

Thai J. For. 6: 347-361 (1987) วารสารวนศาสตร์ ๖: ๓๔๗-๓๖๑ (๒๕๓๐)

การเปรียบเทียบความทนเค็มของไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส กับไม้โตเร็วบางชนิด

COMPARING SALT TOLERANCE OF *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* WITH OTHER FAST-GROWING TREES

เจษฎา เหลืองแจ่ม^๑

Jesada Luangjame

ลัดดา บุญภักดี^๒

Ladda Bunbhakdee

ABSTRACT

Study on salt tolerance of forest tree species under different Nace concentrations have been carried out at Northeast Forest Tree Seed Centre, Khon-Kaen province. The levels of Nace concentrations were 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% which mixed with complete nutrient solution (Hoagland). Five forest tree species have been done which were *Leucaena leucocephala*, *Acacia auriculiformis*, *Anacardium occidentale*, *Azadirachta indica* and *Eucalyptus camaldulensis*. Each treatments has 4 replications which have been planted in beer bottle which cut the bottom out by using the top part that added vermiculite as media and connected with filter rope as absorption. One end of the rope was at the beer bottle in medium and the other was at one liter coffee bottle in solution. After three months, the results were found that biomass of these species decreased when salt concentrations increased. Tap and root of all trees grew slowly. A few new leaves appeared and they had thick leaves and short roots. The shoot:root ratio of *Leucaena*, *Acacia*, *Anacardium* and *Azadirachta* species at Nace concentration 0.5-1.0% is lower than control and 1.0-2.0% but *Eucalyptus camaldulensis* at level 0.5-1.0% is higher than control and 1.0-2.0% Survival percentage of *Eucalyptus camaldulensis* under 2.0% Nace concentration at age three months was 0%.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ ไม้ที่ทนต่อสภาพความเค็มของเกลือในระดับต่างๆ กันนั้น ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและจัดการเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น โดยใช้ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่มีธาตุอาหารครบ ระดับความเข้มข้น ๐ (control), ๐.๕, ๑.๐, ๑.๕ และ ๒.๐% รวม ๕ treatments จำนวน treatment ละ ๔ ซ้ำๆ ละ ๑ ต้น ผลปรากฏว่ามวลชีวภาพของไม้ทุกชนิดส่วนของ shoot และ root ลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของเกลือมากขึ้น การแตกกิ่ง ใบ และราก ลดลง รากสั้นลง อัตราส่วนของ shoot:root ratio ของไม้กระถินยักษ์ กระถินณรงค์ มะม่วงหิมพานต์ และตะเคียนลดลงที่ระดับความเค็ม ๐.๕-๑.๐% แต่ที่ระดับความเค็ม ๑.๐-๒.๐% มวลชีวภาพของ shoot และ root ลดลงมากกว่า ระดับความเค็ม ๐.๕-๑.๐% แต่ถ้านับเป็นอัตราส่วนแล้ว shoot:root ratio เพิ่มขึ้น ส่วน *Eucalyptus camaldulensis* อัตราส่วน shoot:root ratio เพิ่มขึ้น ทั้งระดับความเค็ม ๐.๕-๑.๐% และ ๑.๐-๒.๐% เมื่อเปรียบเทียบกับ control และ *E. camaldulensis* ไม่สามารถทนต่อสภาพความเค็มได้ที่ระดับ ๒.๐%

¹ Division of Silviculture, Royal Forest Department, Bangkok.

² Northeast Agricultural centre, Khon-Kaen.

คำนำ

การศึกษาสภาพทางสรีระวิทยาของ กล้าไม้ชนิดต่างๆ ในระดับความเค็มต่างๆ กันนั้น จะสามารถเป็นตัวชี้ได้ว่า ไม้ชนิดใดที่จะมีความสามารถในการทนต่อความเค็มของเกลือ ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ ไม้ที่ทนต่อความเค็ม สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง การศึกษาในเรือนทดลองทำให้สามารถควบคุมปัจจัยอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี เพราะความเค็มของพืชยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมอีกหลายอย่าง แม้แต่พืชชนิดเดียวกันก็มีการตอบสนองต่อความเค็มต่างกัน El-Lakany

