

## การทดสอบปริมาณโพรลีนในอ้อยภายใต้สภาพเค็ม

### Proline Content Evaluation in Sugarcane under Saline Condition

วาสนา ไทยถาวร<sup>1</sup> และ เรวัต เลิศฤทัยโยธิน<sup>2</sup>

Wassana Thaitavon<sup>1</sup> and Rewat Lersrutaiyotin<sup>2</sup>

#### บทคัดย่อ

ดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย การใช้พันธุ์อ้อยทนเค็มเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา แต่การทดสอบพันธุ์อ้อยทนเค็มในสภาพแปลงมีความไม่สม่ำเสมอของความเค็ม ดังนั้น จึงทำการทดสอบพันธุ์อ้อยโดยให้ได้รับสภาพเค็มในโรงเรือน โดยการตรวจสอบปริมาณโพรลีน เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์อ้อยทนเค็มในงานปรับปรุงพันธุ์ต่อไป โดยศึกษาความสัมพันธ์ของความสามารถในการทนเค็มกับปริมาณโพรลีนของพันธุ์อ้อย 11 พันธุ์ อายุ 1 เดือน เช่น สารละลาย NaCl ที่มีความเข้มข้น 0%, 0.2%, 0.3% และ 0.4% (น้ำหนักต่อปริมาตร) และระยะเวลา 0, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ใช้แผนการทดลองแบบ Split-split plot in CRD จำนวน 4 ซ้ำ พบว่า พันธุ์อ้อยทั้ง 11 พันธุ์ มีปริมาณโพรลีนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง หลังจากการได้รับสารละลาย NaCl ที่ระดับต่างๆ โดยพันธุ์กำแพงแสน 00-176 มีปริมาณ โพรลีนสูงสุด ( $0.0484 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) ซึ่งไม่แตกต่างกับพันธุ์กำแพงแสน 01-1-25 ( $0.0452 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), กำแพงแสน 01-1-12 ( $0.0392 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) และ กำแพงแสน 00-148 ( $0.0391 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) ตามลำดับ และพันธุ์ที่มีปริมาณโพรลีนต่ำสุดคือ LK 92-11 ( $0.0224 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaCl พบปริมาณโพรลีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่ความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 0.4 % มีปริมาณของ โพรลีนสูงที่สุด ( $0.0475 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 0.2 % ( $0.0325 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), 0.3 % ( $0.0322 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) และ 0 % ( $0.0192 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) ตามลำดับ และที่ระยะเวลาที่แช่สารละลาย NaCl พบปริมาณโพรลีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การแช่ที่เวลา 72 ชั่วโมง มีปริมาณ โพรลีนสูงที่สุด ( $0.0531 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) รองลงมาคือ 48 ชั่วโมง ( $0.0311 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), 24 ชั่วโมง ( $0.0283 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) และ 0 ชั่วโมง ( $0.0189 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งกลุ่มของพันธุ์อ้อยที่ได้รับความเค็มตามปริมาณโพรลีนได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ มากกว่า  $0.200 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ,  $0.0200-0.200 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$  และน้อยกว่า  $0.0200 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$  ตามลำดับ

#### ABSTRACT

Salinity is one of the problems that affecting growth and yield of sugarcane. Breeding for salt tolerant sugarcane the another way to solve the problem. As screening in field may face the non

<sup>1</sup>ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

<sup>1</sup>Department of Agronomy, Faculty of Agriculture Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล สถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

<sup>2</sup>Cane and Sugar Research and Development Center, KURDI KPS, Kasetsart University Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

uniformity of salt content to avoid such problem the screening was conducted in nursery condition. Immersion of 1 month old of 11 varieties of sugarcane seedling in 0%, 0.2%, 0.3% and 0.4% NaCl solution for 0, 24, 48 and 72 hours were done. Split-split plot design was used. The sugarcane varieties had different proline content after immersion in NaCl solution. The highest proline content was found in Kamphaeng Saen 00-176 (0.0484 mg g<sup>-1</sup> FW) and the lowest average proline content was found in LK 92-11 (0.0224 mg g<sup>-1</sup> FW). Moreover, the highest proline content was found in Kamphaeng Saen 01-1-25 (0.0452 mg g<sup>-1</sup> FW), Kamphaeng Saen 01-1-12 (0.0392 mg g<sup>-1</sup> FW) and Kamphaeng Saen 00-148 (0.0391 mg g<sup>-1</sup> FW) respectively. The sugarcane varieties studied could be grouped into 3 different group. The first group had proline content more than 0.200 mg g<sup>-1</sup> FW. The second one had proline content between 0.200-0.200 mg g<sup>-1</sup> FW and the last group was less than 0.0200 of proline content.

