แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1 : (2557).

KHON KAEN AGR. J. 42 SUPPL. 1 : (2014).

การเปลี่ยนแปลงของการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ การเปิดปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ของกิ่งยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 ที่ถูกตัด

Changes in net photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and photosynthesis water use efficiency of cutted rubber branch c.v. RRIM 600

อันธิพร เขียนเสือ[1*], สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ[1] และ เจษฎา ภัทรเลอพงศ์[1]

Auntiporn Keansua[1*], Sukumaporn Sriphadet[1] and Jessada Phattaralerphong[1]

บทคัดย่อ: การศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ การเปิดปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ของกิ่งยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 ที่ถูกตัด 4 วิธี คือ ตัดกิ่งแล้วไม่แช่น้ำ ตัดกิ่งแล้วแช่น้ำทันที ตัดกิ่งทิ้งไว้ 5 นาที และ10 นาที จึงแช่น้ำ เปรียบเทียบค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ การเปิดปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กับค่าก่อนที่กิ่งถูกตัด พบว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบ ลดลงทันทีหลังกิ่งถูกตัด ค่าลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 15 นาทีแรก การนำกิ่งที่ถูกตัดแช่น้ำทันที ทิ้งไว้ 5 หรือ 10 นาที มีผลช่วยให้ใบยางพารากลับมีค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบ คืนสภาพปกติ เมื่อหลังจากนำกิ่งแช่น้ำเป็นเวลา 25 นาที ขณะที่ประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คืนสู่สภาพปกติหลังแช่น้ำในเวลา 10 นาที

คำสำคัญ: ยางพารา, การสังเคราะห์ด้วยแสง, การคายน้ำ, การเปิดปากใบ, ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

ABSTRACT: A study on changes in net photosynthesis (Pn), transpiration (Tr), stomatal conductance (Gs) and photosynthesis water use efficiency (WUE) of cutted rubber branch c.v. RRIM 600. Four methods included, do not put into the water, immediately put the branch into the water after cut, and put into the water after cut 5 and 10 minutes. The comparing of Pn, Tr, Gs and WUE values before and after cut were done. The result were found that Pn, Tr and Gs decrease immediately after branch was cut. The value decreased rapidly in first 15 minutes. Putting the branch into the water immediately, and putting the brance into the water 5 or and 10 minutes after cut expressed that the Pn, Tr, Gs and WUE could restored to the normal value before the branch was cut. Additionally, Pn, Tr and Gs were restored in 25 minutes while WUE was restored in 10 minutes.

Keywords: Rubber, Photosynthesis, Transpiration, Stomatal conductance, Water use efficiency

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus 47000

* Corresponding author: auntiporn@gmail.com

บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศมาเป็นเวลามากกว่า 100 ปี สร้างรายได้เลี้ยงชีวิตเกษตรกรชาวสวนยางมากกว่า 1 ล้านครัวเรือน มีการส่งออกไปขายให้แก่ประเทศที่มีความเจริญทางอุตสาหกรรม เช่น สหรัฐอเมริกา จีน และญี่ปุ่น (บัญชา, 2554) มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณการผลิตยางธรรมชาติเพื่อรองรับความต้องการของตลาดโลก (กรมวิชาการเกษตร, 2552) นอกจากการเพิ่มพื้นที่ปลูกแล้วการเพิ่มผลผลิตน้ำยางต่อพื้นที่ยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณการผลิตยางธรรมชาติ การสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยเพิ่มผลผลิตพืช (ปรียา, 2548) อย่างไรก็ตามในยางพาราการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงและการคายน้ำต่อผลผลิตยังมีไม่มากนัก (Sangsing et al., 2004) เนื่องจากยางพาราเป็นไม้ยืนต้นที่มีขนาดสูงใหญ่ เป็นอุปสรรคต่อการขนย้ายเครื่องมือขึ้นไปวัดบนต้นและไม่ปลอดภัยทั้งต่อเครื่องมือรวมทั้งผู้ปฏิบัติงาน จึงได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบยางพาราบนกิ่งที่ตัดลงมาจากต้น เพื่อใช้ในการศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบจากยางพาราต้นสูง ซึ่งไม่สามารถนำเครื่องมือขึ้นไปวัดบนต้นได้ โดยเลือกยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 เป็นตัวอย่างในงานทดลองนี้ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรปลูกมากที่สุดในประเทศไทย (ดารณี, 2554) โดยทดลองกับต้นยางพาราอายุ 2 ปี จำลองสภาพที่จะเกิดขึ้นเมื่อวัดในแปลงยางพาราต้นใหญ่ที่จำเป็นต้องตัดกิ่งลงมาจากต้น ผลการทดลองนี้ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่เป็นประโยชน์สำหรับการวัดยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งมีต้นขนาดใหญ่ และน่าจะสามารถประยุกต์ใช้กับยางพาราสายพันธุ์อื่นๆ ได้

วิธีการศึกษา

ยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 อายุ 2 ปี ระยะปลูก 3X5 เมตร ปลูก ณ ฟาร์มพืชคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ทำการทดลองระหว่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2556 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ การเปิดปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ของใบยางพาราในกิ่งที่ตัดในตำแหน่งโคนฉัตร โดยเลือกฉัตรที่ใบเจริญเติบโตเต็มที่มีอายุใกล้เคียงกัน จำนวน 4 ซ้ำ หลังตัดกิ่งแล้วตัดใบอื่นๆ ทิ้งเหลือเฉพาะใบที่จะทำการวัด โดยมีวิธีการจัดการกิ่งหลังตัดแตกต่างกัน 4 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 ตัดกิ่งแล้วทิ้งไว้โดยไม่แช่น้ำ

วิธีที่ 2 ตัดกิ่งแล้วแช่น้ำทันที และใช้กรรไกรตัดกิ่งใต้น้ำห่างจากโคนกิ่ง 2 นิ้ว

วิธีที่ 3 ตัดกิ่งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจึงนำมาแช่น้ำและใช้กรรไกรตัดกิ่งใต้น้ำห่างจากโคนกิ่ง 2 นิ้ว

วิธีที่ 4 ตัดกิ่งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วจึงนำมาแช่น้ำและใช้กรรไกรตัดกิ่งใต้น้ำห่างจากโคนกิ่ง 2 นิ้ว

การวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำและการเปิดปากใบ ด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงรุ่น LI-6400 (LI-COR, INC) โดยทุกวิธีการจะวัดติดตามค่าตลอดเวลาทุก 5 นาที ตั้งแต่ก่อนตัดกิ่งจนถึงเวลา 60 นาทีหลังตัดกิ่ง กำหนดสภาพแวดล้อมในการวัด คือ ความเข้มแสง 1400 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ 400 ppm ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 50-60 % อุณหภูมิใบ 32-34 องศาเซลเซียส

คำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Sun et al., 2011) ดังนี้

WUE = Pn/Tr

เมื่อ WUE คือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (μmol CO_2/mmol-H_2O)

Pn คือ การสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1})

Tr คือ การคายน้ำ (mmol H_2O m^{-2} s^{-1})

เปรียบเทียบค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ การเปิดปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ณ เวลาต่างๆ กับค่าที่วัดได้ก่อนตัดกิ่งออกจากต้น (นาทีที่ 0) ด้วยวิธี Pared T-test

ผลการศึกษา

การสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (Pn)

ยางพารา RRIM 600 ก่อนตัดกิ่งออกจากต้น มีค่าอยู่ระหว่าง 9.30-10.18 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} กิ่งที่ตัดออกจากต้นโดยไม่แช่น้ำ Pn มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 15 นาทีแรก หลังกิ่งถูกตัด แล้วค่าลดลงเรื่อยๆ จนถึงนาทีที่ 60 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.80 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ขณะที่กิ่งที่ตัดแล้วแช่น้ำทันที กิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 5 นาที จึงแช่น้ำ และกิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 10 นาที จึงแช่น้ำ มีค่าลดลงต่ำสุดนาทีที่ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.89, 5.50 และ 5.35 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ หลังจากนั้น Pn เพิ่มขึ้นและคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 25, 30 และ 35 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 9.40, 9.63 และ 9.48 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ (Table 1)

การคายน้ำ (Tr)

ยางพารา RRIM 600 ก่อนตัดกิ่งออกจากต้น มีค่าอยู่ระหว่าง 4.43-5.34 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} กิ่งที่ตัดออกจากต้นโดยไม่แช่น้ำ Tr มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 15 นาทีแรก แล้วค่าลดลงเรื่อยๆ จนถึงนาทีที่ 60 Tr มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.94 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} สำหรับกิ่งที่ตัดแล้วแช่น้ำทันที กิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 5 นาที จึงแช่น้ำ และกิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 10 นาที จึงแช่น้ำ มีค่าลดลงต่ำสุดนาทีที่ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 2.03, 3.10 และ 2.53 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ หลังจากนั้น Tr เพิ่มขึ้นและคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 25, 30 และ 35 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 4.35, 4.58 และ 5.09 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ (Table 1)

การเปิดปากใบ (Gs)

ยางพารา RRIM 600 ก่อนตัดกิ่งออกจากต้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.220-0.260 mol H_2O m^{-2} s^{-1} กิ่งที่ตัดออกจากต้นโดยไม่แช่น้ำมีค่า Gs ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 15 นาทีแรก แล้วค่าลดลงเรื่อยๆ จนถึงนาทีที่ 60 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.024 mol H_2O m^{-2} s^{-1} ส่วนกิ่งที่ตัดแล้วแช่น้ำทันที กิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 5 นาที จึงแช่น้ำ และกิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 10 นาที จึงแช่น้ำ มีค่า Gs ลดลงต่ำสุดนาทีที่ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 0.153, 0.118 และ 0.162 mol H_2O m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ หลังจากนั้น Gs เพิ่มขึ้นและคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 25, 30 และ 35 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 0.220, 0.202 และ 0.215 mol H_2O m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ (Table 1)

ประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (WUE)

ยางพารา RRIM 600 ก่อนตัดกิ่งออกจากต้น มีค่าอยู่ระหว่าง 1.83-2.08 μmol CO_2/mmol H_2O เมื่อตัดกิ่งออกจากต้นโดยไม่แช่น้ำ มีค่า WUE เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงนาทีที่ 60 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.94 μmol CO_2/mmol H_2O กิ่งที่ตัดแล้วแช่น้ำทันที กิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 5 นาที จึงแช่น้ำ และกิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 10 นาที จึงแช่น้ำ มีค่า WUE เพิ่มขึ้นหลังจากที่กิ่งถูกตัดแล้ว แล้วค่าลดลงหลังกิ่งถูกแช่น้ำจนมีค่าคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 2.23, 2.09 และ 1.91 μmol CO_2/mmol H_2O ตามลำดับ (Table 1)

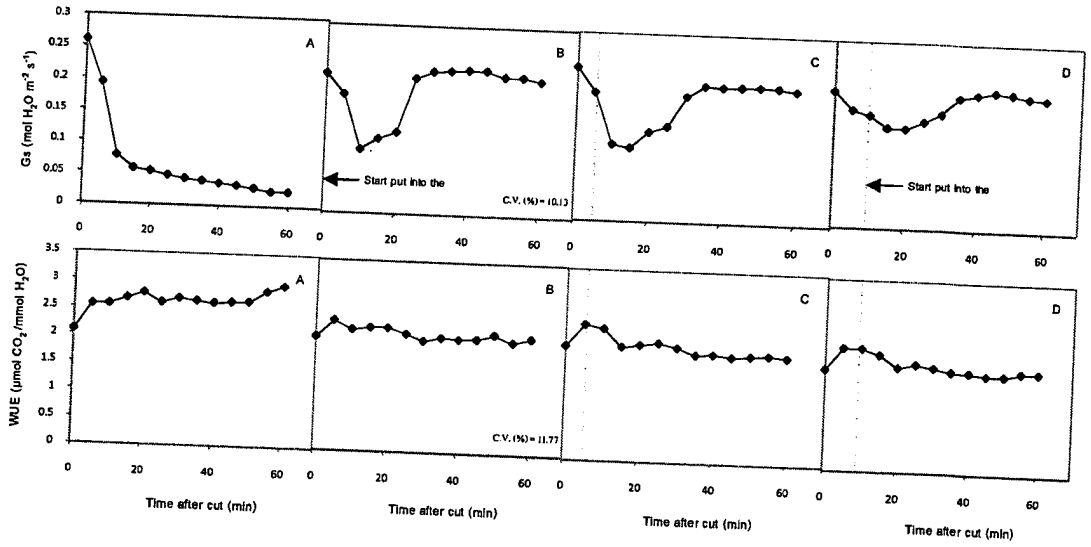
Gs (mol H2O m-2 s-1)
WUE (µmol CO2/mmol H2O)
A
B
C
D
Start put into the
C.V. (%) = 11.77
Time after cut (min)

Table 1 Changes in net photosynthesis (Pn, μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}), transpiration (Tr, mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), stomatal conductance (Gs, mol H_2O m^{-2} s^{-1}), and photosynthesis water use efficiency (WUE, μmol CO_2/mmol H_2O) of cutted rubber branch c.v. RRIM 600, by cut without put into the water (A), put into the water immediately after cut (B), put into the water after cut 5 minutes (C), put into the water after cut 10 minutes (D)

