

อิทธิพลของสภาวะขาดน้ำต่อปริมาณโพรลีน และคุณภาพของพืชอาหารสัตว์

Effects of Water Stress on Proline Content and Forage Quality

นวรัตน์ อุดมประเสริฐ และ สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์¹
Nawarat Udomprasert and Suwapong Sawasdiphanich

ABSTRACT

Drought is one of the major environmental factors affecting forage quality. The objective of this study was to determine the effects of water stress on proline content and quality of two forage crops; purple guinea (*Panicum maximum* Jacq.) and verano stylo (*Stylosanthes hamata* cv. Verano). The plants were subjected to three drying cycles. At wilting of each cycle, leaf samples were collected for the analyses of proline, protein and acid-detergent fiber contents. It was found that under water stress condition, protein content decreased in purple guinea, but increased in verano stylo. Water stress had no effect on acid-detergent fiber content in both species. In purple guinea, proline content increased about 6 folds at wilting, compared to control, and decreased to the control level after recovery. The second drying cycle had very little effect and the third drying cycle had no effect on proline content. There was no correlation between proline content and forage quality of purple guinea in this study. The longer water stress treatment might be needed in order to get the significant effect on forage quality.

Key words : water stress, proline, forage quality, purple guinea, verano stylo

บทคัดย่อ

สภาวะแห้งแล้งเป็นปัจจัยแวดล้อมที่สำคัญยิ่งอย่างหนึ่ง ที่กำหนดคุณภาพของพืช อาหารสัตว์ การทดลองนี้มุ่งศึกษาถึงอิทธิพลของสภาวะขาดน้ำต่อปริมาณโพรลีน และคุณภาพ ของพืชอาหารสัตว์ 2

ชนิด คือหญ้ากินนีสีม่วง (*Panicum maximum* Jacq.) และถั่ว ฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) โดยจัดให้พืชอาหารสัตว์ทั้งสองชนิด นี้ขาดน้ำ 3 รอบ โดยให้พืชขาดน้ำจนแสดงอาการเหี่ยวแล้วให้น้ำใหม่ ถือเป็นหนึ่งรอบของ การขาดน้ำ เก็บตัวอย่างพืชที่แสดงอาการเหี่ยวเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโพรลีน

¹ ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Kamphaengsaen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

โปรตีน และ สารเยื่อใย (acid-detergent fiber) จากการทดลองพบว่าสภาวะขาดน้ำมีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณโปรตีนในหญ่กินนี้ลดลง แต่ในถั่วฮามาต้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สภาวะขาดน้ำในพืชอาหารสัตว์ทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อปริมาณสารเยื่อใย ในหญ่กินนี้พบว่า การขาดน้ำครั้งแรกมีผลให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นประมาณ 6 เท่าของ control และลดลงจนเท่า control เมื่อฟื้นตัวหลังจากได้รับน้ำใหม่ การขาดน้ำครั้งที่ 2 มีผลให้โปรตีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนการขาดน้ำครั้งที่ 3 ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีน การทดลองครั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนกับคุณภาพของหญ่กินนี้ การศึกษาถึงอิทธิพลของสภาวะขาดน้ำต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์อาจต้องใช้ระยะเวลาในการขาดน้ำที่ยาวนานกว่านี้จึงจะเห็นผลที่ชัดเจน

คำนำ

การเลี้ยงวัว ควาย ของประเทศแถบร้อนส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบปล่อยตามธรรมชาติ ชนิดของพืชอาหารที่ขึ้นอยู่ก็มีจำนวนน้อยและมีคุณภาพต่ำ ประกอบกับฤดูแล้งอันยาวนาน และมีสัตว์มากเกินกว่าที่ทุ่งหญ้าธรรมชาติจะรับได้ ปรากฏว่าในฤดูฝนสัตว์เจริญเติบโตและมีน้ำหนักเพิ่ม แต่ในฤดูแล้งสัตว์จะสูญเสียน้ำหนัก

