
การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด เพื่อการเพิ่มขนาดผลลำไยพันธุ์ดอ

Using of Some Plant Growth Regulators for Increasing Longan cv. 'Daw' Fruit Size

ชรินทร์ ตาชม^{1/} และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข^{1/}
Charatnone Tachom^{1/} and Tanachai Pankasemsuk^{1/}

Abstract: The effect of brassinosteroid, gibberellic acid (GA₃) and 1-naphthyl acetic acid (NAA) on longan fruit size were studied in two experiments by spraying the growth regulators on four-year old longan cv. 'Daw' trees at 105 days after fruit set. Experiment I, brassinosteroid (BRs) at the concentrations of 0.00 (control), 0.004, 0.01 mg/l were sprayed to the trees. It revealed that BRs 0.01 mg/l gave the biggest fruit size. Experiment II, the treatments consisted of NAA 100 mg/l, GA₃ 50 mg/l, BRs 0.01 mg/l, GA₃ 50 mg/l + BRs 0.01 mg/l, GA₃ 50 mg/l + NAA 100 mg/l, NAA 100 mg/l + BRs 0.01 mg/l and water (control). It revealed that all growth regulator treatments gave bigger fruit size, heavier fresh and dry weight and better exocarp color than the control. The BRs and GA₃+NAA tended to have the biggest fruit where as NAA +BRs tended to have the heaviest fresh and dry fruit weight. However, placenta and seed dry weight and exocarp thickness did not significant differences among all treatments.

Keywords: longan, brassinosteroids, gibberellic acid, 1-naphthyl acetic acid

^{1/} ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของบราสซิโนสเตอรอยด์ จิบเบอเรลลิน และ 1-แนฟทิลอะซีติค แอซิด (NAA) ต่อขนาดของผลลำไย โดยการฉีดพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตแก่ต้นลำไยพันธุ์ดอ เมื่อต้นลำไยติดผลได้ 105 วัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ทำการฉีดพ่นบราสซิโนสเตอรอยด์ ความเข้มข้น 0.00 (กรรมวิธีควบคุม), 0.004 และ 0.01 มก./ล. ให้แก่ต้นลำไย พบว่า บราสซิโนสเตอรอยด์ 0.01 มก./ล. ทำให้ผลลำไยมีขนาดใหญ่ที่สุด การทดลองที่ 2 ทำการฉีดพ่นสารบราสซิโนสเตอรอยด์ (BRs) จิบเบอเรลลิน แอซิด (GA_3) และ 1-แนฟทิลอะซีติค แอซิด (NAA) และน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม) ให้แก่ต้นลำไย โดยใช้ NAA 100 มก./ล., GA_3 50 มก./ล., BRs 0.01 มก./ล., GA_3 50 มก./ล. + BRs 0.01 มก./ล., GA_3 50 มก./ล. + NAA 100 มก./ล. และ NAA 100 มก./ล. + BRs 0.01 มก./ล. พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถเพิ่มขนาดและน้ำหนักสดและแห้งของผลลำไยมากกว่าและผลมีสีผิวที่ดีกว่าผลในพวกกรรมวิธีควบคุม โดยพวกที่ได้รับ BRs 0.01 มก./ล. และพวกที่ได้รับ GA_3 + NAA มีแนวโน้มที่จะให้ผลลำไยที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ขณะที่พวกที่ได้รับ BRs ร่วมกับ NAA มีแนวโน้มที่จะให้ผลที่มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุด อย่างไรก็ตามน้ำหนักแห้งของรก เมล็ด และความหนาเปลือก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกกรรมวิธี

คำสำคัญ: ลำไย บราสซิโนสเตอรอยด์ จิบเบอเรลลิน 1-แนฟทิลอะซีติค แอซิด

คำนำ

สถานการณ์ในปัจจุบันมีการเร่งให้ลำไยออกผลตลอดทั้งปี ซึ่งในบางระยะของการผลิตมีสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผลลำไย ก็จะทำให้เกษตรกรประสบปัญหาผลลำไยที่ได้มีขนาดเล็ก ขนาดผลภายในช่องผลไม่สม่ำเสมอ เปลือกผลค่อนข้างบาง สีผิวไม่สวย มีรอยตำหนิ และเนื้อผลฉ่ำน้ำ ทำให้จำหน่ายได้ในราคาต่ำ จึงมีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อช่วยให้ได้ผลลำไยคุณภาพดี โดยสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่นิยมใช้เพื่อเพิ่มขนาดผล ชนิดที่นิยมคือ เอ็นเอเอ (NAA) และ จีไอ3 (GA_3) (สมบุญ, 2544) บราสซิโนสเตอรอยด์ (brassinosteroids; BRs) จัดเป็นฮอร์โมนพืชกลุ่มใหม่ที่สามารถส่งเสริมการยืดยาวของเนื้อเยื่อพืช แต่มีการศึกษาน้อยมาก (Sasse, 1991) สารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งสามชนิดนี้ มีผลต่อพืชในการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ การขยายขนาดเซลล์ การปลดปล่อยเอทไจมี และกิจกรรมต่าง ๆ ภายในพืช ซึ่ง GA_3 ทำให้เนื้อเยื่อมีความไวต่อออกซินได้มากขึ้น โดย GA_3 ทำงานในลักษณะส่งเสริมกัน (synergistic) กับ BRs ในการเพิ่มขนาดของผล และการแบ่งเซลล์ (Brayant, 2001; Guardiola *et al.*, 1993) สำหรับ BRs กับ NAA สารทั้งสองร่วมกันกระตุ้นการทำงานของ ACC synthase BRs

ส่งเสริมการเคลื่อนที่อย่างมีทิศทางของออกซิน และใช้ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร การใช้ BRs ร่วมกับออกซินได้ผลดีกว่าการใช้สารเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง (Arteca *et al.*, 1993; Heble *et al.*, 2001; Fujioka *et al.*, 2000) แต่มีในบางกรณีพบว่าจิบเบอเรลลินและ BRs มีความสัมพันธ์แบบต่อต้านกัน (antagonistic) ได้เช่นกัน (Bouquin *et al.*, 2001) เนื่องจากการเพิ่มขนาดของผลลำไยมีผลโดยตรงต่อรายได้ของเกษตรกรชาวสวนลำไย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชต่อการเจริญเติบโตของผลลำไยพันธุ์ดอ โดยการใช้ BRs ร่วมกับ GA_3 และ NAA พ่นให้แก่ต้นลำไยเพื่อหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ช่วยให้การเจริญของผลลำไยมีพัฒนาการที่ดีขึ้น ทั้งนี้เพื่อเพิ่มขนาดและคุณภาพผลลำไยพันธุ์ดอ และเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชอย่างถูกต้องเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นลำไยพันธุ์ดออายุประมาณ 4 ปี โดยคัดเลือกต้นลำไยที่มีขนาดต้นใกล้เคียงกัน และการติดผล ประมาณ 80 % ของทรงพุ่ม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น ทำการฉีด

พันธุ์สารควบคุมการเจริญเติบโตให้เป็ยกไปทั่วทั้งต้นของ ลำไยที่กำลังติดผลเมื่อผลอายุ 105 วันหลังติดผล การ ทดลองที่ 1 (พ.ย. 46 – ก.พ. 47) ฉีดพ่น BRs 3 ระดับ 0.00 (ชุดควบคุม), 0.004 และ 0.01 มก./ล. การทดลองที่ 2 (พ.ค. – ส.ค. 47) ฉีดพ่นด้วย น้ำ (ชุดควบคุม), NAA 100 มก./ล., GA₃ 50 มก./ล., BRs 0.01 มก./ล., GA₃ 50 มก./ล. + BRs 0.01 มก./ล., GA₃ 50 มก./ล. + NAA 100 มก./ล. และ NAA 100 มก./ล. + BRs 0.01 มก./ล. บันทึก ความกว้าง ความยาว ความหนาของผล ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด ความหนาเมล็ด น้ำหนักผลสด น้ำหนักผล แห้ง น้ำหนักเนื้อแห้ง น้ำหนักแห้งของเมล็ด ความหนาเนื้อ ความหนาเปลือกความแน่นเนื้อ น้ำหนักเปลือกแห้ง และ น้ำหนักรกแห้ง โดยเก็บเกี่ยวข้อผลกระจายรอบทรงพุ่ม ของต้นจำนวน 20 ข้อผลต่อซ้ำ เมื่อผลลำไยมีอายุ 147 วัน หลังติดผล

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 BRs 0.004 และ 0.01 มก./ล. สามารถเพิ่มขนาดของผลลำไยได้ (ตารางที่ 1) โดย BRs 0.01 มก./ล. ทำให้ผลมีขนาดใหญ่ที่สุด แต่มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญกับผลที่ได้รับ BRs 0.004 มก./ล. เพียง ความกว้างของผลเท่านั้น โดยผลลำไยที่ได้รับ BRs ทั้ง 2 ความเข้มข้น มีขนาดผล ความหนาของเนื้อ น้ำหนักสด แห้งของผล น้ำหนักแห้งของเมล็ด และน้ำหนักแห้งของ เนื้อ เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม แต่การให้ BRs ไม่มีผลต่อ