Parameter	Method	Time after cut (min)													C.V. (%)
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Pn	A	9.30	7.04*	6.01**	4.92**	4.98**	4.32**	4.19**	3.92**	3.62**	3.39**	3.02**	2.82**	2.80**	16.67
	B	10.18	8.12**	4.89**	5.38**	7.87**	9.40ns	9.38ns	9.74ns	9.68ns	9.76ns	9.72ns	9.33ns	9.40ns	11.40
	C	10.10	8.37**	5.76**	5.50**	8.16**	8.20**	9.63ns	9.96ns	10.18ns	9.93ns	9.97ns	9.91ns	9.58ns	8.77
	D	9.82	7.36**	6.96**	5.58**	5.35**	6.59**	8.00**	9.48ns	9.50ns	9.45ns	9.84ns	9.63ns	9.59ns	7.39
Tr	A	4.46	2.72**	2.32**	1.84**	1.78**	1.65**	1.55**	1.48**	1.38**	1.28**	1.15**	1.00**	0.94**	10.09
	B	4.43	3.79**	2.03**	2.38**	2.59**	4.35ns	4.56ns	4.60ns	4.63ns	4.63ns	4.45ns	4.46ns	4.35ns	14.63
	C	4.85	4.14**	3.14**	3.10**	3.46**	3.58**	4.58ns	5.03ns	5.10ns	5.06ns	5.04ns	4.98ns	4.94ns	11.55
	D	5.34	3.60**	3.40**	2.55**	2.53**	3.02**	3.77**	5.09ns	5.14ns	5.22ns	5.45ns	5.43ns	5.40ns	4.59
Gs	A	0.260	0.193**	0.077**	0.057**	0.053**	0.047**	0.042**	0.039**	0.036**	0.033**	0.029**	0.024**	0.024**	20.33
	B	0.220	0.212**	0.153**	0.166**	0.190**	0.220ns	0.226ns	0.225ns	0.222ns	0.022ns	0.221ns	0.219ns	0.220ns	10.13
	C	0.245	0.206**	0.123*	0.118**	0.144*	0.153*	0.202ns	0.220ns	0.218ns	0.219ns	0.220ns	0.219ns	0.215ns	20.65
	D	0.220	0.190**	0.182**	0.163**	0.162**	0.174**	0.187**	0.215ns	0.220ns	0.225ns	0.222ns	0.217ns	0.215ns	4.82
WUE	A	2.08	2.55**	2.56**	2.67*	2.78**	2.60*	2.69*	2.64**	2.61**	2.63**	2.64**	2.83*	2.94**	9.23
	B	2.08	2.39*	2.23ns	2.28ns	2.28ns	2.17ns	2.05ns	2.12ns	2.10ns	2.11ns	2.19ns	2.06ns	2.14ns	11.77
	C	2.08	2.49*	2.42*	2.09ns	2.14ns	2.18ns	2.11ns	1.98ns	2.00ns	1.96ns	1.98ns	2.00ns	1.97ns	10.19
	D	1.83	2.24**	2.25**	2.13**	1.91ns	1.98ns	1.92ns	1.86ns	1.84ns	1.81ns	1.80ns	1.87ns	1.87ns	9.80

ns non significant different from 0 min ($P>0.05$).

* significant different from 0 min ($P<0.05$).

** highly significant different from 0 min ($P<0.01$).

วิจารณ์

เมื่อตัดกิ่งออกจากต้นโดยวิธีตัดกิ่งแล้วแช่น้ำทันที ตัดกิ่งทิ้งไว้ 5 นาที และ 10 นาที แล้วแช่น้ำ หลังจากแช่น้ำแล้วการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบ ระยะแรกยังมีค่าลดลงเรื่อยๆ ทั้งๆ ที่ยังแช่น้ำอยู่ อาจเนื่องมาจากก่อนแช่น้ำกิ่งยางพารายังไม่ฟื้นตัวจากการขาดน้ำ ซึ่งในขณะนั้นกิ่งถูกตัดออกจากต้นในบรรยากาศ จะมีอากาศในบรรยากาศเข้าไปเป็นฟองอากาศในท่อลำเลียงน้ำ Xylem เข้าไปแทนที่น้ำ (Taiz and Zeiger, 1998) แต่การทดลองนี้ได้ทำการตัดกิ่งใต้น้ำทำให้ไม่เกิดสภาพมีฟองอากาศใน Xylem หลังจากตัดกิ่งใต้น้ำแล้ว กิ่งยางพาราจึงสามารถดูดน้ำได้ตามปกติ หลังจากนั้นกิ่งยางพาราจึงเริ่มฟื้นตัวจากความเครียดของสภาวะการขาดน้ำ ซึ่งค่าที่เริ่มฟื้นตัวมีค่าคงที่ใช้เวลา 25 นาทีหลังแช่น้ำ สำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบ ขณะที่ประสิทธิภาพการใช้น้ำใช้เวลา 10 นาที หลังแช่น้ำ จากผลการทดลองของ Souza et al. (2004) พบว่าต้น Cowpea เมื่องดการให้น้ำส่งผลต่อการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง อัตราการคายน้ำ และการเปิดปากใบ มีค่าลดลง แต่เมื่อได้รับน้ำอีกครั้งจะทำให้มีค่าเพิ่มขึ้น จนมีค่าไม่แตกต่างกับต้นที่ได้รับน้ำตามปกติ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าไม่แตกต่างกับต้นที่ได้รับน้ำตามปกติด้วย