Key Words: proline , salt tolerant, sugarcane

e-mail address: iyalangga@hotmail.com

## คำนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum*.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในการผลิตอุตสาหกรรมน้ำตาล ซึ่งใช้บริโภคทั้งในประเทศ และเป็นสินค้าส่งออก ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการผลิตอ้อย แต่ผลเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบันทำให้ดินในบางพื้นที่เกิดปัญหาต่อการผลิตพืช แหล่งปลูกอ้อยสำคัญที่ผลิตอ้อยได้มากกว่าร้อยละ 50 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศไทยในปัจจุบันกำลังประสบปัญหาดินเค็ม ทำให้อ้อยที่ปลูกในสภาพพื้นที่ดังกล่าวประสบปัญหาในการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต

การปลูกอ้อยในประเทศไทยโดยเฉพาะพื้นที่ที่ได้รับน้ำชลประทานเขตภาคกลางและเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วนประสบปัญหาดินเค็มเป็นอย่างมาก ซึ่งดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญในการผลิตพืช เนื่องจากเป็นดินที่ให้ผลผลิตต่ำ มีผลทำให้ผลผลิตของอ้อยลดลง (เจลิเยว, 2534; Nelson and Ham, 2000) ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ปลูกไปอย่างกว้างขวาง ทำให้ปัญหาดินเค็มในพื้นที่เพาะปลูกอ้อยขยายตัวเพิ่มขึ้น (พรธณี, 2536) การเกิดดินเค็มมีสาเหตุจากหลายประการทั้งที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น แรงดันของน้ำใต้ดินที่เค็ม หรือสาเหตุที่มนุษย์เป็นผู้กระทำ เช่น การสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำจืดเหนือพื้นที่ที่เป็นแหล่งเกลือ และการให้น้ำชลประทานมากหรือน้อยเกินไปจนทำให้สูญเสียสมดุลของปริมาณเกลือในดิน (สมศรีและอรุณี, 2538) อ้อยจัดเป็นพืชทนเค็มในระดับปานกลาง การปลูกอ้อยในสภาพดินเค็ม จะเกิดปัญหาตั้งแต่ที่ต้นพันธุ์ไม่งอก งอกแล้วแห้งตาย อาการใบไหม้ จนถึงให้ผลผลิตไม่เป็นที่น่าพอใจ (ปรีชาและคณะ, 2536)

โพรลีนเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งซึ่งพืชสร้างขึ้นเพื่อช่วยปรับค่าแรงดัน Osmotic ในเซลล์เมื่อพืชอยู่ในสภาวะความเค็ม การที่พืชสะสมปริมาณโพรลีนเพิ่มขึ้นเพื่อเป็นแหล่งของสารละลายสำหรับช่วงการปรับสภาพ osmotic ในเซลล์ และช่วยรักษาการทำงานของเอนไซม์ให้ดำเนินไปเป็นปกติ (Boggess et al., 1976) โดยสามารถใช้การสะสมโพรลีนเป็นดัชนีในการคัดเลือกความทนเค็มได้ (Hien et al., 2003)

การใช้พันธุ์อ้อยทนเค็มเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดินเค็ม แต่การทดสอบพันธุ์อ้อยทนเค็มในสภาพแปลงมีความไม่สม่ำเสมอของความเค็ม ดังนั้น จึงทำการทดสอบพันธุ์อ้อยทนเค็มจากความเค็มระดับ 0.2%, 0.3% และ 0.4% และใช้ระยะเวลาในการได้รับความเค็ม 24 ชั่วโมง, 48 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง โดยการตรวจสอบปริมาณ

โพรลีนเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณโพรลีนที่เกิดขึ้นกับระดับของความเข้มข้นและเวลาที่ได้รับ NaCl และใช้ในการคัดเลือกพันธุ์อ้อยทนเค็มในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้พันธุ์อ้อย 11 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์จากศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จำนวน 9 พันธุ์ คือ กำแพงแสน 00-176, กำแพงแสน 00-105, กำแพงแสน 00-148, กำแพงแสน 94-13, กำแพงแสน 01-1-12, กำแพงแสน 01-4-23, กำแพงแสน 00-129, กำแพงแสน 00-58, และ กำแพงแสน 01-1-25 และอีก 2 พันธุ์จากสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย คือ LK 92-11 และ K88-92 วางแผนการทดลองแบบ Split-split plot design จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีพันธุ์อ้อยเป็น Main plot ความเข้มข้นของ NaCl เป็น sub plot และ ระยะเวลาที่ได้รับความเค็มเป็น Sub sub plot โดยทำการปลูกอ้อยจากท่อนพันธุ์ 1 ตาต่อ ท่อนพันธุ์ ในโรงเรือนที่สถาบันวิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม จนอ้อยมีอายุ 1 เดือนแล้วนำต้นอ้อยมาแช่ใน สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0%, 0.2%, 0.3% และ 0.4% และระยะเวลาในการแช่ 4 เวลา คือ 0, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง นำใบอ้อยมาทำการวิเคราะห์ปริมาณโพรลีนโดยดัดแปลงจากวิธีของ Bates et al. (1973) วัดปริมาณโพรลีนด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้ไทลนอินเป็น standard และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R(R-language and environment for statistical computing and graphics) (ชูศักดิ์, 2551)