(๑๙๘๔) รายงานว่า *Eucalyptus camaldulensis* จากถิ่นกำเนิดหลาย ๆ แหล่ง ต่างก็สามารถทนต่อเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับต่างๆ กัน ทั้งนั้นกับเนื้อเยื่อที่สามารถทนเค็มได้ *E. camaldulensis* บางสายพันธุ์ทนต่อเกลือได้ถึง ๑.๘% (ครึ่งหนึ่งของความเค็มของน้ำทะเล) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะหาข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ ไม้ที่ทนต่อสภาพความเค็มเพื่อประกอบในการคัดเลือกชนิดไม้ที่จะปลูกในพื้นที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อุปกรณ์และวิธีการ

ได้ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยและจัดการเมล็ดพันธุ์ ไม้ป่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น โดยใช้พันธุ์ไม้ป่า ๕ ชนิด คือ กระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*), กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale*), สะเดา (*Azadirachta indica*) และยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) พันธุ์ไม้เหล่านี้สามารถขึ้นได้ดีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางชนิดพบว่าขึ้นได้ในดินเค็ม ทำการเพาะ

กล้าไม้ในกระบะ จนกระทั่งกล้าไม้สามารถย้ายชำได้และคัดเลือกให้มีขนาดเท่า ๆ กัน ในการทดลองได้ใช้ขวดกาแฟ ขนาด ๑ ลิตร เติมสารละลายที่มีธาตุอาหารครบ (Hoagland-solution) จำนวน ๒๕๐ ซีซี. ลงในขวดกาแฟ หุ้มขวดกาแฟด้วยกระดาษ เพื่อป้องกันไม่ให้แสงแดดทำลายธาตุอาหารในสารละลาย แล้วย้ายกล้าไม้ที่เตรียมไว้ลงปลูกในขวดเบียร์ตัดก้นตรงกลางขวด มีไส้ตะเกียงหย่อนยาวลงไป ในขวดที่บรรจุน้ำยา ซึ่งขวดเบียร์ตัดก้นนี้มีเวอร์มิคิวไลต์บรรจุอยู่

เต็ม แล้วคว่ำปากขวดลงในขวดกาแฟ พันธุ์ไม้ที่ย้ายปลูกในเวอร์มิคูไลท์ขุดเบียร์ ตักกันคว่ำลงในขวดกาแฟนี้มีชนิดละ ๒๐ ขวด ใส่ตะเกียงจะคุตสารละลายจากขวด กาแฟขึ้นมา ทำให้เวอร์มิคูไลท์เปียกชุ่มอยู่ ตลอดเวลา และเลี้ยงกล้าไม้ไว้ในสภาพการณื เช่นนี้ เป็นเวลา ๑ สัปดาห์ โดยเติมสารละลายให้เท่าระดับที่หมายไว้ คือ ๒๕๐ ซีซี. ทุกวัน จากนั้นจึงเปลี่ยนสารละลายใหม่ทั้งหมดตามที่มีความเข้มข้นของเกลือโซเดียม-

คลอไรด์ ดังนี้ ๐ (control), ๐.๕, ๑.๐, ๑.๕ และ ๒.๐% ตามลำดับ แต่ละ treatment จะมี ๔ ซ้ำๆ ละ ๑ ต้น เป็นตัวแทนกล้าไม้ ใช้เวลาเลี้ยงกล้าไม้เหล่านี้ในเรือนทดลองเป็นเวลา ๓ เดือน โดยมีการเติมสารละลายให้ไว้ระดับทุกๆ วัน และสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ เมื่อครบ ๓ เดือนแล้ว นำกล้าไม้เหล่านี้มา หามวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดิน (ลำต้น) และใต้พื้นดิน (ราก) เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

ผลและวิจารณ์ผล

พันธุ์ไม้ตอบสนองต่อความเค็ม

พันธุ์ไม้ต่าง ๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือสูงขึ้น มวลชีวภาพจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด การเจริญเติบโตก็ลดลงด้วย ทั้งการเจริญเติบโตด้านความโตและความสูง และความยาวของราก (Table 1) ลักษณะทางสัณฐานของใบ, ลำต้น จะเปลี่ยนไปด้วยความเข้มข้นของเกลือมาก ใบจะมีสีแดงและแห้งตายไป นอกจากนั้นจำนวนรากก็มีน้อยลง รากจะสั้นแข็ง การแตกรากฝอยจะมีน้อยลง และไม่อ่อนนุ่มเหมือน control การทดลองในสารละลายเช่นนี้สามารถที่จะบอกได้ว่า สาเหตุที่ทำให้กล้าไม้ไม่เจริญเติบโตหรือตาย