กิ่งยางพาราในขณะที่แช่น้ำจะต้องมีกลไกในการลำเลียงน้ำ เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในใบได้ ทั้งๆ ที่ไม่มีรากดูดน้ำและค้ำจุนกับดิน แต่กลับมีค่าไม่แตกต่างกับกิ่งปกติที่ไม่ถูกตัดออก (Salisberry and Ross, 1992)จึงเป็นไปได้ที่กิ่งยางพาราจะอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ เพื่อทดแทนน้ำที่ยางพาราสูญเสียไปจากการคายน้ำออกทางปากใบ (Willmer and Fricker, 1996) การคายน้ำทำให้ค่าศักย์ของน้ำในผนังเซลล์ปากใบลดลง โดยน้ำจากเซลล์ข้างเคียงที่มีค่าศักย์ของน้ำสูงกว่าจะออสโมซิสเข้าทางผนังเซลล์มาแทนที่อย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ชั้น Mesophyll ของใบยางพาราจนถึงท่อ Xylem ของกิ่งยางพารา (Morh and Schopfer, 1995) นอกจากนั้นยังมีกลไกการทำงานร่วมกันกับแรงโคฮีชั่น คือ แรงยึดระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน โดยโมเลกุลน้ำจากชั้น Mesophyll ของใบดึงโมเลกุลน้ำจากท่อ Xylem ในกิ่งขึ้นมาสู่ยอด และแรงแอดฮีชัน คือ แรงยึดระหว่างน้ำและผนังเซลล์ โดยผนังเซลล์ของปากใบจะดึงน้ำจากเซลล์ข้างเคียงมาแทนที่ (ลิลลี่ และคณะ, 2552) จะเห็นได้ว่าทฤษฎีแรงดึงน้ำ 3 แรงนี้น่าจะมีบทบาทสำคัญที่ทำให้กิ่งยางพาราที่แช่น้ำสามารถลำเลียงน้ำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ใบได้ วิธีการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงของกิ่งยางพาราที่ตัดลงมาจากต้น แล้วนำไปแช่น้ำโดยตัดกิ่งใต้น้ำและรอให้ฟื้นตัวเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 25 นาที การทดลองนี้ยังอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยด้านการสังเคราะห์ด้วยแสงของไม้ยืนต้นชนิดอื่นๆ ที่มีลักษณะสูงใหญ่ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการขนเครื่องมือขึ้นไปวัดบนต้นด้วยเช่นกัน

ในขณะที่ตัดกิ่งยางพารา RRIM 600 ออกจากต้นโดยไม่แช่น้ำปรากฏว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบ มีค่าลดลง เนื่องจากกิ่งยางพาราสูญเสียน้ำจากการคายน้ำทางปากใบอย่างรวดเร็ว จะทำให้ปากใบปิดเพื่อลดการคายน้ำส่งผลต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แพร่เข้าสู่ปากใบได้ยาก แล้วการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลง (Lawlor, 2002) แต่ประสิทธิภาพการใช้น้ำกลับมีค่ามากกว่ากิ่งที่แช่น้ำ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Sangsing et al. (2004) พบว่ายางพาราสายพันธุ์ PB 260 และ PB 217 เมื่อมีความเครียดจากการขาดน้ำ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง อัตราการคายน้ำ และการเปิดปากใบ มีค่าลดลงแต่ประสิทธิภาพการใช้น้ำกลับมีค่าเพิ่มขึ้น

สรุป

สามารถตัดกิ่งยางพารา RRIM 600 ลงมาวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบได้ ถ้ามีการนำกิ่งไปแช่น้ำ ตัดใบอื่นๆ ทิ้งไม่ให้ดูด

แยงน้ำเหลือเฉพาะใบที่จะทำการวัด และตัดโคนกิ่งใต้น้ำเพื่อกำจัดฟองอากาศอุดตันโคนกิ่ง หลังจากนั้นต้องทิ้งเวลาอย่างน้อย 25 นาที ให้คืนสภาพปกติจึงสามารถวัดได้ ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ต้องทิ้งเวลาอย่างน้อย 10 นาที ควรนำกิ่งที่ตัดแล้วแช่น้ำให้เร็วที่สุดเพราะการทดลองนี้ตัดกิ่งทิ้งไว้ไม่เกิน 10 นาทีแล้วจึงแช่น้ำ แต่สถานการณ์จริงที่สอยกิ่งยางพารา เวลาตั้งแต่กิ่งหักออกจากต้นตกถึงพื้นดินใช้เวลาไม่ถึง 10 นาที สามารถแช่น้ำได้ทันหลังกิ่งถูกตัดจากต้นสูง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ โครงการวิจัยการพัฒนาประชากรลูกผสมยางพาราเพื่อค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลที่สัมพันธ์กับลักษณะทนแล้ง ศูนย์ความร่วมมือวิชาการไทย-ฝรั่งเศส (DORAS Center) คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2552. ยางพาราพืชเศรษฐกิจไทยใส่ใจโลกร้อน. แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th. ค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2556.

ดารณี เจริญสุข. 2554. พันธุ์ยาง. แหล่งข้อมูล: http://www.rubbercenter.org. ค้นเมื่อ 17 กันยายน 2556.

บัญชา สมบูรณ์สุข. 2554. ยางพาราพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจไทย. ภาควิชาพัฒนาการเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ปรียา บุญญสิริ. 2548. การดำรงชีวิตของพืช. ห้างหุ้นส่วนจำกัด พีเอ็นเค, กรุงเทพ ฯ.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุรียา ตันติวิวัฒน์. 2552. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

Lawlor, D.W. 2002. Limitation to photosynthesis in water-atressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. Annals of Botany. 89: 871-885.

Morh, H and P. Schopfer. 1995. Plant Physiology. Springer, Berlin.

Salisberry, F.B. and C.W. Ross. 1992. Plant Physiology. Wadworth Publishing company, California.

Sangsing, K., X.L. Roux, P. Kasemsap, S. Thanisawanyangkura, K. Sangkhasila, E. Gohet, and P. Thaler. 2004. Photosynthetic capacity and effect of drought on leaf gas exchange in two rubber (*Hevea brasiliensis*) clones. Kasetsart J. 38:111-122.

Souza, R.P., E.C. Machado, J.A.B. Silva, A.M.M.A. Lagoa, and J.A.G. Silveira. 2004. Photosynthetic gas exchanges, chlorophyll fluorescence and same associated metabolic chang in cowpea (*vigna unguiculata*) during water stress and recovery. Environmental and Experimental Botany. 51:45-56.

Sun, J.K., T. Li, J.B. Xia, J.Y. Tian, Z.H. Lu, and R.T. Wang. 2011. Influence of salt stress on ecophysiological parameters of *Periploca sepium* bunge. Plant Soil Environ. 57:139-144.

Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. Plant Physiology. Sinauer associated, Inc., publishers, California.

Willmer, C. and M. Fricker. 1996. Stomata. Champman and Hall, London.

แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1 : (2557).

KHON KAEN AGR. J. 42 SUPPL. 1 : (2014).

