า แต่ก็ไม่สามารถทดแทนผลผลิตวัตถุแห้งและสัดส่วนของใบที่มีต่ำกว่าได้

ตารางที่ 4 อิทธิพลของการแทะเล็มแปลงหญ้าสามชนิดที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพน้ำนมของโค (งานทดลองที่ 2)

ระยะที่ 1						
วิธีทดลอง	**ผลผลิตน้ำนม (กิโลกรัม/ตัว/วัน)**	**ผลผลิตน้ำนม (กิโลกรัม/ไร่/วัน)**	**ไขมันน้ำนม (%)**	**โปรตีนน้ำนม (%)**	**แลกโตสน้ำนม (%)**	**SNF น้ำนม (%)**
พาสพาลัมอุบล	18.77 a	131	4.38 a	2.84 a	4.99 a	8.56 a
ซิกแนล	18.77 a	98	4.17 ab	2.85 a	4.93 a	8.51 a
จาร์ราดิจิท	18.81 a	99	4.05 b	2.73 b	4.77 b	8.24 b

ระยะที่ 2						
พาสพาลัมอุบล	15.72 a	106	4.12 a	2.81 c	4.64 c	8.21 b
ซิกแนล	15.57 a	77	4.35 a	2.93 b	4.87 a	8.54 a
จาร์ราดิจิท	15.94 a	68	4.10 a	2.99 a	4.73 b	8.47 a

ตารางที่ 5 ผลผลิตวัตถุแห้ง สัดส่วนลำต้นและใบ และผลผลิตโปรตีนหยาบของแปลงหญ้าสามชนิดก่อนที่โคนมจะเข้าแทะเล็ม (ฤดูฝนปี 2545)

ระยะที่ 1						
วิธีทดลอง	ผลผลิตวัตถุแห้งทั้งหมด (กิโลกรัม/เฮคแตร์)	% น้ำหนักสดลำต้น	% น้ำหนักสดใบ	% โปรตีนหยาบลำต้น	% โปรตีนหยาบใบ	ผลผลิตโปรตีนหยาบ (กิโลกรัม/เฮคแตร์)
พาสพาลัมอุบล	3772 a	30 b	70 a	6.7 b	9.2 b	318.4 a
ซิกแนล	3151 ab	50 a	50 b	10.1 a	11.7 ab	340.6 a
จาร์ราดิจิท	2133 b	54 a	46 b	8.5 ab	14.9 a	226.8 b
ระยะที่ 2						
พาสพาลัมอุบล	2769 a	32 b	68 a	5.9 b	9.0 c	240.2 a
ซิกแนล	2131 b	45 a	55 b	8.9 a	12.3 b	240.6 a
จาร์ราดิจิท	1525 b	48 a	52 b	9.6 a	14.7 a	198.0 b

ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 5% ทดสอบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range

งานทดลองที่ 3

ในระยะที่ 1 โคที่แทะเล็มหญ้าซิกแนลให้ผลผลิตน้ำนม/ตัว/วันสูงกว่าโคที่แทะเล็มหญ้าพาสพาลัมอุบลและจาร์ราดิจิทร้อยละ 12 และ 8 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ในระยะที่ 2 โคที่แทะเล็มหญ้าพาสพาลัมอุบลให้ผลผลิตน้ำนม/ตัว/วันสูงกว่าโคที่แทะเล็มหญ้าซิกแนลและจาร์ราดิจิทร้อยละ 10 และ 11 ตามลำดับ โคที่แทะเล็มหญ้าซิกแนลในทั้งสองระยะให้น้ำนมที่มีโปรตีนสูงกว่าและแลกโตสต่ำกว่าโคที่แทะเล็มหญ้าพาสพาลัมอุบลและจาร์ราดิจิท (ตารางที่ 6) การที่โคแทะเล็มหญ้าต่างชนิดกันไม่ได้ทำให้ SNF ของน้ำนมแตกต่างกัน แต่ในระยะที่ 1 โคที่แทะเล็มหญ้าจาร์ราดิจิทให้น้ำนมที่มีไขมันต่ำกว่า

ในระยะที่ 1 ผลผลิตน้ำนมต่อไร่ที่ได้จากแปลงหญ้าซิกแนลสูงกว่าจากแปลงหญ้าชนิดอื่นร้อยละ 11 แต่ในระยะที่ 2 ผลผลิตน้ำนมที่ได้จากแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบลสูงกว่าจากแปลงหญ้าซิกแนลและจาร์ราดิจิทร้อยละ 9 และ 22 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 อิทธิพลของการแทะเล็มหญ้าสามชนิดที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพน้ำนมของโคนม (งานทดลองที่ 3)

วิธีทดลอง	ผลผลิตน้ำนม (กิโลกรัม/ตัว/วัน)	ผลผลิตน้ำนม (กิโลกรัม/ไร่/สัปดาห์)	ไขมันน้ำนม (%)	โปรตีนน้ำนม (%)	แลกโตสน้ำนม (%)	SNF น้ำนม (%)
ระยะที่ 1 (18 พฤศจิการยน 2545-6 มกราคม 2546)						
พาสพาลัมอุบล	15.75 c	66	4.41 a	2.84 b	4.92 a	8.50 a
ซิกแนล	17.60 a	74	4.27 ab	2.99 a	4.74 b	8.52 a
จาร์ราดิจิท	16.34 b	66	4.20 b	2.82 b	4.89 a	8.45 a
ระยะที่ 2 (13 มกราคม 2546-3 มีนาคม 2546)						
พาสพาลัมอุบล	15.80 a	66	4.25 a	2.97 c	4.89 a	8.57 a
ซิกแนล	14.37 b	60	4.24 a	3.06 a	4.75 b	8.55 a
จาร์ราดิจิท	14.17 b	54	4.17 a	3.01 b	4.87 a	8.62 a

ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 5% ทดสอบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range

ตารางที่ 7 ผลผลิตวัตถุแห้ง สัดส่วนลำต้นและใบ และผลผลิตโปรตีนหยาบของแปลงหญ้าสามชนิดก่อนที่โคนมจะเข้าแทะเล็ม (งานทดลองที่ 3)

วิธีทดลอง	ผลผลิตวัตถุแห้งทั้งหมด (กิโลกรัม /เฮคแตร์)	% น้ำหนักสดลำต้น	% น้ำหนักสดใบ	% โปรตีนหยาบลำต้น	% โปรตีนหยาบใบ	ผลผลิตโปรตีนหยาบ (กิโลกรัม /เฮคแตร์)
ระยะที่ 1 (18 พฤศจิกายน 2545-6 มกราคม 2546)						
พาสพาลัมอุบล	3628 a	18 c	82 a	5.9 c	10.4 c	345 a
ซิกแนล	2970 a	42 a	58 c	9.4 b	15.0 b	375 a
จาร์ราดิจิท	1608 b	34 b	66 b	12 9 a	18.4 a	268 b
ระยะที่ 2 (13 มกราคม 2546-3 มีนาคม 2546)						
พาสพาลัมอุบล	2268 a	17 c	83 a	3.9 c	8.2 c	175 b
ซิกแนล	2114 a	40 a	60 c	7.5 b	12.7 b	224 a
จาร์ราดิจิท	1170 b	31 b	69 b	10.3 a	16.4 a	170 b

ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 5% ทดสอบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range

ในทั้งสองระยะ หญ้าจาร์ราดิจิทให้ผลผลิตวัตถุแห้งต่ำกว่าหญ้าอีกสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญ ระดับโปรตีนหยาบของหญ้าจาร์ราดิจิทสูงเป็นสองเท่าของหญ้าพาสพาลัมอุบล (ตารางที่ 7) และของ

หญ้าซิกแนลอยู่ระหว่างหญ้าทั้งสองชนิด หญ้าพาสพาลัมอุบลมีสัดส่วนใบต่อลำต้นสูงกว่าหญ้าอีกสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญในทั้งสองระยะ

ในระยะที่ 1 โคที่แทะเล็มหญ้าซิกแนลให้ผลผลิตน้ำนมที่สูงอาจเนื่องมาจากผลผลิตโปรตีนหยาบที่สูงกว่า อย่างไรก็ตาม ในระยะที่ 2 แม้ว่าจะมีผลผลิตโปรตีนหยาบสูงกว่า ผลผลิตน้ำนมที่ได้จากหญ้าซิกแนลไม่ได้สูงเท่ากับที่ได้จากหญ้าพาสพาลัมอุบล แปลงหญ้าพาสพาลัมอุบลมีสัดส่วนใบมาก (มากกว่าร้อยละ 80) และแม้จะมีระดับโปรตีนหยาบต่ำ สัดส่วนของใบที่สูงกว่าทำให้ย่อยได้มากกว่า หญ้าพาสพาลัมอุบลจึงทดแทนระดับโปรตีนหยาบที่ต่ำกว่าโดยการให้ผลผลิตใบที่ย่อยได้สูงกว่า ลักษณะนี้แตกต่างจากหญ้าจาร์ราดิจิทที่แม้จะมีระดับโปรตีนหยาบสูงมาก ทั้งในลำต้นและใบ แต่ก็ให้ผลผลิตวัตถุแห้งต่ำกว่า ในทางปฏิบัติ จึงต้องย้ายโคที่แทะเล็มแปลงหญ้าจาร์ราดิจิททุกสองสามวัน

สรุป

โครงการฯได้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะประสบความสำเร็จในการให้โคนมแทะเล็มในแปลงหญ้าทั้งวันและคืน หญ้าซิกแนลแนลและพาสพาลัมอุบลเป็นหญ้าที่มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำนม แม้ว่าหญ้าพาสพาลัมอุบลจะมีคุณภาพต่ำ แต่ก็ผลผลิตวัตถุแห้งและอัตราส่วนใบต่อลำต้นที่สูง หญ้าซิกแนลยังคงมีคุณภาพที่ดีและให้ผลผลิตโปรตีนหยาบที่สูงตลอดปี แม้ว่าหญ้าจาร์ราดิจิทจะเป็นหญ้าที่มีคุณภาพสูงมาก ผลผลิตวัตถุแห้งที่ต่ำทำให้ผลผลิตน้ำนมต่อไร่ต่ำตามไปด้วย

แม่โคนมกำลังแทะเล็มหญ้าจาร์ราดิจิทด้านหน้า และหญ้าซิกแนลด้านหลังที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

4.2 งานประเมินหญ้าและถั่วในท้องถิ่น

ทำงานทดลองเพื่อประเมินการปลูกถั่วเจ็ดชนิดแบบมีเฉพาะถั่ว การปลูกหญ้าเจ็ดชนิดร่วมกับถั่ว และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ตามสถานที่ต่างๆเจ็ดแห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงปี 2540-2543 สถานที่ทดสอบมีดังนี้คือ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วิทยาลัยเกษตรกรรมและเทคโนโลยีอุบลราชธานี สถานีอาหารสัตว์ยโสธร วิทยาลัยเกษตรกรรมและเทคโนโลยียโสธร สถานีอาหารสัตว์มุกดาหาร วิทยาลัยเกษตรกรรมและเทคโนโลยีศรีสะเกษ และอำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี

รายละเอียดของงานทดลองทั้งหมดได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก 1

Hare, M.D., Kaewkunya, C., Tatsapong, P. and Saengkham, M. 2003 Evaluation of forage legumes and grasses on seasonally waterlogged sites in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*, 37: 20-32.

สรุป

ถั่ว *Aeschynomene americana* cv. Lee ที่ปลูกแบบมีเฉพาะถั่วเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตสูงสุดในปีแรก โดยได้ผลผลิตวัตถุแห้งสูงกว่า 14 ตัน/เฮคแตร์ในสถานที่ทดสอบแห่งหนึ่ง ในภาพรวม ถั่วทุกชนิดอยู่ได้ไม่เกินฤดูฝนที่สองภายใต้สภาพการตัด ถั่ว *Stylosanthes guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184) แสดงให้เห็นจุดเด่นบางประการในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังไม่ลึกนัก แม้กระนั้น ถั่วชนิดนี้ก็คงอยู่ได้ถึงฤดูแล้งที่สองในบางแห่งเท่านั้น ไม่มีถั่วชนิดใดเจริญเติบโตได้ดีพอที่จะแนะนำให้ใช้ภายใต้ระบบการจัดการที่มีอยู่

หญ้าที่ดีที่สุดในพื้นที่น้ำท่วมขังและค่อนข้างลึกคือ *Paspalum atratum* cv. Ubon, *P. plicatulum* (ชนิดธรรมดาในประเทศไทย) และ *Setaria sphacelata* var. *splendida* cv. Splenda หญ้าทั้งสามชนิดนี้เจริญเติบโตได้ดีในทุกพื้นที่ และมีความสม่ำเสมอในแง่ของการคงอยู่และผลผลิต ในพื้นที่ที่น้ำท่วมขังไม่มาก *Panicum maximum* cv. Purple ให้ผลผลิตสูงมาก โดยให้ผลผลิตวัตถุแห้งสูงกว่า 30 ตัน/เฮคแตร์ในรอบหกเดือนของฤดูฝนที่สอง และในพื้นที่สองแห่ง *Brachiaria ruziziensis* (ชนิดธรรมดาในประเทศไทย) *B. decumbens* cv. Basilisk และ *Digitaria milanjiana* cv. Jarra เจริญเติบโตได้ดีเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำท่วม ไม่มีถั่วชนิดใดสามารถคงอยู่ได้เกินฤดูฝนที่สองในแปลงหญ้าที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 100-120 กิโลกรัม/เฮคแตร์

4.3 อิทธิพลของการตัดที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้าพาสพาลัมอุบล

ทำงานทดลองจำนวนสองชิ้นในช่วงปี 2541-2542 ที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เพื่อทราบอิทธิพลของการตัดที่ความสูงและช่วงต่างๆต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของหญ้าพาสพาลัมอุบลที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ทีมงาน สกว. ดูงานวิจัยอิทธิพลของการตัดที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้าพาสพาลัมอุบล ที่สถานีอาหารสัตว์มุกดาหาร

รายละเอียดของงานทดลองทั้งหมดได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก 2

Hare, M.D., Saengkham, M., Kaewkunya, C., Tudsri, S., Suriyajantratong, w., Thummasaeng, K., and Wongpichet, K. 2001 Effect of cutting on yield and quality of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35: 144-150.

สรุป

ในงานทดลองที่ 1 การเพิ่มความสูงของการตัด (0-20 เซนติเมตรเหนือระดับดิน) เพิ่มผลผลิตวัตถุแห้งทั้งหมดในช่วงการตัด 20 วัน แต่ไม่มีอิทธิพลในช่วง 30 วัน และกลับลดผลผลิตในช่วง 60 วัน ช่วงการตัดทำให้ผลผลิตวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการตอบสนองมากในช่วงการตัด 30 และ 60 วัน การเพิ่มเวลาของช่วงการตัดทำให้ความเข้มข้นของโปรตีนหยาบ โปแตสเซียม และฟอสฟอรัสลดลง แต่กลับเพิ่มความเข้มข้นของ NDF และ ADF การเพิ่มช่วงการตัดและความสูงในการตัดทำให้วัตถุแห้งของตอและรากต่อต้นเพิ่มขึ้น

ในงานทดลองที่ 2 โดยทั่วไปผลผลิตวัตถุแห้งของหญ้าพาสพาลัมอุบลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในช่วงการตัด 20 และ 60 วัน การตัดทุก 20 วันภายในระยะเวลา 240 วันทำให้ได้ผลผลิตวัตถุแห้งทั้งหมดเพียงร้อยละ 74 (21.6 ตัน/เฮคแตร์) เมื่อเทียบกับการตัดทุก 60 วัน (28.9 ตัน/เฮคแตร์) แต่ทำให้ความเข้มข้นของโปรตีนหยาบสูงขึ้นเกือบสองเท่า (ร้อยละ 10.0 เทียบกับ 5.3)

การตัดหญ้าพาสพาลัมอุบลที่หมู่บ้านในจังหวังอุบลราชธานี

4.4 งานผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบล

ทำงานทดลองในแปลงจำนวนสองชิ้นในปี 2541-2542 ที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เพื่อต้องการทราบว่าวิธีปลูกแบบใดจะได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลดีที่สุด และเวลาใดของปีเหมาะสมที่สุดในการปลูกหญ้าชนิดนี้เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ นอกเหนือจากนี้ ได้รวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ในหมู่บ้านไว้ด้วย

รายละเอียดของงานทดลองทั้งหมดได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก 3

Hare, M. D., Kaewkunya, C., Tatsapong, P., Wongpichet, K., Thummasaeng, K., and Suriyajantratong, W. 2001 Method and time of establishing *Paspalum atratum* seed crops in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35 19-25

สรุป

หญ้า *Paspalum atratum* cv. Ubon ที่ปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์ไม่สามารถผลิตเมล็ดได้เลยในปีแรกของการปลูกสร้าง ในขณะที่พวกที่ปลูกด้วยหน่อภายในเดือนพฤษภาคมซึ่งเริ่มเข้าฤดูฝนให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ 132 กิโลกรัม/เฮคแตร์ภายในเวลาห้าเดือนหลังปลูกในงานทดลองที่หนึ่ง และให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถึง 330 กิโลกรัม/เฮคแตร์ในอีกงานทดลอง ในงานทดลองที่สองนี้ หากปลูกด้วยหน่อล่าช้า

จนถึงเดือนมิถุนายนและกรกฎาคมจะทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างมาก โดยลดลงจากที่ได้สูงถึง 330 กิโลกรัม/เฮคแตร์เมื่อปลูกต้นเดือนพฤษภาคมลงมาต่ำมากเพียง 25 กิโลกรัม/เฮคแตร์เมื่อปลูกกลางเดือนกรกฎาคม จำนวนช่อดอก/ตารางเมตรและจำนวนเมล็ด/ช่อดอกมีอิทธิพลมากที่สุดต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์

เกษตรกรในหมู่บ้านจำนวน 20 รายที่ร่วมโครงการผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี โดยสามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ได้ 1,834 และ 2,207 กิโลกรัมในปี 2541 และ 2542 ตามลำดับ วิธีเก็บเกี่ยวที่ใช้มือเคาะช่อดอกทุกวันเพื่อให้เมล็ดแก่ตกลงในถุงทำให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ได้เฉลี่ย 632 และ 651 กิโลกรัม/เฮคแตร์ในปี 2541 และ 2542 ตามลำดับ การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีนี้เมื่อทำร่วมกับการลดความชื้นอย่างช้าๆในร่มและการทำความสะอาดอย่างทั่วถึงทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ได้มีคุณภาพสูงมาก โดยมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด 3.1 กรัม และเมล็ดพันธุ์มีความบริสุทธิ์สูงกว่าร้อยละ 99 และมีความงอกร้อยละ 81 ในปี 2541 และร้อยละ 91 ในปี 2542 ภายหลังการเก็บรักษาไว้นานห้าเดือน

เกษตรกรกำลังเก็บเมล็ดหญ้าพาสพาลัมอุบล ที่เกาะเสร็จใหม่ๆ ที่บ้านปากกุดหวาย

4.5 ความต้องการความเยาว์วัยและความยาวของวันเพื่อการออกดอกของหญ้าพาสพาลัมอุบล

ทำงานทดลองที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีเพื่อศึกษาพฤติกรรมการออกดอกของหญ้าพาสพาลัมอุบลภายใต้สภาพการควบคุมในห้องทดลองการเจริญเติบโตของพืช โดยต้องการทราบว่าหญ้าพาสพาลัมอุบลมีช่วงเยาว์วัยหรือไม่ และมีความต้องการวันยาว-สั้นในการออกดอกหรือไม่

รายละเอียดของงานทดลองทั้งหมดได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก 4

Hare, M.D., Wongpichet, K., Saengkham, M., Thummasaeng, K. and Suriyajantratong, W. 2001 Juvenility and long-short day requirement in relation to flowering of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35: 139-143.

สรุป

หญ้า *Paspalum atratum* cv. Ubon เป็นพืชวันยาว-สั้น โดยตอบสนองเชิงปริมาณต่อวันยาวตามด้วยตอบสนองเชิงคุณภาพต่อวันสั้น หญ้าอายุ 20, 40 และ 60 วันที่ได้รับวันยาวจำนวน 60 วันเต็มเวลาในห้องทดลอง (แสง 14 ชั่วโมง) ออกดอกเต็มที่เมื่อนำมาไว้นอกห้องในสภาพความยาววันที่กำลังสั้นลงตามธรรมชาติ ในช่วงต้นของการทดลอง ต้นกล้าหญ้าที่ปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์ที่เริ่มงอกใช้เวลาสองสามวันสำหรับใบแรกเจริญออกมา และหญ้าออกดอกได้ไม่เต็มที่ (ร้อยละ 88) หลังจากได้รับความยาววันที่กำลังสั้นลงตามธรรมชาติ หญ้าที่ได้รับวันยาวจำนวน 0, 20 และ 40 วันไม่ออกดอกหลังจากได้รับความยาววันที่กำลังสั้นลงตามธรรมชาติ ส่วนหญ้าที่ไม่ถูกย้ายออกมาภายนอก แต่ยังคงเจริญเติบโตภายใต้สภาพวันยาวในห้องทดลองก็ไม่ออกดอกเช่นกัน

การศึกษานี้ยังยืนยันด้วยว่าไม่มีช่วงเยาว์วัยในหญ้าพาสพาลัมอุบล เพราะว่าหญ้าทุกต้นที่อายุ 20, 40 และ 60 วัน ภายหลังจากได้รับวันยาวจำนวน 60 วันในห้องทดลอง ออกดอกหลังจากได้รับความยาววันที่กำลังสั้นลงตามธรรมชาติ

ช่อดอก และเกสรของหญ้าพาสพาลัมอุบล

งท/วจ
SF 208
ร ASI
งท 3313

4.6 ความทนทานต่อน้ำท่วมขังของหญ้าพาสพาลัมอุบลและหญ้าเขตร้อนอื่นๆ

ศึกษาความทนทานต่อน้ำท่วมขังของหญ้าเขตร้อนจำนวนหกชนิดภายใต้สภาพควบคุม โดยปลูกหญ้าในถังพลาสติกในเรือนเพาะชำที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีในปี 2540 และ 2541 ชนิดหญ้าที่ศึกษาในงานทดลองที่ 1 คือ *Paspalum atratum* cv. Ubon, *Brachiaria ruziziensis* (ชนิดธรรมดาในประเทศไทย), *Paspalum plicatulum* (ชนิดธรรมดาในประเทศไทย), *Digitaria milanjiana* cv. Jarra, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk และ *Panicum maximum* cv. Purple ใส่น้ำท่วมขังจำนวนห้าวิธีทดลอง (หญ้าควบคุมที่ไม่ถูกน้ำท่วมขังภายหลัง 0, 10 และ 20 วัน และหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลา 10 และ 20 วัน) ส่วนในงานทดลองที่ 2 ได้ศึกษาอิทธิพลของน้ำท่วมขังอย่างละเอียดในหญ้าพาสพาลัมอุบลโดยมีช่วงน้ำท่วมขังจำนวนสี่วิธีทดลอง (น้ำท่วมขังนาน 0, 10, 20 และ 30 วัน) และในหญ้าอายุต่างๆสามระยะ (อายุ 30, 60 และ 90 วัน)

ข้อมูลท้องถิ่น

รายละเอียดของงานทดลองทั้งหมดได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก 5 และ 6

Saengkham, M., Hare, M., Tudsri, S. and Wongpichet, K. 2003 Effects of waterlogging on yield and quality of Ubon paspalum. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 84-91.

Hare, M.D., Saengham, M., Tatsapong, P., Wongpichet, K. and Tudsri, S. Waterlogging tolerance of some tropical pasture grasses. (submitted November 2002 to *Tropical Grasslands*).

สรุป

ในงานทดลองที่ 1 หญ้าที่ทนน้ำท่วมขังมากที่สุดคือหญ้าพลิแคทูลัม รองลงมาคือหญ้าพาสพาลัมอุบลและจาร์ราดิจิท หญ้ากินนีสีม่วงทนน้ำท่วมขังปานกลาง และหญ้ารูซี่และซิกแนลไม่ทนน้ำท่วมขังโดยมีหญ้าตายร้อยละ 50 หลังจากถูกน้ำท่วมขังนาน 20 วัน น้ำท่วมที่ขังหญ้าทุกชนิดนาน 10 วันทำให้น้ำหนักแห้งของหญ้าลดลงเมื่อเทียบกับหญ้าที่ไม่ถูกน้ำท่วมขัง หลังจากน้ำท่วมขังนาน 20 วัน น้ำหนักแห้งของหญ้าพลิแคทูลัม พาสพาลัมอุบล และจาร์ราดิจิทไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพวกที่ถูกน้ำท่วมขังและพวกควบคุม

ในงานทดลองที่ 2 ระยะเวลาน้ำท่วมขังทำให้น้ำหนักแห้งของต้นหญ้าและของหน่อหญ้าพาสพาลัมอุบลที่มีอายุ 30 และ 90 วันเมื่อเริ่มน้ำท่วมขังลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีอิทธิพลมากนักต่อหญ้าที่มีอายุ 60 วัน ภายหลังน้ำท่วมขัง ปลายใบของหญ้าแก่ (อายุ 60 และ 90 วัน) เหี่ยวย่นและเปลี่ยนสีเป็นแดงปนเขียว ส่วนใบล่างๆตาย และมีใบใหม่บางใบพัฒนาขึ้นมา น้ำท่วมขังไม่กระทบต่อระดับ

ใช้เฉพาะใน
ศูนย์ข้อมูลท้องถิ่นเท่านั้น

ในโตรเจนในหญ้าพาสพาลัมอุบลอย่างมีนัยสำคัญ และการที่น้ำท่วมขังเป็นเวลานานทำให้ระดับฟอสฟอรัสในพืชทุกวิธีทดลองเพิ่มขึ้น

หญ้าพาสพาลัมอุบล ขึ้นดีในสภาพดินแฉะที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

4.7 อิทธิพลของช่วงเวลาตัดและเวลาใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้าจาร์ราดิจิท

ทำงานทดลองจำนวนสองชิ้นในปี 2544 และ 2545 ที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของการตัดหญ้าจาร์ราดิจิทในช่วงเวลาต่างๆ และอัตราและเวลาของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของแปลงหญ้า เพื่อจะได้คำแนะนำสำหรับการจัดการที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกร

รายละเอียดของงานทดลองทั้งหมดได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก 7

Hare, M.D., Tatsapong, P., Lunpha, A. and Wongpichet, K. Effect of plant spacing, cutting and nitrogen on production of *Digitaria milanjiana* cv. Jarra in north-east Thailand. (submitted April 2003 to *Tropical Grasslands*).

สรุป

ในงานทดลองที่ 1 การเพิ่มช่วงเวลาตัดและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ทั้งผลผลิตวัตถุแห้งรวมและผลผลิตวัตถุแห้งของลำต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ช่วงเวลาตัดมีอิทธิพลต่อวัตถุแห้งของใบเพียงเล็กน้อย แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้เพิ่มผลผลิตวัตถุแห้งของใบอย่างมีนัยสำคัญ การตัดทุก 20 วันภายในช่วงเวลา 240 วันทำให้ได้ผลผลิตวัตถุแห้งทั้งหมดร้อยละ 70 (13.2 ตัน/เฮคแตร์) ของการตัดทุก 60 วัน (18.8 ตัน/เฮคแตร์) แต่ได้โปรตีนสูงกว่าร้อยละ 30-50 และเส้นใย (ADF และ NDF) ต่ำกว่าร้อย

ละ 7-10 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กิโลกรัม/เฮคแตร์ ทุก 60 วัน ทำให้ผลผลิตวัตถุแห้งทั้งหมดของหญ้าจาร์ราดิจิทเพิ่มขึ้นเหนือผลผลิตของแปลงควบคุมร้อยละ 36 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นทุก 60 วันทำให้ผลผลิตวัตถุแห้งทั้งหมดเพิ่มขึ้นอีกเพียงร้อยละ 13 (ไนโตรเจน 40 กิโลกรัม/เฮคแตร์ เทียบกับ 20 กิโลกรัม/เฮคแตร์) และร้อยละ 7 (ไนโตรเจน 80 กิโลกรัม/เฮคแตร์ เทียบกับ 40 กิโลกรัม/เฮคแตร์) การตอบสนองของผลผลิต (กิโลกรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมไนโตรเจน) จากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรียอยู่ในช่วงตั้งแต่ 23 (ไนโตรเจน 320 กิโลกรัม/เฮคแตร์) จนถึง 52 (ไนโตรเจน 80 กิโลกรัม/เฮคแตร์)

กำลังตัดหญ้าจาร์ราดิจิทที่สถานีอาหารสัตว์มุกดาหาร

ในงานทดลองที่ 2 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัม/เฮคแตร์ ทุก 30 วัน เมื่อเทียบกับทุก 60 วัน ทำให้ผลผลิตวัตถุแห้งของใบและลำต้นเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 16 ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กิโลกรัม/เฮคแตร์ ทุก 30 วัน เมื่อเทียบกับทุก 60 วัน ทำให้วัตถุแห้งของใบเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตวัตถุแห้งของลำต้นและของทั้งหมดไม่ได้เพิ่มขึ้น การเพิ่มช่วงเวลาการตัด (20 เทียบกับ 60 วัน) และเวลาใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (30 เทียบกับ 60 วัน) ทำให้ความเข้มข้นโปรตีนหยาบในใบและลำต้นลดลงถึงร้อยละ 40 และการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (20 เทียบกับ 40 กิโลกรัม/เฮคแตร์) ทำให้ความเข้มข้นโปรตีนหยาบของใบและลำต้นเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 15

4.8 อิทธิพลของระยะปลูกที่มีต่อการปลูกสร้างแปลงหญ้าจาร์ราดิจิท

ทำงานทดลองในปี 2543 ถึง 2544 ที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เพื่อศึกษาอิทธิพลของการปลูกหญ้าจาร์ราดิจิทด้วยไหลในระยะแถวต่างๆที่มีต่อการปลูกสร้างแปลงหญ้า เพื่อต้องการคำแนะนำที่เหมาะสม

รายละเอียดของงานทดลองทั้งหมดได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก 7

Hare, M.D., Tatsapong, P., Lunpha, A. and Wongpichet, K. Effect of plant spacing, cutting and nitrogen on production of *Digitaria milanjiana* cv. Jarra in north-east Thailand. (submitted April 2003 to *Tropical Grasslands*).

สรุป

ในการตัดหญ้าจาร์ราดิจิทครั้งแรกเมื่ออายุสี่เดือนหลังปลูก แปลงที่ปลูกแบบแถวแคบ (0.5 เมตร) ให้ผลผลิตวัตถุแห้งมากกว่าสองเท่า มีความหนาแน่นเป็นสองเท่า และมีวัชพืชน้อยกว่าแปลงที่ปลูกแบบแถวห่าง (2.0 เมตร; ตารางที่ 8) แปลงที่ปลูกในระยะแถวใกล้เคียงกัน (1.0-1.5 เมตร) ให้ผลผลิตวัตถุแห้งต่ำกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่มีสัดส่วนของวัชพืชสูงกว่าแปลงที่ปลูกในระยะแถว 0.5 เมตร เมื่อถึงการตัดครั้งที่สองที่อายุหกเดือนหลังปลูก ผลผลิตวัตถุแห้งของหญ้าจาร์ราดิจิทจากแปลงที่ใช้ระยะปลูกต่างๆไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 8 อิทธิพลของระยะปลูกที่มีต่อผลผลิตวัตถุแห้งและส่วนประกอบทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าจาร์ราดิจิท

ระยะแถว (เมตร)	ตัดครั้งที่ 1 24/10/43	ตัดครั้งที่ 2 25/12/43	ตัดครั้งที่ 3 25/4/44	ตัดครั้งที่ 4 26/6/44	ตัดครั้งที่ 5 27/7/44	ตัดครั้งที่ 6 5/9/44	ตัดครั้งที่ 7 22/10/44
	ผลผลิตวัตถุแห้งหญ้าจาร์ราดิจิท (กิโลกรัม/เฮคแตร์)						
0.5	2536 a	2313 a	753 a	3795 a	2808 a	3918 a	3406 a
1.0	2150 a	1669 a	602 a	2858 a	2021 a	3077 a	3199 a
1.5	1782 ab	1811 a	572 a	3847 a	3169 a	3647 a	3046 a
2.0	1071 b	1553 a	555 a	2506 a	2459 a	4047 a	3254 a
	หญ้าจาร์ราดิจิท (ร้อยละ)						
0.5	81 a	87 a	53 a	98 a	91 a	96 a	98 a
1.0	51 b	66 b	41 a	86 ab	76 a	91 a	95 a
1.5	66 ab	79 ab	40 a	95 a	81 a	95 a	95 a
2.0	39 b	66 b	44 a	79 b	75 a	93 a	98 a

	วัชพืช (ร้อยละ)						
0.5	19 b	13 b	47 a	2 b	9 a	4 a	2 a
1.0	49 a	34 a	59 a	14 ab	34 a	9 a	5 a
1.5	34 ab	21 ab	60 a	5 ab	19 a	5 a	5 a
2.0	61 a	34 a	56 a	21 a	35 a	7 a	2 a

ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 5% ทดสอบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range

4.9 การปลูกสร้างแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบลและถั่วอาหารสัตว์แบบเป็นแถบ

ทำงานทดลองจำนวนสองชิ้นในที่ดอนที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เพื่อหาชนิดถั่วอาหารสัตว์ที่จะคงอยู่ได้เมื่อปลูกในแถวสลับระยะ 50 เซนติเมตรในแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบล และเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแปลงหญ้า

รายละเอียดของงานทดลองทั้งหมดได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก 8

Hare, M.D., Gruben, I.E., Tatsapong, P., Lunpha, A., Saengkham, M. and Wongpichet, K. Planting *Paspalum atratum* cv. Ubon and forage legumes in alternate rows to establish pasture swards in north-east Thailand. (submitted February 2003 to *Tropical Grasslands*).

สรุป

ในงานทดลองที่ 1 ถั่วปีเดียวคือ *Lablab purpureus* cv. Rongai, *Vigna unguiculata* และ *Canavalia ensiformis* เจริญเติบโตดีในการตัดครั้งแรกที่อายุ 60 วันหลังปลูก แต่ถั่วเหล่านี้ไม่สามารถเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ได้ในการตัดครั้งที่สองในเวลา 45 วันต่อมา ถั่วชนิดอื่นๆคือ *Aeschynomene americana* cv. Lee, *Macroptilium gracile* cv. Maldonado, *Stylosanthes guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184), *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade, *Calopogonium muncunoides* และ *Pueraria phaseoloides* ตั้งตัวได้ช้ากว่า แต่ก็ให้ผลผลิตสม่ำเสมอในการตัดสี่ครั้งในฤดูฝน ในงานทดลองที่ 1 แปลงที่มีหญ้าเพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตวัตถุแห้งสะสมในฤดูฝนสูงที่สุด คือ 12.2 ตัน/เฮคแตร์ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากแปลงหญ้าผสมถั่วร้อยละ 35 เนื่องจากหญ้าพาสพาลัมอุบลมีโปรตีนหยาบต่ำ (ร้อยละ 4.5) จึงทำให้ผลผลิตโปรตีนหยาบทั้งหมดของแปลงที่มีหญ้าเพียงอย่างเดียวต่ำลงถึงร้อยละ 35 เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงหญ้าผสมถั่วที่ดีที่สุด นั่นคือแปลงผสมที่มีถั่ว *Centrosema pascuorum* ที่ให้โปรตีนหยาบถึง 808 กิโลกรัม/เฮคแตร์จากการตัดสี่ครั้ง

ในงานทดลองที่ 2 และปีที่สอง ได้ไถพรวนระหว่างแถวหญ้าพาสพาลัมที่ยังมีอยู่ในแปลง โดยทำเมื่อเริ่มต้นฤดูฝน แล้วหว่านเมล็ดพันธุ์ถั่วลงไประหว่างแถวเหล่านี้ ถั่วที่เจริญเติบโตดีที่สุดในฤดูฝนแรกคือ *S. guianensis* var. *vulgaris* x var. *pauciflora* (ATF 3308, สไตโลอุบล), *Macroptilium gracile*

cv. Maldonado, *S. guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184), *S. hamata* cv. Verano และ *C. mucunoides* อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผลผลิตโปรตีนหยาบทั้งหมดที่ได้จากแปลงหญ้าผสมถั่วที่ดีที่สุดและแปลงที่มีหญ้าเพียงอย่างเดียว

ไม่ได้ปลูกถั่วใหม่ในงานทดลองที่ 2 ในฤดูฝนที่สอง แต่ปล่อยให้เมล็ดพันธุ์ถั่วที่ร่วงหล่นในฤดูแล้งปีกลายได้งอกขึ้นมาใหม่ ถั่วสไตโลทั้งสามชนิดคือ *S. guianensis* var. *vulgaris* x var. *pauciflora, S. guianensis* cv. Tha Phra และ *S. hamata* cv. Verano ให้ผลผลิตวัตถุแห้งในปริมาณสูง (2.0-2.3 ตัน/เฮคแตร์) และวิธีทดลองเหล่านี้ผลิตโปรตีนหยาบทั้งหมดในฤดูฝนมากกว่าแปลงที่มีหญ้าพาสพาลัมอุบลเพียงอย่างเดียวร้อยละ 89 แปลงหญ้าผสมถั่วสไตโลท่าพระให้โปรตีนหยาบมากกว่าแปลงที่มีหญ้าอย่างเดียวสองเท่า ถั่ว *S. hamata* cv. Verano เจริญเติบโตรุกล้ำเข้าไประหว่างแถวในแปลงหญ้าผสมถั่วแปลงอื่นๆ เนื่องจากถั่วที่เป็นชนิดเลื้อยเจริญเติบโตน้อยมากหรือหายไปเลย ดังนั้น จึงทำให้ผลผลิตโปรตีนหยาบในแปลงเหล่านี้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่มีหญ้าเพียงอย่างเดียว

ได้มีการอภิปรายถึงยุทธศาสตร์การจัดการเพื่อรักษาถั่วเอาไว้ในแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบล โดยรวมถึงการใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ที่สูง การเลือกตัดเฉพาะหญ้าในช่วงแรกของฤดูฝน และลดการใช้ปุ๋ย ถั่วสไตโลได้แสดงให้เห็นว่าเป็นถั่วที่เหมาะสมที่จะปลูกร่วมในแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบล ในที่ดอนที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

4.10 ผลผลิตวัตถุแห้งและคุณภาพของหญ้า *Brachiaria* ชนิดต่างๆในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ทำงานทดลองที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพของหญ้า *Brachiaria* จำนวนห้าชนิดดังต่อไปนี้คือ *Brachiaria ruziziensis* (หญ้ารูซี่), *B. decumbens* (หญ้าซิกแนลธรรมดาพันธุ์บาซิลิสค์), *B. decumbens* (CIAT 26297), *B. brizantha* (CIAT 6780) และ *B. brizantha* (CIAT 6367) ปลูกหญ้าในงานทดลองนี้ในเดือนพฤษภาคม 2543 ภายหลังจากการตัดที่ระดับดินในวันที่ 25 ตุลาคม 2543 ได้ตัดเก็บตัวอย่างวัตถุแห้ง (8 x 0.25 ตารางเมตร) จากแปลงย่อยในฤดูแล้งสามฤดู (พฤศจิกายน-เมษายน 2543-2544, 2544-2545 และ 2545-2546) และในฤดูฝนสองฤดู (พฤษภาคม-ตุลาคม 2544 และ 2545)

ผลการทดลอง

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลผลิตตลอดปีของหญ้ารูซี่ต่ำกว่าของหญ้าซิกแนล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง (ตารางที่ 9) ในฤดูแล้งทั้งสามฤดู ผลผลิตวัตถุแห้งของหญ้ารูซี่ต่ำกว่าของหญ้าซิกแนลร้อยละ 33, 39 และ 22 แม้หญ้ารูซี่จะเจริญเติบโตได้ดีขึ้นในฤดูฝน แต่ยังได้ผลผลิตวัตถุแห้งต่ำกว่าของหญ้าซิกแนลร้อยละ 6 นอกจากนี้ โปรตีนหยาบของหญ้ารูซี่ก็ไม่ได้สูงกว่าของหญ้าซิกแนลอย่างมี

นัยสำคัญ และในบางครั้งยังต่ำกว่าของหญ้า *B. decumbens* 26297 งานทดลองนี้ได้แสดงให้เห็นว่า มีหญ้าชนิดที่ดีกว่าหญ้ารูซี่สำหรับให้เกษตรกรปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ตารางที่ 9 ผลผลิตวัตถุแห้งของหญ้า *Brachiaria* จำนวนห้าชนิดที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ชนิดหญ้า	วัตถุแห้ง (กิโลกรัม/เฮคแตร์)				
	ฤดูแล้ง 2543-2544	ฤดูฝน 2544	ฤดูแล้ง 2544-2545	ฤดูฝน 2545	ฤดูแล้ง 2545-2546
หญ้ารูซี่	5448 b	13883 bc	2747 b	9295 ab	3346 b
หญ้าซิกแนล พันธุ์บาซิลิสค์	8126 a	14725 abc	4467 a	9844 a	4277 a
B. decumbens 26297	6580 b	13336 c	2623 b	7776 b	3134 b
B. brizantha 6780	8968 a	15205 ab	4407 a	9918 a	3911 ab
B. brizantha 6367	8541 a	16011 a	3807 ab	9870 a	4162 a

ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 5% ทดสอบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range

ตารางที่ 10 ระดับโปรตีนหยาบของหญ้า *Brachiaria* จำนวนห้าชนิดที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ชนิดหญ้า	โปรตีนหยาบ (ร้อยละ)									
	ฤดูแล้ง 2543-2544		ฤดูฝน 2544		ฤดูแล้ง 2544-2545		ฤดูฝน 2545		ฤดูแล้ง 2545-2546	
	ใบ	ต้น	ใบ	ต้น	ใบ	ต้น	ใบ	ต้น	ใบ	ต้น
หญ้ารูซี่	10.3ab	5.9a	9.4ab	5.9a	13.4b	8.6b	7.4b	5.5ab	12.4a	6.8bc
หญ้าซิกแนล พันธุ์บาซิลิสค์	9.9bc	5.5ab	8.9ab	5.8a	12.9b	8.4b	7.4b	5.8a	11.5ab	7.7b
B. decumbens 26297	10.9a	5.1bc	9.9a	6.2a	15.2a	9.7a	8.4a	5.6ab	13.1a	9.0a
B. brizantha 6780	9.2c	4.6cd	8.3b	5.5a	10.4c	6.3c	6.6b	5.9a	9.9b	6.2c
B. brizantha 6367	9.2c	4.4d	8.6b	5.2a	13.2b	8.7b	7.1b	4.6b	12.4a	7.7b

ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 5% ทดสอบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range

4.11 ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของหญ้า *Brachiaria* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ทำงานทดลองที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของหญ้า *Brachiaria* จำนวนห้าชนิดดังต่อไปนี้ *Brachiaria ruziziensis* (หญ้ารูซี่), *B. decumbens* (หญ้าซิกแนลธรรมดา พันธุ์บาซิลิสค์), *B. decumbens* (CIAT 26297), *B. brizantha* (CIAT 6780) และ *B. brizantha*

(CIAT 6367) ปลูกหญ้าในงานทดลองนี้ในเดือนพฤษภาคม 2543 และวัดองค์ประกอบการสืบพันธุ์ (ลำต้นที่ออกดอก ช่อดอกย่อย และช่อกระจะ) ในปี 2544 และ 2545

ผล

ในปี 2545 หญ้าทุกพันธุ์เจริญเติบโตถึงช่วงออกดอกสูงสุดช้าลงหนึ่งถึงสองเดือนเมื่อเทียบกับในปี 2544 (ตารางที่ 11) สาเหตุเนื่องจากได้ตัดหญ้าในทุกแปลงย่อยในเดือนมิถุนายน 2545 ในขณะที่ในปี 2544 ตัดหญ้าในเดือนเมษายน นอกจากนี้ ในปี 2545 ท้องฟ้ายังมีเมฆมากและอากาศครึ้มซึ่งทำให้หญ้าออกดอกช้า หญ้ารูซี่ออกดอกช้าที่สุดในช่วงปลายฤดูฝนเมื่ออากาศเริ่มแห้ง นี่คือสาเหตุที่ทำให้หญ้าพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวเมล็ดได้ง่ายที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในขณะที่หญ้าพันธุ์อื่นๆออกดอกก่อนในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกหนักซึ่งทำให้มีความยากลำบากในการเก็บเกี่ยวเมล็ด

ตารางที่ 11 วันที่ออกดอกสูงสุดของหญ้า *Brachiaria* จำนวนห้าชนิดที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ชนิดหญ้า	พ.ศ. 2544	พ.ศ. 2545
หญ้ารูซี่	10 ตุลาคม	11 พฤศจิกายน
หญ้าซิกแนล พันธุ์บาซิลิสค์	30 กรกฎาคม	10 กันยายน
B. decumbens CIAT 26297	27 สิงหาคม	4 ตุลาคม
B. brizantha CIAT 6780	17 กันยายน	12 ตุลาคม
B. brizantha CIAT 6367	8 สิงหาคม	24 กันยายน

ในปี 2544 หญ้าซิกแนลพันธุ์บาซิลิสค์ผลิตจำนวนช่อดอกสูงสุด รองลงมาคือหญ้าสายพันธุ์ CIAT 6367 และรูซี่ (ตารางที่ 12) อย่างไรก็ตาม ในปี 2545 หญ้ารูซี่ผลิตช่อดอกมากกว่าหญ้าซิกแนลพันธุ์บาซิลิสค์และ CIAT 6367 อย่างมีนัยสำคัญ การตัดหญ้าในเดือนมิถุนายนปี 2545 อาจทำให้จำนวนช่อดอกของหญ้าซิกแนลพันธุ์บาซิลิสค์ลดลง เนื่องจากหญ้าชนิดนี้ออกดอกก่อน และทำให้ช่วงออกดอกสูงสุดเลื่อนจากเดือนกรกฎาคมไปเป็นเดือนกันยายน (ตารางที่ 11) ในปี 2544 หญ้าซิกแนลพันธุ์บาซิลิสค์ออกดอกสองช่วง โดยที่ในเดือนกรกฎาคมมีจำนวนช่อดอก 331 ช่อ/ตารางเมตร และในเดือนตุลาคมมีจำนวนเพียง 123 ช่อ/ตารางเมตร ในปี 2545 หญ้าชนิดนี้ออกดอกเพียงช่วงเดียวในเดือนกันยายน

ตารางที่ 12 องค์ประกอบการออกดอกของหญ้า *Brachiaria* จำนวนห้าชนิด

ชนิดหญ้า	ช่อดอก/ตารางเมตร		ช่อกระจะ/ช่อดอก		ช่อดอกย่อย/ช่อกระจะ	
	2544	2545	2544	2545	2544	2545
หญ้ารูซี่	224 b	266 a	4.0 a	4.1 a	34.2 c	30.8 c
หญ้าซิกแนล พันธุ์บาซิลิสก์	331 a	151 b	2.9 cd	2.3 c	40.0 b	43.3 a
B. decumbens CIAT 26297	37 c	23 d	2.7 d	1.5 d	28.0 d	24.8 d
B. brizantha CIAT 6780	34 c	11 d	3.4 b	3.1 b	48.8 a	39.6 b
B. brizantha CIAT 6367	257 b	106 c	3.2 bc	2.3 c	34.3 c	32.0 c

ในคอลัมน์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรตัวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 5% ทดสอบด้วยวิธี Duncan's Multiple Range

สรุป

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเหตุใดหญ้ารูซี่จึงยังคงเป็น *Brachiaria* ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากหญ้าชนิดนี้ผลิตช่อดอกจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าถูกตัดกลางฤดูฝน และช่วงออกดอกสูงสุดของหญ้าชนิดนี้อยู่ในปลายเดือนตุลาคม-ต้นพฤศจิกายนที่มีอากาศแห้ง ปัจจัยเหล่านี้จึงทำให้เก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ได้ง่าย หญ้าซิกแนลมีศักยภาพที่จะผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ในประเทศไทย แต่เนื่องจากหญ้าชนิดนี้ออกดอกและติดเมล็ดในช่วงเวลาที่มีฝนตกหนักที่สุดของปี (กรกฎาคม-กันยายน) เกษตรกรจึงเห็นว่าเป็นเรื่องที่ยากลำบากมากในการเก็บเกี่ยวเมล็ด

แม้ว่าหญ้าสายพันธุ์ CIAT 6780 จะผลิตวัตถุแห้งได้สูงที่สุด (ตารางที่ 9) แต่จำนวนช่อดอกที่ต่ำ (ตารางที่ 12) และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำคงจะทำให้เกษตรกรในประเทศไทยไม่ยอมรับ นอกเสียจากว่าจะมีโครงการพิเศษที่ส่งเสริมให้ใช้ท่อนพันธุ์ปลูกคล้ายกับโครงการหญ้าแนเปียร์และแพงโกลา

4.12 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้าพาสพาลัมอุบล

นางสาวนพมาศ นามแดง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เป็นผู้ทำงานทดลองชิ้นนี้เพื่อเป็นวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทสำหรับเสนอต่อมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เธอทำงานทดลองนี้ในปี 2543 ที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และได้รับปริญญาในปี 2545

เรื่องย่อของการศึกษานี้ได้เสนอไว้ในภาคผนวก 9

Namdaeng, N. 2002 Study on nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on growth, yield and quality of Ubon paspalum (*Paspalum atratum* cv. Ubon). Master of Science thesis, Department of Soil Science, Kasetsart University. 241pp.

สรุป

จะต้องใส่ทั้งปุ๋ยไนโตรเจนและโปแตสเซียมให้กับหญ้าพาสพาลัมอุบลเพื่อให้ได้ผลผลิตวัตถุแห้งที่ดี

4.13 คุณภาพของหญ้าหมักที่ทำจากหญ้าเขตร้อน

นางศิริวรรณ มาร์เทนส์ มหาวิทยาลัยแห่ง Rostock ประเทศเยอรมนี ได้ทำงานทดลองนี้ที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี งานเสร็จสิ้นในปี 2543 และเธอได้รับปริญญาในปี 2544

เรื่องย่อของการศึกษานี้ได้เสนอไว้ในภาคผนวก 10

Martens, S. 2001 Yield, feed value and ensilability of 4 tropical grasses in northeast Thailand. Diploma thesis. Department of Agroecolgy, University of Rostock, Rostock, Germany. 160pp.

สรุป

ในการทำหญ้าหมัก ควรตัดหญ้าจาร์ราดิจิทและรูซี่ที่อายุ 50 และ 60 วัน ตามลำดับ และไม่จำเป็นต้องใส่สารเสริม ส่วนหญ้ากินนีสีม่วงและพาสพาลัมอุบล ควรตัดที่อายุ 30 และ 85 วัน ตามลำดับ แต่ต้องใส่สารเสริมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของหญ้าหมักให้ดีขึ้น

4.14 ความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมรุ่นลูกผสม

นางสาวพวน ทัศพงษ์ โครงการพืชอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้ทำงานทดลองนี้ที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เพื่อเป็นวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทสำหรับเสนอต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เธอทำงานทดลองนี้ในปี 2543 และได้รับปริญญาในปี 2544

เรื่องย่อของการศึกษานี้ได้เสนอไว้ในภาคผนวก 11 และ 12

Tatasapong, P. 2001 A study of energy and protein requirement of crossbred dairy heifers. Master of Science Thesis in Animal Production Technology, Suranaree University of Technology 156 pp.

Tatsapong, P., Suksombat, W., Thummasaeng, K. and Suriyajantratong, W. 2003 A study of energy and protein requirements of crossbred dairy heifers. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 11-21.

สรุป

การตอบสนองของโคสาวรุ่นลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียนต่อพลังงานและโปรตีนระดับต่างๆ แสดงให้เห็นว่าโคมีความต้องพลังงานสุทธิและโปรตีนหยาบสูงกว่าระดับที่ NRC แนะนำไว้ร้อยละ 5 และ 38 ตามลำดับ

4.15 การปลูกสร้างแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบลและถั่วอาหารสัตว์แบบเป็นแถบ

นางสาวอีนา กรูเบน มหาวิทยาลัยแห่ง Rostock ประเทศเยอรมนี ทำงานทดลองนี้ที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี งานเสร็จสิ้นในปี 2544 และเธอได้รับปริญญาในปี 2544

เรื่องย่อของการศึกษานี้ได้เสนอไว้ในภาคผนวก 8 และ 13

Hare, M.D., Gruben, I.E., Tatsapong, P., Lunpha, A., Saengkham, M. and Wongpichet, K. Planting *Paspalum atratum* cv. Ubon and forage legumes in alternate rows to establish pasture swards in north-east Thailand. (submitted February 2003 to *Tropical Grasslands*).

Gruben, I.E. 2001 Management of forage legumes in Ubon paspalum (*Paspalum atratum*). (Strip establishment of Ubon paspalum and forage legumes). Diploma thesis. Department of Agroecolgy, University of Rostock, Rostock, Germany. 70pp.

สรุป

ไม่แนะนำให้เกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคนมในประเทศไทยนำระบบการจัดการที่ปลูกถั่วแบบเป็นแถบร่วมกับหญ้าพาสพาลัมอุบลไปใช้ เนื่องจากถั่วเจริญเติบโตน้อยมาก จึงทำให้ได้ผลผลิตวัตถุแห้งต่ำ และถั่วหายไปทั้งหมดจากแปลงภายหลังการตัดครั้งที่สี่

ถั่วสไตโลอุบล และหญ้าพาสพาลัมอุบล ปลูกสลับกันเป็นแถวที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

5. โครงการวิจัยและพัฒนาในหมู่บ้าน

5.1 โครงการระบบการจัดการพืชอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในหมู่บ้าน

คัดเลือกเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจำนวน 20 รายในจังหวัดอุบลราชธานีและศรีสะเกษ (จำนวน 10 รายในแต่ละจังหวัด) ในปี 2543 เพื่อร่วมโครงการแปลงหญ้า และรับการฝึกอบรมและคำแนะนำในการปรับปรุงการผลิตพืชอาหารสัตว์ โครงการได้ไปตรวจเยี่ยมเกษตรกรทุก 4-6 สัปดาห์ในปี 2543-2545

5.1.1 จังหวัดอุบลราชธานี

เกษตรกรจำนวนแปดรายในอำเภอวารินชำราบมีแปลงหญ้าที่ดี เจ็ดรายปลูกหญ้าพาสพาลัมอุบล และสามรายปลูกหญ้ากินนี เนเปียร์ และรูซี่ในพื้นที่เล็กๆ เกษตรกรจำนวนหนึ่งรายปลูกถั่วสไตโลท่าพระ และหลายรายปลูกถั่วคาวาลเขดในฤดูฝน พื้นที่แปลงหญ้าต่อเกษตรกรยังคงน้อยเกินไปในการรักษาการผลิต และโคนมจะต้องได้รับอาหารเสริมพวกฟางข้าวในฤดูแล้ง

ปัญหาหลักของเกษตรกรก็คือขาดตลาดที่ดีสำหรับรับซื้อน้ำนมที่ผลิตได้

5.1.2 จังหวัดศรีสะเกษ

เกษตรกรในจังหวัดศรีสะเกษยังคงอาศัยฟางข้าวเพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนมตลอดทั้งปี มีเกษตรกรเพียงสี่รายในจำนวน 10 รายที่มีแปลงหญ้า (หญ้าพาสพาลัมอุบลและพลิแคทูลัม) และเกษตรกรเหล่านี้ต้องการปลูกหญ้าพาสพาลัมอุบลมากขึ้นในปีหน้า

ในปี 2543 แมลงที่กินหญ้าได้เข้าทำลายแปลงหญ้าใหม่หลายแปลงที่มีหญ้าพาสพาลัมอุบล แมลงเหล่านี้ได้ทำลายแปลงหญ้าหลายแปลงและได้ทำลายข้าวด้วยเช่นกัน ความเสียหายที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกษตรกรหลายรายไม่สนใจจะปลูกแปลงหญ้าใหม่ในปี 2544 และ 2545

5.2 โครงการใช้ประโยชน์พืชอาหารสัตว์ในรูปหญ้าหมักและหญ้าแห้ง

เนื่องจากไม่มีเกษตรกรผลิตหญ้าสดเพื่อจำหน่ายในปี 2545 โครงการนี้จึงได้ยุติลง อย่างไรก็ตาม โครงการได้พิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถปลูกหญ้าเป็นการค้าได้ เพียงแต่ให้มีตลาด แรงงานที่จะตัดหญ้า และช่วงเวลาตัดหญ้าไม่ตรงกับการปลูกข้าว (ดำนาและเก็บเกี่ยว) ตารางที่ 13 สรุปงานโครงการผลิตหญ้าสดที่ทำในปี 2541 ถึง 2544 เกษตรกรได้รับรายได้รวมเฉลี่ย 3,235 บาท/ไร่ ซึ่งสูงกว่าที่ได้รับจากการผลิตข้าว โครงการรับซื้อหญ้าสดในราคา 0.75 บาท/กิโลกรัม และได้พิสูจน์ว่ามีความเป็นไปได้ที่เกษตรกรในหมู่บ้านจะผลิตหญ้าสดในเชิงการค้า ในอนาคต เมื่อตลาดหญ้าสดขยายตัว โครงการจะสามารถให้ข้อมูลทางเทคนิคเพื่อสนับสนุนการปลูกหญ้าเพื่อจำหน่ายได้

ตารางที่ 13 การผลิตหญ้าพาสพาลัมอุบลสดโดยเกษตรกรในหมู่บ้าน

ปี	จำนวนเกษตรกร	น้ำหนักสดรวมของหญ้าที่รับซื้อ (กิโลกรัม)	รายได้ต่อไร่จากการผลิตหญ้า (เฉลี่ยต่อเกษตรกร - บาท)
2544	2	9,421	2,355
2543	5	38,941	3,538
2542	12	52,122	3,660
2541	9	30,497	3,388
เฉลี่ย			3,235

5.3 โครงการผลิตเมล็ดพันธุ์

5.3.1 งานผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลในหมู่บ้าน

ปริมาณการผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลที่บ้านปากกุดหวายเพิ่มขึ้นจาก 2,000 กิโลกรัมในปี 2543 เป็นเกือบ 6,000 กิโลกรัมในปี 2545 (ตารางที่ 14) และโควตาต่อเกษตรกรได้เพิ่มขึ้นจาก 100 กิโลกรัมเป็น 250 กิโลกรัม แต่ราคารับซื้อต่อกิโลกรัมได้ลดลงจาก 100 บาทเป็น 80 บาท เกษตรกรเหล่านี้สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพสูงที่มีความงอกสูงและน้ำหนักเมล็ดสูง

การจำหน่ายเมล็ดพันธุ์เป็นไปด้วยดี โครงการสามารถจำหน่ายเมล็ดพันธุ์หมดในแต่ละปี (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 การผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลที่บ้านปากกุดหวาย

ปี	จำนวนเกษตรกร	โควตาต่อเกษตรกร	ผลผลิตรวม (กิโลกรัม)
2543	20	100	2,000
2544	20	100	2,748*
2545	21	250	5,986*

* ผลิตมากกว่าโควตา 748 กิโลกรัมในปี 2544 และ 736 กิโลกรัมในปี 2545

ตารางที่ 15 ปริมาณจำหน่ายเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลในปี 2543-2545

ภาค	จำนวนผู้ซื้อ			ปริมาณเมล็ดพันธุ์ (กิโลกรัม)		
	2543	2544	2545	2543	2544	2545
เหนือ	12	5	-	130	111	-
ตะวันออกเฉียงเหนือ	100	290	30	1,240	1,740	1,410
กลาง	37	30	-	187	365	-
ตะวันตก	1	-	-	2	-	-

ตะวันออก	4	9	1*	14	61	1,020
ใต้	8	3	1*	261	173	100
ต่างประเทศ	2	4	-	110	390	-
รวม	164	342	32	1,944	2,840	2,530

* สหกรณ์ขนาดใหญ่ซื้อเมล็ดพันธุ์สำหรับเกษตรกรที่เป็นสมาชิก

5.3.2 งานผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าซิกแนลในหมู่บ้าน

การผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าซิกแนลมีความยากลำบากมาก ในการผลิตเพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์หญ้าซิกแนลที่ดีจะต้องผลิตในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงดังเช่นที่ทำกันในประเทศออสเตรเลียและบราซิล โครงการสามารถหาพื้นที่ที่มีดินดีและเหมาะสมในอำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ และอำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี เพราะว่ามีดินสีน้ำตาลแดงที่อุดมสมบูรณ์

ปลูกหญ้าซิกแนลเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์จำนวนสองครั้งที่อำเภอกันทรลักษ์ (ตารางที่ 16) หญ้าที่ปลูกแสดงศักยภาพให้เห็นว่าสามารถจะให้ผลผลิตที่ดีได้ แต่เกษตรกรผู้ดูแลที่มีอายุถึง 65 ปีและต้องกรีดยางพาราที่เป็นอาชีพหลักทุกวันเห็นว่าการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์หญ้าเป็นเรื่องยาก เขาไม่สามารถจัดการพืชถึงสองชนิดในเวลาเดียวกันได้ และบุตรสาวของเขาต้องการปลูกข้าวโพดแทนในแปลงหญ้า เนื่องจากเก็บเกี่ยวได้ง่ายกว่า ดังนั้น โครงการจึงได้ยุติความพยายามที่จะผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าซิกแนลที่นี่

เกษตรกรที่อำเภอน้ำยืนผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ดีในปี 2543 แต่ได้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย (ตารางที่ 16) เกษตรกรที่นี่ปลูกพืชผัก ข้าวโพด และไม้ผล จึงทำให้หญ้าซิกแนลต้องแข่งขันกับพืชเศรษฐกิจเหล่านี้ ในปี 2546 เกษตรกรจำนวนสามรายจะผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าต่อไป

ตารางที่ 16 การผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าซิกแนลในปี 2543-2545 โดยเกษตรกรในหมู่บ้าน

สถานที่	ปี	จำนวนเกษตรกร	พื้นที่ (ไร่)	ปริมาณเมล็ดดีที่ผลิตได้ (กิโลกรัม)	ปริมาณเมล็ดเบาที่ผลิตได้ (กิโลกรัม)
อำเภอกันทรลักษ์	2543	1	2	18	26
อำเภอกันทรลักษ์	2544	1	1.5	10	40
อำเภอน้ำยืน	2545	4	3.5	6	3

5.3.3 งานผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วสไตโลอุบล

เริ่มงานผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วสไตโลที่เป็นพันธุ์ลูกผสมใหม่ (*Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* X var. *pauciflora* ATF 3308) และโครงการเรียกถั่วนี้ว่า "สไตโลอุบล" ในปี 2543

โดยปลูกในพื้นที่ขนาดเล็กในมหาวิทยาลัยฯ (ตารางที่ 17) โครงการได้รับเมล็ดพันธุ์ถั่วชนิดนี้ปริมาณ 20 กรัมจากดร.เบิร์ท กรอฟ ประเทศออสเตรเลีย ในเดือนพฤศจิกายน 2542 แล้วเพาะกล้าในเรือนเพาะชำก่อนที่จะย้ายลงปลูกในแปลงในเดือนพฤษภาคม 2543 เกษตรกรที่บ้านปากกุดหวาย จังหวัดอุบลราชธานีได้ผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วชนิดนี้ในปี 2544 และ 2545

ตารางที่ 17 การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วสไตโลอุบล

สถานที่	ปี	จำนวนเกษตรกร	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตรวม (กิโลกรัม)
มหาวิทยาลัยฯ	2543	-	0.3	81	26
บ้านปากกุดหวาย	2544	2	2	87	173
บ้านปากกุดหวาย	2545	4	4	120	480

พบว่า การขัดผิวเมล็ดพันธุ์ถั่วสไตโลอุบลด้วยเครื่องขัดสีข้าวช่วยทำให้เปลือกเมล็ดหลุดออกและยังช่วยเพิ่มความงอกให้สูงกว่าร้อยละ 80 เมล็ดพันธุ์ถั่วสไตโลอุบลมักมีสีดำและมีขนาดเล็กกว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วสไตโลท่าพระที่มีสีน้ำตาล

5.3.4 หญ้าบราเคียเรียลูกผสม

ในปี 2545 โครงการได้รับเมล็ดพันธุ์หญ้าชนิดใหม่ *Brachiaria ruziziensis* X *Brachiaria brizantha* CIAT 36061 ในปริมาณเล็กน้อยจากประเทศคอสตาริกาและออสเตรเลีย นักวิจัยที่ CIAT ได้ทดสอบแล้วพบว่าโคที่กินหญ้าชนิดนี้ให้ผลผลิตน้ำนมสูงกว่าที่กินหญ้าซิกแนลธรรมดา โครงการได้เพาะเมล็ดพันธุ์ในถุงพลาสติกในเรือนเพาะชำ แล้วย้ายต้นกล้าลงปลูกในแปลงที่มหาวิทยาลัยฯในฤดูฝน

ในเดือนพฤศจิกายน 2545 โครงการได้เก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์หญ้าบราเคียเรียลูกผสมที่มีคุณภาพดีมากปริมาณ 4.2 กิโลกรัม เมล็ดที่เก็บเกี่ยวได้หนักมาก มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด 8.21 กรัม ซึ่งหนักเป็นสองเท่าของเมล็ดพันธุ์หญ้ารูซี่ โครงการวางแผนที่จะใช้เมล็ดที่เก็บเกี่ยวได้ในงานวิจัยในแปลงขนาดเล็กและงานขยายพันธุ์ในหมู่บ้านปีหน้า หญ้ามูลาโทนี้ดูเหมือนจะผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ดี โดยสร้างเมล็ดในช่วงปลายฤดูฝนและภายในช่วงเวลาที่สั้นมาก หญ้าชนิดนี้สูงกว่าหญ้ารูซี่มาก ดังนั้น เกษตรกรจึงน่าจะเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ได้ง่ายขึ้น

6. สรุปงานวิจัยและพัฒนาที่สำคัญของโครงการในรอบสามปีที่ผ่านไป

6.1 บทความวิชาการและหนังสือ

โครงการได้ผลิตบทความวิชาการจำนวน 13 เรื่องและหนังสือคู่มือจำนวนหนึ่งเรื่องในระยะสามปีของโครงการนี้ บทความวิชาการจำนวน 10 เรื่องได้รับการตีพิมพ์เรียบร้อยแล้ว และสามเรื่องได้ส่งให้วารสารเพื่อตีพิมพ์ โครงการได้รักษามาตรฐานของผลงานไว้ในระดับสูง ทั้งระดับชาติและนานาชาติ

1. Hare, M. D., Kaewkunya, C., Tatsapong, P., Wongpichet, K., Thummasaeng, K. and Suriyajantratong, W. 2001 Method and time of establishing *Paspalum atratum* seed crops in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35: 19-25. (Appendix 3).

2. Hare, M.D., Wongpichet, K., Saengkham, M., Thummasaeng, K. and Suriyajantratong, W. 2001 Juvenility and long-short day requirement in relation to flowering of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35: 139-143. (Appendix 4).

3. Hare, M.D., Saengkham, M., Kaewkunya, C., Tudsri, S., Suriyajantratong, W., Thummasaeng, K. and Wongpichet, . 2001 Effect of cutting on yield and quality of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35: 144-150. (Appendix 2).

4. Hare, M.D., Suriyajantratong, W., Wongpichet, K. and Thummasaeng, K. 2001 *Paspalum atratum* - from a wild native plant in Brazil to commercial forage seed production in Thailand in 10 years. *International Herbage Seed Production Research Group Newsletter,* 33: 5-8. (Appendix 14).

5. Hare, M.D., Kaewkunya, C., Tatsapong, P. and Saengkham, M. 2003 Evaluation of forage legumes and grasses on seasonally waterlogged sites in north-east Thailand. *Tropical Grasslands,* 37: 20-32. (Appendix 1).

6. Hare, M.D., Wongpichet, K., Suriyajanytratong, W., Thummasaeng, K., Suwanlee, S., Booncharern, P., Tasapong, P., Lunpha, A., Saipraset, K. and Intisaeng, W. 2003 Ubon paspalum: Management and Utilization. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University. 43 pp.

7. Thummasaeng, K., Suwanlee, S., Suriyajantratong, W., Hare, M., Inthisaeng, W., Boonsarn, W. and Lunpha, A. 2003 The study of the energy and protein requirements of dairy cows fed Ubon paspalum grass silage as basal roughage. Proceedings of the seminars

and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 3-10. (Appendix 16).

8. Tatsapong, P., Suksombat, W., Thummasaeng, K. and Suriyajantratong, W. 2003 A study of energy and protein requirements of crossbred dairy heifers. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 11-21. (Appendix 12).

9. Saengkham, M., Hare, M., Tudsri, S. and Wongpichet, K. 2003 Effects of waterlogging on yield and quality of Ubon paspalum. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 84-91. (Appendix 5).

10. Hare, M.D. 2003 Forage plants for dairy cows in Thailand: Old friends-New faces. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 149-153. (Appendix 15).

11. Suwanlee, S., Thummasaeng, K., Lunpha, A. and Suriyajantratong, W. 2003 *In vitro* study on nutritive value of tropical grasses using nylon bag and gas production techniques. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 187-192. (Appendix 17).

12. Hare, M.D., Saengham, M., Tatsapong, P., Wongpichet, K. and Tudsri, S. Waterlogging tolerance of some tropical pasture grasses. (submitted November 2002 to *Tropical Grasslands*). (Appendix 6).

13. Hare, M.D., Gruben, I.E., Tatsapong, P. Lunpha, A., Saengkham, M. and Wongpichet, K. Planting *Paspalum atratum* cv. Ubon and forage legumes in alternate rows to establish pasture swards in north-east Thailand. (submitted February 2003 to *Tropical Grassland*). (Appendix 8).

14. Hare, M.D., Tatsapong, P. Lunpha, A. and Wongpichet, K. Effect of plant spacing, cutting and nitrogen on production of *Digitaria milanjiana* cv. Jarra in north-east Thailand. (submitted April 2003 to *Tropical Grassland*). (Appendix 7).