ได้นั้น เนื่องมาจากความเป็นพิษของเกลือเท่านั้น ถ้าหากว่าจะนำไปใช้ในพื้นที่แล้ว ก็ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย คือ สภาพดินฟ้าอากาศ, ดิน, ความยาวนานของฝนทั้งช่วง ตลอดจนสายพันธุ์ของพันธุ์ไม้เหล่านี้ และในการทดลองความทนต่อสภาพความเค็มนั้น ยากแก่การวิเคราะห์ทางสถิติ (Hill, 1984) เพราะมีปัญหาในการวัดค่าความทนเค็มออกมา เพราะค่าความแตกต่างความทนบอกได้น้อยมาก วิธีที่แนะนำให้ใช้พิจารณาก็คือ ต้องหาค่าดัชนีความทนของไม้แต่ละชนิดก่อน และเปรียบเทียบโดยใช้ค่าความเข้มข้นที่ความเจริญเติบโตลดลง

Table 1. Growth of tree species at age 3 months under different NaCl concentrations. (cm.)

No.	Species	Control				NaCl 0.5%				NaCl 1.0%				NaCl 1.5%				NaCl 2.0%			
		Stem		Root		Stem		Root		Stem		Root		Stem		Root		Stem		Root	
		D	H	D	L	D	H	D	L	D	H	D	L	D	H	D	L	D	H	D	L
1	<i>L. leucocephala</i>	0.41	47.0	0.61	70.0	0.22	18.8	0.33	28.3	0.20	11.5	0.31	17.3	0.16	12.0	0.25	18.0	0.18	10.5	0.26	16.0
2	<i>A. auriculaeformis</i>	0.26	28.0	0.42	43.0	0.14	17.3	0.20	30.0	0.12	16.8	0.18	25.0	0.13	17.7	0.21	30.0	0.09	12.3	0.13	19.0
3	<i>A. occidentale</i>	0.56	43.8	0.85	66.0	0.52	0.3	0.73	46.3	0.46	27.3	0.70	40.8	0.49	23.5	0.74	35.5	0.47	25.3	0.70	37.3
4	<i>A. indica</i>	0.28	27.0	0.41	40.5	0.26	22.3	0.41	38.5	0.23	22.0	0.34	33.0	0.22	17.0	0.31	25.0	0.19	19.8	0.29	29.8
5	<i>E. camaldulensis</i>	0.43	71.3	0.64	107.5	0.34	53.8	0.51	80.5	0.36	44.0	0.56	66.0	0.13	21.3	0.17	31.0	—	—	—	—

เปรียบเทียบกับ control ที่เหมาะสม โดยปกติความเค็มจะลดการเจริญเติบโตในพืชเมื่อเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น มันจะไปลดระดับปริมาณธาตุอาหารโปตัสเซียม การสูญเสียโปตัสเซียมนี้ จะพบทั้งในส่วนลำต้นและราก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอออน (Greenway, 1963) แต่ Pitman and Courtice (1968) รายงานว่าในพืชบางชนิดที่มีความสามารถในการทนต่อความเค็มมาก จะพบว่าปริมาณโปตัสเซียมสะสมอยู่ในพืชนั้นสูงกว่า พืชที่ทนต่อความเค็มน้อยกว่า

ผลของความเค็ม ต่อการ พัฒนาของลำต้นและราก

๑. กระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*) มวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดิน (shoot) ระหว่าง control กับ treated ด้วย NaCl พบว่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ระดับความเชื่อมั่น ๙๙% และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งโดยวิธี LSD พบว่าปริมาณความเข้มข้นของ NaCl ๐.๕-๒.๐% ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๙% ซึ่งระบบส่วนใต้พื้นดิน (root) ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน (Table 4)