ขนาดเมล็ด ความหนาของเปลือก น้ำหนักแห้งของเปลือก น้ำหนักแห้งของรก และความแน่นเนื้อ (ตารางที่ 2)

การทดลองที่ 2 การให้สารควบคุมการ เจริญเติบโตทุกกรรมวิธีแก่ต้นลำไยทำให้ความกว้างผล ความยาวผล ความหนาผล ความกว้างเมล็ด ความยาว เมล็ด ความหนาเมล็ด น้ำหนักผลสด น้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเนื้อแห้ง ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น ได้ (ตารางที่ 3 และ 4) NAA ความเข้มข้น 100 มก./ล., GA₃ 50 มก./ล. และ BRs 0.01 มก./ล. ทำให้ ขนาดผล ขนาดเมล็ด ความหนาและน้ำหนักแห้งของเนื้อ น้ำหนัก สดและแห้งของผล ความแน่นเนื้อ เพิ่มขึ้นอย่างมี นัยสำคัญ แต่การให้สารควบคุมการเจริญเติบโตทุก กรรมวิธีไม่มีผลต่อ ความหนาและน้ำหนักแห้งของเปลือก หนักแห้งของเมล็ด น้ำหนักแห้งของรก และพบว่า GA₃ และ BRs ทำงานร่วมกันในลักษณะไม่ต่อต้านกันกันในการเจริญเติบโตด้านขนาด (ความกว้าง ยาว และหนา) ของเมล็ดและผล น้ำหนักผล ความหนาเนื้อ และความ แน่นเนื้อ GA₃ และ NAA ทำงานร่วมกันในลักษณะ ส่งเสริมกันในการเจริญเติบโตด้านความกว้าง ความยาว ความหนาหนา และน้ำหนักของผลลำไย แต่ทำงานไม่ ส่งเสริมกันในการเจริญเติบโตด้านความกว้าง ยาว และ หนาของเมล็ด สำหรับ NAA และ BRs ทำงานร่วมกันใน ลักษณะไม่ส่งเสริมกันในด้านความยาวและความ หนาของผล ความยาวของเมล็ด ความแน่นเนื้อ แต่ทำงาน ส่งเสริมกันในด้านความกว้าง น้ำหนักผล ความกว้างและ ความหนาของเมล็ด ความหนาเนื้อ

Table 1 Effect of brassinosteroid (BRs) at 0.004 and 0.01 mg/l on size and weight of longan cv. 'Daw' fruits.

Treatments	Fruit size (cm) ^{1/}			Seed size (cm) ^{1/}		Flesh ^{1/} weight (g)	Dry weight (g) ^{1/}				
	Width	Length	Thickness	Width	Length		Fruit	Skin	Aril	Seed	Placenta
Control (water)	2.30b	2.30b	2.40b	1.49	1.35	8.00b	2.24c	0.58b	0.69b	1.14b	0.05
BRs 0.004 mg/l	2.40b	2.45a	2.64a	1.45	1.30	9.40a	3.92b	0.90b	1.70a	1.85a	0.07
BRs 0.01 mg/l	2.53a	2.53a	2.75a	1.44	1.30	9.69a	5.47a	1.44a	1.77a	1.85a	0.05
LSD .05	0.12	0.09	0.17	NS	NS	0.56	1.49	0.57	0.09	0.20	NS
C.V. (%)	2.27	1.72	2.99	2.85	2.85	3.12	15.91	29.16	2.88	5.77	61.64

^{1/} Means in the same column followed with the same letter did not significant differences at P = 0.05 by LSD

NS = Not significant difference (P = 0.05)

Table 2 Effect of BRs at 0.004 and 0.01 mg/l on firmness of aril, and thickness of aril and exocarp of longan cv. 'Daw' fruits.

Treatments	Firmness of aril (kg/cm ²)	Thickness of aril (cm) ^{1/}	Thickness of exocarp (cm)
Control (water)	1.09	0.45b	0.090
BRs 0.004 mg/l	0.99	0.49a	0.098
BRs 0.01 mg/l	1.13	0.51a	0.092
LSD .05	NS	0.02	NS
C.V. (%)	8.80	2.03	29.86

^{1/} Means in the same column followed with the same letter did not significant differences at P = 0.05 by LSD

NS = Not significant difference (P = 0.05)

Table 3 Effect of brassinosteroids, gibberellic acid and 1-naphthyl acetic acid on size of fruit and seed and thickness of aril and exocarp of longan cv. 'Daw' fruits.