6.2 วิทยานิพนธ์บัณฑิตศึกษา

โครงการได้สนับสนุนนักวิจัยจำนวนสี่คนในการทำงานวิจัยเพื่อเป็นวิทยานิพนธ์ของเขา ดังนี้ นางสาวพวน ทัศพงษ์ ซึ่งอยู่ในโครงการ ได้รับเงินสนับสนุนทำงานวิจัยและเงินเดือนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อศึกษาในระดับปริญญาโทที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เธอทำงานทดลองในแปลงที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี นางสาวนพมาศ นามแดง นักวิชาการเกษตรของคณะเกตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้รับเงินสนับสนุนเพื่อทำงานทดลองในแปลงและงานวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เพื่อการศึกษาปริญญาโทของเธอที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นางสาวอีนา กรูเบน และนางศิริวรรณ มาร์เทนส์ ได้รับการสนับสนุนทางการเงินสำหรับการศึกษาในแปลงและสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์เหล่านี้ได้เสนอไว้ในภาคผนวก

Namdaeng, N. 2002 Study on nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on growth, yield and quality of Ubon paspalum (*Paspalum atratum* cv. Ubon). Master of Science thesis, Department of Soil Science, Kasetsart University. 241 pp (Appendix 9).

Martens, S. 2001 Yield, feed value and ensilability of 4 tropical grasses in northeast Thailand. Diploma thesis. Department of Agroecolgy, University of Rostock, Rostock, Germany. 160 pp (Appendix 10).

Tatasapong, P. 2001 A study of energy and protein requirement of crossbred dairy heifers. Master of Science Thesis in Animal Production Technology, Suranaree University of Technology 156 pp. (Appendix 11).

Gruben, I.E. 2001 Management of forage legumes in Ubon paspalum (*Paspalum atratum*). (Strip establishment of Ubon paspalum and forage legumes). Diploma thesis. Department of Agroecolgy, University of Rostock, Rostock, Germany. 70 pp. (Appendix 13).

6.3 งานผลิตน้ำนมจากแปลงหญ้า

โครงการได้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะประสบความสำเร็จในการให้โคนมแทะเล็มในแปลงหญ้าทั้งวันและคืนในประเทศไทย ในฤดูฝนตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม โดยโคให้น้ำนมเฉลี่ย 17.3 กิโลกรัม/ตัว/วัน ผลผลิตสูงสุดต่อไร่ (16.9 กิโลกรัม) ได้จากแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบล และในช่วงฤดูฝน สามารถปล่อยสัตว์ในอัตราที่สูงขึ้นได้ในแปลงหญ้าพาสพาลัมอุบลเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าซิกแนลและจาร์ราดิจิท

6.4 งานผลิตหญ้าสดสำหรับทำหญ้าหมัก

โครงการได้แสดงให้เห็นว่าหญ้าพาสพาลัมอุบลที่เกษตรกรปลูกเพื่อทำหญ้าหมักสามารถเป็นพืชเศรษฐกิจได้ โดยจะได้ผลตอบแทนรวมเฉลี่ย 3,200 บาท/ไร่ ซึ่งสูงกว่าที่ได้จากการปลูกข้าว อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีตลาดสำหรับทั้งหญ้าสดและหญ้าหมักในจังหวัดอุบลราชธานี เนื่องจากยังไม่มีฟาร์มการค้าขนาดใหญ่ในจำนวนที่มากพอ นอกจากนี้ การตัดหญ้าสดในช่วงฤดูฝนและช่วงต้นฤดูแล้งซึ่งตรงกับเวลาปลูกและเก็บเกี่ยวข้าว จึงเป็นเรื่องยากที่จะหาจ้างแรงงานมาช่วยตัดหญ้า

6.5 โครงการเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในหมู่บ้าน

โครงการประสบความสำเร็จบางส่วนในการที่ร้อยละ 50 ของเกษตรกรที่คัดเลือกไว้สามารถปลูกสร้างแปลงหญ้าที่ดีได้ เกษตรกรจำนวนมากยังเห็นว่าเป็นเรื่องยากที่จะปลูก ใส่ปุ๋ย และจัดการแปลงหญ้า และพวกเขายังพึ่งพาฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารคาร์โบไฮเดรทตลอดทั้งปี ปัญหาหลักก็คือเกษตรกรมีที่ดินน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนโคนมที่มีอยู่

6.6 งานผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบล

(1) งานวิจัยพื้นฐานของโครงการได้พิสูจน์ว่า หญ้าพาสพาลัมอุบลตอบสนองต่อวันยาว-สั้นในการออกดอก ซึ่งข้อมูลนี้มีประโยชน์ต่อการจัดการหญ้าเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ในปีแรกจะต้องปลูกหญ้าก่อนกลางเดือนพฤษภาคม และในปีที่สองจะต้องตัดหญ้าไม่ช้ากว่าต้นเดือนกรกฎาคมเพื่อที่จะผลิตเมล็ดได้

(2) ปริมาณการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลเพิ่มขึ้นจาก 1,944 กิโลกรัมในปี 2543 เป็น 2,530 กิโลกรัมในปี 2545 โครงการคาดหวังจะจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด 5,986 กิโลกรัมที่มีอยู่ในปัจจุบันภายในปี 2546 เงินทุนหมุนเวียนสำหรับเมล็ดพันธุ์ประสบความสำเร็จมาก ทำให้งานผลิตเมล็ดพันธุ์สามารถอยู่ได้ด้วยตัวเอง โดยได้จ้างนักวิจัยหนึ่งคน และไม่ต้องร้องขอเงินเพิ่มเติมจากสำนักงานกองทุนสนับสนับการวิจัย

(3) โปรแกรมการผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลประสบความสำเร็จเป็นอย่างมาก หญ้าพาสพาลัมอุบลเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีค่าสำหรับเกษตรกรในหมู่บ้าน โดยสามารถสร้างรายได้มากกว่า 10,000 บาท/ไร่/ปี จากการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ และในบางกรณี จากการจำหน่ายหญ้าสดและต้นกล้าด้วย เมล็ดพันธุ์หญ้าพาสพาลัมอุบลของโครงการมีชื่อเสียงทั่วประเทศในแง่ที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากโครงการจำหน่ายเฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ดสูง มีความงอกสูง และมีความบริสุทธิ์สูง

6.7 งานปลูกสร้างถั่วแบบเป็นแถบร่วมกับหญ้าพาสพาลัมอุบล

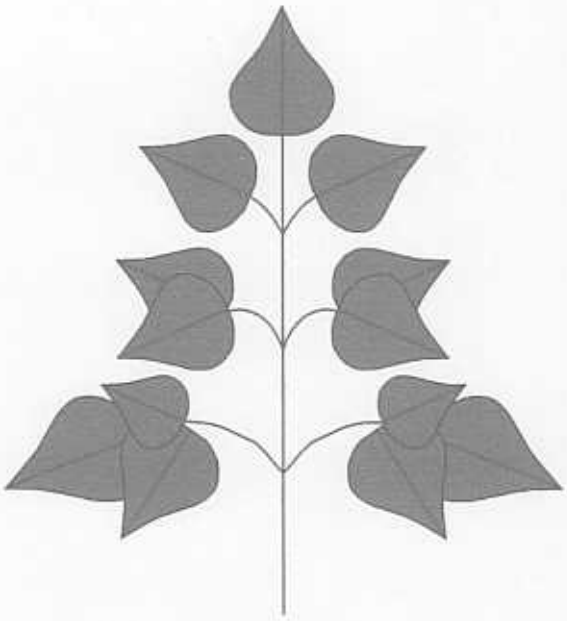
การปลูกถั่วสไตโลแบบเป็นแถบร่วมกับหญ้าพาสพาลัมอุบลสามารถประสบผลสำเร็จได้ในดินที่ไม่มีน้ำท่วมขัง ดังนั้น จึงเป็นการปรับปรุงโปรตีนหยาบของแปลงหญ้า

6.8 งานจัดการหญ้าจาร์ราดิจิท

การปลูกหญ้าจาร์ราดิจิทสามารถประสบความสำเร็จได้โดยการใช้ไหลปลูกแบบแถวห่าง และการตัดหญ้าทุก 40 วันร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กิโลกรัม/เฮคแตร์ทุก 60 วันจะทำให้ได้ผลผลิตที่ดี

6.9 งานประเมินชนิดหญ้า *Brachiaria* สำหรับเป็นอาหารสัตว์และผลิตเมล็ดพันธุ์

หญ้า *Brachiaria brizantha* จำนวนสองพันธุ์และหญ้าซิกแนลให้ผลผลิตวัตถุแห้งสูงกว่าหญ้ารูซี่อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง อย่างไรก็ตาม การผลิตเมล็ดพันธุ์ในหญ้ารูซี่ดีกว่าและง่ายกว่าพันธุ์อื่นๆซึ่งอาจจะให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่ำหรือให้ผลิตเมล็ดในช่วงเวลาที่ยาวนานมากในฤดูฝน หญ้าซิกแนลมีศักยภาพที่จะผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ดีในประเทศไทย แต่เนื่องจากช่วงการออกดอกที่ยาวนานจากเดือนกรกฎาคมถึงกันยายนซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกหนัก เกษตรกรจึงเห็นว่าการผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าชนิดนี้เป็นงานที่ยากมาก



Sustainable forage systems for dairy farmers in Northeast Thailand

Final Report

November 1 1999 to April 30 2003

Faculty of Agriculture

Ubon Ratchathani University

Abstract

The **Sustainable Forage Systems for Dairy Farmers in Northeast Thailand project** was conducted at the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University from November 1999 to April 30 2003.

Thirteen papers and one manual were written during the project and the project maintained a high scientific output, both nationally and internationally.

The project showed that it is possible to successfully graze dairy cows on pastures in Thailand, all day and all night. Over the dry season on irrigated pastures, cows produced on average, 12.2 kg milk/cow/day in the first dry season and 15.6 kg milk/cow/day in the second dry season with higher production from signal grass pastures. In the wet season, cows averaged 17.3 kg milk/cow/day from July to October with the highest production per rai (16.9 kg/day) from Ubon paspalum pastures. A higher stocking rate can be carried on Ubon paspalum pastures during the wet season compared to signal grass and Jarra digit grass

The project demonstrated that Ubon paspalum grown by farmers for silage is an economic proposition and will return, on average, a gross income of 3200 baht per rai. This return is higher than that from rice. However, currently in Ubon Ratchathani there is no market for either fresh forage or silage as there are not enough large commercial farms.

The village farm project was partially successful in that only 50% of the selected farmers have good pastures. Many farmers still find it very difficult to grow, fertilise and manage pastures and they rely on rice straw to provide the bulk of roughage feed during the year. A major problem is that farmers have very little land for the number of cows they own.

Basic research by the project proved that Ubon paspalum has a long-short day flowering response that affects agronomic management of seed crops. Seed sales of Ubon paspalum increased from 1944 kg in 2000 to 2530 kg in 2002 and we expect to sell all of the 5986 kg currently in stock in 2003. The rotating seed fund has been very successful, enabling seed production to stand alone, hire one researcher and not to request more seed funds from TRF. Ubon paspalum is a valuable cash crop for village farmers, generating over 10,000 baht/rai/year from seed and in some cases forage and seedlings for sale. Ubon paspalum seed from the project has a reputation throughout Thailand for high quality as only seed of a high seed weight, high seed germination and high seed purity is sold.

On soils that are not waterlogged, stylo cultivars can be successfully planted in strips with Ubon paspalum, thereby improving the crude protein of the pasture sward.

Jarra digit can be successfully planted by stolons in wide rows and optimum forage production is obtained from cutting every 40 days and applying 40 kg/ha N every 60 days.

Two cultivars of *Brachiaria brizantha* and signal grass produced significantly more dry matter than ruzi grass, particularly during the dry season. However, seed production of ruzi grass is better and easier than the other cultivars, which either produced low seed yields or produced seed over a long period of time in the wet season. Potentially signal grass will produce good seed yields in Thailand, but because of the extended period of flowering from July to September, during the period of heavy rainfall, farmers find seed production very difficult.

Final Report to the Thailand Research Fund

1. Project

Sustainable forage systems for dairy farmers in Northeast Thailand

2. Project Leader Dr. Michael Hare

Research Associates Mr. Kungwan Thummasaeng
Dr. Worapong Suriyapat
Dr. Kitti Wongpichet
Mr. Surachai Suwanlee
Mr. Prapon Booncharern
Mr. Wanchai Intisaeng
Mrs. Chaisang Phaikaew

Research Officers Mr. Kittipat Saipraset
Miss Puan Tatsapong
Miss Areerat Lunpha
Miss Sopita Khamhan

3. Period of report

November 1 1999 to April 30 2003

4. Project applied research results

4.1 Milk production grazing trials

Methods

Three milk production grazing trials were conducted on the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University farm from 2001 to 2003. Each trial consisted of 3 grass species grazing treatments (Ubon paspalum, signal grass and Jarra digit) and 3-6 cows per treatment. The pastures were fenced into 1 rai paddocks and the cows rotationally grazed around the paddocks every 3-7 days depending on pasture growth. The cows grazed the pastures day and night.

In all trials the cows were fed concentrate at a rate of 1 kg per 2.5 kg milk produced. Milk yields per cow were measured twice a day and samples taken for quality testing.

Before paddocks were grazed, 8 x 0.25 m^2 quadrats were cut from each paddock, weighed fresh and divided into leaves and stems for dry weight and nutrient analysis. Fertiliser as NPK (15:15:15) was applied at a rate of 25 kg/rai.

For milk data statistical analysis the cows were regarded as replications and for pasture data analysis there were 6-7 replications.

Trial 1

The trial ran for 16 weeks from September 25 2001 to January 14 2002. Cows commenced grazing the pasture treatments in August 2001. Pastures were irrigated weekly from November to January. Each pasture treatment had 5 milking cows rotated around 6 paddocks (Table 1). The grazing interval was 7 days for Ubon paspalum and signal and 4-5 days for Jarra digit.

Trial 2

The trial ran for 14 weeks and commenced on July 21 2002 and finished on October 27 2002. The trial was divided into 2 periods; an early lactation period of 6 weeks (July 28 to September 1) and a mid lactation period of 8 weeks (September 8 to October 27). Before each period there was a one week adaptation period. Data were analysed for 5 weeks in period 1 and 7 weeks in period 2. Each treatment had 3 milking

cows rotated around fields. At the end of period 1 the cows were re-randomised for period 2. Pasture areas varied according to growth of each species (Table 1).

Table 1 Area of each pasture in grazing trials

Pasture	Trial 1	Trial 2		Trial 3
		Period 1	Period 2	
Ubon paspalum	6 rai	3 rai	4 rai	10 rai
Signal grass	6 rai	4 rai	5 rai	10 rai
Jarra digit grass	6 rai	4 rai	6 rai	11 rai

Trial 3

The trial ran for 16 weeks from November 11 2002 to March 3 2003. The 3 grazing treatments varied in area (Table 1). There were 6 cows per treatment.

The trial was divided into two 8 week periods. Data were analysed for 7 weeks in each period, with the first week of each period an adjustment period. At the end of period 1 the cows were re-randomised for period 2.

Pastures were irrigated weekly.

Results

Trial 1

There were no significant differences in milk production from the 3 grass species (Table 2). However, milk yields were between 11 and 16% higher from cows grazing signal grass compared to cows grazing Ubon paspalum and Jarra digit. Milk fat was 5% higher and milk protein levels 5% lower on Ubon paspalum treatments compared to the other two pasture treatments. Milk lactose levels were similar but milk SNF levels were 2% lower on the Ubon paspalum treatments.

Table 2 Effect of grazing 3 pasture grasses on milk yield and milk quality (Trial 1).

Treatment	Milk yield (kg/cow/day)	Milk fat (%)	Milk protein (%)	Milk lactose (%)	Milk SNF (%)
Ubon paspalum	11.96 a	4.33 a	2.98 a	4.85 a	8.58 a
Signal	13.34 a	4.08 a	3.12 a	4.95 a	8.81 a
Jarra digit	11.47 a	4.16 a	3.21 a	4.84 a	8.80 a

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Table 3 Dry matter yields, stem and leaf levels and crude protein yields in 3 pasture species prior to being grazed by dairy cows (Trial 1).

Treatment	Total dry matter yield (kg/ha)	% stem fresh weight	% leaf fresh weight	CP % stem	CP % leaf	CP yield (kg/ha)
Ubon paspalum	4026 a	24 b	76 a	6.6 b	10.5 c	391 ab
Signal	3496 a	42 a	58 b	10.3 a	14.1 b	438 a
Jarra digit	2205 b	40 a	60 b	10.7 a	16.3 a	302 b

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

The higher milk yields produced by the cows grazing signal grass were probably due to the higher pasture crude protein yields on these pastures compared to Ubon paspalum and Jarra digit pastures (Table 3). Even though signal grass dry matter yields were lower than yields from Ubon paspalum, signal grass had 50% and 38% higher crude protein levels in stems and leaves, respectively, compared to Ubon paspalum. However,

the high crude protein levels in Jarra digit could not compensate for low dry matter production resulting in lower crude protein yields/ha compared to the other two pasture treatments and subsequently lower milk yields. The high leaf percentage and high dry matter yields of Ubon paspalum enabled cows to overcome the low crude protein levels compared to signal and Jarra digit and produce reasonable milk yields.

Trial 2

There were no differences in daily milk yields per cow between the 3 grazing treatments (Table 4). In period 1, both Ubon paspalum and signal grass produced higher fat, lactose, protein and SNF than Jarra digit . In period 2, milk fat was similar between treatments but Ubon paspalum produced lower milk protein, lactose and SNF than the other 2 treatments.

Because of the higher stocking rate on Ubon paspalum, milk production per rai was 35-55% higher than from signal grass and Jarra digit pastures (Table 4). This was because of the higher dry matter production and higher leaf content in the Ubon paspalum pastures (Table 5), which allowed a higher stocking rate to be used (Table 1). Ubon paspalum dry matter yields were 19-30% higher than signal grass yields and 76-80% higher than Jarra digit yields. Even though crude protein levels were higher in the signal grass and Jarra digit pastures, this higher quality could not compensate for the lower dry matter yields and leaf content.

Table 4 Effect of grazing 3 pasture grasses on milk yield and milk quality (Trial 2).

Period 1						
Treatment	Milk yield (kg/cow/day)	Milk yield (kg/rai/day)	Milk fat (%)	Milk protein (%)	Milk lactose (%)	Milk SNF (%)
Ubon paspalum	18.77 a	131	4.38 a	2.84 a	4.99 a	8.56 a
Signal	18.77 a	98	4.17 ab	2.85 a	4.93 a	8.51 a
Jarra digit	18.81 a	99	4.05 b	2.73 b	4.77 b	8.24 b
Period 2						
Ubon paspalum	15.72 a	106	4.12 a	2.81 c	4.64 c	8.21 b
Signal	15.57 a	77	4.35 a	2.93 b	4.87 a	8.54 a
Jarra digit	15.94 a	68	4.10 a	2.99 a	4.73 b	8.47 a

Table 5 Dry matter yields, stem and leaf levels and crude protein yields in 3 pasture species prior to being grazed by dairy cows (Wet season 2002)

Period 1						
Treatment	Total dry matter yield (kg/ha)	% stem fresh weight	% leaf fresh weight	CP % stem	CP % leaf	CP yield (kg/ha)
Ubon paspalum	3772 a	30 b	70 a	6.7 b	9.2 b	318.4 a
Signal	3151 ab	50 a	50 b	10.1 a	11.7 ab	340.6 a
Jarra digit	2133 b	54 a	46 b	8.5 ab	14.9 a	226.8 b
Period 2						
Ubon paspalum	2769 a	32 b	68 a	5.9 b	9.0 c	240.2 a
Signal	2131 b	45 a	55 b	8.9 a	12.3 b	240.6 a
Jarra digit	1525 b	48 a	52 b	9.6 a	14.7 a	198.0 b

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Trial 3

In period 1, cows grazing signal grass produced 12 and 8% respectively, more milk/cow/day than cows grazing Ubon paspalum and Jarra digit (Table 6). In period 2, cows grazing Ubon paspalum produced 10 and 11% respectively, more milk/cow/day than cows grazing signal grass and Jarra digit. Cows grazing signal grass in both periods produced milk with higher protein and lower lactose than cows grazing Ubon paspalum and Jarra digit (Table 6). Grazing different pastures produced no differences in milk SNF but in period 1, milk fat levels were lower from cows grazing Jarra digit.

Milk production per rai was 11% higher on signal grass pastures compared to the other pastures in period 1 but in period 2, milk production on Ubon paspalum pastures was 9 and 22% higher respectively, compared to milk production from signal and Jarra digit pastures.

Table 6 Effect of grazing 3 pasture grasses on milk yield and milk quality (Trial 3).

Period 1 (18 November 2002-6 January 2003)						
Treatment	Milk yield (kg/cow/day)	Milk yield (kg/rai/week)	Milk fat (%)	Milk protein (%)	Milk lactose (%)	Milk SNF (%)
Ubon paspalum	15.75 c	66	4.41 a	2.84 b	4.92 a	8.50 a
Signal	17.60 a	74	4.27 ab	2.99 a	4.74 b	8.52 a
Jarra digit	16.34 b	66	4.20 b	2.82 b	4.89 a	8.45 a
Period 2 (13 January 2003-3 March 2003)						
Ubon paspalum	15.80 a	66	4.25 a	2.97 c	4.89 a	8.57 a
Signal	14.37 b	60	4.24 a	3.06 a	4.75 b	8.55 a
Jarra digit	14.17 b	54	4.17 a	3.01 b	4.87 a	8.62 a

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Table 7 Dry matter yields, proportions of stem and leaf and crude protein yields in 3 pasture species prior to being grazed by dairy cows (Trial 3).

Period 1 (18 November 2002-6 January 2003)						
Treatment	Total dry matter yield (kg/ha)	% stem fresh weight	% leaf fresh weight	CP % stem	CP % leaf	CP yield (kg/ha)
Ubon paspalum	3628 a	18 c	82 a	5.9 c	10.4 c	345 a
Signal	2970 a	42 a	58 c	9.4 b	15.0 b	375 a
Jarra digit	1608 b	34 b	66 b	12 9 a	18.4 a	268 b
Period 2 (13 January 2003-3 March 2003)						
Ubon paspalum	2268 a	17 c	83 a	3.9 c	8.2 c	175 b
Signal	2114 a	40 a	60 c	7.5 b	12.7 b	224 a
Jarra digit	1170 b	31 b	69 b	10.3 a	16.4 a	170 b

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

In both periods Jarra digit produced significantly lower pasture dry matter yields than the other 2 species. Crude protein levels in Jarra digit were double the levels in Ubon

paspalum (Table 7) and levels in signal grass were intermediate between the 2 species. Ubon paspalum produced significantly higher leaf:stem ratios than the other 2 species in both periods.

High milk production yields from cows grazing signal grass in period 1 were probably due to the higher crude protein yields in the pastures. However, in period 2, despite producing higher crude protein yields, milk production from signal grass was not as high as Ubon paspalum. Ubon paspalum pastures are very leafy (>80%) and even though crude protein levels are low, the high proportion of leaf results in high digestibility. Ubon paspalum compensates for low crude protein levels by producing high yields of digestible leaf. This is in contrast to Jarra digit, which even though produced very high crude protein levels in both stems and leaves, produced significantly lower dry matter yields. Cows grazing Jarra digit had to be rotated every 2-3 days.

Conclusion

The project has demonstrated that it is possible to successfully graze dairy cows on pastures day and night in Thailand. Signal grass and Ubon paspalum are both suitable grass species for dairy production. Ubon paspalum does have low quality but makes up for this by producing high dry matter yields and a high leaf:stem ratio. Signal grass maintains good quality and produces high crude protein yields all year round. Even though Jarra digit is a very high quality grass, the low dry matter production lowered milk production per rai.

Plate 1 Dairy cows grazing Jarra digit (foreground) and signal grass (background) at Ubon Ratchathani University.

4.2 Regional grass and legume evaluation trials

Seven legumes sown in pure swards and 7 grasses sown with legumes and fertilised with N were evaluated in a series of trials at 7 low lowing sites in northeast Thailand over 2-3 years from 1997-2000. The sites were at Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani Agricultural Technology College Farm, Yasothon Animal Nutrition Station, Yasothon Agricultural Technology College Farm, Mukdahan Animal Nutrition Station, Sisaket Agricultural Technology Farm and a village in Det Udom district of Ubon Ratchathani Province.

Full details of the trials are presented in Appendix 1 in the published paper:

Hare, M.D., Kaewkunya, C., Tatsapong, P. and Saengkham, M. 2003 Evaluation of forage legumes and grasses on seasonally waterlogged sites in north-east Thailand. *Tropical Grasslands,* 37: 20-32.

Conclusion

The highest legume yield in pure swards was in the year of sowing from *Aeschynomene americana* cv. Lee, which produced over 14 t/ha DM at one site. All legumes failed to persist beyond the second wet season under cutting. *Stylosanthes guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184) showed some promise as a legume at some sites that were not deeply waterlogged but only in a few places was it able to persist into the second dry season. No legumes performed well enough to be recommended for such sites under the existing management system.

The best grasses on deeply waterlogged sites were *Paspalum atratum* cv. Ubon, *P. plicatulum* (common Thailand type) and *Setaria sphacelata* var. *splendida* cv. Splenda. These 3 grasses performed well at all sites and were the most consistent in terms of persistence and yield. On less waterlogged sites, *Panicum maximum* cv. Purple was very productive, producing in excess of 30 t/ha DM in the second 6-month wet season at 2 sites. *Brachiaria ruziziensis* (common Thailand type), *B. decumbens* cv. Basilisk, and *Digitaria milanjiana* cv. Jarra grew well only on sites that did not become inundated with water. No legumes were able to persist in the nitrogen-fertilised (100-120 kg/ha N) grass swards beyond the second wet season.

Plate 2 TRF team at Mukdahan Animal Nutrition Station regional trial.

4.3 Effect of cutting on yield and quality of Ubon paspalum

Two trials were conducted from 1998-1999 at Ubon Ratchathani University to determine the effect of varying cutting height and interval on growth and forage quality of Ubon paspalum grown on low fertility soils.

Full details of the trials are presented in Appendix 2 in the published paper:

Hare, M.D., Saengkham, M., Kaewkunya, C., Tudsri, S., Suriyajantratong, W., Thummasaeng, K. and Wongpichet, K. 2001 Effect of cutting on yield and quality of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35: 144-150.

Conclusion

In Trial 1, an increase in cutting height (0 to 20 cm above ground level) increased total DM yield at 20-d cutting intervals, had no effect at 30 days and decreased yields at 60-d cutting intervals. Cutting interval significantly increased DM yields in Trial 1 with the major response between 30- and 60-d intervals. Increasing the interval between harvests reduced concentrations of CP, K and P but increased the concentrations of NDF and ADF. In Trial 1 increases in cutting interval and cutting height increased stubble and root DM per plant.

In Trial 2, Ubon paspalum DM yields generally were significantly different only between 20- and 60-d cutting intervals. Cutting every 20 days over a 240-d period produced 74% (21.6 t/ha) of the total DM yield from cutting every 60 days (28.9 t/ha) but crude protein concentration was nearly twice as high (10.0 *vs* 5.3%).

Plate 3 Cutting Ubon paspalum in a village in Ubon Ratchathani.

4.4 Ubon paspalum seed production trials

Two field trials were conducted from 1998-1999 at Ubon Ratchathani University to determine which planting methods produce the best seed yields and what is the most suitable time of the year to establish seed crops of Ubon paspalum. In addition, data were collected from the village farmer seed project.

Full details of the trials are presented in Appendix 3 in the published paper:

Hare, M. D., Kaewkunya, C., Tatsapong, P., Wongpichet, K., Thummasaeng, K. and Suriyajantratong, W. 2001 Method and time of establishing *Paspalum atratum* seed crops in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35 19-25

Conclusion

Seed crops of *Paspalum atratum* cv. Ubon established by sowing seed produced no seed at all in the first year of establishment in Thailand. By comparison, seed crops planted with tillers at the beginning of the wet season in May, produced 132 kg/ha seed 5 months after planting in one trial and 330 kg/ha seed in a second trial. In the second trial, delay in planting tillers until June and July severely reduced seed yields from a high of 330 kg/ha when planted in early May to a low of 25 kg/ha when planted in mid-July. Inflorescences/m^2 and seeds/inflorescence had the largest effect on seed yield.

Twenty village farmers in a small seed production project successfully harvested 1834 and 2207 kg of Ubon paspalum seed in 1998 and 1999, respectively. The method of hand knocking mature seed from seed heads into bags every day enabled farmers to harvest mean seed yields of 632 and 651 kg/ha in 1998 and 1999, respectively. This harvesting method, combined with slow drying in the shade and thorough cleaning, produced seed of a very high quality with a thousand-seed weight of 3.1 g, a seed purity of more than 99% and a germination of 81% in 1998 harvested seed and 91% in 1999 harvested seed after 5 months post-harvest storage.

Plate 4 Farmers collecting freshly harvested Ubon paspalum seed at Bark Kud Waay village in Ubon Ratchathani.

4.5 Juvenility and day length requirements for flowering of Ubon paspalum

A study was conducted at Ubon Ratchathani University to examine the flowering behaviour of Ubon paspalum under controlled growth room conditions to determine whether or not a juvenile phase exists and whether or not there is a long-short day requirement for flowering.

Full details of the study are presented in Appendix 4 in the published paper:

Hare, M.D., Wongpichet, K., Saengkham, M., Thummasaeng, K. and Suriyajantratong, W. 2001 Juvenility and long-short day requirement in relation to flowering of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35: 139-143.

Conclusion

Paspalum atratum cv. Ubon was confirmed as a long-short day plant exhibiting a quantitative response to long days followed by a qualitative response to short days. Plants 20, 40 and 60 days of age exposed to a full period of 60 long days in a plant growth chamber (14 h light) fully flowered after being placed outside in natural shortening day-lengths. Plants that were planted as sprouted seeds in the growth chamber at the beginning of the 60 long day period took 2-3 days for first leaves to appear and incomplete flowering (88%) resulted when they were exposed to natural shortening day-lengths. Plants that received 0, 20 and 40 long days did not flower after being exposed to natural shortening day-lengths. Plants that were not transferred outdoors but remained growing under long-day conditions in the growth chamber also did not flower.

The study also confirmed that no juvenile stage exists in Ubon paspalum because all plants after being exposed to 60 long days in a growth chamber at 20, 40 and 60 days of age flowered following exposure to natural shortening day-lengths.

Plate 5 Ubon paspalum flowering inflorescence with anthers

4.6 Waterlogging tolerance of Ubon paspalum and other tropical grasses

The waterlogging tolerance of 6 tropical grass species were studied under controlled conditions in plastic buckets in a greenhouse at Ubon Ratchathani University, Thailand in 1997 and 1998. In Trial 1 the species were *Paspalum atratum* cv. Ubon, *Brachiaria ruziziensis* (common Thailand type), *Paspalum plicatulum* (common Thailand type), *Digitaria milanjiana* cv. Jarra, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk and *Panicum maximum* cv. Purple. Five plant waterlogging treatments were imposed (Non-waterlogged control plants after 0, 10 and 20 days and waterlogged plants for 10 and 20 days). In Trial 2 effects of waterlogging were examined in detail on Ubon paspalum with 4 waterlogging duration treatments (0, 10, 20 and 30 days waterlogging) and 3 plant ages (30, 60 and 90 days of age).

Full details of the study are presented in Appendix 5 & 6 in 2 papers:

Saengkham, M., Hare, M., Tudsri, S. and Wongpichet, K. 2003 Effects of waterlogging on yield and quality of Ubon paspalum. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 84-91.

Hare, M.D., Saengham, M., Tatsapong, P., Wongpichet, K. and Tudsri, S. Waterlogging tolerance of some tropical pasture grasses. (submitted November 2002 to *Tropical Grasslands*).

Conclusion

In Trial 1 the species most tolerant of waterlogging were plicatulum followed by Ubon paspalum and Jarra digit. Purple guinea showed medium tolerance and ruzi and signal poor tolerance with 50% plant mortality after 20 days waterlogging. Ten days waterlogging reduced plant dry weights of all species compared to non-waterlogged control plants. After 20 days waterlogging there were no significant differences in plant dry weights between waterlogged and control plants of plicatulum, Ubon paspalum and Jarra digit.

In Trial 2 duration of waterlogging significantly reduced plant and tiller dry weights of Ubon paspalum plants, 30 and 90 days of age at the commencement of waterlogging, but had no significant effect on 60 day-old plants. In older plants (60 and 90 days of age) following waterlogging, leaf tips shriveled and turned greenish-red, lower leaves on the plants died and some new leaves developed. Nitrogen levels in Ubon paspalum plants were not significantly affected by waterlogging and phosphorous levels increased in all plants the longer the duration of waterlogging.

Plate 6 Waterlogged Ubon paspalum plants growing well at Ubon Ratchathani University.

4.7 Effect of cutting interval and time of nitrogen application on production and quality of Jarra digit grass.

Two trials were conducted in 2001 and 2002 at Ubon Ratchathani University to determine the effect of varying cutting intervals and rates and time of nitrogen application on growth and forage quality of Jarra digit pastures in order to provide recommendations on cutting and nitrogen management to farmers.

Full details of the study are presented in Appendix 7 in the following paper:

Hare, M.D., Tatsapong, P., Lunpha, A. and Wongpichet, K. Effect of plant spacing, cutting and nitrogen on production of *Digitaria milanjiana* cv. Jarra in north-east Thailand. (submitted April 2003 to *Tropical Grasslands*).

Conclusion

In Trial 1, increasing the cutting interval and increasing the nitrogen rate significantly (P=0.05) increased both total DM and stem DM yields. The effect of cutting interval on leaf DM was slight but leaf DM yields significantly increased when nitrogen was applied. Cutting every 20 days over a 240-d period produced 70% (13.2 t/ha) of the total DM yield obtained by cutting every 60 days (18.8 t/ha) but crude protein concentrations were 30-50% higher and fibre concentrations (ADF and NDF) 7-10% lower. 20 kg/ha N applied every 60 days increased Jarra digit total DM yields by 36% above yields in control plots. Applying higher nitrogen rates every 60 days only increased total DM yields by 13% (40 kg/ha N vs 20 kg/ha N) and 7% (80 kg/ha N *vs.* 40 kg/ha N). The yield response (kg DM/kg N) from applying nitrogen as urea ranged from 23 (320 kg/ha N) up to 52 (80 kg/ha N).

In Trial 2, applying 20 kg/ha N every 30 days, compared to every 60 days, increased dry matter yields of leaves and stems by approximately 16%. Applying 40 kg/ha N every 30 days, compared to every 60 days, increased leaf DM but not stem and total DM yields. Increases in cutting interval (20 *vs.* 60 days) and time of nitrogen application (30 *vs.* 60 days) reduced leaf and stem crude protein concentrations by up to 40% and increases in nitrogen rate (20 *vs.* 40 kg/ha) increased leaf and stem crude protein concentrations by 15%.

Plate 7 Cutting Jarra digit at Mukdahan Animal Nutrition Station.

4.8 Effect of plant spacing on establishment of Jarra digit grass

One trial was conducted from 2000 to 2001 at Ubon Ratchathani University to examine the effect of planting stolons at varying row spacings on sward establishment in order to recommend an optimum stolon planting density for Jarra digit pasture establishment.

Full details of the study are presented in Appendix 7 in the following paper:

Hare, M.D., Tatsapong, P., Lunpha, A. and Wongpichet, K. Effect of plant spacing, cutting and nitrogen on production of *Digitaria milanjiana* cv. Jarra in north-east Thailand. (submitted April 2003 to *Tropical Grasslands*).

Conclusion

At the first cut four months after planting, Jarra digit swards planted in narrow rows (0.5 m) produced over twice the amount of dry matter, were twice as dense and had fewer weeds than swards planted in wide rows (2.0 m) (Table 8). Immediate row spacings (1-1.5 m inter-rows) were not significantly lower in DM but had a higher proportion of weeds than swards planted in 0.5 m inter-rows. By the time of the second cut 6 months after planting, there were no significant differences in Jarra digit dry matter production between swards planted in varying row spacings.

Table 8 Effect of row spacing on Jarra digit dry matter production and botanical composition.

Row spacing	1st cut 24/10/00	2nd cut 25/12/00	3rd cut 25/4/01	4th cut 26/6/01	5th cut 27/7/01	6th cut 5/9/01	7th cut 22/10/01
	Jarra digit DM (kg/ha)						
0.5 m	2536 a[1]	2313 a	753 a	3795 a	2808 a	3918 a	3406 a
1.0 m	2150 a	1669 a	602 a	2858 a	2021 a	3077 a	3199 a
1.5 m	1782 ab	1811 a	572 a	3847 a	3169 a	3647 a	3046 a
2.0 m	1071 b	1553 a	555 a	2506 a	2459 a	4047 a	3254 a
	Jarra digit %						
0.5 m	81 a	87 a	53 a	98 a	91 a	96 a	98 a
1.0 m	51 b	66 b	41 a	86 ab	76 a	91 a	95 a
1.5 m	66 ab	79 ab	40 a	95 a	81 a	95 a	95 a
2.0 m	39 b	66 b	44 a	79 b	75 a	93 a	98 a
	Weeds %						
0.5 m	19 b	13 b	47 a	2 b	9 a	4 a	2 a
1.0 m	49 a	34 a	59 a	14 ab	34 a	9 a	5 a
1.5 m	34 ab	21 ab	60 a	5 ab	19 a	5 a	5 a
2.0 m	61 a	34 a	56 a	21 a	35 a	7 a	2 a

[1] In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

4.9 Strip establishment of Ubon paspalum and forage legumes

Two field trials on a low fertility upland soil at Ubon Ratchathani University were conducted to find legumes that when planted in alternate 50 cm rows in Ubon paspalum swards would persist and improve the quality of the pasture.

Full details of the study are presented in Appendix 8 in the following paper:

Hare, M.D., Gruben, I.E., Tatsapong, P., Lunpha, A., Saengkham, M. and Wongpichet, K. Planting *Paspalum atratum* cv. Ubon and forage legumes in alternate rows to establish pasture swards in north-east Thailand. (submitted February 2003 to *Tropical Grasslands*).

Conclusion

In Trial 1, annual legumes *Lablab purpureus* cv. Rongai, *Vigna unguiculata* and *Canavalia ensiformis* were dominant at the first cut, 60 days after sowing, but these legumes failed to regrow after the second cut 45 days later. Other legumes *Aeschynomene americana* cv. Lee, *Macroptilium gracile* cv. Maldonado, *Stylosanthes guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184), *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade, *Calopogonium muncunoides* and *Pueraria phaseoloides* were slower to establish but produced consistent yields when cut 4 times during the wet season. The highest cumulative wet season dry matter yields in Trial 1 were produced by the grass only swards, 12.2 t/ha DM, which was 35% higher than the average yields produced by the mixed grass/legume swards. The low average crude protein content of Ubon paspalum (4.5%) lowered the total crude protein yields of the grass only swards by up to 35% compared to the best legume/grass sward of *Centrosema pascuorum* that produced 808 kg/ha crude protein from 4 cuts.

In Trial 2 in the second year, the inter-rows between the existing rows of Ubon paspalum were cultivated at the beginning of the wet season and legumes oversown along the cultivated inter-rows. The best performing legumes in the first wet season in Trial 2 were *S. guianensis* var. *vulgaris* x var. *pauciflora* (ATF 3308, Ubon stylo), *Macroptilium gracile* cv. Maldonado, *S. guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184), *S. hamata* cv. Verano, and *C. mucunoides*. However, total wet season crude protein yields between the best legume mixed grass swards and grass only swards were not significantly different.

In the second wet season in Trial 2, the legumes were not resown in the pasture swards but were allowed to reestablish from fallen seed produced in the preceding dry season. All 3 stylo species, *S. guianensis* var. *vulgaris* x var. *pauciflora, S. guianensis* cv. Tha Phra and *S. hamata* cv. Verano, produced significant amounts of dry matter (2.0-2.3 t/ha) and these treatments produced 89% more total wet season crude protein than swards with only Ubon paspalum. Tha Phra stylo mixed grass swards twice the amount of crude protein than grass only swards. *S. hamata* cv. Verano aggressively invaded the inter-rows in the other mixed grass/legume swards where the twining legumes were either very sparse or had disappeared, thereby increasing significantly the crude protein yields of these swards compared to grass only swards.

Management strategies to maintain a strong legume composition in alternate rows in Ubon paspalum swards are discussed and include using high legume seeding rates, selectively cutting only the grass in the early part of the wet season and reducing the amount of fertiliser used. Stylo species were identified as suitable legume companion species to establish in Ubon paspalum pastures on low fertility upland soils in north-east Thailand.

4.10 *Brachiaria* species in northeast Thailand-Dry matter production and forage quality

A field trial at Ubon Ratchathani University compared the yield and quality of the following 5 *Brachiaria* species; *Brachiaria ruziziensis* (ruzi grass), *B. decumbens* (common signal grass variety Basilisk), *B. decumbens* (CIAT 26297), *B. brizantha* (CIAT 6780) and *B. brizantha* (CIAT 6367). The trial was planted in May 2000 and after a general ground level cut on October 25 2000 dry matter sampling cuts (8 x 0.25 m^2) were taken from the plots for 3 dry seasons (November-April 2000-2001, 2001-2002, 2002-2003) and 2 wet seasons (May-October 2001, 2002).

Results

Our results show that year-round production of ruzi is much lower than signal grass, particularly in the dry season (Table 9). In the 3 dry seasons ruzi dry matter production was 33, 39 and 22% lower than signal grass. Ruzi grows better in the wet season when dry matter production was only 6% lower than signal grass. In addition, crude protein of ruzi grass was not significantly higher than signal grass and was on occasion lower than *B. decumbens* 26297. This trial demonstrates that there are much better species than ruzi grass for farmers to grow in northeast Thailand.

Table 9 Dry matter production of 5 *Brachiaria* species at Ubon Ratchathani University.

Treatment	Dry matter (kg/ha)				
	Dry 2000-2001	Wet 2001	Dry 2001-2002	Wet 2002	Dry 2002-2003
Ruzi grass	5448 b	13883 bc	2747 b	9295 ab	3346 b
Basilisk signal grass	8126 a	14725 abc	4467 a	9844 a	4277 a
B. decumbens 26297	6580 b	13336 c	2623 b	7776 b	3134 b
B. brizantha 6780	8968 a	15205 ab	4407 a	9918 a	3911 ab
B. brizantha 6367	8541 a	16011 a	3807 ab	9870 a	4162 a

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Table 10 Crude protein levels of 5 *Brachiaria* species at Ubon Ratchathani University

Treatment	Crude protein (%)									
	Dry 2000-2001		Wet 2001		Dry 2001-2002		Wet 2002		Dry 2002-2003	
	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S
Ruzi grass	10.3ab	5.9a	9.4ab	5.9a	13.4b	8.6b	7.4b	5.5ab	12.4a	6.8bc
Basilisk signal grass	9.9bc	5.5ab	8.9ab	5.8a	12.9b	8.4b	7.4b	5.8a	11.5ab	7.7b
B. decumbens 26297	10.9a	5.1bc	9.9a	6.2a	15.2a	9.7a	8.4a	5.6ab	13.1a	9.0a
B. brizantha 6780	9.2c	4.6cd	8.3b	5.5a	10.4c	6.3c	6.6b	5.9a	9.9b	6.2c
B. brizantha 6367	9.2c	4.4d	8.6b	5.2a	13.2b	8.7b	7.1b	4.6b	12.4a	7.7b

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

4.11 *Brachiaria* species in northeast Thailand-Reproductive performance

A field trial at Ubon Ratchathani University compared the reproductive performance of the following 5 *Brachiaria* species *Brachiaria ruziziensis* (ruzi grass), *B. decumbens* (common signal grass variety Basilisk), *B. decumbens* (CIAT 26297), *B. brizantha* (CIAT 6780) and *B. brizantha* (CIAT 6367). The trial was planted in May 2000 and reproductive components (flowering stems, spikelets and racemes) measured in 2001 and 2002.

Results

Peak flowering of all cultivars was 1-2 months later in 2002 than in 2001 (Table 11). This was because all the plots were cut in June in 2002 whereas in 2001 the plots were cut in April. In addition, in 2002 the weather was very cloudy and overcast which also contributed to late flowering. Ruzi grass was the latest flowering cultivar in the late wet season when the weather is dry, which is why it is the easiest cultivar to harvest in northeast Thailand. The other cultivars flowered earlier during the wet season when heavy rain makes seed harvesting difficult.

Table 11 Date of peak flowering of 5 *Brachiaria* species at Ubon Ratchathani University.

Treatment	2001	2002
Ruzi grass	October 10	November 11
Basilisk signal grass	~ July 30	September 10
B. decumbens CIAT 26297	August 27	October 4
B. brizantha CIAT 6780	September 17	October 12
B. brizantha CIAT 6367	August 8	September 24

In 2001, Basilisk signal produced the greatest number of inflorescences followed by CIAT 6367 and ruzi (Table 12). However, in 2002, ruzi produced significantly more inflorescences than Basilisk signal and CIAT 6367. Cutting in June in 2002 may have caused the reduction of inflorescences in early flowering Basilisk signal, pushing its peak flowering from July to September (Table 11). In 2001, Basilisk signal produced two flowering flushes of 331 inflorescences/m^2 in July and 123 inflorescences/m^2 in October. In 2002, Basilisk signal only produced one flowering flush in September.

Table 12 Flowering components of 5 *Brachiaria* species

Treatment	Inflorescences/m^2		Racemes /inflorescence		Spikelets/raceme	
	2001	2002	2001	2002	2001	2002
Ruzi grass	224 b	266 a	4.0 a	4.1 a	34.2 c	30.8 c
Basilisk signal grass	331 a	151 b	2.9 cd	2.3 c	40.0 b	43.3 a
B. decumbens CIAT 26297	37 c	23 d	2.7 d	1.5 d	28.0 d	24.8 d
B. brizantha CIAT 6780	34 c	11 d	3.4 b	3.1 b	48.8 a	39.6 b
B. brizantha CIAT 6367	257 b	106 c	3.2 bc	2.3 c	34.3 c	32.0 c

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Conclusion

The results of this study show why ruzi remains the most popular *Brachiaria* cultivar in Thailand. It produces a large number of inflorescences, especially if cut in the middle of the wet season, and its peak flowering period is in late October-early November when the weather is dry. This makes harvesting easy. Signal grass does have the potential to produce seed in Thailand but because it flowers and sets seed at the time of the heaviest rainfall (July-September) farmers find it very difficult to harvest.

Even though CIAT 6780 produces high amounts of dry matter (Table 9), the low number of inflorescences produced (Table 12) and low seed yields makes it unlikely to be used by farmers in Thailand, unless special projects promote vegetative plantings similar to projects with napier grass and pangola grass.

4.12 Effect of nitrogen, potassium and phosphorus on quantity and quality of Ubon paspalum

This study was conducted by Miss Nopamart Namdaeng from the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University for her Masters thesis at Kasetsart University. The research was conducted in 2000 at Ubon Ratchathani University and she gained her Masters degree in 2002.

A summary of the study is presented in Appendix 9:

Namdaeng, N. 2002 Study on nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on growth, yield and quality of Ubon paspalum (*Paspalum atratum* cv. Ubon). Master of Science thesis, Department of Soil Science, Kasetsart University. 241pp.

Conclusion

The study concluded that both N and K must be applied to Ubon paspalum for good dry matter production.

4.13 Silage quality of tropical grasses

This study at Ubon Ratchathani University was conducted by Mrs Siriwan Martens from the University of Rostock, Germany and was completed in 2000. She gained her diploma in 2001.

A summary of the study is presented in Appendix 10:

Martens, S. 2001 Yield, feed value and ensilability of 4 tropical grasses in northeast Thailand. Diploma thesis. Department of Agroecolgy, University of Rostock, Rostock, Germany. 160pp.

Conclusion

The study concluded that Jarra digit and ruzi grasses should be cut for silage between 50 and 60 days of growth without additives and Purple guinea and Ubon paspalum at 30 and 85 days growth, respectively, but additives must be used to improve silage quality.

4.14 Energy and protein requirements of crossbred dairy heifers

This study at Ubon Ratchathani University was conducted by Miss Puan Tatsapong of our TRF project for her Masters thesis at Suranaree University of Technology. The research was conducted in 2000 and she gained her degree in 2001.

A summary of the study is presented in Appendix 11 and 12:

Tatasapong, P. 2001 A study of energy and protein requirement of crossbred dairy heifers. Master of Science Thesis in Animal Production Technology, Suranaree University of Technology 156 pp.

Tatsapong, P., Suksombat, W., Thummasaeng, K. and Suriyajantratong, W. 2003 A study of energy and protein requirements of crossbred dairy heifers. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 11-21.

Conclusion

The response of crossbred Holstein Friesian heifers to different levels of energy and protein indicated that the requirement of net energy and crude protein were higher than that recommended by NRC which were 5 and 38% respectively.

4.15 Strip establishment of Ubon paspalum and forage legumes

This study at Ubon Ratchathani University was conducted by Miss Ina Gruben from the University of Rostock, Germany and was completed in 2001. She gained her diploma in 2001.

A summary of the study is presented in Appendix 8 and 13:

Hare, M.D., Gruben, I.E., Tatsapong, P. Lunpha, A., Saengkham, M. and Wongpichet, K. Planting *Paspalum atratum* cv. Ubon and forage legumes in alternate rows to establish pasture swards in north-east Thailand. (submitted February 2003 to *Tropical Grasslands*).

Gruben, I.E. 2001 Management of forage legumes in Ubon paspalum (*Paspalum atratum*). (Strip establishment of Ubon paspalum and forage legumes). Diploma thesis. Department, of Agroecolgy, University of Rostock, Rostock, Germany. 70pp.

Conclusion

It is concluded that this management system of strip sowing legumes with Ubon paspalum is not recommended for smallholder dairy farmers in Thailand since legumes became very sparse, did not produce high dry matter yields and disappeared completely from the plots after the fourth cut.

Plate 8 Ubon stylo and Ubon paspalum growing in rows at Ubon Ratchathani University.

5 Project village research and development

5.1 Village dairy farmer forage systems project

Twenty village dairy farmers in Ubon Rachathani and Sisaket provinces (10 in each province) were selected in 2000 to join the pasture project and to receive training and advice on improving forage production. The farmers were visited every 4-6 weeks from 2000-2002.

5.1.1 Ubon Ratchathani

Eight farmers in Amphur Warin have good pastures. Seven farmers grow Ubon paspalum and 3 farmers also grow small areas of guinea, napier and ruzi. One farmer grows Tha Phra stylo and several farmers also grew Cavalcade in the wet season. The areas of pasture per farmer are still too small to maintain production and the cows have to be supplemented with rice straw during the dry season.

The main problem the farmers have is a good market for their milk.

5.1.2 Sisaket

The Sisaket farmers rely on rice straw all year round to provide the bulk of roughage feed for their cows. Only 4 out of 10 farmers have grass pastures (Ubon paspalum and plicatulum) and these farmers want to plant more Ubon paspalum next year.

In 2000, many of the farmers' new Ubon paspalum pastures were attacked by grass eating insects. These insects destroyed many new pastures and also destroyed rice crops. This insect damage discouraged many farmers from planting new pastures in 2001 and 2002.

5.2 Forage utilization project for silage and hay

No farmers produced grass for sale in 2002. The project has been terminated due to a lack of interest in Ubon Ratchathani to produce grass as a cash crop. However, the project did prove that grass could be commercially produced provided there is a market, labour to cut the grass and grass cutting does not coincide with rice production (planting and harvesting). Table 13 summarizes the fresh grass project, undertaken as a research project by this project from 1998 to 2001. Farmers received an average gross income per rai of 3235 baht, which is more than what they receive from producing rice. We paid the farmers 0.75 baht/kg grass fresh weight. Our project has proved that fresh grass production is a feasible cash crop for village farmers and when in the future, the market for fresh forage expands, we will be able to provide technical data to support cash cropping of grass.

Table 13 Production of Ubon paspalum fresh grass by village farmers.

Year	No. of farmers	Total fresh weight of grass purchased (kg)	Season income per rai from grass (average/farmer)
2001	2	9421	2355 baht
2000	5	38941	3538 baht
1999	12	52122	3660 baht
1998	9	30497	3388 baht
Average			3235 baht

5.3 Seed production projects

5.3.1 Ubon paspalum village seed production

Ubon paspalum seed production at Bark Kud Waay village increased from 2000 kg in 2000 to nearly 6000 kg in 2002 (Table 14). The quota per farmer has increased from 100 kg to 250 kg but the price per kg has dropped from 100 baht to 80 baht. The farmers produced high quality seed that has a high germination and a high seed weight.

Seed sales have been good with all seed sold each year (Table 15).

Table 14 Ubon paspalum seed production at Bark Kud Waay

Year	No of farmers	Quota per farmer	Total production (kg)
2000	20	100	2000
2001	20	100	2748*
2002	21	250	5986*

*Above quota 748 kg in 2001 and 736 kg in 2002

Table 15 Amount of Ubon paspalum seed sold from 2000-2002

Region	No. of purchasers			Quantity of seed (kg)		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002
North	12	5	-	130	111	-
Northeast	100	290	30	1240	1740	1410
Central	37	30	-	187	365	-
West	1	-	-	2	-	-
East	4	9	1*	14	61	1020
South	8	3	1*	261	173	100
Overseas	2	4	-	110	390	-
Total	164	342	32	1944	2840	2530

* Large cooperatives purchased seed for farmer members

5.3.2 Signal grass village seed production

Signal grass seed production has been very difficult. For good seed production signal grass seed must be produced on fertile loam soils as in Australia and Brazil. The project identified areas in Kantharalak and Nam Yuen as good locations because of the fertile red-brown soils there.

Two good seed crops were produced at Kantharalak (Table 16). The seed crop at Kantharalak potentially was always very productive but the farmer who was 65 years old generally found seed too difficult to harvest. He also had to tap rubber every day and he found that given his age he could not manage two cash crops at the same time. His daughter wanted the signal field to be replanted in corn which they find easier to harvest. We have given up trying to produce signal seed in Kantharak.

Farmers at Nam Yuen produced good quality seed in 2002 but the volume was very small (Table 16). At Nam Yuen the farmers grow vegetables, corn and fruit crops and signal grass must compete with these cash crops. 3 farmers in 2003 will continue with signal seed production.

Table 16 Signal grass seed production by village farmers, 2000-2002

Location	Year	No of farmers	Area (rai)	Amount of good seed produced (kg)	Amount of light seed produced (kg)
Kantharalak	2000	1	2	18	26
Kantharalak	2001	1	1.5	10	40
Nam Yuen	2002	4	3.5	6	3

5.3.3 Ubon stylo seed production

Seed production of the new hybrid perennial stylo (*Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* X var. *pauciflora* ATF 3308), which we call "Ubon stylo" commenced in 2000 with a small area at the university (Table 17). 20 grams were received from Dr Bert Grof in Australa in November 1999 and grown as seedlings in the nursery before planting at the university in May 2000. In 2001 and 2002 farmers at Bark Kud Waay produced seed.

Table 17 Production of Ubon stylo seed

Location	Year	No of farmers	Area (rai)	Yield per rai (kg/rai)	Total yield (kg)
University	2000	-	0.32	81.2	26
Bark Kud Waay	2001	2	2	86.5	173
Bark Kud Waay	2002	4	4	120.0	480

Research by the project has found that scarifying Ubon stylo seed through a rice polisher removes the seed coat and improves germination to over 80%. Ubon stylo seed is predominantly black and is smaller than brown Tha Phra stylo seed.

5.3.4 Hybrid brachiaria

In 2002, the project obtained small seed samples from Costa Rica and Australia of a new species, *Brachiaria ruziziensis* X *Brachiaria brizantha* CIAT 36061 which researchers at CIAT have shown to give higher milk yields than common signal grass. The seed was planted in plastic bags in the nursery and the young seedlings transplanted into the field at the university during the wet season.

In November 2002, the project harvested 4.2 kg of very good seed of hybrid brachiaria. The seed is very heavy, with a 1000 seed weight of 8.21 grams which is twice the weight of ruzi seed. We plan to put the good seed into small plot research and village seed production next year. Mulato appears to be a good seeder, producing heavy seed at the end of the wet season over a very short period of time. It is much taller than ruzi grass and so farmers will find it easy to harvest.

6. Important project research and development conclusions over the last 3 years

6.1 Papers

Thirteen papers and one manual were written during the 3 year phase of the project. Ten papers have been published and 3 have been submitted to a journal. The project has maintained a high scientific output, both nationally and internationally.

1. Hare, M. D., C. Kaewkunya, P. Tatsapong, K. Wongpichet, K. Thummasaeng and W. Suriyajantratong. 2001 Method and time of establishing *Paspalum atratum* seed crops in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35: 19-25. (Appendix 3).

2. Hare, M.D., Wongpichet, K., Saengkham, M., Thummasaeng, K. and Suriyajantratong, W. 2001 Juvenility and long-short day requirement in relation to flowering of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35: 139-143. (Appendix 4).

3. Hare, M.D., M. Saengkham, C. Kaewkunya, S. Tudsri, W. Suriyajantratong, K. Thummasaeng and K. Wongpichet. 2001 Effect of cutting on yield and quality of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands,* 35: 144-150. (Appendix 2).

4. Hare, M.D., Suriyajantratong, W., Wongpichet, K. and Thummasaeng, K. 2001 *Paspalum atratum* - from a wild native plant in Brazil to commercial forage seed production in Thailand in 10 years. *International Herbage Seed Production Research Group Newsletter,* 33: 5-8. (Appendix 14).

5. Hare, M.D., Kaewkunya, C., Tatsapong, P. and Saengkham, M. 2003 Evaluation of forage legumes and grasses on seasonally waterlogged sites in north-east Thailand. *Tropical Grasslands,* 37: 20-32. (Appendix 1).

6. Hare, M.D., Wongpichet, K., Suriyajanytratong, W., Thummasaeng, K. Suwanlee, S., Booncharern, P., Tasapong, P., Lunpha, A., Saipraset, K. and Intisaeng, W. 2003 Ubon paspalum: Management and Utilization. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University. 43pp.

7. Thummasaeng, K., Suwanlee, S., Suriyajantratong, W., Hare, M., Inthisaeng, W., Boonsarn, W. and Lunpha, A. 2003 The study of the energy and protein requirements of dairy cows fed Ubon paspalum grass silage as basal roughage. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 3-10. (Appendix 16).

8. Tatsapong, P., Suksombat, W., Thummasaeng, K. and Suriyajantratong, W. 2003 A study of energy and protein requirements of crossbred dairy heifers. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 11-21. (Appendix 12).

9. Saengkham, M., Hare, M., Tudsri, S. and Wongpichet, K. 2003 Effects of waterlogging on yield and quality of Ubon paspalum. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 84-91. (Appendix 5).

10. Hare, M.D. 2003 Forage plants for dairy cows in Thailand: Old friends-New faces. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural

Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 149-153. (Appendix 15).

11. Suwanlee, S., Thummasaeng, K., Lunpha, A. and Suriyajantratong, W. 2003 *In vitro* study on nutritive value of tropical grasses using nylon bag and gas production techniques. Proceedings of the seminars and workshop at the Agricultural Technology Exposition for Indochina. Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Thailand 25-31 May 2001. 187-192. (Appendix 17).

12. Hare, M.D., Saengham, M., Tatsapong, P., Wongpichet, K. and Tudsri, S. Waterlogging tolerance of some tropical pasture grasses. (submitted November 2002 to *Tropical Grasslands*). (Appendix 6).

13. Hare, M.D., Gruben, I.E., Tatsapong, P. Lunpha, A., Saengkham, M. and Wongpichet, K. Planting *Paspalum atratum* cv. Ubon and forage legumes in alternate rows to establish pasture swards in north-east Thailand. (submitted February 2003 to *Tropical Grassland*). (Appendix 8).

14. Hare, M.D., Tatsapong, P. Lunpha, A. and Wongpichet, K. Effect of plant spacing, cutting and nitrogen on production of *Digitaria milanjiana* cv. Jarra in north-east Thailand. (submitted April 2003 to *Tropical Grassland*). (Appendix 7).

6.2 Graduate thesis

The project supported 4 researchers to undertake field research for their thesis. Miss Puan Tatsapong from our project received research funding and salary from TRF for her Masters studies at Suranaree University. Her field research was conducted at Ubon Ratchathani University. Miss Nopamart Namdaeng, an agronomy technician from Ubon Ratchathani University received financial support for her field trials and laboratory analysis at Ubon Ratchathani University. Her Masters was at Kasetsart University. Miss Ina Gruben and Mrs Siriwan Martens received financial support for field studies and laboratory chemicals at Ubon Ratchathani University.

Abstracts of their thesis are included in the appendices.

Namdaeng N 2002 Study on nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on growth, yield and quality of Ubon paspalum (*Paspalum atratum* cv. Ubon). Master of Science thesis, Department of Soil Science, Kasetsart University. 241 pp (Appendix 9).

Martens, S. 2001 Yield, feed value and ensilability of 4 tropical grasses in northeast Thailand. Diploma thesis. Department of Agroecolgy, University of Rostock, Rostock, Germany. 160 pp (Appendix 10).

Tatasapong, P. 2001 A study of energy and protein requirement of crossbred dairy heifers. Master of Science Thesis in Animal Production Technology, Suranaree University of Technology 156 pp. (Appendix 11).

Gruben, I.E. 2001 Management of forage legumes in Ubon paspalum (*Paspalum atratum*). (Strip establishment of Ubon paspalum and forage legumes). Diploma thesis. Department of Agroecolgy, University of Rostock, Rostock, Germany. 70 pp. (Appendix 13).

6.3 Milk production from grazed pastures

The project showed that it is possible to successfully graze dairy cows on pastures in Thailand, all day and all night. In the wet season, cows averaged 17.3 kg milk/cow/day from July to October with the highest production per rai (16.9 kg) from Ubon paspalum

Appendix 1

Tropical Grasslands (2003) Volume 37, 20–32

Evaluation of forage legumes and grasses on seasonally waterlogged sites in north-east Thailand

M.D. HARE, C. KAEWKUNYA,
P. TATSAPONG AND M. SAENGKHAM
Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand

Abstract

Seven legumes sown in pure swards and 7 grasses sown with legumes and fertilised with N were evaluated in a series of trials at 7 low lying infertile sites in north-east Thailand over 2–3 years from 1997–2000. All sites have an average annual rainfall of 1400 mm.

The highest legume yield in pure swards was in the year of sowing from *Aeschynomene americana* cv. Lee, which produced over 14 t/ha DM at one site. All legumes failed to persist beyond the second wet season under cutting. *Stylosanthes guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184) showed some promise as a legume at some sites that were not deeply waterlogged but only in a few places was it able to persist into the second dry season. No legumes performed well enough to be recommended for such sites under the existing management system.

The best grasses on deeply waterlogged sites were *Paspalum atratum* cv. Ubon, *P. plicatulum* (common Thailand type) and *Setaria sphacelata* var. *splendida* cv. Splenda. These 3 grasses performed well at all sites and were the most consistent in terms of persistence and yield. On less waterlogged sites, *Panicum maximum* cv. Purple was very productive, producing in excess of 30 t/ha DM in the second 6-month wet season at 2 sites. *Brachiaria ruziziensis* (common Thailand type), *B. decumbens* cv. Basilisk, and *Digitaria milanjiana* cv. Jarra grew well only on sites that did not become inundated with water. No legumes were able to persist in the nitrogen-fertilised (100–120 kg/ha N) grass swards beyond the second wet season.

Correspondence: M.D. Hare, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrab, Ubon Ratchathani 34190, Thailand. Email: Michael@agri.ubu.ac.th

Introduction

Preliminary evaluation trials were conducted from 1995–1998 on tropical pasture grasses and pasture legumes for seasonally wet and seasonally dry lowland pastures (1500 mm average annual rainfall) on infertile soils in north-east Thailand (Hare *et al.* 1999a). *Paspalum atratum* cv. Ubon was consistently the best grass, producing, on average, more than 20 t/ha DM in a 6-month wet season. *Setaria sphacelata* var. *splendida* cv. Splenda and *P. plicatulum* also grew well and *Digitaria milanjiana* cv. Jarra was very productive on better drained soils.

Legumes, however, did not persist on soils which were waterlogged for 3–5 months and then dry for several months and Hare *et al.* (1999a) were unable to recommend any legumes to farmers. *Stylosanthes guianensis* cv. Graham, *S. hamata* cv. Verano, *Calopogonium mucunoides* (common type) and *Macroptilium gracile* cv. Maldonado (Llanos macro) grew well in the first year but failed to persist after the second wet season. In further experiments, none of the legumes sown with *P. atratum* cv. Ubon or *Brachiaria mutica* persisted after the second wet season on low lying sites (Hare *et al.* 1999b).

As these evaluations were carried out on 3 sites only (Hare *et al.* 1999a; 1999b), we considered it necessary to conduct further small plot trials on several low lying sites to confirm that *P. atratum* cv. Ubon was indeed the best grass and to attempt to identify a suitable legume for these sites. In our first series of trials, Graham stylo showed promise, but in 1997 was devastated with anthracnose. At this time, *S. guianensis* CIAT 184, which was resistant to anthracnose, was growing well on well drained sites in Thailand following its success in South America

(Amezquita *et al.* 1991), China (Guodao and Kerridge 1997) and parts of south-east Asia (Ibrahim *et al.* 1997). The Division of Animal Nutrition, Department of Livestock Development, had renamed CIAT 184 as Tha Phra stylo and were producing seed. However, there had been no evaluation of Tha Phra stylo on low lying sites.

The current research involved the following 3 experiments: evaluation of 7 grasses sown with legumes at 3 sites for productivity and persistence; evaluation of Tha Phra stylo in association with 7 grasses at 5 sites; and evaluation of 7 legumes for productivity and persistence at 3 sites.

Materials and methods

Trial 1 — Evaluation of grasses sown with legumes

This study was conducted at 3 sites in north-east Thailand (15–16°N): on the Ubon Ratchathani University Farm (UBU); at the Mukdahan Animal Nutrition Station (MUK); and in a village in Det Udom district of Ubon Ratchathani Province (DET). All sites are usually very wet from August–October with the site at DET deeply waterlogged during this period. The soils at UBU and DET are classified as sandy low humic gley soils (Roi-et soil series). The soil at MUK is also a low humic gley soil (Renu soil series) but contains less sand than the Roi-et soils. Prior to commencing the study, the site at UBU had been under native grasses (*Eremochloa ciliaris* and *Panicum repens*) for 7 years following long-term paddy rice cultivation. The site at MUK had been planted to various tropical grass pastures for 20 years and the site at DET had been cultivated for annual paddy rice production for generations by village farmers. Soil tests were conducted on samples taken in May 1997 just prior to sowing the experimental pastures. Annual rainfall was recorded 1 km from the UBU site, 500 m from the MUK site and 15 km from the DET site.

Seven grasses [*Paspalum plicatulum* (common Thailand type), *P. atratum* cv. Ubon, *Brachiaria ruziziensis* (common Thailand type), *B. decumbens* cv. Basilisk, *Setaria sphacelata* var. *splendida* cv. Splenda, *Digitaria milanjiana* cv. Jarra and *Panicum maximum* cv. Purple] were sown at 18 kg/ha in a randomised block design with 4 replications. High sowing rates are commonly used by farmers and researchers in Thailand to ensure an adequate stand as insurance against seed-eating ants, erratic early wet season rainfall poor soil preparation. Four legumes [*Stylosanthes hamata* cv. Verano, *Macroptilium gracile* cv. Maldonado (Llanos macro), *Aeschynomene americana* cv. Lee (American jointvetch) and *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade] were each sown at 6 kg/ha with each grass species. Each plot measured 10 × 5 m.

The species were hand broadcast into well cultivated seed beds at MUK on May 7, at UBU on May 12 and at DET on May 14, 1997 and the seed lightly surface raked into the soil. The plots were fertilised at sowing with N (20 kg/ha), K (50 kg/ha), P (20 kg/ha) and S (20 kg/ha).

Plant counts were made in five 0.25 m^2 quadrats per plot, 6 weeks after sowing. Dry matter cuts were taken from five 0.25 m^2 quadrats per plot cut 5 cm from ground level, 3–4 times each wet season (May–October) and 2–3 times each dry season (November–April). The study was terminated at the end of April 2000.

At each cut, the samples were sorted into grass and legume and a 200 g subsample of each species from each plot was dried at 70°C for 48 hours and dry weight recorded. After sampling, all plots were cut to about 5 cm above ground level, the forage removed and the plots fertilised with N (20 kg/ha), K (50 kg/ha), P (20 kg/ha) and S (20 kg/ha). The amounts applied were based on experience and research (Hare *et al.* 1999c). Lesser amounts can result in plant deficiencies, especially in grasses, due to leaching of elements from these sandy soils. The average CEC on these soils is 2.3 meq/100 g, S 2–5 ppm and K 20–40 ppm.

Trial 2 — Evaluation of grasses sown with Tha Phra stylo

This study was conducted at 5 sites in north-east Thailand (15–16°N): on the Ubon Ratchathani University Farm (UBU); Yasothon Animal Nutrition Station (YNS); Yasothon Agricultural Technology College Farm (YAC); Sisaket Agricultural Technology College Farm (SAC); and the Ubon Ratchathani Agricultural Technology College Farm (UAC). Soils at all sites are classified as sandy low humic gley soils (Roi-et soil series) and are usually very wet from August–October with the site at SAC deeply waterlogged during this period. All sites, at some time in the past, had been used for paddy rice cultivation. Prior to commencing the study, the site at UBU had been under native grasses (*Eremochloa ciliaris* and *Panicum repens*)

for 8 years, the site at YNS under *P. plicatulum* pastures for 5 years, the site at SAC under paddy rice and the sites at UAC and YAC under a mixture of *P. plicatulum* and *Mimosa pudica*.

Soil tests were conducted on samples taken in May 1998, just prior to sowing the pastures. Annual rainfall was recorded as in Trial 1 for UBU, 100 m from the YNS site, 200 m from the SAC site and 15 km from the UAC site. No rainfall was recorded near the YAC site but, as it was only 15 km from the YNS site, data from this site were used.

