การวิเคราะห์วงปีของไม้มะขามเพื่อใช้เป็นเครื่องชี้การเพิ่มปริมาณตะกั่วในสิ่งแวดล้อมบริเวณถนน

Annual Ring Analysis of *Tamarindus indica* Linn. as Indicator of Lead Increasing in Road Environment

สุวิทย์ แสงทองพราว[1]

ABSTRACT

Lead in the road environment is spread almost exclusively by cars. Yearly increasing of traffic intensity will result in yearly increasing of lead accumulation in the road and adjacent areas. This study was taken to determine if *Tamarindus indica* Linn. grown beside Rajdamnoen Nai road for many years, would reflect the higher lead accumulation in the successive annual rings; whether lead content in the annual rings could serve as biological indicator of lead increasing in the road environment; and whether the variation in width of annual growth rings could constitute a rianfall almanac. Two tree samples of *T. indica* of at least 74 years old and 56.2 and 53.4 cm. in diameter, were sawn off at 1.30 m. above ground level into two disks. The lead content of successive annual rings which covered 25 years from 1953 - 1977 was determined using dry ashing method and wet digestion in a mixture of nitric acid and perchloric acid. Analyses were made with an atomic absorption spectrophotometer. The variation in width of annual rings was measured employing cross-dating method. The fourth radius of the tree trunk which faced the road, showed the variation of lead content in the annual rings around 1.3-2.9 ppm. (dry weight) from 1953-1972. After 1972, lead level in the annual rings increased remarkably from 2.4 to 7.6 ppm. For the period 1953-1977, five year segments of more recently formed annual rings had a higher lead content than older ones. Hence, lead content in the annual rings of *T. indica* may serve as biological indicator of lead increasing in the road environment. However, many processes governing the radial transportation and deposition of lead within trees are poorly understood. The variation in width of growth rings which cover the period 1938 - 1977, could not constitute the rainfall almanac. It was probably due to a small number of the sampled trees, crown pruning and the tree species.

เชื่อกันว่าในบริเวณถนนบางสายนั้น ถ้าปริมาณยานพาหนะเพิ่มขึ้นทุกปีก็จะทำให้อากาศเป็นพิษ (air pollution) ทวีความรุนแรงขึ้นทุกปี ในส่วนประกอบของอากาศที่เป็นพิษนั้นมีโลหะหนักชนิดหนึ่งซึ่งเป็นที่สนใจกันมาก โลหะหนักชนิดนี้ก็คือตะกั่ว เนื่องจากน้ำมันที่ใช้กับยานพาหนะเป็นแหล่งที่มาของตะกั่ว ฉะนั้นการที่ปริมาณยานพาหนะในถนนเพิ่มขึ้นทุกปีก็ควรจะทำให้ปริมาณตะกั่วที่สะสมในบริเวณถนนเพิ่มขึ้นทุกปีด้วย การที่จะพิสูจน์เกี่ยวกับเรื่องนี้อาจ

1 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่งก็คือดูความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะบนถนน กับการเพิ่มของปริมาณตะกั่วที่สะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตซึ่งอยู่ในบริเวณถนนสายนั้น วิธีนี้อาจใช้การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในพืช bryophyte ซึ่งเก็บในอดีต (จากพรรณไม้แห้งที่ได้เก็บรักษาไว้) เทียบกันที่เก็บในปัจจุบัน (Rühling and Tyler, 1968) หรืออาจใช้วิธีวิเคราะห์วงปีของไม้ยืนต้นที่ปลูกอยู่ริมถนนก็ได้ ซึ่งวิธีหลังนี้พบกันว่าเมื่อปริมาณยานพาหนะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากอดีตสู่ปัจจุบัน ปริมาณตะกั่วที่สะสมอยู่ในวงปีของไม้ยืนต้นริมถนนสายนั้นจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากอดีตสู่ปัจจุบัน หรืออีกนัยหนึ่งก็คือค่อยๆเพิ่มขึ้นจากวงปีกลางลำต้นมาสู่วงปีที่อยู่ใกล้เปลือกด้วย (Adult *et al.*, 1970; Rolfe, 1974; Kardell and Larsson, 1978) แต่การใช้วงปีของไม้ยืนต้นเป็นเครื่องชี้เกี่ยวกับเรื่องนี้นั้นปรากฏว่าเหมาะสมกับไม้ยืนต้นบางชนิดเท่านั้น (Szopa *et al.*, 1973) ฉะนั้นมีไม้ยืนต้นชนิดใดบ้างที่เหมาะกับเรื่องนี้จึงเป็นสิ่งที่ควรจะศึกษาเพิ่มเติม