ความแห้งแล้งที่ยาวนาน และมีความรุนแรงแตกต่างกัน เป็นสภาวะแวดล้อมที่มักพบอยู่เสมอในพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อน เป็นที่รู้กันอยู่แล้วว่าสภาวะแห้งแล้งมีผลต่อผลผลิต และการเจริญเติบโตของพืช แต่การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ สำหรับสัตว์ทะเลเลี้ยงนั้นมีน้อยมาก

ในสภาพที่ความชื้นในดินลดลง ปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชจะเพิ่มขึ้น (Wadleigh and Richards, 1951) ผลผลิตของพืชอาหารสัตว์พวก tall wheatgrass,

timothy, alfalfa, และ alsike clover ลดลงมากเมื่อความชื้นในดินลดลง (Gifford and Jensen, 1967) แต่พืชพวกนี้มีความเข้มข้นของ crude protein เพิ่มขึ้นและสูงที่สุดเมื่อความชื้นในดินต่ำที่สุด ในขณะที่ crude fiber ลดลง ในขณะที่มีนักวิจัยหลายกลุ่มพบว่าเมื่อความชื้นในดินต่ำ alfalfa จะให้ผลผลิตสูงกว่าและมีคุณภาพดีกว่าในที่ที่มีความชื้นในดินสูง (Halim et al., 1989a, 1989b; Vough and Marten, 1971) Carter and Sheaffer (1983) รายงานว่าอัตราการเจริญเติบโตของ alfalfa ลดลงอย่างรุนแรงเมื่อสภาวะขาดน้ำลดลง เมื่อ alfalfa ได้รับสภาวะขาดน้ำปานกลาง (-1.5 ถึง -2.0 MPa) การเจริญเติบโตเกิดขึ้นน้อยมาก และเมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำรุนแรง (-2.5 MPa) อัตราการเจริญเติบโตจะมีค่าเป็นลบ เนื่องจากการร่วงของใบ นอกจากนี้ยังพบว่าความชื้นในดินไม่มีผลต่อความเข้มข้นของ crude protein (Vough and Marten, 1971; Carter and Sheaffer, 1983)

Wilson and Ng (1975) ได้ชี้ให้เห็นว่าการที่พืชขาดน้ำในระยะแรกของการเจริญเติบโตนั้นอาจเป็นผลดี เนื่องจากสภาวะขาดน้ำ จะไปลดการเจริญเติบโตของลำต้นและการออกดอก และในการปรับปรุงคุณภาพทางด้านอาหารสัตว์ของ alfalfa ภายได้สภาวะขาดน้ำนั้นจะเน้นไปที่การเพิ่มสัดส่วนของใบต่อลำต้น เนื่องจากการขาดน้ำที่มีผลทำให้คุณภาพทางด้านอาหารสัตว์ลดลงนั้นส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการทำให้สัดส่วนของใบต่อลำต้นลดลงนั่นเอง

เมื่อพืชขาดน้ำ จะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลายอย่าง และที่ได้รับความสนใจมาก คือการเพิ่มปริมาณของโปรตีน ซึ่งการเพิ่มขึ้นในพืชบางชนิดอาจเป็นการปรับตัวเพื่อให้ทนต่อสภาพแห้งแล้ง โดยโปรตีนที่เพิ่มขึ้นนี้ทำหน้าที่ป้องกันพืชจากการสูญเสียน้ำหรือเป็นแหล่งเก็บไนโตรเจนระหว่างที่พืชขาดน้ำ (Stewart and Hanson, 1980) แต่การสะสมโปรตีนในพืชบางชนิดอาจเป็นลักษณะที่แสดงถึงความไวต่อ

สภาพแห้งแล้งหรือไม่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งก็ได้ (นวรรัตน์ และ อมรรัตน์, 2537; นวรรัตน์ และ ราเชนทร์, 2537; Hanson et al., 1977)