Seven grasses (*P. plicatulum*, *P. atratum* cv. Ubon, *B. ruziziensis*, *B. decumbens* cv. Basilisk, *S. sphacelata* var. *splendida* cv. Splenda, *D. milanjiana* cv. Jarra and *P. maximum* cv. Purple) were sown at 12 kg/ha together with *S. guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184) at 6 kg/ha in a randomised block design with 4 replications. Each plot measured 5 × 5 m.

The species were hand broadcast into well cultivated seed beds at UBU on May 7, at YNS and YAC on May 13, at SAC on May 14 and at UAC on May 15, 1998 and the seed lightly surface raked into the soil. The plots were fertilised at sowing with N (20 kg/ha), K (25 kg/ha), P (10 kg/ha) and S (10 kg/ha).

Plant counts were made in four 0.25m^2 quadrats per plot, 6 weeks after sowing. Dry matter cuts were taken from four 0.25m^2 quadrats at 5 cm from ground level in each plot 3–4 times each wet season and 2–3 times each dry season.

Cattle grazed plots at UAC before sampling in October 1998, so, on October 27, 1998, all plots were trimmed to 5 cm above ground level and fertiliser applied. At YAC, the trial was terminated after sampling in September 1999 due to uncontrolled grazing and, at SAC and UAC, observations ceased in October 1999 following repeated cutting by village farmers. At other sites, the trial was terminated at the end of April 2000.

At each sampling, the samples were sorted into grass and Tha Phra stylo and a 200 g subsample of each species was dried as in Trial 1. After each sampling, all plots were topped as described for Trial 1 and fertilised with the same amounts spread at sowing.

Trial 3 — Evaluation of legumes

This study was conducted at 3 sites (UBU, YNS and YAC) adjacent to Trial 2. Soil tests and rainfall were the same as in Trial 2.

Seven legumes (*Stylosanthes hamata* cv. Verano, *S. guianensis* cv. Tha Phra, *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade, *Calopogonium mucunoides*, *Macroptilium gracile* cv. Maldonado, *Pueraria phaseoloides* and *Aeschynomene americana* cv. Lee) were sown at 12 kg/ha in a randomised block design with 4 replications. Each plot measured 5 × 5 m.

The species were hand broadcast into well cultivated seed beds at UBU on May 7, and at YNS and YAC on May 13, 1998 and the seed lightly surface raked into the soil. The plots were fertilised at sowing with N (20 kg/ha), K (25 kg/ha), P (10 kg/ha) and S (10 kg/ha).

Plant counts were made in four 0.25m^2 quadrats per plot, 6 weeks after sowing. Dry matter cuts were taken from four 0.25m^2 quadrats at 5 cm from ground level in each plot on 3 occasions in the first wet season, twice in the first dry season, once at YNS and twice at UBU and YAC in the second wet season and once in the second dry season at UBU. No cuts were taken at YAC and YNS in the second dry season.

At each sampling, total fresh weight was recorded and a 200 g subsample was dried as in Trial 1. After each sampling, all plots were topped as described for Trial 1 and fertilised with K (25 kg/ha), P (10 kg/ha) and S (10 kg/ha).

Data from all trials were analysed using the IRRISTAT programme for conventional analyses of randomised block experiments.

Results

Soil

Soils at all sites were acid, with pH ranging from 4.6 at UAC to 5.6 at YAC (Table 1). The soils were low in N (0.02–0.07%), P (2–11 ppm; Bray II extraction method) and organic matter (0.2–1.4%). All soils contained more than 60% sand except for the soil at UAC which was 67% silt.

Rainfall

Average rainfall for all trial sites from 1997–1999 was similar, ranging between 1300–1600 mm, and most sites experienced good wet season rainfall (Table 2). The site at YNS was the only site to have an early season moisture deficit in 1997 and 1998.

Table 1. Soil analysis of trial sites.

Site[1]	pH (1:5 water)	Total N	P	OM	Sand	Silt
		(%)	(ppm)	(%)	(%)	(%)
UBU Trial 1	5.3	0.02	7.9	1.0	66	34
UBU Trials 2 & 3	5.3	0.02	9.5	1.1	64	35
MUK	5.2	0.02	5.0	1.2	69	30
DET	4.9	0.07	2.3	1.4	61	39
YNS	5.4	0.02	4.9	1.3	85	14
YAC	5.6	0.04	7.4	0.6	62	37
SAC	5.2	0.03	11.7	1.1	64	35
UAC	4.6	0.07	4.2	0.2	31	67

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm; MUK = Mukdahan Animal Nutrition Station; DET = Village in Det Udom District of Ubon Ratchathani Province; YNS = Yasothon Animal Nutrition Station; YAC = Yasothon Agricultural Technology College Farm; SAC = Sisaket Agricultural Technology College Farm; UAC = Ubon Ratchathani Agricultural Technology College Farm.

Trial 1 — Evaluation of grasses sown with legumes

Grasses. Plant density of most grass species was good at 6 weeks after sowing (Table 3), except for signal at all sites and Purple guinea at MUK. Plant densities at DET were 2–3 times higher overall than those at UBU and MUK.

Plicatulum produced the most dry matter (13 t/ha) at all sites in the first wet season (Table 4) followed by Ubon paspalum at UBU and DET and Purple guinea and ruzi at MUK. Purple guinea produced significantly less dry matter than plicatulum and Ubon paspalum at UBU and DET. At all sites, yields of signal and Jarra digit were less than half that of plicatulum in the first wet season.

In the first dry season, signal produced high dry matter yields at UBU and MUK but not at DET, and first dry season production of Ubon paspalum was also high at all sites (Table 4).

In the second wet season, Purple guinea produced in excess of 33 t/ha DM at MUK followed by Ubon paspalum, Jarra digit and plicatulum which produced more than 20 t/ha DM (Table 4). At UBU, Purple guinea, Splenda setaria, ruzi, Ubon paspalum and signal also produced more than 20 t/ha DM in the second wet season. Ruzi and Jarra digit died out at the DET site in the second wet season and signal and Purple guinea produced very low yields.

In the second dry season at UBU, there were no significant differences in dry matter production between species but, at MUK and DET, Purple guinea and plicatulum, respectively, were the most productive grasses (Table 4).

Ubon paspalum, plicatulum, Purple guinea and Jarra digit produced the highest dry matter yields at both UBU and MUK in the third wet season (Table 4). Ubon paspalum, Splenda setaria and plicatulum produced the highest yields at DET in both the third wet and dry seasons. In the third dry season at MUK, Purple guinea produced over 12 t/ha DM, which was nearly 40% more than the second most productive grasses, Ubon paspalum and signal (Table 4).

Legumes. Plant density of all legumes 6 weeks after sowing was considerably less than that of the grasses except at MUK, where total legume numbers were generally greater than grass numbers (Table 3). Verano stylo and Cavalcade plant numbers were sparse at all sites.

In the first wet season, legumes at MUK produced 4–5 times more dry matter than legumes at UBU and DET (Table 4). Calopo was the main legume at MUK, growing from buried seed from the previous pasture (data for individual legumes not presented). Llanos macro also grew well in the first wet season at MUK and UBU. Lee jointvetch was the best producing legume at DET in the first wet season. However, by the third cut in October 1997, legumes at all sites were very sparse.

Legumes in all plots died out during the first dry season but grew again from fallen seed as a minor component in the swards in the early part of the second wet season (Table 4). The main legumes were Llanos macro, Calopo and Lee jointvetch at UBU, MUK and DET, respectively. Following the first cut in the second wet season, legumes died out at all sites and failed to reappear for the duration of the trial.

Table 2. Rainfall for the trial sites.

Month	Rainfall																	
	UBU[1]			UAC			YNS			MUK			DET			SAC		
	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999
	(mm)																	
Jan	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2		0	0	0	0
Feb	2	41	3	7	58	23	47	15	0	32	35	0	22	115	0	26	68	0
Mar	71	0	92	41	0	96	41	0	32	46	15	18	27	9	107	36	0	103
Apr	52	60	92	82	75	125	99	37	97	64	24	103	151	116	159	101	33	115
May	150	294	235	194	244	305	47	197	251	115	217	345	153	279	222	284	224	138
Jun	352	182	221	312	154	251	314	75	180	283	335	121	172	52	245	167	101	126
Jul	399	68	291	453	155	279	432	160	228	120	81	368	449	173	265	340	229	245
Aug	324	193	96	224	241	129	335	292	157	407	215	157	265	274	98	156	286	129
Sep	239	208	256	157	201	166	118	63	293	172	223	263	239	190	245	267	289	201
Oct	107	85	95	86	69	201	53	67	111	101	28	30	122	116	98	170	118	99
Nov	0	106	0	0	117	6	0	67	9	0	9	11	0	78	21	0	98	16
Dec	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	4	0	0	1	0	0	2	0
Total	1554	1341	1382	1556	1317	1582	1492	1083	1368	1423	1186	1422	1601	1402	1460	1547	1448	1172

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm; UAC = Ubon Ratchathani Agricultural Technology College Farm; YNS = Yasothon Animal Nutrition Station; MUK = Mukdahan Animal Nutrition Station; DET = Village in Det Udom district of Ubon Ratchathani Province; SAC = Si saket Agricultural Technology College Farm.

Table 3. Plant populations (6 weeks after sowing) in grass-legume swards at UBU, MUK and DET (Trial 1).

Treatment	Grass	Lee jointvetch	Verano stylo	Cavalcade	Llanos macro	Total legume
			(plant/m²)			
			UBU[1]			
Ruzi	52cde[2]	11ab	3a	7a	22ab	43ab
Signal	22e	7bc	2a	7a	4c	20b
Jarra digit	69bcd	13abc	5a	8a	9abc	33ab
Ubon paspalum	109a	14a	3a	11a	22ab	50a
Plicatulum	98ab	9bc	2a	11a	24a	46a
Purple guinea	42de	21a	4a	8a	18abc	51a
Splenda setaria	89abc	5c	3a	7a	6bc	19b
			MUK[1]			
Ruzi	59cd	60a	10ab	8a	32b	110a
Signal	17d	68a	11ab	9a	39ab	127a
Jarra digit	41cd	52a	8ab	8a	30b	98a
Ubon paspalum	140b	51a	10ab	5a	32b	88a
Plicatulum	245a	50a	11a	4a	54a	119a
Purple guinea	6d	48a	5ab	7a	33b	93a
Splenda setaria	111bc	65a	4b	2a	41ab	120a
			DET[1]			
Ruzi	112de	53a	9a	11a	18a	91a
Signal	28e	64a	7a	9a	21a	101a
Jarra digit	219cd	67a	9a	11a	19a	106a
Ubon paspalum	346bc	72a	10a	9a	17a	108a
Plicatulum	587a	66a	6a	11a	19a	102a
Purple guinea	169de	50a	7a	9a	17a	93a
Splenda setaria	455ab	63a	7a	9a	19a	98a

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm, MUK = Mukdahan Animal Nutrition Station; DET = Village in Det Udom district of Ubon Ratchathani Province.
[2]Within columns and sites means followed by a common letter are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Trial 2 Evaluation of grasses sown with Tha Phra stylo

Plant populations of Ubon paspalum, plicatulum and Splenda setaria at 6 weeks after sowing exceeded 200 plants/m² at UBU, YNS and UAC and 100 plants/m² at YAC and SAC (Table 5). Density of signal, Jarra digit and Purple guinea was lower at 19–85 plants/m². The average densities of Tha Phra stylo at UBU and UAC (135 and 173 plants/m²) were higher than those at the other sites (71 plants/m²).

In the first wet season, Ubon paspalum and plicatulum tended to produce the most dry matter at all sites (Table 6). However, there were few significant differences in dry matter production between most species. Signal and Jarra digit were the least productive species at all sites. Dry matter production at SAC was affected by severe waterlogging from August–October. Tha Phra stylo was generally sparse in the productive grass swards in the first wet season at UBU, YNS and YAC, contributing less than 5% of total dry matter (Table 6). At SAC and UAC, where grass production was lower than at the other sites, Tha Phra stylo represented a higher percentage of total dry matter.

In the first dry season, Ubon paspalum and plicatulum produced high dry matter yields at all sites (Table 7) followed by signal, Purple guinea and Splenda setaria. Jarra digit was the least productive species at all sites. In most plots, Tha Phra stylo contributed about 5% of total sward dry matter yields in the first dry season but in some plots it died out (Table 7).

In the second wet season, all grass species produced well at UBU, with mean yield exceeding 16 t/ha DM (Table 8). Ubon paspalum, plicatulum and Purple guinea produced equally high yields at YNS and YAC. At UAC, Purple guinea produced nearly 7 t/ha DM more than Ubon paspalum and

Table 4. Dry matter production from grass-legume swards at UBU, MUK and DET (Trial 1).

Treatment (Year)	Wet (97)			Dry (97–98)	Wet (98)			Dry (99)	Wet (99–00)	Dry (00)
	G[2]	L	T	G	G	L	T	G	G	G
					(t/ha) UBU[1]					
Ruzi	9.4b[3]	0.3bc	9.7bc	2.5d	22.6a	0.3c	22.9a	5.4a	9.5c	6.8a
Signal	5.5c	2.2a	7.7cd	6.1a	20.3ab	0.7c	21.1ab	6.5a	9.8c	7.8a
Jarra digit	6.1c	0.1c	6.2d	1.6d	16.7bc	1.8b	17.8bc	5.9a	10.3bc	5.9a
Ubon paspalum	10.2b	1.4ab	11.6ab	5.8ab	20.9a	0.2c	21.1ab	5.3a	12.9a	6.7a
Plicatulum	13.4a	0.7bc	14.1a	5.2abc	16.2c	0.1c	16.3c	5.2a	12.4ab	6.7a
Purple guinea	5.1c	0.6bc	5.7d	3.5cd	23.6a	0.4c	24.0a	5.9a	10.6abc	7.5a
Splenda setaria	7.5bc	0.7bc	8.2cd	3.6bcd	22.7a	2.4a	25.1a	6.8a	9.9c	7.9a
					MUK[1]					
Ruzi	12.4a	3.2b	15.7ab	4.9bc	19.1c	1.0b	20.1c	2.2de	12.2b	5.8c
Signal	6.0b	5.8ab	11.8bc	7.7a	18.7c	0.8bc	19.5c	3.2bc	11.4b	7.1b
Jarra digit	5.4b	4.8ab	10.2c	5.0bc	22.3bc	0.5c	22.9bc	2.7cd	16.0ab	6.3bc
Ubon paspalum	9.9ab	6.2a	16.1ab	7.0ab	26.3b	0.1c	26.4b	3.4b	17.9a	7.0b
Plicatulum	13.6a	4.5ab	18.1a	4.5c	20.3c	0.1c	20.4c	2.3de	15.1ab	4.7c
Purple guinea	11.0a	6.8a	17.9a	7.6a	33.9a	1.1b	35.0a	4.2a	19.2a	12.4a
Splenda setaria	8.6ab	5.1ab	13.7abc	3.5c	17.3c	2.1a	19.6c	1.7e	12.2b	4.3c
					DET[1]					
Ruzi	5.6c	0.06b	5.66c	0.02b	—[4]	—	—	—	—	—
Signal	3.3c	1.7a	5.0c	0.7b	4.9b	0.4a	5.3b	6.8b	3.2bc	0.4c
Jarra digit	4.8c	0.05b	4.8c	0.02b	—	—	—	—	—	—
Ubon paspalum	10.5ab	0.5b	11.0a	4.4a	14.6a	0.3a	14.9a	5.6b	10.2a	5.0a
Plicatulum	13.0a	0.06b	13.0ba	5.5a	13.9a	0.3a	14.2a	10.0a	6.1ab	3.6b
Purple guinea	5.7c	1.3ab	7.0bc	1.1b	2.5b	0.5a	3.0b	1.0c	1.5bc	—
Splenda setaria	9.6b	0.1b	9.7ab	4.5a	13.3a	0	13.3a	6.6b	9.6a	6.8a

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm, MUK = Mukdahan Animal Nutrition Station; DET = Village in Det Udom district of Ubon Ratchathani Province.

[2]G = Grass; L = Legume, T = Total (G + L)

[3]Within columns and sites, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

[4]Species not present.

plicatulum but at SAC, yield of Purple guinea was only half that of these 2 species. Tha Phra stylo died out in all plots at YAC and was present in plots at other sites only at the first sampling cut (Table 8). By the second dry season, it was no longer present in any plots at all sites.

The trials at SAC, YAC and UAC were terminated early in the second dry season following uncontrolled grazing or cutting. In the second dry season at UBU and YNS, Purple guinea produced higher dry matter yields than other species but these differences were significant only at UBU (Table 9).

Trial 3 — Evaluation of legumes

All legume species had achieved good plant densities at all sites at 6 weeks after sowing (Table 10). Plant numbers of Llanos macro, Tha Phra stylo and Lee jointvetch were high at UBU.

In the first wet season, Lee American jointvetch at YAC produced 14 t/ha, nearly 3 times more than the second best legume, Llanos macro (Table 11). Llanos macro produced nearly twice the amount of dry matter of other legumes at UBU except for Lee jointvetch.

In the first dry season, Llanos macro and Tha Phra stylo were the best performing legumes at UBU and YNS, followed by Verano stylo (Table 11). At YAC, no dry season data were collected as all legume plots were heavily smothered with *Mimosa pudica*.

However, all legumes at YAC re-established from fallen seed in the second wet season. These new plants plus surviving plants grew well and

Table 5. Plant populations (6 weeks after sowing) of grass species and Tha Phra stylo at UBU, YNS, YAC, SAC and UAC (Trial 2).

Treatment	UBU[1]	YNS	YAC	SAC	UAC
			(plants/m^2)		
			Grass		
Ruzi	85c[2]	95b	70bcd	61c	118b
Signal	43c	50b	20d	19c	46bc
Jarra digit	52c	47b	31d	25c	30c
Ubon paspalum	225b	228a	149ab	156a	232a
Plicatulum	351a	200a	185a	176a	270a
Purple guinea	85c	59b	45cd	54c	48bc
Splenda setaria	287ab	217a	122abc	111b	266a
			Tha Phra stylo		
Ruzi	102a	69abc	50ab	67a	163ab
Signal	155a	113a	46ab	112a	237a
Jarra digit	150a	112ab	32b	78a	200ab
Ubon paspalum	144a	63bc	64ab	76a	131b
Plicatulum	168a	49c	39b	69a	122b
Purple guinea	125a	82abc	77a	63a	190ab
Splenda setaria	118a	99abc	43ab	92a	170ab

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm; YNS = Yasothon Animal Nutrition Station; YAC = Yasothon Agricultural Technology Farm; SAC = Sisaket Agricultural Technology College Farm; UAC = Ubon Ratchathani Agricultural Technology College Farm.
[2]Within columns and plant type, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 6. Dry matter production of grass species and Tha Phra stylo in the first wet season after planting at UBU, YNS, YAC, SAC and UAC (Trial 2).

Treatment	UBU[1]	YNS	YAC	SAC	UAC
			(t/ha)		
			Grass		
Ruzi	12.4ab[2]	8.8abc	13.7a	3.4ab	6.8b
Signal	6.5bc	4.6cd	6.9b	0.6d	2.3cd
Jarra digit	4.6c	1.2d	4.2b	1.7cd	0.9d
Ubon paspalum	14.1a	9.8a	16.6a	4.4a	10.3a
Plicatulum	14.9a	9.2ab	13.4a	4.3a	9.7a
Purple guinea	13.5a	7.4abc	14.4a	2.1bc	5.0bc
Splenda setaria	9.3abc	5.0bcd	13.7a	2.2bc	6.3b
			Tha Phra stylo		
Ruzi	0.87b	0.21b	0.06ab	0.38bc	0.05c
Signal	2.08a	0.68b	0.14ab	0.72a	1.44a
Jarra digit	1.81a	0.73a	0.05ab	0.17c	1.09ab
Ubon paspalum	0.79b	0.11b	0.09ab	0.34bc	0.34c
Plicatulum	0.63b	0.25b	0.03b	0.24c	0.29c
Purple guinea	1.94a	0.71a	0.24a	0.61ab	0.94b
Splenda setaria	1.15ab	0.32b	0.06ab	0.45abc	0.48c

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm; YNS = Yasothon Animal Nutrition Station; YAC = Yasothon Agricultural Technology Farm; SAC = Sisaket Agricultural Technology College Farm; UAC = Ubon Ratchathani Agricultural Technology College Farm.
[2]Within columns and plant type, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 7. Dry matter production of grass species and Tha Phra stylo in the first dry season after planting at UBU, YNS, YAC, SAC and UAC (Trial 2).

Treatment	UBU[1]	YNS	YAC	SAC	UAC
			(t/ha)		
			Grass		
Ruzi	3.2bc[2]	4.6ab	3.2b	0.6b	2.6d
Signal	5.0ab	4.4ab	4.7a	0.2b	3.5bc
Jarra digit	2.9c	2.6b	0.8c	0.1b	1.0e
Ubon paspalum	4.5abc	4.4ab	5.0a	6.6a	4.9a
Plicatulum	4.8ab	3.7ab	5.0a	8.2a	3.8b
Purple guinea	5.5a	5.6ab	2.9b	0.7b	4.0b
Splenda setaria	3.4bc	6.7a	2.5b	6.2a	2.8cd
			Tha Phra stylo		
Ruzi	0.86a	0.20a	—[3]	1.23a	0.27a
Signal	0.98a	0.30a	0.03a	0.86a	0.23a
Jarra digit	1.01a	0.31a	0.09a	1.01a	0.30a
Ubon paspalum	0.20a	—	0.04a	0.97a	
Plicatulum	0.20a	0.03a	0.03a	1.14a	—
Purple guinea	0.26a	0.53a	0.09a	0.47a	0.08a
Splenda setaria	0.31a	0.5a	0.06a	0.20a	0.12a

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm; YNS = Yasothon Animal Nutrition Station; YAC = Yasothon Agricultural Technology Farm; SAC = Sisaket Agricultural Technology College Farm; UAC = Ubon Ratchathani Agricultural Technology College Farm.
[2]Within columns and plant type, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.
[3]Species not present.

Table 8. Dry matter production of grass species and Tha Phra stylo in the second wet season after planting at UBU, YNS, YAC, SAC and UAC (Trial 2).

Treatment	UBU[1]	YNS	YAC	SAC	UAC
			(t/ha)		
			Grass		
Ruzi	14.4a[2]	14.9ab	16.7cd	0.6d	20.1b
Signal	13.6a	12.3b	12.5d	2.4cd	18.5b
Jarra digit	14.7a	3.4c	12.7d	4.8c	19.4b
Ubon paspalum	16.4a	17.4a	22.5a	17.1a	22.6b
Plicatulum	17.9a	16.2a	20.3abc	15.9a	23.9b
Purple guinea	18.2a	17.3a	21.7ab	8.1b	31.1a
Splenda setaria	18.6a	11.9b	17.3bcd	13.9a	20.4b
	Tha Phra stylo				
Ruzi	0.47ab	0.12a	—[3]	0.89ab	0.14a
Signal	0.29ab	—	—	1.15a	0.30a
Jarra digit	0.57a	0.12a	—	0.53ab	0.16a
Ubon paspalum	0.06b	—	—	0.12b	0.21a
Plicatulum	0.09ab	—	—	0.04b	—
Purple guinea	—	0.12a	—	0.55ab	0.27a
Splenda setaria	—	0.31a	—	0.09b	0.33a

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm; YNS = Yasothon Animal Nutrition Station; YAC = Yasothon Agricultural Technology Farm; SAC = Sisaket Agricultural Technology College Farm; UAC = Ubon Ratchathani Agricultural Technology College Farm.
[2]Within columns and plant type, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.
[3]Species not present.

Table 9. Dry matter production of grass species in the second dry season after planting at UBU and YNS (Trial 2).

Treatment	UBU[1]	YNS
	(t/ha)	
Ruzi	10.3b[2]	5.2b
Signal	11.9ab	8.8a
Jarra digit	8.6b	1.7c
Ubon paspalum	9.8b	7.2a
Plicatulum	10.4b	8.6a
Purple guinea	14.5a	9.3a
Splenda setaria	10.9b	7.8a

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm; YNS = Yasothon Animal Nutrition Station.
[2]Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 10. Plant populations (6 weeks after sowing) of legume species at UBU, YNS and YAC (Trial 3).

Treatment	UBU[1]	YNS	YAC
		(plants/m²)	
Verano stylo	86c[2]	97a	46c
Tha Phra stylo	173b	119a	108b
Cavalcade centurion	40d	51a	29c
Calopo	36d	60a	22c
Llanos macro	171b	56a	178a
Puero	60cd	56a	14c
Lee jointvetch	221a	53a	89b

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm; YNS = Yasothon Animal Nutrition Station; YAC = Yasothon Agricultural Technology Farm.
[2]Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 11. Dry matter production of legume species at UBU, YNS and YAC (Trial 3).

Treatment	First wet season			First dry season		Second wet season		
	UBU[1]	YNS	YAC	UBU	YNS	UBU	YNS	YAC
				(t/ha)				
Verano stylo	3.7b[2]	3.0a	3.9bc	1.3b	1.1ab	6.1a	0.6a	5.2a
Tha Phra stylo	3.4b	3.5a	3.9bc	3.7a	1.6a	7.1a	0.9a	2.5bc
Cavalcade	4.6b	1.8ab	4.0bc	0.4b	0.3b	0.8b	—[3]	0.6cd
Calopo	4.4b	2.2ab	3.3bc	0.3b	0.1b	0.6b	0.2b	0.2d
Llanos macro	8.6a	3.3a	5.5b	4.6a	2.1a	1.9b	0.1b	3.2b
Puero	3.2b	0.2b	1.4c	a	—	0.2b	—	1.0cd
Lee jointvetch	5.3ab	2.5a	14.0a	1.7b	—	2.3b	0.1b	0.7cd

[1]UBU = Ubon Ratchathani University Farm; YNS = Yasothon Animal Nutrition Station; YAC = Yasothon Agricultural Technology Farm.
[2]Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.05 by Duncan's Multiple Range Test.
[3]Species not present.

Verano stylo produced more than 5 t/ha DM (Table 11). At UBU, Verano stylo and Tha Phra stylo were very productive, producing 6 and 7 t/ha DM, respectively. Legumes at YNS were sparse and only 1 cut was taken at the end of the wet season.

In the second dry season, the trial at YAC was grazed and at YNS no legumes grew at all with two main weed species, *Meiochia corchorifolia* and *Corchorus olitorius*, smothering the plots. At UBU, only Tha Phra stylo and Verano stylo grew, producing 4 and 0.6 t/ha, respectively.

In the remaining plots, *Eremochloa ciliaris* grew vigorously.

Discussion

This study found that none of the legumes tested was able to persist either in pure swards or when growing with N-fertilised grass under cutting on low lying sites in north-east Thailand, confirming the results found earlier by Hare *et al.* (1999a). Establishment of legumes has never been a problem on such sites, with many legumes in pure swards producing over 4 t/ha DM in the first growing season and even reaching 14 t/ha DM, as was the case with Lee American jointvetch at one site (Table 11). The difficulty of legume persistence thereafter appears to be a combination of wet and dry conditions, competition from N fertilised grasses and cutting management.

We may have more success with legumes if we cut less frequently at a greater height, 20–30 cm above ground level, rather than cutting every 45–55 days to 5 cm above ground level. However, this would necessitate a change of management by village farmers who raise livestock.

Our philosophy in introducing legumes and grasses to village farmers is that the selected plants must be adapted to the current low cutting or continuous grazing management currently practised by livestock farmers. This is why Verano stylo has been so successful in upland, well drained soils in north-east Thailand. It tolerates heavy grazing and being a prolific seeder, even under these conditions, re-establishes itself each year (Hare and Phaikaew 1999). If we were to recommend less frequent and high cutting to livestock farmers, this would introduce an additional management factor for farmers to consider. Just getting farmers to establish improved species and apply fertiliser is an achievement in itself. Getting them to adopt a different cutting management for legumes will take time.

In these studies, nitrogen was applied frequently in order to study the potential of the grasses to produce on these very difficult infertile soils. Previous studies had found that, with either no nitrogen or less frequent applications, grasses quickly became very yellow and nitrogen-deficient (Hare *et al.* 1999c). Applications of more than 100 kg/ha N are far in excess of what smallholder farmers would apply to their pastures. Normal rates in villages would be either no fertiliser or 1 application of 20 kg/ha N in the wet season. Thus, pastures commonly die out within 2 years from a combination of lack of fertiliser and close and frequent grazing or cutting.

At the beginning of the study, we considered that *S. guianensis* CIAT 184 (Tha Phra stylo) would be successful. To a limited extent it was as, in pure swards, it persisted into the second wet season but only in a few plots into the second dry season. The cutting management we used may be a factor in its lack of persistence. *S. guianensis* CIAT 184 grew well in the American tropical rainforest ecosystem after one cut at 12 weeks of age (Amezquita *et al.* 1991). In China, it is usually cut only once a year when grown for feed meal production or as a cover crop (Guodao and Kerridge 1997). Where more frequent cutting has been practised in China, the sites have been on well drained, high pH (6.4), reddish brown, lateritic soils (Guodao and Kerridge 1997) and not on poorly drained, infertile, low pH, sandy soils like those used in the current study in Thailand. However, on well drained, upland soils in north-east Thailand, CIAT 184 grows very well, and in current trials at UBU, CIAT 184 and the hybrid stylo (ATF 3308 *S. guianensis* var. *vulgaris* × var. *pauciflora*), produced 9030 and 8470 kg/ha DM, respectively, in the first wet season and 4024 and 2639 kg/ha DM in the first dry season. The cutting was infrequent with only 2 wet season cuts and 1 dry season cut. In our own pasture programme at UBU, pure stands of Tha Phra stylo and the hybrid stylo (ATF 3308) are grazed to about 30 cm height and closed to grazing during the main flowering and seed-set period from December–February.

We expected to have more success with Lee American jointvetch given that an annual ecotype of *Aeschynome americana* grows naturally in wet areas along roadsides and around swampy ungrazed wasteland in north-east Thailand. This native legume is rarely cut for forage and is allowed to grow rank and set seed every year. Cutting once a year at the end of the dry season enabled Glenn American jointvetch to grow well for 3 years on seasonally flooded clay and solodic soils in the Northern Territory, Australia (Ross and Cameron 1991). It was able to re-establish each year from fallen seed. This current study showed that Lee has the potential to grow well here, as it produced 14 t/ha DM at one site

in the first growing season. Studies of persistence mechanisms could result in management strategies that would improve persistence of Lee under cutting.

However, cropping farmers do have more success with legumes if they regard them as annual cash crops to sell to livestock farmers as fresh grass or hay and cut only once or twice a year. On well drained upland soils, several legumes are being promoted as cash crops by the Department of Livestock Development in Thailand for specialist fresh forage and hay production (Khemsawat and Phonbumrung 2002). The main legume is Cavalcade and more than 3000 farmers will grow up to 0.32 ha for sale to other farmers. They will not use the forage for themselves. The other legumes are Verano stylo and Tha Phra stylo. Under once or twice-a-year cutting all of these legumes grow very well but they have to be replanted each year as the last cut is before seed set.

This study found that, on sites deeply waterlogged in the wet season (DET and SAC), only 3 grass species (Ubon paspalum, plicatulum and Splenda setaria) were able to persist, confirming the earlier results of Hare *et al.* (1999a).

On sites that were wet but not severely waterlogged, Purple guinea grass was either equal in production to or more productive than these 3 species. Purple guinea is a good quality pasture grass and, on sites such as MUK, has the potential to produce in excess of 33 t/ha DM in a 6-month wet season. Even in the second and third dry seasons on these low lying sites, no species produced more dry matter during the dry season than Purple guinea grass. We therefore recommend Purple guinea grass as a "cut-and-carry" forage for non-waterlogged sites in Thailand. It is currently one of the best grass species recommended for planting in backyard forage plots and for hay and silage production by the Department of Livestock Development in Thailand (Khemsawat and Phonbumrung 2002).

Ruzi, signal grass and Jarra digit performed best on sites that did not become inundated with water in the wet season. However, even on these sites, they were not as productive as Ubon paspalum, plicatulum and Purple guinea grass. On the inundated sites, they either produced low yields or died out.

Rainfall during the studies (1997–1999) was sites. Unfortunately, the trial areas had either been grazed or cultivated so no data could be collected from the grass species growing under wetter-than-normal field conditions. Observations from our university pastures showed that, under these very wet-waterlogged conditions, Ubon paspalum, plicatulum and Splenda setaria performed the best. Signal grass, ruzi, Jarra digit and Purple guinea struggled to survive in places that were inundated with water for periods longer than 1 month.

Acknowledgements

We thank the Thailand Research Fund (TRF) for providing financial support for this research program, the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University for research facilities, and the Department of Livestock Development and the Agricultural Colleges for research sites and assistance on their field stations. We also thank Mr Kittipat Saipraset for technical assistance.

References

ANEZQUITA, M.C., TOLEDO, J.M. and KELLER GREEN, G. (1991) Agronomic performance of *Stylosanthes guianensis* cv. Pucallpa in the American tropical rain forest ecosystem. *Tropical Grasslands*, 25, 262–267.

GUODAO, L. and KERRIDGE, P.C. (1997) Selection and utilization of *Stylosanthes guianensis* for green cover and field meal production in China. *Proceedings of the XVIII International Grassland Congress, Canada, 1997*, Session 19, 49–50.

HARE, M.D. and PHAIKAEW, C. (1999) Forage seed production in Northeast Thailand: A case history. In: Loch, D.S. and Ferguson, J.E. (eds) *Forage Seed Production Volume 1: Tropical and Subtropical Species*, pp. 435–443 (CAB International: UK).

HARE, M.D., THUMMASAENG, K., SURIYAJANTRATONG, W., WONGPICHET, K., SAENGKHUM, M., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C. and BOONCHAREIN, P. (1999a) Pasture grass and legume evaluation on seasonally waterlogged and seasonally dry soils in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 65–74.

HARE, M.D., BOONCHAREIN, P., TATSAPONG, P., WONGPICHET, K., KAEWKUNYA, C. and THUMMASAENG, K. (1999b) Performance of para grass (*Brachiaria mutica*) and Ubon paspalum (*Paspalum atratum*) on seasonally wet soils in Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 75–81.

HARE, M.D., SURIYAJANTRATONG, W., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C., WONGPICHET, K. and THUMMASAENG, K. (1999c) Effect of nitrogen on production of *Paspalum atratum* on seasonally wet soils in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 207–213.

IBRAHIM, L., LANTING, F., KHEMSAWAT, C., WONG, C.C., GUODAO, L., PHIMPHACHANHVONGSOD, V., BINH, L.H. and HORNE, P.M. (1997) Forage grasses and legumes with broad

KEMSAWAT, C. and PHONBUMRUNG, T. (2002) Thai Government promotes fodder production and encourages marketing. (Southeast Asia Feed Research and Development Network) *Seafrad News*, 12, 9.

ROSS, B.J. and CAMERON, A.G. (1991) Pasture legume evaluation on seasonally flooded soils in the Northern Territory. *Tropical Grasslands*, 25, 32–36.

(Received for publication January 4, 2002; accepted October 31, 2002)

Appendix 2

Tropical Grasslands (2001) Volume 35, 144–150

Effect of cutting on yield and quality of *Paspalum atratum* in Thailand

M.D. HARE[1], M. SAENGKHAM[1], C. KAEWKUNYA[1], S. TUDSRI[2], W. SURIYAJANTRATONG[1], K. THUMMASAENG[1] AND K. WONGPICHET[1]

[1] *Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand*

[2] *Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkhen, Bangkok, Thailand*

Abstract

Two trials were conducted to determine the effect of varying cutting height and interval on growth and forage quality of Ubon paspalum (*Paspalum atratum*) pastures grown in Thailand on low fertility soils. In Trial 1, an increase in cutting height (from 0 to 20 cm above ground level) increased total DM yield at 20-d cutting intervals, had no effect at 30 days and decreased yields at 60-d cutting intervals. Cutting interval significantly increased DM yields in Trial 1 with the major response between 30- and 60-d intervals. Increasing the interval between harvests reduced concentrations of CP, K and P but increased the concentrations of NDF and ADF. In Trial 1, increases in cutting interval and cutting height increased stubble and root DM per plant.

In Trial 2, Ubon paspalum DM yields generally were significantly different only between 20- and 60-d cutting intervals. Cutting every 20 days over a 240-d period produced 74% (21.6 t/ha) of the total DM yield from cutting every 60 days (28.9 t/ha) but crude protein concentration was nearly twice as high (10.0 *vs* 5.3%).

The cutting interval to be chosen by farmers is discussed in terms of the combination of yield and quality desired to produce different animal products.

Correspondence: M.D. Hare, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrab, Ubon Ratchathani 34190, Thailand. Email: Michael@agri.ubu.ac.th

Introduction

Paspalum atratum cv. Ubon grows well on wet, waterlogged acid soils in Thailand (Hare *et al.* 1999a; 1999b), and can be either grazed or utilised as cut-and-carry forage by farmers. The majority of smallholder dairy farmers in Thailand prefer the cut-and-carry forage system with improved forages where cows are yarded and fed freshly cut forage and concentrate supplements. Land is a limiting factor with an average stocking rate of less than 0.2 ha per cow and the cut-and-carry system fits in well with normal management.

Ubon paspalum has low crude protein concentration (Hare *et al.* 1999a), frequently falling below 7%. This crude protein level is considered a critical point (Milford and Minson 1966) where nitrogen needed by rumen microorganisms becomes limiting unless some other nitrogen source is provided (Kalmbacher *et al.* 1997a). The level and frequency of nitrogen application and the frequency and height of cutting influence the quantity and quality of tropical forage grasses.

In Thailand on low fertility soils, nitrogen rates of 80 kg/ha N every 30 days were required to maintain crude protein levels of Ubon paspalum above 7% but only when fields were not waterlogged (Hare *et al.* 1999d). In these trials, the cutting frequency was critical, with a 60-day cutting frequency producing significantly ($P < 0.05$) more dry matter than a 30-day cutting frequency, but crude protein concentrations in the older forage were lower (8 *vs* 10%).

In Florida, Kalmbacher *et al.* (1997a) showed that crude protein concentrations in *P. atratum* cv. Suerte dropped below 7% by 55 days after receiving 56 kg/ha N. However, if cut every 35 days, Suerte maintained crude protein concentrations above 7% but more than a single application of 56 kg/ha N was needed in the summer (Kalmbacher and Martin 1999). Cutting Suerte every 20 days reduced annual yield compared

with a 40- or 60-d interval but maximised nutritive value (Kalmbacher *et al.* 1997b). Kalmbacher *et al.* (1997b) concluded that, at times of rapid growth, Suerte should be grazed at 21–28-d intervals but at 36–42-d intervals when it is growing less rapidly.

In the initial evaluation trials of Ubon paspalum in Thailand with 45–50-d cutting intervals in the wet season, dry matter production regularly exceeded 20 t/ha in 6 months but crude protein levels averaged only 5%, despite being fertilised with 40 kg/ha N after each cut (Hare *et al.* 1999a; 1999b). Forage quality could be improved if more frequent and intense cutting was practised (Kalmbacher *et al.* 1997b; Kalmbacher and Martin 1999; Hare *et al.* 1999d), but the beneficial effects of improved forage quality may be outweighed if forage growth rates were severely reduced.

The aim of this study was to determine the effect of varying cutting interval and cutting height on growth and forage quality of Ubon paspalum pastures in Thailand on low fertility soils in order to provide recommendations on cutting management to smallholder farmers.

Materials and methods

The field experiments were conducted in Ubon Ratchathani province, Thailand (15°N, 104°E), on the Ubon Ratchathani University farm at 1 site in a 0.25 ha field in 1998 and 1999. Rainfall was recorded 1 km from the trial site (Table 1). The soil is classified as a sandy low humic gley soil (Roi-et soil series) mixed with a grey podzolic soil (Khorat soil series). The soil is acid (pH 4.7), and low in organic matter (0.74%), N (0.03%), P (3.57 ppm; Bray II extraction method) and K (25 ppm) concentrations.

Seedlings of Ubon paspalum were planted in 50 × 50 cm grid spacings in the field in May 1995. The field was used for seed production research in 1996 and 1997 (Hare *et al.* 1999c). These trials examined harvesting methods and time of final closing cut and did not influence plant populations in the field. After the 1997 seed trial, the field was cut to ground level, was not fertilised and was left to grow over the dry season until the first cutting trial commenced in May 1998.

Trial 1. Effect of cutting interval and cutting height

The trial was a randomised complete block design replicated 4 times and the treatments were 3 cutting heights (0, 10 and 20 cm above ground level) and 3 cutting intervals (20, 30 and 60 days). The trial ran for 120 days, commencing on May 9, 1998 and finishing on September 6, 1998. On May 9, all plots were cut to ground level and fertiliser (40 kg N, 20 kg P, 50 kg K and 20 kg S/ha) applied. The same fertiliser rates were applied every 30 days. Plots measured 5 m × 4 m.

Before each cut, 4 plants per plot were measured for plant height (ground level to top of tallest extended leaf), number of tillers per plant and number of leaves per plant. At each cut, material from 2 m row lengths from each of 4 rows was cut, weighed fresh and a 200 g subsample separated into leaf and stem components. Each component was dried at 70°C for 48 h and dry weight recorded. The dried leaf and stem subsamples were analysed for total N to calculate crude protein levels (% N × 6.25), % P, % K, % NDF and % ADF. After each sampling cut, the remaining forage was cut and removed. After the final cut at 120 days, 2 cut plants per plot from 2 replications were dug out and separated into stubble (remaining leaf and stem) and root components for dry weight analysis.

On September 10, 1998, the field was cut to ground level, material removed and plants allowed to grow over the dry season until Trial 2 commenced on April 16, 1999. No fertiliser was applied after the final cut or during the dry season.

Trial 2. Effect of cutting interval

This trial was in the same field as Trial 1 but plots were not exactly on the same site. Before marking out the trial, the field was carefully examined to get an even plant population to position the trial. The trial was a randomised complete block design comprising 4 cutting intervals (20, 30, 40 and 60 days) and 6 replications. The trial commenced on April 16, 1999 and finished on December 13, 1999. On April 16 all plots were cut to 5 cm above ground level and 156 kg/ha NPK fertiliser (15:15:15) applied. Each plot measured 5 m × 4 m. The trial was divided into two 120-day periods.

Before each cut, height of 10 plants per plot was measured (as in Trial 1). At each cut, four

0.25m² quadrats were cut to 5 cm above ground level from each plot, divided into stem and leaf, weighed fresh and a 200 g subsample of each component dried at 70°C for 48 h and dry weight recorded. The dried stem and leaf subsamples were analysed for total N in order to calculate crude protein levels. After each sampling cut, the remaining forage was cut and removed. Fertiliser at 156 kg/ha NPK (15:15:15) was applied to all plots every 30 days.

Data from both trials were analysed using the IRRISTAT programme from IRRI.

Results

Rainfall

Rainfall during the studies was about 10% below the medium-term mean of 1503 mm/annum (Table 1). In both years, rainfall was evenly distributed in the wet season except for a dry period in August 1999 when less than half the medium-term mean rainfall was received. No waterlogging occurred at the trial sites during the studies.

Table 1. Rainfall at Ubon Ratchathani University during the study and the medium-term mean.

Month	Rainfall (mm)		
	[illegible]-year mean	1998	1999
Jan	1	0	1
Feb	11	44	3
Mar	27	0	92
Apr	80	60	92
May	223	294	235
Jun	258	183	221
Jul	240	168	291
Aug	228	193	96
Sep	296	208	256
Oct	98	85	95
Nov	34	106	0
Dec	5	0	0
Total	1503	1341	1182

[1]7-year mean, 1993–1999.

Trial 1. Effect of cutting interval and cutting height

In Trial 1, treatment effects were generally significant. There was a significant ($P < 0.05$) cutting height × cutting interval interaction for total DM and leaf DM yields (Table 2). An increase in cutting height increased yields at 20-d cutting intervals, had no effect at 30 days and decreased yields at 60-d cutting intervals. Increasing the interval between cuttings from 20 to 60 days increased total DM yields regardless of cutting height but increased leaf DM yield only when cut at ground level. Peak DM yields were 14t/ha produced from two 60-d cutting intervals.

Table 2. Effect of cutting height and cutting interval on total DM and leaf DM yield of Ubon paspalum in 1998 (Trial 1).

Cutting interval (d)	Cutting height (cm)		
	0	10	20
	Total DM (kg/ha)		
20	5 660	7 718	8 232
30	8 346	7 107	8 054
60	14 392	13 620	11 634
	LSD ($P < 0.05$) 2483		
	Leaf DM (kg/ha)		
20	4 419	6 412	7 512
30	6 627	5 581	6 436
60	8 833	8 160	6 830
	LSD ($P < 0.05$) 2090		

The only other significant effect of cutting height was an increase in plant height at harvest as cutting height increased ($P < 0.01$; Table 3). All other interactions were non-significant, so main effects only are presented (Table 3).

As the interval between harvests increased, plant height, stem DM and leaves/plant increased ($P < 0.01$), with the major response between 30- and 60-d intervals (Table 3). Tillers/plant were not affected by cutting interval.

Table 3. Effect of cutting height and cutting interval on height, stem DM, tillers/plant and leaves/plant of Ubon paspalum in 1998 (Trial 1).

Cutting interval(d)	Height (cm)	Stem DM (kg/ha)	Tillers/ plant	Leaves/ plant
20	66.5 c[1]	932 b	61 a	188 b
30	78.9 b	1757 b	51 a	208 b
60	130.7 a	5296 a	62 a	298 a
Cutting height (cm)				
0	79 c	2950 a	56 a	234 a
10	91 b	2563 a	61 a	241 a
20	103 a	2361 a	57 a	219 a

[1]Within columns and treatment factors, means followed by a common letter are not significantly different at $P = 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.

There were no significant cutting height × cutting interval interactions for quality attributes and main effects only are presented (Table 4). Increasing the interval between harvests reduced

concentrations of CP, K and P but increased the concentrations of NDF and ADF ($P < 0.05$; Table 4). Mean crude protein concentration declined from 6.8% when harvested every 20 days to 4.1% when harvested every 60 days.

Increasing cutting height reduced P concentration and increased NDF and ADF concentrations, while effects on CP% and K% were minimal (Table 4).

Table 4. Effect of cutting height and cutting interval on quality of Ubon paspalum in 1998 (Trial 1).

Cutting interval (d)	CP	P	K	NDF	ADF
			(%)		
20	6.8 a[1]	0.32 a	3.04 a	64.9 b	37.8 b
30	5.9 a	0.30 a	3.06 a	66.2 b	37.8 b
60	4.1 b	0.25 b	2.35 b	68.6 a	40.6 a
Cutting height (cm)					
0	6.1 a	0.31 a	2.96 a	65.9 b	38.0 a
10	5.3 a	0.28 ab	2.77 a	66.2 a	38.6 ab
20	5.5 a	0.26 b	2.72 a	67.6 a	39.7 b

[1]Within columns and treatments, means followed by a common letter are not significantly different at $P = 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.

Increases in cutting interval and cutting height increased stubble DM per plant and root DM per plant (Table 5).

Table 5. Effect of cutting height and cutting interval on Ubon paspalum plant stubble and plant root dry matter after final cutting at 120 days (Trial 1).

Cutting interval (d)	Cutting height (cm)		
	0	10	20
	Stubble DM/plant (g)		
20	7.45	10.9	28.0
30	15.2	24.2	41.3
60	50.9	30.2	64.0
	Root DM/plant (g)		
20	26.2	38.8	56.3
30	43.7	29.0	55.7
60	51.7	39.8	74.3

Trial 2, 1999. Effect of cutting interval

In Trial 2, total DM yield increased steadily as the interval between harvests increased but differences were significant ($P < 0.05$) only between 20 and 60 days in Period 1 and between 20 and 40 plus 60 days in Period 2 (Table 6). When both periods were combined, 60-day intervals produced more total DM than a 20-day cutting interval. Peak DM yields were 28 t/ha produced from four 60-d cutting intervals. Leaf DM yield increased as harvest interval increased but differences were significant ($P < 0.05$) only between 20 and 60 days in both Period 2 and the combined Periods 1 and 2. Stem DM yield was increased as cutting interval increased, with overall yield higher with 40- or 60-d cutting than with more frequent harvests.

Increasing the interval between harvests progressively increased the height of plants at harvest (Table 7). Crude protein concentrations in both leaf and stem material declined progressively as the interval between harvests increased (Table 7). Crude protein concentrations in leaf and whole plant material exceeded 7% when harvests were made at least every 30 days in Period 1 and every 40 days in Period 2. Even when cut every 60 days, leaf crude protein was 6.4–6.9%.

Discussion

In a cut-and-carry forage system, the two main issues to be addressed are how high to cut and how often to cut. In these trials, cutting height affected total DM yield and leaf DM yield only when Ubon paspalum was cut every 20 days. Cutting at 20 cm every 20 days in Trial 1 produced significantly more total DM and leaf DM yields than cutting to ground level and similar yields to cutting at all heights every 30 days. Cutting every 20 days at ground level drastically reduced the plant's stubble and root reserves compared with cutting at 10 or 20 cm (Table 5) which slowed down the recovery rate of Ubon paspalum after cutting. When cut to ground level every 20 days, stubble and root reserves were less than half the reserves remaining after cutting at 20 cm every 20 days.

The cutting interval for Ubon paspalum was the most critical issue, having significant impacts on yields of total DM, leaf DM and stem DM and forage quality. Frequent cutting greatly reduced yields but increased forage quality. In Trial 1, cutting every 20 days over a 120-d period produced 53% (7t/ha) of the total DM yield obtained by cutting every 60 days (13.2t/ha) but crude protein, P and K concentrations were higher and fibre concentrations (NDF and ADF) lower. In Trial 2, cutting every 20 days over a 240-d period

Table 6. Effect of cutting interval on dry matter yield of Ubon paspalum in 1999 (Trial 2).

Cutting interval (d)	DM yield (kg/ha)								
	Period 1 (120 d)			Period 2 (120 d)			Period 1 + 2 (240 d)		
	Leaf	Stem	Total	Leaf	Stem	Total	Leaf	Stem	Total
20	8 836 a[1]	2 820 b	11 656 b	7 119 b	2 832 b	9 951 b	15 955 b	5 652 b	21 607 b
30	9 572 a	3 600 b	13 172 ab	8 185 ab	3 363 b	11 548 ab	17 757 ab	6 963 b	24 720 ab
40	9 757 a	3 450 b	13 207 ab	8 370 ab	5 269 a	13 639 a	18 127 ab	8 719 a	26 846 ab
60	10 947 a	5 172 a	16 119 a	8 807 a	4 008 b	12 815 a	19 754 a	9 180 a	28 934 a

[1]Within columns and periods, means followed by a common letter are not significantly different at P = 0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 7. Effect of cutting interval on plant height and crude protein concentration of Ubon paspalum in 1999 (Trial 2).

Cutting interval (d)	Period 1 (120 d)				Period 2 (120 d)			
		CP (%)				CP (%)		
	Height (cm)	Leaf	Stem	Total	Height (cm)	Leaf	Stem	Total
20	43.7 d[1]	9.1 a	6.0 a	8.4 a	35.0 c	11.5 a	6.6 a	10.0 a
30	54.3 c	9.2 a	4.5 b	7.9 a	45.0 b	8.6 b	4.4 b	7.4 b
40	73.9 b	5.8 b	3.2 c	5.2 b	68.0 a	8.9 b	4.9 b	7.4 b
60	100.0 a	6.4 b	3.5 c	5.5 b	65.0 a	6.9 c	3.1 c	5.3 c

[1]Within columns and periods, means followed by a common letter are not significantly different at P = 0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

produced 74% (21.6 t/ha) of the total DM yield from cutting every 60 days (28.9 t/ha) but crude protein concentration was nearly twice as high (10.0 *vs* 5.3%).

The levels of stubble and root material which remained at the end of Trial 1 (Table 5) help in some respects to explain the differences in DM yields from different cutting interval treatments. Delaying cutting increased the plant's stubble and root reserves thereby helping to increase the recovery rate after cutting.

Crude protein concentration of Ubon paspalum in these studies declined more rapidly with delayed cutting than crude protein concentration in other forages in Thailand. Crude protein concentration in *Pennisetum purpureum* declined from 8.9% with 30-d cutting to 7% with 50-d cutting (Anon 1996). Crude protein concentration in *Brachiaria ruziziensis* declined from 10.2% at 30-d cutting to 6.5% at 60-d cutting (Anon 1995a). Declines in CP concentration in *Panicum maximum* were from 8.8% at 42-d cutting to 6.6% at 70-d cutting (Anon 1995b). In these species, even at advanced maturity, crude protein concentrations were at or only slightly lower than the 7% critical level where nitrogen needed by rumen microorganisms becomes limiting (Milford and Minson 1966). Advancing the age of cutting in Ubon paspalum to 60 days produced crude protein levels on average more than 2 percentage units lower than the 7% critical level.

Hennessy (1980) suggested a higher critical crude protein concentration of 8.1% for tropical forages. Studies from Kenya on napier grass indicated that the critical protein level for milk production was 9% (Muia *et al.* 1999). This level was reached at 7–8 weeks of maturity in medium rainfall areas (800 mm/year) and at 9–10 weeks in high rainfall areas (1200 mm/year). However, both these maturity periods when applied to Ubon paspalum are too advanced to provide nutritious forage, either in the higher rainfall areas (1500 mm) in Thailand or in the lower rainfall areas (800 mm) in Florida (Kalmbacher *et al.* 1997b).

Data from our trials make it difficult to recommend an absolute cutting interval as the interval chosen will depend on what combination of yield and quality is desired. In addition, the different absolute concentrations for crude protein obtained in the two studies make it dangerous to suggest a harvesting frequency which will guarantee a crude protein level above 7%. Crude protein concentration of Ubon paspalum is also

affected by waterlogging and nitrogen (Hare *et al.* 1999d) and if fields become waterlogged and farmers fail to apply nitrogen, crude protein concentrations invariably do not exceed 6% on low fertility soils in Thailand (Hare *et al.* 1999a; 1999d).

On smallholder dairy farms in Thailand, cows average 7–8 kg/d raw milk (1400–1600 kg/lactation), have a lactation period of 200 days and a calving interval of 400–500 days (Chantalakhana 1994). Purchase of animal feed represents nearly 60% of farmers' direct costs and productivity increases are limited by feed supply. Dairy farmers growing Ubon paspalum may desire to cut at 20–30-d intervals in the wet season to maximise nutritive value, even though dry matter yields will be reduced, in order to try to reduce some of the animal feed costs which are mainly for the purchase of protein supplements. We have observed that dairy cattle are reluctant to graze Ubon paspalum pastures older than 40 days, probably because of the low palatability from low nitrogen levels and high stem content.

However, swamp buffalo (*Bos bubalis*) for draft and older native beef cattle (*Bos indicus*) readily graze mature Ubon paspalum and farmers rearing these animals may prefer a longer inter-harvest interval to increase DM yield. High quality forage appears to be of lesser importance for draft swamp buffalo and native beef cattle which are slaughtered only when they are quite old or at times of cash shortage. One dairy farmer does use swamp buffalo to graze and control excessive wet season growth of Ubon paspalum before cutting the 20–30-d regrowth for dairy cows.

In Florida it is recommended that *Paspalum atratum* cv. Suerte be cut at 21–28-d intervals in the main growing season (mid-June to early September), rather than at 40- or 60-d intervals, to maximise nutritive value to maintain livestock production even though dry matter yields are reduced (Kalmbacher *et al.* 1997b), before and after these times when Suerte is growing less rapidly, the recommendation is to cut at 36–42-d intervals.

Both Suerte and Ubon paspalum are cultivars from the same parent plant and optimal cutting management is therefore most likely similar. Both are derived from a single collection from Brazil, BRA-009610, and introduced into Florida in 1990 and into Thailand in 1994. Cultivar Hi-Gane is the Australian release of cultivar Suerte. Previously it was thought that Suerte was from BRA-018996 but recent communication with Dr Bert Grof, who has examined samples and plots of cultivars Suerte, Hi-Gane and Ubon, confirms that all 3 cultivars are identical.

For dairy farmers in Thailand producing a high quality animal product such as milk, the shorter cutting interval for Ubon paspalum to maximise quality is similar to the intervals recommended for Suerte by Kalmbacher *et al.* (1997b). In the wet season, cutting Ubon paspalum at 20–30-d intervals (compared with 21–28-d for Suerte) maximises nutritive value. Even though the crude protein concentrations were low in Trial 1 for these 2 cutting intervals, mean concentrations were more than 2 percentage points higher than crude protein concentrations from 60-d-old forage. When cutting every 20 days, the data from Trial 1 suggest that the cutting height be raised to 20 cm above ground level to allow quicker recovery by plants.

Data for early dry season production were collected only in Trial 2 (Period 2) and suggest that the cutting interval can be extended to 40 days during this period which is similar to the 36–42-d interval recommended for Suerte (Kalmbacher *et al.* 1997b). With longer cutting intervals, cutting height is less important and cutting close to ground level will not affect forage yields or quality.

The nutritive value of Ubon paspalum is generally lower than that of other commonly grown tropical grasses in Thailand. For good dairy production based on Ubon paspalum pastures, regardless of cutting interval, there will still be a need to supplement with legumes and concentrates.

Acknowledgements

We thank the Thailand Research Fund (TRF) for providing financial support for this research program and the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University for research facilities.

References

ANONYMOUS (1995a) *Rai grass* (Division of Animal Nutrition, Department of Livestock Development: Bangkok, Thailand)

ANONYMOUS (1995b) *Purple guinea grass.* (Division of Animal Nutrition, Department of Livestock Development: Bangkok, Thailand)

ANONYMOUS (1996) *Napier grass*. (Division of Animal Nutrition, Department of Livestock Development: Bangkok, Thailand)

CHANTALAKHANA, C. (1994) Development of dairy farming and dairy products in Thailand: Approaches for future research and development. *Thailand Research Fund Bangkok, Thailand.*

HARE, M.D., THUMMASAENG, K., SURIYAJANTRATONG, W., WONGPICHET, K., SAENGKHUM, M., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C. and BOONCHAREKN, P. (1999a) Pasture grass and legume evaluation on seasonally waterlogged and seasonally dry soils in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 65–74.

HARE, M.D., BOONCHAREKN, P., TATSAPONG, P., WONGMICHET, K., KAEWKUNYA, C. and THUMMASAENG, K. (1999b) Performance of para grass (*Brachiaria mutica*) and Ubon paspalum (*Paspalum atratum*) on seasonally wet soils in Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 75–81.

HARE, M.D., WONGPICHET, K., TATSAPONG, P., NARKSOMBAT, S. and SAENGKHAM, M. (1999c) Method of seed harvest, closing date and height of closing cut affect seed yield and seed yield components in *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 82–90.

HARE, M.D., SURIYAJANTRATONG, W., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C., WONGPICHET, K. and THUMMASAENG, K. (1999d) Effect of nitrogen on production of *Paspalum atratum* on seasonally wet soils in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 207–213.

HENNESSY, D.W. (1980) Protein nutrition of ruminants in tropical areas of Australia. *Tropical Grasslands*, 14, 200–265.

KALMBACHER, R.S., PATE, F.M., MARTIN, F.G. and KRETSCHMER, A.E. JR (1997a) Supplementation of diets of weaned steers grazing 'Suerte' *Paspalum atratum*. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, 56, 38–40.

KALMBACHER, R.S., MULLAHEY, J. J., MARTIN, F.G. and KRETSCHMER, A.E. JR (1997b) Effect of clipping on yield and nutritive value of 'Suerte' *Paspalum atratum*. *Agronomy Journal*, 89, 476–481.

KALMBACHER, R.S. and MARTIN, F.G. (1999) Effect of N rate and time of application on atra paspalum. *Tropical Grasslands*, 33, 214–221.

MILFORD, R. and MINSON, D.J. (1966) Intake of tropical pasture species. *Proceedings of the XI International Grassland Congress, Brazil, 1964*, pp. 814–822.

MUIA, J.M.K., TAMMINGA, S., MBUGUA, P.N. and KARIUKI, J.N. (1999) Optimal stage of maturity for feeding napier grass (*Pennisetum purpureum*) to dairy cows in Kenya. *Tropical Grasslands*, 33, 182–190.

(Received for publication November 28, 2000; accepted April 25, 2001)

Appendix 3

Tropical Grasslands (2001) Volume 35, 19–25

Method and time of establishing *Paspalum atratum* seed crops in Thailand

M.D. HARE, C. KAEWKUNYA, P. TATSAPONG, K. WONGPICHET, K. THUMMASAENG AND W. SURIYAJANTRATONG
Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand

Abstract

Seed crops of *Paspalum atratum* cv. Ubon established by sowing seed produced no seed at all in the first year of establishment in Thailand. By comparison, seed crops planted with tillers at the beginning of the wet season in May produced 132 kg/ha seed 5 months after planting in one trial and 330 kg/ha seed in a second trial. In the second trial, delay in planting tillers until June and July severely reduced seed yields from a high of 330 kg/ha when planted in early May to a low of 25 kg/ha when planted in mid-July. Inflorescences/m^2 and seeds/inflorescence had the greatest effect on seed yield.

Twenty village farmers in a small seed production project successfully harvested 1834 and 2207 kg of Ubon paspalum seed in 1998 and 1999, respectively. The method of hand knocking mature seed from seed heads into bags every day enabled farmers to harvest mean seed yields of 632 and 651 kg/ha in 1998 and 1999, respectively. This harvesting method, combined with slow drying in the shade and thorough cleaning, produced seed of a very high quality with a thousand seed weight of 3.1 g, a seed purity of more than 99% and a germination of 81% in 1998-harvested seed and 91% in 1999-harvested seed after 5 months post-harvest storage.

Introduction

Paspalum atratum cv. Ubon is increasingly being used by dairy farmers in Thailand for growing on wet, waterlogged acid soils which were formerly rice paddy fields (Hare *et al.* 1999a, 1999b). A key attribute to its success and subsequent adoption by farmers is that Ubon paspalum seed is readily available as it is relatively easy to harvest compared with other tropical grasses in Thailand (Hare *et al.* 1999c).

Preliminary seed studies in Thailand found that seed yields of Ubon paspalum were affected by harvesting method and closing date (Hare *et al.* 1999c). Hand-knocking mature Ubon paspalum seed from seed heads into bags every day produced twice the amount obtained by threshing or sweating seed heads. Cutting seed crops late in the wet season August and September in Thailand, produced little or no seed.

Successful forage seed production in Thailand has hinged on village farmers hand-harvesting seed of ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*) and Verano stylo (*Stylosanthes hamata*) (Hare 1993; Hare and Phaikaew 1999). In 1996, when we realised that there would be a future demand for Ubon paspalum seed, we contracted one village farmer to grow seed for us. We chose a farmer who had grown previous ruzi grass and Verano stylo seed crops for the Department of Livestock Development. In late May 1996, we gave the farmer rooted tillers of Ubon paspalum dug from mature plants which she hand planted in a 50 × 50 cm grid in a 1400 m^2 field. In September 1996, she harvested 47.5 kg of seed, equivalent to 340 kg/ha.

Neighbouring farmers in the same village saw her success and observed that seed production of Ubon paspalum appeared to be easier than that of ruzi grass and Verano stylo which they had grown for several years. In March 1997, we contracted 20 farmers, including the first farmer, to grow Ubon paspalum seed. Each farmer received 300 g of seed in March 1997 and they were instructed to plant the seed in a nursery and transplant strong plants to their fields in May–June. Each farmer was contracted to grow a field not exceeding 1600 m^2.

Correspondence. M.D. Hare, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrab, Ubon Ratchathani 34190, Thailand. E-mail: Michock@agri.ubu.ac.th

Some farmers delayed transplanting the tillers until July as they wanted the soil to be very moist at the time of transplanting. They had frequently sown ruzi grass seed in June–July and harvested good seed crops in November. The result was that the fields planted in May and June averaged seed yields of 315 kg/ha and 65 kg/ha, respectively, whereas fields planted in July produced no seed. In a neighbouring province, the Department of Livestock Development also contracted farmers to grow Ubon paspalum seed. These farmers sowed their fields with seed in June (the traditional time for sowing ruzi grass seed crops in their village) and no seed heads were produced in the first year.

With this information, we established field experiments to determine: (a) which planting methods would give the best seed yields of Ubon paspalum; and (b) the most suitable time to establish seed crops. In addition, data were gathered from the village farmer seed project.

Materials and methods

Field experiments

The field experiments were conducted in Ubon Ratchathani province, Thailand (15°N, 104°E) on the Ubon Ratchathani University farm at 2 sites in a 2 ha paddock. Rainfall was recorded 1 km from the trial paddock (Table 1). The soil and site history have previously been described by Hare *et al.* (1999c).

Trial 1. Method of sowing

A trial commenced in May 1998 to study methods of establishing Ubon paspalum seed crops in a field planted with tillers in July 1996 with 50 × 50 cm grid spacings. This field produced no seed in 1996 but produced seed in 1997.

The trial was a randomised complete block design of 5 replications and 4 treatments:

1. Second-year plants established in 1996 (T1).
2. First-year plants sown by seed in 1998 at 12 kg/ha (T2).
3. First-year plants established in 1998 from tillers dug from second-year mature plants (T3).
4. First-year plants established in 1998 from seedlings grown in plastic bags (T4).

Plots for T2, T3 and T4 were cultivated within the 2-year-old field and all existing Ubon paspalum plants were removed. T1 plants were left intact but were cut at 5 cm above ground level on May 20, 1998, when the other treatments were planted. Seed in T2 was sown in rows 50 cm apart and lightly covered with soil. Tillers in T3 were divided from freshly dug plants and planted in a 50 × 50 cm spaced grid. Seedlings in T4 were established in a nursery from seed in March 1998 and had well developed roots when planted in a similar grid pattern on May 20. Plants in T3 and T4 were trimmed to 5 cm above ground at planting and all plots were cut to a similar height of 5 cm on July 1, 1998 to prevent lodging at seed harvest. Plots measured 5 × 6 m.

Fertiliser was applied at planting (40 kg N, 50 kg K, 20 kg S and 20 kg P/ha), on July 1 after cutting (20 kg N, 25 kg K, 10 kg S and 10 kg P/ha), on August 3 (25 kg/ha N) and on August 19, 1998 (20 kg/ha N).

On September 19, 1998, all inflorescences in eight 5 m rows in each plot were counted and then tied into "living sheaves" (Kowithayakorn and Phankaew 1993). Twenty inflorescences from each plot were taken from just outside this area for reproductive analysis. All racemes were counted on each inflorescence and spikelets per raceme were counted from 3 racemes per inflorescence, taken from the top, middle and bottom of each inflorescence. Seed harvesting commenced on September 24 with daily knocking of seed from the "living sheaves" into buckets. On October 9, all "living sheaves" were cut, sweated in a shed for 5 days and then threshed. The seed was dried slowly in doors on newspaper and then cleaned through hand screens and a Dakota seed blower. Following cleaning, seed yields and thousand-seed weights (TSW) were corrected to 12% seed moisture content (SMC). Seeds per inflorescence were calculated by dividing seed yield/inflorescence (seed yield/m^2 ÷ inflorescences/m^2) by the weight of 1 seed (TSW/1000).

After harvest, the stubble was cut to ground level and the plots were left to grow for another seed harvest. In May 1999, the plots were cut close to ground level and fertilised with a compound fertiliser (NPK 15:15:15) at 156 kg/ha. The compound fertiliser was used because it was easily available. The same amount of fertiliser was applied again on June 18 and August 13, 1999. All plots were trimmed to 30 cm above ground level on June 13 and again to 50 cm above ground level on August 13, 1999 to prevent lodging. This last anti-lodging cut was 6 weeks

later than in the previous year because the plants in all treatments grew more vigorously in 1999. These heights were well above the height of the reproductive apices in the plants (Kalmbacher *et al.* 1995).

On September 20, 1999, all inflorescences in four 1 m rows in each plot were counted and 20 inflorescences from each plot were taken from just outside this area for reproductive analysis as detailed above. All inflorescences in eight 5 m rows were tied into 'living sheaves' and daily seed knocking commenced on September 24, 1999. All seed in 1999 was harvested by knocking and no seed was collected by cutting or threshing. The seed was dried and cleaned as in 1998 and seed yields and TSW were corrected to 12% SMC. Seeds/inflorescence were calculated as above.

Trial 2. Time of planting

This trial in 1999 studied the effect of planting date on Ubon paspalum seed production. The trial was adjacent to Trial 1 and was a randomised complete block design replicated 3 times with 6 planting date treatments, 2 weeks apart (May 7, May 21, June 4, June 18, July 2 and July 15, 1999). The field was cultivated in early May and, on the day of each planting, the plots to be planted were hand-cultivated again. On the day of each planting, mature plants were dug from an adjacent 2-year old field and divided into single rooted tillers. These tillers were trimmed to a 10 cm height and hand-planted in a 50 × 50 cm spaced grid. Plots measured 4 × 5 m.

The plots that had been planted were fertilised with a compound fertiliser (NPK 15:15:15) at 156 kg/ha on June 18 and July 2 and all plots were fertilised at the same rate on August 13, 1999. The first 2 sowing date treatments only were trimmed back to 50 cm above ground level on August 13, 1999 to prevent lodging.

On September 23, 1999, all inflorescences in four 1 m rows in each plot were counted and 20 inflorescences from each plot were taken from just outside this area for reproductive analysis as detailed above. All inflorescences in six 4 m rows in each plot were tied into 'living sheaves' and daily seed knocking commenced on September 27, 1999 and continued in some plots until October 22, 1999. The seed was dried and cleaned as described previously and seed yields and TSW were corrected to 12% SMC. Seeds/inflorescence were calculated as above.

Data from all trials were analysed using the IRRISTAT program from IRRI.

Village farmer seed project

In March 1997, 20 village farmers signed contracts to produce Ubon paspalum seed. Each farmer was contracted to grow an area up to 1600 m^2 and the contract price was 100 baht/kg (43 baht/US$; Feb 2001) for clean seed with a TSW above 2.5 g. All farmers were experienced in growing ruzi grass seed on their land. At the time of contract signing, each farmer received 300 g of seed. This seed was planted into nurseries in late March and seedlings were transplanted into the field from May onwards. Six farmers planted in May, 7 in June and 7 in July. All farmers hand planted the seedlings in 50 × 50 cm grids.