เมื่อเปรียบเทียบ Shoot : root ratio แล้ว พบว่า เมื่อ treated ด้วย NaCl ๐.๕-

๑.๐% เปรียบเทียบกับ control แล้วลดลง แสดงว่าอัตราส่วนการเจริญเติบโตของลำต้น (shoot) ลดลงมากกว่าอัตราส่วนลดลง การเจริญเติบโตของราก (root) นั่นก็คือ รากของกระถินยักษ์แสดงการตอบสนองต่อความเค็มน้อยกว่าส่วนของลำต้น (Table 2 และ 3) แต่ว่าเมื่อความเข้มข้นของ NaCl เป็น ๑.๐-๒.๐% S : R ratio มีค่าใกล้เคียงกับ control แสดงว่าอัตราส่วนการพัฒนาของลำต้นและรากลดลงใกล้เคียงกัน

๒. กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) จากการวิเคราะห์ทางสถิติมวลชีวภาพของส่วน shoot และ root ไม่มีความแตกต่างกัน ทางสถิติ ที่ระดับ ความเชื่อมั่น ๙๕% แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งส่วน shoot ปรากฏว่า control กับ NaCl ๐.๕-๒.๐% มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% ส่วนระดับ ๐.๕-๒.๐% ด้วยกัน ไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับส่วน root ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้ง ระหว่าง control กับ NaCl ๐.๕% และ ๐.๕-๒.๐% ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนระหว่าง treatments อื่นๆ มีความแตกต่างกัน (Table 5)

S : R ratio ของกระถินณรงค์ เปรียบเทียบ control กับ NaCl ๐.๕-๑.๐% แล้วพบว่าลดลง แสดงว่าการพัฒนาของส่วนลำต้นน้อยกว่าการพัฒนาส่วนราก เมื่อ

Table 2. Effects of NaCl on root and shoot development of tree species at age 3 months.

Treatments	<i>L. leucocephala</i>			<i>A. auriculaeformis</i>			<i>A. occidentale</i>			<i>A. indica</i>			<i>E. camaldulensis</i>		
	Shoot yield	Root yield	S : R ratio	Shoot yield	Root yield	S : R ratio	Shoot yield	Root yield	S : R ratio	Shoot yield	Root yield	S : R ratio	Shoot yield	Root yield	S : R ratio
Control	2.2608	1.4298	1.58	0.8933	0.2898	3.08	3.3459	1.0457	3.20	0.9206	0.8164	1.13	3.4747	1.9562	1.78
NaCl 0.5 %	0.1051	0.0940	1.12	0.1659	0.1231	1.35	1.7933	0.7684	2.33	0.5628	0.5707	0.99	2.3007	0.7770	2.96
NaCl 1.0 %	0.1267	0.1200	1.06	0.2003	0.0620	3.23	1.5304	0.5850	2.62	0.4230	0.5487	0.95	1.3067	0.0367	35.60
NaCl 1.5 %	0.1879	0.0914	2.05	0.2015	0.0481	4.19	0.9657	0.3712	2.60	0.3952	0.4251	0.93	0.4148	0.1969	2.11
NaCl 2.0 %	0.0871	0.0813	1.07	0.0741	0.0195	3.80	0.9542	0.3750	2.54	0.3630	0.2568	1.41	0.0232	0.0010	23.20

Table 3. Biomass comparison of tree species under different NaCl concentrations at age 3 months.

Treatments	<i>L. leucocephala</i>			<i>A. auriculaeformis</i>			<i>A. occidentale</i>			<i>A. indica</i>			<i>E. camaldulensis</i>		
	Shoot yield	Root yield	S : R ratio	Shoot yield	Root yield	S : R ratio	Shoot yield	Root yield	S : R ratio	Shoot yield	Root yield	S : R ratio	Shoot yield	Root yield	S : R ratio
Control	2.2608	1.48298	1.58	0.8933	0.2898	3.08	3.3459	1.0457	3.20	0.9206	0.8164	1.13	3.4747	1.9562	1.78
NaCl 0.5-1.0 %	0.1159	0.1070	1.08	0.1831	0.0925	1.98	1.6619	0.6767	2.45	0.5429	0.5592	0.97	1.8037	0.4685	3.85
NaCl 1.0-2.0 %	0.1375	0.0863	1.59	0.1378	0.0338	4.08	0.9597	0.3731	2.57	0.3791	0.1497	2.53	0.2190	0.0989	2.21

Table 4. Analysis of variance and means comparison for the dry-weight of *Leucaena leucocephala* seedlings, at age 3 months, under various concentrations of NaCl.