การทดลองนี้มุ่งที่จะศึกษาถึงผลกระทบของสภาวะขาดน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนและคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ เพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการที่จะปรับปรุงคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ให้ดีขึ้นทั้งโดยการเขตกรรมและการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกพืชอาหารสัตว์ตระกูลหญ้า 1 ชนิด คือ หญ้ากีนีนิสีม่วง (*Panicum maximum* Jacq.) และตระกูลถั่ว 1 ชนิด คือ ถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) ในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว จำนวน 1 ต้น/กระถาง ใช้ดินผสมที่มีอัตราส่วนดิน:ปุ๋ยคอก:ถ่านแกลบ = 1:1:1 ในเรือนกระจกของศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง วิทยาเขตกำแพงแสน จัดสิ่งทดลองแบบ completely randomized design ประกอบไปด้วย 2 สิ่งทดลอง คือ กระถางควบคุม (control) และ กระถางขาดน้ำ (water-stressed) กลุ่มที่เป็นกระถางควบคุมจะได้รับน้ำในปริมาณเท่าๆ กันทุกกระถางที่ระดับความชื้นสนาม (field capacity) ตลอดฤดูปลูก ส่วนใน กระถางขาดน้ำพืชได้รับการขาดน้ำทั้งหมด 3 รอบ โดยให้พืชขาดน้ำครั้งแรกเมื่อพืชมีอายุ 120 วัน สังเกตอาการเหี่ยวโดยพืชแสดงอาการเหี่ยวเมื่อขาดน้ำเป็นเวลา 3 วันในหญ้ากีนีนิ และ 4 วันในถั่วฮามาต้า เมื่อเก็บตัวอย่างพืชแล้วตัดให้เหลือ 15 เซนติเมตรเหนือพื้นดินให้น้ำใหม่และปล่อยให้พืชเจริญเติบโตใหม่ประมาณ 45 วัน ให้พืชขาดน้ำอีก หญ้ากีนีนิแสดง อาการเหี่ยวเมื่อขาดน้ำเป็นเวลา 8 วัน ถั่วฮามาต้าแสดงอาการเหี่ยวเมื่อขาดน้ำเป็น เวลา 5 วัน และทำการเก็บตัวอย่างพืชครั้งที่ 2 ตัดพืชให้เหลือ 15 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน

เช่นเดียวกับครั้งแรก แล้วให้น้ำใหม่ ปล่อยให้พืชเจริญเติบโตอีก 45 วัน แล้วให้ขาดน้ำอีกจนพืชแสดงอาการเหี่ยว โดยพืชแสดงอาการเหี่ยวเมื่อขาดน้ำเป็นเวลา 11 วันในหญ้ากีนีนิ และ 13 วันในถั่วฮามาต้า ทำการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 เก็บตัวอย่างพืชทั้งกลุ่มที่เป็นกระถางควบคุม และ กระถางขาดน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน โดยใช้วิธีของ Kjeldahl Gunning method และ ปริมาณเยื่อใย (acid-detergent fiber) โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Van Soest System (อังคณา และ ดวงสมร, 2532)

ในหญ้ากีนีนิ แบ่งตัวอย่างพืชที่เก็บมาส่วนหนึ่งเพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาซึ่งในการทดลองนี้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนที่เปลี่ยนแปลง และเก็บตัวอย่างอีกครั้งหนึ่งเมื่อพืชฟื้นตัวหลังจากได้รับน้ำใหม่ ซึ่งใช้เวลา 3 วัน 7 วัน และ 6 วัน ในรอบที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนใช้วิธีของ Bates et al. (1973) สำหรับในถั่วฮามาต้าไม่ได้ศึกษาปริมาณโปรตีนเนื่องจากสารสกัดจากถั่วฮามาต้ามีลักษณะที่เหนียวข้นเป็นปัญหาต่อขั้นตอนการแยกสาร ทำให้ไม่สามารถแยกสารเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณได้

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD (0.05)

ผลและวิจารณ์

จากการทดลอง พบว่าหญ้ากีนีนิมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าถั่วฮามาต้ามาก คือหญ้ากีนีนิมีปริมาณโปรตีนประมาณ 7% ในขณะที่ถั่วฮามาต้ามีโปรตีนประมาณ 17% ในส่วนของต้นที่ถูกตัด (Figure 1) อิทธิพลของการขาดน้ำต่อปริมาณ โปรตีนในหญ้ากีนีนิไม่สม่ำเสมอคือการขาดน้ำครั้งแรก เมื่อพืชมีอายุ 120 วัน มีผลให้ปริมาณโปรตีนลดลง แต่เมื่อให้ขาดน้ำครั้งที่ 2 กลับทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น และการขาดน้ำครั้ง