Towards the end of September, 20 inflorescences were taken from each field for reproductive analysis. Inflorescences were then tied into 'living-sheaves' and the seed knocked into large seed-net receptacles (Kowithayakorn and Phaikaew 1993). The seed was dried slowly on mats in the shade and then cleaned by winnowing on cane trays. This field-dressed seed was purchased in October 1997 and re-cleaned through a seed cleaner, mainly to get rid of dust, anthers and some small seed. We wanted all seed to be of a constant purity. The field-dressed seed was very clean and only about 2–3% reduction in weight resulted. Seed moisture content of the machine-dressed seed averaged 12% and seed yields and TSW were calculated from the machine-dressed seed.

During the dry season, November 1997 to April 1998, the fields were grazed and some were burnt in March 1998. All burnt fields recovered quickly. All fields were cut to 20–30 cm above ground level in early July to prevent lodging. Farmers applied fertiliser in June and early August. Harvesting commenced in late September 1998, with seed being knocked daily from 'living sheaves'. The seed was dried in the shade and the field dressed seed purchased in late October 1998 and re-cleaned to remove dust, anthers and small seed. Seed yields and TSW were corrected to 12% SMC.

The fields were grazed over the dry season and some were burnt in March 1999. In May 1999, 3 farmers planted new fields with tillers but the other 17 farmers used their existing fields to produce a third seed harvest in October 1999. All

third-year fields were cut back in July 1999 to prevent lodging and fertiliser applied after cutting. Seed was dried and cleaned as in previous years. Seed yields and TSW were calculated on machine-dressed seed and corrected to 12% seed moisture.

Results

Rainfall

Rainfall in 1997 was above average with waterlogging occurring in Trial 1 from July until the beginning of October (Table 1). Rainfall in 1998 and 1999 was below average, with the trial sites waterlogged only in September of each year. During the 3-year study period, an average rainfall of 330 mm fell during the September–October flowering and seed-harvesting period at the trial sites.

Table 1. Rainfall (mm) at Ubon Ratchathani University during the study and the medium term mean.

Month	Average[a]	1997	1998	1999
Jan	1	3	0	1
Feb	11	5	22	3
Mar	29	71	0	93
Apr	80	32	60	92
May	253	150	294	235
Jun	238	142	185	251
Jul	240	308	168	291
Aug	258	252	193	96
Sep	290	239	308	230
Oct	116	101	85	95
Nov	32	0	106	0
Dec	5	0	0	0
Total	1503	1603	1541	1382

[a] 30 year average, 1993–1998.

Trial 1. Method of sowing

Method of sowing affected seed yields in the first year of establishment (Table 2a). Plots sown with seed produced no inflorescences at all. Second-year plants (T1) produced more seed than first-year plants (T3, T4) because they produced twice the number of inflorescences per m² ($P < 0.05$). However, there were large variations in seed yields between these plots due to foraging birds, resulting in no significant differences in seed yield. Treatments had no effect on TSW, which averaged 3 g.

Plots sown with seed produced some seed in the second year but yields were lower than from other plots as very few inflorescences were produced (Table 2b). Overall, yields were considerably less than in the previous year as foraging birds reduced seed yields in many plots. There were more inflorescences and spikelets but fewer racemes and seeds/inflorescence than in the previous year.

Trial 2. Time of planting

Planting date significantly ($P < 0.05$) affected Ubon paspalum seed yields in the first year (Table 3). Planting tillers in May produced the highest seed yields, 3–4 times those from plantings in June and more than 10 times the yields from plantings in mid-July. The number of inflorescences was significantly reduced by planting in June and July. However, the number of racemes/inflorescence and spikelets/raceme plus TSW were not significantly ($P > 0.05$) affected by planting date. Planting in early May produced significantly ($P < 0.05$) more seeds/inflorescence than later plantings.

Table 2. Effect of method of sowing on Ubon paspalum seed production.

Treatment	Seed yield (kg/ha)	TSW (g)	Inflorescences /m²	Racemes /inflorescence	Spikelets /raceme	Seeds /inflorescence
(a) 1998						
T1 2nd year plants	171 a[1]	3.00 a	38 a	8 b	107 b	154 a
T2 Seed sown, 1st year	—	—	—	—	—	—
T3 Tillers planted, 1st year	132 a	3.09 a	17 b	10 a	126 a	234 a
T4 Plastic bag seedlings, 1st year	91 a	2.88 a	16 b	8 b	107 b	197 a
(b) 1999						
T1 3rd year plants	44 ab	3.13 a	86 b	6.0 ab	114 a	26 a
T2 Seed sown, 2nd year	13 b	3.06 a	15 c	5.7 b	141 a	40 a
T3 Tillers planted, 2nd year	85 a	2.98 a	123 a	6.5 a	122 a	24 a
T4 Plastic bag seedlings, 2nd year	56 ab	3.11 a	78 b	7.6 a	126 a	18 a

[1] Within columns and years, means followed by a common letter are not significantly different at $P = 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.

Table 3. Effect of date of planting on Ubon paspalum seed production in the first year.

Treatment/ Planting date	Seed yield (kg/ha)	TSW (g)	Inflorescences /m²	Racemes /inflorescence	Spikelets /raceme	Seeds /inflorescence
T1 May 7	331 a[1]	3.22 a	148 ab	9.7 ab	143 a	73 a
T2 May 21	274 a	3.23 a	162 a	10.9 a	133 a	47 b
T3 June 4	115 b	3.15 a	100 bc	10.6 ab	155 a	39 b
T4 June 18	69 b	3.24 a	42 d	10.1 ab	157 a	51 b
T5 July 2	70 b	3.30 a	72 cd	9.7 ab	155 a	51 b
T6 July 16	25 b	3.02 a	28 d	9.4 b	153 a	30 b

[1]Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P = 0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Village farmer seed project

Delay in planting time severely reduced village seed yields in the first year of production (Table 4). The 6 farmers who planted in May 1997 harvested a mean machine-dressed seed yield of 315 kg/ha in October 1997. June plantings produced only 65 kg/ha of machine-dressed seed and July plantings produced no seed at all as these fields did not flower. May-planted fields averaged 32 inflorescences/m², 12.3 racemes/inflorescence, 149 spikelets/raceme and 336 seeds/inflorescence compared with June-planted fields which averaged 18 inflorescences/m², 11.8 racemes/inflorescence, 147 spikelets/raceme and 138 seeds/inflorescence (Table 5).

The mean seed yields of the 23 fields in 1998 and 1999 were 632 and 651 kg/ha, respectively (Table 4), with an average seed purity for both years of 99.6% and a TSW of 3.1 g. After 5-months post-harvest storage at ambient temperatures in hessian bags, germination rates for seed harvested in 1998 and 1999 were 81 and 91%, respectively.

Table 4. Ubon paspalum village farmer seed yields.

Farm	Planting time in 1997	1997	1998 (kg/ha)	1999
1	May	161	625	581
2	May	527	530	566
3	May	405	405	984
4	May	313	625	765
5	May	165	781	920
6	May	260	624	288
7	June	25	842	611
8	June	70	807	611
9	June	75	529	829
10	June	0	807	98
11	June	51	557	1,030
12	June	90	538	581
13	June	90	472	630
14	July	—	413	642
15	July	—	409	375
16	July	—	619	825
17	July	—	892	640
18	July	—	611	520
19	July	—	550	522
20	July	—	622	673
Mean		180	632	651

Table 5. Seed yield components of farmer seed fields in the establishment year (1997).

Farm	Planting time in 1997	Inflorescences /m²	Racemes/ inflorescence	Spikelets/ raceme	TSW (g)	Seeds/ inflorescence
1	May	27	11.9	132.9	3.15	189
2	May	28	13.8	160.0	3.36	220
3	May	23	12.7	146.4	3.28	537
4	May	34	12.3	149.2	3.49	263
5	May	18	12.2	147.0	3.03	303
6	May	16	10.8	159.5	3.28	506
7	June	18	10.8	146.9	2.77	150
8	June	10	11.5	166.3	3.38	207
9	June	35	10.2	144.4	3.24	212
10	June	21	12.0	131.1	3.35	13
11	June	14	12.5	139.8	3.12	115
12	June	21	12.4	160.9	3.39	137
13	June	20	11.4	142.1	2.90	138

Discussion

The method of establishment of Ubon paspalum is extremely critical for first-year seed production. In our studies, seed crops established by sowing seed produced no inflorescences in the first year. In Florida, Kalmbacher *et al.* (1997) also found that little flowering and seed set can be expected in the year of sowing *P. atratum*. We have also found that, in pastures sown by seed, no seed heads emerge until the second year after establishment. This is a bonus in grazed pastures, as the leafy, stem-free swards in the first year are generally of a higher nutritional quality than second year and older pastures which produce seed heads in September–October (M. Hare, unpublished data).

This behaviour sets Ubon paspalum apart from other tropical grasses used for seed production in Thailand. Seed crops of ruzi grass, *Panicum maximum*, *Paspalum plicatulum*, *Brachiaria decumbens*, *Setaria sphacelata* and *Andropogon gayanus* can all flower and produce seed in the first year following seed sowing. It seems that Ubon paspalum may have to pass through a juvenile phase during which plants have to be exposed to long days before they can respond to a flowering stimulus. Currently, we are conducting experiments in growth chambers to confirm whether or not a juvenile phase exists in Ubon paspalum.

Even in the second year after establishment, Ubon paspalum plants sown from seed produced very low yields compared with yields from spaced plants grown from tillers or seedlings. This may reflect strong inter-plant competition in the seed-sown treatments. Plant numbers in these treatments were high and plants were sparsely tillered and less robust than spaced plants. The seed sowing rate of 12 kg/ha was probably too high for seed production. Recent evidence has found that seed production of Ubon paspalum is higher in fields with distances of 50–100 cm between spaced plants (C. Phaikaew, personal communication).

Our research has shown that planting tillers or seedlings is the best method of establishing Ubon paspalum seed crops in Thailand but the time of planting must be early in the wet season for productive seed yields. Planting tillers in June–July (the traditional period for planting grass seed crops in Thailand) produces considerably less seed than planting in May. This behaviour again suggests that Ubon paspalum plants may require longer exposure to long days before they will flower profusely. Both late wet season planting and cutting (Hare *et al.* 1999c) will reduce potential seed yields.

The village farmer seed project demonstrated that village farmers can hand-harvest high seed yields. Many farmers achieved a gross income of over 60 000 baht/ha (equivalent to US$1395/ha). Ubon paspalum is now a new addition to the range of tropical grass and legume species village farmers can successfully hand-harvest for seed in Thailand (Hare 1993; Phaikaew and Hare 1998; Hare and Phaikaew 1999). However, seed production of Ubon paspalum is not without its difficulties. Heavy thunderstorms frequently occur during the September–October flowering and harvest period causing seed to shed, while foraging birds may dramatically reduce seed yields. Farmers have set up nets to capture the birds for sale or installed bird-scaring devices such as scarecrows and tins filled with stones. Some farmers sleep in their fields in order to chase away birds which forage in the early morning.

In order to enhance seed quality, we have emphasised drying the seed in the shade in order to prevent rapid moisture loss which produces non-viable shrivelled seed. Seed purity of the machine-dressed seed produced by farmers in 1998 and 1999 was excellent and satisfactory germination rates were obtained after 5 months storage in hessian bags at ambient temperatures to break embryo dormancy (Hare *et al.* 1999c). The method of hand-knocking mature seed from seed heads and then slow drying in the shade produces seed of high viability.

Site appears to have a significant impact on Ubon paspalum seed production. The university site where Ubon paspalum has been successfully grown for forage (Hare *et al.* 1999a, 1999b) has consistently produced lower seed yields in these and previous trials (Hare *et al.* 1999c) than yields harvested by farmers and at the Yasothon Animal Nutrition Station, 70 km north of Ubon Ratchathani University (Phaikaew *et al.* 2001). By employing the method of knocking seed from seed heads, the highest seed yields at the university site, from the Yasothon station and from farmer fields have been 331, 622 and 994 kg/ha seed, respectively. The Yasothon station produced 1108 kg/ha seed when seed heads were covered with nylon net bags (Phaikaew *et al.* 2001). Drainage may play an important role. Both the

university and the Yasothon sites are usually waterlogged during flowering and seed harvest, whereas farmer sites remain free-draining throughout the wet season. Soils at all sites are acid and low in organic matter, nitrogen, potassium and phosphorus. Trees appear to be the only other main physical difference between the sites. The university site has several large trees adjacent to the trials whereas the other two sites have no trees in the immediate vicinity of the seed fields. These trees may have produced some shading effect and also sheltered flocks of birds which foraged on the seed in the early morning. More studies are needed to examine the influence of trees and shading on Ubon paspalum seed production.

The critical potential seed yield components appear to be the number of inflorescences/m^2 and the number of seeds per inflorescence. Many plots in the university trials had more inflorescences/m^2 than those produced in the farmers' fields, but overall, the university inflorescences produced far fewer seeds/inflorescence leading to lower seed yields than those produced by farmers. This indicates that it may be better to have a smaller number of big heads than a larger number of small heads. Furthermore, fields which produced high seed yields generally had 10 or more racemes per inflorescence. More detailed studies need to be conducted into seed yield components of Ubon paspalum.

For high seed yields, Ubon paspalum seed crops should be hand planted with tillers or seedlings early in the wet season. Sowing seed crops by seed or planting tillers late in the wet season will result in low seed yields or no seed at all in the first year of production.

Acknowledgements

We thank the Thailand Research Fund for providing financial support for this research program and the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University for research facilities. We also thank Mrs Chaisang Phaikaew for advice during the program and Mr Kittipan Saiprasert for technical assistance.

References

HARE, M.D. (1993) Development of tropical pasture seed production in Northeast Thailand – two decades of progress. *Journal of Applied Seed Production*, 11: 93–96.

HARE, M.D. and PHAIKAEW, C. (1998) Forage seed production in Northeast Thailand: A case history. In: Loch, D.S. and Ferguson, J.E. (eds) *Forage Seed Production Volume 2: Tropical and Subtropical Species*. pp. 435–443. (CAB International: UK)

HARE, M.D., THUMMASANG, K., SURIYAJANTRATONG, W., WONGPICHET, K., SAENGKHAM, M., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C. and BOONCHAREE, P. (1999a) Pasture grass and legume evaluation on seasonally waterlogged and seasonally dry soils in northeast Thailand. *Tropical Grasslands*, 33: 65–74.

HARE, M.D., BOONCHAREE, P., TATSAPONG, P., WONGPICHET, K., KAEWKUNYA, C. and THUMMASANG, K. (1999b) Performance of para grass (*Brachiaria mutica*) and Ubon paspalum (*Paspalum atratum*) on seasonally wet soils in Thailand. *Tropical Grasslands*, 33: 75–81.

HARE, M.D., WONGPICHET, K., TATSAPONG, P., NARKSOMBAT, S. and SAENGKHAM, M. (1999c) Method of seed harvest, closing date and height of closing cut affect seed yield and seed yield components in *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands*, 33: 82–88.

KALMBACHER, R.S., MARTIN, F.G. and KRETSCHMER, A.E. (1995) Effect of rest period length prior to late paspalum seed harvest. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, 54: 1–5.

KALMBACHER, R.S., BROWN, W.F., CORAIN, D.E., D'SOUZA, L.S., KRETSCHMER, A.E.Jr, MARTIN, F.G., MULLAHEY, J.J. and RECTOR, J.E. (1997) 'Suerte' atra paspalum: Its management and utilization. *University of Florida, Range Research Experimental Station, Circular* S-387.

KOWITHAYAKORN, L. and PHAIKAEW, C. (1993) Harvesting and processing techniques of tropical grass and legume seeds for small farmers. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. pp. 1809–1813.

PHAIKAEW, C. and HARE, M.D. (1998) Thailand's experiences with forage seed supply. In: Horne, P.M., Phaikaew, C. and Stur, W.W. (eds) *Forage Seed Supply Systems — Proceedings of a workshop held at Thai Pra, Thailand on 31 October and 1 November 1996*. pp. 7–14. *CIAT Working Document No. 175. Los Banos, Philippines*.

PHAIKAEW, C., PHOLSEN, P., TUDSRI, S., TSUKADA, J., NOMURA, H. and ISHII, Y. (2001) Maximising seed yield and seed quality of *Paspalum atratum* through choice of harvest method. *Tropical Grasslands*, 35: 11–15.

(Received for publication March 27, 2000; accepted August 30, 2000)

Tropical Grasslands (2001) Volume 35, 139–143

Juvenility and long-short day requirement in relation to flowering of *Paspalum atratum* in Thailand

M.D. HARE, K. WONGPICHET, M. SAENGKHAM, K. THUMMASAENG AND W. SURIYAJANTRATONG
Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand

Abstract

In a study on flowering, *Paspalum atratum* cv. Ubon was confirmed as a long-short day plant exhibiting a quantitative response to long days followed by a qualitative response to short days. Plants 20, 40 and 60 days of age exposed to a full period of 60 long days in a plant growth chamber (14 h light) fully flowered after being placed outside in natural shortening day-lengths. Plants that were planted as sprouted seeds in the growth chamber at the beginning of the 60 long-day period took 2–3 days for first leaves to appear and incomplete flowering (88%) resulted when they were exposed to natural shortening day-lengths. Plants that received 0, 20 and 40 long days did not flower after being exposed to natural shortening day-lengths. Plants that were not transferred outdoors but remained growing under long-day conditions in the growth chamber also did not flower.

The study also confirmed that no juvenile stage exists in Ubon paspalum because all plants after being exposed to 60 long days in a growth chamber at 20, 40 and 60 days of age flowered following exposure to natural shortening day-lengths.

The importance of the long-short day flowering response for agronomic management of Ubon paspalum seed crops is discussed.

Correspondence: M.D. Hare, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrab, Ubon Ratchathani 34190, Thailand. Email: Michaelh@agri.ubu.ac.th

Introduction

Farmers growing *Paspalum atratum* cv. Ubon in Thailand can consistently harvest seed yields >600 kg/ha (Hare *et al.* 2001) and in small plots on research stations, yields have reached 1100 kg/ha (Phaikaew *et al.* 2001). Agronomic management is a key factor for seed production success. To produce high seed yields in the establishment year in Thailand, Ubon paspalum seed crops should be hand-planted with tillers or seedlings early in the wet season (May). Sowing seed crops by seed or planting tillers later in the wet season (June–August) will result in low seed yields or no seed at all in the first year (Hare *et al.* 2001). In Florida, Kalmbacher *et al.* (1997) also found that little flowering and seed set can be expected in the year of sowing *P. atratum* cv. Suerte.

In the second and subsequent years of production, seed crops of Ubon paspalum cut late in the wet season (August and September in Thailand) produced little or no seed (Hare *et al.* 1999). In Florida, if seed crops of cultivar Suerte are mown after August 1, their seed yields are greatly reduced or eliminated (Kalmbacher *et al.* 1995; 1997).

The failure of *P. atratum* to flower profusely in the first year following seed sowing or late planting of tillers, suggested that *P. atratum* may have to pass through a juvenile phase during which plants have to be exposed to long days prior to the summer solstice (June 22), before they can respond to a flowering stimulus (Hare *et al.* 2001). Juvenility and the long-day requirement were advanced by Hare *et al.* (1999) as reasons for the flowering behaviour of *P. atratum* cut late in the wet season after the summer solstice. They suggested that removing reproductive tillers at this time did not allow sufficient time for new tillers to pass through another juvenile phase and receive a sufficient number of long days before responding to a flowering trigger.

Loch *et al.* (1999) commented that the predictable late-autumn flowering pattern of *P. atratum* cv. Suerte in Queensland (26°S) and in the Philippines (15°N) and the failure to flower when grown at a low-latitude site (5°N) were suggestive of a qualitative short-day plant. However, the failure in the higher latitudes of late-planted seed crops and late-summer-cut seed crops to flower in the same year in subsequent autumn–winter short days suggests otherwise and that there could be an effect of juvenility and/or long-short day requirements for floral initiation. These crops will flower only in the second year, 2–3 months after the summer solstice.

The characteristic known as juvenility is when plants will not flower until they reach a certain growth stage, irrespective of receiving the stimulus that causes mature plants to flower (Fisher 1999). In most tropical grass species, juvenility is very short-lived and unimportant, but in a few species the duration of the juvenile phase is longer and of more significance (Humphreys and Riveros 1986). *Paspalum plicatulum* flowers in response to 10 h days only if plants are at least 60 days old and no response occurs at age 40 days (Chadhokar and Humphreys 1974). *Andropogon gayanus* did not flower in 8 h days if plants were less than 6 weeks old at the start of treatment (Tompsett 1976).

The long-short day requirement for flowering has not been reported in any commercial tropical grass species commonly multiplied for seed (Loch *et al.* 1999), but the possibility of a long-short day requirement in *P. plicatulum* has been suggested (Humphreys and Riveros 1986). In tropical legumes, the long-short day requirement is more common and has been reported in *Stylosanthes guianensis* var. *guianensis* cv. Cook (Ison and Humphreys 1984), *S. guianensis* var. *pauciflora* (Andrade *et al.* 1983) and possibly *Desmodium intortum* (Andrade 1999).

Humphreys and Riveros (1986) stated that plants having a long-short day requirement for flowering should not be sown late in the summer and flowering might be expected to be earlier and more profuse in the higher latitudes of the tropics than in the lower latitudes and equatorial regions. Indeed, Ubon paspalum in Thailand appears to exhibit long-short day requirements as little or no flowering occurs after late sowing and late cutting; and in the lower latitudes of south Thailand (6–9°N) little flowering occurs compared with the profuse flowering in north-east Thailand (15–18°N).

We examined the flowering behaviour of *P. atratum* under controlled growth room conditions to determine: (a) whether or not a juvenile phase exists; and (b) whether or not there is definitely a long-short day requirement for flowering.

Materials and methods

The trial was conducted at the Ubon Ratchathani University Research Farm (15°N) in 2000. The trial consisted of 7 main primary day-length treatments in a growth chamber (Table 1) with 4 replications.

Table 1. Growth chamber primary day-length[1] treatments and date of treatment commencement.

Treatment	No of short day-length days	No of long day-length days	Date of treatment commencement
T1	60	60	Mar 10
T2	40	60	Mar 30
T3	20	60	Apr 18
T4	0	60	May 8
T5	0	40	May 28
T6	0	20	Jun 17
T7	0	0	Jul 7

[1]Short days = 11 h light; long days = 14 h light.

Five days prior to the commencement of each primary day-length treatment, seeds of *P. atratum* cv. Ubon were germinated on moist filter paper in petri dishes on a bench at room temperature. Each treatment consisted of 4 replications with 4 pots per replication making a total of 16 pots per treatment. The 20 cm diameter pots contained soil from the university farm classified as a mixture of very sandy low humic gley soil with some gray podzolic soil previously described by Hare *et al.* (1999). On the morning when the primary day-length treatments commenced, 6 sprouted seeds were planted per pot and the pots immediately placed in the controlled climate plant growth chamber (model Conviron CMP4030). One month after planting, plants were thinned to a single plant per pot. A compound fertiliser (15N:15P:15K:9S) was applied at sowing and at 6-weekly intervals thereafter at a rate of 156 kg/ha. The pots were watered regularly.

The chamber was programmed for 60 short day-length days (March 10–May 8) and then long day-length days (May 9–October 5). Short

day-length days were 11 h light at 30°C and 13 h dark at 25°C. Long day-length days were 14 h light at 30°C and 10 h dark at 25°C. Relative humidity and CO_2 levels were kept constant at 70% and 100 ppm, respectively. During light hours, all levels of incandescent and fluorescent lights were turned on to produce 198 micromoles.

On July 7, at the end of the primary day-length treatments, half the pots (2 pots per replication per treatment) remained inside the growth chamber in long day-lengths and the other pots were transferred outdoors and placed in a field to be exposed to natural shortening day-lengths and temperatures. Day-lengths (sunrise–sunset) were recorded at the north-east meteorological station in Ubon Ratchathani, 15 km from the university research site, and temperatures were recorded at the university research site (Table 2).

Table 2. Average monthly day-lengths (sunrise–sunset) and average monthly maximum and minimum temperatures at Ubon Ratchathani in 2000.

Month	Day-length	Temperatures	
		max	min
	(h:min)	(°C)	
Jan	11:20	32.4	17.3
Feb	11:37	33.1	16.5
Mar	12:03	36.1	22.2
Apr	12:29	35.2	24.6
May	12:50	33.9	24.4
Jun	13:01	33.1	24.4
Jul	12:55	32.6	24.1
Aug	12:37	33.7	24.4
Sep	12:13	31.7	23.5
Oct	11:47	31.7	22.9
Nov	11:25	30.7	19.6
Dec	11:14	31.5	18.7

Flowering commenced in the pots outside in mid-September, and at anthesis in early October, the number of inflorescences per plant, racemes per inflorescence and spikelets per raceme were counted. The plants that remained in long day-lengths in the growth chamber failed to flower and on October 5, plant height and stem diameter were recorded for these plants.

Results

Plants that remained under long day-length conditions in the growth chamber became tall and stemmy but did not flower. Plants from T1-T6 averaged 180 cm in height with stems 75 mm in diameter but T7 plants were significantly ($P < 0.01$) shorter (104 cm), with significantly ($P < 0.01$) thinner stems (41 mm).

Of the plants transferred outdoors, all plants (8 plants per treatment) that were growing (T1-T3) before being exposed to 60 days of long day-lengths flowered (Table 3). Seven out of eight plants (88%) that received 60 days of long day-lengths but no prior short-day exposure (T4) flowered. Plants receiving long day-lengths for only 40 and 20 days (T5 T6) did not flower. Plants that were planted outdoors under natural shortening day-lengths (T7) also did not flower.

Plants growing in short days before being exposed to long day conditions (T1-T3) had significantly ($P < 0.05$) more spikelets per raceme than plants that did not receive short day-length exposure in the growth chamber (T4). T1 plants produced significantly more spikelets than other plants (Table 3). T2 plants were more robust than plants in other treatments and they produced twice as many inflorescences per plant as plants that flowered in other treatments. The numbers of racemes per inflorescence were not significantly different between plants that flowered (T1-T4).

Table 3. Effect of combination of short and long day-length treatments in controlled environment before natural short day exposure on flowering in Ubon paspalum.

Treatment	No short days/ No long days	% plants flowered	Inflorescences/ plant	Racemes/ inflorescence	Spikelets/ raceme
T1	60/60	100	2.5	7.9	66.5
T2	40/60	100	5.5	8.4	55.1
T3	20/60	100	2.0	7.0	52.9
T4	0/60	88	1.7	8.2	40.7
T5	0/40	0	00	00	0
T6	0/20	0	00	00	0
T7	0/0	0	00	00	0
LSD ($P < 0.05$)		14.1	1.2	0.92	10.1

Discussion

Juvenile plants will not flower until they reach a certain growth stage even though they may receive the same stimulus that causes more mature plants to flower (Fisher 1999). This study has shown that no juvenile stage exists in Ubon paspalum for flowering response. Firstly, all plants whether 20, 40 or 60 days of age flowered when they received 60 days of long day-length exposure in a growth chamber prior to flowering outdoors in natural shortening day-lengths. Secondly, nearly all plants (88%) that were planted as sprouted seeds in pots at the beginning of the 60 long-day period also flowered. These plants took 2–3 days for the first leaves to emerge and so as seedlings, they received a period of long days slightly less than the maximum 60-day period used in the study.

Exposure to long day-lengths appears paramount in determining flowering in Ubon paspalum. This study showed that there appears to be a threshold in the number of long days required to trigger a flowering response. Plants receiving 0, 20 and 40 long day-lengths did not flower at all while plants exposed to 60 long days flowered completely. The 88% flowering in plants exposed to slightly less than 60 long days suggests that 60 days may be close to the critical number of long days required. This time frame is important for agronomic management of seed crops.

Ubon paspalum sown as seed in May in Thailand will not flower in the first year (Hare *et al.* 2001) as plants do not receive the minimum requirement of 60 long days before days begin to shorten at the end of June. It usually takes about 14 days for seedlings to emerge, so the maximum number of long days they are likely to be exposed to would be 45 days, a period our study has shown to be insufficient to initiate a flowering response. To obtain first-year seed crops, farmers either plant seed in nurseries in March and transplant well developed seedlings in late April and early May, or dig out rooted tillers from mature plants and transplant these tillers in May. Both methods guarantee that these plants will receive at least 60 long days before day lengths begin to shorten at the end of June.

Cutting near ground level after the summer solstice removes reproductive apices of Ubon paspalum and prevents new tillers on these plants from receiving sufficient long days to initiate flowering again that year. Kalmbacher *et al.* (1995) found that reproductive apices in cv. Suerte plants were at the soil surface in mid-June and mid-July but, by the end of August, were elevated 10–15 cm above the soil surface. High cutting or topping in June–July is not detrimental to seed crops (Hare *et al.* 1999) as reproductive apices are not removed and plants would have already received the minimum number of long days to flower.

This study shows that Ubon paspalum exhibits a long-short day response for flowering. Plants that remained under long-day conditions in the growth chamber did not flower at all, despite adequate moisture and suitable temperatures. These plants remained vegetative and produced long fibrous stems. Internode elongation occurred without inflorescence initiation (Hacker 1999) because the plants were not exposed to any short days to initiate the flowering response.

At Ubon Ratchathani, the longest days occur in June (Table 2), peaking at 13 h 2 min from June 14–25. Between early July and mid-September, when Ubon paspalum flower heads first appear, day-lengths shorten by approximately 48 min. As flowering would have been initiated earlier, it appears that Ubon paspalum plants can perceive day-length differences of approximately 30 min. The critical short day length would appear to be 12.30 h which is reached in Ubon Ratchathani in the last week of August. Thus, there is a predictable rhythm of flowering in Ubon paspalum every year, with a qualitative response to short days (Loch *et al.* 1999) following a quantitative response to long days. Every year in Ubon Ratchathani, Ubon paspalum flower heads begin to emerge about mid-September and are harvested in the first week in October. Flowering is well synchronised and hand harvesting is usually completed within 7 days (Hare *et al.* 1999, 2001). This allows harvesting to be organised well in advance.

The long-short day response of Ubon paspalum is the first reported for a commercially grown tropical grass cultivar or species even though Humphreys and Riveros (1986) suggested the possibility of such a response in *P. plicatulum*. This has implications for planting method (Hare *et al.* 2001), sowing time (Hare *et al.* 2001), cutting and closing management (Hare *et al.* 1999) and site selection, with flowering more profuse in the higher latitudes than in the equatorial regions (Humphreys and Riveros 1986).

Acknowledgements

We thank the Thailand Research Fund (TRF) for providing financial support for this research program and the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University for research facilities.

References

ANDRADE, R.P. de (1989) Location of seed crops: Legumes. In: Loch, D.S. and Ferguson, J.E. (eds) *Forage seed production. Volume 2. Tropical and subtropical species*. pp. 129–140. (CAB International: Wallingford, UK).

ANDRADE, R.P. de, THOMAS, D. and FERGUSON, J.E. (1983) Seed production of pasture species in a tropical savanna region of Brazil. I. Legumes. *Tropical Grasslands*, 17, 54–59.

CHADHOKAR, P.A. and HUMPHREYS, L.R. (1974) Short day and plant age effects on flowering of *Paspalum plicatulum*. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 40, 75–76.

FISHER, M.J. (1999) Crop growth and development. Flowering physiology. In: Loch, D.S. and Ferguson, J.E. (eds) *Forage seed production. Volume 2. Tropical and subtropical species*. pp. 81–92. (CAB International: Wallingford, UK).

HACKER, J.B. (1999) Crop growth and development: Grasses. In: Loch, D.S. and Ferguson, J.E. (eds) *Forage seed production. Volume 2. Tropical and subtropical species*. pp. 41–56. (CAB International: Wallingford, UK).

HARE, M.D., WONGPICHET, K., TATSAPONG, P., NARKSOMBAT, S. and SUKNGKHAM, M. (1999) Method of seed harvest, cutting date and height of closing cut affect seed yield and seed yield components in *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 82–90.

HARE, M.D., KAEWKUNYA, C., TATSAPONG, P., WONGPICHET, K., THUMMASAENG, K. and SURIYAJANTRATONG, W. (2001) Method and time of establishing *Paspalum atratum* seed crops in Thailand. *Tropical Grasslands*, 35, 19–25.

HUMPHREYS, L.R. and RIVEROS, F. (1986) *Tropical Pasture Seed Production. FAO Plant Production and Protection Paper, 8*.

ISON, R.L. and HUMPHREYS, L.R. (1984) Flowering of *Stylosanthes guianensis* in relation to juvenility and the long-short day requirement. *Journal of Experimental Botany*, 35, 121–126.

KALMBACHER, R.S., MARTIN, F.G. and KRETSCHMER, A.E. (1995) Effect of rest period length prior to atra paspalum seed harvest. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, 54, 1–5.

KALMBACHER, R.S., BROWN, W.F., COLVIN, D.L., DUNAVIN, L.S., KRETSCHMER, A.E.Jr, MARTIN, F.G., MCLAREY, J.J. and RECHCIGL, J.E. (1997) 'Suerte' atra paspalum: Its management and utilization. *University of Florida, Agricultural Experimental Station, Circular S 397*.

LOCH, D.S., COOK, B.G. and HARVEY, G.L. (1999) Location of seed crops: Grasses. In: Loch, D.S. and Ferguson, J.E. (eds) *Forage seed production. Volume 2. Tropical and subtropical species*. pp. 113–128. (CAB International: Wallingford, UK).

PHAIKAEW, C., PHOLSEN, P., THOSRI, S., TSUZUKI, E., NUMAGUCHI, H. and ISHII, Y. (2001) Maximising seed yield and seed quality of *Paspalum atratum* through choice of harvest method. *Tropical Grasslands*, 35, 11–18.

TOMPSETT, P.B. (1976) Factors affecting the flowering of *Andropogon gayanus* Kunth. Responses to photoperiod, temperature and growth regulators. *Annals of Botany*, 40, 695–705.

(Received for publication January 19, 2001; accepted April 22, 2001)

Appendix 5

อิทธิพลของน้ำท่วมขังต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้าพาสพาลัมอุบล (*Paspalum atratum*)

Effects of Waterlogging on Yield and Quality of Ubon Paspalum (*Paspalum atratum*)

เมตตา แสงคำ[1,2] ไมเคิล แฮร์[2] สายัณห์ ทัดศรี[1] และกิตติ วงส์พิเชษฐ[2]

Metta Saengkham[1,2], Michael Hare[2], Sayan Tudsri[1] and Kitti Wongpichet[2]

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เพื่อศึกษาระยะเวลาน้ำท่วมขังและช่วงอายุของหญ้าพาสพาลัมอุบลที่สามารถทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขัง มี 2 ปัจจัยทดลองคือ อายุต้นกล้า 30, 60 และ 90 วัน และระยะเวลาน้ำท่วมขังคือ 0, 10, 20 และ 30 วัน ที่ระดับน้ำท่วมขัง 5 ซ.ม.เหนือผิวดิน จากการทดลองพบว่าหญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 30, 60 และ 90 วัน สามารถมีชีวิตรอดจากน้ำท่วมขังได้ อย่างไรก็ตาม หญ้าอายุ 30 และ 90 วัน ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมขังทำให้น้ำหนักแห้ง ทั้งส่วนใบและลำต้นต่ำกว่าหญ้าที่ไม่มีน้ำท่วมขัง ทั้งนี้น้ำหนักแห้งของหญ้าอายุ 90 วันลดลงมากกว่าหญ้าอายุ 30 วัน ในขณะที่หญ้าอายุ 60 วัน น้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันระหว่างมีและไม่มีน้ำท่วมขัง นอกจากนี้พบว่า สภาพน้ำท่วมขังไม่มีผลกระทบต่อจำนวนหน่อต่อกอ แต่ขนาดของหน่อหญ้าอายุ 90 วันที่ถูกน้ำท่วมขังมีขนาดเล็กกว่าหญ้าปกติ อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเปอร์เซ็นต์โปรตีนของหญ้าพาสพาลัมอุบลที่ถูกน้ำท่วมขังระยะต่างๆ ส่วนเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้นภายใต้สภาพน้ำท่วมขัง

คำสำคัญ: พาสพาลัมอุบล น้ำท่วมขัง ผลผลิต และคุณภาพ

Abstract

This study was conducted to examine the effects of waterlogging duration (0, 10, 20 and 30 days duration) on Ubon paspalum seedlings of varying ages (30, 60 and 90 days of age). The seedlings were kept waterlogged at a constant depth of 5 cm. The results showed that all seedlings survived waterlogging but some seedlings were more affected than others. Waterlogging had no effect on 60 days old seedlings but dry matter yields of 30 and 90 days old seedlings were reduced. The effect of waterlogging was most severe on 90 days old seedlings. Tiller number was not affected by waterlogging but size of 90 days old seedling tillers were significantly smaller than other seedling tillers. Waterlogging had no effect on crude protein levels but phosphorus levels increased following waterlogging.

Key words: Ubon paspalum, waterlogging, yield and quality

คำนำ

หญ้าพาสพาลัมอุบล (*Paspalum atratum*) เป็นหญ้าที่นำเข้าจากประเทศบราซิลมาปลูกทดสอบในประเทศไทย สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพภูมิอากาศได้เป็นอย่างดี ให้ผลผลิตสูง แม้ในสภาพที่ลุ่ม ดินทราย และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Hare *et al*., 1999) อย่างไรก็ตาม ปัญหาการปลูกสร้างแปลงหญ้าในพื้นที่ดังกล่าวก็คือ ปัญหาน้ำท่วมขังซึ่งอาจทำให้หญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังตายได้ แม้ว่าหญ้าพาสพาลัมอุบลจะเป็นหญ้าที่เจริญเติบโตได้ในที่ลุ่ม แต่ข้อมูลเกี่ยวกับการทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังยังมีน้อย ดังนั้น การทดลองครั้งนี้เพื่อศึกษาหาช่วงอายุของหญ้าพาสพาลัมอุบลและระยะเวลาที่หญ้าสามารถทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขัง ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการนำไปใช้ปลูกสร้างและการจัดการแปลงหญ้า ตลอดจนเป็นข้อมูลเพื่อประกอบการเลือกพื้นที่สำหรับปลูกสร้างแปลงหญ้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD จำนวนสี่ซ้ำ ประกอบด้วยสองปัจจัย ดังนี้

1.อายุต้นกล้าที่น้ำเริ่มท่วมขัง 30, 60 และ 90 วัน

2.ระยะเวลาน้ำท่วมขังนาน 0, 10, 20 และ 30 วัน

ทำการทดลองระหว่างเดือนธันวาคม 2540 – พฤษภาคม 2541 ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปลูกหญ้าพาสพาลัมอุบลด้วยเมล็ดพันธุ์ในถังพลาสติกในเดือนธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ เพื่อเตรียมต้นกล้าอายุ 30 60 และ 90 วันตามลำดับ หลังปลูกหนึ่งสัปดาห์ถอนแยกต้นกล้าเหลือสามต้นต่อถัง เริ่มทดลองในเดือนมีนาคม โดยใส่ระดับน้ำท่วมขังสูงห้าเซนติเมตรเหนือผิวดิน เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนดคือ 0, 10, 20 และ 30 วัน ระบายน้ำออกแล้วปล่อยให้หญ้าเจริญเติบโตต่อไปตามปกติ จนกระทั่งพร้อมกันกับครั้งสุดท้ายที่ 30 วัน หลังจากนั้น ปล่อยให้หญ้าพักตัวเป็นเวลาเจ็ดวัน ก่อนเก็บเกี่ยว

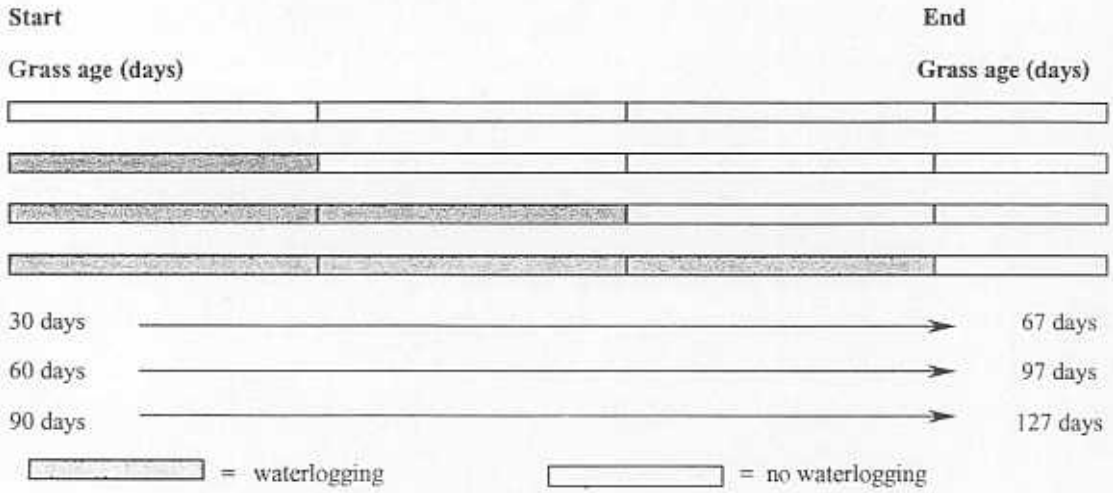


Figure 1 Waterlogging imposed to Ubon paspalum at different ages and durations.

เมื่อถึงกำหนด เก็บเกี่ยวโดยตัดต้นหญ้าชิดผิวดิน แล้วนำมาแยกส่วนลำต้นและใบ นำไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักแห้ง นำตัวอย่างที่ได้วิเคราะห์หาร้อยละโปรตีนและฟอสฟอรัส

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลอง โดยใช้โปรแกรม Irristat และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ผลการทดลอง

1. น้ำหนักแห้ง

จากการทดลองพบว่าหญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 60 วัน ไม่ได้รับผลกระทบจากสภาพน้ำท่วมขัง ในขณะที่หญ้าอายุ 30 และ 90 วัน ได้รับผลกระทบจากสภาพน้ำท่วมขัง ทำให้น้ำหนักแห้งทั้งส่วนใบ ลำต้น และน้ำหนักรวมต่ำกว่าสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขัง โดยเฉพาะหญ้าอายุ 90 วัน น้ำหนักแห้งลดลงมากกว่าหญ้าอายุ 30 วัน (Table 1)

Table 1 Effect of grass age and waterlogging duration on dry weight (g/plant) of Ubon paspalum.

Waterlogging duration (days)	Grass age (days)								
	30			60			90		
	Leaves	Stems	Total	Leaves	Stems	Total	Leaves	Stems	Total
0	3.95 a	1.83 a	5.78 a	4.38 a	2.50 a	6.85 a	6.18 a	3.38 a	9.57 a
10	2.85 ab	1.50 ab	4.35 ab	4.25 a	2.05 a	6.30 a	4.25 b	1.90 b	6.15 bc
20	2.38 b	1.33 ab	3.70 b	3.80 a	1.98 a	5.78 a	4.98 b	2.35 b	7.32 b
30	1.96 b	1.08 b	3.03 b	3.35 a	2.08 a	5.43 a	2.98 c	1.78 b	4.75 c
Average	2.78	1.43	4.20	3.94	2.15	6.09	4.59	2.35	6.95

CV. Leaves = 21.2%, CV. Stems = 22.8% and CV. Total = 21.4%

In the same column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

2. จำนวนหน่อ

จากการทดลองพบว่า มีเพียงอายุของหญ้าพาสพาลัมอุบลเท่านั้นที่มีผลกระทบต่อจำนวนหน่อ แต่ระยะเวลาน้ำท่วมขังไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนหน่อ โดยหญ้าอายุ 60 และ 90 วัน มีจำนวนหน่อใกล้เคียงกัน คือเฉลี่ย 4.8 และ 4.1 หน่อต่อกอตามลำดับ ส่วนหญ้าอายุ 30 วัน มีจำนวนหน่อต่อกอต่ำกว่าโดยมีเพียง 2.4 หน่อต่อกอ (Table 2)

Table 2 Effect of grass age and waterlogging duration on tiller no. (tillers/plant) of Ubon paspalum.

Waterlogging duration (days)	Grass age (days)		
	30	60	90
0	2.8	4.5	3.8
10	2.3	4.8	4.8
20	2.5	4.8	4.3
30	2.0	4.8	3.5
Average	2.4 ns	4.7 ns	4.1 ns

CV. = 27.7%

ns = not significant

3. ขนาดของหน่อหญ้า

โดยทั่วไป น้ำท่วมขังในหญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 30 วันเกือบไม่มีผลกระทบต่อขนาดของหน่อหญ้า และไม่มีผลกระทบเลยในหญ้าอายุ 60 วัน แต่ในหญ้าอายุ 90 วัน ขนาดของหน่อหญ้าจะได้รับผลกระทบทำให้ขนาดหน่อเล็กลง (Table 3)

Table 3 Effect of grass age and waterlogging duration on tiller weight (g/tiller) of Ubon paspalum.

Waterlogging duration (days)	Grass age (days)		
	30	60	90
0	2.06 a	1.53 a	2.68 a
10	1.93 ab	1.32 a	1.47 b
20	1.43 b	1.22 a	1.71 b
30	1.65 ab	1.12 a	1.44 b
Average	1.77	1.30	1.82

CV. = 23.0%

In the same column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

4. การเปลี่ยนแปลงสีของใบ

จากการสังเกตด้วยตา หลังน้ำท่วมขังประมาณ 3 วัน พบเห็นการเปลี่ยนแปลงของหญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 60 และ 90 วัน แต่หญ้าอายุ 30 วันจะไม่มีความแตกต่างกัน หญ้าอายุ 90 วันเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน รองลงมาคืออายุ 60 วัน โดยพบว่าส่วนปลายใบแก่เปลี่ยนเป็นสีแดง หลังจากนั้นประมาณวันที่ 10 ใบที่เปลี่ยนสีจะมีอาการใบไหม้และตาย เมื่อเข้าสู่วันที่ 15 พบว่าบางต้นที่ใบไหม้มีการสร้างรากใหม่ขึ้นมาลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ และพบว่าต้นที่มีการสร้างราก ใหม่ได้รับความเสียหายน้อยกว่าต้นที่ไม่มีการสร้างราก ประมาณวันที่ 20 พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก มีเพียง หญ้าอายุ 30 วันที่ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ส่วนต้นที่ใบไหม้และตายมีการสร้างใบใหม่ที่มีขนาดเล็กกว่าปกติมาทดแทน แต่ใบไม่มีอาการใบไหม้ (Table 4)

Table 4 Leaf color changes of Ubon paspalum at 30, 60 and 90 days old and during 0, 10, 20 and 30 days of waterlogging.

Waterlogging duration (days)	Grass age (days)		
	30	60	90
0	Dark green leaves, normal growth.	Dark green leaves, 1-3 lower leaves died.	Upper leaves dark green, 1-4 lower leaves died.
10	Dark green leaves, normal growth.	Upper leaf rims changed to green-red, leaf tips dried, 1-5 lower leaves died.	Base of upper leaves still green, leaf tips were green-red or dried, 1-6 lower leaves died.
20	Upper leaves dark green, lower leaves green-yellow.	Base of upper leaves still green but leaf rims dried. 1-7 lower leaves died. New leaves emerged, some plants developed new roots.	Base of upper leaves green-red, some leaves died. 1-9 lower leaves died. New leaves emerged, some plants developed new roots.
30	Leaves green-yellow, no leaves dried out. 1-2 mature leaves died	Base of upper leaves green, leaf tips dried. New smaller leaves emerged. 1-7 lower leaves died. Some new roots developed.	Leaf bases green-red or died. New smaller leaves emerged. 1-9 lower leaves died. Some new roots developed.

5. ร้อยละโปรตีน

สภาพน้ำท่วมขังไม่มีผลกระทบต่อร้อยละโปรตีนของหญ้าพาสพาลัมอุบล ทั้งอายุ 30, 60 และ 90 วัน แม้ว่าจะท่วมขังนานถึง 30 วัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากอายุหญ้า พบว่าเมื่อหญ้ามีอายุมากขึ้น จะทำให้มีร้อยละโปรตีนลดลง (Table 5)

Table 5 Effect of grass age and waterlogging duration on protein percentage of Ubon paspalum.

Waterlogging duration (days)	Grass age (days)								
	30			60			90		
	Leaves	Stems	Total	Leaves	Stems	Total	Leaves	Stems	Total
0	8.8	5.4	7.8	4.4 b	2.0	3.5	3.9 b	2.0	3.2
10	8.0	5.0	6.9	5.8 a	2.8	4.8	5.9 a	3.4	5.1
20	7.7	5.0	6.7	6.0 a	3.5	5.2	5.6 a	3.2	4.8
30	8.3	4.1	6.8	5.6 a	2.8	4.5	5.3 a	3.4	4.6
Average	8.2 ns	4.9 ns	7.1 ns	5.5	2.8 ns	4.5 ns	5.1	3.0 ns	4.0 ns

CV. Leaves = 12.2%, CV. Stems = 27.8% and CV. Total = 15.2%

In the same column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

ns = not significant

6. ร้อยละฟอสฟอรัส

หญ้าพาสพาลัมอุบลที่มีอายุ 30 วัน มีร้อยละฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้นหลังจากน้ำท่วมขังนาน 20-30 วัน ในขณะที่หญ้าอายุ 60 และ 90 วัน พบว่าแม้น้ำท่วมขังเพียง 10 วัน มีผลทำให้ร้อยละฟอสฟอรัสสูงกว่าหญ้าที่ไม่ถูกน้ำท่วมขัง (Table 6)

Table 6 Effect of grass age and waterlogging duration on phosphorus percentage of Ubon paspalum.

Waterlogging Duration (days)	Grass age (days)								
	30			60			90		
	Leaves	Stems	Total	Leaves	Stems	Stems	Leaves	Stems	Stems
0	0.10b	0.13c	0.11c	0.07b	0.14b	0.10b	0.07b	0.14c	0.09b
10	0.11b	0.16c	0.12c	0.10a	0.18ab	0.13ab	0.11a	0.21ab	0.14a
20	0.12b	0.23b	0.16b	0.10a	0.19ab	0.14a	0.09ab	0.17bc	0.12ab
30	0.19a	0.30a	0.23a	0.12a	0.22a	0.16a	0.11a	0.23a	0.15a
Average	0.13	0.20	0.16	0.13	0.18	0.13	0.09	0.19	0.12

CV. Leaves = 21.2%, CV. Stems = 18.7% and CV. Total = 16.2%

In the same column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

วิจารณ์ผล

1. ผลผลิตน้ำหนักแห้ง

หญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 30 วัน เมื่ออยู่ภายใต้สภาพน้ำท่วมขังนานกว่า 20 วัน มีผลให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และทั้งต้นต่ำกว่าสภาพควบคุม (Table 1) ทั้งนี้คาดว่าเป็นอิทธิพลมาจากขนาดของหน่อหญ้าเป็นหลัก เนื่องจากหลังน้ำท่วมขังแล้วขนาดของหน่อหญ้ามีขนาดเล็กลง (Table 3) ในขณะที่จำนวนหน่อไม่แตกต่างกันแต่ลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Table 2) และอีกประการเมื่ออยู่ภายใต้สภาพน้ำท่วมขังนั้น หญ้าไม่สามารถนำไนโตรเจนไปใช้ได้ ทำให้ใบหญ้ามีสีเหลืองดังแสดงไว้ใน Table 4 ทำให้การสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตหยุดชะงัก ซึ่ง Box (1986) และ Musgrave (1994) รายงานในข้าวสาลีที่ถูกน้ำท่วมขังว่า การสังเคราะห์แสงจะลดลงอย่างเด่นชัด เช่นเดียวกันกับ Kramer and Jackson (1954) เคยรายงานในข้าวสาลีที่ถูกน้ำท่วมขังว่าอัตราการสังเคราะห์แสงลดลงและทำให้ผลผลิตข้าวสาลีต่ำด้วย สอดคล้องกับ Hare *et al.* (1999) รายงานในหญ้าพาสพาลัมอุบลที่มีอายุ 84 วัน ที่อยู่ภายใต้สภาพน้ำท่วมขังนาน 10 วัน ทำให้น้ำหนักแห้งต่ำกว่าสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขัง

ในขณะที่หญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 60 วันทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังมากที่สุดโดยมีน้ำหนักแห้งร้อยละ 79 ของสภาพที่ไม่มีน้ำท่วมขัง อย่างไรก็ตาม แม้ไม่มีความแตกต่างระหว่างสองสภาพ แต่แนวโน้มของน้ำหนักแห้งลดลงเช่นกัน ซึ่งนอกจากจะมาจากสาเหตุเดียวกันกับหญ้าอายุ 30 วันแล้ว ยังเกิดจากการสูญเสียส่วนใบเพราะเกิดใบไหม้และตาย ทั้งนี้อาการใบไหม้ของพืชอาจจะเนื่องมาจากพืชมีการสะสมสารบางชนิด เช่น Ethylene ซึ่งถ้ามีในปริมาณสูงจะเป็นอันตรายต่อพืช (Jackson, 1994) อย่างไรก็ตาม หญ้าที่เกิดใบไหม้บางต้นมีการสร้างใบและรากขึ้นมาใหม่ ซึ่งเป็นลักษณะอย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงการต้านทานต่อสภาพน้ำท่วมขังของพืช (Musgrave and Ding, 1998)

พบว่าน้ำหนักแห้งหญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 90 วันลดลงอย่างเด่นชัด แม้ว่าน้ำขังเพียง 10 วัน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อน้ำท่วมขัง หญ้าอายุ 90 วันจะมีอาการใบไหม้มากกว่าหญ้าอายุ 30 และ 60 วัน ทำให้สูญเสียผลผลิตส่วนใบมาก นอกจากนี้ เมื่อเกิดใบไหม้ทำให้พื้นที่ใบซึ่งใช้ในการสังเคราะห์แสงลดลง ซึ่งมีผลกระทบต่อการฟื้นตัวและผลิใบใหม่เพื่อทดแทนใบเก่า จึงทำให้น้ำหนักแห้งต่ำกว่าสภาพควบคุมมาก

2. คุณค่าทางอาหาร

แม้ว่าสภาพน้ำท่วมขังไม่มีผลกระทบต่อร้อยละโปรตีนเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าพาสพาลัมอุบลทุกอายุ (Table 5) เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนใบ พบว่าหญ้าอายุ 30 วัน มีร้อยละโปรตีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากว่าผลผลิตหญ้าอายุ 30 วันมีทั้งใบอ่อนและใบแก่ ในขณะที่หญ้าอายุ 60 และ 90 วัน ร้อยละโปรตีนในหญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังกลับสูงกว่าในสภาพควบคุม เนื่องจากหญ้าที่น้ำท่วมขังนั้นผลผลิตใบส่วนมากจะเป็นใบอ่อน เพราะใบแก่จะไหม้และตาย ในขณะที่ผลผลิตหญ้าที่ไม่ถูกน้ำท่วมขังนั้นประกอบด้วยทั้งใบอ่อนและใบแก่ จึงทำให้ร้อยละโปรตีนค่อนข้างต่ำ

ในส่วนลำต้นหญ้าพาสพาลัมอุบล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสภาพที่มีและไม่มีน้ำท่วมขังในทุกอายุ เนื่องจากผลผลิตลำต้นประกอบด้วยส่วนลำต้นทั้งที่เกิดก่อนและหลังน้ำท่วมขัง จึงทำให้ร้อยละโปรตีนไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานในด้านผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของหญ้าหลังการตัดหญ้าภายใต้สภาพน้ำท่วมขัง

ร้อยละฟอสฟอรัสของหญ้าพาสพาลัมอุบลเพิ่มสูงขึ้นทั้งส่วนใบและลำต้นเมื่อน้ำท่วมขัง (Table 6) ทั้งนี้อาจเนื่องจากในสภาพที่น้ำท่วมขังหญ้ามีการสร้างใบใหม่ ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าใบแก่ นอกจากนี้อาจมาจากสภาพของดินภายใต้น้ำท่วมขัง ดังที่ทัศนีย์ (2531) รายงานว่า ฟอสเฟตที่อยู่ในดินจะเป็นประโยชน์มากขึ้นในสภาพน้ำท่วมขัง นอกจากนี้เมื่อน้ำท่วมขังค่า pH ดินจะเปลี่ยนแปลงสู่สภาพความเป็นกลางมากขึ้น ซึ่งในสภาพดังกล่าวฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ในดินจะละลายออกมามากขึ้น ทำให้พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น (ยงยุทธ, 2527 และ Brix, 1990)

สรุป

หญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 60 วันทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังที่ระดับน้ำสูงห้าเซนติเมตรได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่หญ้าอายุ 30 และ 90 วัน โดยสภาพน้ำท่วมขังนาน 30 วันทำให้น้ำหนักแห้งของหญ้าลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหญ้าอายุ 3 เดือน ร้อยละโปรตีนของหญ้าพาสพาลัมอุบลลดลงเมื่อหญ้ามีอายุเพิ่มมากขึ้น แต่ระยะเวลาที่น้ำท่วมขังไม่มีผลกระทบต่อร้อยละโปรตีนเฉลี่ยทั้งต้น ในขณะที่หญ้าที่ถูกน้ำท่วมขังมีร้อยละฟอสฟอรัสสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม หญ้าพาสพาลัมอุบลยังสามารถมีชีวิตรอดได้ภายใต้สภาพน้ำท่วมขัง

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ชาญชัย มณีดุลย์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาตลอดการทดลอง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ อัคคะนันต์. 2531. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 393 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2527. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. บริษัทไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ. 168 น.

Box, J.E., Jr. 1986. Winter wheat grain yield respones to soil oxygen diffusion rates. Crop Sci. 26: 355-361.

Brix, H. 1990. Uptake and photosynthytic utilization of sedimentderived carbon by *phragmites australis* (Cav) Trin.ex Steudel. Aq.Bot. 38: 377-389.

Hare, M.D.,Thummasaeng, K.,Suriyajantratong, W., Wongpichet, K.,Saengkham, M., Tatsapong, P., Kaewkunya, C.and Booncharern, P. 1999. Pasture grass and Legume evaluation on seasonally waterlogged and seasonally dry soils in Northeast Thailand. Trop. Grassl. 33: 65-74.

Huang, B., Jerry, W.J. and Nesmith, D.S. 1994. Root and shoot growth of wheat genotypes in responds to hypoxia and subsequent resumption of aeration. Crop Sci. 34: 1538-1544.

Huang, B., Jerry, W.J. and Nesmith, D.S. 1997. Responds to root-zone CO_2 enrichment and hypoxia of wheat genotypes differing in waterlogging tolerance. Crop Sci. 37: 464-468.

Jackson, M.B. 1994. Root-to-shoot communication in flooded plants: involvement of abscisic acid, ethylene and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. Agron. J. 86: 775-782.

Kalmbacher, R.S., Rechcigl, J.E., Martin, F.G. and Kretschmer, Jr., A.E. 1998. Effect of dolomite and sowing rate on plant density, yield and nutritive value of *Paspalum atratum*. Trop. Grassl. 32: 89-95.

Kramer, P.J. and Jackson, W.A. 1954. Cause of injury to flooded tobacco plants. Plant Physil. 29: 241-245.

Musgrave, M.E. 1994. Waterlogging effects on yield and photosynthesis in eight winter wheat cultivars. Crop Sci. 34: 1314-1318.

Musgrave, M.E. and Ding, N. 1998. Evaluating wheat cultivars for waterlogging tolerance. Crop Sci. 38: 90-97.

Appendix 6

Waterlogging tolerance of some tropical pasture grasses

M.D. HARE[1], M. SAENGKHAM[1], P. TATSAPONG[1], K. WONGPICHET[1] AND S. TUDSRI[2]

Abstract

The waterlogging tolerance of 6 tropical grass species were studied under controlled conditions in plastic buckets in a greenhouse at Ubon Ratchathani University, Thailand in 1997 and 1998. In Trial 1 the species were *Paspalum atratum* cv. Ubon, *Brachiaria ruziziensis* (common Thailand type), *Paspalum plicatulum* (common Thailand type), *Digitaria milanjiana* cv. Jarra, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk and *Panicum maximum* cv. Purple. Five plant waterlogging treatments were imposed (Non-waterlogged control plants after 0, 10 and 20 days and waterlogged plants for 10 and 20 days). In Trial 2 effects of waterlogging were examined in detail on Ubon paspalum with 4 waterlogging duration treatments (0, 10, 20 and 30 days waterlogging) and 3 plant ages (30, 60 and 90 days of age).

In Trial 1 the species most tolerant of waterlogging were plicatulum followed by Ubon paspalum and Jarra digit. Purple guinea showed medium tolerance and ruzi and signal poor tolerance with 50% plant mortality after 20 days waterlogging. Ten days waterlogging reduced plant dry weights of all species compared to non-waterlogged control plants. After 20 days waterlogging there were no significant differences in plant dry weights between waterlogged and control plants of plicatulum, Ubon paspalum and Jarra digit.

In Trial 2 duration of waterlogging significantly reduced plant and tiller dry weights of Ubon paspalum plants, 30 and 90 days of age at the commencement of waterlogging, but had no significant effect on 60 day-old plants. In older plants (60 and 90 days of age) following waterlogging, leaf tips shriveled and turned greenish-red, lower leaves on the plants died and some new leaves developed. Nitrogen levels in Ubon paspalum plants were not significantly affected by waterlogging and phosphorous levels increased in all plants the longer the duration of waterlogging.

Introduction

In Thailand, many low-lying areas which formerly grew rice, are being used for pasture development for the expanding dairy and beef industries. These areas are exposed to short term or prolonged waterlogging or intermittent flooding in the wet season which often is a major limitation to pasture productivity.

Recent research has shown that *Paspalum atratum* cv. Ubon was the most productive grass on low-lying seasonally wet areas (Hare *et al.* 1999a; 1999b). Other species, *Setaria spacelata* var. *splendida* cv. Splenda, *Paspalum plicatulum* and *Brachiaria mutica*, grew well but were not as productive as Ubon paspalum in the second and third years after establishment. *Digitaria milanjiana* cv. Jarra and *Brachiaria humidicola* cv. Tully established slowly and with time became dense and persistent but not as productive as Ubon paspalum (Hare *et al.* 1999a).

Waterlogging damage to pasture grass plants is positively related to the duration of waterlogging and the depth of submergence, and the effects are less severe on dormant

plants or plants not recently defoliated (Humphreys 1981). In the field, the depth and duration of waterlogging varies between areas and seasons, depending on the internal drainage of the soils and the amount of rain. The establishment year is often the most difficult for grass species to grow under waterlogged conditions, with the age of the plants at the time of waterlogging being of major importance to their survival. In some years some species survive waterlogging but in other years they fail to persist (Hare *et al.* 2002).

Experiments were conducted under controlled waterlogged conditions in plastic buckets to evaluate the response of 6 tropical pasture grasses to waterlogging and to examine in detail the tolerance of Ubon paspalum at various ages to different periods of waterlogging.

Materials and methods

The experiments were conducted at Ubon Ratchathani University, Thailand in a plastic greenhouse in 1997 (Trial 1) and 1998 (Trial 2). In both trials, the grass species were grown in 5 litre plastic buckets potted with sandy, low humic gley soil (Roi-et soil series) collected from the university farm. The soil was acid (pH 4.6-4.9), with low organic matter and very low concentrations of N, P and K (Hare *et al.* 1999a).

Trial 1-Effect of duration of waterlogging on the growth of 6 pasture grass species

The experiment was a two-factor factorial arranged in a randomised complete block design with 4 replications. There were 6 species [*Paspalum atratum* cv. Ubon, *Brachiaria ruziziensis* (common Thailand type), *Paspalum plicatulum* (common Thailand type), *Digitaria milanjiana* cv. Jarra, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk and *Panicum maximum* cv. Purple] and 5 plant waterlogging treatments (Non-waterlogged control plants after 0, 10 and 20 days and waterlogged plants for 10 and 20 days).

Twenty seeds/bucket/species were sown into plastic buckets (3 buckets/treatment/replication) on 30 June 1997 and thinned to 6 plants/bucket on 31 July. There were 360 buckets in total. Fertiliser was applied at sowing, thinning and at the commencement of waterlogging to provide the equivalent in kg/ha of 40 N, 50 K, 20 P and 20 S. The buckets were watered to field capacity until 26 August 1997 when the waterlogging experiment commenced with the waterlogged treatment plants flooded to 5 cm above the soil surface and maintained by once-daily applications of water. Non-waterlogged plants continued to be watered to field capacity.

At the end of each waterlogging treatment (10 & 20 days) visual symptoms were recorded on the stems and leaves of the waterlogged plants and then both the non-waterlogged plants and the waterlogged plants were given a 7 day recovery period before harvest. At each harvest, all 6 plants from each bucket were carefully removed and the roots and tops washed free of soil. The whole plants were dried at 70°C for 48 hours and then weighed.

Trial 2-Effect of duration of waterlogging on Ubon paspalum plants of varying ages

The experiment was a two-factor factorial arranged in a randomised complete block design with 4 replications. There were 4 waterlogging duration treatments (0, 10, 20 and 30 days waterlogging) and 3 Ubon paspalum plant ages (30, 60 and 90 days of age).

Ten sprouted seeds/bucket of Ubon paspalum were planted into plastic buckets (3 buckets/treatment/replication) on 25 December 1997 and were thinned to 3 plants/bucket 2 weeks later. There were 144 buckets in total. Fertiliser was applied at sowing and every 30 days thereafter to provide the equivalent in kg/ha of 40 N, 50 K, 20 P and 20 S. The

buckets were watered to field capacity until the waterlogging experiment commenced with the waterlogged treatment plants flooded to 5 cm above the soil surface and maintained by once-daily applications of water. Non-waterlogged plants continued to be watered to field capacity, including those plants that had completed their waterlogging treatment (Figure 1).

Three days after the completion of each waterlogging duration period visual symptoms were recorded on the leaves of the waterlogged plants. Plants were then sampled from their respective waterlogging duration treatment all on the same day, 37 days after treatments commenced (Figure 1). The extra 7 days was to allow a recovery period for plants waterlogged for 30 days.

At sampling, tillers/plant, tiller dry weight and plant dry weight were recorded from 2 plants/treatment/replication. For dry weight measurement, plants were cut to soil level and dried in an oven at 70°C for 48 hours. The dried plants were analysed for total N and P.

Results

Trial 1-Effect of duration of waterlogging on the growth of 6 pasture grass species

The visual symptoms that developed during 10 and 20 days waterlogging are described in Table 1. Plicatulum was not affected by waterlogging but ruzi and signal were, with death of over 50% of the plants waterlogged for 20 days. A small proportion of Ubon paspalum and Jarra digit plants died after 20 days waterlogging and remaining Ubon paspalum plants displayed reddening of leaf tips. Purple guinea plants became stunted and leaves turned yellow during 20 days of waterlogging.

Ten days waterlogging reduced plant dry weights of all grass species compared to non-waterlogged control plants (Table 2). Twenty days waterlogging significantly reduced plant dry weights of ruzi, signal and Purple guinea but did not significantly affect Ubon paspalum, Jarra digit, and plicatulum compared to 20 day non-waterlogged control plants. Plant dry weights of Ubon paspalum, Jarra digit, and plicatulum from 10 to 20 days waterlogging increased by 83, 82 and 70%, respectively. After 20 days waterlogging, plant dry weights of ruzi, signal and Purple guinea had not increased significantly from their respective weights immediately prior to the commencement of the trial.

Trial 2-Effect of duration of waterlogging on Ubon paspalum plants of varying ages

Visual symptoms on leaves of Ubon paspalum plants during waterlogging are described in Table 3. Older plants were more severely affected by waterlogging than younger plants with leaf tips turning greenish red or drying out and many lower leaves dying. Older plants also developed new leaves the longer they were waterlogged.

Duration of waterlogging significantly reduced dry weights of Ubon paspalum plants, 30 and 90 days of age at the commencement of waterlogging, but had no significant effect on dry weight of 60 day-old plants (Table 4). Waterlogging had no significant on the number of tillers/plant which averaged 2.4, 4.7 and 4.1 tillers/plant, respectively, for the 30, 60 and 90 day age groups, but tiller weights were significantly reduced following waterlogging in plants 30 and 90 days of age (Table 5).

Nitrogen levels in Ubon paspalum plants were not significantly affected by waterlogging (Table 6) and were 1.13, 0.72 and 0.71 % in the 3 plant age groups, 67, 97 and 127 days of age, respectively, at the completion of the experiment. Phosphorus levels increased in all plants the longer the duration of waterlogging (Table 6).

Discussion

Pasture grass plant adaptation to former rice land on low lying areas subject to waterlogging or on soils with impeded drainage is of special interest in Thailand. These areas are increasingly being developed as pasture land for the expanding dairy and beef industries, but the rate of development is limited to the availability of suitable grass species adapted to these seasonally wet sites.

In the current studies, the ability of plants to maintain their dry weight and not die was used as the major indicator of the effects of waterlogging under controlled conditions in plastic buckets. Based on dry weight and plant mortality, plicatulum was the most tolerant species to waterlogging, with plants after 20 days waterlogging increasing their dry weight three-fold (Table 2), displaying no visual symptoms from waterlogging and no plants dying. Anderson (1970) classified plicatulum as one of the most tolerant grasses to waterlogging and in Thailand plicatulum for many years has been the most important pasture species sown on seasonally waterlogged soils with seed available from the Department of Livestock Development (Phaikaew 1997).

Jarra digit grass in the controlled study displayed good tolerance to waterlogging and despite 10% of the plants dying after 20 days waterlogging, the remaining plants were robust and green and had tripled their dry weight (Table 2). From field experience in Thailand the waterlogging tolerance of Jarra digit grass has varied from good persistence on the Ubon Ratchathani University farm (Hare *et al.* 1999a) where it still grows well after 8 years in pasture, to poor persistence in trials on heavily waterlogged sites (Hare *et al.* 2002). Where Jarra digit waterlogging tolerance has been poor makes it similar to cultivar, Mardi digit grass which has been reported as intolerant of waterlogging (Hacker and Wong 1992) but where Jarra digit grass has persisted makes it similar in behaviour to the closely related *Digitaria eriantha* (pangola grass).

Pangola grass is recommended for poorly drained soils in Malaysia and the Philippines and is tolerant of flooding (Hacker 1982). In Thailand pangola grass is being promoted as a high quality fresh grass cash crop for growing on former rice land (Khemsawat and Phonbumrung 2002). Pangola grass in Thailand can only be propagated vegetatively which limits its expansion but the ability to produce seed in Thailand makes Jarra digit grass (Gobius *et al.* 2001) a more easily propagated species. More research on the tolerance of Jarra digit grass to waterlogging needs to be carried out.