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### ปริมาณโพรลีน

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ในค่าเฉลี่ยของปริมาณโพรลีนของอ้อยแต่ละพันธุ์ แต่ละระดับความเข้มข้นของ NaCl และแต่ละระยะเวลาที่ได้รับ NaCl พบว่า พันธุ์ที่ใช้ทดสอบมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพบว่า พันธุ์กำแพงแสน 00-176 มีปริมาณโพรลีนสูงสุด ( $0.0484 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) รองลงมาคือพันธุ์กำแพงแสน 01-1-25 ( $0.0452 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), พันธุ์กำแพงแสน 01-1-12 ( $0.0392 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), พันธุ์กำแพงแสน 00-148 ( $0.0391 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), K 88-92 ( $0.0317 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), พันธุ์กำแพงแสน 00-129 ( $0.0297 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), กำแพงแสน 00-105 ( $0.0281 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), กำแพงแสน 94-13 ( $0.0263 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), กำแพงแสน 00-58 ( $0.0256 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), กำแพงแสน 01-4-23 ( $0.0254 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) และ LK 92-11 ( $0.0224 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaCl ก็พบปริมาณโพรลีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่ความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 0.4 % มีปริมาณของโพรลีนสูงสุด ( $0.0475 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 0.2 % ( $0.0325 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), 0.3 % ( $0.0322 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) และ 0 % ( $0.0192 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) ตามลำดับ และที่ระยะเวลาที่แช่สารละลาย NaCl ก็พบปริมาณโพรลีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การแช่ที่เวลา 72 ชั่วโมง มีปริมาณโพรลีนสูงสุด ( $0.0531 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) รองลงมาคือ 48 ( $0.0311 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ), 24 ( $0.0283 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) และ 0 ชั่วโมง ( $0.0189 \text{ mg g}^{-1} \text{ FW}$ ) ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Proline content as affected by different NaCl concentration and infuse time condition

		Proline content (mg g <sup>-1</sup> FW)
% NaCl	0	0.0192 c <sup>1/</sup>
	0.2	0.0325 b
	0.3	0.0322 b
	0.4	0.0475 a
F-test		**
Variety	Kps 00-176	0.0484 a
	Kps 01-1-25	0.0452 ab
	Kps 00-58	0.0256 cd
	Kps 00-148	0.0391 abc
	Kps 01-1-12	0.0392 abc
	Kps 00-105	0.0281 cd
	Kps 94-13	0.0263 cd
	Kps 00-129	0.0297 bcd
	Kps 01-4-23	0.0254 cd
	LK 92-11	0.0224 d
K 88-92	0.0317 bcd	
F-test		**
time	0	0.0189 b
	24	0.0283 b
	48	0.0311 b
	72	0.0531 a
F-test		**

1/ Means within the same column followed by the same letters are not significantly different by DMRT.

\* = significant at 95% \*\* = significant at 99% ns = non-significant difference

จากผลการทดลองพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 0.4% เวลาในการแช่ 72 ชั่วโมง เป็นระดับที่มีปริมาณโพรลีนสูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ที่ความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 0.4% เวลาในการแช่ 72 ชั่วโมง พบว่า พันธุ์กำแพงแสน 01-1-25 มีปริมาณโพรลีนสูงสุด (0.2613 mg g<sup>-1</sup> FW) และไม่แตกต่างกับพันธุ์กำแพงแสน 00-176 (0.2444 mg g<sup>-1</sup> FW) และพันธุ์กำแพงแสน 00-148 (0.2019 mg g<sup>-1</sup> FW) (Table 2)

Table 2 Comparison of sugarcane varieties in proline content(mg g<sup>-1</sup> FW) affected by each immersion period at 0.4% NaCl concentration