การเปลี่ยนแปลงของการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ การเปิดปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ของกิ่งยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 ที่ถูกตัด

Changes in net photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and photosynthesis water use efficiency of cutted rubber branch c.v. RRIM 600

อันธิพร เขียนเสือ[1*], สุขุมาภรณ์ ศรีเผด็จ[1] และ เจษฎา ภัทรเลอพงศ์[1]

Auntiporn Keansua[1*], Sukumaporn Sriphadet[1] and Jessada Phattaralerphong[1]

บทคัดย่อ: การศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ การเปิดปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ของกิ่งยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 ที่ถูกตัด 4 วิธี คือ ตัดกิ่งแล้วไม่แช่น้ำ ตัดกิ่งแล้วแช่น้ำทันที ตัดกิ่งทิ้งไว้ 5 นาที และ10 นาที จึงแช่น้ำ เปรียบเทียบค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ การเปิดปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กับค่าก่อนที่กิ่งถูกตัด พบว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบ ลดลงทันทีหลังกิ่งถูกตัด ค่าลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 15 นาทีแรก การนำกิ่งที่ถูกตัดแช่น้ำทันที ทิ้งไว้ 5 หรือ 10 นาที มีผลช่วยให้ใบยางพารากลับมีค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบ คืนสภาพปกติ เมื่อหลังจากนำกิ่งแช่น้ำเป็นเวลา 25 นาที ขณะที่ประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คืนสู่สภาพปกติหลังแช่น้ำในเวลา 10 นาที

คำสำคัญ: ยางพารา, การสังเคราะห์ด้วยแสง, การคายน้ำ, การเปิดปากใบ, ประสิทธิภาพการใช้น้ำ

ABSTRACT: A study on changes in net photosynthesis (Pn), transpiration (Tr), stomatal conductance (Gs) and photosynthesis water use efficiency (WUE) of cutted rubber branch c.v. RRIM 600. Four methods included, do not put into the water, immediately put the branch into the water after cut, and put into the water after cut 5 and 10 minutes. The comparing of Pn, Tr, Gs and WUE values before and after cut were done. The result were found that Pn, Tr and Gs decrease immediately after branch was cut. The value decreased rapidly in first 15 minutes. Putting the branch into the water immediately, and putting the brance into the water 5 or and 10 minutes after cut expressed that the Pn, Tr, Gs and WUE could restored to the normal value before the branch was cut. Additionally, Pn, Tr and Gs were restored in 25 minutes while WUE was restored in 10 minutes.

Keywords: Rubber, Photosynthesis, Transpiration, Stomatal conductance, Water use efficiency

[1] คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

Faculty of Natural Resources and Agro-Industry, Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus 47000

* Corresponding author: auntiporn@gmail.com

แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1 : (2557).

บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศมาเป็นเวลามากกว่า 100 ปี สร้างรายได้เลี้ยงชีวิตเกษตรกรชาวสวนยางมากกว่า 1 ล้านครัวเรือน มีการส่งออกไปขายให้แก่ประเทศที่มีความเจริญทางอุตสาหกรรม เช่น สหรัฐอเมริกา จีน และญี่ปุ่น (บัญชา, 2554) มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณการผลิตยางธรรมชาติเพื่อรองรับความต้องการของตลาดโลก (กรมวิชาการเกษตร, 2552) นอกจากการเพิ่มพื้นที่ปลูกแล้วการเพิ่มผลผลิตน้ำยางต่อพื้นที่ยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณการผลิตยางธรรมชาติ การสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยเพิ่มผลผลิตพืช (ปรียา, 2548) อย่างไรก็ตามในยางพาราการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงและการคายน้ำต่อผลผลิตยังมีไม่มากนัก (Sangsing et al., 2004) เนื่องจากยางพาราเป็นไม้ยืนต้นที่มีขนาดสูงใหญ่ เป็นอุปสรรคต่อการขนย้ายเครื่องมือขึ้นไปวัดบนต้นและไม่ปลอดภัยทั้งต่อเครื่องมือรวมทั้งผู้ปฏิบัติงาน จึงได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบยางพาราบนกิ่งที่ตัดลงมาจากต้น เพื่อใช้ในการศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบจากยางพาราต้นสูง ซึ่งไม่สามารถนำเครื่องมือขึ้นไปวัดบนต้นได้ โดยเลือกยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 เป็นตัวอย่างในงานทดลองนี้ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรปลูกมากที่สุดในประเทศไทย (ดารณี, 2554) โดยทดลองกับต้นยางพาราอายุ 2 ปี จำลองสภาพที่จะเกิดขึ้นเมื่อวัดในแปลงยางพาราต้นใหญ่ที่จำเป็นต้องตัดกิ่งลงมาจากต้น ผลการทดลองนี้ได้ข้อมูลเบื้องต้นที่เป็นประโยชน์สำหรับการวัดยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งมีต้นขนาดใหญ่ และน่าจะสามารถประยุกต์ใช้กับยางพาราสายพันธุ์อื่นๆ ได้

วิธีการศึกษา

ยางพาราสายพันธุ์ RRIM 600 อายุ 2 ปี ระยะปลูก 3X5 เมตร ปลูก ณ ฟาร์มพืชคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ทำการทดลองระหว่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2556 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ การเปิดปากใบและประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ของใบยางพาราในกิ่งที่ตัดในตำแหน่งโคนฉัตร โดยเลือกฉัตรที่ใบเจริญเติบโตเต็มที่มีอายุใกล้เคียงกัน จำนวน 4 ซ้ำ หลังตัดกิ่งแล้วตัดใบอื่นๆ ทิ้งเหลือเฉพาะใบที่จะทำการวัด โดยมีวิธีการจัดการกิ่งหลังตัดแตกต่างกัน 4 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 ตัดกิ่งแล้วทิ้งไว้โดยไม่แช่น้ำ

วิธีที่ 2 ตัดกิ่งแล้วแช่น้ำทันที และใช้กรรไกรตัดกิ่งใต้น้ำห่างจากโคนกิ่ง 2 นิ้ว

วิธีที่ 3 ตัดกิ่งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจึงนำมาแช่น้ำและใช้กรรไกรตัดกิ่งใต้น้ำห่างจากโคนกิ่ง 2 นิ้ว

วิธีที่ 4 ตัดกิ่งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วจึงนำมาแช่น้ำและใช้กรรไกรตัดกิ่งใต้น้ำห่างจากโคนกิ่ง 2 นิ้ว

การวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำและการเปิดปากใบ ด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงรุ่น LI-6400 (LI-COR, INC) โดยทุกวิธีการจะวัดติดตามค่าตลอดเวลาทุก 5 นาที ตั้งแต่ก่อนตัดกิ่งจนถึงเวลา 60 นาทีหลังตัดกิ่ง กำหนดสภาพแวดล้อมในการวัด คือ ความเข้มแสง 1400 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ 400 ppm ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 50-60 % อุณหภูมิใบ 32-34 องศาเซลเซียส

คำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Sun et al., 2011) ดังนี้

WUE = Pn/Tr

เมื่อ WUE คือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (μmol CO_2/mmol-H_2O)

Pn คือ การสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1})