Shoot :

SOV	df	SS	MS	F	
Treatments	4	14.5845	3.6446	34.2676**	
Error	15	1.5942	0.1064		
Total	19	16.1787			
Doses (%)	0	1.5	1.0	0.5	2.0
$\bar{x}$	2.2608	<u>0.1879</u>	<u>0.1267</u>	<u>0.1051</u>	<u>0.0871</u>

Root :

SOV	df	SS	MS	F	
Treatments	4	5.6901	1.4225	12.6444**	
Error	15	1.6879	0.1125		
Total	19	7.378			
Doses (%)	0	1.0	0.5	1.5	2.0
$\bar{x}$	1.4298	<u>0.1200</u>	<u>0.0940</u>	<u>0.0914</u>	<u>0.0813</u>

** highly significant difference at 99 % confident interval, underlined figures are non-significantly different at 99 % by LSD.

เปรียบเทียบกับการพัฒนาปกติของ control แต่ที่ระดับ NaCl ๑.๐-๒.๐% S : R ratio เพิ่มมากขึ้นกว่า control แสดงว่าความเข้มข้นมากขึ้น เกลือมีผลต่อระบบรากของกระถินณรงค์อย่างมาก การพัฒนาของรากเป็นไปได้ยาก (Table 2 และ 3)

๓. มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale*) จากการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของ shoot และ root ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 6) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้ง ส่วน shoot ปรากฏว่าระดับความเข้มข้นของ NaCl

Table 5. Analysis of variance and means comparison for the dry-weight of *Acacia auriculaeformis* seedlings, at age 3 months, under various concentrations of NaCl.

Shoot :

SOV	df	SS	MS	F	
Treatments	4	1.8944	0.4736	2.8258 ^{ns}	
Error	15	2.5136	0.1676		
Total	19	4.408			
Doses (%)	0	1.5	1.0	0.5	2.0
$\bar{x}$	0.8953	0.2015	0.2003	0.1659	0.0741

Root :

SOV	df	SS	MS	F	
Treatment	4	0.1967	0.0492	2.2466 ^{ns}	
Error	15	0.3285	0.0219		
Total	19	0.5242			
Doses (%)	0	0.5	1.0	1.5	2.0
$\bar{x}$	0.2898	0.1231	0.0620	0.0481	0.0195

ns = non-significant difference at 95 % confident interval, underlines figures are non-significantly different at 95 % by LSD.

๐.๕-๒.๐% ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ control กับ treatment อื่นๆ มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๙% สำหรับส่วนของ root ความเข้มข้น NaCl ๐.๕ กับ ๑.๐% และ ๑.๐-๒.๐% ไม่มีความแตกต่างกัน แต่กับ treatments อื่นๆ มีความ

แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๙% (Table 6)

เมื่อเปรียบเทียบ S : R ratio ปรากฏว่าระดับความเข้มข้นของ NaCl ๐.๕-๒.๐% ลดลง และลดลงใกล้เคียงกัน แสดงว่าอัตราส่วนการพัฒนาของส่วน shoot และ

Table 6. Analysis of variance and means comparison for the dry-weight of *Anacardium occidentale* seedlings; at age 3 months, under various concentrations of NaCl.

Shoot :

SOV	df	SS	MS	F	
Treatments	4	15.3644	3.8411	9.8012**	
Error	15	5.8786	0.3919		
Total	19	21.2430			
Doses (%)	0	0.5	1.0	1.5	2.0
$\bar{x}$	3.3459	<u>1.7933</u>	<u>1.5304</u>	<u>0.9651</u>	<u>0.9542</u>

Root :

SOV	df	SS	MS	F	
Treatments	4	1.3041	0.3260	11.6014**	
Error	15	0.4209	0.0281		
Total	19	1.7250			
Doses (%)	0	0.5	1.0	2.0	1.5
$\bar{x}$	1.0457	<u>0.7684</u>	<u>0.5850</u>	<u>0.3750</u>	<u>0.3712</u>

**

highly significant difference at 99 % confident interval, underlined figures are non-significantly different at 95 % by LSD.