Treatments	Fruit size (cm) ^{1/}			Seed size (cm) ^{1/}			Thickness (cm) ^{1/}	
	Width	Length	Thickness	Width	Length	Thickness	Aril	Exocarp
Control (water)	2.52c	2.24b	2.24c	1.27b	0.86d	1.06c	0.47b	0.08
NAA 100 mg/l	2.96a	2.58a	2.54ab	1.38a	1.40a	1.16ab	0.63a	0.08
GA ₃ 50 mg/l	2.91a	2.52ab	2.52ab	1.38a	1.32bc	1.16ab	0.60a	0.07
BRs 0.01 mg/l	2.92a	2.54ab	2.66a	1.38a	1.40a	1.16ab	0.63a	0.08
GA ₃ 50 mg/l + BRs 0.01 mg/l	2.76a	2.54ab	2.47b	1.37a	1.26cd	1.14abc	0.60a	0.08
GA ₃ 50 mg/l + NAA 100 mg/l	3.00a	2.50ab	2.60a	1.38a	1.28c	1.12bc	0.61a	0.07
NAA 100 mg/l + BRs 0.01 mg/l	2.99a	2.48ab	2.53ab	1.40a	1.37ab	1.20a	0.65a	0.08
LSD .05	0.13	0.32	0.11	0.06	0.07	0.07	0.08	NS
C.V. (%)	3.73	10.19	3.50	3.50	4.15	5.01	10.65	0.00

^{1/} Means in the same column followed with the same letter did not significant differences at P = 0.05 by LSD

NS = Not significant difference (P = 0.05)

Table 4 Effect of brassinosteroids, gibberellic and 1-naphthyl acetic acid on fresh and dry weights and aril firmness of longan cv. 'Daw' fruits.

Treatments	Fresh weight ^{1/} (g)	Dry weight (g) ^{1/}					Aril firmness ^{1/} (kg/cm ²)
		Fruit	Exocarp	Aril	Seed	Placenta	
(H ₂ O) Control	7.70b	2.03c	0.58	0.75b	0.75	0.02	0.83b
NAA 100 mg/l	11.54a	3.26ab	0.69	1.46a	0.87	0.03	1.04a
GA ₃ 50 mg/l	10.96a	2.86b	0.64	1.36a	0.86	0.02	1.07a
BRs 0.01 mg/l	11.66a	3.24ab	0.72	0.44a	0.87	0.02	1.09a
GA3 50 mg/l+BRs 0.01 mg/l	11.37a	3.00ab	0.70	0.29a	0.84	0.02	1.03ab
GA3 50 mg/l+NAA 100 mg/l	11.77a	3.24ab	0.72	0.44a	0.90	0.02	1.03ab
NAA 100 mg/l+BRs 0.01 mg/l	12.18a	3.49a	0.62	1.46a	0.92	0.02	1.02ab
LSD .05	1.33	0.53	NS	0.31	NS	NS	0.15
C.V. (%)	9.47	13.96	15.20	18.57	10.44	42.55	11.93

^{1/} Means in the same column followed with the same letter did not significant differences at P = 0.05 by LSD

NS = Not significant difference (P = 0.05)

วิจารณ์ผลการทดลอง

การให้สารควบคุมการเจริญเติบโต BRs, GA₃ และ NAA ทุกกรรมวิธีสามารถทำให้ผลมีขนาดใหญ่กว่าชุดควบคุม เนื่องจากคุณสมบัติของ BRs, GA₃ และ NAA ที่มีผลส่งเสริมการยืดตัวของเซลล์ (cell elongation) (สมบุญ, 2544) โดยสารเหล่านี้จะกระตุ้นการแบ่งเซลล์และช่วยในการขยายขนาดของเซลล์ (Salisbury and Ross, 1992) การให้สารควบคุมการเจริญเติบโตในระยะที่ผลกำลังเจริญเติบโตทางด้านเนื้อผล น่าจะเป็นระยะที่เหมาะสมเพราะเป็นระยะที่ผลมีการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์อย่างรวดเร็ว โดยในระยะนี้ผลต้องการอาหารจำนวนมากมาใช้ในการเจริญเติบโตของผล การแบ่งเซลล์มักถูกจำกัดโดยสารอาหารที่สร้างและเคลื่อนย้ายมาจากใบ (Patrick, 1987) ดังนั้นการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตในระยะนี้จึงน่าจะเป็นการส่งเสริม