Tr คือ การคายน้ำ (mmol H_2O m^{-2} s^{-1})

เปรียบเทียบค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ การเปิดปากใบ และประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ณ เวลาต่างๆ กับค่าที่วัดได้ก่อนตัดกิ่งออกจากต้น (นาทีที่ 0) ด้วยวิธี Pared T-test

ผลการศึกษา

การสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (Pn)

ยางพารา RRIM 600 ก่อนตัดกิ่งออกจากต้น มีค่าอยู่ระหว่าง 9.30-10.18 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} กิ่งที่ตัดออกจากต้นโดยไม่แช่น้ำ Pn มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 15 นาทีแรก หลังกิ่งถูกตัด แล้วค่าลดลงเรื่อยๆ จนถึงนาทีที่ 60 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.80 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ขณะที่กิ่งที่ตัดแล้วแช่น้ำทันที กิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 5 นาที จึงแช่น้ำ และกิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 10 นาที จึงแช่น้ำ มีค่าลดลงต่ำสุดนาทีที่ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.89, 5.50 และ 5.35 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ หลังจากนั้น Pn เพิ่มขึ้นและคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 25, 30 และ 35 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 9.40, 9.63 และ 9.48 μmol CO_2 m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ (Table 1)

การคายน้ำ (Tr)

ยางพารา RRIM 600 ก่อนตัดกิ่งออกจากต้น มีค่าอยู่ระหว่าง 4.43-5.34 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} กิ่งที่ตัดออกจากต้นโดยไม่แช่น้ำ Tr มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 15 นาทีแรก แล้วค่าลดลงเรื่อยๆ จนถึงนาทีที่ 60 Tr มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.94 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} สำหรับกิ่งที่ตัดแล้วแช่น้ำทันที กิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 5 นาที จึงแช่น้ำ และกิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 10 นาที จึงแช่น้ำ มีค่าลดลงต่ำสุดนาทีที่ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 2.03, 3.10 และ 2.53 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ หลังจากนั้น Tr เพิ่มขึ้นและคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 25, 30 และ 35 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 4.35, 4.58 และ 5.09 mmol H_2O m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ (Table 1)

การเปิดปากใบ (Gs)

ยางพารา RRIM 600 ก่อนตัดกิ่งออกจากต้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.220-0.260 mol H_2O m^{-2} s^{-1} กิ่งที่ตัดออกจากต้นโดยไม่แช่น้ำมีค่า Gs ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 15 นาทีแรก แล้วค่าลดลงเรื่อยๆ จนถึงนาทีที่ 60 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.024 mol H_2O m^{-2} s^{-1} ส่วนกิ่งที่ตัดแล้วแช่น้ำทันที กิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 5 นาที จึงแช่น้ำ และกิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 10 นาที จึงแช่น้ำ มีค่า Gs ลดลงต่ำสุดนาทีที่ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 0.153, 0.118 และ 0.162 mol H_2O m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ หลังจากนั้น Gs เพิ่มขึ้นและคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 25, 30 และ 35 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 0.220, 0.202 และ 0.215 mol H_2O m^{-2} s^{-1} ตามลำดับ (Table 1)

ประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (WUE)

ยางพารา RRIM 600 ก่อนตัดกิ่งออกจากต้น มีค่าอยู่ระหว่าง 1.83-2.08 μmol CO_2/mmol H_2O เมื่อตัดกิ่งออกจากต้นโดยไม่แช่น้ำ มีค่า WUE เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงนาทีที่ 60 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.94 μmol CO_2/mmol H_2O กิ่งที่ตัดแล้วแช่น้ำทันที กิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 5 นาที จึงแช่น้ำ และกิ่งที่ตัดแล้วทิ้งไว้ 10 นาที จึงแช่น้ำ มีค่า WUE เพิ่มขึ้นหลังจากที่กิ่งถูกตัดแล้วแล้วค่าลดลงหลังกิ่งถูกแช่น้ำจนมีค่าคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 2.23, 2.09 และ 1.91 μmol CO_2/mmol H_2O ตามลำดับ (Table 1)

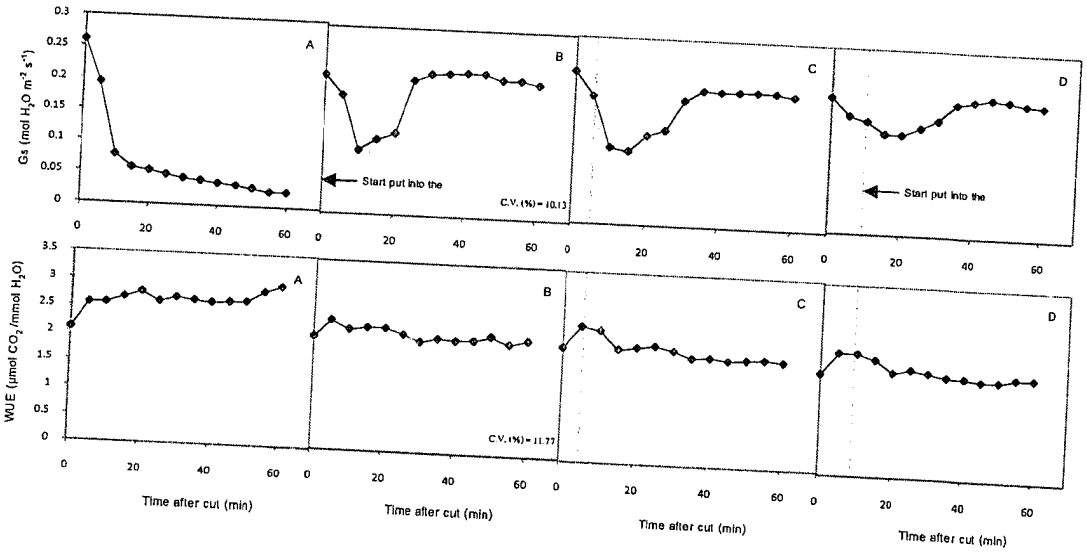
Gs (mol H_2O m^{-2} s^{-1})
WUE (μmol CO_2/mmol H_2O)
A
B
C
D
Start put into the
C.V. (%) = 10.13
Time after cut (min)

Table 1 Changes in net photosynthesis (Pn, μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}), transpiration (Tr, mmol H_2O m^{-2} s^{-1}), stomatal conductance (Gs, mol H_2O m^{-2} s^{-1}), and photosynthesis water use efficiency (WUE, μmol CO_2/mmol H_2O) of cutted rubber branch c.v. RRIM 600, by cut without put into the water (A), put into the water immediately after cut (B), put into the water after cut 5 minutes (C), put into the water after cut 10 minutes (D)