ที่ 3 มีผลให้ปริมาณโปรตีนลดลงอีก (Figure 1A) ส่วนในถั่วฮามาตั้น การขาดน้ำทั้ง 3 ครั้งมีผลให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น (Figure 1B) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wadleigh and Richards (1951) ที่ว่าเมื่อความชื้นในดินลดลงทำให้ปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า ในพืชหลายชนิด เช่น tall wheatgrass, timothy, alfalfa, และ alsike clover มีความเข้มข้นของ crude protein สูงที่สุดเมื่อ ความชื้นในดินต่ำที่สุด (Gifford and Jensen,

1967; Halim et al., 1989a, 1989b; Vough and Marten, 1971)

ในส่วนของการปริมาณเชื้อยีส นั้น พบว่า หญ้ากินนีมีปริมาณที่สูงกว่าถั่วฮามาตั้น ซึ่งมีประมาณ 42% และ 32% ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ปริมาณ ADF ในหญ้ากินนีมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น การปล่อยให้พืชได้รับสภาวะขาดน้ำทั้ง 3 ครั้ง ไม่มีผลต่อปริมาณ ADF (Figure 2A) ส่วนในถั่วฮามาตั้น พบว่า ADF มีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น

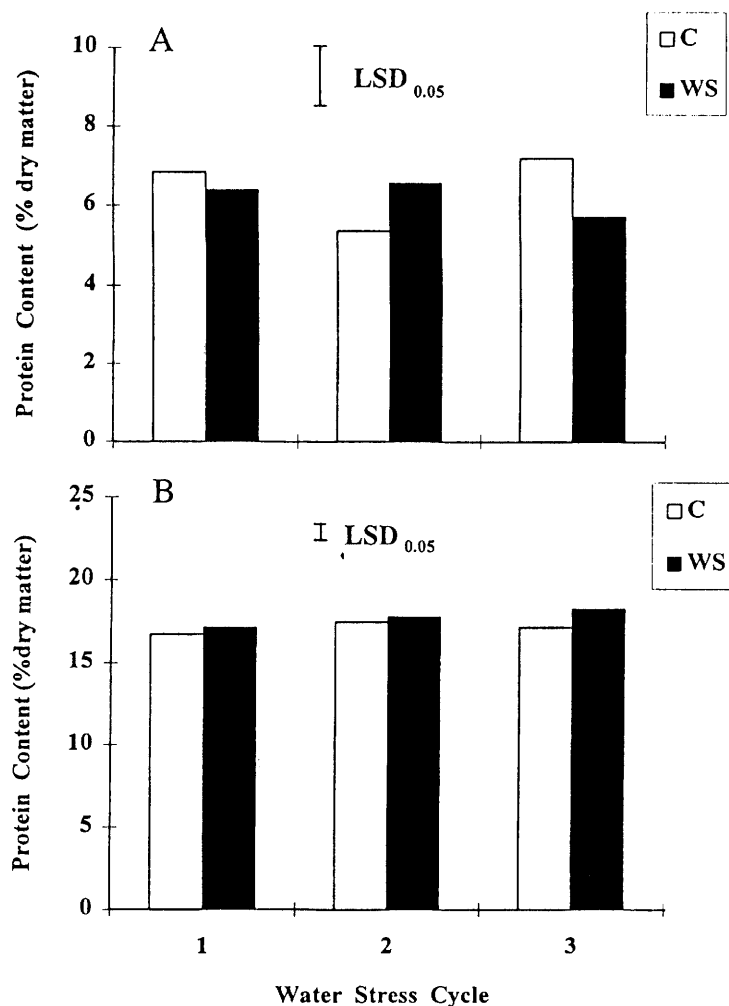


Figure 1 Protein content of *Panicum maximum* (A) and *Stylosanthes hamata* cv. Verano (B) as affected by water stresses cycles.