root ใกล้เคียงกัน (Table 2 และ 3)

๔. สะเดา (*Azedarachta indica*)

วิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของ shoot และ root ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 7) สำหรับค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของส่วน shoot ปรากฏว่าระดับความเข้มข้น

ของ NaCl ๐.๕-๒.๐% ไม่มีความแตกต่างกัน แต่กับ control แล้วมีความแตกต่างกันที่ระดับความเข้มข้น ๘๕% ส่วนของ root ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของ control ๐.๕, ๑.๐ และ ๑.๕% ไม่แตกต่างกัน แต่ treatments เหล่านี้กับ ๒.๐% แตกต่างกันที่ระดับความเข้มข้น ๘๕% (Table 7)

Table 7. Analysis of variance and means comparison for the dry-weight of *Azedarachta indica* seedlings, at age 3 months, under various concentrations of NaCl.

Shoot :

SOV	df	SS	MS	F	
Treatments	4	0.9445	0.2361	5.1104 ^{**}	
Error	15	0.6926	0.0462		
Total	19	1.6371			
Doses (%)	0	0.5	1.0	1.5	2.0
$\bar{x}$	0.9206	0.5628	0.5230	0.3952	0.3630

Root :

SOV	df	SS	MS	F	
Treatments	4	0.7976	0.1994	1.7803 ^{ns}	
Error	15	1.6647	0.1120		
Total	19	2.4623			
Doses (%)	0	0.5	1.0	1.5	2.0
$\bar{x}$	0.8164	0.5707	0.5487	0.4251	0.2568

^{**} = highly significant difference at 99 % confident interval

ns = non-significant difference at 95 % confident interval, underlined figures are non-significantly different at 95 % by LSD.

อัตราส่วนของ S : R ratio ปรากฏว่า ระดับความเข้มข้น NaCl ๐.๕-๑.๐% ลดลงจาก control แต่เพิ่มมากขึ้นที่ระดับความเข้มข้น NaCl ๑.๐-๒.๐% แสดงว่าระดับความเข้มข้น ๐.๕-๑.๐% อัตราการพัฒนาราก

ของ shoot ลดลงมากกว่าอัตราส่วนการพัฒนาส่วนของ root แต่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มเป็น ๑.๐-๒.๐% แล้ว อัตราการพัฒนาก้าน shoot แม้ว่าจะลดลงแล้วแต่ก็ลดลงน้อยกว่า อัตราการพัฒนาก้าน root เสียอีก รากของ

ตะเคาจะตอบสนองต่อเกลือ เป็นอย่างมาก (Table 2 และ 3)

๕. ยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) วิเคราะห์หาเรียนรู้ของ shoot ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๙%

แต่ส่วนของ root ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% (Table 8)

แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยส่วนของ shoot ปรากฏว่า control กับ treatments อื่นๆ มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕% ส่วนระดับความเข้มข้น ระหว่าง ๐.๕ กับ

Table 8. Analysis of variance and means comparison for the dry-Weight of *Eucalyptus camaldulensis* seedlings; at age 3 months, under various concentrations of NaCl.

Shoot :

SOV	df	SS	MS	F	
Treatments	4	35.0346	8.7587	19.2330 ^{**}	
Error	15	6.8308	0.4554		
Total	19	41.8654			
Doses (%)	0	0.5	1.0	1.5	2.0
$\bar{x}$	3.4747	<u>2.3007</u>	<u>1.3067</u>	<u>0.4148</u>	<u>1.0232</u>

Root :

SOV	df	SS	MS	F	
Treatments	4	11.0825	2.7706	2.8079 ^{ns}	
Error	15	14.8000	0.9867		
Total	19	25.8825			
Doses (%)	0	0.5	1.5	1.0	2.0
$\bar{x}$	<u>1.9562</u>	<u>0.7770</u>	<u>0.1969</u>	<u>0.0367</u>	<u>0.0010</u>

**

= highly significant difference at 99 % confident interval.

ns = non-significant difference at 95 % confident interval, underlined figures are non-significantly different at 95 % by LSD.