Parameter	Method	Time after cut (min)													C.V. (%)
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Pn	A	9.30	7.04*	6.01**	4.92**	4.98**	4.32**	4.19**	3.92**	3.62**	3.39**	3.02**	2.82**	2.80**	16.67
	B	10.18	8.12**	4.89**	5.38**	7.87**	9.40^{ns}	9.38^{ns}	9.74^{ns}	9.68^{ns}	9.76^{ns}	9.72^{ns}	9.33^{ns}	9.40^{ns}	11.40
	C	10.10	8.37**	5.76**	5.50**	8.16**	8.20**	9.63^{ns}	9.96^{ns}	10.18^{ns}	9.93^{ns}	9.97^{ns}	9.91^{ns}	9.58^{ns}	8.77
	D	9.82	7.36**	6.96**	5.58**	5.35**	6.59**	8.00**	9.48^{ns}	9.50^{ns}	9.45^{ns}	9.84^{ns}	9.63^{ns}	9.59^{ns}	7.39
Tr	A	4.46	2.72**	2.32**	1.84**	1.78**	1.65**	1.55**	1.48**	1.38**	1.28**	1.15**	1.00**	0.94**	10.09
	B	4.43	3.79**	2.03**	2.38**	2.59**	4.35^{ns}	4.56^{ns}	4.60^{ns}	4.63^{ns}	4.63^{ns}	4.45^{ns}	4.46^{ns}	4.35^{ns}	14.63
	C	4.85	4.14**	3.14**	3.10**	3.46**	3.58**	4.58^{ns}	5.03^{ns}	5.10^{ns}	5.06^{ns}	5.04^{ns}	4.98^{ns}	4.94^{ns}	11.55
	D	5.34	3.60**	3.40**	2.55**	2.53**	3.02**	3.77**	5.09^{ns}	5.14^{ns}	5.22^{ns}	5.45^{ns}	5.43^{ns}	5.40^{ns}	4.59
Gs	A	0.260	0.193**	0.077**	0.057**	0.053**	0.047**	0.042**	0.039**	0.036**	0.033**	0.029**	0.024**	0.024**	20.33
	B	0.220	0.212**	0.153**	0.166**	0.190**	0.220^{ns}	0.226^{ns}	0.225^{ns}	0.222^{ns}	0.022^{ns}	0.221^{ns}	0.219^{ns}	0.220^{ns}	10.13
	C	0.245	0.206**	0.123*	0.118**	0.144*	0.153*	0.202^{ns}	0.220^{ns}	0.218^{ns}	0.219^{ns}	0.220^{ns}	0.219^{ns}	0.215^{ns}	20.65
	D	0.220	0.190**	0.182**	0.163**	0.162**	0.174**	0.187**	0.215^{ns}	0.220^{ns}	0.225^{ns}	0.222^{ns}	0.217^{ns}	0.215^{ns}	4.82
WUE	A	2.08	2.55**	2.56**	2.67*	2.78**	2.60*	2.69*	2.64**	2.61**	2.63**	2.64**	2.83*	2.94**	9.23
	B	2.08	2.39*	2.23^{ns}	2.28^{ns}	2.28^{ns}	2.17^{ns}	2.05^{ns}	2.12^{ns}	2.10^{ns}	2.11^{ns}	2.19^{ns}	2.06^{ns}	2.14^{ns}	11.77
	C	2.08	2.49*	2.42*	2.09^{ns}	2.14^{ns}	2.18^{ns}	2.11^{ns}	1.98^{ns}	2.00^{ns}	1.96^{ns}	1.98^{ns}	2.00^{ns}	1.97^{ns}	10.19
	D	1.83	2.24**	2.25**	2.13**	1.91^{ns}	1.98^{ns}	1.92^{ns}	1.86^{ns}	1.84^{ns}	1.81^{ns}	1.80^{ns}	1.87^{ns}	1.87^{ns}	9.80

^{ns} non significant different from 0 min ($P>0.05$).

* significant different from 0 min ($P<0.05$).

** highly significant different from 0 min ($P<0.01$).

วิจารณ์

เมื่อตัดกิ่งออกจากต้นโดยวิธีตัดกิ่งแล้วแช่น้ำทันที ตัดกิ่งทิ้งไว้ 5 นาที และ 10 นาที แล้วแช่น้ำ หลังจากแช่น้ำแล้วการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบ ระยะแรกยังมีค่าลดลงเรื่อยๆ ทั้งๆ ที่ยังแช่น้ำอยู่ อาจเนื่องมาจากก่อนแช่น้ำกิ่งยางพารายังไม่ฟื้นตัวจากการขาดน้ำ ซึ่งในขณะนั้นกิ่งถูกตัดออกจากต้นในบรรยากาศ จะมีอากาศในบรรยากาศเข้าไปเป็นฟองอากาศในท่อลำเลียงน้ำ Xylem เข้าไปแทนที่น้ำ (Taiz and Zeiger, 1998) แต่การทดลองนี้ได้ทำการตัดกิ่งใต้น้ำทำให้ไม่เกิดสภาพมีฟองอากาศใน Xylem หลังจากตัดกิ่งใต้น้ำแล้ว กิ่งยางพาราจึงสามารถดูดน้ำได้ตามปกติ หลังจากนั้นกิ่งยางพาราจึงเริ่มฟื้นตัวจากความเครียดของสภาวะการขาดน้ำ ซึ่งค่าที่เริ่มฟื้นตัวมีค่าคงที่ใช้เวลา 25 นาทีหลังแช่น้ำ สำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบ ขณะที่ประสิทธิภาพการใช้น้ำใช้เวลา 10 นาที หลังแช่น้ำ จากผลการทดลองของ Souza et al. (2004) พบว่าต้น Cowpea เมื่องดการให้น้ำส่งผลต่อการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง อัตราการคายน้ำ และการเปิดปากใบ มีค่าลดลง แต่เมื่อได้รับน้ำอีกครั้งจะทำให้มีค่าเพิ่มขึ้น จนมีค่าไม่แตกต่างกับต้นที่ได้รับน้ำตามปกติ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าไม่แตกต่างกับต้นที่ได้รับน้ำตามปกติด้วย