Purple guinea displayed moderate tolerance to waterlogging, with no plants dying and the plants doubling their dry weight after 20 days waterlogging (Table 2), despite becoming stunted and their leaves turning yellow (Table 1). Anderson (1970) and Whiteman (1979) also reported that guinea grass had moderate tolerance to waterlogging and in a series of trials in Thailand on waterlogged sites, Purple guinea grew well on moderately waterlogged sites but poorly on heavily waterlogged sites (Hare *et al.* 2002). Purple guinea is the second most popular pasture species sown in Thailand after ruzi grass, with seed produced by village farmers on contract to the Department of Livestock Development (Phaikaew 1997).

Both ruzi and signal grasses showed poor tolerance to waterlogging with 50% of the plants dying (Table 1) and the remaining plants not increasing their dry weight significantly after 20 days waterlogging (Table 2). While it was known that ruzi grass had poor tolerance to waterlogging (Anderson 1970, Whiteman 1979) it is the most important pasture grass produced in Thailand and with seed readily available (Hare and Phaikaew

1999; Phaikaew 1997) it is often mistakenly planted on waterlogged sites where it fails to persist. It was therefore included in the study as a control species to compare its performance against more waterlogging-tolerant species.

The surviving signal grass plants, even though stunted, remained green (Table 1) and from field observations in Thailand signal grass survives short-term waterlogging of 5-10 days suggesting that it does have moderate tolerance (Whiteman 1979). In Costa Rica, 7 months after planting in a site of high water saturation, two signal grass cultivars, CIAT 16497 and cv. Basilisk, had lost vigour but had shown no plant mortality (Argel and Keller-Grein 1996). Signal grass is not commonly planted for pastures in Thailand due to the difficulties of seed production but research is currently being undertaken at Ubon Ratchathani University to solve the problems of seed production.

The response of Ubon paspalum to waterlogging was moderate to good with 10% plant mortality in Trial 1 (Table 2) and decreased plant dry weight (Table 4) and tiller dry weight (Table 5) in Trial 2. Visual symptoms were apparent in both trials following waterlogging with leaf tips turning red and many lower leaves dying (Table 1; Table 3).

In both trials, the Ubon paspalum plants that were not significantly affected by waterlogging after 20 to 30 days inundation were approximately the same age, 56 days (Trial 1) and 60 days (Trial 2), at the commencement of waterlogging. The waterlogging effects were more severe on the younger plants (30 days of age) probably because the normal respiratory pathway in their small root systems was more effectively blocked by waterlogging (Whiteman 1979) than in the 60-day old plants. The more severe effects on older plants (90 days of age) may have been a combination of being stressed by becoming root-bound in the plastic buckets and then being inundated with water. In the field, established plants will tolerate saturated soil for several months (Kalmbacher *et al.* 1997; Hare *et al.* 2002) and flooding up to 5 cm depth for 3-4 weeks (Kalmbacher *et al.* 1997).

In the study on the waterlogging tolerance of subtropical legumes Shiferaw *et al.* (1992) found that nitrogen levels in legume shoots after 14 days waterlogging were reduced by 41% due to reduced nitrogen fixation compared to non-waterlogged control legumes. In the current study, nitrogen levels in Ubon paspalum were not significantly reduced by waterlogging and tended to increase with duration of waterlogging which was probably due to the regular 30 day applications of the equivalent of 40 kg/ha N and nitrogen not being leached out of the watertight plastic buckets. In the field, nitrogen fertiliser did not significantly increase nitrogen levels in waterlogged Ubon paspalum plants (Hare *et al.* 1999c).

Phosphorus concentrations in Ubon paspalum plants increased following waterlogging, due probably to the emergence of new leaves high in P and the retention of fertiliser P (20 kg/ha P every 30 days) in the watertight plastic buckets.

This study has shown that plicatulum remains one of the most tolerant forage species to waterlogging and for this reason continues to be widely grown in southern parts of Thailand regularly inundated with seasonal flooding. Due to superior dry matter yields and quality compared to plicatulum and its moderate to good waterlogging tolerance, Ubon paspalum is rapidly becoming the most popular species to grow on wet soils in other parts of Thailand. However, it will not establish if the soil is waterlogged or flooded within 1 month of sowing (Kalmbacher *et al.* 1998), but 2- to 3-week-old seedlings will survive standing water for several days (Kalmbacher *et al.* 1997). Jarra digit grass displayed moderate to good waterlogging tolerance and if seed becomes

regularly available this high quality forage species could be grown more in Thailand. Purple guinea will survive short periods of waterlogging but with significantly reduced vigour. Both ruzi and signal grasses displayed low waterlogging tolerance though the latter will survive on wet soils waterlogged for short periods.

Acknowledgements

We thank the Thailand Research Fund (TRF) for providing financial support to this research program and the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University for research facilities.

References

ANDERSON, E.R. (1970) Effect of flooding on tropical grasses. *Proceedings of the 11th International Grassland Congress, Surfers' Paradise, 1969.* 591-592.

ARGEL, P.J and KELLER-GREEN, G. (1996) Regional experience with *Brachiaria*: Tropical America-Humid lowlands. In: Miles, J.W, Maass, B.L and Valle, C.B do (eds) *Brachiaria*: Biology, Agronomy and Improvement. pp. 205-224. (CIAT: Cali).

GOBIUS, N.R., PHAIKAEW, C., PHOLSEN, P. RODCHOMPOO, O. and SUSENA, W. (2001) Seed yield and its components of *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Digitaria milanjiana* cv. Jarra and *Andropogon gayanus* cv. Kent in north-east Thailand under different rates of nitrogen application. *Tropical Grasslands,* **35,** 26-33.

HACKER, J.B. and WONG, C.C. (1992) *Digitaria milanjiana* (Rendle) Stapf. In: Mannetje, L.'t and Jones, R.M (eds) *Plant Resources of South-East Asia, No 4, Forages.* pp 123-124 (Pudoc-DLO: Wageningen).

HARE, M.D. and PHAIKAEW C. (1999) Forage seed production in Northeast Thailand: A case history. In: Loch, D.S. and Ferguson, J.E. (eds) *Forage Seed Production, Volume 2, Tropical and Subtropical Species.* pp 435-443. (CAB International: Oxford).

HARE, M.D., THUMMASAENG, K., SURIYAJANTRATONG, W., WONGPICHET, K., SAENGKHAM, M., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C. and BOONCHARERN, P. (1999a) Pasture grass and legume evaluation on seasonally waterlogged and seasonally dry soils in Northeast Thailand. *Tropical Grasslands,* **33,** 65-74.

HARE, M.D., BOONCHARERN, P., TATSAPONG, P., WONGPICHET, K., KAEWKUNYA, C. and THUMMASAENG, K. (1999b) Performance of para grass (*Brachiaria mutica*) and Ubon paspalum (*Paspalum atratum*) on seasonally wet soils in Thailand. *Tropical Grasslands,* **33,** 75-81.

HARE, M.D., SURIYAJANTRATONG, W., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C., WONGPICHET, K. and THUMMASAENG, K. (1999c) Effect of nitrogen on production of *Paspalum atratum* on seasonally wet soils in north-east Thailand. *Tropical Grasslands,* **33,** 207-213.

HARE, M.D., KAEWKUNYA, C., TATSAPONG, P. and SAENGKHAM, M. 2002 Evaluation of forage legumes and grasses on seasonally wet waterlogged sites in north-east Thailand. *Tropical Grasslands,* **36,** (in press).

HUMPHREYS, L.R. (1981) *Environmental adaptation of tropical pasture plants.* (MacMillian: London).

KALMBACHER, R.S., BROWN, W.F., COLVIN, D.L., DUNAVIN, L.S., KRETSCHMER, A.E.Jr, MARTIN, F.G., MULLAHEY, J.J. and RECHCIGI, J.E. (1997c) 'Suerte' atra

paspalum. Its management and utilization. *University of Florida, Agricultural Experimental Station. Circular S-397*

KALMBACHER, R.S., RECHCIGL, J.E., MARTIN, F.G. and KRETSCHMER, A.E.Jr. (1998) Effect of dolomite and sowing rate on plant density, yield and nutritive value of *Paspalum atratum. Tropical Grasslands,* **32,** 89-95.

KHEMSAWAT, C. and PHONBUMRUNG, T. (2002) Thai government promotes fodder production and encourages marketing. (Southeast Asia Feed Research and Development Network) *Seafrad News,* **12,** 9.

PHAIKAEW, C. (1997) Current status of and prospects for tropical forage seed production in Southeast Asia: Experiences and recommendations from Thailand. In: Stur, W.W. (ed) *Feed resources for smallholder livestock production in Southeast Asia. CIAT Working Document No. 156.* pp. 57-63. (CIAT: Los Banos).

SHIFERAW, W., SHELTON, H.M. and SO, H.B. (1992) Tolerance of some subtropical pasture legumes to waterlogging. *Tropical Grasslands,* **26,** 187-195.

WHITEMAN, P.C. (1980) *Tropical Pasture Science.* (Oxford University Press: Oxford).

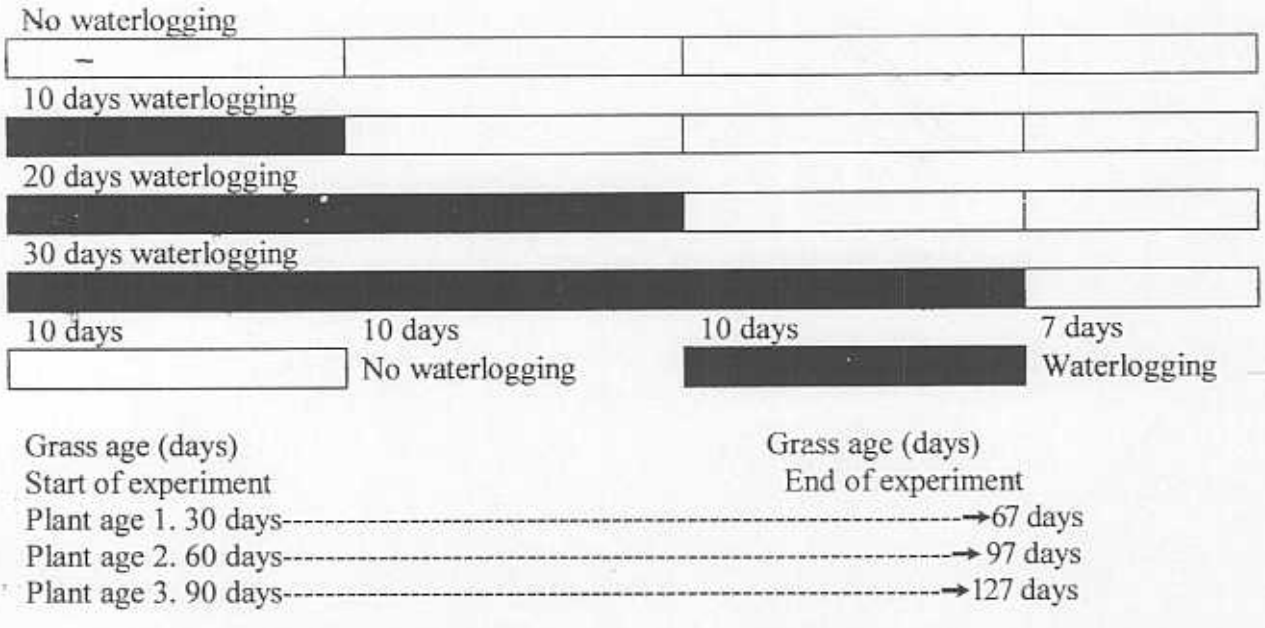


Figure 1. Duration of waterlogging (days) imposed on Ubon paspalum plants of 3 ages (Trial 2)

Table 1. Visual symptoms on plants of 6 forage grass species following 10 and 20 days waterlogging.

Grass species	10 days waterlogging	20 days waterlogging
Ubon paspalum	Leaves dark green with reddening of leaf tips	10 % plant death. Remaining plants green with red leaf tips
Ruzi	Death of large proportion of older leaves. Young leaves twisted	Over 50 % of plants dead. Remaining plants very stunted with dead leaves
Jarra digit	Death of small proportion of older leaves	10 % plant death. Remaining plants green and robust
Signal	Death of older leaves. Some plants stunted	Over 50 % of plants dead. Remaining plants green but stunted.
Purple guinea	Leaves light green with some death of older leaves	Plants stunted and all leaves yellow
Plicatulum	Plants displayed normal growth with no visual symptoms	Plants displayed normal growth with no visual symptoms

Table 2. Effect of waterlogging for 10 & 20 days on dry weight (g) per plant of six tropical grasses.

Treatment	Ubon paspalum.	Ruzi	Jarra digit	Signal	Purple guinea.	Plicatulum
Before trial	3.4 c[1]	3.1 c	2.3 b	3.0 b	3.3 b	2.4 c
10 d control	8.4 b	6.5 b	7.6 a	6.0 a	10.4 a	6.2 ab
10 d water*	4.1 c	2.8 c	4.5 b	3.0 b	4.1 b	4.7 bc
20 d control	11.8 ab	9.7 a	8.7 a	8.1 a	11.2 a	8.3 a
20 d water*	7.5 b	3.2 c	8.2 a	4.4 b	6.1 b	8.0 a

* waterlogging duration

[1] Within columns, means followed by different letters are significantly different (P<0.05) by Duncan's Multiple Range Test.

Table 6. Effect of waterlogging on nitrogen and phosphorus levels (%/plant) in Ubon paspalum.

Waterlogging duration (days)	Grass age (days)					
	30		60		90	
	(%/plant)					
	N	P	N	P	N	P
0	1.25a	0.11c	0.56a	0.10b	0.51a	0.09b
10	1.10a	0.12c	0.77a	0.13ab	0.81a	0.14a
20	1.07a	0.16c	0.83a	0.14a	0.77a	0.12ab
30	1.09a	0.23a	0.72a	0.16a	0.74a	0.15a

[1] Within columns, means followed by different letters are significantly different (P<0.05) by Duncan's Multiple Range Test.

Table 3. Visual symptoms on leaves of Ubon paspalum following waterlogging

Waterlogging duration (days)	Grass age (days)		
	30	60	90
10	Leaves dark green	Upper leave edges greenish red with shriveled leaf tips. 1-5 lower leaves dead.	Upper leaves green with leaf tips greenish red or shriveled. 1-6 lower leaves dead
20	Upper leaves dark green. Lower leaves light green to yellow	Upper leaves edges brown and shriveled. 1-7 lower leaves dead. Some new leaves emerged.	Upper leaves greenish red with some dead leaves. 1-9 lower leaves dead. Some new leaves emerged.
30	1-2 lower leaves dead. Remaining leaves light green to yellow	Upper leaves edges brown and shriveled. 1-7 lower leaves dead. Some new leaves emerge.	Leaves greenish red or dead. 1-9 lower leaves dead. Some new leaves emerged

Table 4. Effect of waterlogging on dry weight (g/plant) of Ubon paspalum.

Waterlogging duration (days)	Grass age (days)		
	30	60	90
		(g/plant)	
0	5.8 a[1]	6.9 a	9.6 a
10	4.4 ab	6.3 a	6.2 bc
20	3.7 b	5.8 a	7.3 b
30	3.0 b	5.4 a	4.8 c

[1] Within columns, means followed by different letters are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's Multiple Range Test.

Table 5. Effect of waterlogging on tiller weight (g/tiller) of Ubon paspalum.

Waterlogging duration (days)	Grass age (days)		
	30	60	90
		(tiller weight)	
0	2.1 a[1]	1.5 a	2.7 a
10	1.9 ab	1.3 a	1.5 b
20	1.4 b	1.2 a	1.7 b
30	1.7 ab	1.1 a	1.4 c

[1] Within columns, means followed by different letters are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's Multiple Range Test.

Appendix 7

Effect of plant spacing, cutting and nitrogen on production of *Digitaria milanjiana* cv. Jarra in north-east Thailand

M.D.HARE, P.TASAPONG, A. LUNPHA, AND K. WONGPICHET
Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand

Abstract
Three trials were conducted in north-east Thailand on Jarra digit (*Digitaria milanjiana)* to examine the effect of planting stolons at varying row spacings on sward establishment and the effect of cutting frequency and rate and time of nitrogen application on growth and forage quality. In Trial 1, at the first cut four months after planting, Jarra digit swards planted in narrow rows (0.5 m) produced over twice the amount of dry matter, were twice as dense and had fewer weeds than swards planted in wide rows (2.0 m). Immediate row spacings (1-1.5 m inter-rows) were not significantly lower in DM but had a higher proportion of weeds than swards planted in 0.5 m inter-rows. By the time of the second cut 6 months after planting, there were no significant differences in Jarra digit dry matter production between swards planted in varying row spacings.

In Trial 2, increasing the cutting interval and increasing the nitrogen rate significantly (P=0.05) increased both total DM and stem DM yields. The effect of cutting interval on leaf DM was slight but leaf DM yields significantly increased when nitrogen was applied. Cutting every 20 days over a 240-d period produced 70% (13.2 t/ha) of the total DM yield obtained by cutting every 60 days (18.8 t/ha) but crude protein concentrations were 30-50% higher and fibre concentrations (ADF and NDF) 7-10% lower. 20 kg/ha N applied every 60 days increased Jarra digit total DM yields by 36% above yields in control plots. Applying higher nitrogen rates every 60 days only increased total DM yields by 13% (40 kg/ha N vs 20 kg/ha N) and 7% (80 kg/ha N *vs.* 40 kg/ha N). The yield response (kg DM/kg N) from applying nitrogen as urea ranged from 23 (320 kg/ha N) up to 52 (80 kg/ha N).

In Trial 3, applying 20 kg/ha N every 30 days, compared to every 60 days, increased dry matter yields of leaves and stems by approximately 16%. Applying 40 kg/ha N every 30 days, compared to every 60 days, increased leaf DM but not stem and total DM yields. Increases in cutting interval (20 *vs.* 60 days) and time of nitrogen application (30 *vs.* 60 days) reduced leaf and stem crude protein concentrations by up to 40% and increases in nitrogen rate (20 *vs.* 40 kg/ha) increased leaf and stem crude protein concentrations by 15%.

The inter-row spacing for Jarra digit establishment and the cutting interval and rate and time of nitrogen application are discussed in terms of the combination of yield and quality desired by farmers.

Introduction
Digitaria milanjiana cv. Jarra was released in Australia in 1991 and registered in 1993 (Hall *et al.* 1993). In Thailand, Jarra digit has been evaluated in a series of forage trials (Hare *et al.* 1999a; Hare *et al.* 2003a) and for seed production (Gobius *et al.* 2001), but despite being studied on research stations in Thailand for nearly 10 years, Jarra digit is still not promoted as a pasture species for smallholder farmers.

The difficulty of producing good quality seed of Jarra digit, with flowering over a long period in the middle of the wet season, is seen as a barrier to its wider use in Thailand (Gobius *et al.* 2001). However, lack of seed is not seen as a barrier to successful production of *D. milanjiana* cv. Mardi for pastures in Malaysia (Hacker and Wong 1992) and the closely related *D. eriantha* (pangola grass) in Thailand for fresh grass cash cropping (Khemsawat and Phonbumrung 2002). In Malaysia, Mardi digit is vegetatively propagated and when stolons are planted into moist seed-beds the spaces rapidly fill in (Hacker and Wong 1992). Similarly in Thailand, pangola grass is vegetatively propagated with 1500-1800 kg/ha of green stolons broadcast into flooded fields (Anon. 2002). In Australia, planting pangola grass runners 1-2 m apart gives adequate coverage (Jones *et al.* 1986).

Spreading large quantities of green stolons across fields is very labour intensive and the fields, which are former rice paddies, must be flooded to ensure successful establishment of pangola grass in Thailand (Anon. 2002). Pangola grass is tolerant of flooding (Hacker 1992) but even though Jarra digit does tolerate some degree of waterlogging (Hare *et al.* 2003b) it does not tolerate flooding (Hacker and Wong 1992; Hare *et al.* 2003a). It grows better on well-drained soils (Hacker and Wong 1992; Hare *et al.* 1999a). If Jarra digit pastures could be successfully established on upland soils by planting stolons in widely spaced rows to reduce the time taken to establish pastures and reduce labour costs, interest in Jarra digit pasture production may increase in Thailand.

In village pasture systems in north-east Thailand, pastures are usually grown on the poorest soils, as more fertile soils are used for growing food and cash crops (Hare *et al.* 1999b). Furthermore, village farmers apply little if any fertiliser (Hare *et al.* 1999b; Tudsri *et al.* 2001) and consequently, most improved pastures in north-east Thailand are nitrogen-deficient.

The level and frequency of nitrogen application and the frequency of cutting influence the quantity and quality of tropical forage grasses. Nitrogen applied at 20 kg/ha every 30 days throughout the wet season in north-east Thailand, increased dry matter yields of *Paspalum atratum* by nearly 90% in one trial and over 250% in a second trial (Hare *et al.* 1999a). Cutting *P. atratum* every 20 days over a 240-day period in north-east Thailand produced 74% of the total DM yield from cutting every 60 days but crude protein concentration was nearly twice as high (10.0 *vs* 5.3%) (Hare *et al.* 2001). Cutting pangola grass in central Thailand every 30 days also produced 74% of the total DM yield from cutting every 60 days and crude protein concentrations were 42% higher (Tudsri *et al.* 1998).

On well-drained soils in north-east Thailand, when 40 kg/ha N was applied after every 45-50 day cutting interval in the wet season, Jarra digit produced over 27 t/ha DM, with average crude protein levels of 6.6% (Hare *et al.* 1999a). These crude protein levels are considerately lower than the levels of 8.1-18.7% recorded for Mardi digit in Malaysia (Hacker and Wong 1992). The low crude protein levels in Thailand were probably a result of the 45-50 day cutting interval because swards of Jarra digit very quickly become stemmy and produce seed heads in the wet season. This stemmy and quick flowering habit of Jarra digit has been observed by researchers in the Department of Livestock Development and for this reason they prefer to promote the more leafy non-flowering pangola grass for fresh grass cash cropping. However, frequent cutting may prevent Jarra digit pastures from becoming stemmy and flowering and increase leafiness and quality.

The objectives of the research were: to examine the planting of Jarra digit stolons at varying row spacings in order to recommend an optimum stolon planting density for Jarra digit pasture establishment; and to determine the effect of varying cutting intervals and rates and time of nitrogen application on growth and forage quality of Jarra digit pastures, in order to provide recommendations on cutting and nitrogen management to farmers.

Materials and methods

The field experiments were conducted in Ubon Ratchathani province, north-east Thailand (15°N, 104°E) on the Ubon Ratchathani University farm in a 0.3 ha field from 2000 to 2002. Rainfall was recorded 1 km from the trial site (Table 1). The soil is classified as a sandy low humic gley soil (Roi-et soil series) and was on an upland site. Soil samples taken at sowing in May 2000 showed that the soil was acid (pH 4.7), and low in organic matter (1%), N (0.05%), P (10.7 ppm; Bray II extraction method) and K (19.5 ppm) concentrations. The site prior to cultivation had been planted for 6 years in ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*), mixed with some Verano stylo (*Stylosanthes hamata*). The site was ploughed twice in March and April 2000 and rotary hoed to produce a fine seed bed the day before Jarra digit stolons were planted into moist soil in July 2000.

Trial 1 – Effect of plant spacing on establishment of Jarra digit

Freshly dug green Jarra digit stolons were planted on July 6, 2000 in a randomised block design with 4 plant row spacing treatments (stolons planted in rows 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 m apart and 0.5 m apart within rows) and 5 replications. The stolons were planted in clumps with a handful of stolons planted in holes and soil firmly pressed in around the base of the stolons. Plots measured 10 m x 4 m. Fertiliser (23 kg/ha N, 23 kg/ha K and 23 kg/ha P) was applied on September 25, 2000 and after every sampling cut.

Sampling cuts (October 24 and December 25, 2000, April 25, June 12, September 5 and October 22, 2001) were taken from eight 0.25 m^2 quadrats cut 5 cm from ground level in each plot. Samples were taken for botanical composition (Jarra digit % and weeds % on a fresh weight basis) and Jarra dry matter yield (200 g subsample dried at 70°C for 48 h). After each sampling cut, the remaining herbage was cut to 5 cm above ground level and removed before applying fertiliser.

Trial 2 – Effect of cutting interval and nitrogen on Jarra digit

The research area (2000 m^2) was planted with freshly dug Jarra digit stolons on July 6-7, 2000 in 50 cm x 50 cm grid spacings and allowed to establish throughout the first wet season and dry season. The area was cut to ground level on October 24, 2000 and on April 19, 2001 and all herbage removed. No fertiliser was applied during this period.

The trial was a randomised complete block design comprising 4 replications, 4 cutting intervals (20, 30, 40 and 60 days) and 4 rates of nitrogen (0, 20, 40 and 80 kg/ha N) applied as urea every 60 days. All plots received P (20kg/ha), S (20 kg/ha) and K (50 kg/ha) every 60 days. The trial commenced on April 19, 2001 and finished on December 15, 2001, a total of 240 days. In total, the N treatments received 0, 80, 160 and 320 kg/ha N. Each plot measured 5 m x 5 m.

There were twelve 20-day, eight 30-day, six 40-day and four 60-day interval sampling cuts. At each cut, 4 x 0.25 m^2 quadrats were cut 5 cm above ground level in each plot, separated into leaf and stem components and weighed fresh. A 200 gram subsample was taken from each component, dried at 70°C for 48 h and dry weight recorded. The dried leaf and stem subsamples were analysed for total N to calculate crude

protein levels (% N x 6.25), % ADF and % NDF. After each sampling cut, the remaining herbage in the plots was cut to 5 cm above ground level and removed.

Trial 3 – Effect of cutting and time and amount of nitrogen on Jarra digit

This trial was on the same site as Trial 2. The field was cut to ground level on December 19, 2001 and on April 19, 2002 and all herbage removed. No fertiliser was applied during this period.

The trial was a randomised complete block design comprising 4 replications, 3 cutting intervals (20, 40 and 60 days), 2 times of nitrogen application (30 and 60 days) and 2 nitrogen rates (20 and 40 kg/ha). On April 19, 2000, nitrogen as urea was applied and all plots received P (20 kg/ha), S (20 kg/ha) and K (50 kg/ha) every 60 days. The trial commenced on April 19, 2002 and finished on December 15, 2002, a total of 240 days. Each plot measured 5 m x 5 m. Sampling was the same as in Trial 2.

Data from all trials were analysed using the IRRISTAT program from The International Rice Research Institute (IRRI).

Results

Rainfall

Rainfall during the studies was above the medium-term mean of 1593 mm/annum in all 3 years (Table 1). Rainfall in the first establishment year, 2000, was 30% above the medium-term mean with over 400 mm/month falling in May, July and August, making the soil very moist for good stolon establishment. Rainfall at the beginning of the nitrogen trials in May 2001 and May 2002 was more than 50% below the medium-term mean but heavy thunderstorms in the latter half of both wet seasons, increased the annual rainfall above the mean.

Trial 1 – Effect of plant spacing on establishment of Jarra digit

At the first cut at the end of the first wet season, Jarra digit swards planted in narrow rows (0.5 m) produced over twice the amount of dry matter, were twice as dense and had fewer weeds than swards planted in wide rows (2.0 m) (Table 2). By the time of the second cut 2 months later and through until the completion of the trial, row spacing had no more significant effect on dry matter production of Jarra digit. Dry matter yields were low in all swards at the end of the dry season (3^{rd} cut) but total production in the second wet season (4^{th}-7^{th} cuts) was high in all swards, averaging 13 t/ha DM.

Jarra digit planted in narrow rows (0.5 m) were significantly denser and with significantly fewer weeds than swards planted in wider rows (1 and 2 m) for the first 2 cuts (Table 2). Weeds were mainly pusley (*Richardia braziliensis*) and some ruzi grass (*B. ruziziensis*). At the end of the dry season (3^{rd} cut), all swards, except for the 0.5 m spaced swards, had a higher proportion of weeds than Jarra digit. During the second wet season this trend quickly reversed, and Jarra digit increased in density and at the 3^{rd} and 4^{th} cuts, all swards, on average, had less than 5% weed composition.

Trial 2 – Effect of cutting interval and nitrogen on Jarra digit

In Trial 2, increasing the cutting interval and increasing the nitrogen rate significantly (P=0.05) increased both total DM and stem DM yields (Table 3). Leaf DM yields significantly increased when nitrogen was applied but the effect of cutting interval on leaf DM was slight, with leaf DM only increasing in plots cut every 20 days when 20 kg/ha N were applied. There was also a significant cutting interval x nitrogen rate interaction for total DM and stem DM yields.

Increasing the cutting interval from 20 to 60 days produced, on average, twice the amount of stem DM (Table 3). From June to September all plots, except the 20-day cutting interval plots, produced flowering stems. Cutting interval had no effect on total DM yields when no nitrogen was applied and cutting had no effect when the interval was increased from 30 to 40 days. Applying 40 and 80 kg/ha N increased total dry matter yields by more than 50% when Jarra digit was cut every 60 days compared to cutting every 20 days.

Applying 20 kg/ha N significantly increased DM of all components at all cutting intervals compared to 0 kg/ha N (Table 3). Increasing nitrogen rates above 20 kg/ha did not generally affect leaf DM yields. Cutting Jarra digit every 30 and 60 days and at the same time increasing the nitrogen rate from 20 kg/ha to 40 kg/ha, significantly increased both total DM and stem DM. Increasing the rate of nitrogen from 40 to 80 kg/ha did not increase DM yields, except total DM yields in plots cut every 60 days.

Crude protein concentrations in Jarra digit stems and leaves were significantly affected by length of cutting interval and increasing rates of nitrogen (Table 4). There was also a significant cutting interval x nitrogen rate interaction for crude protein concentrations. Increasing the cutting interval from 20 days to 60 days reduced crude protein concentrations in stems and leaves by 50% and 30%, respectively. Nitrogen applied at 80 kg/ha N compared to applying no nitrogen, increased crude protein concentrations in both stems and leaves by 20%. When no nitrogen was applied, crude protein concentrations in stems and leaves cut every 20-30 days were on average more than 7% and 11%, respectively.

Leaf ADF concentrations decreased with increasing rates of nitrogen and increased as cutting interval lengthen (Table 4). Stem ADF concentrations increased as the cutting interval lengthen but were not affected by increasing rates of nitrogen. NDF concentrations in leaves and stems significantly increased as cutting interval increased but nitrogen only affected stem NDF concentrations (Table 4). There was a significant cutting interval x nitrogen interaction for stem NDF concentrations, with high rates of nitrogen (80 kg/ha) reducing stem NDF at 30-day cutting intervals but increasing stem NDF at 60-day cutting intervals.

Trial 3 – Effect of cutting and time and amount of nitrogen on Jarra digit

In Trial 3, increasing the interval of cutting significantly reduced the amount of leaf DM and increased stem DM (Table 5). Applying nitrogen every 30 days, compared to every 60 days, did not increase total dry matter yields until a 60-day cutting interval was reached (Table 5). There was a significant interaction between time and rate of nitrogen for stem and total DM yields.

Applying 20 kg/ha N every 30 days, compared to every 60 days, increased dry matter yields of all components by approximately 16% (Table 6). Applying 40 kg/ha N every 30 days, compared to every 60 days, increased leaf DM but not stem and total DM yields. Increasing the rate of nitrogen from 20 to 40 kg/ha, increased total DM and leaf DM, but stem DM only increased when 40 kg/ha N, compared to 20 kg/ha N, was applied every 60 days (Table 6).

Increases in cutting interval and time of nitrogen application reduced leaf and stem crude protein concentrations by up to 40% and increases in nitrogen rate increased leaf and stem crude protein concentrations by 15% (Table 7). There was a significant interaction between time and rate of nitrogen for leaf and stem crude protein

concentrations (Table 7). Leaf crude protein concentrations increased by 21% when nitrogen increased from 20 to 40 kg/ha and was applied every 30 days, but when the same amounts of nitrogen were applied every 60 days, crude protein concentrations only increased by 9% (Table 8). Increasing rates of nitrogen increased stem crude protein concentrations by 30% when nitrogen was applied every 30 days but had no effect when nitrogen was applied every 60 days (Table 8).

Leaf and stem ADF and NDF concentrations significantly increased with increases in cutting interval but were not affected by increases in nitrogen rates (Table 7). Time of nitrogen application slightly increased leaf ADF and stem NDF concentrations when 20 kg/ha N and 40 kg/ha N, respectively, were applied every 60 days compared to every 30 days (Table 8).

Discussion

This study has shown that Jarra digit pastures can be successfully established by vegetative propagation by planting freshly dug stolons as soon as possible after collection and the absence of seed should no longer be seen as a barrier to its wider use in Thailand. Unlike pangola grass establishment where lowland fields are flooded for successful establishment (Anon. 2002), Jarra digit can be planted in upland soils provided the soils are kept moist during the establishment phase. Many smallholder farmers in other parts of south-east Asia prefer to establish pastures from vegetative material (Stür and Horne 2001). For most grasses they find vegetative planting easy and reliable, establishment is rapid, provided there is plenty of soil moisture, land does not have to be fully cultivated and planting can be done late in the wet season. However, planting material has to be available locally and with a new species like Jarra digit, nurseries would have to be established on government research stations. This would be similar to the pangola grass program in Thailand, where large fields are managed on government research stations to provide initial first year planting material to smallholder farmers (Anon. 2002). After swards are established by smallholder farmers, these swards can be used to provide planting material for farmers to further expand pastures.

In our study, the vegetative establishment of Jarra digit swards followed 2 stages. The first stage was the plant establishment phase in the first wet season during which there was a period of growth as the stolons rooted and spread out slowly to cover the inter-row spaces. The second stage in the second wet season was the consolidation or 'thickening-up' stage in which the inter-row spaces rapidly filled up, weeds reduced and the swards became grass-dominant.

Planting Jarra digit on 50 cm squares provided the most forage in the establishment phase in the first wet season with the lowest proportion of weeds. Immediate spacings (1-1.5 m inter-rows) were not significantly lower in DM but had a higher proportion of weeds. Humphreys (1987) recommended spacings of 0.7 m inter-row and 0.3 m within the row for most vegetatively propagated grass species in order to provide rapid first season production. However, if early season grazing is of little importance, Humphreys (1987) suggested that wider spacings on 2 m squares are adequate for running grass species if there is good weed control. In our study, 2 m spaced rows swards took 6 months to produce the same amount of dry matter as narrower inter-row spaced swards and over a year to reduce weed density to below 10%.

Smallholder farm sizes in Thailand are small (2-4 ha) (Hare *et al.* 1999a) and most farms experience forage feed shortages. When farmers sow pastures they usually

want rapid first year establishment to try and overcome forage shortages, with pastures needed to provide forage within 2-3 months after planting. Therefore, the optimum Jarra digit planting density, to provide the maximum amount of DM and a dense cover quickly, would be to plant stolons in 50 cm squares. Wider row spacings could be used if labour and planting material were scarce but first year DM production would be lower and more time would be required to allow the pastures to 'thicken-up'.

The cutting interval for Jarra digit had a significant impact on the yields of total DM, leaf DM and stem DM and forage quality. Frequent cutting reduced yields but increased forage quality, with the major response between 20- and 60-d cutting intervals. In Trial 2, cutting every 20 days over a 240-d period produced 70% (13.2 t/ha) of the total DM yield obtained by cutting every 60 days (18.8 t/ha) but crude protein concentrations were 30-50% higher and fibre concentrations (ADF and NDF) 7-10% lower. These responses were very similar to the cutting responses recorded in Thailand for Ubon paspalum (Hare *et al.* 2001) and pangola grass (Tudsri *et al.* 1998). In Trial 3, total DM yields were reduced by only 10% when Jarra digit was cut every 20 days (13.8 t/ha) compared to 60 days (15.4 t/ha), but crude protein concentrations were 30-40% higher and fibre concentrations 7-8% lower.

Differences in DM yields between 20-d and 30-d cutting, and 30-d and 40-d cutting in Trial 2 were, on average, minor. Increasing the cutting interval from 40 to 60 days, significantly increased DM yields in Trial 2, when high rates of nitrogen (80 kg/ha) were applied, but not in Trial 3, when intermediate rates of nitrogen (20-40 kg/ha) were applied.

Data from our trials would suggest that an optimum cutting interval for Jarra digit of between 30 and 40 days would produce high DM yields of leafy forage of good quality. Cutting every 20 days reduces the amount of DM and cutting every 60 days produces high yields of stemmy, fibrous forage of lower quality. Cutting intervals of 30 days for pangola grass (Tudsri *et al.* 1998) and *P. atratum* (Hare *et al.* 2001) were found to produce optimum yields of high quality forage, with 60 day cutting intervals for both species producing high yields of low quality forage.

Nitrogen rates as low as 20 kg/ha N applied every 60 days increased Jarra digit DM yields by 36% in Trial 2 above yields in control plots. Applying higher nitrogen rates in Trial 2 only increased DM yields by 13% (40 kg/ha N *vs.* 20 kg/ha N) and 7% (80 kg/ha N *vs.* 40 kg/ha N). The response in dry matter per unit of N applied in Trial 2 was typically curvilinear (Humphreys 1987), with increased dressings of N giving, overall, less increase in dry matter per unit of N (Table 9). The yield response of Jarra digit was typical of the general response of tropical grasses to N of 20-50 kg DM/kg N (Humphreys 1987) when N as urea was applied (with P, K and S as a basal dressing). However, the yield response of Jarra digit in our study was considerably higher than responses recorded for pangola grass in Thailand which averaged 12-29 kg DM/kg N in one study (Tudsri *et al.* 1999) and 17 kg DM/kg N in another (Tudsri *et al.* 1988).

In Trial 3, nitrogen rates of 20 kg/ha were generally as effective as rates of 40 kg/ha but when Jarra digit was cut every 60 days, the higher N rate produced higher DM yields containing significant amounts of stem. Applying nitrogen every 30 days compared to every 60 days in Trial 3 produced no increase in DM yields unless the cutting interval was extended to 60 days.

Crude protein concentrations of Jarra digit increased by 1-2 units as rates and frequency of nitrogen increased. When no nitrogen was applied, leaf concentrations were 11-12% when cut every 20-30 days. However, concentrations of leaf protein reached 16% when nitrogen was applied every 30 days. When Jarra digit was cut every 20-40 days and nitrogen applied, stem crude protein concentrations were, on average, above the 7% critical protein level (Milford and Minson 1966), below which voluntary intake is depressed. Cutting every 60 days reduced Jarra digit stem crude protein concentrations below 7%, regardless of nitrogen application.

A feature of this study was the very high nutritive quality of Jarra digit forage with crude protein concentrations among the highest reported in Thailand in the wet season for a tropical forage grass. Even when little or no nitrogen was applied, crude protein concentrations of Jarra digit grown on very infertile soils were twice as high as those recorded for *P. atratum* grown in an adjacent trial (Hare *et al.* 2003c). Smallholder farmers who apply very little or no fertiliser can maintain high forage quality by cutting Jarra digit every 20-30 days, though DM production will be compromised. In Thailand, Jarra digit is commonly compared to pangola grass. Crude protein concentrations in leaves of pangola grass only reached 9.8% when 80 kg/ha N was applied (Tudsri *et al.* 1998) and very high rates of nitrogen (468-930 kg/ha) were needed to increase crude protein concentrations to levels between 12-14% (Tudsri *et al.* 1999). Furthermore, concentrations of ADF and NDF% in leaves and stems were 3-5 units lower in Jarra digit in our study compared to pangola grass (Tudsri *et al.* 1998; Tudsri *et al.* 1999).

Jarra digit is a tropical forage of higher-than-average nutritive quality. It can be easily established by planting stolons in moist soil with 50 cm spacings producing high dry matter yields in the first wet season. The frequency with which Jarra digit should be cut or grazed will depend on the relative importance of quality and quantity of forage produced but an optimum cutting interval of between 30 and 40 days is recommended for production of large amounts of high quality forage. Nitrogen application to Jarra digit pastures growing on infertile soils in northeast Thailand, will improve grass production with increases in crude protein concentrations. Applying 20 kg/ha N every 60 days will give the highest response in dry matter production per unit of nitrogen. Economics are usually the ultimate determinant of the amount of nitrogen to apply (Hare *et al.* 1999b), so therefore amounts above 20 kg/ha N and more frequent nitrogen applications than every 60 days, are not necessary.

Acknowledgements

We thank the Thailand Research Fund (TRF) for providing financial support to this research program and the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University for research facilities.

References

ANONYMOUS (2002) *Pangola grass.* (Division of Animal Nutrition, Department of Livestock Development: Bangkok, Thailand).

GOBIUS, N.R., PHAIKAEW, C., PHOLSEN, P. RODCHOMPOO, O. and SUSENA, W. (2001) Seed yield and its components of *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Digitaria milanjiana* cv. Jarra and *Andropogon gayanus* cv. Kent in north-east Thailand under different rates of nitrogen application. *Tropical Grasslands,* **35,** 26-33.

HACKER J. B. (1992) *Digitaria eriantha* Steudel. In: Mannetje, L.'t and Jones, R.M (eds) *Plant Resources of South-East Asia. No 4, Forages.* pp 121-123 (Pudoc-DLO: Wageningen).

HACKER, J.B. and WONG, C.C. (1992) *Digitaria milanjiana* (Rendle) Stapf. In: Mannetje, L.'t and Jones, R.M (eds) *Plant Resources of South-East Asia, No 4, Forages.* pp 123-124 (Pudoc-DLO: Wageningen).

HALL T.J., WALDUCK, G.D. and WALKER, R.W. (1993) *Register of Australian herbage plant cultivars.* A. Grasses, 23. *Digitaria* (b) *Digitaria milanjiana* (Rendle) Stapf. (finger grass) cv. Jarra. *Australian Journal of Experimental Agriculture,* 33 (5), 674-676.

HARE, M.D., THUMMASAENG, K., SURIYAJANTRATONG, W., WONGPICHET, K., SAENGKHAM, M., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C. and BOONCHARERN, P. (1999a) Pasture grass and legume evaluation on seasonally waterlogged and seasonally dry soils in Northeast Thailand. *Tropical Grasslands,* **33,** 65-74.

HARE, M.D., SURIYAJANTRATONG, W., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C., WONGPICHET, K. and THUMMASAENG, K. (1999b) Effect of nitrogen on production of *Paspalum atratum* on seasonally wet soils in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*, **33,** 207-213.

HARE, M.D., SAENGKHAM, M., KAEWKUNYA, C., TUDSRI, S., SURIYAJANTRATONG, W., THUMMASAENG, K. and WONGPICHET, K. (2001) Effect of cutting on yield and quality of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands,* **35,** 144-150.

HARE, M.D., KAEWKUNYA, C., TATSAPONG, P. and SAENGKHAM, M. (2003a) Evaluation of forage legumes and grasses on seasonally waterlogged sites in north-east Thailand. *Tropical Grasslands,* **37**, 20-32.

HARE, M.D., SAENGKHAM, M., TATSAPONG, P., WONGPICHET, K. and TUDSRI, S. (2003b) Waterlogging tolerance of some tropical grasses. *Tropical Grasslands,* **37**. (submitted).

HARE, M.D., GRUBEN, I.E., TATSAPONG, P., LUNPHA, A., SAENGKHAM, M. and WONGPICHET, K. (2003c) Planting *Paspalum atratum* cv. Ubon and forage legumes in alternate rows to establish pasture swards in north-east Thailand. *Tropical Grasslands,* 37. (submitted).

HUMPHREYS, L.R. (1987) Tropical pastures and fodder crops. *Intermediate Tropical Agriculture Series* 2nd Edn. (Longman: New York).

JONES, R.M., TOTHILL, J.C. and JONES, R.J. (1986) Pastures and pasture management in the tropics and sub-tropics. *The Tropical Grassland Society of Australia Occasional Publication No. 1.*

KHEMSAWAT, C. and PHONBUMRUNG, T. (2002) Thai government promotes fodder production and encourages marketing. (Southeast Asia Feed Research and Development Network) *Seafrad News,* **12,** 9.

MILFORD, R. and MINSON, D.J. (1966) Intake of tropical pasture species. *Proceedings of the XI International Grassland Congress, Brazil, 1964.* pp. 814-822.

STÜR, W.W. and HORNE, P.M. 2001 Developing forage technologies with smallholder farmers – how to grow, manage and use forages. *ACIAR Monograph No. 88.* (ACIAR, Canberra).

TUDSRI, S. and SORNPRASITTI, P. (1988) Response of four tropical pasture grasses to nitrogen application. *Kasetsart Journal (Natural science),* **22,** 37-44.

TUDSRI, S., PACHANAWAN, N., SAWADIPANICH, S. BUMRUNG, N. and JENGNAY, Y. (1998) Productivity and quality of CP-Pangola (*Digitaria decumbens* cv. CP-1) under different management conditions. 1. Effect of frequency and height of cutting. *Kasetsart Journal (Natural science),* **32**, 265-274.

TUDSRI, S., PACHANAWAN, N., BUMRUNG, N. and JENGNAY, Y. (1999) Productivity and quality of CP-Pangola (*Digitaria decumbens* cv. CP-1) under different management conditions. 2. Effects nitrogen application and cutting frequency. *Kasetsart Journal (Natural science),* **33**, 21-32.

TUDSRI, S., PRASANPANICH, S., SAWADIPANICH, S., JARIPAKORN, P. and ISWILLANONS, S. (2001) Effect of pasture production systems on milk production in the central plains of Thailand. *Tropical Grasslands,* **35,** 246-253.

Table 1. Rainfall at Ubon Ratchathani University during the study and the medium-term mean.

Month	Rainfall (mm)			
	Mean[1]	2000	2001	2002
Jan	1	0	0	0
Feb	11	16	17	0
Mar	32	15	65	43
Apr	83	140	23	98
May	226	494	94	105
Jun	251	257	323	122
Jul	279	469	288	389
Aug	270	419	294	435
Sep	294	218	262	389
Oct	110	55	239	131
Nov	32	16	53	10
Dec	5	0	0	11
Total	1593	2099	1658	1733

[1]11-year mean, 1992-2002.

Table 2. Effect of row spacing on Jarra digit dry matter production and botanical composition.

Row spacing	1st cut (24/10/00)	2nd cut (25/12/00)	3rd cut (25/4/01)	4th cut (26/6/01)	5th cut (27/7/01)	6th cut (5/9/01)	7th cut (22/10/01)
				Jarra digit DM (kg/ha)			
0.5 m	2536 a[1]	2313 a	753 a	3795 a	2808 a	3918 a	3406 a
1.0 m	2150 a	1669 a	602 a	2858 a	2021 a	3077 a	3199 a
1.5 m	1782 ab	1811 a	572 a	3847 a	3169 a	3647 a	3046 a
2.0 m	1071 b	1553 a	555 a	2506 a	2459 a	4047 a	3254 a
				Jarra digit %			
0.5 m	81 a	87 a	53 a	98 a	91 a	96 a	98 a
1.0 m	51 b	66 b	41 a	86 ab	76 a	91 a	95 a
1.5 m	66 ab	79 ab	40 a	95 a	81 a	95 a	95 a
2.0 m	39 b	66 b	44 a	79 b	75 a	93 a	98 a
				Weeds %			
0.5 m	19 b	13 b	47 a	2 b	9 a	4 a	2 a
1.0 m	49 a	34 a	59 a	14 ab	34 a	9 a	5 a
1.5 m	34 ab	21 ab	60 a	5 ab	19 a	5 a	5 a
2.0 m	61 a	34 a	56 a	21 a	35 a	7 a	2 a

[1] Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P+0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 3. Effect of cutting interval and nitrogen on production of Jarra digit in 2001 (Trial 2).

Cutting interval (d)	Nitrogen rate[1] (kg/ha N)			
	0	20	40	80
	Total DM yield (kg/ha)			
20	9962	14311	13667	15132
30	11448	14638	18347	17114
40	11577	15780	17148	19202
60	12622	17503	21253	23985
	LSD (P<0.05) 2725			
Treatment**; Cutting**; Nitrogen**; Cutting x Nitrogen*				
	Leaf DM yield (kg/ha)			
20	5337	8050	7223	7657
30	5160	6517	7868	7301
40	5524	6922	7447	8248
60	4727	5908	6793	7577
	LSD (P<0.05) 1115			
Treatment**; Cutting*; Nitrogen**; Cutting x Nitrogen ns				
	Stem DM yield (kg/ha)			
20	4625	6261	6444	7475
30	6288	8121	10479	9813
40	6053	8858	9701	10954
60	7895	11595	14460	16408
	LSD (P<0.05) 1974			
Treatment**; Cutting**; Nitrogen**; Cutting x Nitrogen**				

[1] Total N applied over trial (0, 80, 160 and 320 kg/ha)

Table 4. Effect of cutting interval and nitrogen on herbage quality of Jarra digit in 2001 (Trial 2).

Cutting interval (d)	Nitrogen rate[1] (kg/ha N)			
	0	20	40	80
	Leaf crude protein concentration (%)			
20	12.32	13.19	13.17	15.18
30	11.03	12.70	13.02	13.61
40	9.57	10.78	11.39	13.60
60	8.65	8.68	9.84	11.16
	LSD (P<0.05) 0.81			
Treatment**; Cutting**; Nitrogen**; Cutting x Nitrogen*				
	Stem crude protein concentration (%)			
20	8.60	8.27	8.25	10.47
30	6.38	7.32	7.92	8.04
40	5.68	6.74	7.08	8.03
60	5.02	3.73	4.02	5.29
	LSD (P<0.05) 1.19			
Treatment**; Cutting**; Nitrogen**; Cutting x Nitrogen*				
	Leaf ADF (%)			
20	31.46	31.25	30.70	30.37
30	31.87	31.06	31.25	30.73
40	33.53	32.34	33.11	32.33
60	33.77	33.85	33.06	32.20
	LSD (P<0.05) 0.69			
Treatment**; Cutting**; Nitrogen**; Cutting x Nitrogen*				
	Stem ADF (%)			
20	34.75	35.70	34.94	34.82
30	35.75	35.61	35.55	36.09
40	36.55	37.70	38.45	38.03
60	37.91	38.33	39.31	39.90
	LSD (P<0.05) 1.45			
Treatment**; Cutting**; Nitrogen ns; Cutting x Nitrogen ns				
	Leaf NDF (%)			
20	52.20	52.75	52.64	53.46
30	53.67	52.63	53.79	52.92
40	55.48	54.48	53.81	55.55
60	56.07	56.56	56.59	55.22
	LSD (P<0.05) 2.75			
Treatment*; Cutting**; Nitrogen ns; Cutting x Nitrogen ns				
	Stem NDF (%)			
20	62.19	63.48	62.73	62.25
30	64.76	63.11	65.11	62.88
40	66.28	66.04	66.81	65.79
60	66.52	69.09	69.49	69.16
	LSD (P<0.05) 1.57			
Treatment**; Cutting**; Nitrogen*; Cutting x Nitrogen**				

[1] Total N applied over trial (0, 80, 160 and 320 kg/ha)

Table 5. Effect of rate and time of nitrogen and cutting interval on yield of Jarra digit in 2002 (Trial 3).

Cutting interval (d)	N rate[1] (20 kg/ha N)	N rate (40 kg/ha N)	N every 30 days	N every 60 days
		Total DM yield (kg/ha)		
20	13064	14540	14202	13401
40	13249	15760	15232	13777
60	13926	16879	16242	14563
LSD (P<0.05)		1588		
Treatment**; Cutting*; Rate of N**; Time of N**; Cutting x Rate of N ns; Cutting x Time of N ns; Time of N x Rate of N *				
		Leaf DM yield (kg/ha)		
20	7294	8127	7984	7437
40	6037	6939	6819	6156
60	5299	6084	6351	5032
LSD (P<0.05)		678		
Treatment**; Cutting**; Rate of N**; Time of N**; Cutting x Rate of N ns; Cutting x Time of N ns; Time of N x Rate of N ns.				
		Stem DM yield (kg/ha)		
20	5770	6413	6218	5964
40	7212	8821	8413	7621
60	8627	10795	9891	9531
LSD (P<0.05)		1209		
Treatment**; Cutting**; Rate of N**; Time of N ns; Cutting x Rate of N ns; Cutting x Time of Nitrogen ns; Time of N x Rate of N *				

[1] Total N applied over trial
(20 kg/ha N every 30 days = 160 kg/ha; 20 kg/ha N every 60 days = 80 kg/ha;
40 kg/ha N every 30 days = 320 kg/ha; 40 kg/ha N every 60 days = 160 kg/ha)

Table 6. Effect of time and rate of nitrogen application on yield of Jarra digit in 2002 (Trial 3).

Nitrogen rate[1] (kg/ha N)	N every 30 days	N every 60 days
	Total DM yield (kg/ha)	
20	14554	12273
40	15897	15555
LSD (P<0.05)	1297	
	Leaf DM yield (kg/ha)	
20	6755	5664
40	7347	6752
LSD (P<0.05)	553	
	Stem DM yield (kg/ha)	
20	7799	6609
40	8550	8803
LSD (P<0.05)	987	

[1] Total N applied over trial
(20 kg/ha N every 30 days = 160 kg/ha; 20 kg/ha N every 60 days = 80 kg/ha;
40 kg/ha N every 30 days = 320 kg/ha; 40 kg/ha N every 60 days = 160 kg/ha)

Table 7. Effect of rate and time of nitrogen and cutting interval on quality of Jarra digit in 2002 (Trial 3).

Cutting interval (d)	N rate[1] (20 kg/ha N)	N rate (40 kg/ha N)	N every 30 days	N every 60 days
		Leaf crude protein concentration (%)		
20	13.91	16.09	16.07	13.92
40	11.90	13.95	14.15	11.69
60	9.85	11.13	11.62	9.36
LSD (P<0.05)		1.04		
Treatment**; Cutting*; Rate of N**; Time of N**; Cutting x Rate of N ns; Cutting x Time of N ns; Time of N x Rate of N **				
		Stem crude protein concentration (%)		
20	9.67	11.09	11.62	9.14
40	8.31	9.29	9.81	7.79
60	5.59	6.80	6.93	5.46
LSD (P<0.05)		0.94		
Treatment**; Cutting**; Rate of N**; Time of N**; Cutting x Rate of N ns; Cutting x Time of N ns; Time of N x Rate of N **				
		Leaf ADF (%)		
20	30.45	30.27	30.01	30.72
40	32.10	31.68	31.60	32.18
60	32.91	32.43	32.45	32.90
LSD (P<0.05)		0.74		
Treatment**; Cutting**; Rate of N ns; Time of N**; Cutting x Rate of N ns; Cutting x Time of N ns; Time of N x Rate of N ns.				
		Stem ADF (%)		
20	34.19	34.81	34.37	34.64
40	35.69	35.44	35.33	35.81
60	36.97	36.37	36.56	36.78
LSD (P<0.05)		0.64		
Treatment**; Cutting**; Rate of N ns; Time of N ns; Cutting x Rate of N ns; Cutting x Time of N*; Time of N x Rate of N *				
		Leaf NDF (%)		
20	52.43	51.30	52.32	51.40
40	55.56	55.19	55.81	54.94
60	56.67	56.47	56.40	56.75
LSD (P<0.05)		2.18		
Treatment**; Cutting**; Rate of N ns; Time of N ns; Cutting x Rate of N ns; Cutting x Time of N ns; Time of N x Rate of N ns.				
		Stem NDF (%)		
20	61.09	61.45	60.53	62.05
40	63.75	62.92	63.12	63.55
60	65.66	65.15	65.11	65.70
LSD (P<0.05)		1.01		
Treatment**; Cutting**; Rate of N ns; Time of N**; Cutting x Rate of N ns; Cutting x Time of N ns; Time of N x Rate of N ns.				

[1] Total N applied over trial
(20 kg/ha N every 30 days = 160 kg/ha; 20 kg/ha N every 60 days = 80 kg/ha;
40 kg/ha N every 30 days = 320 kg/ha; 40 kg/ha N every 60 days = 160 kg/ha)

Table 8. Effect of time and rate of nitrogen application on quality of Jarra digit in 2002 (Trial 3).

Nitrogen rate[1] (kg/ha N)	N every 30 days	N every 60 days
	Leaf crude protein concentration (%)	
20	12.61	11.16
40	15.28	12.16
LSD (P<0.05)	0.85	
	Stem crude protein concentration (%)	
20	8.22	7.49
40	10.69	7.43
LSD (P<0.05)	0.77	
	Leaf ADF (%)	
20	31.51	32.13
40	31.19	31.73
LSD (P<0.05)	0.61	
	Stem ADF (%)	
20	35.67	35.17
40	35.57	35.74
LSD (P<0.05)	0.52	
	Leaf NDF (%)	
20	54.59	55.18
40	55.10	53.54
LSD (P<0.05)	1.78	
	Stem NDF (%)	
20	63.25	63.75
40	62.59	63.78
LSD (P<0.05)	0.82	

[1] Total N applied over trial
(20 kg/ha N every 30 days = 160 kg/ha; 20 kg/ha N every 60 days = 80 kg/ha;
40 kg/ha N every 30 days = 320 kg/ha; 40 kg/ha N every 60 days = 160 kg/ha)

Table 9. Yield responses (kg DM/kg N) from applying nitrogen to Jarra digit (Trial 2).

Cutting interval (d)	Nitrogen level (kg/ha N)		
	80	160	320
	Yield response (kg DM/kg N)		
20	54	23	16
30	40	43	17
40	52	35	24
60	61	54	36

Appendix 8

Planting *Paspalum atratum* cv. Ubon and forage legumes in alternate rows to establish pasture swards in north-east Thailand

M.D.HARE[1], I.E. GRUBEN[2], P.TASAPONG[1], A. LUNPHA[1], M. SAENGKHAM[1] AND K. WONGPICHET[1]

[1]*Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand*
[2]*Department of Agroecology, University of Rostock, Rostock, Germany*

Abstract

Two field trials on a low fertility upland soil were conducted in north-east Thailand to find legumes that when planted in alternate 50 cm rows in Ubon paspalum (*Paspalum atratum*) swards would persist and improve the quality of the pasture. In Trial 1, annual legumes *Lablab purpureus* cv. Rongai, *Vigna unguiculata* and *Canavalia ensiformis* were dominant at the first cut, 60 days after sowing, but these legumes failed to regrow after the second cut 45 days later. Other legumes *Aeschynomene americana* cv. Lee, *Macroptilium gracile* cv. Maldonado, *Stylosanthes guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184), *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade, *Calopogonium muncunoides* and *Pueraria phaseoloides* were slower to establish but produced consistent yields when cut 4 times during the wet season. The highest cumulative wet season dry matter yields in Trial 1 were produced by the grass only swards, 12.2 t/ha DM, which was 35% higher than the average yields produced by the mixed grass/legume swards. The low average crude protein content of Ubon paspalum (4.5%) lowered the total crude protein yields of the grass only swards by up to 35% compared to the best legume/grass sward of *Centrosema pascuorum* that produced 808 kg/ha crude protein from 4 cuts.

In Trial 2 in the second year, the inter-rows between the existing rows of Ubon paspalum were cultivated at the beginning of the wet season and legumes oversown along the cultivated inter-rows. The best performing legumes in the first wet season in Trial 2 were *S. guianensis* var. *vulgaris* x var. *pauciflora* (ATF 3308, Ubon stylo), *Macroptilium gracile* cv. Maldonado, *S. guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184), *S. hamata* cv. Verano, and *C. mucunoides*. However, total wet season crude protein yields between the best legume mixed grass swards and grass only swards were not significantly different.

In the second wet season in Trial 2, the legumes were not resown in the pasture swards but were allowed to reestablish from fallen seed produced in the preceding dry season. All 3 stylo species, *S. guianensis* var. *vulgaris* x var. *pauciflora, S. guianensis* cv. Tha Phra and *S. hamata* cv. Verano, produced significant amounts of dry matter (2.0-2.3 t/ha) and these treatments produced 89% more total wet season crude protein than swards with only Ubon paspalum. Tha Phra stylo mixed grass swards twice the amount of crude protein than grass only swards. *S. hamata* cv. Verano aggressively invaded the inter-rows in the other mixed grass/legume swards where the twining legumes were either very sparse or had disappeared, thereby increasing significantly the crude protein yields of these swards compared to grass only swards.

Management strategies to maintain a strong legume composition in alternate rows in Ubon paspalum swards are discussed and include using high legume seeding rates, selectively cutting only the grass in the early part of the wet season and reducing the

amount of fertiliser used. Stylo species were identified as suitable legume companion species to establish in Ubon paspalum pastures on low fertility upland soils in north-east Thailand.

Introduction

The concept of a grass/legume mixture as an ideal pasture is based on the better balanced diet on offer to animals with respect to protein provided by the legume and energy provided by the grass, which in turn benefits from the symbiotic nitrogen fixed by the associated legume. However, the management of tropical grasses and legumes to maintain the original botanical composition is a difficult operation as each has differing growth patterns with the faster growing C_4 grasses usually dominating the slower growing C_3 legumes (Humphreys 1981).

The comparative advantage of C_4 grasses over the C_3 legumes, particularly above the ground for space and light, usually leads to mixed grass/legume swards becoming grass dominant within 1-2 years after establishment. The nature of the competition does vary from one field situation to another so that a particular species may be a strong competitor in one site but a weak competitor in another (Grime 1977). However, the general experience in Thailand and many other tropical countries is the failure of legumes to persist in mixed swards for more than 2 years (Ibrahim and Mannetje 1998; Hare *et al.* 1999b; 2002).

On infertile, low lying, seasonally wet-seasonally dry soils in north-east Thailand, *Macroptilium gracile*, *Centrosema pascuorum* and *Aeschynomene americana* did not persist after the second wet season in association with either *Brachiaria mutica* or *Paspalum atratum* (Hare *et al.* 1999b). On fertile, well-drained soils in central Thailand, sowing *Stylosanthes hamata* at twice the seeding rate as that of *B. ruziziensis* (24 vs 12 kg/ha) did not prevent the pasture swards becoming grass dominant (97%) within 4 months after sowing (Wongsawan and Watkin 1990) and in places that legumes did persist, they only contributed 5-10% of the botanical composition of the pasture sward (Hongyantarachi *et al.* 1989).

The primary pasture production system in Thailand is to grow pure swards of cultivated grasses. The quality of these pastures is usually low as most farmers apply little if any fertiliser (Tudsri *et al.* 2001) and even where fertiliser has been applied, crude protein concentrations remained low, ranging from 4.4-8.6% on infertile soils (Hare *et al.* 1999a).

P. atratum cv. Ubon grows well on wet, waterlogged acid soils in Thailand (Hare *et al.* 1999a; 1999b) but it has low crude protein concentration, frequently falling below 7%. This crude protein level is considered a critical point (Milford and Minson 1966) where nitrogen needed by rumen microorganisms becomes limiting unless some other nitrogen source is provided. Crude protein concentrations of *P. atratum* increased above 7% if nitrogen rates of 80 kg/ha N were applied every 30 days and the forage cut every 20-30 days (Hare *et al.* 1999c; Hare *et al.* 2001). However, the amount of nitrogen fertiliser applied in these trials is too expensive for smallholder farmers and the frequent cutting regime (every 20-30 days) significantly lowers dry matter yields. This is undesirable for farmers where land pressure on smallholdings is great and as much dry matter as possible must be produced from average farm sizes of 2-4 ha (Hare *et al.* 1999a). Introducing legumes into *P. atratum* pasture swards could be a cost-effective method for smallholder farmers to improve pasture quality.

Tropical grass/legume mixtures have been successful where different strategies using management leads to the legume species competing successfully with the neighbouring competing grass species. It is common practice to increase the legume seeding rate in order to increase the legume percentage in the first year (Jones *et al.* 1986), particularly on low fertility soils (Humphreys 1987). But in some cases even this strategy is not successful (Wongsawan and Watkin 1990), particularly if the grass is stoloniferous. Legumes are generally more compatible with erect bunch grasses than with stoloniferous grasses. The legumes are able to compete for light by climbing up the grass canopies if they are twinning types or if they are low-growing types, removing the grass leaves by heavy grazing or close cutting will enable the legumes to receive sufficient illuminance.

Arachis pintoi persisted well, especially at high stocking rates, in association with a less aggressive accession of *B. humidicola* (Ibrahim and Mannetje 1998) and *B. brizantha* (Hernandez *et al.* 1995) in Costa Rica, because of its prostate growth habit and dense mat of stolons ensured protection of a high percentage of growing points from defoliation. Leucaena planted as seedlings in wide rows, 1-2 m apart, on fertile soils in Thailand, successfully grew with *B. ruziziensis* and *Pennisetum purpureum* (Dwarf napier) by cutting the grasses lower than leucaena in the establishment year, enabling the greater stature of leucaena to receive sufficient sunlight (Tudsri *et al.* 2001; 2002).

P. atratum is an erect bunch grass which does not spread into vacant areas in pastures and often these open spaces are invaded by weeds (Kalmbacher *et al.* 1997) when they could be better utilized by legumes. On seasonally wet-seasonally dry soils in Thailand legumes failed to persist in *P. atratum* swards but in these studies the grass seeding rate was higher than the legume rate (Hare *et al.* 1999a; 2002). If the legume seeding rate was higher than the grass rate and sites were on slightly better drained soils, legumes may have more chance to persist (Hare *et al.* 2002), especially in the open spaces in *P. atratum* pastures.

The objective of the research was to plant a range of legumes in alternate rows with *P. atratum* in order to find legumes that would persist and improve the quality of *P. atratum* swards in north-east Thailand on soils that are not waterlogged.

Materials and methods

The field experiments were conducted in Ubon Ratchathani province, north-east Thailand (15°N, 104°E) on the Ubon Ratchathani University farm in a 0.15 ha field from 2000 to 2002. Rainfall was recorded 1 km from the trial site (Table 1). The soil is classified as a sandy low humic gley soil (Roi-et soil series) and was on an upland site. Soil samples taken at sowing in May 2000 showed that the soil was acid (pH 4.7), and low in organic matter (1%), N (0.05%), P (10.7 ppm; Bray II extraction method) and K (19.5 ppm) concentrations. The site prior to cultivation had been planted in ruzi grass, mixed with some Verano stylo, for 6 years. The site was ploughed twice in March and April 2000 and rotary hoed to produce a fine seed bed the day before seed sowing in May 2000.

Trial 1 – Seed sowing Ubon paspalum and forage legumes in alternate rows

This trial was a randomised complete block design with 10 seed sowing treatments and 4 replications. The treatments were *Paspalum atratum* cv. Ubon (Ubon paspalum) sown alone (T1) or in alternate rows with *Lablab purpureus* cv. Rongai (T2), *Aeschynomene americana* cv. Lee (America jointvetch) (T3), *Macroptilium gracile* cv. Maldonado (Llanos macro) (T4), *Stylosanthes guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184) (T5), *Centrosema*

pascuorum cv. Cavalcade (T6), *Vigna unguiculata* (Cowpea) (T7), *Canavalia ensiformis* (Jackbean) (T8), *Calopogonium muncunoides* (Calopo) (T9) and *Pueraria phaseoloides* (Puero) (T10).

In April 2000, all seeds were weighed for thousand seed weight and tested for seed germination in order to calculate seed sowing rates (Table 2). Lee American jointvetch, llanos macro, Tha Phra stylo, calopo and puero seeds were soaked in hot water and Cavalcade seeds were scarified with sandpaper prior to germination testing and at seed sowing in May. Seeds of Lablab, Lee American jointvetch, Cavalcade, cowpea, calopo, and puero were also inoculated with the appropriate rhizobium strains (Table 2).

Ubon paspalum and the legumes were sown at their respective sowing rates (Table 2) on May 3, 2000 in plots measuring 6 x 5 m. Ubon paspalum in T1 was sown alone in 50 cm spaced rows and each legume species (T2-T10) was sown in alternate 50 cm spaced rows with Ubon paspalum. The seed was lightly covered with soil and fertilised with 22 kg/ha N, 22 kg/ha P, 22 kg/ha K and 13 kg/ha S. The plots were hand weeded 2 weeks after sowing.

Plant counts were made from 3 x 1 m rows of legumes and Ubon paspalum in each plot, 4 weeks after sowing. Dry matter cuts were taken from 4 x 1 m rows of each legume and Ubon paspalum per plot, cut 10 cm from ground level on July 4, August 17, September 29 and November 13, 2000. At each cut samples were sorted into Ubon paspalum and legume species. 200 g separate subsamples of Ubon paspalum and legume species from each plot were dried at 70°C for 48 hours and dry weights recorded. Samples from the dried grass and legumes were analysed for total N in order to calculate crude protein levels (%N x 6.25).

After each sampling, the plots were cut to 10 cm above ground level and fertilised with N, P, K and S at the same rates applied at sowing.

Trial 2 – Inter-row planting forage legumes in alternate rows between 1 year-old rows of Ubon paspalum

This study used the same plots as in Trial 1 comprising of 10 treatments replicated 4 times. The treatments were *P. atratum* cv. Ubon alone (T1), and *P. atratum* cv. Ubon inter-row planted with *S. guianensis* var. *vulgaris* x var. *pauciflora* (ATF 3308, Ubon stylo) (T2), *M. atropurpureum* cv. Aztec siratro (T3), *Macroptilium gracile* cv. Maldonado (Llanos macro) (T4), *S. guianensis* cv. Tha Phra (CIAT 184) (T5), *C. pascuorum* cv. Cavalcade (T6), *C. pubescens* (Centro) (T7), *S. hamata* cv. Verano (T8), *C. mucunoides* (Calopo) (T9) and *P. phaseoloides* (Puero) (T10).

On May 10, 2001, Ubon paspalum in all plots was cut to ground level and the inter-rows between the 1 m spaced grass rows in the legume treatments cultivated into a fine seed-bed by a small plough and harrow. On May 15 the legume seeds were sown in the inter-rows in their respective plots. The seed was lightly covered with soil and all the plots fertilised with 23 kg/ha N, 23 kg/ha P and 23 kg/ha K. The legume seeding rates were 10 kg/ha for the 3 stylo species, 20 kg/ha for Aztec siratro, llanos macro and centro and 40 kg/ha for calopo and puero. All the legume seeds were sandpaper scarified but were not treated with rhizobium.