และสภาวะขาดน้ำไม่มีผลต่อปริมาณ ADF ในถั่วฮามาต้าแต่อย่างใด (Figure 2B) ซึ่งผลการทดลองนี้ขัดแย้งกับรายงานของ Gifford and Jensen (1967) ที่ว่าพืชอาหารสัตว์จะมี crude fiber ลดลง เมื่อความชื้นในดินลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการขาดน้ำในการทดลองนี้ไม่รุนแรงพอ โดยที่หญ้ากินนีแสดงอาการเหี่ยวเมื่อขาดน้ำเป็นเวลา 3 วัน 8 วัน และ 11 วัน และถั่วฮามาต้าแสดงอาการเหี่ยวเมื่อขาดน้ำเป็นเวลา 4 วัน 5 วัน และ 13 วัน ในการขาดน้ำครั้งที่ 1 2 และ 3

ตามลำดับ การขาดน้ำในระยะสั้นๆ เช่นนี้ไม่น่าจะมีผลที่เด่นชัดต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ที่ทำการทดลอง

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนในหญ้ากินนี พบว่าสภาวะขาดน้ำมีผลให้ปริมาณโปรตีนสูงถึงประมาณ 6 เท่าของกระถางควบคุม (Figure 3) และลดลงมาเท่ากันเมื่อให้น้ำใหม่จนกระทั่งพืชฟื้นตัว การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนนี้สอดคล้องกับผลการทดลองในข้าวโพด (นวรรัตน์ และ ราเชนทร์,

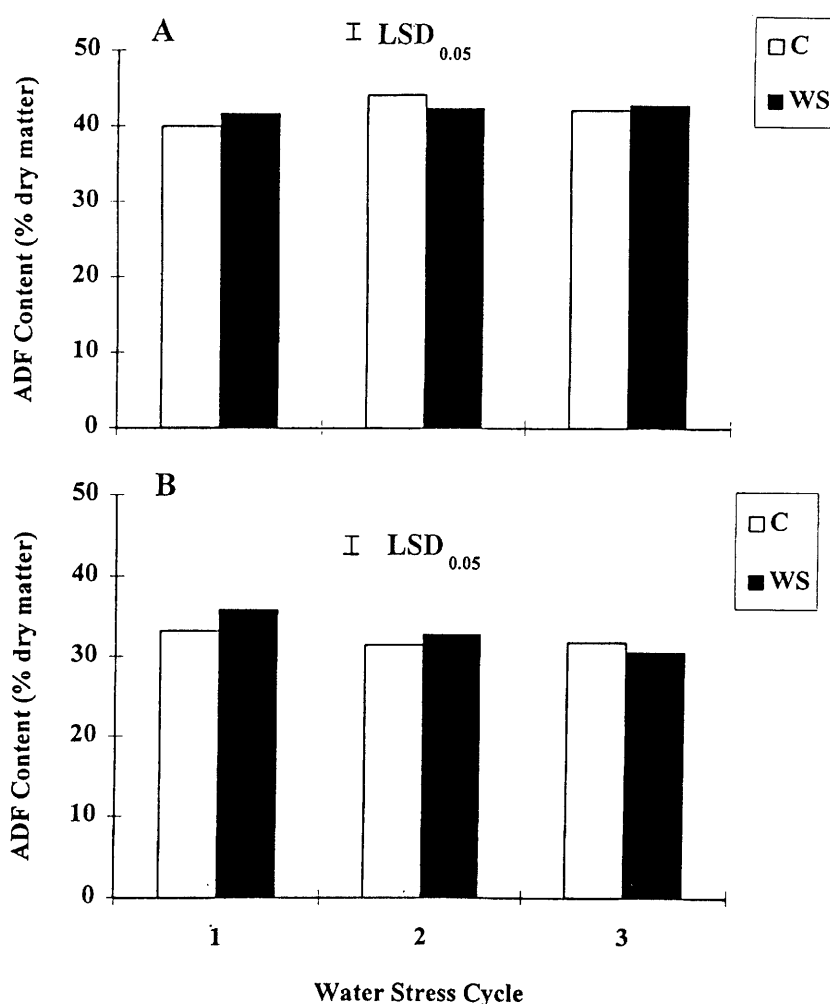


Figure 2 Acid-detergent fiber (ADF) content of *Panicum maximum* (A) and *Stylosanthes hamata* cv. Verano (B) as affected by water stress cycles.