ให้ใบมีความสามารถในการลำเลียงอาหารส่งไปสู่ผลได้มากขึ้น และ/หรือช่วยให้ใบสามารถทำการสังเคราะห์แสงได้เพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้ผลลำไยมีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้นภายหลังที่ใบได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตเหล่านี้ การทำงานร่วมกันของสารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถมีทั้งในลักษณะส่งเสริมและต่อต้านกันในเวลาเดียว

การให้ GA₃ + NAA มีแนวโน้มที่จะให้ผลลำไยที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ขณะที่พวกที่ได้รับ BRs ร่วมกับ NAA มีแนวโน้มที่จะให้ผลที่มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุด แต่ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ที่ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต แต่จากการสังเกตในด้านสีผิวของผลลำไยซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการกำหนดราคาของผลลำไย พบว่า การให้ GA₃ + NAA มีแนวโน้มที่จะให้ผลลำไยที่มีผลสวยที่สุดอีกด้วยทั้งนี้อาจเป็นผลจากการขยายขนาดอย่างรวดเร็วของผลลำไย

สรุปผลการทดลอง

สารควบคุมการเจริญเติบโต BRs, GA₃ และ NAA สามารถทำให้ผลลำไยมีขนาดใหญ่ขึ้นมากกว่าชุดควบคุม โดยสารควบคุมการเจริญเติบโตทุกกรรมวิธีมีผลต่อความกว้างผล ความยาวผล ความหนาผล น้ำหนักผลสด น้ำหนักผลแห้ง ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด ความหนาเมล็ด น้ำหนักเนื้อแห้ง ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อ โดยไม่มีผลต่อผลลำไยในด้านน้ำหนักเปลือกแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง น้ำหนักกรกแห้ง และความหนาเปลือก โดยการให้ GA₃ + NAA มีแนวโน้มที่จะให้ผลลำไยที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ขณะที่พวกที่ได้รับ BRs ร่วมกับ NAA มีแนวโน้มที่จะให้ผลที่มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุด อย่างไรก็ตามน้ำหนักแห้งของกรก เมล็ด และความหนาเปลือก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกระบบวิธี

เอกสารอ้างอิง

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. ศรีวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 237 น.

Bouquin, T., C. Meier, R. Roster, M.E. Nielsen and J. Mundy. 2001. Control of specific gene expression by gibberellin and brassinosteroid. *Plant Physiol.* 172(2): 450-458.

Bryant, D. 2001. Grape growth regulator discussed. *Western Farm Press Magazine*. [Online]. Available: <http://westernfarmpress.com/ar/farming> (15 March 2004).

Fujioka, S., T. Noguchi, T. Watabe, S. Takatsuto, and S. Yoshida. 2000. Biosynthesis of brassinosteroids in cultured cells of *Catharathus roseus*. *Phytochemistry* 53: 549-553.

Guardiola, J.L., M.T. Barres, C. Albert and A. Garcia-Luis. 1993. Effects of exogenous growth regulators on fruit development in *Citrus unshiu*. *Annals of Botany* 71: 169-176.

Heble, M.R., S. Narayanaswami and M.S. Chadha. 2001. Hormonal control of steroid synthesis in *Solanum xanthocarpum* tissue cultures. [Online]. Available: <http://www.elsevier.com/locate/scihoti> (26 September 2003).

Patrick, J.W. 1987. Are hormones involved in assimilate transport?. pp. 175-178. *In*: G.V. Hoad, J.R. Lenton, M.B. Jackson and R.K. Atkin (eds). *Hormone Action in Plant Development: A Critical Appraisal*. Butterworths, London.

Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. *Plant Physiology*. 4th ed. Wadsworth Pub. Co., Belmont. 682 pp.

Sasse, J.M. 1991. Brassinosteroid - Are they endogenous plant hormone? *Plant Growth Reg. Soc. Amer. Quarterly* 19: 1-18.

Wang, T.W., D.J. Cosgrove and R.N. Artica. 1993. Brassinosteroid stimulation of hypocotyl elongation and wall relaxation in pakchoi (*Brassica chinensis* cv Lei-Choi). *American Society of Plant Physiol.* 101(3): 965-968. [Online]. Available: <http://www.plantphysiol.org/cgi/content/abstract> (15 March 2004).