๑.๐%, ๑.๐ กับ ๑.๕% และ ๑.๕ กับ ๒.๐% ไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาส่วนของ root แล้ว ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้ง ระหว่าง control กับ ๐.๕% และ ๐.๕-๒.๐% ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนระหว่าง treatments อื่น ๆ มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%

อัตราส่วน Shoot : root ratio ปรากฏว่า ระดับความเข้มข้น NaCl ๐.๕-๑.๐% และ ๑.๐-๒.๐% เพิ่มมากขึ้นกว่า control แสดงว่า อัตราการพัฒนาก้าน shoot มีมากกว่าก้าน root แม้ว่าความเค็มมากขึ้น การเจริญเติบโตจะลดลงก็ตาม แต่ก้าน shoot จะลดลงน้อยกว่าส่วนของ root จึงทำให้อัตราส่วนมากกว่า control (Table 2 และ 3)

การวิเคราะห์สารละลาย

เมื่อการทดลองสิ้นสุดลงได้นำสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์มาตรวจเพื่อหาปริมาณของเกลือจากการตกตะกอนว่ามีมากน้อยเพียงใด ปรากฏว่าความเข้มข้นของเกลือยังมีค่าใกล้เคียงกับตอนเริ่มแรกการทดลอง (Table 9) แสดงว่าพันธุ์ไม้แต่ละชนิดได้ดูดเอาสารละลายเกลือเข้าไปในส่วนของลำต้นและรากตามอัตราส่วนของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เตรียมไว้จาก treatments ต่าง ๆ

วิกฤตการณ์ของความทนเค็ม

วิกฤตการณ์ของความทนเค็มสามารถวัดได้จากเปอร์เซ็นต์รอดตาย, ความเจริญเติบโตด้านความสูง ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ความอวบหนา หรือแข็งในส่วนของพันธุ์ไม้ การชงักงัน และพิจารณาได้จากผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสภาพของเกลือ (Shannon, 1983) สำหรับพันธุ์ไม้ต่างๆ กระถินณรงค์, มะม่วงหิมพานต์ และสะเดา ให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายที่ระดับเกลือโซเดียมคลอไรด์ ๒.๐% ระหว่าง ๗๕-๑๐๐%, กระถินยักษ์ ๕๐% ส่วนยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซิส ตายหมด (Table 10) ซึ่งความทนเค็มมักขึ้นกับลักษณะทางพันธุกรรมของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด นอกจากนั้นสายพันธุ์ของพันธุ์ไม้แต่ละแหล่งจะมีความทนเค็มต่างกันด้วย

ความทนเค็ม ยังสามารถวัดได้จากความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของพันธุ์ไม้ภายใต้สภาวะการเค็มกับสภาพการณ์ที่ไม่เค็ม ผลผลิตจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเพิ่มความเค็มมากขึ้น ผลผลิตสูงสุดในสภาพการณ์ที่ไม่มีความเค็ม ตลอดจนความแข็งแรงในการเจริญเติบโตก็ดีกว่าด้วย

การวิเคราะห์ความทนเค็ม

โดยทั่วไปแล้ว นักปรับปรุงพันธุ์จะพบว่า การศึกษาทางสรีรวิทยา ความ

Table 9. Comparison of NaCl concentrations between used solution and standard solution at age 3 months. (millimhos)

NaCl 0.5 %		NaCl 1.0 %		NaCl 1.5 %		NaCl 2.0 %	
Solution	Standard	Solution	Standard	Solution	Standard	Solution	Standard
8.5	9.2	20.0	18.0	30.0	27.0	40.0	36.0

Table 10. Survival percentage of tree species under different NaCl concentrations at age 3 months.

No.	Species	control	0.5 %	1.0 %	1.5 %	2.0 %
1	<i>Leucaena leucocephala</i>	100	100	100	100	50
2	<i>Acacia auriculaeformis</i>	75	75	100	75	75
3	<i>Anacardium occidentale</i>	100	100	100	50	100
4	<i>Azedarachta indica</i>	100	100	100	75	100
5	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	100	100	50	75	0