On June 25 dry matter samples of Ubon paspalum only were cut 10 cm above ground level from 4 x 1 m rows in all plots and dry weight and crude protein determined as in Trial 1. Following sampling cuts, Ubon paspalum rows in all plots were cut to 10 cm above ground level and fertilised at the same rates used at time of legume sowing. No

legumes were cut at this time. On August 14 and October 17, 4 x 1 m rows of both legumes and Ubon paspalum were cut at 10 cm above ground level and analysed for dry matter and crude protein content. After each sampling cut, the remaining rows were cut to 10 cm above ground level and fertilised with the same rates of N, P and K.

Two dry season sampling cuts, 10 cm above ground level, were taken from each plot on December 26, 2001 and April 26, 2002. At each dry season cut, only samples of grass were taken from 4 x 1 m rows in each plot as the legumes present were below the 10 cm cutting height. At the April cut, the legume seedlings in the inter-rows were scored for percent cover in each plot. After each cut the same rates of N, P and K were applied again. Wet season cuts, 10 cm above ground level, were taken on June 17, August 21 and October 22, 2002, and analysed for dry matter and crude protein content. Only grass was sampled at the first cut in June. Fertiliser was only applied once in the 2002 wet season on August 21.

Results

Rainfall

Rainfall during the studies was above the medium term of 1593 mm/annum in all 3 years (Table 1). Rainfall in the first establishment year, 2000, was 30% above the medium-term average with over 400 mm/month falling in May, July and August. Rainfall in the May, the first month of the wet season, in 2001 and 2002 and in June, 2002, was more than 50% below the medium-term mean but heavy thunderstorms in the latter half of the wet season, increased the annual rainfall above the mean.

Trial 1 – Seed sowing Ubon paspalum and forage legumes in alternate rows

Plant populations of all species was good at 4 weeks after sowing (Table 3). The density of Ubon paspalum was slightly higher in the pure swards but there were no significant differences between Ubon paspalum plant density in all the plots strip-planted with legumes. Legume plant density varied significantly with the large seeded jackbean having the lowest plant number/m^2 and the small seeded Lee joint vetch the highest plant density at 4 weeks after sowing. Lablab established very well with plant densities similar to puero, llanos macro and Tha Phra stylo. However, the lower seed germination of calopo (Table 2) resulted in calopo having lower plant densities compared to most other legumes, except jackbean, at 4 weeks after sowing.

At the first cut, legumes were either dominant or at least equal in dry matter to Ubon paspalum, but at later cuts Ubon paspalum out yielded the legumes (Table 4). Annual legumes, jackbean, cowpea and lablab, were dominant at the first cut, producing significantly more dry matter than Ubon paspalum and all the other legumes except Cavalcade. However, these 3 annual legumes quickly died out and had disappeared in all plots by the third cut. The other biannual and perennial legumes grew more slowly, with Cavalcade and Lee jointvetch producing the most legume dry matter at the second and third cuts, respectively. By the fourth cut, there were no significant differences in dry matter production between the remaining legume species.

Ubon paspalum only produced significantly more dry matter when grown in the pure grass swards than when grown in association with the legumes, at the first and third cuts (Table 4). Dry matter production of Ubon paspalum in the mixed swards was similar in all the grass/legume swards at all cuts except at the fourth cut, when Ubon paspalum in the puero swards produced significantly more dry matter than when grown with other legumes.

The highest total first wet season dry matter yield was produced by the grass only swards, 12.2 t/ha DM, which was 35% higher than the average yields produced by the mixed grass/legume swards (Table 5).

Levels of crude protein in Ubon paspalum was low at all cuts, on average 4.5%, and only reached 7% at the fourth cut in association with puero (Table 4). When grown with lablab, crude protein levels of Ubon paspalum were slightly higher at the first 3 cuts than in other treatments. Levels of crude protein in the legumes was on average 14.5%, with puero producing the highest levels, except at the first cut, when Lee jointvetch produced a slightly higher level (Table 4). Cowpea produced the lowest concentration of legume crude protein, 10.2%, at the first cut, before it disappeared from the plots.

Total crude protein yields for the season were the highest in the Cavalcade mixed swards, 808 kg/ha, which was 35% higher than crude protein yields produced by the grass only swards. (Table 5).

Trial 2 – Inter-row planting forage legumes in alternate rows between 1 year-old rows of Ubon paspalum

At the first cut, differences in Ubon paspalum dry matter production between treatments were slight, with the highest yield being produced from the Ubon stylo swards and the lowest yield from the centro swards (Table 6). At the second cut, there were no differences in Ubon paspalum dry matter production between treatments. At the third cut, pure swards of Ubon paspalum produced significantly more dry matter than Ubon paspalum in mixed grass/legume swards.

Llanos macro, Tha Phra stylo, calopo, Ubon stylo and Verano stylo produced the highest legume dry matter yields when legumes were first sampled at the second cut (Table 6). The 3 stylo species and calopo produced the most dry matter at the end-of-wet season cut in October.

Total wet season dry matter yields were over 10 t/ha in the pure grass and llanos macro swards, which were 30% higher than dry matter yields produced by the centro and puero swards (Table 7). Total crude protein yields in the llanos macro swards were significantly higher than yields produced by the Cavalcade, centro, calopo and puero swards.

Ubon paspalum crude protein levels were very low at all cuts, averaging 4.7% (Table 6). Crude protein levels of the legumes were 3-4 times higher than levels in Ubon paspalum. Aztec siratro, llanos macro and calopo produced crude protein levels 2-3% lower than the other legume species.

In the dry season (November-April), dry matter production of Ubon paspalum was on average 2200 kg/ha with no significant differences between plots that had legumes and the grass only plots. Legumes were very small and prostrate at the first dry season cut (December) and as they were below the 10 cm cutting height no legume dry matter data were collected. In April many legumes seedlings were starting to emerge in the plots and even though no dry matter production data were collected as they were too small, their presence was scored visually in each treatment. Ubon stylo, Tha Phra stylo and Verano stylo were dense along the inter-rows in all their respective plots; llanos macro, Cavalcade, centro, and calopo were between 20-30% in their respective plots; puero only constituted 5% cover in its plots and no Aztec siratro seedlings were observed. However, in the twining legume plots dense numbers of small Verano seedlings were observed emerging.

Grass only plots at the first cut in the third wet season produced significantly more grass dry matter than plots mixed with Ubon stylo, Tha Phra stylo, Cavalcade and centro (Table 8). At the second cut, nearly all plots produced similar grass yields, except for the Cavalcade and centro plots, which produced nearly 60% less grass dry matter than grass only plots.

At the second cut, the 3 treatment stylos, Ubon, Tha Phra and Verano, produced significantly more dry matter than the combined dry matter weights of the other legumes (Table 8) which were either very sparse (Aztec siratro, llanos macro, Cavalcade, centro and calopo) or had disappeared (puero). Self-sown Verano stylo was very dense in these twinning legume swards and a small amount of self-sown calopo also grew in the Verano stylo plots. Total dry matter production (grass and legume) was similar between all plots at the second and third cuts.

At the third cut, Ubon paspalum in the centro swards produced less than half the amount of dry matter produced by the grass only swards (Table 8). The 3 stylo species were again dominant at the third cut and self-sown Verano stylo produced equal amounts of dry matter in the other legume swards. Aztec siratro had disappeared by the time the third cut was taken.

In the third wet season there were no significant differences in cumulative dry matter production between grass only and mixed/legume grass swards (Table 9). However, the mixed grass/legume swards produced more significantly more (67%) crude protein than grass only swards. The 3 stylo treatment swards produced 89% more total crude protein than the grass only swards with Tha Phra stylo swards producing twice the amount of crude protein produced by grass only swards.

Discussion

The primary objective of this research was to improve the quality of Ubon paspalum swards through management of appropriate forage legumes introduced either when sown with Ubon paspalum or when oversown into alternate inter-rows in established grass swards. Management of the trials was to ensure that conditions were made suitable for the legumes by using high legume seeding rates, cultivating the inter-rows before oversowing in second-year grass swards, selectively cutting the grass only and delaying cutting the legumes at the beginning of the second and third growing seasons and reducing the amount of fertiliser in third-year swards in order to reduce the competitiveness of Ubon paspalum.

Using high legume seeding rates in Trial 1 was a successful management strategy in that it ensured that at the first cut, 2 months after sowing, most of the legumes were either dominant or at least equal in dry matter to Ubon paspalum. Cultivating the inter-rows and selectively cutting only the grass rows early in the second growing season promoted successful establishment of all the legumes in second year grass swards. Selectively cutting the grass rows and not cutting the legumes early in the third growing season made conditions suitable for the successful reestablishment of stylo species from fallen seed.

Fertiliser management appeared to play an important role in the successful growth of stylo species in the third year. The amount of fertiliser applied in the third year was reduced to half of what was used in the previous year without affecting the quality of the pasture sward. Grass production was reduced but the production of stylo species increased 5-6 times compared to the previous year and this increase, which included self-

sown Verano stylo in other legume plots, enabled crude protein yields for the third year to be 165 kg/ha higher in the mixed grass/legume swards than in the second year. Ubon paspalum crude protein levels remained low throughout the trials and when fertiliser applications were halved in the third year, crude protein levels remained the same.

With management strategies assisting the successful establishment and growth of legumes in Ubon paspalum pasture swards, it appeared that legume growth habit was the major determinant of the subsequent performance of the different legumes species.

Annual legumes, lablab, jackbean and Cavalcade, with their vigorous early growth, significantly increased the quality of the Ubon paspalum swards with increased crude protein yields compared to grass only swards in Trial 1. Another annual species used, cowpea, produced over 1500 kg/ha DM at the first cut, but its relatively low crude protein content for a legume (10.2%) meant that the cowpea mixed pasture sward crude protein yield was not significantly higher than grass only swards.

However, except for Cavalcade and Lee jointvetch, the contribution of these annual legumes to sward productivity and quality was short-lived and by the third cut they had disappeared. Their demise was not caused by grass competition because Ubon paspalum under a 45-day cutting regime did not shade out the legume inter-rows. Their demise was caused by a combination of their annual habit and the repeated cutting of their elevated growing points. Even though Cavalcade and Lee joint vetch are annual legumes, they persisted in the first wet season because their growth habits protected many of their growing points from defoliation.

Cavalcade is trailing legume rather than a twining legume and can root from trailing stems (Clements 1992). Cutting at 10 cm above ground level did not remove many of its growing points and Cavalcade was able to successfully regrow after each cut in Trial 1. Cavalcade in Trial 1 maintained consistently good yields throughout the wet season, producing the highest legume dry matter yield for the season (3t/ha DM) and producing the sward with the highest crude protein yield in the first season. Lee jointvetch under grazing or repeated cutting changes its erect habit to branch close to the ground (Bishop 1992) and many growing points were protected from defoliation. In north-east Thailand the long dry season causes Lee jointvetch to behave as an annual rather than a short-lived perennial in moist conditions.

Perennial twining legumes, with their elevated growing points are for the most part vulnerable to heavy grazing or repeated cutting. In these trials the performance of twining legumes varied, with all of them competing strongly in Trial 1 but many performing weakly in Trial 2. In Trial 1, Llanos macro, calopo and puero were persistent throughout the first wet season and at the final wet season harvest in October there were no significant differences in their yields and those of the remaining legumes. Their competitive performance in this trial may have been partly due to the above average rainfall creating moist soil conditions under which all 3 legumes thrive (Skerman *et al.* 1988; Cameron 1992; Halim 1992; Hare *et al.* 1999a). In Trial 2, llanos macro, and calopo were both vigorous at the first legume harvest but at the end of the wet season only calopo showed good persistence. This may be due to the growth habit of calopo, which under cutting or grazing can creep along the ground and then root at the nodes under moist conditions. Llanos macro does not have this habit of rooting from trailing stems. Both puero and Aztec siratro established performed poorly in Trial 2 and thereafter throughout the trial were very sparse. We have observed that both species

normally establish slowly in north-east Thailand and under the increased competitiveness of second year grass swards were never vigorous enough to compete strongly.

In Trial 2 in the second wet season after oversowing into grass swards, the twining legumes produced insignificant amounts of dry matter. After the final harvest in October only 16 mm of rain fell from November to February, the period of main flowering of these legumes which produce pods. We have observed that unless some dry season rain falls or irrigation is applied, pod-forming legumes either fail to flower or produce shriveled pods and seed. During a long dry season these perennial twining legumes become annual legumes but without fallen seed they disappear from pasture swards.

The performance and persistence of the stylo species demonstrated that these legumes are good companion species in Ubon paspalum swards on upland soils. In Trial 1, only Tha Phra stylo was planted. It established slowly but from the second cut in August onwards its dry matter yields were not significantly lower than any other legume species. In Trial 2 in the first wet season when they were planted, all 3 stylo species, Ubon stylo, Tha Phra stylo and Verano stylo, were in the top group of legumes for dry matter production at all cuts.

These 3 stylo species, were the only legumes that regenerated well from fallen seed in third-year Ubon paspalum swards. These 3 legumes are free-seeding, and flower and produce large amounts of seed under dry conditions in north-east Thailand (Hare and Phaikaew 1999). Even though they were very small and prostrate in the plots during the dry season, they still flowered and produced enough seed in order to start germinating and emerging before the final dry season cut in April. Therefore in the second wet season the 3 treatment stylos, Ubon, Tha Phra and Verano, produced significantly more dry matter than the combined dry matter weights of the other remaining legumes.

In the second season of Trial 2, Verano stylo invaded all the plots where the twining legumes had either disappeared or were very sparse. The trial site was in a former ruzi grass and Verano stylo pasture and the invasion of Verano stylo must have come from buried seed. Verano stylo is ubiquitous along roadsides throughout north-east Thailand and it persists year after year due to its ability to set large amounts of seed. Tha Phra stylo is also very persistent on upland sandy soils but with the reported occurrence of anthracnose in CIAT 184 stylo (Tha Phra stylo) in several situations in south-east Asia (Chakraborty *et al.* 2001), seed production of the anthracnose resistant hybrid species, Ubon stylo (ATF 3308) (Grof *et al.* 2001), is currently being undertaken by Ubon Ratchathani University. In small trials at the university dry matter production of Ubon stylo is equal to that of Tha Phra stylo but it is superior in seed production.

The good growth of several legumes in Trial 1, the first year of Trial 2 and the stylo species in the second year of Trial 2, did not appear to benefit the associated Ubon paspalum plants in the mixed grass/legume swards. Crude protein content of Ubon paspalum plants in grass only swards was generally only slightly lower than in plants in the grass/legume swards. The benefits to animals having a better balanced diet would have to come from the legumes providing a higher crude yield on offer in the mixed swards. Even though the differences in total season crude protein yields were often insignificant between grass only and some mixed swards there was a strong trend for the best legume swards to be significantly higher in crude protein yield. In Trial 1, Cavalcade swards produced 35% more crude protein than the grass only swards. In the second

season of Trial 2, the 3 stylo treatment swards produced 89% more crude protein than grass only swards. In that same season the invasion of Verano stylo in other treatments increased by 67% the average crude protein yields above the yields in grass only plots.

This research has shown that with management legumes can successfully establish and grow in Ubon paspalum swards. High legume seeding rates and the selective cutting of only grass during the legume establishment phase will assist the survival and production of legumes. Smallholder farmers apply very little fertiliser and when fertiliser in these trials was reduced by half, legume production increased 6 fold. Reducing the amount of fertiliser is a good management strategy for smallholder farmers. Even though dry matter production of Ubon paspalum is reduced, the associated increase in legume sward composition raises the overall crude protein content on offer in the mixed grass/legume swards thereby achieving the primary objective of these trials to improve the quality of Ubon paspalum pastures.

Ubon paspalum is not an aggressive competitive grass but the companion legumes that are introduced must be adapted to cutting and seed freely in order to survive the long dry season. Whenever legumes grow in close proximity with grasses they must have mechanisms in order to survive both the physical and biotic environment (Grime, 1977). Ubon stylo, Tha Phra stylo and Verano stylo were identified as suitable species to grow with Ubon paspalum. By having many low growing points, good drought tolerance and free-seeding habits they persisted and regenerated in the second year after sowing. Other twining legumes were productive in the first season but most failed to reestablish adequately in the second season to be of any medium term benefit.

Acknowledgements

We thank the Thailand Research Fund (TRF) for providing financial support for this research project, the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University for research facilities and Dr Bert Grof for providing seed of the hybrid stylo ATF 3308.

References

BISHOP, H.G. (1992) *Aeschynomene americana* L. In: Mannetje, L.'t and Jones, R.M (eds) *Plant Resources of South-East Asia, No 4, Forages.* pp 37-39 (Pudoc-DLO: Wageningen).

CAMERON, A.G. (1992) *Macroptilium longepedunculatum* (Benth.) Urban. In: Mannetje, L.'t and Jones, R.M (eds) *Plant Resources of South-East Asia, No 4, Forages.* pp 159-160 (Pudoc-DLO: Wageningen).

CHAKRABORTY, S., FERNANDES, C., MELKANIA, N.P., GUODAO, L. and KELEMU, S. (2001) Use of high yielding anthracnose resistant *Stylosanthes* for agricultural systems. *ACIAR Annual Report for the year 1999-2000.* pp. 1-5.

CLEMENTS, R.J. (1992) *Centrosema pascuorum* Martius ex Benth. In: Mannetje, L.'t and Jones, R.M (eds) *Plant Resources of South-East Asia, No 4, Forages.* pp 84-86 (Pudoc-DLO: Wageningen).

GRIME, J.P. (1977) Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist,* **111,** 1169-1195.

GROF, B., FERNANDES, C.D. and FERNANDES, A.T.F. 2001 New *Stylosanthes guianensis* for Tropical Grasslands. *Proceedings of XIX International Grassland Congress Brazil 2001* Session 13, 2-7.

HALIM, R.A. (1992) *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth. In: Mannetje, L.'t and Jones, R.M (eds) *Plant Resources of South-East Asia, No 4, Forages.* pp 192-195 (Pudoc-DLO: Wageningen).

HARE, M.D. and PHAIKAEW, C. 1999 Forage seed production in Northeast Thailand: A case history. In: Loch, D.S., Ferguson, J.E. (eds). *Forage Seed Production Volume 2: Tropical and Subtropical Species* CAB International, Oxon., UK, pp. 435-443.

HARE, M.D., THUMMASAENG, K., SURIYAJANTRATONG, W., WONGPICHET, K., SAENGKHUM, M., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C. and BOONCHARERN, P. (1999a) Pasture grass and legume evaluation on seasonally waterlogged and seasonally dry soils in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*, **33,** 65-74.

HARE, M.D., BOONCHARERN, P., TATSAPONG, P., WONGPICHET, K., KAEWKUNYA, C. and THUMMASAENG, K. (1999b) Performance of para grass (*Brachiaria mutica*) and Ubon paspalum (*Paspalum atratum*) on seasonally wet soils in Thailand. *Tropical Grasslands*, **33,** 75-81.

HARE, M.D., SURIYAJANTRATONG, W., TATSAPONG, P., KAEWKUNYA, C., WONGPICHET, K. and THUMMASAENG, K. (1999c) Effect of nitrogen on production of *Paspalum atratum* on seasonally wet soils in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*, **33,** 207-213.

HARE, M.D., SAENGKHAM, M., KAEWKUNYA, C., TUDSRI, S., SURIYAJANTRATONG, W., THUMMASAENG, K. and WONGPICHET, K. (2001) Effect of cutting on yield and quality of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands*, **35,** 144-150.

HARE, M.D., KAEWKUNYA, C., TATSAPONG, P. and SAENGKHAM, M. (2002) Evaluation of forage legumes and grasses on seasonally waterlogged sites in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*, **36,**

HERNANDEZ, M., ARGEL, P.J., IBRAHIM, M.A. and MANNETJE, L.'T (1995) Pasture production, diet selection and liveweight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pintoi* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Tropical Grasslands*, **29,** 134-141.

HONGYANTARACHAI, S., NITHICHAI, G., WONGSUWAN, N., PRASANPANICH, S., SIWICHAI, S., PRATUMSUWAN, S., TASAPANON, T. and WATKIN, B.R. (1989) The effects of grazing versus indoor feeding during the day on milk production in Thailand. *Tropical Grasslands*, **23:** 8-14.

HUMPHREYS, L.R. (1981) Environmental adaptation of tropical pasture plants. (MacMillan: London).

HUMPHREYS, L.R. (1987) Tropical pastures and fodder crops. *Intermediate Tropical Agriculture Series* 2nd Edn. (Longman: New York).

IBRAHIM, I. and MANNETJE, L.'T. (1998) Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica. 1. Dry matter yield, nitrogen yield and botanical composition. *Tropical Grasslands*, **32,** 96-104.

JONES, R.M., TOTHILL, J.C. and JONES, R.J. (1986) Pastures and pasture management in the tropics and sub-tropics. *The Tropical Grassland Society of Australia Occasional Publication No. 1.*

KALMBACHER, R.S., BROWN, W.F., COLVIN, D.L., DUNAVIN, L.S., KRETSCHMER, A.E.Jr, MARTIN, F.G., MULLAHEY, J.J. and RECHCIGL, J.E. (1997) 'Suerte' atra paspalum. Its management and utilization. *University of Florida, Agricultural Experimental Station. Circular S-397.*

MILFORD, R. and MINSON, D.J. (1966) Intake of tropical pasture species. *Proceedings of the XI International Grassland Congress, Brazil, 1964.* 814-822.

SKERMAN, P.J., CAMERON, D.G. and RIVEROS, F. (1988) Tropical forage legumes. 2nd Edn. (FAO: Rome).

TUDSRI, S., PRASANPANICH, S., SAWADIPANICH, S., JARIPAKORN, P. and ISWILLANONS, S. (2001) Effect of pasture production systems on milk production in the central plains of Thailand. *Tropical Grasslands*, **35,** 246-253.

TUDSRI, S., ISHII, Y., NUMAGUCHI, H. and PRASANPANICH, S. (2002) The effect of cutting interval on the growth of *Leucaena leucocephala* and three associated grasses in Thailand. *Tropical Grasslands*, **36**, 90-96.

WONGSAWAN, N. and WATKIN, B.R. (1990) The management of grass/legume pasture in Thailand – A problem and challenge. *ACIAR Forage Newsletter*, **15**, 5-7.

Table 1. Rainfall at Ubon Ratchathani University during the study and the medium-term mean.

Month	Rainfall (mm)			
	Mean[1]	2000	2001	2002
Jan	1	0	0	0
Feb	11	16	17	0
Mar	32	15	65	43
Apr	83	140	23	98
May	226	494	94	105
Jun	251	257	323	122
Jul	279	469	288	389
Aug	270	419	294	435
Sep	294	218	262	389
Oct	110	55	239	131
Nov	32	16	53	10
Dec	5	0	0	11
Total	1593	2099	1658	1733

[1]11-year mean, 1992-2002.

Table 2. Thousand seed weight (TSW), germination %, seed treatment, rhizobium treatment and seed sowing rate of Ubon paspalum andf 9 forage legumes (Trial 1).

Treatment	TSW (g)	Germination (%)	Seed treatment	Rhizobium treatment	Sowing rate (kg/ha)
Ubon paspalum	2.9	70	None	None	12
Lablab	253.5	83	None	CB 756 cowpea group J	500
Lee jointvetch	3.4	65	Hot water 70°C, 3 min.	Cowpea jointvetch	20
Llanos macro	3.4	44	Hot water 70°C, 3 min.	None	20
Tha Phra stylo	2.9	98	Hot water 70°C, 5 min.	None	10
Cavalcade	21.9	83	Sandpaper	CB 1923 centrosema	50
Cowpea	203.8	90	None	Cowpea Group I	200
Jackbean	1348.7	92	None	None	400
Calopo	11.5	38	Hot water 60°C, 3 min.	Cowpea Group M	40
Puero	12.2	46	Hot water 60°C, 3 min.	Cowpea Group M	40

Table 3. Plant populations (4 weeks after sowing) in Ubon paspalum and legume swards (Trial 1).

Treatment	Ubon paspalum	Legume plant
	(plants/ m^2)	
Ubon paspalum only	129 a[1]	-
Ubon paspalum & Lablab	108 ab	120 bc
Ubon paspalum & Lee jointvetch	115 ab	166 a
Ubon paspalum & Llanos macro	109 ab	107 bcd
Ubon paspalum & Tha Phra stylo	86 b	97 bcd
Ubon paspalum & Cavalcade	96 ab	130 ab
Ubon paspalum & Cowpea	116 ab	79 cd
Ubon paspalum & Jackbean	97 ab	27 d
Ubon paspalum & Calopo	114 ab	66 cd
Ubon paspalum & Puero	126 ab	104 bcd

[1]Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.5 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 4. Dry matter yields and crude protein levels per cut from 4 wet season cuts of Ubon paspalum and legumes planted in alternate rows in the first year of establishment (Trial 1).

Treatment	Dry matter (kg/ha)			Crude protein (%)		Crude protein (kg/ha)
	Grass	Legume	Total	Grass	Legume	
		First Cut[1]				
Ubon only	1398 a[2]	-	1398 b-e	5.2 ab	-	73 cd
Ubon + Lablab	667 b	1521 b	2188 ab	6.5 a	15.9 abc	285 b
Ubon + Lee jointvetch	431 b	161 d	592 e	4.6 b	18.2 a	49 d
Ubon + Llanos macro	371 b	396 cd	767 de	6.3 a	12.7 cd	73 cd
Ubon + Thaphra stylo	429 b	455 cd	884 de	5.3 ab	16.6 ab	98 cd
Ubon + Cavalcade	576 b	1088 bc	1664 bcd	5.5 ab	15.5 abc	200 b
Ubon + Cowpea	331 b	1565 b	1896 abc	5.4 ab	10.2 d	179 bc
Ubon + Jackbean	354 b	2298 a	2652 a	5.7 ab	14.6 abc	356 a
Ubon + Calopo	496 b	480 cd	976 cde	5.2 ab	13.6 bc	91 cd
Ubon + Puero	737 b	366 cd	1103 cde	5.9 a	17.0 ab	106 cd
		Second cut				
Ubon only	3202 a	-	3202 a	3.8 c	-	122 bcd
Ubon + Lablab	2256 ab	290 c	2402 ab	5.4 a	15.4 abc	166 abc
Ubon + Lee jointvetch	1036 b	342 c	1378 b	3.9 c	15.0 abc	91 cd
Ubon + Llanos macro	1027 b	525 bc	1552 b	4.5 bc	12.4 bc	111 bcd
Ubon + Thaphra stylo	1266 b	760 ab	2026 ab	4.4 bc	15.3 abc	172 abc
Ubon + Cavalcade	1761 b	876 a	2637 ab	4.3 bc	16.9 a	224 a
Ubon + Cowpea	1337 b	-	1337 b	4.2 bc	-	56 d
Ubon + Jackbean	1485 b	271 c	1756 b	4.8 ab	15.8 ab	114 bcd
Ubon + Calopo	1250 b	544 bc	1794 b	4.5 bc	12.2 c	123 bcd
Ubon + Puero	2128 ab	483 bc	2611 ab	4.5 bc	18.0 a	183 ab
		Third cut				
Ubon only	4421 a	-	4421 a	4.4 b	-	196 a
Ubon + Lablab	2370 b	-	2370 b	6.1 a	-	145 ab
Ubon + Lee jointvetch	1466 b	808 a	2274 b	4.7 ab	14.2 ab	184 a
Ubon + Llanos macro	1452 b	256 b	1708 b	5.2 ab	12.1 b	106 ab
Ubon + Thaphra stylo	1899 b	474 ab	2373 b	5.0 ab	13.8 ab	160 ab
Ubon + Cavalcade	2254 b	623 ab	2877 b	5.2 ab	12.7 b	196 a
Ubon + Cowpea	1787 b	-	1787 b	4.3 b	-	77 b
Ubon + Jackbean	1673 b	-	1673 b	4.4 b	-	74 b
Ubon + Calopo	1613 b	335 ab	1948 b	5.2 ab	12.3 b	125 ab
Ubon + Puero	2088 b	417 ab	2505 b	4.9 ab	16.2 a	170 ab
		Fourth cut				
Ubon only	3150 a	-	3150 a	4.5 b	-	142 abc
Ubon + Lablab	2267 ab	-	2267 ab	5.3 ab	-	120 bc
Ubon + Lee jointvetch	1760 b	350 a	2110 ab	5.5 ab	14.8 b	149 abc
Ubon + Llanos macro	1950 b	189 a	2139 ab	5.3 ab	12.0 c	126 abc
Ubon + Thaphra stylo	1960 b	247 a	2207 ab	4.9 b	14.2 b	133 abc
Ubon + Cavalcade	2291 ab	450 a	2741 ab	5.4 ab	14.2 b	188 ab
Ubon + Cowpea	1729 b	-	1729 b	4.9 b	-	85 c
Ubon + Jackbean	1828 b	-	1828 b	4.9 b	-	90 c
Ubon + Calopo	2112 b	190 a	2302 ab	4.9 b	13.2 bc	128 abc
Ubon + Puero	2317 a	200 a	2517 ab	7.0 a	17.1 a	196 a

[1] First cut July 4, Second cut August 17, Third cut September 29, Fourth cut November 13.

[2] Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.5 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 5. Total dry matter yields and crude protein yields of Ubon paspalum and legumes planted in alternate rows in the first season of establishment (Trial 1).

Treatment	Dry matter yield			Crude protein yield		
	Grass	Legume	Total	Grass	Legume	Total
			(kg/ha)			
Ubon only	12171 a[1]	-	12171 a	533 a	-	533 bcd
Ubon + Lablab	7560 b	1811 bc	9371 ab	404 b	312 ab	716 ab
Ubon + Lee jointvetch	4693 b	1661 c	6354 bc	226 d	247 ab	473 cd
Ubon + Llanos macro	4800b	1366 c	6166 c	248 cd	168 b	416 d
Ubon + Thaphra stylo	5544 b	1936 bc	7480 bc	269 cd	294 ab	563 bcd
Ubon + Cavalcade	6882 b	3037 a	9919 ab	348 bc	460 a	808 a
Ubon + Cowpea	5184 b	1565 c	6749 bc	236 d	161 b	397 d
Ubon + Jackbean	5340 b	2569 ab	7909 bc	255 cd	379 ab	634 abc
Ubon + Calopo	5471 b	1549 c	7020 bc	295 cd	172 b	467 cd
Ubon + Puero	7270 b	1466 c	8736 bc	404 b	251 ab	655 abc

[1] Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.5 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 7. Total dry matter yields and crude protein yields of Ubon paspalum and legumes, with the legumes inter-row planted in alternate rows in second year grass swards (Trial 2).

Treatment	Dry matter yield			Crude protein yield		
	Grass	Legume	Total	Grass	Legume	Total
			(kg/ha)			
Ubon only	10832 a	-	10832 a	481 ab	-	481 ab
Ubon + Ubon stylo	8262 abc	387 ab	8649abc	399 abc	67 ab	466 ab
Ubon + Aztec siratro	8107 abc	42 c	8149 abc	401 abc	5 c	406 ab
Ubon + Llanos macro	10081 ab	413 a	10494 ab	508 a	56 ab	564 a
Ubon + Thaphra stylo	7812 abc	447 a	8259 abc	370 abc	84 a	454 ab
Ubon + Cavalcade	7536 abc	138 bc	7672 abc	261 abc	23 bc	384 b
Ubon + Centro	6429 c	129 bc	6558 c	298 c	22 bc	320 b
Ubon + Verano stylo	7046 bc	358 ab	7404 bc	335 c	71 a	406 ab
Ubon + Calopo	7106 bc	433 a	7439 abc	313 c	61 ab	374 b
Ubon + Puero	6964 bc	42 c	7006 c	330 bc	7 c	337 b

[1] Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.5 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 9. Total wet season dry matter yields and crude protein yields of third year Ubon paspalum and second year legumes swards, planted in alternate rows (Trial 2).

Treatment	Dry matter yield			Crude protein		Crude protein yield
	Grass	Legume[1]	Total	Grass	Legume	Total
		(kg/ha)			(%)	(kg/ha)
Ubon only	7188 a[2]	-	7188 a	4.8[3]	-	345 d
Ubon + Ubon stylo	4418 b	2243 a	6261 a	5.2	17.1	613 ab
Ubon + Aztec siratro	5748 ab	1435 a	6783 a	5.5	18.4	580 ab
Ubon + Llanos macro	5032 ab	1154 a	5786 a	5.2	14.0	423 cd
Ubon + Thaphra stylo	4539 b	2396 a	6535 a	5.6	18.9	707 a
Ubon + Cavalcade	4369 b	1702 a	5671 a	5.3	15.3	491 bc
Ubon + Centro	3753 b	1814 a	5167 a	5.5	21.0	587 ab
Ubon + Verano stylo	5150 ab	2004 a	6754 a	5.3	18.4	641 ab
Ubon + Calopo	5967 ab	1734 a	7301 a	5.3	15.9	592 ab
Ubon +Puero	4649 b	2001 a	6250 a	5.7	14.9	563 b

[1] Legume includes treatment legume species + self-sown Verano stylo and Calopo.
[2] Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.5 by Duncan's Multiple Range Test.
[3] Crude protein % not statistically analyzed because plots were pooled across treatments and cuts.

Table 6. Dry matter yields and crude protein levels per cut from 3 wet season cuts of Ubon paspalum and legumes, with the legumes inter-row planted in alternate rows in second year grass swards (Trial 2).

Treatment	Dry matter (kg/ha)			Crude protein (%)		Crude protein (kg/ha)
	Grass	Legume	Total	Grass	Legume	
		First Cut[1]			-	
Ubon only	2397 ab[2]	-	2397 ab	3.9[3]	-	94 abc
Ubon + Ubon stylo	2787 a	-	2787 a	4.7	-	131 a
Ubon + Aztec siratro	2373 ab	-	2373 ab	4.7	-	112 abc
Ubon + Llanos macro	2609 ab	-	2609 ab	4.5	-	117 abc
Ubon + Thaphra stylo	2546 ab	-	2546 ab	4.7	-	120 ab
Ubon + Cavalcade	2067 ab	-	2067 ab	4.2	-	87 abc
Ubon + Centro	1763 b	-	1763 b	4.7	-	83 bc
Ubon + Verano stylo	1946 ab	-	1946 ab	4.4	-	86 abc
Ubon + Calopo	1929 ab	-	1929 ab	3.8	-	73 c
Ubon + Puero	2010 ab	-	2010 ab	5.1	-	103 abc
		Second cut				
Ubon only	4071 a	-	4071 b	4.1	-	167 b
Ubon + Ubon stylo	3111 a	273 ab	3384 ab	4.4	17.2	184 b
Ubon + Aztec siratro	3207 a	5 c	3212 ab	4.9	12.9	158 b
Ubon + Llanos macro	4891 a	363 a	5254 a	5.2	13.5	303 a
Ubon + Thaphra stylo	3324 a	314 a	3638 ab	4.5	18.8	209 ab
Ubon + Cavalcade	2909 a	63 bc	2972 ab	4.7	17.2	148 b
Ubon + Centro	2410 a	77 bc	2487 b	4.3	17.3	117 b
Ubon + Verano stylo	2637 a	193 abc	2830 b	4.6	19.8	160 b
Ubon + Calopo	2611 a	311 a	2922 ab	4.0	14.1	148 b
Ubon + Puero	2717 a	18 c	2735 b	4.3	17.6	120 b
		Third cut				
Ubon only	4365 a	-	4365 a	5.1	-	223 a
Ubon + Ubon stylo	2364 bc	114 abc	2478 b	5.3	17.9	151 bc
Ubon + Aztec siratro	2528 bc	37 bc	2565 b	5.3	13.1	139 bc
Ubon + Llanos macro	2581 bc	51 bc	2632 b	5.3	14.8	144 bc
Ubon + Thaphra stylo	1942 c	133 ab	2075 b	5.3	16.4	125 bc
Ubon + Cavalcade	2561 bc	72 abc	2633 b	5.4	15.5	149 bc
Ubon + Centro	2255 bc	52 bc	2307 b	4.9	17.7	120 c
Ubon + Verano stylo	2463 bc	166 a	2629 b	5.3	18.0	160 b
Ubon + Calopo	2816 b	122 abc	2938 b	4.9	12.6	153 bc
Ubon + Puero	2238 bc	24 c	2262 b	4.9	19.4	114 c

[1] First cut July 25, Second cut August 14, Third cut October 17.

[2] Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.5 by Duncan's Multiple Range Test.

[3] Crude protein % not statistically analyzed because plots were pooled per treatment.

Table 8. Dry matter yields and crude protein levels per cut from 3 wet season cuts of third year Ubon paspalum and second year legumes swards, planted in alternate rows (Trial 2).

Treatment	Dry matter								
	First cut	Second cut				Third cut			
		G[1]	L	V	T	G	L	V	T
					(kg/ha)				
Ubon only	2061 a[2]	2921 a	-	-	2921 a	2206 ab	-	-	2206 a
Ubon + Ubon stylo	1196 c	1509 ab	1424 a	-	2533 a	1712 abc	803 a	17 c	2532 a
Ubon + Aztec siratro	1550 abc	1843 ab	15 b	1009 a	2467 a	2354 a	-	413 abc	2767 a
Ubon + Llanos macro	1607 abc	1925 ab	145 b	655 b	2325 a	1500 abc	98 b	256 abc	1854 a
Ubon + Thaphra stylo	1380 bc	1674 ab	1416 a	-	2690 a	1485 abc	980 a	-	2465 a
Ubon + Cavalcade	1413 bc	1389 b	14 b	1030 a	2033 a	1567 abc	200 b	458 abc	2225 a
Ubon + Centro	1356 c	1214 b	82 b	829 ab	1725 a	1183 c	37 b	866 a	2086 a
Ubon + Verano stylo	1540 abc	1912 ab	1433 a	40 c[3]	2985 a	1699 abc	489 ab	41 bc[3]	2229 a
Ubon + Calopo	1996 ab	2523 ab	14 b	844 ab	2981 a	1448 bc	112 b	764 ab	2324 a
Ubon + Puero	1608 abc	1704 ab	-	1171 a	2475 a	1337 bc	-	830 a	2167 a

[1]G = Grass; L = Sown treatment legume: V = Verano stylo self-sown from buried seed: T = Total (G+L+V).

[2]Within columns, means followed by a common letter are not significantly different at P=0.5 by Duncan's Multiple Range Test.

[3] Self-sown Calopo in Verano stylo plots.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของหญ้าอุบลพาสพาเลัม (*Paspalum atratum* cv. Ubon)

Study on Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizer on Growth, Yield and Quality of Ubon Paspalum (*Paspalum atratum* cv. Ubon)

โดย

นางสาวนพมาศ นามแดง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2545

ISBN 974-357-703-3

นพมาศ นามแคง 2545: อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของหญ้าอุบลพาสพาลัม (*Paspalum atratum* cv. Ubon) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) สาขาปฐพีวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร.สุทธิ โฮสุขสกา, Ph.D. 240 หน้า
ISBN 974-357-703-3

การศึกษาอิทธิพลปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของหญ้าอุบลพาสพาลัม (*Paspalum atratum* cv. Ubon) ในสภาพพื้นที่ราษฎรในร่วน ที่มีสภาพเป็นกรดและความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCB จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ 1) ไนโตรเจน อัตรา 0, 10 และ 20 กก.N/ไร่/ครั้งหลังการตัด 2) ฟอสฟอรัส อัตรา 0, 4 และ 8 กก.P/ไร่/ครั้งหลังการตัด และ 3) โพแทสเซียม อัตรา 0, 10 และ 20 กก.K/ไร่/ครั้งหลังการตัด โดยใส่ห่างกัน 30 วัน จำนวน 4 ครั้งติดต่อกัน จากผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 และ 20 กก.N/ไร่/ครั้งหลังการตัด มีผลทำให้หญ้าอุบลพาสพาลัมเจริญเติบโตดี สร้างผลผลิตน้ำหนักแห้งและมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่พบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่างๆ กัน (0, 4 และ 8 กก.P/ไร่/ครั้งหลังการตัด) ส่งผลให้หญ้ามีการสะสมฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ ของต้นหญ้าเพิ่มขึ้น ส่วนการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 10 และ 20 กก.K/ไร่/ครั้งหลังการตัด ทำให้หญ้าอุบลพาสพาลัมสร้างผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมและมีเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมสูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้นหญ้าอุบลพาสพาลัมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับโพแทสเซียมอัตรา 10-10 และ 10-20 กก.N-K/ไร่/ครั้งหลังการตัด ทำให้หญ้าอุบลพาสพาลัมเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมได้สูงสุด แต่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยดังกล่าวมีผลทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต้นหญ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ 29 มิ.ย. 45

Noppamat Namdang 2002: Study on Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizer on Growth, Yield and Quality of Ubon Paspalum (*Paspalum atratum* cv. Ubon). Master of Science (Agriculture), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Associate Professor Yongyuth Osotsapar, Ph.D. 240 pages.
ISBN 974-357-703-3

The effect of nitrogen fertilizer (N), phosphorus fertilizer (P) and potassium fertilizer (K) on growth rate, dry matter and quality of a pasture grass Ubon paspalum (*Paspalum atratum* cv. Ubon) was examined in a low fertility and low pH Roi-et series soil in a randomized complete block design with three fertilizer treatments and four replications. The first fertilizer treatments consisted of three nitrogen fertilizer rates at 0, 10 and 20 kgN/rai/cut, the second fertilizer treatments were phosphorus fertilizer at 0, 4 and 8 kgP/rai/cut and the third fertilizer treatments were potassium at 0, 10 and 20 kgK/rai/cut. The fertilizer applications were applied for four times every 30 days cutting interval. The nitrogen application at 10 and 20 kgN/rai/cut significantly increased Ubon paspalum growth rate, dry matter and N concentration and significantly decreased phosphorus and potassium accumulation. Phosphorus fertilizer application at all rates increased phosphorus accumulation in all parts of the Ubon paspalum. Potassium fertilizer application at 10 and 20 kgK/rai/cut significantly increased dry matter and K accumulation and decreased N and P accumulation in Ubon paspalum.

There was an interaction between N and K at 10-10 and 10-20 kgN-K/rai/cut with increased Ubon paspalum growth rates and dry matter but decreased N, P and K accumulation.

Noppamat. N
Student's signature

Yongyuth Osotsapar 29/10/02
Thesis Advisor's signature

Appendix 10

Diploma Thesis

YIELD, FEED VALUE AND ENSILABILITY OF 4 TROPICAL GRASSES IN NORTHEAST THAILAND

Diploma Thesis submitted by: **Siriwan Martens**
born on: **30.06.1975** in: **Köln-Porz**

1. Expert and Advisor: Dr. Klaus Friedel
Institute of Environmentally Compatible Animal Husbandry

2. Expert: Prof. Dr. Martin Gabel
Institute of Environmentally Compatible Animal Husbandry

Department of Agroecology, University of Rostock
Rostock, 2001

6 SUMMARY AND CONCLUSION

As described in TASK AND AIM one part of this work dealt with the question whether the 4 examined grasses *Panicum maximum, Digitaria milanjiana, Brachiaria ruziziensis* and *Paspalum atratum* are suitable as fodder grasses for dairy cows for this partly waterlogged site in Northeast Thailand. This can be found out by exterior characteristics like plant colour, further field observations, and yield as well as by analysing the feed value.

These parameters were examined based on 8 cuts of each grass variety during 100 days of the wet season from May to August 2000 on the area of the Ubon Ratchathani University.

All of the grasses except Jarra digit became light green quickly which points to diminishing nitrogen concentration in the plant. All 4 varieties had to compete with different kinds of weeds, especially other grasses. On the most waterlogged site of the 4 fields, Ubon paspalum was severely affected by nutrient deficiency, which was expressed in red spots on the leaves. Jarra, Ubon and Ruzi grasses were partly infested by basidiomycetes. Especially with Jarra grass this can be attributed to the dense growth of this stoloniferous grass under humid conditions.

The evaluation of the yield is difficult as there is only one yield in the wet season. It is impossible to compare this value to values given in literature as the authors mostly give yield per year. Thus only a comparison among the 4 examined grass varieties is possible. Of the 8 cuts, Ubon paspalum gave the highest yield with 6.5 t/ha DM, maximum being 10.8 t/ha DM. It was followed by Jarra digit with an average of 5.6 t/ha DM (maximum 8.9 t/ha DM), then Guinea grass with 5.3 t/ha (maximum 9.7 t/ha DM) and last Ruzi with 4.8 t/ha DM (maximum 7.5 t/ha DM).

The analysis of the feed value showed that the crude protein content is quickly diminishing and generally too low for dairy cattle feeding without supplementation. It was lowest in *Paspalum atratum* with 4.8 % CP of DM as average of the 8 cuts, followed by *Brachiaria ruziziensis* (5.4 % CP of DM), and *Panicum maximum* and *Digitaria milanjiana* having equal averages (6.3 % CP of DM).

The content of crude fibre is in general adversely high with > 24 % of DM.

The potential OM digestibility of Guinea grass as well as of Jarra digit is sufficiently high in the first 30 days, of Ruzi grass in the first 65 days and of Ubon paspalum almost sufficient during 100 days providing a sufficient nitrogen supply for the ruminants exists.

The average energy supply calculated based on the potential OM digestibility is quite satisfying in common for cows of that place: 4.9 MJ NEL/kg DM of Guinea and Jarra grass, 5.5 MJ NEL/kg DM of Ruzi grass and 5.0 MJ NEL/kg DM of Ubon paspalum.

Recommendation for the practice is a supplementation of nitrogen to meet the ruminants' needs of crude protein and to realise the potential OM digestibility and energetic value. A possibility might be the adequate utilisation of NPN compounds.

The other part of this work dealt with the question of the ensilability of the 4 grass varieties. The aim was to find out the point of time of growth when ensiling is possible and when feed value and yield are acceptable. This is mostly a compromise between the three components.

In consideration of the different methods the following recommendations can be given.

Results of pre-wilted variants and variants in NaCl solution are not taken into account because the transferability to practice in this case is doubtful.

According to the S/BC quotient and the minimal DM content demanded, only the two stoloniferous grasses *Digitaria milanjana* and *Brachiaria ruziziensis* are suitable for stable silages.

It is recommended to cut Jarra grass between 50 and 60 days of growth during the stage of full ripeness with a fairly high yield of about 6 t/ha DM. The addition of a suitable LAB preparation might improve the quality. A microbial investigation of the epiphytic stocking is highly recommended.

Ruzi grass should be cut after 65 days with a yield of about 5 t/ha DM. No additive is needed.

The S/BC quotient and the DM content of the two bunchgrasses *Panicum maximum* and *Paspalum atratum* are always too low. But a stable silage might nevertheless be possible as the dry matter content still rises during ensiling at high temperatures.

Thus the cutting dates with a relative high S/BC quotient are regarded as follows.

The S/BC quotient of *Panicum maximum* is highest with 30 days (2.8). Then the actual dry matter content is nearly equal to the demanded content. The feed value is satisfactory but the yield is very low at this point of time with about 3 t/ha DM. A compromise at a later point in time cannot be suggested as the feed value decreases significantly.

Paspalum atratum had the lowest S/BC of all 4 grasses. But a cut with 85 days for ensiling seems to be suitable as the yield is high and the feed value is relatively constant during the vegetation period. An addition of sugar, at least 2 % of fresh matter, is useful, that means for example 4 % molasses.

Further trials concerning the cutting frequency could complete the given statements.

Concerning the different methods for determining the ensilability the following annotations are made.

The osmolality of 2.4 osmol of the variants in NaCl solution of the PIEPER test was too high at 50 °C to get any differentiated results. For further investigations a lower osmolality should be tried and the corresponding degree of pre-wilting should be examined.

A further question to investigate in future is whether the results of the potential ensilability of the PIEPER test at high temperatures is realisable in practice (see comparison PIEPER test - bag silages).

How the dry matter content changes during ensiling under practical conditions must also be studied. A possible change may be taken into account when applying the criterion of the minimal dry matter according to WEISSBACH.

Altogether, the experiments showed that the utilisation of the 4 grasses for cattle feeding is possible with certain reservations. A clear limitation was the generally low crude protein content in spite of a relatively high fertilisation in the beginning (300 kg NPK/ha). This fact shows the main deficiency of the site. The paddy soil is not able to hold added nutrients. The soil has degraded after deforestation. Thus it is the opinion of the author that it is doubtful whether the immediate utilisation of this kind of soil for pasture makes lasting sense for the farmers economically and ecologically. A high amount of fertiliser is needed making the cropping unprofitable. Besides the rain-wash leads to a load of the ground water.

In the long run it seems to be more promising to invest first in the improvement of the soil. A suggestion is the creation of an agroforestry system. This ensures the income and is ecologically compatible. Grasses could be sown under timber or fruit trees. Such a system can improve the soil structure, the water balance, and the organic matter situation. In the long run this guarantees a better nutrient supply for the plants.

The submitted paper is only a small fraction of the work to do and could not deal with the whole diversity of the problematic.

For the future, an interdisciplinary corporation is demanded for an efficient agro-ecological utilisation of this special site. The site reconnaissance has to be taken into consideration including especially the soil science.

Appendix 11

การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนมสาวลูกผสม

นางสาวพงษ ทัศพงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974–7359–86-3

A STUDY OF ENERGY AND PROTEIN REQUIREMENT OF CROSSBRED DAIRY HEIFERS

Miss Puan Tatsapong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Science in Animal Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2000

ISBN 974-7359-86-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนมสาวลูกผสม

เสนอมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

(รศ. ดร. พงษ์ชาญ ณ น่าน)

ประธานกรรมการ

.....

(ผศ. ดร. วิศิษฐิพร ชุชสมบัติ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รศ. ดร. วรพงษ์ สุริยจันทรางกูร)

กรรมการ

.....

(ดร. บัญชร ลิขิตเคชาโรจน์)

กรรมการ

.....

(รศ. ดร. เกษม ปราบริปุตตุง)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รักษาการแทน)

.....

(รศ. ดร. กนก ผลารักษ์)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการแพทย์

พวน ทัศพงษ์ : การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนมสาวลูกผสม
: A STUDY OF ENERGY AND PROTEIN REQUIREMENT OF CROSSBRED DAIRY HEIFERS.
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. วิศิษฐ์พร สุขสมาธิ, 156 หน้า
ISBN 974-7359-86-3

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมสาวลูกผสมโดยเปรียบเทียบกับคำแนะนำของ National Research Council (NRC, 1988) โดยใช้โคนมสาวลูกผสม (Holstein Friesian) จำนวน 24 ตัว ซึ่งมีระดับเลือดผสมของ Holstein Friesian เฉลี่ยประมาณ 85 ± 7 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยประมาณ 236 ± 64 กิโลกรัม และมีอายุเฉลี่ยประมาณ 12 ± 5 เดือน โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลในบล็อกสมบูรณ์ จัดทรีทเมนต์เป็น 2 x 2 Factorial ประกอบด้วย 2 ปัจจัยๆ ละ 2 ระดับ โดยปัจจัยแรกคือ ระดับของพลังงานในหน่วยของโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) เท่ากับ 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC ส่วนปัจจัยที่ 2 คือ ระดับของโปรตีนหยาบ (CP) เท่ากับ 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC จัดกลุ่ม (Block) สัตว์ทดลองตามน้ำหนักของโค และสุ่มโคให้ได้รับทรีทเมนต์ 1 ใน 4 ทรีทเมนต์ ที่มีสัดส่วนของพลังงานต่อโปรตีนดังนี้ คือ 1.0 : 1.0, 1.0 : 1.2, 1.2 : 1.0 หรือ 1.2 : 1.2 ซึ่งในการทดลองนี้คำนวณสูตรอาหารของโคให้ได้รับอาหารที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโตวันละ 600 กรัม โคทุกตัวได้รับแร่ธาตุและวิตามินตามคำแนะนำของ NRC โดยเลี้ยงโคแบบผูกขังเดี่ยวมีน้ำให้กินตลอดเวลา ทั้งนี้ใช้หญ้าแห้งอุบลพาสพาลัมเป็นอาหารหยาบ ใช้ข้าวโพดในการปรับค่าพลังงาน และใช้กากถั่วเหลืองในการปรับค่าโปรตีน ในการดำเนินการได้แบ่งทำการทดลองออกเป็น 2 ครั้งๆ ละ 3 บล็อค และในการทดลองแต่ละครั้งใช้เวลา 45 วัน และชั่งน้ำหนักโคก่อนให้อาหาร 16 ชั่วโมง ทุก 21 วัน เพื่อปรับน้ำหนักและใช้สำหรับทำการคำนวณสูตรอาหารของโคให้ได้รับพลังงานและโปรตีนตามทรีทเมนต์ที่วางไว้

ผลการทดลองพบว่า ระดับของพลังงาน 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งแตกต่างกัน (6.31 vs 6.98 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน, $P<0.01$) เปอร์เซ็นต์การกินได้ของวัตถุแห้งต่อน้ำหนักตัวแตกต่างกัน (2.5 vs 2.7, $P<0.001$) และอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน (0.81 vs 0.93 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน, $P<0.05$) ส่วนระดับของโปรตีนพบว่าไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง เปอร์เซ็นต์การกินได้ของวัตถุแห้งต่อน้ำหนักตัว และ อัตราการเจริญเติบโตของโค ($P>0.05$) ทั้งนี้ระดับของพลังงานและโปรตีนไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารของโค ($P>0.05$) นอกจากนี้พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างระดับพลังงานและโปรตีนต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเจริญเติบโตของโค ($P>0.05$) และ

จากผลการทดลองการกินได้ของพลังงานและโปรตีนของโคเมื่อเปรียบเทียบกับ NRC พบว่า โคกินพลังงานเป็น 1.04 และ 1.18 NRC ส่วนโปรตีนพบว่า โคกินโปรตีนได้เป็น 1.00 และ 1.18 NRC จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโคจะให้ผลผลิตดีเมื่อได้รับพลังงาน 1.18 และได้รับโปรตีน 1.00 หรือ 1.18 เท่าของ NRC

จากการประเมินความต้องการพลังงานสุทธิและโปรตีนหยาบของโคพบว่ามีความต้องการสูงกว่าที่ NRC (1988) แนะนำประมาณ 5 และ 38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถปรับเท่า factors สำหรับการคำนวณหาพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ 0.0904 และ 0.0482 ตามลำดับ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

PUAN TATSAPONG : A STUDY OF ENERGY AND PROTEIN REQUIREMENT OF CROSSBRED DAIRY HEIFERS.

THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF WISITIPORN SUKSOMBAT. Ph.D. 156 pp.

ISBN 974-7359-86-3

The objective of this study was to investigate the energy and protein requirement of crossbred dairy heifers by comparing to the recommendations of National Research Council (NRC, 1988). Twenty-four Holstein Friesian (HF) crossbred heifer, averaging 85 ± 7 %HF, 236 ± 64 kg empty body weight and 12 ± 5 months of age were used in this experiment. The experimental design was a randomized complete block in a 2 x 2 factorial arrangement. The factors were two levels of total digestible nutrient (TDN) i.e. 1.0 and 1.2 NRC and two levels of crude protein (CP) i.e. 1.0 and 1.2 NRC. Heifers were assigned to one of four treatments (TDN : CP of 1.0 : 1.0, 1.0 : 1.2, 1.2 : 1.0 or 1.2 :1.2). All animals were fed to achieve 600 g daily gain and received mineral and vitamin based on NRC recommendations. They were individually fed and free access to water. Ubon paspalum (*Paspalum atratum cv.* Ubon) hay were used as a roughage source. Soybean meal and ground corn were supplemented as protein and energy sources respectively. The experiment was divided into 2 period, each period had 3 block and last for 45 days. Empty body weight was recorded every 21 days and used to adjusted for CP and TDN levels of each treatment.

Heifers receiving 1.2 NRC of TDN had significantly higher dry matter intake (DMI) (6.98 vs 6.31 kg/head/d, $P<0.01$); % dry matter intake of body weight (%BW) (2.7 vs 2.5, $P<0.001$) and average daily gain (ADG) (0.93 vs 0.83 kg/head/d, $P<0.05$) than those receiving 1.0 NRC of TDN. However, the CP level of 1.0 and 1.2 NRC had no effect on DMI, %DMI of BW and ADG ($P>0.05$). Feed efficiency and body weight did not differ between levels of TDN and CP. No significant interactions occurred between levels of TDN and CP on DMI, feed efficiency and ADG. Actual TDN intakes when compared to NRC recommendation were 1.04 and 1.18 NRC and actual CP intakes when compared to NRC recommendation were 1.00 and 1.18 NRC. These results indicated that crossbred Holstein Friesian heifers consumed 1.18 TDN of NRC together with 1.00 or 1.18 CP of NRC showed reasonably high average daily gain.

The responses of crossbred Holstein Friesian heifers to different levels of energy and protein indicated that the requirement of net energy and CP were higher than that recommended by NRC (1988) which were 5 % and 38 %, respectively. The adjustment factors for calculated NE_m and NE_g were 0.0904 and 0.0482 in this experiment.

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

Appendix 12

การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนมสาวลูกผสม

A Study of Energy and Protein Requirements of Crossbred Dairy Heifers

พวน ทัศพงษ์ [1,2] วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ[1] กังวาน ธรรมแสง[2] และวรพงษ์ สุริยจันทราทอง[2]

Puan Tatsapong [1,2], Wisitiporn Suksombat [1], Kungwan Thummasaeng[2] and

Worapong Suriyajantratong [2]

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคสาวลูกผสมโดยเปรียบเทียบกับคำแนะนำของ National Research Council (NRC, 1988) โดยใช้โคสาวลูกผสมขาว-ดำ (Holstein Friesian) จำนวน 24 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ยประมาณ 236 ± 64 กิโลกรัม โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จัดทรีทเมนต์เป็น 2 x 2 factorial โดยปัจจัยแรกคือ ระดับของพลังงานโภชนะย่อยได้ (TDN) 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC ส่วนปัจจัยที่ 2 คือ ระดับของอาหารโปรตีน (CP) 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC จัดกลุ่มสัตว์ทดลองตามน้ำหนักของโค และสุ่มโคให้ได้รับทรีทเมนต์ 1 ใน 4 ทรีทเมนต์ ที่มีสัดส่วนของอาหารพลังงานต่ออาหารโปรตีนดังนี้ คือ 1.0: 1.0, 1.0: 1.2, 1.2: 1.0 และ 1.2: 1.2 ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลการกินได้และน้ำหนักสัตว์ทดลองนาน 45 วัน ผลการทดลองพบว่าระดับของพลังงาน 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC ทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง เปอร์เซ็นต์การกินได้ต่อน้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ($P<0.05$) ส่วนระดับของโปรตีนไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง เปอร์เซ็นต์การกินได้ต่อน้ำหนักตัว และ อัตราการเจริญเติบของโค ($P>0.05$) ทั้งนี้ระดับของพลังงานและโปรตีนไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร ($P>0.05$) นอกจากนี้ พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับพลังงานและโปรตีนต่อปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และอัตราการเจริญเติบโตของโคทดลอง ($P>0.05$) และจากผลการทดลองการกินได้ของพลังงานของโคเมื่อเปรียบเทียบกับ NRC พบว่า โคกินพลังงานโภชนะย่อยได้เป็น 1.04 และ 1.18 NRC ส่วนโปรตีนพบว่า โคกินอาหารโปรตีนได้เป็น 1.00 และ 1.18 NRC จากการประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคพบว่ามีความต้องการสูงกว่าที่ NRC แนะนำประมาณ 5 และ 38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถปรับค่า factors สำหรับการคำนวณหาพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และเพื่อการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ 0.0904 และ 0.0482 ตามลำดับ

คำสำคัญ: โคนมสาวลูกผสม ความต้องการพลังงานและโปรตีน และไนโตรเจนเมทาบอลิซึม

Abstract

The objective of this study was to investigate the energy and protein requirement of crossbred dairy heifers by comparing to the recommendations of National Research Council (NRC, 1988). Twenty-four Holstein Friesian (HF) crossbred heifers 236 ± 64 kg empty body weight were used in this experiment. The experimental design was a randomized complete block in a 2 x 2 factorial arrangement. The factors were two levels

of total digestible nutrient (TDN), i.e. 1.0 and 1.2 NRC and two levels of crude protein (CP), i.e. 1.0 and 1.2 NRC. Heifers were assigned to one of four treatments (TDN: CP of 1.0: 1.0, 1.0: 1.2, 1.2: 1.0 or 1.2: 1.2). The data collected were dry matter intake and weight of heifers within a 45-day period. It was found that heifers receiving 1.2 NRC of TDN had significantly higher dry matter intake (DMI); % dry matter intake of body weight (%BW) and average daily gain (ADG) ($P<0.05$) than those receiving 1.0 NRC of TDN. However, the CP level of 1.0 and 1.2 NRC had no effect on DMI, %DMI of BW and ADG ($P>0.05$). Feed efficiency and body weight did not differ between levels of TDN and CP. No significant interactions occurred between levels of TDN and CP on DMI, body weight, feed efficiency and ADG. Actual TDN intakes compared to NRC recommendation were 1.04 and 1.18 NRC and actual CP intakes compared to NRC recommendation were 1.00 and 1.18 NRC. The responses of crossbred Holstein Friesian heifers to different levels of energy and protein indicated that the requirement of energy and CP were higher than that recommended by NRC (1988) which were 5% and 38% respectively. The adjustment factors for calculated NE_M and NE_G were 0.0904 and 0.0482 in this experiment.

Key word: crossbred dairy heifers, energy and protein requirements, and nitrogen metabolism

คำนำ

หลังจากลูกโคหย่านมแล้วเป็นช่วงที่โคกำลังเจริญเติบโตต้องการอาหารในปริมาณมากขึ้น ความต้องการโภชนะส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานและโปรตีน เพื่อที่โคจะได้นำไปใช้ในการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์ เป็นต้น ในช่วงนี้โคจะมีการเจริญเติบโตสูง เนื่องจากการเพิ่มของโครงสร้างร่างกายและการสะสมของไขมัน พบว่าการให้อาหารโคเล็กมากหรือการเร่งการเจริญเติบโตสูงจะทำให้มีการเจริญเติบโตของโครงร่างกายสูงขึ้น (Lammers *et al.*, 1999a) และเพิ่มการสะสมของไขมัน (Fox *et al.*, 1999; Waldo *et al.*, 1997) การเจริญของโครงร่างจะเริ่มช้าๆ และสูงสุดเมื่อเป็นโครุ่น จากนั้นจะค่อยๆลดลง โดยทั่วไปเกษตรกรมักจะละเลยไม่ค่อยให้ความสนใจการเลี้ยงดูในช่วงนี้มากนัก ซึ่งตามจริงโคนมช่วงนี้จำเป็นจะต้องได้รับการเลี้ยงดูอย่างดี เพราะว่าโคช่วงอายุนี้ต่อไปจะเจริญเติบโตเป็นโคทดแทนโคนมตัวอื่นในฝูงที่จำเป็นต้องคัดทิ้งเนื่องจากสาเหตุต่างๆ ถ้าไม่ได้เอาใจใส่เรื่องของการเลี้ยงดูอย่างดีพอแล้วก็จะได้โคนมทดแทนที่ไม่มีคุณภาพ การเอาใจใส่ในเรื่องอาหารอย่างถูกต้องและพอเหมาะจะทำให้เกิดประโยชน์หลายอย่างดังนี้คือ เป็นการเตรียมโครงสร้างของร่างกายให้พร้อมที่จะเจริญเติบโตไปเป็นแม่พันธุ์โคนมที่ดีต่อไป อัตราการเจริญเติบโตสูงของลูกโค จากช่วงโคเล็กไปเป็นโครุ่นมีผลทำให้โคนมถึงวัยเจริญพันธุ์เร็วขึ้น (Radcliff *et al.*, 1997; Hoffman *et al.*, 1996) เป็นผลให้สามารถผสมโคนมได้เร็วขึ้น ให้ผลผลิตลูกและน้ำนมเร็ว (Van Amburgh *et al.*, 1998b) ช่วงระยะการผลิตนมและจำนวนลูกมากขึ้น ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตโคสาว ผลผลิตสะสมเฉลี่ยต่อตัวสูงกว่า ช่วงห่างระหว่างลูกแต่ละตัวจะสั้นลง อย่างไรก็ตาม การเร่งให้โคสาวมีอัตราการเจริญเติบโตสูงหรือเร็วกว่าปกติก็อาจเกิดผลเสียหลายประการได้โดยเฉพาะในช่วงท้องแรก เช่นอัตราการผสมติดอาจจะต่ำได้เพราะระบบสืบพันธุ์ยังไม่พัฒนาสมบรูณ์พอ มีโอกาสเกิดการคลอดยากเพราะกระดูกเชิงกรานยังพัฒนาไม่เต็มที่จนพร้อมที่จะรองรับกระบวนการเกิดของลูกโค หรือโคสาวถ้าอ้วนมากเกินไป จะทำให้อัตราการเป็นสัดลดลงอาจทำให้อายุการมีลูกตัวแรกช้าออกไปได้ ผลผลิตนมจะต่ำในช่วงการให้นมครั้งแรก (Lammers *et al.*, 1999b; Van Amburgh *et al.*, 1998b) แต่

จากการศึกษาของ Waldo *et al.* (1998) พบว่าการให้อาหารโครุ่นให้มีอัตราการเจริญเติบโตวันละ 725 และ 950 กรัม ไม่ทำให้ผลผลิตน้ำนมต่างกัน สาเหตุที่ทำให้โคสาวที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงให้ผลผลิตน้ำนมต่ำเกิดจากการที่มีไขมันเข้าไปแทรกอยู่มากในส่วนของเต้านม ทำให้การสร้างเนื้อเยื่อเต้านมไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่ และการที่เต้านมมีเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างน้ำนมน้อยจะทำให้เต้านมไม่สามารถผลิตนมได้มากเท่ากับปกติ โคสาวมีอัตราการเจริญเติบโตสูงจะทำให้เซลล์ parenchyma DNA และ RNA ของต่อมน้ำนมลดลง และสะสมไขมันเพิ่มขึ้น (Capuco *et al.*, 1995; Stelwagen and Grieve, 1990) แต่ Radcliff *et al.* (1997) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตไม่มีผลต่อ parenchyma DNA และ RNA ซึ่งการเจริญเติบโตของโคนมช่วงหย่านมถึงโคสาวที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการให้ผลผลิตน้ำนมปกติคือระดับ 500-600 กรัมต่อวัน (สมชาย, 2541) นอกจากนี้อายุการใช้งานของโคนมอาจจะสั้นลง เพราะปัญหาดังกล่าวมาแล้ว และต้นทุนการผลิตอาจสูง เพราะการเร่งให้โคทดแทนเจริญเติบโตเร็วจำเป็นต้องให้อาหารที่มีคุณภาพสูง ซึ่งมีราคาแพง เป็นต้น ความไม่สมดุลของโภชนะมีผลต่อผลผลิตและระบบสืบพันธุ์ของโคโดยเฉพาะโคนมหลังคลอด และการเพิ่มพลังงานให้กับโคหลังคลอดจะทำให้เพิ่มความสมบูรณ์พันธุ์ (Lalman *et al.*, 2000; Staples *et al.*, 1998) โปรตีนมีความสำคัญพอๆกับพลังงาน เพราะถ้าขาดโปรตีนจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตช้า ผลผลิตน้ำนมน้อย ระบบภูมิคุ้มกันเสีย อ่อนแอ และป่วยง่าย อัตราการผสมติดลดลง ถ้าอาหารโปรตีนสูงเกินไป จะมีปัญหาการผสมไม่ติด ซึ่งเกี่ยวข้องกับโปรตีนที่ย่อยสลายและไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก พบว่าโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักสูงจะมีส่วนทำให้ระดับของฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนในเลือดลดต่ำลง (Moorby *et al.*, 2000) จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อน นอกจากนี้ยังทำให้มีการพัฒนาของ follicle ต่ำลง ทำให้หน่วงเหนี่ยวการทำงานของ luteal ให้ช้าลง และมีผลต่อการสะสมของเนื้อเยื่อ luteal น้อยลง (Garcia-Bojalil *et al.*, 1998) การให้โปรตีนในอาหารระดับสูงทั้ง RDP และ UDP สูงเกินความต้องการจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของยูเรียในน้ำเลือด (Plasma urea nitrogen, PUN) สูงขึ้น (Westwood *et al.*, 2000) ถ้าความเข้มข้นของยูเรียทั้งในน้ำเลือดและในน้ำนมสูงเกิน 19 mg/dL จะทำให้ความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีผลทำให้ค่า pH ในมดลูกต่ำลง ความเป็นกรดที่มากขึ้นในมดลูกจะทำให้สภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการฝังตัวของตัวอ่อน ค่า PUN ที่เพิ่มขึ้นอาจจะมีผลที่เป็นพิษต่อตัวอ่อนทำให้ตัวอ่อนตาย นอกจากนี้ยังมีผลต่อระดับฮอร์โมน โดยเพิ่มการหลั่ง prostaglandin $F_{2\alpha}$ และลดการหลั่ง progesterone (Butler *et al.*, 1998) การเพิ่มปริมาณพลังงานในอาหารโคจะเป็นการเพิ่มสมดุลไนโตรเจน (Moorby *et al.*, 2000) ถ้าเพิ่มระดับของโปรตีนในอาหารโคที่ได้รับพลังงานเท่ากัน จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร เพิ่มการกินได้ และเพิ่มการเจริญเติบโต (Lammers and Heinrichs, 2000) อาหารที่มีโปรตีนและพลังงานสูงจะทำให้การกินได้สูงขึ้นและเพิ่มการใช้ประโยชน์ของพลังงานและโปรตีน (Dewhurst *et al.*, 2000) การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคสาวลูกผสมโดยเปรียบเทียบกับคำแนะนำของ National Research Council (NRC, 1988)

อุปกรณ์และวิธีการ

โดยใช้โคสาวลูกผสม (Holstein Friesian) จำนวน 24 ตัว ที่มีระดับเลือดผสมเฉลี่ยประมาณ 87.5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยประมาณ 236 $\pm$ 64 กิโลกรัม และมีอายุเฉลี่ยประมาณ 12 $\pm$ 5 เดือน โดยจัดสิ่งทดลองแบบแฟกทอเรียลสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ จัดทรีทเมนต์เป็น 2 x 2 factorial มีการศึกษา 2 ปัจจัยๆ ละ 2 ระดับ โดยปัจจัยแรกคือ ระดับของพลังงานโภชนะย่อยได้ (TDN) 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC ส่วนปัจจัยที่ 2 คือ ระดับของอาหารโปรตีน (CP) 1.0

และ 1.2 เท่าของ NRC จัดกลุ่ม (block) สัตว์ทดลองตามน้ำหนักของโคเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 4 ตัวตามสิ่งทดลอง และสุ่มโคให้ได้รับทรีทเมนต์ 1 ใน 4 ทรีทเมนต์ที่มีสัดส่วนของอาหารพลังงานต่ออาหารโปรตีนดังนี้ คือ 1.0: 1.0, 1.0: 1.2, 1.2: 1.0 หรือ 1.2: 1.2 เป็นต้น ซึ่งในการทดลองนี้คำนวณสูตรอาหารของโคโดยใช้โปรแกรม X –ration (สมคิด และคณะ, 2533) ให้โคได้รับอาหารที่กำหนดให้มีอัตราการเจริญเติบโตวันละ 600 กรัม และให้โคทุกตัวได้รับแร่ธาตุและวิตามินตาม NRC แนะนำ โดยเลี้ยงโคแบบผูกขังเดี่ยว มีน้ำให้กินตลอดเวลา และให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เวลา 9.00 และ 14.30 น. ทั้งนี้ ใช้หญ้าแห้งพาสพาลัมอุบลตัดที่อายุประมาณ 45 วัน เป็นอาหารหยาบ ใช้ข้าวโพดในการปรับระดับพลังงานโภชนะย่อยได้ และใช้กากถั่วเหลืองในการปรับระดับโปรตีน ในการดำเนินการได้แบ่งทำการทดลองออกเป็น 2 ครั้งๆ ละ 3 บล็อค โดยในแต่ละครั้งใช้เวลา 45 วัน เว้นระยะห่าง 2 สัปดาห์ โดยใช้สัตว์ทดลองกลุ่มเดียวกันเนื่องจากมีสัตว์ทดลองจำนวนจำกัด และชั่งน้ำหนักโคอดอาหาร 16 ชั่วโมง ทุก 21 วัน เพื่อปรับน้ำหนักและใช้ในการคำนวณสูตรอาหารของโคให้ได้รับพลังงานและโปรตีน ตามทรีทเมนต์

บันทึกการกินได้และสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารเหลือไปหาวัตถุแห้งทุกวัน เพื่อหาการกินได้ของวัตถุแห้งต่อวัน สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่ให้และที่เหลือกินทุก 2 สัปดาห์ 3 วันติดต่อกัน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ เพื่อหาการกินได้ของโภชนะของสัตว์ทดลอง ตัวอย่างอาหารที่ให้และเหลือ นำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ (AOAC, 1990) และวิเคราะห์ส่วนประกอบของเยื่อใยโดยวิธีใช้สารฟอก (Van Soest *et al*., 1991) นอกจากนี้ วิเคราะห์หาลิกนินโดยวิธี Acid detergent lignin (ADL) ไนโตรเจนที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid detergent insoluble nitrogen, ADIN) ไนโตรเจนที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral detergent insoluble nitrogen, NDIN) เพื่อหาค่าเยื่อใยที่ปราศจากโปรตีน (NDFn) วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองทางสถิติโดยใช้ General linear model ของโปรแกรม SAS (SAS, 1985)

ผลและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพาสพาลัมอุบลแห้ง ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง แสดงใน Table 1 หญ้าพาสพาลัมอุบลแห้ง โปรตีนหยาบมีค่าสอดคล้องกับที่ Hare *et al*. (1999) ได้รายงานไว้ (10.6 เทียบกับ 5.0-11.8%) ส่วนผนังเซลล์มีค่าต่ำกว่าที่รายงานโดยเมตตา (2543) ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับอายุพืช ฤดูกาล การจัดการให้ปุ๋ย น้ำ และความอุดมสมบูรณ์ของดิน

Table 1 Chemical composition of Ubon paspalum grass, ground corn and soybean meal (% DM).