Variety	Time				Mean
	0	24	48	72	
Kps 00-176	0.0188b <sup>1/</sup>	0.0303b	0.0403b	0.2444a	0.0834
Kps 00-105	0.0173j	0.0243b	0.0343c	0.0145c	0.0226
Kps 00-148	0.0218c	0.0250b	0.0263b	0.2019ab	0.0687
Kps 94-13	0.0210e	0.0203b	0.0303b	0.0930b	0.0411
Kps 01-1-12	0.0183d	0.0200b	0.0358b	0.0178c	0.0230
Kps 01-4-29	0.0158h	0.0180b	0.0197e	0.0197c	0.0189
LK 92-11	0.0183f	0.0165b	0.0288d	0.0438c	0.0268
K 88-92	0.0225a	0.0328b	0.0343c	0.0345c	0.0310
Kps 00-129	0.0155i	0.0203a	0.0288c	0.0178c	0.0206
Kps 00-58	0.0163i	0.0063b	0.0268d	0.0180c	0.0168
Kps 01-1-25	0.0183a	0.0303b	0.0468a	0.2613a	0.1141
Mean	0.0185	0.0369	0.0320	0.0879	
sd	0.0024	0.0362	0.0074	0.0985	

<sup>1/</sup>Mean within the same column followed by the same letters are not significantly different by LSD.

<sup>2/</sup>Mean within the same row followed by the same letters are not significantly different by LSD.

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า พันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อความเค็มแตกต่างกัน ซึ่งการตอบสนองในรูปของการสะสมโพรลีนเป็นเพียงขบวนการหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาจากความเค็ม นอกจากนั้นปริมาณโพรลีนที่สะสมเพิ่มมากขึ้นยังขึ้นอยู่กับระดับของความเค็มและระยะเวลาที่ได้รับด้วย (Gzik, 1996)

### สรุป

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าพันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์มีปริมาณโพรลีนแตกต่างกันไปตามระดับของความเข้มข้นของ NaCl และระยะเวลาที่รับความเค็ม โดยและระดับความเข้มข้นของ NaCl ที่ 0.4% เวลาในการแช่ 72 ชั่วโมง เป็นระดับที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโพรลีนสูงสุด โดยพบในพันธุ์พันธุ์กำแพงแสน 01-1-25 (0.2613 mg g<sup>-1</sup> FW) และไม่แตกต่างกับพันธุ์กำแพงแสน 00-176 (0.2444 mg g<sup>-1</sup> FW) และพันธุ์กำแพงแสน 00-148 (0.2019 mg g<sup>-1</sup> FW) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งกลุ่มของพันธุ์อ้อยที่ได้รับความเค็มตามปริมาณโพรลีนได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ มากกว่า 0.200 mg g<sup>-1</sup>FW, ระหว่าง 0.0200-0.200 mg g<sup>-1</sup>FW และน้อยกว่า 0.0200 mg g<sup>-1</sup>FW ตามลำดับ

## เอกสารอ้างอิง

- เฉลียว แจ่มไพร. 2534. ศักยภาพของทรัพยากรดินและลู่ทางในการพัฒนาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, น. 231-243. ใน **เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่รัฐ เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- ชูศักดิ์ จอมพุท. 2551. **สถิติ : การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชไร่ด้วย R**. พิมพ์ ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ปรีชา พรหมณีย์, เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง, จักรินทร์ ศรีธำพร และพรรณี รุ่งแสงจันทร์. 2536. การทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุต่าง ๆ ที่ใส่ลงในดินเพื่อแก้ปัญหาเนื่องจากดินเค็มในการปลูกอ้อย, น. 522-531. ใน **รายงานผลการวิจัยประจำปี 2536**. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร.
- พรรณี รุ่งแสงจันทร์. 2536. ดินเค็มภาคกลาง, น. 51-55. ใน **เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่องดินเค็ม**. กลุ่มปรับปรุงดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สมศรี อรุณินท์ และ อรุณี ยูวะนิยม. 2538. ดินเค็มภาคกลาง, น. 2-5. ใน **เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่องการแก้ปัญหาดินเค็ม**. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- Bate, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
- Bogges, S.F., C.R. Stewart, D. Aspinall and L.G. Peleg. 1976. Effect of water stress on proline synthesis from radioactive precursors. *Plant Physiol.* 58: 398-401.
- Gzik, A. 1996. Accumulation of proline and pattern of  $\alpha$ -amino acids in sugar beet plants in response to osmotic, water and salt stress. *Environmental and Experimental Botany* 36:29-38.
- Hien, D.T., M. Jacobs, G. Angenon, C. Hermans, T.T. Thu, L.V. Son and N.H. Roosens. 2003. Proline accumulation and pyrroline-5-carboxylate synthetase gene properties in three rice cultivars differing in salinity and drought tolerance. *Plant Science* 165: 1059-1068.
- Nelson, P.N. and G.J. Ham. 2000. Exploring the response of sugarcane to sodic and saline conditions through natural variation in the field. *Field Crop Research* 66: 245-255.