2537) และข้าวบาร์เลย์ (นวรรัตน์ และ อมรรัตน์, 2537) การให้พืชได้รับสภาวะขาดน้ำครั้งที่ 2 มีผลให้ปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่วนการขาดน้ำครั้งที่ 3 ไม่ทำให้ปริมาณโพรลีนเปลี่ยนแปลงเลย ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มในการปรับตัวของพืชต่อสภาวะขาดน้ำที่พืชได้รับ โดยพืชจะไวต่อการขาดน้ำครั้งแรกมากที่สุด ในแง่ของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในต้นพืชและการขาดน้ำครั้งแรกนี้จะไปเพิ่มระดับความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาวะขาดน้ำที่พืชได้รับครั้งต่อไป มา ทำให้พืชทนทานต่อสภาวะดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น

จากผลการทดลองครั้งนี้ ไม่พบความสัมพันธ์ที่เด่นชัดระหว่างการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพรลีนกับคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ การขาดน้ำครั้งแรกมีผลต่อการเพิ่มปริมาณโพรลีน แต่มีผลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์เพียงเล็กน้อย การขาดน้ำครั้งที่ 2 และที่ 3 มีผลต่อปริมาณโพรลีนและคุณภาพเพียงเล็กน้อย

สาเหตุที่ไม่พบความสัมพันธ์ที่เด่นชัดอาจเนื่องมาจากการที่พืชมีการปรับตัวต่อการขาดน้ำในแง่ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพรลีนดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และการขาดน้ำที่พืชได้รับอาจไม่รุนแรงพอที่จะมีผลกระทบต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ ในการทดลองครั้งต่อไป อาจจะต้องเพิ่มระยะเวลาในการขาดน้ำขึ้นอีก อย่างไรก็ตาม เมื่อสังเกตลักษณะทางสรีรวิทยาแล้วพบว่าหญ้ากีนีนีมีแนวโน้มที่จะสามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะขาดน้ำได้ เมื่อได้รับการขาดน้ำหลายครั้ง และทั้งหญ้ากีนีนีและถั่วมาดามีแนวโน้มที่จะทนแล้งได้ดีพอสมควร เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพรลีนและปริมาณสารเยื่อใยของพืชทั้งสองชนิดนี้เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำ

สรุป

1. การขาดน้ำจนกระทั่งพืชแสดงอาการเหี่ยว

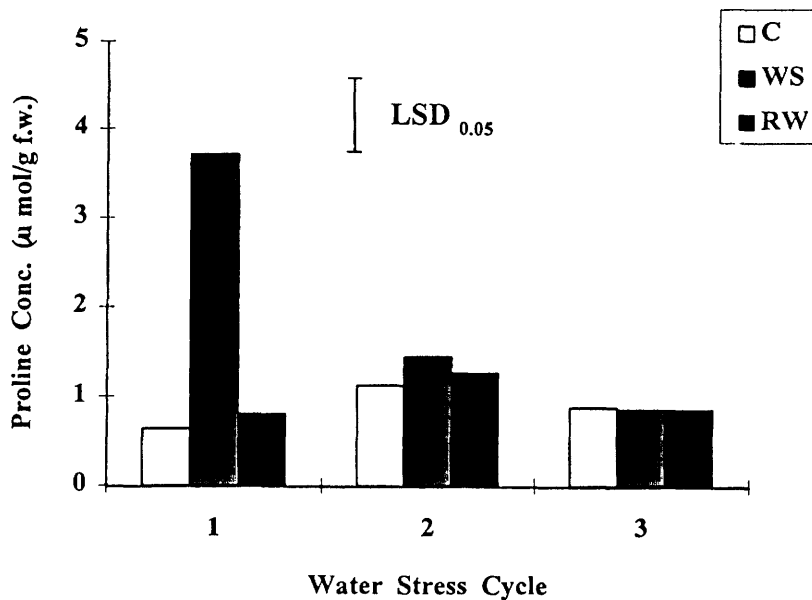


Figure 3 Proline concentration of *Panicum maximum* as affected by water stress cycles. C = Control; WS = Water-stressed; RW = Rewatered