Nutrient (%)	Ubon paspalum grass	Ground corn	Soybean meal
Dry matter (DM)	87.3	87.1	88.4
Crude protein (CP)	10.6	8.8	47
Total fat	1.15	4.2	0.72
Acid detergent fibre (ADF)	28.4	2.9	7.4
Neutral detergent fibre (NDF)	54.1	15.8	9.7
Total digestible nutrient (TDN)	61.9	88.1	80.6

ข้าวโพดมีปริมาณพลังงานโภชนะย่อยได้ โปรตีน และไขมันสอดคล้องกับที่ Cheva-Isarakul and Promma (2541), Promma *et al.* (2541) จินดา และคณะ (2543) รายงานไว้ แต่ปริมาณ ADF มีค่าต่ำกว่า กล่าวคือ มีพลังงานอยู่ในช่วง 79.8- 88.7% โปรตีน 8.1-9.7% EE 4.8% และ ADF 4.2-5.4% ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับขบวนการบดและขบวนการแปรรูป การเก็บรักษา อายุการเก็บรักษา สายพันธุ์ สิ่งเจือปน และการปลูกในสภาพแวดล้อมต่างๆ

กากถั่วเหลืองมีพลังงานโภชนะย่อยได้สอดคล้องกับที่ จินดา และคณะ (2543) และ Promma *et al.* (2541) รายงานไว้ แต่โปรตีนหยาบและ ADF มีค่าต่ำกว่า กล่าวคือ มีพลังงานอยู่ในช่วง 74.6-88.2% โปรตีน 48.1% และ ADF 13.2% โดยคุณภาพของกากถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการผลิต การเก็บรักษา อายุการเก็บรักษา หรือสภาพแวดล้อมการปลูกการเก็บเกี่ยว และสิ่งเจือปน

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่โคได้รับในแต่ละกลุ่มแสดงไว้ใน Table 2 เมื่อเปรียบเทียบกับที่ NRC (1988) แนะนำให้กับโคสาวอายุประมาณ 12 เดือน (CP = 12%, TDN = 66%, ME = 2.47 Mcal/kgDM, NDF = 25% และ ADF = 19%) พบว่าโคได้รับโปรตีนหยาบเพียงพอ (12.2, 14.4, 10.71 และ 12.7% ในโคกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ) ทั้งนี้โคกลุ่มที่ 2 และ 3 ได้รับสูงกว่าและต่ำกว่า NRC แนะนำ อาจเป็นเพราะระดับของพลังงานมีผลต่อการกินได้ของโปรตีน และโคกลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารโปรตีนสูง สำหรับพลังงาน และ NDF ได้รับสูงกว่าที่แนะนำโดย NRC ในขณะที่ ADF มีค่าประมาณ 15.8 และ 12.9% ในโคกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงาน 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC ซึ่งได้รับต่ำกว่า NRC แนะนำ อาจเป็นเพราะ ว่าการทดลองนี้ศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีน ดังนั้นจะต้องปรับค่าทั้ง 2 ให้ได้ตามความต้องการของโค และต้องใช้ข้าวโพดและกากถั่วเหลืองในปริมาณสูง ซึ่งมีปริมาณของ ADF ต่ำ ดังจะเห็นได้จากสูตรอาหารที่มีอาหารข้นสูงขึ้นจะทำให้ ADF ค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตาม ปริมาณของ NDF ที่ได้มีค่าสูงกว่า NRC แนะนำไม่น่าจะกระทบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

Table 2 Chemical composition of feed (% DM).

Treatment	**1**	**2**	**3**	**4**
Energy level (NRC) (E)	**1.0**	**1.0**	**1.2**	**1.2**
Protein level (NRC) (P)	**1.0**	**1.2**	**1.0**	**1.2**
Crude protein (CP)	12.2	14.4	10.7	12.7
Ether Extract	2.4	2.2	2.8	2.6
Acid detergent fibre (ADF)	15.8	15.9	13.1	12.7
Neutral detergent fibre (NDF)	34.3	33.7	30.9	29.8
Total digestible nutrient (TDN)	73.1	72.8	76.3	76.5
Metabolisable energy (ME, Mcal/Kg DM)[1/]	2.65	2.64	2.76	2.77
Net energy for miantenance (NE_M, Mcal/ kg DM)[2/]	1.73	1.74	1.83	1.84
Net energy for gain (NE_G , Mcal/ kg DM)[2/]	1.12	1.11	1.20	1.21

[1/] ME = 0.0362 * (% TDN)
[2/] Calculated from NRC (1988)

ปริมาณการกินได้

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งใน Table 3 พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงาน 1.2 เท่าของ NRC กินวัตถุแห้ง เปอร์เซ็นต์ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัว และปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อน้ำหนักเมทาบอลิกสูงกว่าโคในกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงาน 1.0 เท่าของ NRC ($P<0.05$) มีค่าเท่ากับ 6.98 ต่อ 6.3 kg/d, 2.7 ต่อ 2.5% และ 109 ต่อ 100 g/$W^{0.75}$ ตามลำดับ สอดคล้องกับงานทดลองของ Waldo *et al.* (1997) อาจเป็นเพราะมีสัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบอยู่สูงกว่า จึงทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ดีกว่าและมีผลต่อการไหลผ่านของอาหาร ส่วนโคกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนระดับ 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC ทำให้ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง เปอร์เซ็นต์ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัว และปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อน้ำหนักเมทาบอลิกไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Bagg *et al.* (1985) Lana *et al.* (1997) และ Devant *et al.* (2000) ในขณะที่ Lammers and Heinrchs (2000) พบว่าอาหารโปรตีนต่อพลังงานสูงขึ้นทำให้เพิ่มการกินได้ นอกจากนี้ พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ของพลังงานและโปรตีนต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง และเปอร์เซ็นต์การกินได้ต่อน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง ผลนี้สอดคล้องกับงานของ Amos (1985)

ปริมาณการกินได้ของพลังงานและโปรตีนใน Table 3 พบว่าการกินได้ของพลังงานโภชนะย่อยได้ในโคกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.6 และ 5.3 kg/head/d ($P< 0.05$) ตามลำดับ ซึ่งระดับของโปรตีนไม่มีผลทำให้การกินได้ของพลังงานแตกต่างกัน ($P>0.05$) สำหรับการกินได้ของโปรตีนในโคกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 771 และ 895 kg/head/d ($P<0.05$) ตามลำดับ ซึ่งระดับของอาหารพลังงานไม่มีผลทำให้การกินได้ของโปรตีนรวมแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในการทดลองครั้งนี้เป็นการให้กินแบบเต็มที่ การกินได้จึงขึ้นอยู่กับความต้องการพลังงานของร่างกาย โดยเฉพาะสัตว์ที่กำลังเจริญเติบโตจะต้องการพลังงานสูงกว่าสัตว์ที่โตเต็มวัยแล้ว (NRC, 1996) สัตว์จะกินอาหารเพื่อปรับสมดุลของพลังงานภายในร่างกายให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม และความต้องการพลังงานของสัตว์เอง เพราะในสภาพอากาศที่ร้อน สัตว์จะกินอาหารได้ลดลง (Bernabucci *et al.*, 1999) อาจทำให้สัตว์ได้รับพลังงานไม่เพียงพอ ดังนั้น ในสภาพอากาศร้อนอย่างในประเทศไทย การให้อาหารพลังงานสูงจึงทำให้การกินได้สูงด้วย

Table 3 Dry matter TDN and CP intakes of crossbred dairy heifers receiving 1.0 and 1.2 NRC (1988) of TDN and CP

Treatment	**1**	**2**	**3**	**4**				
Energy levels (NRC) (E)	**1.0**	**1.0**	**1.2**	**1.2**		**E**	**P**	**E*P**
Protein levels (NRC) (P)	**1.0**	**1.2**	**1.0**	**1.2**	**SEM**	———	*P*	———
Dry matter (kg/cow/day)	6.38	6.23	6.98	6.97	0.31	0.008	0.72	0.75
% BW	2.5	2.5	2.7	2.7	0.05	0.000 1	0.98	0.91
DMI (g/$W^{0.75}$)	100	99	108	109	2.24	0.000 1	0.86	0.76
TDN (kg/cow/day)	4.68	4.54	5.33	5.33	0.24	0.001	0.69	0.69
(NRC)	1.04	1.03	1.18	1.18				
CP (g/cow/day)	785	901	756	888	39.84	0.48	0.001	0.78
(NRC)	1.02	1.20	0.97	1.15				
DMI/ADG (kg/kg)	7.7	8.0	8.1	7.0	0.26	0.55	0.39	0.13
ADG/DMI(g/kg)	133	129	127	148	11.72	0.45	0.33	0.15

ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Table 3) พบว่าระดับของอาหารพลังงานและโปรตีนไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Bagg *et al.* (1985) Lana *et al.* (1997) และ Devant *et al.* (2000) ที่ว่าระดับของอาหารโปรตีนไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร แต่ Lammers and Heinrchs (2000) พบว่าการเพิ่มระดับโปรตีนทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น

การเจริญเติบโต

ระดับของอาหารพลังงานและโปรตีนไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยตลอดการทดลองของโค (Table 4) แต่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตต่อวัน โดยโคกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงาน 1.2 และ 1.0 เท่าของ NRC มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ($P<0.05$) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.93 และ 0.81 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Daccarett *et al.* (1993) ส่วนระดับของอาหารโปรตีน 1.0 และ 1.2 เท่าของ NRC มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของโคไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.85 และ 0.90 kg/d ตามลำดับ ผลที่ได้สอดคล้องกับงานทดลองของ Devant *et al.* (2000) และ Lana *et al.* (1997) อาจเป็นเพราะว่าถ้าโคกินพลังงานสูงกว่าการใช้เพื่อดำรงชีพ จะทำให้มีการสะสมเป็นไขมันในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ในขณะที่โปรตีนจะมีการสะสมในสัดส่วนที่คงที่ตามอายุของสัตว์ (Waldo *et al.*, 1997, Van Amburgh *et al.*, 1998a และ Fox *et al.*, 1999) ดังนั้นการกินอาหารพลังงานสูงจึงทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น

Table 4 Performances of crossbred dairy heifers fed 1.0 and 1.2 NRC (1988) of TDN and CP.

Treatment	**1**	**2**	**3**	**4**				
Energy levels (NRC) (E)	**1.0**	**1.0**	**1.2**	**1.2**		E	P	E*P
Protein levels (NRC) (P)	**1.0**	**1.2**	**1.0**	**1.2**	**SEM**	———	*P*	———
Initial empty body weight, kg	238	232	239	235	10.53	0.85	0.51	0.89
Average empty body weight, kg	257	250	258	257	10.91	0.61	0.62	0.70
Average daily gain (kg/cow/day)	0.83	0.79	0.86	1.00	0.06	0.021	0.27	0.066

ความต้องการพลังงานของโคสาว

จากผลการทดลอง พบว่าความต้องการพลังงานของโคทดลองในกลุ่มที่ศึกษานี้สูงกว่า NRC (1988) แนะนำในทุก Treatment ดังแสดงใน Table 5

Table 5 Estimated energy requirement and energy intake of crossbred dairy heifers and adjusted factors for calculation of energy requirement compared with original factors used by NRC (1988).

Treatment	**1**	**2**	**3**	**4**
Energy levels (NRC) (E)	**1.0**	**1.0**	**1.2**	**1.2**
Protein levels (NRC) (P)	**1.0**	**1.2**	**1.0**	**1.2**
Intakes (Mcal/d)				
Net energy for maintenance (NE_M)	5.86	5.74	6.68	5.94
Net energy for gain (NE_G)	3.35	3.23	4.00	4.51
Requirement (Mcal/d)				
Net energy for maintenance (NE_M)	5.81	5.66	5.76	5.79
Net energy for gain (NE_G)	3.33	3.19	3.45	4.39
Factors				
Net energy for maintenance (NE_M)	0.0862	0.0869	0.0997	0.887
Net energy for gain (NE_G)	0.0458	0.0456	0.0543	0.0469

Requirement-Intakes (Mcal/d)				
Net energy for maintenance (NE_M)	0.09	0.16	1.74	0.36
Net energy for gain (NE_G)	0.02	0.04	0.55	0.12
Requirement/Intakes	0.99	0.99	0.86	0.97

พลังงานเพื่อดำรงชีพที่โคกินได้สูงกว่า NRC อาจเป็นเพราะว่า ในประเทศไทยมีสภาพอากาศที่ร้อน สัตว์จะต้องมีการปรับตัว ปรับอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่อยู่เสมอ และความร้อนที่เกิดขึ้นจากการกิจกรรมต่างๆ ภายในร่างกายต้องเป็นภาระให้กับร่างกายที่จะต้องกำจัดออกไป และอาจต้องการพลังงานสูงกว่าเพื่อระบายความร้อนออกนอกร่างกายเมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงอยู่แล้ว นอกจากนี้คุณภาพอาหารสัตว์ โดยเฉพาะพืชอาหารสัตว์ซึ่งมีคุณภาพต่ำกว่าในเขตอบอุ่น ทำให้สัตว์ต้องใช้พลังงานในการหมักย่อยสูงกว่า และในขบวนการหมักย่อยก็จะเกิดความร้อนและก๊าซมีเทนสูงกว่า ทำให้มีการสูญเสียพลังงานส่วนนี้ไปด้วย ในส่วนของพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตที่ต้องการสูงกว่า NRC นั้น อาจเป็นเพราะโคทดลองที่ใช้เป็นโคลูกผสม และมีอัตราการเจริญเมื่อเปรียบเปรียบเทียบกับโคพันธุ์แท้ที่เลี้ยงในต่างประเทศแล้วมักจะเจริญเติบโตต่ำกว่าและน้ำหนักโตเต็มวัยก็น้อยกว่าด้วย จึงทำให้ต้องการพลังงานเพื่อเจริญเติบโตที่สูงกว่า (NRC, 1996) จาก Table 5 พบว่าโคมีความต้องการพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตและเพื่อการดำรงชีพสูงกว่า NRC (1988)แนะนำ นั่นแสดงว่า factor ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าพลังงานสุทธิต้องสูงกว่าด้วย ซึ่งค่า factor ใช้คำนวณหาค่าพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพที่ NRC แนะนำเป็น 0.086 แต่จากการทดลอง สามารถปรับค่า factor โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0904 ส่วนค่า factor สำหรับคำนวณหาค่าพลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโตที่ NRC แนะนำ คือ 0.045 สำหรับโคสาว small breeds แต่จากการทดลองพบว่าสามารถปรับค่า factor โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0482 ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Cheva-Isarakul and Promma (2541) ที่พบว่าโคสาวลูกผสมมีความต้องการพลังงานเพื่อเจริญเติบโตสูงกว่า NRC นอกจากนี้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานพบว่า โคกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงาน 1.0 เท่าของ NRC จะมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงกว่า (0.99 เทียบกับ 0.92)

Table 6 Estimated Protein requirement and protein intakes of crossbred dairy heifers.

Treatment	**1**	**2**	**3**	**4**
Energy levels (NRC) (E)	**1.0**	**1.0**	**1.2**	**1.2**
Protein levels (NRC) (P)	**1.0**	**1.2**	**1.0**	**1.2**
Intakes (g/d)				
Crude protein (CP)	785	901	756	888
Rumen degradable protein (RDP)	416	475	402	473
Undegradable ruminal protein (UDP)	487	561	467	548
Absorbed protein (AP)	437	535	396	502
Requirement (g/d)				
Crude protein (CP)	616	628	583	575
Rumen degradable protein (RDP)	416	475	402	473
Undegradable ruminal protein (UDP)	292	247	268	188
Absorbed protein (AP)	473	471	446	423
Intake-Requirement (g/d)				
Crude protein (CP)	169	273	173	313
Undegradable ruminal protein (UDP)	195	314	199	360
Absorbed protein (AP)	-36	64	-50	79

ความต้องการโปรตีนของโคสาว

จากผลการทดลอง (Table 6) พบว่าความต้องการโปรตีนสูงกว่าที่ NRC (1988) แนะนำในทุกกลุ่มทดลอง เพราะโคกินอาหารโปรตีนได้สูงกว่าความต้องการของโคที่คำนวณได้จาก NRC ประมาณ 38.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลอันนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Cheva-Isarakul and Promma (2541) ในโคกลุ่มที่ 2 และ 4 กินโปรตีนได้สูงกว่ามาก อาจเป็นเพราะว่าได้รับอาหารโปรตีนสูง 1.2 เท่าของ NRC แต่จากการทดลองกินได้จริงเพียง 1.18 เท่าของ NRC ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกินความต้องการของโค และความต้องการของโปรตีนขึ้นอยู่กับพลังงานด้วย ดังจะเห็นได้จากเมื่อระดับพลังงานสูงขึ้นการกินได้ของโปรตีนทุกชนิดมีแนวโน้มลดลง หากพิจารณาความต้องการโปรตีนรวมและโปรตีนดูดซึมที่คำนวณตาม NRC พบว่าระดับของพลังงานมีผลต่อความต้องการโปรตีน โดยที่พลังงาน 1.0 เท่าของ NRC โคต้องการโปรตีนรวมและโปรตีนดูดซึมเป็น 843 และ 486 กรัมต่อวัน ถ้าโคได้รับอาหารพลังงาน 1.2 เท่าของ NRC มีค่าเท่ากับ 822 และ 449 กรัมต่อวัน ตามลำดับ เพราะเมื่อโคได้รับอาหารพลังงานสูงโคจะมีการสะสมเป็นไขมันสูงขึ้นด้วย ทำให้การสะสมโปรตีนมีสัดส่วนต่ำลง (Fox *et al*., 1999) ในขณะเดียวกัน กลุ่มโคที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำจะทำให้โคได้รับโปรตีนดูดซึมไม่เพียงพอกับความต้องการซึ่งขาดประมาณ 10.4 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โคกลุ่มได้รับอาหารโปรตีนสูงกลับได้รับโปรตีดูดซึมเกินความต้องการประมาณ 16.2 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นเพราะว่าโปรตีนดูดซึมของสัตว์มาจากสองแหล่ง คือ จากโปรตีนไหลผ่าน และจากจุลินทรีย์ที่ผ่านลงไปที่ลำไส้เล็ก และโคกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนต่ำ จะมีโปรตีนไหลผ่านน้อยกว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนสูง

สรุป

จากผลการทดลองให้อาหารที่มีพลังงานและโปรตีนเท่าและสูงเกินกว่าที่ NRC แนะนำไว้ คือ 1.0 หรือ 1.2 เท่าของ NRC (1988; 100 หรือ 120% NRC) พบว่า ระดับพลังงานที่ให้มีผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งและอัตราการเจริญเติบโตของโคทดลอง ส่วนระดับโปรตีนที่ให้มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งและอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน

ความต้องการพลังงานของโคสาวลูกผสม พบว่า โคมีความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการเจริญเติบโตสูงกว่า NRC แนะนำประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยจากผลการทดลองได้ค่า factor ที่ใช้คำนวณพลังงานเพื่อดำรงชีพเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.0904 และสำหรับพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0482

ความต้องการโปรตีนของโคสาวลูกผสม พบว่าโคมีความต้องการโปรตีนรวมและโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักจะมีค่าสูงกว่าที่ NRC แนะนำ ประมาณ 38.6 และ 95.0 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองครั้งนี้จำเป็นต้องแบ่งการทดลองออกเป็นสองช่วง เพราะเนื่องจากว่าสัตว์ทดลองมีจำนวนจำกัด ฉะนั้น ถ้าหากเป็นไปได้ การทดลองควรที่จะดำเนินการภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกันเพื่อลดความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อม หากมีการศึกษาครั้งต่อไปในลักษณะนี้อีก ควรที่จะมีการเสริมสารปรับบัฟเฟอร์ในสูตรอาหารด้วย เพราะโคได้รับอาหารที่ละลายง่ายค่อนข้างสูง เนื่องจากว่ากำหนดให้อาหารที่มีโภชนะสูงกว่า NRC แนะนำ ซึ่งอาจจะมีผลต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ สัตว์ทดลอง เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆในการดำเนินการ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกๆท่าน และขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้ทุนในการทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จินดา สนิทวงศ์ฯ, เฉลิมพล บุญเจือ และสมจิตร อินทรมณี. 2543. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มเป็นแหล่งโปรตีน ในสูตรอาหารสำหรับโครีดนม. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2543, กองอาหารสัตว์, หน้า 120-129.

เมตตา แสงคำ. 2543. อิทธิพลของน้ำท่วมขัง วิธีการปลูก ความสูง และความถี่ในการตัดต่อผลผลิต และคุณภาพหญ้าอุบลพาสพาลัม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 120 หน้า.

สมคิด พรหมมา, พัชรินทร์ จีนกล่ำ และธวัชชัย อินทรตุล. 2533. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สัดส่วนอาหาร XRATION สำหรับโคนม. รายงานผลงานวิจัยสาขาผลิตปศุสัตว์ประจำปี 2533. กรมปศุสัตว์.

สมชาย จันทร์ผ่องแสง. 2541. การเลี้ยงโคนม. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

Amos, H. E. 1986. Influence of dietary protein degradability and energy concentration on growth of heifers and steers and intraruminal protein metabolism. Journal of Dairy Science. 69: 2099-2110.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th Ed. AOAC, Virginia.

Bagg, J. G., Grieve, D. G., Burton, J. H. and Stone, J. B. 1985. Effects of protein on growth of Holstein heifers calves at 2 to 10 months. Journal of Dairy Science. 68: 2929-2959.

Bernabucci, U., Bani, P., Ronchi, B., Lacetera, N. and Nardone, A. 1999. Influence of short- and long-term exposure to a hot environment on rumen passage rate and diet digestibility by Friesian heifers. Journal of Dairy Science. 82 (5): 967-973.

Butler, W. R. 1998. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 81: 2533-2539.

Capuco, A. V., Smith, J. J., Waldo, D. R. and Rexroad, Jr. C. E. 1995. Influence of prepubertal dietary regimen on mammary growth of Holstein heifers. Journal of Dairy Science. 78 (12): 2709-2725.

Cheva-Isarakul, B. and Promma, S. 2541. The use of multinutrient block supplemented to urea-treated rice straw base diet for dairy heifers and the preliminary estimation of nutrient requirements. 1: 27-43. ใน ผลงานวิจัยการหาความต้องการโภชนะของโคนมไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Daccarett, M. G., Bortone, E. J., Isbell, D. E. and Morrill, J. L. 1993. Performance of Holstein heifers fed 100% or more of National Research Council requirements. Journal of Dairy Science. 76: 606-614.

Devant, M., Ferret, A., Gasa, J., Calsamiglia, S. and Casals, R. 2000. Effect of protein concentration and degradability on performance, ruminal fermentation and nitrogen metabolism in rapidly growing heifers fed high-concentrate diets from 100 to 230 kg body weight. Journal of Animal Science. 78: 1667-1676.

Dewhurst, R. J., Moorby, J. M., Dhanoa, M. S., Evans, R.T. and Fisher, W.J. 2000. Effects of altering energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 1. Intake, body condition and milk production. Journal of Dairy Science. 83 (8): 1782-1794.

Fox, D. G., Van Amburgh, M. E. and Tylutki, T. P. 1999. Predicting requirement for growth, maturity, and body reserves in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 82 (9): 1968-1977.

Garcia-Bojalil, C. M., Staples, C. R., Risco, C.A., Savio, J. D. and Thatcher, W. W. 1998. Protein degradability and calcium salts of log-chain fatty acids in the diets of lactating dairy cows: reproductive responses. Journal of Dairy Science. 81: 1385-1395.

Hare, M.D., Suriyajantratong, W., Tatsapong, P., Kaewkunya, C., Wongpichet, K. and Thummasaeng, K. 1999. Effect of nitrogen on production of *Paspalum atratum* on seasonally wet soils in north-east Thailand. Tropical Grasslands. 33: 207-213.

Hoffman, P. C., Brehm, N. M., Price, S. G. and Prill-Adams, A. 1996. Effect of accelerated postpubertal growth and early calving on lactation performance of primiparous Holstein heifers. Journal of Dairy Science. 79: 2024-2031.

Lalman, D. L., Williams, J. E., Hess, B. W., Thomas, M. G, and Keisler, D. H. 2000. Effect of dietary energy on milk production and metabolic hormones in thin, primiparous beef heifers. Journal of Animal Science. 78: 530-538.

Lammers, B. P. and Heinrichs, A. J. 2000. The response of altering the ratio of dietary protein to energy on growth, feed efficiency, and mammary development in rapidly growing prepubertal heifers. Journal of Dairy Science. 83(5): 977-983.

Lammers, B. P., Heinrichs, A. J. and Kensinger, R. S. 1999a. The effects of accelerate growth rates and estrogen implants in prepubertal Holstein heifers on growth, feed efficiency, and blood parameters. Journal of Dairy Science. 82(8): 1746-1752.

Lammers, B. P., Heinrichs, A. J. and Kensinger, R. S. 1999b. The effects of accelerate growth rates and estrogen implants in prepubertal Holstein heifers on estimates of mammary development and subsequent reproduction and milk production. Journal of Dairy Science. 82 (8): 1753-1764.

Lana. R. P., Fox, D. G., Russell, J. B. and Perey, T. C. 1997. Influence of monensin on Holstein steers fed high-concentrate diet containing soybean meal or urea. Journal of Animal Science. 75: 2571-2579.

Moorby, J. M., Dewhurst, R. J., Tweed, J. K. S., Dhanoa, M.S. and Beck, N. F. G. 2000. Effects of altering energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 2. Method and hormonal responses. Journal of Dairy Science. 83(8): 1795-1805.

National Research Council. 1988. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th Ed. National Academic Press, Washington DC. 157 p.

National Research Council. (1996). Nutrient Requirement of Beef Cattle. 7th Ed. Update. National Academy, Washington DC.

Promma, S., Jeenklum, P. and Indratula, T. 2541. Production responses of crossbred Holstein milking cows fed urea-treated rice straw at three different fibre levels and the preliminary estimation of nutrient requirements. 1: 43-55. ใน ผลงานวิจัยการหาความต้องการโภชนะของโคนมไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Radcliff, R. P., Vandehaar, M. J., Skidmore, A. L., Chapin, L. T., Radket, B. R. Lloyd, J. W., Stanisiewsli, E. P. and Tucler, H. A. 1997. Effect of diet ad bovine somatotropin on heifers growth and mammary development. Journal of Dairy Science. 80 (9): 1996-2003.

SAS. 1985. SAS User's Guid : statistics. Version 5 edition. SAS institute Inc, Cary, NC.

Staples, C. R., Burke, J. M. and Thatcher, W. W. 1998. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. Journal of Dairy Science. 81 (3): 856-871.

Stelwagen, K. and Grieve, D. G. 1990. Effect of plane of nutrition on growth and mammary gland development in Holstein heifers. Journal of Dairy Science. 73: 2333-2341.

Van Amburgh, M. E., Fox, D. G., Galton, D. M., Bauman, D. E. and Chasel, L. E. 1998a. Evaluation of national research council and cornell net carbohydrate and protein systems for predicting requirement of Holstein heifers. Journal of Dairy Science. 81 (2): 509-526.

Van amburgh, M. E., Galton, D. M., Bauman, D. E., Everett, R. W., Fox, Do G., Chase, L. E. and Erb, H. N. 1998b. Effect of three prepubertal body growth rates on performance of Holstein heifers during first lactation. Journal of Dairy Science. 81 (2): 527-538.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharide in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74 (10): 3583-3597.

Waldo, D. R., Capuco, A. V. and Rexroad, Jr., C. E. 1998. Milk production of Holstein heifers fed either alfalfa or corn silage diets at two rates of daily gain. Journal of Dairy Science. 81 (3): 756-764.

Waldo, D. R., Tyrrell, H. F., Capuco, A. V. and Rexroad, Jr. C. E. 1997. Components of growth on Holstein heifers fed either alfalfa or corn silage diets to produce two dairy gains. Journal of Dairy Science. 80 (8): 1674 – 1684.

Westwood, C. T., Leant, I. J., Garvin, J. K. and Wynn, P. C. 2000. Effects of genetic merit and varying dietary protein degradability on lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. 83: 2926-2940.

Appendix 13

Management of forage legumes in Ubon paspalum (*Paspalum atratum*)

(Strip establishment of Ubon paspalum and forage legumes)

Ina Erika Gruben
2001

Management of forage legumes in Ubon paspalum (*Paspalum atratum*)
(Strip establishment of Ubon paspalum and forage legumes)

Thesis from:	Ina Erika Gruben 26.06.1972, Leer
1. Expert and adviser: Faculty:	Prof. Dr. agr. habil. Renate Bockholt Institut fuer umweltgerechten Pflanzenbau Fachgeb... Gruenland und Futterbau Justus-von-Liebig-Weg 6 18059 Rostock, Germany
2. Expert and adviser: Faculty:	Dr. Michael Hare Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrab, Ubon Ratchathani 34190 Thailand
3. Expert and adviser: Faculty:	Prof. Dr. agr.habil. Horst Paetzold Institut fuer umweltgerechten Pflanzenbau Fachgebiet Gruenland und Futterbau Justus-von-Liebig-Weg 6 18059 Rostock, Germany

Abstract

Farmers in the Northeast of Thailand are mostly small farmholders and their income is very low. Dairy farming is a good alternative to improve their regular income. Dairying has been expanding in the Northeast and improved pastures are needed for high quality and quantity fodder. Cows are yarded nearly all year round and fed with freshly-cut forage (cut and carry system) and concentrate supplements. Pasture land must used very efficiently since land for pasture is a limiting factor. Small holder farmers need most of their land for growing rice for self-sufficiency. The soils in the Northeast of Thailand are very poor and waterlogged in the wet season and dry in the dry season and therefore pasture establishment is very difficult and most of the grass species grown are low in quality. Large amounts of money therefore have to be spend on concentrate feeding for milk production. Currently, Ubon paspalum is recommended for growing on these seasonally wet and seasonally dry soils. But the crude protein of Ubon paspalum is lower than other improved grasses. Legumes would be a cheaper alternative to improve the feed value of Ubon paspalum pastures when mixed together, but until now no management system has been found that will maintain legumes in mixtures with Ubon paspalum.

This research was carried out at Ubon Ratchathani University (15°N) in the Northeast of Thailand. Nine different forage legumes, of which three were annual, Cowpea (*Vigna unguiculata*), Jackbean (*Canavalia ensiformis*) and Lablab (*Lablab purpureus*), three bi-annual, Cavalcade (*Centrosema pascuorum*), Llanos macro (*Macroptilium gracile* cv.Maldonado) and Lee joint vetch (*Aeschynomene americana*) and three were perennial, Tha Phra stylo (*Stylosanthes guianensis*, Stylo 184), Puero (*Puero phaseoloides*) and Calopo (*Calopogonium mucunoides*) and 1 control treatment (Ubon paspalum with no legume), were strip sown in alternate rows with Ubon paspalum on infertile soils.

The aims of these studies were to look at which legume is able to improve the protein content of Ubon paspalum if mixed and feed together and which of the legumes tolerates waterlogging best in the first wet season. Furthermore would this management system enable legumes to be fully utilised and persist with Ubon paspalum.

The results from the first wet season indicated that Ubon paspalum produced significantly more dry matter yield in pure swards than in swards strip sown with legumes. Furthermore the crude protein levels in Ubon paspalum were very low due to the poor soils.

Most of the legumes in this study produced acceptable crude protein levels but they did not produce high dry matter yields. Therefore the advantages in producing a high crude protein yield (kg/ha) of legume were not achieved in this study. Cavalcade grown together with Ubon paspalum showed the highest dry matter yield and produced more yields of crude protein (kg/ha) than pure Ubon paspalum plots. Ubon/Puero and Ubon/Tha Phra stylo also produced forage of a high quality, however all the bi-annual and perennial legumes had almost disappeared by the fourth cut and it is not sure if they are going to regrow in the following wet season from fallen seed.

Annual legumes, Lablab, Cowpea and Jackbean, were dominant at the first cut and when strip sown with Ubon paspalum produced the highest, total sward dry matter yield. But after the first cut the annual legumes started to die out and had all disappeared by the third cut.

The results from this study shows that it is still very difficult to maintain tropical legumes in mixtures with tropical grasses. Growth potential is different between grasses

and legumes. Grasses are C_4 plants and therefore grow faster than legumes, which are C_3 plants.

The optimum cutting height and cutting interval of Ubon paspalum and legumes are also different. This was mainly the reason why the legumes disappeared quickly from the plots. The sowing rate in this study was very high and lead to intraspecific plant competition for spacing. The very wet year 2000 was also not favorable for legume growth.

It is concluded, that this management system of strip sowing legumes with Ubon paspalum is not recommended for smallholder dairy farmers in Thailand since legumes became very sparse and did not produce high dry matter yields and disappeared completely from the plots after the fourth cut.

5

Paspalum atratum - from a wild native plant in Brazil to commercial forage seed production in Thailand in 10 years.

M.D. Hare, W. Suriyajantratong, K. Wongpichet and K. Thummasaeng.

Introduction

In village pasture systems in northeast Thailand, pastures are usually grown on the poorest soils, as more fertile soils are used for growing food and cash crops. Many of these poor soils, especially in the east of this region, become seasonally waterlogged during the wet season and it is extremely difficult to get forages to grow and persist on these soils. The humic gley podzolic soils are largely structureless with low nutrient-holding capacity and high bulk densities. They are also very low in organic matter (0.05-0.07%) and nitrogen (0.02-0.05%) (Hare *et al.*, 1999a).

Recent research has shown that *Paspalum atratum* is well suited to these waterlogged acid soils which become seasonally dry in northeast Thailand (Hare *et al.*, 1999a; 1999b) and in similar soils in Florida (Kalmbacher *et al.*, 1997a; 1997b; 1997c). In a 6-month wet season *P. atratum* produced over 30 t/ha DM when fertilised every 30-40 days (Hare *et al.*, 1999b) and when 20 kg/ha N were applied DM yields increased by more than 100% (Hare *et al.*, 1999d). In comparison to other improved tropical grasses, *P. atratum* has relatively low crude protein content but frequent cutting (Hare *et al.*, 2001b; Kalmbacher *et al.*, 1997a) and frequent nitrogen applications (Hare *et al.* 1999d; Kalmbacher and Martin, 1999) will maximize forage quality and palatability.

Origin

P. atratum is a wild species native to the states of Mato Grosso do Sul, Goias and Minas Gerais in central-western Brazil (Quarin *et al.*, 1997). An accession of this wild species, BRA 009610, was originally collected near the village of Terenos, Mato Grosso do Sul State, Brazil, by Dr. J. Valls in April 1986 (J. Valls pers. com.). Small amounts of seed were subsequently distributed to research institutions in Brazil, Argentina, Colombia, Florida and the Philippines.

In November 1994 Ubon Ratchathani University received 100 grams of BRA 009610 from Dr. Werner Stur of the Forages for Smallholders Project based at IRRI, Philippines (a project funded by AustAid and managed by CSIRO (Australia) and CIAT (Colombia)). Fifty grams of this seed were used for the initial evaluation research (Hare *et al.*, 1999a) and the other 50 grams were used for seed multiplication (Hare *et al.*, 2001a).

Following 3 years of evaluation work in northeast Thailand, *P. atratum* was consistently found to be the best grass on seasonally wet-seasonally dry soils and in 1997 it was released for forage use by Ubon Ratchathani University as cultivar Ubon (Hare *et al.*, 1999a). It has also been released in Florida as cultivar Suerte alta paspalum (Kalmbacher *et al.*, 1997c), in Australia as cultivar Hi-Gane (Loch and Ferguson, 1999), in Argentina as cultivar Camba FCA (J. Valls pers. com.) and in the Philippines as cultivar Terenos (Horne and Stur, 1999).

Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand
e-mail: Michael@agri.ubu.ac.th

Morphological description

Ubon paspalum is an apomictic tetraploid that can be grown in close proximity to other accessions for seed production without risk of contamination through pollen (Quarin *et al.*, 1997). It is a large leafy bunch grass and if left uncut, leaf canopies can grow up to one metre high and stems and inflorescences to over two metres high (Hare *et al.*, 1999c). The erect leaf blades can reach 50 cm in length and 3-4 cm in width. The lower leaf margins are slightly hairy and the older leaf margins are very sharp (Hare *et al.*, 1997). Each inflorescence has between 6 and 12 racemes with 100 and 180 spikelets per raceme (Hare *et al.*, 1999c). The seeds are reddish brown and shiney. There are between 200,000 and 350,000 seeds per kg.

It was originally thought that Suerte and Hi-Gane were from a different accession, cultivar Pantaneira, collected by Mr. Rayman (Kalmbacher *et al.*, 1997c) and catalogued as BRA-018996. However, these two cultivars, along with Ubon paspalum, have recently been examined in plots and by pressed leave and stem samples by Dr. Bert Gorf (formerly CIAT plant scientist) and have been identified as all of the same accession, BRA-009610. The leaf blades of Pantaneira are densely pubescent while the leaf blades of all BRA-009610 cultivars are glabrous to only slightly hairy. In addition, Pantaneira is less productive and less palatable than BRA-009610.

Ubon paspalum seed production research

initial seed production problems

When we started our research in 1995 we found that Ubon paspalum established easily from seed but we knew very little about its seed production performance. In a preliminary observation, a small 1000 m^2 plot which had been hand planted with seedlings in May 1995 from the original 50 grams of seed, was cut to ground level in early August 1995 when the plants were more than 2 m high and starting to lodge heavily, even though no inflorescences had emerged. Following defoliation, even though the plants grew very well over the next 3 months and received good rainfall and increasing exposure to short day lengths, none of the Ubon paspalum plants produced inflorescences.

In the following year, 1996, we did not defoliate these plots during the wet season and, at the time of inflorescence emergence in September, most plants were lodging heavily. We had to support the plants with wooden stakes and tie the inflorescences to the stakes with wire in order to hand harvest seed.

We also encountered further problems in 1997 when we contracted farmers to produce Ubon paspalum seed. Many farmers delayed planting their fields until late in the wet season, which has been the traditional time to plant *Brachiaria ruziziensis* and *Stylosanthes hamata* seed crops (Hare and Phaikaew, 1999). Late sown crops produced very little or no seed at all (Hare *et al.*, 2001a).

Problem solving research studies

Methods of sowing

Seed crops of Ubon paspalum established by sowing seed produced no seed at all in the first year of establishment (Table 1). Planting rooted tillers or transplanting 2 month old seedlings grown in plastic bags, into the field in May produced the highest seed yields of first-year established plants (Hare *et al.*, 2001a), though not as high as 2nd year plants.

Table 1 Effect of methods of sowing on Ubon paspalum seed yields.

Treatment	Seed yield (kg/ha)
Seed sown 1st year	0
Tillers planted 1st year	132 a[1]
Plastic bag seedlings 1st year	91 a
2nd year plants	171 a

[1] Within columns, means followed by different letters are significantly different (P<0.05) by Duncan's Multiple Range Test.

Time of planting

Seed crops planted with rooted tillers at the beginning of May produced 132 kg/ha seed 5 months after sowing in one trial (Table 1) and 331 kg/ha seed in a second trial (Table 2). Planting tillers in June and July severely reduced seed yields (Hare *et al.*, 2001a).

Table 2. Effect of date of planting rooted tillers on Ubon paspalum seed yields in the first year of establishment.

Planting date	Seed yield (kg/ha)
May 7	331 a[1]
May 21	274 a
June 4	115 b
June 18	69 b
July 2	70 b
July 16	25 b

[1] Within columns, means followed by different letters are significantly different (P<0.05) by Duncan's Multiple Range Test.

Closing date

Cutting seed crops of Ubon paspalum in August and September produced little or no seed at all (Table 3). Cutting and closing crops in June produced the best seed yields as crops closed in May were more susceptible to lodging (Hare *et al.*, 1999c).

Table 3. Effect of time of final closing cut on seed yield (kg/ha) of Ubon paspalum.

Month of final closing cut	Trial 1	Trial 2
May	65.6	-
June	88.8	127
July	43.4	127
August	13.6	43
September	0	-
LSD(P<0.05)	48.0	59.6

Methods of hand harvesting seed

Hand knocking mature Ubon paspalum seed from seed heads into bags every day produced 230 kg/ha, more than twice the amount produced by threshing or sweating seed heads (Table 4) (Hare *et al.*, 1999c). Farmers using the hand knocking method averaged 600 kg/ha (Hare *et al.*, 2001a) and when seed heads were covered with nylon bags, 1108 kg/ha of seed were produced on a research station (Phaikaew *et al.*, 2001).

Table 4. Effect of different seed harvesting methods on seed yields of Ubon paspalum.

Harvesting methods	Seed yield (kg/ha)
Knocking	230 a[1]
Cut and thresh	104 b
Cut, sweat 2 days, thresh	119 b
Cut, sweat 4 days, thresh	131 b

[1] Within columns, means followed by different letters are significantly different (P<0.05) by Duncan's Multiple Range Test.

Site appears to have a significant impact on Ubon paspalum seed production. The university site where Ubon paspalum has been successfully grown for forage (Hare *et al.*, 1999a; 1999b) has consistently produced lower seed yields in trials than yields produced by farmers and at other research stations. Drainage, trees and method of harvesting all appear to influence seed yields (Hare *et al.*, 2001a).

Juvenility and long-short day requirement for flowering

In a plant growth chamber study on flowering, Ubon paspalum was confirmed as a long-short day plant exhibiting a quantitative response to long days followed by a qualitative response to short days (Hare *et al.*, 2001c). Plants must be at least 60 days of age before the summer solstice (June 22) in order to flower in September explaining why crops sown with seed or planted late do not flower profusely in the year of establishment (Tables 1 & 2). Plants cut close to ground level after the summer solstice also do not receive enough long days to flower well and produce good seed yields in the same year (Table 3). The study also confirmed that no juvenile phase exists in Ubon paspalum (Hare *et al.*, 2001c).

Smallholder farmer seed production

Successful forage seed production in Thailand has hinged on smallholder farmers hand-harvesting seed of *B. ruziziensis* and *S. humata* (Hare, 1993; Hare and Phaikaew, 1999). In 1996, after observing the outstanding growth of Ubon paspalum in initial evaluation trials (Hare *et al.*, 1999a) we realised that there would be a future demand for seed. We contracted one experienced smallholder farmer who had previously grown forage seed crops for the Department of Livestock Development. In May 1996, we gave the farmer rooted tillers of Ubon paspalum dug from one year old plants at the university which she hand planted in a 50 x 50 cm pattern in a 1400 m² field. In September 1996 she harvested 47.5 kg of seed, equivalent to 340 kg/ha.

Neighbouring farmers in the same village saw her success and observed that seed production of Ubon paspalum appeared to be easier than seed production of *B. ruziziensis* and *S. humata* which they had grown for several years. In March 1997, we contracted 20 farmers, including the first farmer, to grow Ubon paspalum seed. The farmers each received 300 grams of seed in March 1997 and were instructed to plant the seed in nurseries and transplant strong plants to their field in May-June. Each farmer was contracted to grow a field not

exceeding 1600 m². Fields planted in May and June averaged 315 kg/ha and 65 kg/ha, respectively, whereas fields planted in July produced no seed (Hare *et al.*, 2001a). Harvesting from the same fields in 1998 and 1999 produced mean seed yields of 632 kg/ha and 651 kg/ha, respectively (Hare *et al.*, 2001a). The method of hand knocking mature seed from tied seed heads into bags every day produces high seed yields and followed by slow drying in the shade and cleaning and winnowing on cane trays produces seed with a purity of 99% and an average germination of 80%.

Our focus at Ubon Ratchathani University is primarily research and so we have limited our production to what we believe we can sell annually. We have now set a quota of 100 kg per farmer and in 2000 we purchased 2000 kg from 20 farmers. Ubon Ratchathani University is endeavouring to provide a real and sustainable market for Ubon paspalum seed, that does not depend on government funding. We have set up a revolving fund that pays the farmers promptly 100 baht/kg (US$2.50) on the day of seed purchase. The seed is packaged into attractively labeled 2 kg and 4 kg plastic bags and stored for at least 5 months to break embryo dormancy (Hare *et al.*, 1999c) before being sold for 160 baht/kg (US$4.00). Following our success, the Department of Livestock Development has rapidly increased Ubon paspalum seed production on research stations and on smallholder farms, and in 1998, 1999 and 2000 produced 21, 28 and 38 tonnes, respectively (C. Phaikaew pers. com.).

Even though Ubon paspalum seed production is well synchronised, with flowering occurring predictably every year in September and hand harvesting taking place over 7-10 days in early October, seed production is not without its difficulties. Heavy thunderstorms frequently occur during the September-October flowering and harvesting period causing seed to shed. Foraging birds may also dramatically reduce seed yields. Farmers have set up nets to capture the birds for sale or installed bird-scaring devices such as scarecrows and tins filled with stones. Some farmers sleep in their fields in order to chase away birds which usually forage in the early morning.

Conclusion

The development of Ubon paspalum from being a wild native plant in Brazil to a commercial forage in Thailand has been rapid. It only took a little over 10 years for this wild accession to become a proven forage crop in Thailand which shows the potential impact forage germplasm collection can have on the future agriculture needs of mankind.

Acknowledgements

We thank the Thailand Research Fund (TRF) for providing financial support for these research programmes and the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, for research facilities.

References

Hare, M.D. (1993) Development of tropical pasture seed production in Northeast Thailand - two decades of progress. *Journal of Applied Seed Production*, 11, 93-98.

Hare, M.D., Saengkham, M., Thummasaeng, K., Wongpichet, K., Suriyajantratong, W., Booncharern, P. and Phaikaew, C. (1997) Ubon paspalum (*Paspalum atratum* Swallen), a new grass for waterlogged soils in Northeast Thailand. *Ubon Ratchathani University Journal*, 1, 1-12.

Hare, M.D. and Phaikaew C. (1999) Forage seed production in Northeast Thailand : A case history. in: Loch, D.S. and Ferguson, J.E. (eds) *Forage Seed Production Volume 2: Tropical and Subtropical Species* pp. 435-443 (CAB International: Oxon, UK)

Hare, M.D., Thummasaeng, K., Suriyajantratong, W., Wongpichet, K., Saengkham, M., Tatsapong, P., Kaewkunya, C. and Booncharern, P. (1999a) Pasture grass and legume evaluation on seasonally waterlogged and seasonally dry soils in north east Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 65-74.

Hare, M.D., Booncharern, P., Tatsapong, P., Wongpichet, K., Kaewkunya, C. and Thummasaeng, K. (1999b) Performance of para grass (*Urochloa mutica*) and Ubon paspalum (*Paspalum atratum*) on seasonally wet soils in Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 75-81.

Hare, M.D., Wongpichet, K., Tatsapong, P., Narksombat, S. and Saengkham, M. (1999c) Method of seed harvest, cleaning date and height of closing cut affect seed yield and seed yield components in *Paspalum atratum*. *Tropical Grasslands*, 33, 82-90.

Hare, M.D., Suriyanjantratong, W., Tatsapong, P., Kaewkunya, C., Wongpichet, K. and Thummasaeng, K. (1999d) Effect of nitrogen on production of *Paspalum atratum* on seasonally wet soils in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*, 33, 207-213.

Hare, M.D., Kaewkunya, C., Tatsapong, P., Wongpichet, K., Thummasaeng, K. and Suriyantratong, W. (2001a) Method and time of establishing *Paspalum atratum* seed crops in Thailand. *Tropical Grasslands*, 35, (in press).

Hare, M.D., Saengkham, M., Kaewkunya, C., Tudsri, S., Suriyajantratong, W., Thummasaeng, K. and Wongpichet, K. (2001b) Effect of cutting on yield and quality of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands*, 35, (accepted).

Hare, M.D., Wongpichet, K., Saengkham, M., Thummasaeng, K., and Suriyajantratong, W. (2001c) Juvenility and long-short day requirement in relation to flowering of *Paspalum atratum* in Thailand. *Tropical Grasslands*, 35, (submitted).

Horne, P.M. and Stur, W.W. (1999) Developing forage technologies with smallholder farmers - how to select the best varieties to offer farmers in Southeast Asia. *ACIAR Monograph 62*. (ACIAR Canberra, ACT, Australia)

Kalmbacher, R.S., Mullahey, J.J., Martin, F.G. and Kretschmer, A.E.Jr (1997a) Effect of clipping on yield and nutritive value of 'Suerte' *Paspalum atratum*. *Agronomy Journal*, 89, 476-481.

Kalmbacher, R.S., Pate, F.M., Martin, F.G. and Kretschmer, A.E.Jr (1997b) Supplementation of diets of weaned steers grazing 'Suerte' *Paspalum atratum*. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, 56, 38-40.

Kalmbacher, R.S., Brown, W.F., Colvin, D.L., Dunavin, L.S., Kretschmer, A.E.Jr, Martin, F.G., Mullahey, J.J. and Reebeigl, J.E. (1997c) 'Suerte' atra paspalum. Its management and utilization. *University of Florida, Agricultural Experimental Station, Circular S-397*.

Kalmbacher, R.S. and Martin, F.G. (1999) Effect of N rate and time of application on atra paspalum. *Tropical Grasslands*, 33, 214-221.

Loch, D.S. and Ferguson, J.E. (1999) Tropical and subtropical seed production: an overview. In: Loch, D.S. and Ferguson, J.E. (eds) *Forage Seed Production Volume 2: Tropical and Subtropical Species*. pp. 1-40. (CAB International: Oxon, UK).

Phaikaew, C., Pholsen, P., Tudsri, S., Tsuzuki, E., Numaguchi, H. and Ishii, Y. (2001) Maximising seed yield and seed quality of *Paspalum atratum* from different methods of harvesting. *Tropical Grasslands*, 35, (in press).

Quarin, C.L., Valls J.F.M. and Urbani, M.H. (1997) Cytological and reproductive behaviour of *Paspalum atratum*, a promising forage grass for the tropics. *Tropical Grasslands*, 31, 114-116.

Editors Column

Dear Readers,

Apologies for the late arrival of this edition of the newsletter. Deadlines for reports, grant submissions and other bits of administration as well as some research work have delayed the newsletter going to the printer. We are now back on track and I hope the next issue will be ready in October.

This issue of the newsletter includes two papers that were originally submitted to JASP. Refereed papers will not be published in the newsletter in the future. Following the demise of JASP the newsletter may be the only source of communication within the group (other options are being discussed). I would hope that members of the group could send an abstract of any "seedy" paper they publish. This will help to disseminate the information that we are publishing and flag up publications that we do not routinely read.

I would like to ask everyone who reads this newsletter to think about whether they have a report, article, a bit of news or an upcoming event that they would like to publicise and that could that be included in the next or future newsletters. Remember- it is YOUR newsletter.

The demise of JASP means that the newsletter will be self-financing. Please complete the enclosed membership form at the end of the newsletter and send a cheque as soon as possible. The deadline to be included on the mailing list for the next issue of the newsletter will be the end of September.

Please, please subscribe.

PS. We still require a new logo!

5TH INTERNATIONAL HERBAGE SEED CONFERENCE - 2003

The 5th International Herbage Seed Conference will be held on the Gatton Campus of the University of Queensland. This is in the heart of the Lockyer Valley, an intensive farming region a little over an hour's drive from Brisbane International Airport. Gatton is the main centre for the University's seed technology courses, and is strategically located close to most of the subtropical seed houses in Australia. The Conference will start with registration and welcoming activities on Sunday 23 November 2003. Because this is during the University summer vacation, on-Campus accommodation will be available to house Conference delegates, either in single rooms in one of the halls of residence or in a limited number of motel style units. The meeting program over the next 3 days (24-26 November) will be given over to the presentation of delegates' papers either in oral or in poster form. During the afternoon sessions, short trips will be made to a range of field sites through south-east Queensland.

In response to the many requests from North American and European members, the post-Conference tour (27-28 November) highlights the varied production temperate seeds in South Australia. Because Australia is a big country, this will involve travelling more than 1500 km by air to Adelaide and Mt Gambier to begin the tour. Over the next day and a half, delegates will be able to see well-advanced grass seed crops (fescue, ryegrass, etc), lucerne (alfalfa), vegetable and other seed crops (e.g. cauliflower, cabbage, kale, carrot, onion). Visits will also be made to commercial premises and seed cleaning plants. Close by is the famous Coonawarra wine-producing region, and an opportunity for nocturnal sampling of some of their high quality material in replicated group trials.

On 29 November, delegates can continue their travels from Mt Gambier with flights either to Adelaide or to Melbourne, depending on their preference.

DON LOCH & KEVIN BOYCE

Appendix 15

Forage Plants for Dairy Cows in Thailand: Old Friends-New Faces

M. D. Hare
Forage Specialist, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University

Abstract

When planting forage plants, it is important to define the environment where the plants are to be sown and to know the range of adaptation of each plant. The environment description should include soil and climatic conditions and also farmer-controlled factors such as fertiliser inputs, grazing pressure (number of cows per rai), system of management (cut and carry or grazing) and the management skills of the farmer. Smalholder dairy farmers in Thailand have a choice of many different grasses and legumes to grow on their farms. Grasses and legumes should be planted separately for ease of management and for maximum production. For farms on acid, upland, well drained soils, the following species are recommended: signal grass, brizantha, Jarra digit, Tha Phra stylo, hamata stylo, siratro and specialist crops of Cavalcade if land is available. On soils that are waterlogged from time to time, Ubon paspalum, Splenda setaria and specialist areas of para grass (ponded areas) and llanos macro are recommended. On fertile, well drained soils, guinea grass, napier grass, ruzi grass and specialist areas of leucaena and lablab are recommended species, and in the future burgundy bean and Endurance lablab if they prove suitable. Signal grass would be the best grass to grow under trees along with small areas of green panic on better soils.

Introduction

This paper is about forage plants to feed dairy cows in Thailand. I want people to start thinking seriously that Thailand can indeed produce milk from forage plants without the need to feed cows extra concentrate supplements. This is the challenge facing dairy farmers and the dairy industry in Thailand. If there is not a serious effort to increase forage production in Thailand and drastically reduce the dairy cow reliance on concentrate supplements, the dairy industry will become less and less profitable and will enter a serious crisis in the next few years.

This is because many other countries can produce milk a lot cheaper than Thailand currently can. For example, New Zealand farmers are paid 6-7 baht per kg of fresh milk and each dairy farmer makes a net profit of 1-1.5 million baht per year after tax. With reduced tariffs, WTO regulations and bilateral trade agreements between Thailand and other countries, milk prices will probably decrease rather than increase. If Thailand wants other countries to reduce tariffs on goods produced here (cars, textiles, electronic goods etc) then those countries will want Thailand to reduce tariffs on agricultural goods like milk powder. Already Australia and New Zealand have asked Thailand about this. Therefore in order for Thai dairy products to compete, the prices pay to farmers may to have to come down and the farmers will have to reduce their operating costs to become economically viable. Currently their greatest farm costs are in the purchase of concentrate supplements.

Healthy land-healthy cows

We have an obligation to future generations to keep farm land productive at a level that can be sustained indefinitely. We must pay particular attention to the soil. If we have healthy forage plants growing on top of the soil then the soil profile below should also be healthy.

A problem in Thailand is that many dairy farms are on very, very poor soils. In Australia soil levels of 0.08% for total nitrogen and 10 ppm for available phosphorus represent the minimum levels for dairy farming soils. In northeast Thailand many dairy farms are on soils with soil levels of 0.03% for total nitrogen and 4 ppm for available phosphorus. The best soils in northeast Thailand with levels of 0.1% for total nitrogen and 35 ppm for available phosphorus are used for cropping and horticulture. Nitrogen and phosphorus are the nutrients required in the largest quantities by forage plants and are also critical for animal growth and metabolism. If fertilisers are not applied the forage plants will have very iow crude protein levels, <6%, and milk production from dairy cows will be low. At Ubon Ratchathani University our research has shown that nitrogen fertiliser must be applied every 30 days in the wet season to maintain crude protein levels above 7% (Hare *et al.* 1999).

The easiest solution would be to recommend that all dairy farms be only on the good soils where forage plants will be productive and high in crude protein. But this is unrealistic as farmers on poor soils want to milk dairy cows. We therefore must look at which plants can produce large quantities of quality forage on poor soils without a lot of chemical fertiliser. We know that most small holder dairy farmers will not spent a lot of money on chemical fertilisers.

We must plant both grasses and legumes, though I would recommend as monocultures as mixed pastures generally have not been successful in Thailand. Grasses will repair soil structure and legumes will provide free nitrogen. Grasses will provide the carbohydrates and legumes the protein. Dairy cows are like people in that they need a range of different foods in their diet. Dependence on a single species invites risk. In Brazil too much signal grass was grown and large areas were infected with spittle bug. We all know about psyllid and leucaena and anthracnose and stylos.

Healthy cows-healthy milk

The rich countries have invented plant hormones and genetically modified plants (GMO plants) but more and more people in these rich countries will not eat GMO food and they will pay more money to eat organic foods. With the recent mad-cow disease outbreaks, which have probably been caused by animal-protein concentrates, people are also demanding that milk and milk products be produced from cows only feed forage plants. Many Europeans want to buy organic milk and organic yogurt. In Austria, 10% of agriculture is now organic and it is heavily subsidized by the government. Plant-based concentrates may have GMO plants in the mixtures and animal-based concentrates may have a risk of mad-cow disease. In Thailand, even if our cows are not feed animal-based concentrates there is a very good chance that the plant-protein concentrates have GMO plants in the mixtures because of the high importation of soybeans from the USA into Thailand.

Milk also has to be clean and good on all fronts. In the future as consumers get more demanding they will not buy milk contaminated by inappropriate feeding or from cows exposed to chemicals and dirty, unsanitary conditions. We must be kind to our

cows. Too many cows in Thailand are keep in muddy yards under hot iron roofs. Friesian cows are from cool-temperate countries where they are either grazed on clean fresh pastures and if inside, in clean well-washed cool sheds. We can not expect cows to produce quality milk when they are kept under hot, poor conditions.

In Thailand too much attention has been paid on the output of milk per cow and not enough attention has been made to economic dairy farm viability and output per rai. Do we need to have cows producing 20 litres/cow/day when we have to feed them a lot of concentrates? Wouldn't it be better to have cows producing 7-8 litres/cow/day and feed only fresh grass and fresh legumes.

However, another problem in Thailand is that many dairy farmers do not have enough land to grow all the forage for their cows. They have to buy in extra forage, cut it from roadsides or waste areas, or lease extra land for forage production. For these farmers it is easier to buy concentrate supplements even if they are expensive.

Selecting the right forage plants

When planting forage plants, it is important to define the environment where the plants are to be sown and to know the range of adaptation of each plant. The environment description should include soil and climatic conditions and also farmer-controlled factors such as fertiliser inputs, grazing pressure (number of cows per rai), system of management (cut and carry or grazing) and the management skills of the farmer.

In addition, in Thailand it is important to know whether the farmer is a full-time farmer or a businessman who is dairy farming as a kind of hobby with only labourers looking after the cows. The latter usually do not have the skills to manage long-term pastures.

In this paper I will discuss forage plants that have been planted a long time in Thailand as **"Old Friends"** and plants that are only just been introduced or are still in the evaluation stage as **"New Faces"**.

"Old Friends"

Grasses

Guinea grass (*Panicum maximum*)

Purple guinea is the most popular guinea grass grown in Thailand but some farmers still grow small areas of Hamil guinea. Common guinea is ingenious in many parts of central and northern Thailand, growing along roadsides and in orchard areas where it is cut and carried to dairy cows.

Purple guinea is a very productive, high quality grass for dairy cows. It is suitable for cut and carry forage and for silage making. However, it requires high soil fertility to be productive and regular applications of fertiliser to maintain good growth. It grows best on well drained fertile soils. It does not tolerate waterlogging, long dry seasons and frequent hard grazing. It is a grass that requires good management skills and high inputs to remain productive in long-term pastures. It is not a grass for poor sandy soils.

Purple guinea can be grown from tillers or seed. Seed is available from the Department of Livestock Development.

Napier grass (*Pennisetum purpureum*)

Common napier and King napier (*P. purpureum x P. glaucum*) are very tall grasses suited to cut and carry production. Mott napier or dwarf napier has many more tillers and is a lot leafier than common napier. It can be both cut and grazed.

Napier grasses are the most productive grasses in Thailand, producing high quality palatable forage. But they only grow well on good soils with fertiliser. They grow very poorly on poor soils without fertiliser and they do not tolerate waterlogging or dry conditions. They require very careful management to maintain long-term production. On good soils with fertiliser in central Thailand, dairy farmers have found napier to be very productive. Napier must be irrigated in the dry season. Napier must be well-managed and cut frequently (every 30-40 days) to produce leafy swards. They can quickly become stemmy and lose quality if left uncut longer than 40 days in the wet season.

Napier grass is nearly always planted by tillers.

Ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*)

Ruzi grass is the most commonly grown grass in Thailand, mainly because seed is readily available from the Department of Livestock Development. It is a nutritious, good quality grass readily eaten by dairy cows.

Ruzi grows best on well-drained, fertile soils in high rainfall areas. It does not grow well on poor soils, waterlogged soils and in areas with a long dry season. Many farmers in northeast Thailand treat ruzi as an annual because it dies over the long dry season. On poor soils without fertiliser it quickly becomes weak and can die out within two years. Smallholder dairy farmers have found it difficult to maintain long-term ruzi pastures in northeast Thailand.

Because of the large quantities of seed produced ruzi grass will continue to be an important forage for dairy farmers in Thailand but it requires careful management to maintain long-term production.

Para grass (*Brachiaria mutica*)

Para grass remains one of the best grasses for waterlogged, ponded areas. It is now indigenous along streams and canals in central Thailand where it is a source of daily cut and carry forage for dairy farmers. The farmers in central Thailand recognize the quality of para grass for their dairy cows even if they do not grow it on their own land.

The limitations of para grass are its low tolerance to dry conditions, dislike of hard grazing or frequent low cutting, and if left uncut for long periods it quickly becomes very stemmy and unpalatable.

However, even though para grass may not be planted by dairy farmers, it will remain an important forage cut from around wet areas, ponds, streams and canals in many parts of Thailand where it has become naturalized.

Green panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*)

Green panic has been forgotten by many dairy farmers in Thailand. It is a very productive grass, producing high quality forage and in northern Queeensland and Hawaii is a very important dairy farm forage grass. It grows well on both fertile and poor soils and responds well to fertiliser. It is moderately tolerant of both drought and waterlogging. It is one of the better grasses for growing under trees because of its shade tolerance.

Many smallholder dairy farmers in Thailand have trees or orchard areas on their farms where they also grow grass for their cows as cut and carry forage. Green panic fits into orchard forage production well because of its shade tolerance. For this reason, Green panic production should be encouraged more in Thailand. Seed production is relatively easy with 2-3 harvests in the wet season. Green panic can also be grown from tillers.

Rhodes grass (*Chloris gayana*)

Rhodes grass is another species that seems to have been forgotten by dairy farmers in Thailand. There are several cultivars but Callide or giant rhodes grass, a tetraploid, is the most suitable for dairy farming farmers in Thailand.

Rhodes grass can grow on a range of soils from heavy clays to sandy loams. It will tolerate fire, a long dry season, and some waterlogging. It is also the most tolerant grass to salty soils of the species I will discuss in this paper.

Rhodes grass can be hard grazed and cut frequently to maintain the nutritive value which will decline rapidly if it becomes stemmy or flowers. I believe that rhodes grass should be promoted more among dairy farms which have salty soils.

Callide rhodes grass produces seed at the end of the wet season at a similar time to ruzi grass.

Legumes

Verano stylo (*Stylosanthes hamata* cv. Verano)

Verano stylo or hamata stylo, is still the most persistent forage legume in Thailand. It grows on all kinds of soils and along roadsides and in waste areas. Because of its heavy seed set, hamata stylo regrows each year and contributes greatly to long-term forage production.

It is best grown in pure swards because in mixed grass pastures that are fertilised, the grasses tend to dominate. Hamata stylo is still one of the best legumes to grow on sandy soils. Some dairy farmers find that hamata stylo does not produce enough dry matter when compared to some of the grasses but on sandy, poor soils it produces more dry matter than most species. Hamata stylo is mainly grazed but dairy farmers who know that it is a high protein legume selectively cut it from along roadsides.

Seed is readily available from the Department of Livestock Development (DLD).

Leucaena (*Leucaena leucocephala*)

Leucaena is the most productive legume growing on dairy farms in tropical Australia where nearly 500,000 rai of the subspecies *L. leucocephala* var. *glabrata* cultivar Taramba have been planted. Even though common leucaena (*L. leucocephala* var. *leucocephala*) is found throughout Thailand very little stands of leucaena are planted by dairy farmers. This is surprising as leucaena is one of the highest crude protein forage plants.

The main problem with forage production of leucaena in Thailand is its poor performance on acid, sandy, low fertility soils. It also does not like waterlogging. From seed, leucaena grows very slowly compared to other legumes and grasses. The establishment and management of leucaena for smallholder dairy farmers in Thailand requires more study.

However, if farmers are able to vegetatively hand plant pangola grass tillers and millions of tillers of vetiver grass in Thailand every year, then there should be no reason why a large scale extension programme on planting leucaena plants could not develop. The Department of Land Development use their centres to produce millions of vetiver grass plants every year. The Department of Livestock Development could similarly use the forage centres to produce millions of leucaena plants.

There should be more promotion in planting leucaena for high protein dairy cow forage in Thailand. No other legume currently in use in Thailand has as high a crude protein content as leucaena.

Siratro (*Macroptilium atropurpureum*)

Even though Siratro has become a forgotten legume in Thailand it is still a very useful legume for dairy farmers on upland, well-drained, sandy loam soils. It is a very palatable and nutritious legume and has the ability to fix a lot of nitrogen.

It has a wide area of adaptation and following wide spread oversowing 25 years ago by the DLD, it is now indigenous along roadsides and in many undergrazed areas in Thailand. At Ubon Ratchathani University it is found along roadsides and around buildings.

One of the problems with siratro is that its yield declines quickly under frequent cutting and it does not tolerate long periods of heavy grazing. It is also susceptible to a range of leaf blights, rust, root rot and aphid and insect attacks. Aztec siratro has been bred for rust resistance and seed is available in small amounts from Ubon Ratchathani University.

Under controlled rotational grazing or careful cutting siratro is still a very valuable legume for dairy farmers to grow in Thailand.

Centro (*Centrosema pubescens*)

Centro is another very useful legume that has become forgotten by many dairy farmers in Thailand. It prefers medium to high rainfall areas but we have observed it growing very well over the dry season with little moisture. It also is one of the better legumes for growing under trees because of its shade tolerance. It will tolerate low-fertility acid soils and will grow on much wetter soils than stylos and siratro.