กิ่งยางพาราในขณะที่แช่น้ำจะต้องมีกลไกในการลำเลียงน้ำ เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในใบได้ ทั้งๆ ที่ไม่มีรากดูดน้ำและค้ำจุนกับดิน แต่กลับมีค่าไม่แตกต่างกับกิ่งปกติที่ไม่ถูกตัดออก (Salisberry and Ross, 1992)จึงเป็นไปได้ที่กิ่งยางพาราจะอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ เพื่อทดแทนน้ำที่ยางพาราสูญเสียไปจากการคายน้ำออกทางปากใบ (Willmer and Fricker, 1996) การคายน้ำทำให้ค่าศักย์ของน้ำในผนังเซลล์ปากใบลดลง โดยน้ำจากเซลล์ข้างเคียงที่มีค่าศักย์ของน้ำสูงกว่าจะออสโมซิสเข้าทางผนังเซลล์มาแทนที่อย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ชั้น Mesophyll ของใบยางพาราจนถึงท่อ Xylem ของกิ่งยางพารา (Morh and Schopfer, 1995) นอกจากนั้นยังมีกลไกการทำงานร่วมกันกับแรงโคฮีชั่น คือ แรงยึดระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน โดยโมเลกุลน้ำจากชั้น Mesophyll ของใบดึงโมเลกุลน้ำจากท่อ Xylem ในกิ่งขึ้นมาสู่ยอด และแรงแอดฮีชัน คือ แรงยึดระหว่างน้ำและผนังเซลล์ โดยผนังเซลล์ของปากใบจะดึงน้ำจากเซลล์ข้างเคียงมาแทนที่ (ลิลลี่ และคณะ, 2552) จะเห็นได้ว่าทฤษฎีแรงดึงน้ำ 3 แรงนี้น่าจะมีบทบาทสำคัญที่ทำให้กิ่งยางพาราที่แช่น้ำสามารถลำเลียงน้ำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ใบได้ วิธีการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงของกิ่งยางพาราที่ตัดลงมาจากต้น แล้วนำไปแช่น้ำโดยตัดกิ่งใต้น้ำและรอให้ฟื้นตัวเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 25 นาที การทดลองนี้ยังอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยด้านการสังเคราะห์ด้วยแสงของไม้ยืนต้นชนิดอื่นๆ ที่มีลักษณะสูงใหญ่ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการขนเครื่องมือขึ้นไปวัดบนต้นด้วยเช่นกัน

ในขณะที่ตัดกิ่งยางพารา RRIM 600 ออกจากต้นโดยไม่แช่น้ำปรากฏว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบ มีค่าลดลง เนื่องจากกิ่งยางพาราสูญเสียน้ำจากการคายน้ำทางปากใบอย่างรวดเร็ว จะทำให้ปากใบปิดเพื่อลดการคายน้ำส่งผลต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แพร่เข้าสู่ปากใบได้ยาก แล้วการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงลดลง (Lawlor, 2002) แต่ประสิทธิภาพการใช้น้ำกลับมีค่ามากกว่ากิ่งที่แช่น้ำ สอดคล้องกับผลการทดลองของ Sangsing et al. (2004) พบว่ายางพาราสายพันธุ์ PB 260 และ PB 217 เมื่อมีความเครียดจากการขาดน้ำ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง อัตราการคายน้ำ และการเปิดปากใบ มีค่าลดลงแต่ประสิทธิภาพการใช้น้ำกลับมีค่าเพิ่มขึ้น

สรุป

สามารถตัดกิ่งยางพารา RRIM 600 ลงมาวัดการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ และการเปิดปากใบได้ ถ้ามีการนำกิ่งไปแช่น้ำ ตัดใบอื่นๆ ทิ้งไม่ให้ดูด

แยงน้ำเหลือเฉพาะใบที่จะทำการวัด และตัดโคนกิ่งใต้น้ำเพื่อกำจัดฟองอากาศอุดตันโคนกิ่ง หลังจากนั้นต้องทิ้งเวลาอย่างน้อย 25 นาที ให้คืนสภาพปกติจึงสามารถวัดได้ ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ต้องทิ้งเวลาอย่างน้อย 10 นาที ควรนำกิ่งที่ตัดแล้วแช่น้ำให้เร็วที่สุดเพราะการทดลองนี้ตัดกิ่งทิ้งไว้ไม่เกิน 10 นาทีแล้วจึงแช่น้ำ แต่สถานการณ์จริงที่สอยกิ่งยางพารา เวลาตั้งแต่กิ่งหักออกจากต้นตกถึงพื้นดินใช้เวลาไม่ถึง 10 นาที สามารถแช่น้ำได้ทันหลังกิ่งถูกตัดจากต้นสูง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ โครงการวิจัยการพัฒนาประชากรลูกผสมยางพาราเพื่อค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลที่สัมพันธ์กับลักษณะทนแล้ง ศูนย์ความร่วมมือวิชาการไทย-ฝรั่งเศส (DORAS Center) คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2552. ยางพาราพืชเศรษฐกิจไทยใส่ใจโลกร้อน. แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th. ค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2556.

ดารณี เจริญสุข. 2554. พันธุ์ยาง. แหล่งข้อมูล: http://www.rubbercenter.org. ค้นเมื่อ 17 กันยายน 2556.

บัญชา สมบูรณ์สุข. 2554. ยางพาราพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจไทย. ภาควิชาพัฒนาการเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ปรียา บุญญสิริ. 2548. การดำรงชีวิตของพืช. ห้างหุ้นส่วนจำกัด พีเอ็นเค, กรุงเทพ ฯ.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุรียา ตันติวิวัฒน์. 2552. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

Lawlor, D.W. 2002. Limitation to photosynthesis in water-atressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. Annals of Botany. 89: 871-885.

Morh, H and P. Schopfer. 1995. Plant Physiology. Springer, Berlin.

Salisberry, F.B. and C.W. Ross. 1992. Plant Physiology. Wadworth Publishing company, California.

Sangsing, K., X.L. Roux, P. Kasemsap, S. Thanisawan-yangkura, K. Sangkhasila, E. Gohet, and P. Thaler. 2004. Photosynthetic capacity and effect of drought on leaf gas exchange in two rubber (*Hevea brasil-iensis*) clones. Kasetsart J. 38:111-122.

Souza, R.P., E.C. Machado, J.A.B. Silva, A.M.M.A. Lagoa, and J.A.G. Silveira. 2004. Photosynthetic gas exchanges, chlorophyll fluorescence and same associated metabolic chang in cowpea (*vigna unguiculata*) during water stress and recovery. Environmental and Experimental Botany. 51:45-56.

Sun, J.K., T. Li, J.B. Xia, J.Y. Tian, Z.H. Lu, and R.T. Wang. 2011. Influence of salt stress on ecophysiological parameters of *Periploca sepium* bunge. Plant Soil Environ. 57:139-144.

Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. Plant Physiology. Sinauer associated, Inc., publishers, California.

Willmer, C. and M. Fricker. 1996. Stomata. Champman and Hall, London.