เป็นจำนวน 3 รอบมีผลต่อคุณภาพของหญ่ากินนี้ และถั่วฮามาต้าเพียงเล็กน้อย

2. หญ่ากินนี้มีแนวโน้มในการปรับตัวเข้ากับ สภาวะขาดน้ำ เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลง ปริมาณโปรตีน

3. ไม่พบความสัมพันธ์ที่เด่นชัดระหว่างการ เปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีนกับคุณภาพพืชอาหาร สัตว์ภายใต้สภาวะขาดน้ำ ในระดับความรุนแรงที่ใช้ ในการทดลองนี้

เอกสารอ้างอิง

นวรรัตน์ อุดมประเสริฐ และ ราชนทร์ ธิพร. 2537. ความสัมพันธ์ของการสะสมโปรตีน เนื่องจาก สภาวะขาดน้ำและผลผลิตของข้าวโพด. ว.เกษตร ศาสตร์ (วิทช.) 28 : 340-347.

นวรรัตน์ อุดมประเสริฐ และ อมรรัตน์ พรหมบุญ. 2537. การใช้ลักษณะการสะสมปริมาณโปรตีน เนื่องจากสภาวะขาดน้ำบ่งบอกถึงความทนแล้ง ในข้าวบาร์เลย์. น. 62-71 ใน รายงานผลการวิจัย ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตร ศาสตร์ครั้งที่ 32 วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2537 สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กระทรวง เกษตรและสหกรณ์การเกษตร และกระทรวง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

อังคณา หาญบรรจง และ ดวงสมร สีนิจสิริ. 2532. การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 155 น.

Bates, L.S., R.P. Waldren, and L.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39 : 205-207.

Carter, P.R. and C.C. Sheaffer. 1983. Alfalfa response to soil water deficits. I. Growth, forage quality, yield, water use, and water-use effi-

ciency. *Crop Sci.* 23 : 669-675.

Gifford, R.O. and E.H. Jensen. 1967. Some effects of soil moisture regimes and bulk density on forage quality in the greenhouse. *Agron. J.* 59 : 75-77.

Halim, R.A., D.R. Buxton, M.J. Hattendorf, and R.E. Carlson. 1989a. Water-stress effects on alfalfa forage quality after adjustment for maturity differences. *Agron. J.* 81: 189-194.

Halim, R.A., D.R. Buxton, M.J. Hattendorf, and R.E. Carlson. 1989b. Water-deficit effects on alfalfa at various growth stages. *Agron. J.* 81 : 765-770.

Hanson, A.D., C.E. Nelsen, and E.H. Everson. 1977. Evaluation of free proline accumulation as an index of drought resistance using two contrasting barley cultivars. *Crop Sci.* 17 : 720-726.

Stewart, C.R. and A.D. Hanson. 1980. Proline accumulation as a metabolic response to water stress, pp.173-189. In N.C. Turner and P.J. Kramer (eds.). *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons. New York.

Vough, L.R. and G.C. Marten. 1971. Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of alfalfa forage. *Agron. J.* 63 : 40-42.

Wadleigh, C.H. and L.A. Richards. 1951. Soil moisture and the mineral nutrition of plants. pp. 411-450. In Emil Truog (ed.) *Mineral Nutrition of Plants*. The University of Wisconsin Press, Madison.

Wilson, J.R. and T.T. Ng. 1975. Influence of water stress on parameters associated with herbage quality of *Panicum maximum* var. *trichoglume*. *Aust. J. Agric. Res.* 26: 127-136.