It seems to persist for many years in well-managed grazed pastures but under frequent cut and carry systems it is not very stable. I would recommend centro to dairy farmers whose farms are on wet soils or who have a lot of trees. Centro is a good legume to grow on areas where cow shed effluent is disposed. In Thailand centro seed is available in small quantities from the DLD. New lines of centro are currently being evaluated by the DLD.

"New Faces"

Grasses

Ubon paspalum *(Paspalum atratum)*

Ubon paspalum is the most persistent and productive grass on wet waterlogged soils that dry out during the dry season. This ability to tolerate both wet and dry soil conditions makes it a versatile grass for dairy farms on former rice paddy land. It grows well on acid infertile soils. However, it will die out on very sandy soils that lose moisture quickly during the dry season. It is not recommended for upland sandy soils in low rainfall areas.

Ubon paspalum is well liked by many small holder dairy farmers in northeast Thailand because it is easy to grow from both seed and tillers; easy to cut because it is an upright plant; can be either grazed or cut; regrows very rapidly after each cut and is persistent. Its main draw back is that it is relatively low in crude protein compared to other tropical grasses unless it is grown on fertile soils or is frequently fertilised when grown on poor soils. Dairy farmers growing Ubon paspalum will have to grow plots of forage legumes to mix with the grass to increase the forage quality.

Seed is readily available from Ubon Ratchathani University and the DLD.

Signal grass (*Brachiaria decumbens*)

Signal grass has long been recognised as the best grass for growing in northeast Thailand because of its persistent to heavy grazing and frequent cutting and its tolerance to long dry periods. In most areas it will remain green throughout the dry season. Signal grass grows better than ruzi in dry conditions; it grows better than ruzi in waterlogged areas; it grows better than ruzi under heavy grazing; it grows better than ruzi on poor soils with low rates of fertiliser. It also grows very well under trees.

Seed production has been the major drawback in promoting signal grass in Thailand. Whereas ruzi grass seed is easy to harvest, signal grass seed production is very difficult, producing low seed yields over 3-4 months during the wet season and what seed is harvested is usually very low in germination.

Ubon Ratchathani University has recently made a break through with signal grass seed production and located an area where good yields of high germination seed is possible of an accession called Warin signal grass. Small quantities of Warin signal grass will be available from Ubon Ratchathani University next year.

Brizantha (*Brachiaria brizantha*)

Brizantha is the most widely grown tropical grass in Brazil. It is generally more productive than signal grass and is resistant to diseases and pests. Like signal grass, brizantha is drought tolerant, grows under trees and can be either cut or grazed. It is a very persistent grass and if managed well, pastures should last for decades.

Brizantha has been studied in Thailand in the past but because of poor seed production, pastures have not been established by farmers. However, the pasture research team at Ubon Ratchathani University are now establishing plants of the best seed producing brizantha cultivar from Brazil, CIAT 26110, and if all goes well, seed of this cultivar will be available to Thai dairy farmers in 3 years time.

I believe that both signal grass and brizantha within the next 5 years will become the most important grasses in Thailand for smallholder dairy farmers on poor dry, upland, sandy soils. The challenge to us is to produce enough seed of high quality to meet the demand.

Pangola grass (*Digitaria eriantha*)

Pangola grass is considered one of the higher quality tropical grasses with crude protein levels ranging from 8-14%. It has excellent palatability when young and is well liked by dairy cows in Thailand. Milk yields of 6000 kg/ha/year have been recorded. Pangola grass will tolerate periods of waterlogging but not flooding. In Thailand it is not be very productive during the dry season but it will survive.

Pangola grass will grow on a range of soil types but it performs better on fertile soils. It responses very well to nitrogen fertiliser. Currently pangola grass is being promoted by the DLD and CP company as a grass for sale to dairy farmers by commercial grass farmers. Both fresh grass and hay are produced and sold.

The main problem with pangola grass is its lack of seed production. All pangola grass pastures in Thailand have to be planted vegetatively. This limits its expansion. The two seed producing cultivars in Australia, Advance and Premier, appear to be not as productive and vigorous as the non-seeding genotype used in Thailand. Another problem encountered overseas is the susceptibility of pangola grass to rust, stunt virus and insect attack. I am not sure if the genotype used in Thailand has similar disease and pest problems

Well managed pangola pastures that are fertilised and irrigated can be cut frequently or hard grazed. Pastures will last about 5 years after which the pastures can become very dense and turf-bound and lose productivity. Pangola grass cuttings can be obtained from DLD centres in some provinces and from the CP company.

Jarra digit grass (*Digitaria milanjiana*)

Jarra digit grass is similar to pangola grass but is a species with considerable potential in Thailand because it produces seed. It is a high quality grass with crude protein levels ranging from 9-18% depending on soil type and management. Friesian cows grazing Jarra digit without supplementation have produced milk yields of 16.4 kg/day.

Jarra digit is a very palatable grass and in recent trials in Australia it is grazed in preference to pangola grass. Jarra digit also establishes more rapidly than pangola grass and can be established from either seed or cuttings. Jarra digit will tolerate hard grazing and frequent cutting.

This persistent grass is not susceptible to rust and pests like pangola grass. At Ubon Ratchathani University it will tolerate short periods of waterlogging and will survive long dry periods but will not be as productive as either signal grass or brizantha during the dry season.

Small quantities of rootstock can be obtained from Ubon Ratchathani University and seed may be available in the future.

Splenda setaria (*Setaria sphacelata* var. *splendida*)

Splenda setaria is one of the most palatable tropical grasses in Thailand and in mixed swards, dairy cows graze Splenda setaria first before grazing other species. Splenda setaria is more leafy and less stemmy than the older setaria cultivars used previously in Thailand. Splenda setaria is tolerant to long periods of waterlogging and even short periods of flooding. It has drought tolerance, though not as much as signal grass and brizantha.

At Ubon Ratchathani University Splenda setaria pastures are still productive after 5 years, surviving both waterlogging and drought. Splenda setaria grows better on low lying loam soils than on upland sandy soils and prefers higher rainfall areas.

We have produced good quality seed at the university and small amounts are available for sale.

Legumes

Tha Phra stylo (*Stylosanthes guianensis*)

Tha Phra stylo (CIAT 184) is one of the most productive perennial legumes for upland, sandy, acid soils in Thailand. It is high in crude protein (18-25%) and it stays green throughout the dry season, providing high quality forage in times of dry season forage storage. It is a valuable protein bank.

Tha Phra stylo under intense frequent cutting and hard grazing usually only persists for 2-3 years. Under less frequent cutting and lax grazing Tha Phra stylo pastures will remain productive for up to 10 years. A good management strategy for dairy farmers is to cut Tha Phra stylo lightly in the wet season to keep it leafy rather than stemmy and then use it to feed dairy cows in times of dry season feed storage. It is the best high quality dry season forage for low fertility, acid, sandy soils in Thailand. It grows where leucaena will not grow.

Currently, Tha Phra stylo is resistant to anthracnose but it may one day become susceptible . Ubon Ratchathani University is evaluating another stylo which has greater resistance to anthracnose and small quantities of seed of this cultivar, Ubon stylo, are available for sale.

Cavalcade (*Centrosema pascuorum*)

Cavalcade is an annual twinning legume which is being promoted by the DLD in Thailand for hay production. However, hay production during the growing season (wet season) is difficult and so hay must be produced in November and December. If there is an abrupt early ending of the rains in October some Cavalcade hay fields can very quickly dry off and lose dry matter yields.

Some dairy farmers plant Cavalcade for fresh forage production. Cavalcade, unlike the stylos, retains its leaves following cutting and so maintains its quality even if it has been cut for several days. It grows on a range of soil types but it does not tolerate long periods of waterlogging.

Cavalcade is a specialist forage legume crop that dairy farmers will grow to provide protein rich wet season forage or hay when cut early in the dry season. Seed is available from the DLD.

Llanos macro (*Macroptilium gracile* cv. Maldonado)

Llanos macro is a short-lived (1-3 years), twinning legume that grows very vigorously in the first season. It has been the most productive legume in the first year of establishment on waterlogged soils at Ubon Ratchathani University. A key to its survival from year to year is to stop cutting and grazing from December to February to let it flower and set seed. Following the first rains at the beginning of the wet season it will reestablish from fallen seed.

Llanos macro is suited to wet low lying areas. Dairy farmers who have small areas of such land will find that llanos macro will grow very well on such sites whereas other legumes will not survive waterlogging. We have also found that llanos macro grows well together with Tha Phra stylo on more elevated sites. Small quantities of seed are available from Ubon Ratchathani University.

Lablab (*Lablab purureus*)

Lablab is an annual legume which provides high quality, protein-rich forage. Even though it is an "old friend" I am calling it a "new face" because it still is not used widely by smallholder dairy farmers in Thailand. The main limitations of lablab are that requires good soils to be productive, does not grow well on sandy, acid, low fertility soils, does not always recover well after the first cut, does not tolerate waterlogging and has a short life (4-7 months).

However, dairy farmers on good soils in Thailand may plant small areas of lablab as protein-rich forage for the wet season.

A new perennial lablab cultivar, cv. Endurance, has recently been developed by the CSIRO in Australia. This cultivar is slightly less productive than the annual lablab but it can persist under cutting or grazing for at least 2 years. This is good news for Thai dairy farmers currently growing lablab because now Endurance lablab will produce high quality dry season production especially under irrigation.

Ubon Ratchathani University is starting a small research programme to evaluate cv. Endurance. Seed multiplication will be included in this programme.

Burgundy bean (*Macroptilium bracteatum*)

Burgundy bean is another new perennial legume from Australia that may be suitable for dairy farmers on better soils in Thailand. Burgundy bean has similar flowers to siratro. Burgundy bean is a very palatable legume that is persistent (2-3 years) and produces high seed yields. It has the potential to built up soil fertility.

Ubon Ratchathani University will start evaluating Burgundy bean in small plots this wet season.

Conclusion

Smalholder dairy farmers in Thailand have a choice of many different grasses and legumes to grow on their farms. Grasses and legumes should be planted separately for ease of management and for maximum production. For farms on acid, upland, well drained soils, I would recommend signal grass, brizantha, Jarra digit, Tha Phra stylo, hamata stylo, siratro and specialist crops of Cavalcade if land is available. On soils that are waterlogged from time to time, I would recommend Ubon paspalum, Splenda setaria and specialist areas of para grass (ponded areas) and llanos macro. On fertile, well drained soils, I would recommend guinea grass, napier grass, ruzi grass and specialist areas of leucaena and lablab and in the future burgundy bean and Endurance lablab if they prove suitable. Signal grass would be the best grass to grow under trees with small areas of green panic.

Pasture research generally receives less research money than other agricultural crops and is usually the last to be financed. We therefore must do the best we can within limited budgets. However, we must not stand still. New pests and diseases do not stand still and they can adapt to attack plants we thought were resistant. Tropical forage plants are still in the pioneering experimental stage of development, and it is too early to expect them to be stable against all insects and diseases. That is why we need a greater diversity of forage plants in Thailand.

But we have to be very careful in what we introduce, release and promote to trusting farmers. We do not want more weeds like communism grass.

It is the right time to vigorously promote forage production for dairy farmers in Thailand and to try and reduce their dependence on supplementary concentrate feeding. For healthy cows and clean milk production in Thailand we as forage specialists are in the right place at the right time.

Appendix 16

การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมที่ได้รับหญ้าพาสพาลัมอุบลหมัก

เป็นอาหารหยาบหลัก

The Study of Energy and Protein Requirements of Dairy Cows Fed Ubon Paspalum Grass Silage as a Basal Roughage

กังวาน ธรรมแสง[1] สุรชัย สุวรรณลี[1] วรพงษ์ สุริยจันทราทอง[1] ไมเคิล แฮร์[1]
วันชัย อินทิแสง[1] วิรัช บุญสาร[1] และอารีรัตน์ ลุนผา[1]
Kungwan Thummasaeng[1], Surachai Suwanlee[1], Worapong Suriyajantratong[1], Michael Hare[1],
Wanchai Inthisaeng[1], Wirat Boonsarn[1] and Areerat Lunpha[1]

บทคัดย่อ

งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมลูกผสมขาวดำในประเทศไทย โดยมี 2 ปัจจัยหลักที่ทำการศึกษาคือพลังงาน (Total Digestible Nutrient, TDN) และโปรตีน (Crude Protein, CP) แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับที่ 1.0 และ 1.2 เท่าของคำแนะนำจากคำแนะนำมาตรฐานการให้อาหารโคนมประเทศสหรัฐอเมริกา Nation Research Council (NRC, 1988) อาหารทดลองมี 4 ทรีทเมนต์ (TDN : CP) ดังนี้ T1 (1.0:1.0), T2 (1.0:1.2), T3 (1.2:1.0) และ T4 (1.2:1.2) โคทดลองใช้โคนมลูกผสมขาวดำที่มีเลือดพันธุ์ขาวดำอยู่ระหว่าง 75-87.5% จำนวนทั้งหมด 16 ตัว สุ่มโคให้ได้รับอาหารทดลองตามแผนการทดลองแบบ 2 x 2 factorial arrangement in a randomized complete block design (RCBD) โดยแต่ละทรีทเมนต์มีโคจำนวน 4 ตัว ทำการทดลอง 2 คาบ (period) ในแต่ละคาบช่วงสัปดาห์แรกเป็นระยะปรับสัตว์ หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อทดลองครบ 1 คาบ ทำการสุ่มโคกลุ่มเดิมให้รับอาหารทดลองทรีทเมนต์ใหม่ และดำเนินการทดลองซ้ำเหมือนคาบแรก นำข้อมูลที่ได้จากทั้ง 2 คาบมารวมกันเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) อาหารทดลองใช้หญ้าหมักจากหญ้าอุบล พาสพาลั่ม (*Paspalum atratum* cv. Ubon) ใช้กากถั่วเหลืองและข้าวโพดบดเป็นตัวปรับโปรตีนและพลังงานตามที่กำหนด ผลการทดลองพบว่าโคกลุ่มที่ได้รับ CP ที่ระดับ 1.2 มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งคิดเป็น %ของน้ำหนักตัว และ g DM/W $^{0.75}$ สูงกว่า ($P<0.05$) โคกลุ่มที่ไดรับ CP ที่ระดับ 1.0 (3.75 vs 3.53% และ 168 vs 160 g DM/W $^{0.75}$) สำหรับการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว การให้ผลผลิตนม และองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมไม่มีผล ($P>0.05$) จากการเพิ่มระดับของพลังงานหรือโปรตีน หรือการเพิ่มทั้ง 2 อย่าง ตลอดจนไม่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและโปรตีน ค่าเฉลี่ยที่ได้จากทั้ง 4 ทรีทเมนต์มีดังนี้ ปริมาณการผลิตน้ำนม 12.18, 11.66,

11.79 และ 11.48 ก.ก/ตัว/วัน ไขมันนม 4.38, 4.52, 4.49 และ 4.31% โปรตีนในนม 3.47, 3.59, 3.53 และ 3.48% น้ำตาลแลคโตส 4.99, 4.73, 4.87 และ 4.72 ของแข็งไม่รวมมันเนยเท่ากับ 9.17, 9.09, 9.15 และ 8.98 % โคทุกกลุ่มมีการเพิ่มน้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 0.86, 0.91, 1.09 และ 0.55 ก.ก. ในทรีทเมนต์ที่ 1 ถึง 4 ตามลำดับ จากผลการทดลองในครั้งสรุปได้ในเบื้องต้นว่า การเพิ่มพลังงานหรือโปรตีน หรือการเพิ่มทั้ง 2 อย่างที่ระดับ 1.2 เท่าจากคำแนะนำของ NRC ไม่เกิดประโยชน์ต่อโคนมลูกผสมขาวดำในประเทศไทยแต่อย่างใด นอกจากนั้นในรายงานนี้ได้มีการอภิปรายถึงการจัดสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น รวมทั้งระดับเยื่อใยในอาหารโคนมอีกด้วย

คำสำคัญ: อาหารโคนม ความต้องการโภชนะของโคนม การประเมินคุณค่าทางโภชนะของอาหาร

Abstract

The experiment was conducted to examine energy and protein requirements of Thai dairy cattle. There were four treatment combinations of two main factors, energy (Total digestible nutrient, TDN) and crude protein (CP) each of these factors had two levels of 1.0 and 1.2 times the recommended of feeding standard for dairy cattle from the National Research Council (NRC, 1988). The treatments were as follows (TDN:CP); T1 (1.0:1.0), T2 (1.0:1.2), T3 (1.2:1.0) and T4 (1.2:1.2). Sixteen Holstein friesian crossbred (75-87.5 %HF blood) cows were allocated to a 2 x 2 factorial arrangement in a randomized complete block design (RCBD) with 4 animals per treatment. The experiment had two 5-week with each period divided into the 1st week was adjustment and 4 consecutive weeks was collecting time. After the first 5-week period, the same group of animals were randomized again to the new treatment and the 5-week procedure repeated. Cows were received Ubon paspalum (*Paspalum atratum* cv. Ubon) grass silage as basal roughage. Soybean meal and ground corn were supplemented to meet energy and protein requirements. Data from two periods were pooled for analysis of variance. The results showed that dry matter feed intake as % of body weight and g DM/ $W^{0.75}$ was higher ($P<0.05$) in cows fed 1.2 CP group than 1.0 CP group (3.75 vs 3.53% and 168 vs 160 g DM/$W^{0.75}$). However body weight change, milk yield and milk composition were not affected ($P>0.05$) by energy or protein levels. No interaction of energy and protein was found in this study. For the 4 treatments the average milk yields were 12.18, 11.66, 11.79 and 11.48 kg/d., milk fat contents were 4.38, 4.52, 4.49 and 4.31%, milk protein levels were 3.47, 3.59, 3.53 and 3.48%, milk lactose levels were 4.99, 4.73, 4.87 and 4.72% and solid-not fat concentrations were 9.17, 9.09, 9.15 and 8.98%. The average daily liveweights gain were 0.86, 0.91, 1.09 and 0.55 kg/d for treatment 1-4 respectively. The preliminary conclusion from this experiment found that there were no beneficial responses with the additional of 1.2 level of NRC feeding recommendation in either energy or protein or both in Thai dairy cattle. Roughage and concentrate ratios and crude fiber contents in the diets are also discussed.

Key words: dairy feed, nutrient requirements, feed evaluation

คำนำ

การประกอบสูตรอาหารโคนมที่ดีคือ เมื่อโคกินอาหารนั้นเข้าไปในปริมาณที่กำหนด โคจะได้รับโภชนะต่างๆ ครบถ้วนและเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ซึ่งนอกจากจะทำให้โคนมให้ผลตอบแทนได้สูงสุดตามศักยภาพทางพันธุกรรมแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกทางหนึ่ง โดยทั่วไปเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในประเทศไทยจะให้อาหารโคโดยไม่ได้คำนึงถึงการจัดสัดส่วนอาหารทั้งหมด (complete ration) ในทางปฏิบัติจะให้อาหารข้นในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อปริมาณการผลิตน้ำนม 2 กิโลกรัม โดยไม่ได้คำนึงถึงปริมาณและคุณภาพของอาหารหยาบที่โคกิน (สมคิดและคณะ, 2541) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกษตรกรไม่ได้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้อาหารหยาบและอาหารข้น ประกอบกับประเทศไทยเองยังไม่มีคู่มือคำแนะนำมาตรฐานการให้อาหารโคนมไทย (Recommendation of Feeding Standard for Thai Dairy Cattle) นักวิชาการส่วนใหญ่จึงอ้างอิงหรือใช้ข้อมูลจากต่างประเทศเช่น สภาวิจัยประเทศอังกฤษ (ARC) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากสภาวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Research Council, NRC) ซึ่งในการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากสาเหตุที่มีปัจจัยที่แตกต่างกันหลายประการอาทิ พันธุ์โค ระดับการให้ผลผลิต ชนิดและคุณภาพอาหาร และสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

งานวิจัยเพื่อประเมินความต้องการโภชนะของโคนมไทยมีอยู่จำกัด อย่างไรก็ตามจากการรวบรวมรายงานของสมคิด และคณะ (2541) แล้วทำการประเมินขั้นต้นถึงความต้องการโภชนะของโคนมลูกผสมขาวดำ ที่ให้ผลผลิตนมปานกลาง 10-15 กิโลกรัม/วัน และได้รับอาหารหยาบคุณภาพปานกลาง (50-55% Total Digestible Nutrient, TDN) สรุปว่าโคนมไทยมีความต้องการพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ การผลิตนม การสร้างไขมันในน้ำนม และการเพิ่มน้ำหนักตัว เท่ากับระดับที่กำหนดโดย NRC (1988) สำหรับโคที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาบคุณภาพดี พบว่าโคมีแนวโน้มการให้นมที่ดีกว่าเมื่อลดระดับโปรตีนต่ำลงมา

สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการจัดการอาหารแม่โครีดนม โดยทั่วไปแล้วพบว่าการลดสัดส่วนของอาหารหยาบลง หรือการเพิ่มการสัดส่วนของอาหารข้นขึ้น โคจะให้ผลผลิตนม ไขมัน และโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออาหารข้นเพิ่มขึ้นเกินกว่า 60% การผลิตไขมันจะลดลง (Aldrich *et al.*, 1993) ทั้งนี้เนื่องมาจากสารอาหารหลักที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมคือ กรดอะซิติค (Acetic acid, C2) ซึ่งเป็นกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid, VFAs) ที่ได้จากการหมักย่อยอาหารหยาบโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน NRC (1988) แนะนำว่า เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อปริมาณไขมันในน้ำนม ควรมีอาหารหยาบอย่างน้อย 40% ในสูตรอาหารทั้งหมด หรือควรมีเยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF) หรือเยื่อใย Acid detergent fiber (ADF) ไม่น้อยกว่า 17 และ 21% ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อให้ขบวนการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนดำเนินไปได้ตามปรกติ และรักษาสภาพความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนไม่ให้ต่ำเกินไป นอกจากนั้นเยื่อใยในอาหารควรมีคุณสมบัติที่มีความเหมาะสมต่อประสิทธิภาพในขบวนการหมักย่อย (effective fiber) ของจุลินทรีย์ โดยควรมีลักษณะเป็นเส้นใยที่ยาว (long form fiber) ซึ่งจะช่วยขบวนการเคี้ยวเอื้อง และการหลั่งน้ำลายเพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะให้เหมาะสม (Harris, 2001)

Promma *et al.* (1998) ได้ทำการทดสอบในโคนมลูกผสมขาวดำ ที่ผลผลิตน้ำนมปานกลาง ให้ฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบหลัก โดยกำหนดให้ได้รับเยื่อใย CF ที่ระดับ 17, 22, 24% และโคอีกกลุ่มหนึ่งให้อาหารข้นในอัตรา 1 กิโลกรัม/ผลผลิตน้ำนม 2 กิโลกรัมเหมือนเช่นที่ปฏิบัติกันทั่วไปในฟาร์มเกษตรกร โดยจัดเป็นโคกลุ่มควบคุม

(control) ผลการทดลองพบว่าระดับของเยื่อใยในอาหารไม่มีผลต่อการเปลี่ยนน้ำหนักตัว การให้ผลผลิตนม และโปรตีนในนม แต่โคที่ได้รับเยื่อใย CF ที่ระดับ 17% จะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในนมต่ำที่สุด ในขณะที่โคกลุ่มควบคุมจะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในนมสูงที่สุด คณะผู้วิจัยสรุปว่าโคนมลูกผสมขาวดำที่กินฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบหลัก ควรได้รับเยื่อใย CF ในอาหารมากกว่า 17% ซึ่งค่าที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 22 - 24% หรือที่ระดับ 29-30% ADF และแนะนำว่าโคควรได้รับพลังงานในรูป TDN เท่ากับ NRC สำหรับโปรตีนสามารถให้ในระดับ 90-100% ของคำแนะนำจาก NRC

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าความต้องการโภชนะของโคนมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยและองค์ประกอบต่างๆ มากมาย จึงมีความจำเป็นในการศึกษาวิจัยเพื่อประเมินถึงความต้องการโภชนะของโคนมไทยในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เพื่อสามารถนำข้อมูลมาขึนยันและสนับสนุนซึ่งกันและกันให้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาผลการตอบสนองการให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมของโคนมที่ได้รับสูตรอาหารผสมครบส่วน (Total mixed ration, TMR) และให้ได้สูตรอาหารผสมครบส่วนที่เหมาะสมสำหรับโคที่กินหญ้าหมักจากหญ้าอุบลพาสพาลัมเป็นอาหารหยาบหลัก และ (2) เพื่อประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนมลูกผสมขาวดำที่ให้นมปานกลางในประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

สิ่งทดลอง (treatment) ได้แก่อาหาร 4 สูตรประกอบด้วยพลังงานในรูป TDN 2 ระดับ และโปรตีน (Crude protein, CP) 2 ระดับ (ที่ระดับ 1 และ 1.2 เท่า ตามคำแนะนำของ Recommendation of feeding standard for dairy cattle. ของ National Research Council (NRC, 1988) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยจัด Treatment combination แบบ Factorial ดังนี้

	TDN 1.0	TDN 1.2
Crude Protein 1.0	T 1	T 2
Crude Protein 1.2	T 3	T 4

อาหารทดลอง

อาหารหยาบ ใช้ในรูปหญ้าหมักที่ทำจากหญ้าพาสพาลัมอุบล ซึ่งเป็นแปลงหญ้าในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่ปลูกมาแล้ว 2 ปี ก่อนทำหญ้าหมักได้ทำการตัดหญ้าเดิมทิ้งเพื่อปิดแปลง แล้วใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ จากนั้นปล่อยให้หญ้าเจริญเติบโตใหม่จนอายุได้ประมาณ 40-45 วัน (ความชื้นประมาณ 25-30%) จึงใช้เครื่องตัดหญ้าชนิดมีใบมีดสับ 2 ครั้ง (double chopper) ตัด แล้วนำไปหมักในบ่อคอนกรีต (trench silo) ขนาด 2 x 3 x 1.8 เมตร^3 จำนวน 6 บ่อ และถุงพลาสติกขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ม. สูง 2 เมตร (บรรจุหญ้าหมักได้ประมาณ 600 กก./ถุง) จำนวน 12 ใบ การหมักจะใช้แรงคนย่ำบดอัดทีละชั้น ชั้นละ 200 กก. และหว่านมันเส้นบดลงไปในอัตรา 5% โดยน้ำหนักสด หมักทิ้งไว้อย่างน้อย 30 วันก่อนนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ โดยทำการหมักหญ้าในช่วงวันที่ 5-15 กรกฎาคม 2543

อาหารข้น ใช้ข้าวโพดบดเป็นแหล่งพลังงาน และกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน มีการเสริมวิตามินและแร่ธาตุ (premixes) สำหรับโคที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยเสริมให้ในอัตราที่เพียงพอต่อความต้องการขั้นต่ำของโคนม

วิธีการให้อาหาร จะให้ผสมกันทั้งอาหารหยาบ อาหารข้น และวิตามิน-แร่ธาตุ ในรูปแบบที่เรียกว่าอาหารผสมครบส่วน (Total Mixed Ration, TMR) โดยแบ่งให้วันละ 2 มื้อเท่าๆ กัน เช้าและเย็น เวลา 08.00 น. และ 16.00 น. โดยขังโคไว้ในคอกผูกยืนโรง มีรางน้ำและรางอาหารให้กินเฉพาะตัว

การคำนวณสูตรอาหาร ทำการปรับอาหารให้เป็นรายตัวสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ซึ่งคำนวณให้ตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ปริมาณน้ำนม และเปอร์เซ็นต์ไขมันนม ทั้งนี้คำนวณให้โคมีการเพิ่มน้ำหนักตัวในอัตรา 0.25 กิโลกรัม/วัน โดยใช้ข้อมูลของสัปดาห์ที่ผ่านมา การคำนวณใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป XRATION ที่พัฒนาโดยสมคิด (1999)

สัตว์ทดลอง ใช้โครีดนมพันธุ์ลูกผสมขาวดำ (Holstein Friesian) จำนวน 16 ตัวเป็นโคที่มีระดับเลือดพันธุ์ขาวดำ 75-87.5% อายุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3-4 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 410 กิโลกรัม เคยให้นมมาแล้ว (lactation number) 2-3 ครั้ง จำนวนวันหลังคลอดลูกเฉลี่ย 82 วัน ซึ่งผ่านระยะการให้นมสูงสุด (peak of lactation) มาแล้ว ซึ่งโคเหล่านี้ให้ผลผลิตน้ำนมอยู่ในช่วงประมาณ 10-15 กิโลกรัม/วัน

แผนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล จัดทรีทเมนต์แบบ Factorial arrangement วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 คาบ (period) ในแต่ละคาบสุ่มโคให้ได้รับอาหารทดลองทรีทเมนต์ละ 4 ตัว ใช้เวลาคาบละ 5 สัปดาห์ แบ่งเป็นระยะปรับสัตว์ 1 สัปดาห์ และระยะเก็บข้อมูล 4 สัปดาห์ เมื่อทำการทดลองครบ 1 คาบจะสุ่มสัตว์เข้ารับอาหารทดลองใหม่ แล้วดำเนินการทดลองเหมือนเดิมอีกครั้ง นำข้อมูลที่ได้จากทั้ง 2 คาบมารวมกันแล้ววิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของสิ่งทดลอง อิทธิพลของพลังงาน (TDN) อิทธิพลของโปรตีน (CP) และปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างพลังงานและโปรตีน (E*P) (Morris, 1999) ข้อมูลต่างๆ ที่เก็บในแต่ละคาบประกอบด้วย

- ปริมาณอาหารที่กินและที่เหลือ (ถ้ามี)ทุกวัน โดยเก็บเป็นรายตัว
- ปริมาณน้ำนมทุกวัน เช้า-เย็น
- การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวทุกสัปดาห์ โดยชั่งน้ำหนักโคหลังจากรีดนมเช้า-เย็น เป็นเวลา 2 วันติดต่อกัน รวมเป็น 4 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย
- เก็บตัวอย่างน้ำนมเพื่อวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี โดยเก็บตัวอย่างนมที่รีดในตอนเช้าและเย็น เป็นเวลา 2 วันติดต่อกัน รวมเป็น 4 ครั้งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ส่วนประกอบทางเคมีทำการวิเคราะห์ได้แก่ Fat, Protein, Lactose และ Solid not fat (SNF) ด้วยเครื่อง Near Infrared (Milko Scan)

ผลและวิจารณ์

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหารโคทดลอง และค่าเฉลี่ยของผลการคำนวณปริมาณโภชนะที่กำหนดให้สัตว์ได้รับในแต่ละวัน แสดงใน Table 1

ปริมาณการกินได้ของอาหาร

การนำข้อมูลจาก Table 1 ไปประกอบสูตรอาหารโดยกำหนดให้โคมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเท่ากับที่คำนวณได้นั้น จะเกิดปัญหาที่ต้องใช้อาหารข้นสูงเกินไป (มากกว่า 70%) จนไม่สามารถปรับระดับเยื่อใย ADF ได้ ทั้ง

นี้เนื่องอาหารหยาบที่ใช้จัดอยู่ในประเภทคุณภาพปานกลาง ซึ่งต้องใช้อาหารข้นในปริมาณมากโคจึงจะได้รับพลังงานและโปรตีนตามที่ต้องการ ดังนั้นเพื่อรักษาระดับของเยื่อใยในอาหารหรือสัดส่วนของอาหารหยาบไม่ให้ต่ำเกินไป จึงได้เพิ่มสัดส่วนของหญ้าหมักในสูตรอาหารรวม ซึ่งทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าที่คำนวณได้ สัดส่วนระหว่างอาหารหยาบต่ออาหารข้นในโคทรีทเมนต์ที่ 1, 2 และ 3 มีอาหารข้นอยู่ในสัดส่วน 55 ถึง 62% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงเกินไป ส่วนโคโคกลุ่มที่ได้รับพลังงาน TDN และ CP ระดับ 1.2 ได้รับอาหารข้น 64% จัดว่าเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง (Table 1) และมีเยื่อใย ADF อยู่ระหว่าง 18-22% ใกล้เคียงกับระดับที่แนะนำโดย NRC ที่กำหนดเปอร์เซ็นต์ ADF ขั้นต่ำไว้ที่ 22% ในขณะที่สมคิด และคณะ (2541) ที่แนะนำเปอร์เซ็นต์ ADF ขั้นต่ำสำหรับโคนมลูกผสมขาวดำในประเทศไทยไว้ที่ 29-30%

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งคิดเป็น กิโลกรัม/ตัว/วัน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14-15 กิโลกรัม/วัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) แต่เมื่อคิดในรูปเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และ gDM/W $^{0.75}$ พบว่า การเพิ่มโปรตีนขึ้นอีก 20% จากคำแนะนำของ NRC มีผลทำให้โคกินอาหารได้เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการกินได้ในรูปเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และ gDM/W $^{0.75}$ เท่ากับ 3.75 vs 3.53% และ 168 vs 160 gDM/W $^{0.75}$ ในโคกลุ่มที่ได้รับอาหาร CP ระดับ 1.2 และ 1.0 ตามลำดับ

Table 1 Feed formulation and daily nutrients determined.

	TDN 1.0		TDN 1.2	
Crude Protein	1.0	1.2	1.0	1.2
Treatment	(1)	(2)	(3)	(4)
Feed Formulation				
Cows weight	427	396	421	411
Milk yield, kg/d	13.57	11.43	12.46	13.07
Milk fat, %	4.29	4.36	4.34	4.24
Nutrient intake				
KgDM	13.01	13.51	12.70	14.24
% of Body weight	3.06	3.51	3.08	3.52
TDN, kg	8.90	9.64	8.63	10.32
Crude protein, kg	1.93	1.75	2.21	2.24
ADF, %	22.00	19.77	21.93	18.63
Silage, kg Fresh	28.59	26.75	26.88	24.41
Soybean meal	2.32	1.67	3.17	2.76
Ground corn	5.76	7.70	4.75	7.75
Roughage: Concentrate Ratio	45: 55	39: 61	43: 57	35: 65

Table 2 Dry matter intake of dairy cows received 1.0 or 1.2 time of energy or protein as NRC (1988) recommendation.

Treatment	TDN 1.0				TDN 1.2				Significant Level			CV
	CP 1.0		CP 1.2		CP 1.0		CP 1.2					
	(1)	±*SD*	(2)	±*SD*	(3)	±*SD*	(4)	±*SD*	TDN	CP	E*P	(%)
Dry matter intake												
◆ kg/d	15.37	*1.19*	15.10	*1.89*	14.74	*1.17*	15.37	*1.31*	ns	ns	ns	9.90
◆ % of BW	3.55	*0.28*	3.75	*0.44*	3.51	*0.40*	3.74	*0.15*	ns	0.05	ns	7.09
◆ gDM/W $^{0.75}$	162	*11.18*	167	*15.82*	158	*12.86*	168	*5.89*	ns	0.05	ns	5.29
R: C ratio	45: 55		42: 58		38: 62		34: 64					

Table 3 Body weight change of dairy cows received 1.0 or 1.2 time of energy or protein as NRC (1988) recommendation.

Treatment	TDN 1.0				TDN 1.2				Significant Level			CV
	CP 1.0		CP 1.2		CP 1.0		CP 1.2					
	(1)	±*SD*	(2)	±*SD*	(3)	±*SD*	(4)	±*SD*	TDN	CP	E*P	(%)
Number of cows	8		8		8		8					
Initial weight, kg	418.5	*36.26*	407.8	*77.96*	411.1	*77.47*	403.3	*37.73*				
Final weight, kg	442.6	*40.56*	433.3	*74.60*	441.8	*72.51*	418.6	*44.30*				
Weight gain, kg	24.1	*12.29*	25.5	*14.18*	30.6	*8.57*	15.4	*15.24*				
Average daily gain, kg	0.86	*0.44*	0.91	*0.51*	1.09	*0.31*	0.55	*0.54*	ns	ns	ns	59.69

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนม จากข้อมูลใน Table 3 พบว่าโคทุกกลุ่มมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามยังมีความแตกต่างกันค่อนข้างมากภายในกลุ่มเดียวกัน โดยสังเกตได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (± SD) โดยธรรมชาติแล้วโคจะสูญเสียน้ำหนักตัวมากในช่วงหลังคลอดใหม่ (0-3 เดือน) หรืออยู่ในช่วงแรกของการให้นม (early lactation) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นระยะที่โคผลิตนมได้สูงสุด ประกอบกับการกินอาหารได้น้อยจึงมักจะขาดพลังงานหรือที่เรียกว่าสภาวะความสมดุลของพลังงานเป็นลบ (negative energy balance) ดังนั้นโคจะดึงพลังงานสำรองที่สะสมในร่างกาย (adipose tissue) มาใช้ ส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลง หลังจากผ่านระยะนี้ไปแล้วโคจะผลิตนมได้น้อยลง ความต้องการพลังงานลดลง (AFRC, 1998) อีกทั้งในระยะนี้โคสามารถกินอาหารได้เพิ่มขึ้น จึงทำให้มีพลังงานส่วนเกินมาใช้เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวได้อีกครั้ง (body weight regain) ในการทดลองครั้งนี้ได้คำนวณอาหารให้โคมีน้ำหนักตัวเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ที่ 0.25 กิโลกรัม/วัน จากผลการทดลองพบว่าโคทุกกลุ่มมีการเพิ่มน้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ที่

สูงคืออยู่ในช่วง 0.55-1.09 กิโลกรัม/วัน ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับพลังงานและโปรตีนระดับ 1.2 เท่าของ NRC จะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโคทดลองมีอายุที่ยังไม่ถึงวัยโตเต็มที่ร่างกายยังมีการเจริญเติบโตด้านโครงสร้างอยู่ อีกทั้งโคได้ผ่านช่วงระยะการให้นมสูงสุดมาแล้ว หรืออาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยทางด้านพันธุกรรมที่กำหนดความสามารถในการนำโภชนะที่ได้รับไปใช้เพื่อการผลิตน้ำนมมีประสิทธิภาพด้อยกว่าการเพิ่มน้ำหนักตัว (NRC, 1988) นอกจากนั้นแล้วการชั่งน้ำหนักโคที่ไม่ได้อดอาหารอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย เนื่องจากความผันแปรของน้ำหนักอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารซึ่งมีสูงถึง 10-20% ของน้ำหนักตัว และการวัดการตอบสนองของน้ำหนักตัวควรใช้เวลาในการทดลองอย่างน้อย 6-8 สัปดาห์ (Roger, 1983)

ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบในน้ำนม

การเพิ่มระดับพลังงานหรือโปรตีนขึ้นเป็น 1.2 เท่าของคำแนะนำจาก NRC หรือการเพิ่มทั้งสองอย่าง พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ปริมาณผลผลิตน้ำนม และส่วนประกอบทางเคมีในน้ำนม (ทั้งในรูปเปอร์เซ็นต์และน้ำหนัก) ได้แก่ ไขมัน โปรตีน แลคโตส และของแข็งไม่รวมมันเนย (P>0.05, Table 4) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณนมที่รีดได้จริงกับที่คำนวณได้ในTable 1 พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับโภชนะต่ำสุด (T1) และสูงสุด (T4) ให้นมน้อยกว่าที่คำนวณได้ 10-12% ในขณะที่โคกลุ่มที่เหลือจะใกล้เคียงกับค่าคำนวณ ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง ถึงแม้ว่าโคจะได้รับเยื่อใย ADF ที่ระดับ 18-22% ต่ำกว่าที่สมคิดและคณะ (2541) แนะนำไว้ที่ 28-30% แต่โคทุกกลุ่มยังสามารถรักษาระดับไขมันนมได้ตามปรกติ สำหรับองค์ประกอบอื่นๆ มีค่าอยู่ในช่วงปรกติของโคนมลูกผสมยุโรป-อินเดีย (Chamberlain, 1993)

Table 4 Milk yield, milk composition and milk constituent of dairy cows received 1.0 or 1.2 time of energy or protein as NRC

(1988) recommendation.

Treatment	TDN 1.0				TDN 1.2				Significant Level			CV
	CP 1.0		CP 1.2		CP 1.0		CP 1.2					
	(1)	±*SD*	(2)	±*SD*	(3)	±*SD*	(4)	±*SD*	TDN	CP	E*P	(%)
Milk Yield, kg/d	12.18	*2.60*	11.66		11.79	*1.78*	11.48	*2.63*	ns	ns	ns	13.54
4 %FCM	12.82		12.61		12.67		11.94					
Milk Composition, %												
- Fat	4.38	*0.60*	4.52	*0.95*	4.49	*0.70*	4.31	*0.17*	ns	ns	ns	15.25
- Protein	3.47	*0.37*	3.59	*0.46*	3.53	*0.30*	3.48	*0.32*	ns	ns	ns	10.60
- Lactose	4.99	*0.38*	4.73	*0.36*	4.87	*0.30*	4.72	*0.47*	ns	ns	ns	7.74
- Solid-not fat	9.17	*0.15*	9.09	*0.65*	9.15	*0.48*	8.98	*0.34*	ns	ns	ns	4.95
Milk Constituent, kg/d												
- Fat	0.53	*0.11*	0.53	*0.09*	0.53	*0.11*	0.49	*0.07*	ns	ns	ns	16.20

- Protein	0.42	*0.42*	0.42	*0.04*	0.42	*0.06*	0.40	*0.05*	ns	ns	ns	11.70
- Lactose	0.61	*0.14*	0.55	*0.05*	0.57	*0.10*	0.54	*0.17*	ns	ns	ns	18.23
- Solid-not fat	1.12	*0.21*	1.06	*0.08*	1.08	*0.17*	1.03	*0.15*	ns	ns	ns	13.51

สรุป

การเพิ่มโปรตีนขึ้นอีก 20% จากคำแนะนำของ NRC (1988) ทำให้โคกินอาหารได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มพลังงานหรือโปรตีน หรือการเพิ่มโภชนะดังกล่าวทั้งสองอย่างขึ้นอีก 20% ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมของโคนมลูกผสมขาวดำที่ให้น้ำนมระดับปานกลาง ซึ่งได้รับหญ้าพาสพาลัมอุบลเป็นอาหารหยาบหลัก

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่อำนวยความสะดวกและให้การอนุเคราะห์สถานที่ สัตว์ทดลอง และเครื่องมืออุปกรณ์ในการดำเนินงาน เป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

สมคิด พรหมมา วิสุทธิ์ หิมารัตน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. การประเมินขั้นต้นถึงความต้องการโภชนะของโคนมไทย.

เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนมและผลิตภัณฑ์ครั้งที่2: เทคโนโลยีการจัดการระบบฐานข้อมูล. วันที่ 3-5 มิถุนายน 2541. คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

AFRC. 1998. Response in the yield of milk constituents to the intake of nutrients by dairy cows. CABI publishing, London, UK.

Aldrich, J.M., L.D.Muller, G.Varga and L.C.Griel Jr. 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effect on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:1091.

Chamberlain A. 1989. Milk production in the tropics. Longman Scientific and Technical, Longman Group UK Limited.

Harris, B. Jr. 2001. Non structural carbohydrate. (On-line, Available: www.forages.orst.edu.).

Morris, T.R. 1999.Experimental Design and Analysis in Animal Sciences. CABI publishing, London, UK.

NRC. 1988. Nutrient requirement of dairy cattle. 6th revised edition. National Academy Press. Washington DC. USA.

Promma, S. 1999. X-RATION (Computer software, version 1.0). Chiang Mai Animal Breeding Station, Department of Livestock Development, Ministry of Agriculture and Cooperative, Thailand.

Promma S., P. Jeenklum and T. Indratula. 1998. Production responses of crossbred Holstein milking cows fed urea-treated rice straw at three different fiber levels and the preliminary estimation of nutrient requirements. In: Recent research for the development of nutrient requirement of Thai dairy cattle. Office of Thailand Research Fund co-ordinate, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University.

Roger B.W. 1983. Feeding experiments with dairy cattle. In Dairy cattle research Techniques. J.H. Ternouth ed. S.R. Government Printer, Queensland, Australia.

Appendix 17

การศึกษาคุณค่าทางอาหารของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีการย่อยในถุงไนล่อนและการผลิตก๊าซ

In Vitro Study on Nutritive Value of Tropical Grasses using Nylon Bag and Gas Production Techniques

สุรชัย สุวรรณลี[1] กังวาน ธรรมแสง[1] อารีรัตน์ ลุนผา[1] และวรพงษ์ สุริยจันทราทอง[1]

Surachai Suwanlee[1], Kungwan Thummasaeng[1], Areerat Lunpha[1] and Worapong Suriyajantratong[1]

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางอาหารของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนสี่ชนิด คือ พาสพาลัมอุบล รูซี่ จาราดิกิท และกินนี ที่อายุการตัด 30, 45 และ 60 วัน โดยวิธีใช้ถุงไนล่อนและจากปริมาณการผลิตก๊าซ ผลการทดลองพบว่า ศักยภาพการย่อยสลายได้สูงสุดของหญ้ารูซี่และกินนีที่อายุ 30 วัน (ร้อยละ 82.07 และ 84.23) มีค่ามากกว่า ($P<0.05$) ที่อายุ 45 วัน (ร้อยละ 73.22 และ 74.99) และ 60 วัน (ร้อยละ 72.14 และ 74.55) ส่วนหญ้าพาสพาลัมอุบลและจาราดิกิทไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในทุกอายุการตัด แต่เมื่อคำนวณค่าทำนายปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (digestible dry matter intake; DDMI) พบว่าโคกินหญ้าพาสพาลัมอุบลและจาราดิกิทที่ตัด 30 วัน (4.14 และ 4.72 กิโลกรัม/วัน) ได้มากกว่ากินหญ้าอายุ 45 วัน (2.41 และ 2.31 กิโลกรัม/วัน) และ 60 วัน (2.35 และ 2.35 กิโลกรัม/วัน) และมีเฉพาะโคที่กินหญ้าพาสพาลัมอุบลอายุตัด 30 วันเท่านั้น ที่มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัว (0.32 กิโลกรัม/วัน) มากกว่าที่กินหญ้าอายุ 45 วัน (0.17 กิโลกรัม/วัน) และ 60 วัน (0.16 กิโลกรัม/วัน) ในขณะที่เมื่อโคกินหญ้ารูซี่และกินนีทั้ง DDMI และอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในทุกอายุการตัด ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ (organic matter digestibility; OMD) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy; ME) พบว่าหญ้าทั้งสี่ชนิดมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 44.31 - 55.09 และ 6.62 - 8.52 MJ/kg DM ตามลำดับ และอายุการตัดของหญ้าทุกชนิดมีแนวโน้มที่จะไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว

คำสำคัญ: หญ้าอาหารสัตว์เขตร้อน วิธีย่อยในถุงไนล่อน และวิธีผลิตก๊าซ

Abstract

The objective of this study was to determine the nutritive value of four tropical grasses namely; Ubon paspalum, Ruzi, Jarra digit and Guinea at 30, 45 and 60 days cutting age by using the nylon bag and gas production technique. It was found that the potential degradability of Ruzi and Guinea grass at 30 days (82.07 and 84.23%) was higher ($P<0.05$) than 45 days (73.22 and 74.99%) and 60 days (72.14 and 74.55%) cutting age, but there were no significant differences ($P>0.05$) in cutting age on the degradability of Ubon paspalum and Jarra digit. digestible dry

matter intake (DDMI) predicted value of Ubon paspalum and Jarra digit at 30 days (4.14 and 4.72 kg/day) was higher than 45 days (2.41 and 2.31 kg/days) and 60 days (2.35 and 2.35 kg/days) cutting age. The expected growth rate of the animals fed Ubon paspalum at 30 days (0.32 kg/days) was higher than animals fed Ubon paspalum at 45 days (0.17 kg/days) and 60 days cutting age (0.16 kg/day). There were no significant differences in growth rate of animals fed Ruzi and Guinea of different ages. Organic matter digestibility (OMD) and metabolizable energy (ME) of four grasses were in the range of 44.30-55.09% and 6.62 - 8.52 MJ/kg DM, respectively. It appeared that cutting age tended to not affect OMD and ME of all grass species.

Key words: tropical forage grass, nylon bag technique and gas production technique

คำนำ

การประกอบสูตรอาหารให้ถูกต้องตามความต้องการของสัตว์จำเป็นต้องรู้ส่วนประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบที่ใช้ทุกชนิด รวมทั้งอาหารหยาบหรือหญ้าที่ใช้เลี้ยงสัตว์ การจะรู้สิ่งเหล่านี้ ต้องทดสอบในตัวสัตว์ (*in vivo*) ซึ่งค่อนข้างยุ่งยาก ต้องใช้แรงงาน เวลา และค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้น จึงมีการทดลองนอกตัวสัตว์ (*in vitro*) ที่สะดวกและประหยัดกว่า แล้วสร้าง สมการทำนายหาค่าต่างๆที่บ่งชี้คุณค่าทางโภชนะของอาหารชนิดนั้นๆ วิธีการ *in vitro* ที่ทำนายได้ค่อนข้างดีและเป็นที่นิยมคือการใช้ถุงไนล่อน (nylon bag) และการวัดปริมาณการผลิตก๊าซ (gas test) ดังนั้น การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการย่อยได้ของหญ้ากินนี พาสพาลัมอุบล รูซี่ และจาราดิกิท ที่อายุการตัด 30, 45 และ 60 วัน ด้วยวิธีการย่อยในถุงไนล่อน และประเมินการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (organic matter digestibility; OMD) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy; ME) โดยการคำนวณจากปริมาณการผลิตก๊าซ

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดสอบโดยใช้ถุงไนล่อน

นำตัวอย่างหญ้าที่บดผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 2.5 กรัม ใส่ในถุงโพลิเอสเทอร์ ขนาด 8.0 x 13.5 ตารางเซนติเมตร นำถุงที่มีตัวอย่างไปใส่ในกระเพาะรูเมนของโคที่เจาะกระเพาะสองตัว เป็นเวลา 4, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยในแต่ละเวลาใช้สี่ถุงต่อตัวอย่าง โดยแบ่งใส่โคสองตัวๆละสองถุง เมื่อครบเวลา นำตัวอย่างออกมาล้างด้วยน้ำอุ่นจนกระทั่งน้ำที่ล้างมีลักษณะใส แล้วนำไปอบที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำออกมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักตัวอย่างที่เหลือ และคำนวณหาค่าการย่อยได้โดยโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ของ Rowett Research Institute โดยใช้ model $P = A + B + (1 - e^{-ct})$ เมื่อ P = ศักยภาพในการย่อยได้, A = ค่าการละลายได้, B = ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถหมักย่อยได้, c = อัตราการละลาย, และ t = เวลาที่อาหารอยู่ใน รูเมน

การทดสอบโดยวัดการผลิตก๊าซ

ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 500 มิลลิกรัมที่บดผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ใส่ในหลอดแก้ว (glass syringe) ยาว 200 มิลลิเมตรและมีความจุ 150 มิลลิลิตร มีขีดบอกปริมาตรถึง 100 มิลลิลิตร อ่านได้ละเอียดหนึ่งมิลลิลิตร ปลายหลอดปิดด้วยยาง และมี คลิปหนีบพลาสติกที่ปิด-เปิดให้ก๊าซออกได้ เก็บน้ำรูเมน (rumen fluid) จากโคสองตัวที่เจาะกระเพาะไว้แล้วผสมเข้าด้วยกัน โดยล้วงเอาอาหารจากหลายๆส่วนของกระเพาะรูเมนมาบีบคั้นเอาน้ำใส่ในขวดเก็บที่ปราศจากออกซิเจนผ่านผ้ากรอง แล้วนำน้ำรูเมนที่เก็บมาได้ผสมกับสารละลายที่เตรียมไว้ตามวิธีของ Menke and Steingass (1988) เติมสารละลายที่ผสมกับน้ำรูเมนแล้วลงในหลอดแก้วที่ใส่อาหารไว้แล้วจำนวน 40 มิลลิเมตร นำหลอดไปใส่ในจานหมุนที่อยู่ในตู้อบอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส อ่านค่าก๊าซที่เกิดขึ้นที่เวลา 4, 6, 8, 12 และ 24 ชั่วโมง นำค่าปริมาณก๊าซที่ปรับแล้วไปคำนวณเพื่อทำนายหาการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) ดังสมการ

$$OMD\ (\%) = 14.88 + 0.889Gb + 0.045XP + 0.065XA$$

$$ME\ (MJ/kg\ DM,\ อาหารหยาบ) = 2.20 + 0.136Gb + 0.0057XP + 0.00029XL^2$$

เมื่อ Gb, XP, XA และ XL คือ ปริมาณก๊าซที่เกิดจากอาหาร 200 mg DM, ร้อยละโปรตีน เถ้า และไขมันในวัตถุ-แห้ง ตามลำดับ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของหญ้า

ส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าทั้งสี่ชนิด ที่ตัดอายุต่างๆกัน แสดงไว้ใน Table 1 จะเห็นว่าหญ้าทั้งสี่ชนิดมีร้อยละโปรตีนและเถ้าลดลงเมื่ออายุหญ้ามากขึ้น ในขณะที่ร้อยละเยื่อใยหยาบ (crude fiber; CF) และผนังเซลล์ (neutral detergent fiber; NDF) เพิ่มขึ้นตามอายุของหญ้า โดยเฉพาะที่อายุ 30 วัน มี CF และ NDF ต่ำกว่าที่อายุ 60 วันมาก ยกเว้นหญ้าพาสพาลัมอุบล ที่ทุกอายุการตัดมีเยื่อใยใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบต่างๆของหญ้ารูซี่เฉลี่ยทุกอายุการตัดมีค่าค่อนข้างต่ำ ยกเว้นโปรตีน เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ บุญล้อมและคณะ (2541) ที่รายงานว่า หญ้ารูซี่ (ไม่ระบุอายุ) มี organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), และ NDF เท่ากับร้อยละ 92.8, 5.2, 3.3, และ 69.6 ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากสภาพดินหรือปริมาณการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกัน ในขณะที่ค่าที่ได้จากการทดลองนี้ใกล้เคียงกับของพิมพาพรและคณะ (2543) ที่รายงานไว้ว่า ส่วนประกอบของหญ้ารูซี่อายุตัด 45 วัน มี CP, EE, Ash, CF และ NDF เท่ากับร้อยละ 9.97, 1.51, 8.80, 30.14 และ 61.03 ตามลำดับ

Table 1 Chemical composition of Guinea, Ubon paspalum, Ruzi and Jarra digit grasses at 30, 45 and 60 days cutting age.

Grass	Cuttin Age	DM	Ash	OM	CP	EE	CF	NFE	ND
			----------	----------	----------	----------	%DM	----------	----------
Ubon	30	89.81	13.	86.49	10.9	0.78	28.44	41.35	63.8
	45	87.18	10.	89.95	7.24	0.80	28.02	49.21	60.5
	60	87.85	7.7	92.21	6.93	0.67	29.28	50.33	63.6
Ruzi	30	87.61	13.	86.90	15.1	1.35	24.79	43.62	61.9
	45	86.98	9.8	90.14	9.14	1.18	28.30	48.44	68.0
	60	87.72	7.5	92.42	7.93	1.19	28.57	52.46	67.8
Jarra digit	30	91.81	9.7	90.27	14.9	2.09	24.71	46.38	62.2
	45	91.42	8.6	91.34	9.40	2.02	29.64	46.53	63.8
	60	91.68	7.9	92.07	8.09	2.13	29.55	48.87	63.3
Guinea	30	91.97	8.9	91.01	12.7	1.54	28.93	43.58	61.5
	45	91.94	8.5	91.43	7.64	1.42	34.61	44.77	69.4
	60	92.18	7.7	92.22	5.24	1.37	36.92	45.40	70.7

การทดสอบโดยใช้ถุงไนล่อน

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาโดยวิธีใช้ถุงไนล่อน พบว่าช่วงเวลาที่รอจนจุลินทรีย์เริ่มย่อยอาหารหลังจากอาหารเข้าสู่รูเมน (L) ไม่มีความแตกต่างกันในหญ้าทุกชนิดและทุกอายุการตัด (Table 2) สำหรับส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถหมักย่อยได้ (B) ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันเมื่ออายุต่างกันในหญ้าชนิดเดียวกัน ยกเว้นหญ้ารูซี่ที่การย่อยสลายที่อายุ 30 วัน มีค่าสูงกว่าที่อายุ 60 วัน ซึ่งอาจเนื่องจาก CF และ NDF (Table 1) แตกต่างกันมาก ส่วนศักยภาพการย่อยได้สูง

สุด (A + B) ของหญ้ารูซี่และกินนีลดลง ($P<.05$) เมื่อหญ้ามีอายุมากขึ้น ในขณะที่หญ้าพาสพาลัมอุบลและจาราดิกิทไม่มีความแตกต่างกัน ($P>.05$) อย่างไรก็ตาม ค่า L และ A + B ของหญ้ารูซี่มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของบุญล้อม และคณะ (2541) ที่รายงานว่าค่า L ของหญ้ารูซี่ มีค่าเท่ากับ 3.6 ชั่วโมง และ A + B มีค่าเท่ากับร้อยละ 71.5 และใกล้เคียงกับค่าที่เสาวลักษณ์ (2541) รายงานไว้คือ A + B มีค่าเท่ากับร้อยละ 72.60 ส่วนอัตราการย่อยสลาย (c) ของหญ้าทุกอายุการตัดของหญ้าแต่ละชนิดไม่แตกต่างกัน และเมื่อนำค่า A, B และ c ของหญ้าทั้งสี่ ชนิดไปคำนวณหาปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้ (dry matter intake; DMI) ปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (digestible dry matter intake; DDMI) และ Growth rate ของ โครุ่นอายุ 1-1.5 ปี ตามสมการ multiple regression ที่เสนอโดย Shem *et al.* (1995) พบว่า DMI ของหญ้าพาสพาลัมอุบลอายุ 30 วันมีค่าสูงกว่าอายุ 45 และ 60 วัน และสูงกว่าหญ้าชนิดอื่นๆที่อายุตัดเดียวกัน จึงส่งผลให้ DDMI และ Growth rate สูงกว่าหญ้าชนิดอื่นๆ ด้วย (Table 3) อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่าค่า DMI และ DDMI ที่ได้จากการทดลองนี้ มีค่าค่อนข้างต่ำ ส่วนค่า Index value ของหญ้าพาสพาลัมอุบลและจาราดิกิทที่อายุตัด 30 วัน มีค่ามากกว่าที่ 45 และ 60 วัน ในขณะที่หญ้ารูซี่และกินนีไม่มีความแตกต่างกัน ($P>.05$) ในทุกอายุการตัด และค่าเหล่านี้ใกล้เคียงกับรายงานของบุญล้อม และคณะ(2541) ที่พบว่าหญ้ารูซี่มีค่า DMI, DDMI, Growth rate และ Index value เท่ากับ 3.56, 2.53, 0.25 และ 44.35 ตามลำดับ ซึ่งค่า Growth rate ดังกล่าวนี้มีค่าใกล้เคียงกับที่เสาวลักษณ์ (2541) รายงานไว้คือ 0.2 กิโลกรัม/วัน

Table 2 Dry matter digestibility of Guinea, Ubon paspalum, Ruzi and Jarra digit grasses by using the nylon bag technique.

Grass	Cutting Age (d)	a	b	c	L(hr)	A	B	A+B
		-------%-------		(fraction		----------%----------		
Ubon paspalum	30	15.63 ^{bc}	71.64 ^{a}	0.030 ^{b}	3.8 ^{a}	23.35 ^{c}	63.92 ^{a}	87.27 ^{a}
	45	23.93 ^{a}	62.75 ^{ab}	0.033 ^{ab}	3.3 ^{a}	30.37 ^{a}	56.31 ^{abcd}	86.68 ^{ab}
	60	23.84 ^{a}	61.98 ^{ab}	0.025 ^{b}	3.0 ^{a}	28.36 ^{b}	57.46 ^{abc}	85.82 ^{ab}
Ruzi	30	19.80	62.27 ^{ab}	0.036 ^{ab}	3.2 ^{a}	24.38 ^{c}	57.69 ^{abc}	82.07 ^{abc}
	45	13.47 ^{c}	59.75 ^{b}	0.048 ^{a}	2.6 ^{a}	20.88 ^{d}	52.34 ^{bcd}	73.22 ^{d}
	60	18.22	53.93 ^{b}	0.038 ^{ab}	2.6 ^{a}	23.47 ^{c}	48.67 ^{d}	72.14 ^{d}
Jarra digit	30	17.89	63.97 ^{ab}	0.038 ^{ab}	2.1 ^{a}	23.35 ^{c}	58.51 ^{abc}	81.86 ^{abc}
	45	17.17	61.13 ^{ab}	0.038 ^{ab}	2.3 ^{a}	23.08 ^{c}	55.22 ^{bcd}	78.30 ^{bcd}
	60	19.97	62.38 ^{ab}	0.031 ^{b}	2.9 ^{a}	23.01 ^{c}	59.46 ^{ab}	82.46 ^{abc}
Guinea	30	22.39 ^{ab}	61.84 ^{ab}	0.036 ^{ab}	3.5 ^{a}	29.74 ^{ab}	54.49 ^{bcd}	84.23 ^{ab}
	45	18.77	56.22 ^{b}	0.029 ^{b}	3.3 ^{a}	23.84 ^{c}	51.15 ^{bcd}	74.99 ^{cd}
	60	19.85	54.70 ^{b}	0.025 ^{b}	3.5 ^{a}	24.38 ^{c}	50.17 ^{cd}	74.55 ^{cd}

^{abcd} Values on the same column with different superscripts differed (P<.05).

การทดสอบโดยวัดการผลิตก๊าซ

จากการทดสอบการย่อยสลายของหญ้าทั้งสี่ชนิด โดยวัดปริมาณก๊าซที่ผลิตขึ้น (Table 4) พบว่ามีค่าของการผลิตก๊าซ (GP) ใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับหญ้าทุกชนิดที่อายุตัด 30, 45 และ 60 วัน ที่มีการผลิตก๊าซไม่แตกต่างกัน ($P>.05$) และเมื่อนำค่าเหล่านี้ไปคำนวณหาค่า OMD และ ME ก็ได้ค่าในทำนองเดียวกับ GP ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับที่พิมพาพร และคณะ (2543) ได้รายงานไว้ว่าหญ้ารูซี่มีค่า OMD และ ME เท่ากับร้อยละ 59.65 และ 8.06 MJ/kg DM ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่า ME ของหญ้าทั้งสี่ชนิด มีค่าค่อนข้างต่ำกว่าหญ้าเนเปียร์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.368

MJ/kg DM และหญ้า *Paspalum dilatatum* ที่มีค่าเท่ากับ 9.9998 MJ/kg DM ตามที่ NRC (1988) และ Kearl (1982) รายงานไว้ ตามลำดับ

Table 3 Predicted value of dry matter intake, digestible dry matter intake, growth rate and index value.

Grass	Cuttin Age	A	B	c	DMI[1]	DDM	Growth	Index
		.....%.....		(fracti	(kg/d)	(kg/d)	(kg)	value[4]
Ubon	30	23.35^{c}	63.92^{a}	0.030^{b}	5.83^{a}	4.14^{a}	0.32^{a}	52.86^{a}
	45	30.37^{a}	56.31	0.033^{ab}	3.78^{ef}	2.41^{d}	0.17^{d}	45.19^{ef}
	60	28.36^{b}	57.46^{abc}	0.025^{b}	3.76^{ef}	2.35^{d}	0.16^{d}	45.11^{ef}
Ruzi	30	24.38^{c}	57.69^{abc}	0.036^{ab}	4.98^{bc}	3.34^{bc}	0.25^{bc}	49.64^{bc}
	45	20.88^{d}	52.34^{bcd}	0.048^{a}	6.11^{a}	4.34^{a}	0.33^{a}	53.94^{a}
	60	23.47^{c}	48.67^{d}	0.038^{ab}	5.57^{ab}	3.81^{ab}	0.28^{ab}	51.89^{ab}
Jarra digit	30	23.35^{c}	58.51^{abc}	0.038^{ab}	4.72^{cd}	3.22^{bc}	0.25^{bc}	48.07^{cd}
	45	23.08^{c}	55.22^{bcd}	0.038^{ab}	3.46^{f}	2.31^{d}	0.21^{cd}	43.95^{f}
	60	23.01^{c}	59.46^{ab}	0.031^{b}	3.60^{f}	2.35^{d}	0.19^{cd}	44.52^{f}
Guinea	30	29.74^{ab}	54.49^{bcd}	0.036^{ab}	4.57^{cd}	3.11^{c}	0.24^{bc}	48.12^{cd}
	45	23.84^{c}	51.15^{bcd}	0.029^{b}	4.15^{def}	2.77^{cd}	0.22^{bcd}	45.57^{def}
	60	24.38^{c}	50.17^{cd}	0.025^{b}	4.44^{cde}	2.93^{cd}	0.22^{bcd}	47.64^{cde}

^{abcdef} Values on the same column with different superscripts differed (P<.05).

[1] DMI (kg/d) = -8.286 + 0.266A + 0.102B + 17.696c, [2]DDMI (kg/d) = -7.609 + 0.219A + 0.080B + 24.191c

[3]Growth rate = -0.649 + 0.017A + 0.006B + 3.87c, [4]Index value = A + 0.38B + 66.6c

Table 4 Gas production in 24 hours, OMD and ME predicted value from Guinea, Ubon paspalum, Ruzi and Jarra digit grasses.

Grass	Cutting Age (d)	GP (ml/200 mgDM)	CP (%)	Ash (%)	EE (%)	OMD[1] (%)	ME[2] (MJ/kgDM)
Ubon paspalum	30	39.62^{abcd}	10.91	13.51	0.78	51.47^{abcde}	7.65^{abcde}
	45	40.15^{abcd}	7.24	10.05	0.80	51.55^{abcde}	7.70^{abcde}
	60	32.18^{d}	6.93	7.79	0.67	44.31^{e}	6.62^{e}
Ruzi	30	34.85^{cd}	15.13	13.10	1.35	47.40^{bcde}	7.03^{bcde}
	45	44.03^{ab}	9.41	9.86	1.18	55.09^{ab}	8.24^{ab}
	60	41.99^{abc}	7.93	7.58	1.19	53.06^{abc}	7.96^{abc}
Jarra digit	30	45.81^{a}	14.90	9.73	2.09	56.91^{a}	8.52^{a}
	45	40.99^{abcd}	9.40	8.66	2.02	52.30^{abcde}	7.83^{abcde}
	60	41.62^{abc}	8.09	7.93	2.13	52.76^{abcd}	7.91^{abcd}
Guinea	30	36.25^{bcd}	12.76	8.99	1.54	48.26^{bcde}	7.20^{bcde}
	45	34.12^{cd}	7.64	8.57	1.42	46.11^{cde}	6.88^{cde}
	60	32.94^{cd}	5.24	7.78	1.37	44.90^{de}	6.71^{de}

^{abcde} Values on the same column with different superscripts differed (P<.05).

[1] OMD (%) = 14.88+0.889Gb+0.045XP+0.065XA

[2] $ME_{roughage}$ (MJ/kgDM) = 2.20+0.136Gb+0.0057XP+0.00029XL^2

สรุป

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนสี่ชนิด คือ พาสพาลัมอุบล รูซี่ จาราดิกิท และกินนี ที่อายุการตัด 30, 45 และ 60 วัน สามารถสรุปได้ว่าร้อยละโปรตีนของหญ้าทั้งสี่ชนิดลดลง เมื่อหญ้ามีอายุมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณของ NDF ของหญ้ารูซี่และกินนีเพิ่มขึ้นตามอายุ ส่วนหญ้าอุบลพาสพาลัมและจาราดิกิทมีค่าไม่ค่อยแตกต่างกัน ศักยภาพการย่อยได้สูงสุดของหญ้า รูซี่และกินนีลดลงเมื่อหญ้ามีอายุมากขึ้น แต่หญ้าพาสพาลัมอุบลและจาราดิกิททั้งสามอายุการตัดมีค่าไม่แตกต่างกัน และเมื่อนำค่าที่ได้จากการย่อยโดยถุงในล่อนไปคำนวณหาค่า DDMI และ index value พบว่า หญ้าพาสพาลัมอุบลและจาราดิกิทที่อายุ 30 วัน มีค่ามากกว่าที่อายุ 45 และ 60 วัน ในขณะที่หญ้ารูซี่และหญ้ากินนีไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนค่า growth rate ที่ได้จากการคำนวณมีเฉพาะหญ้าพาสพาลัมอุบลเท่านั้นที่อายุ 30 วัน มีค่ามากกว่า 45 และ 60 วัน ในขณะที่หญ้าชนิดอื่นๆมีค่าไม่แตกต่างกันในทุกอายุการตัด และค่า OMD และ ME ที่ประเมินได้จากการผลิตก๊าซของหญ้าทั้งสี่ชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

พิมพาพร พลเสน, รำไพร ใจเที่ยง, ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา, โคโมยูกิ คาวาชิมา และ วัชรินทร์ บุญภักดี. 2543. การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของพืชตระกูลถั่วยืนต้น 3 ชนิดโดยวิธีการต่างๆกัน. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2543 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 167-183.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ, ฉันทนา น่วมนวล และไกรสิทธิ วสุเพ็ญ. 2541. การทำนายคุณค่าทางอาหารของฟางข้าว หญ้ารูซี่และใบกระถินที่นิยมใช้เลี้ยงโคนมด้วยวิธีใช้ถุงในล่อน. ผลงานวิจัยการหาความต้องการโภชนะของโคนมไทย โดย ผู้ประสานงานโครงการอาหารและโภชนศาสตร์สัตว์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.) ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. หน้า 1-15.

เสาวลักษณ์ แย้มหมื่นอาจ. 2541. การเสริมฟางข้าวและหญ้ารูซี่ด้วยใบกระถินที่มีผลต่อการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนวัดโดยใช้เทคนิคถุงในล่อน. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 53 หน้า.

Kearl, L. C. 1982. Nutrient requirements of ruminants in developing countries. Utah state University, Logan, Utah USA. 381 p.

Menke, K. H. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Animal research and development. 28. 7-55.

NRC. 1988. Nutrient requirements of dairy cattle. Sixth Ed. National academy press, Washington, D.C.,USA. 157 p.