ทนเค็มไม่สามารถวิเคราะห์ความทนเค็มของพันธุ์ไม้ได้หมดทีเดียว เพราะมันเป็นการยากในการวัด เนื่องจากมันมีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องนอกเหนือจากความเค็ม เป็นต้นว่า ความยุ่งยากของความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ลักษณะของยีนส์ที่ปรากฏแสดงลักษณะออกให้เห็น นอกจากนั้นพันธุ์ไม้บางชนิดยังทนต่อ โรค รา แมลง โดยที่ยังไม่แสดงออกมาให้เห็น ทำให้เราไม่ทราบ

อย่างถ่องแท้ในทิศทางความเป็นพิษ หรือสายพันธุ์ที่ทนต่อสภาพความร้อน ความแห้งแล้ง และสิ่งแวดล้อมอื่นที่เป็นไปตลอดจนความรู้ขั้นพื้นฐานทางสรีรวิทยาที่เชื่อมโยงระหว่างยีนส์กับความเป็นพิษ ฉะนั้นนักปรับปรุงพันธุ์ จึงต้องใช้เวลาในการศึกษาและวิเคราะห์ และช่วยเหลือให้การสนับสนุนตัวอย่างพันธุ์พืชแก่นักสรีรวิทยาเพื่อแก้ไขปัญหาค่าความเสียหายเนื่องจากความเค็ม

สรุปผลการทดลอง

๑. มวลชีวภาพของ shoot และ root ลดลง เมื่อปริมาณของเกลือโซเดียมคลอไรด์

เพิ่มมากขึ้น

๒. การเจริญเติบโตลดลง เมื่อ

ปริมาณของเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งจำนวนราก ความโตของราก และความยาวของรากด้วย

๓. อัตราส่วนของ Shoot : root ratio ของไม้กระถินยักษ์, กระถินณรงค์, มะม่วง-หิมพานต์ และสะเคา ลดลง ที่ระดับของเกลือโซเดียมคลอไรด์ ๐.๕-๑.๐% แสดงว่าส่วนของ shoot มีปริมาณมวลชีวภาพลดลงมากกว่าปริมาณมวลชีวภาพส่วนของราก แต่ Shoot : root ratio เพิ่มมากขึ้นที่ระดับของเกลือโซเดียมคลอไรด์ ๑.๐-๒.๐% แสดงว่าเมื่อปริมาณมวลชีวภาพของส่วน shoot ลดลงมากกว่าระดับความเค็ม ๐.๕%-๑.๐% แล้ว แต่ยังคงน้อยกว่ามวลชีวภาพของราก

เสียอีก จึงทำให้อัตราส่วนเพิ่มขึ้น สำหรับ *E. camaldulensis* แล้ว อัตราส่วนของ Shoot : root ratio จะเพิ่มมากขึ้นทั้งที่ระดับเกลือโซเดียมคลอไรด์ ๐.๕-๑.๐% และ ๑.๐-๒.๐% เมื่อเปรียบเทียบกับ control แสดงว่าปริมาณมวลชีวภาพของส่วน shoot เมื่อมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่มมากขึ้นแล้ว ส่วนของ shoot ยังลดลงน้อยกว่าส่วนของ root

๔. เปอร์เซนต์การรอดตายลดลง เมื่อเพิ่มระดับความเค็มมากขึ้น และไม้ *E. camaldulensis* จะตายหมดที่ระดับเกลือโซเดียมคลอไรด์ ๒.๐%

เอกสารอ้างอิง

- Barrett-Lennard, E.G. 1984. Water-logging growth and NaCl uptake by vascular plants growing under saline conditions. In RFD seminar papers. Australia.
- El-Lakany, M.H. 1984. Fuel and wood production on salt affected soils. In RFD seminar papers. Australia.
- Greenway, H. 1963. *Plant responses to saline substrates*. Reprinted for the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia.
- Hill, J.R.C. 1984. Testing plant adaptation to difficult site. In RFD seminar papers. Australia.
- Malcolm C.V. 1984. Production from salt affected soils. In RFD seminar papers. Australia.

- Pitman, M.G. and A.C. Courtice. 1968. Comparison of potassium and sodium uptake by barley root at high and low salt. status. Aust. *J. Biol. Sci.* 21 : 871-881.
- Shannon, M.C. 1983. *Breeding, selection and the genetics of salt tolerance.* Riverside, CA : U.S. Salinity Laboratory.
- United States Salinity Laboratory. 1953. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.* Washington, DC. : U.S. Government Printing Office.
-