สำหรับการศึกษาเรื่องนี้ได้วางวัตถุประสงค์ไว้ดังต่อไปนี้คือ ประการที่หนึ่ง ในเมื่อเชื่อกันว่าปริมาณยานพาหนะบนถนนได้เพิ่มขึ้นทุกปี และจะทำให้มีปริมาณตะกั่วสะสมในบริเวณถนนเพิ่มขึ้นทุกปีๆ นั้นปริมาณตะกั่วในวงปีไม้มะขาม (*Tamarindus indica* Linn.) ซึ่งปลูกอยู่ริมถนนราชดำเนินในมาเป็นเวลาหลายสิบปีแล้วจะค่อยเพิ่มขึ้นจากอดีตสู่ปัจจุบันหรือไม่และใช้เป็นเครื่องชี้ว่าตะกั่วในบริเวณถนนดังกล่าวมีการสะสมเพิ่มขึ้นได้หรือไม่ และประการที่สองก็คือได้มีผู้ศึกษาพบว่า มีไม้ยืนต้นหลายชนิดที่ความผันแปรในความกว้างของวงปีมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน (McGinnies, 1963; Fritts, 1964 Fritts *et al.*, 1965; Fritts, 1966; Ferguson, 1969) ฉะนั้นในกรณีของไม้มะขามนี้ความผันแปรในความกว้างของวงปีจะมีความสัมพันธ์กับความผันแปรในปริมาณน้ำฝนหรือไม่

วิธีการ

ตัวอย่างต้นมะขามที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้มาจากต้นมะขาม ซึ่งปลูกอยู่ริมถนนราชดำเนินใน (ริมสนามหลวง) จำนวน 2 ต้นซึ่งล้มลงโดยพายุฝนเมื่อคืนวันที่ 8 ตุลาคม พ.ศ. 2520 *(ภาพที่ 1)* เลื่อยลำต้นตรงจุดที่สูงจากพื้นดิน 1.30 เมตรออกเป็นแว่น ต้นละ 1 แว่น เหตุที่ต้องเลื่อยเพราะเนื้อไม้มะขามแข็งมากไม่สามารถเจาะได้ด้วย increment borer แว่นไม้มะขามทั้ง 2 นี้มีลักษณะรีและมีโพรงอยู่ตรงกลาง *(ภาพที่ 2)* โดยมีส่วนแหลมอยู่ทางด้านถนนราชดำเนินใน และส่วนบ้านสองด้านอยู่ทางด้านที่ต้นมะขามข้างเคียง ทำเครื่องหมายส่วนแหลมที่อยู่ทางด้านถนนไว้ที่แว่นไม้มะขามทั้ง 2 แว่น

นำแว่นไม้มะขามทั้ง 2 แว่นกลับมายังห้องปฏิบัติการ ผึ่งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 2 เดือน ใช้กบไฟฟ้าไสผิวหน้าของแว่นให้เรียบทั้ง 2 แว่น วัดเส้นรอบวงของแว่นเพื่อคำนวณเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระยะ 1.30 เมตรจากพื้นดิน แว่นที่หนึ่งลากเส้นดินสอ 2 เส้น ผ่านจุดศูนย์กลางของแว่นในแนวตั้งฉากกัน เกิดเป็นสรัศมี บนแนวเส้นดินสอของแต่ละรัศมีนี้ปักเข็มหมุดทุกวงปีแต่ละวง นับจำนวนวงปีเพื่อบันทึกอายุของต้นมะขาม วัดความกว้างของวงปีแต่ละวงของแต่ละรัศมีโดยใช้แว่นขยาย เฉลี่ยความกว้างของวงปีเดียวกันจากสรัศมี เมื่อได้ความกว้างของวงปีแต่ละปีเฉลี่ยจากแว่นที่หนึ่งแล้ว ก็ทำเช่นเดียวกับแว่นที่สอง เมื่อเสร็จแว่นที่สองแล้วจึงเฉลี่ยความกว้างของวงปีในปีเดียวกันจากทั้ง 2 แว่น แล้วจึงนำไปสัมพันธ์กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนในกรุงเทพฯ ซึ่งได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา

ในการหาปริมาณตะกั่วในวงปีของไม้มะขามนั้น แว่นที่หนึ่งได้ใช้เลื่อยไฟฟ้าผ่าแว่นเป็นแนวยาวไปตามรัศมี R_2–R_4 ออกมาเป็นแผ่นยาวคล้ายไม้บันทัด ใช้ฆ้อนและสิ่วสกัดวงปีแต่ละวงของรัศมี R_4 ออกมา เนื้อไม้ของวงปีแต่ละ

Fig. 1 Two tree samples of ***Tamarindus indica*** *Linn. grown beside Rajdamnoen Nai Road in Bangkok. They were uprooted by thunderstorm on October 8, 1977. (Photo by Thai Rath : October 13, 1977).*

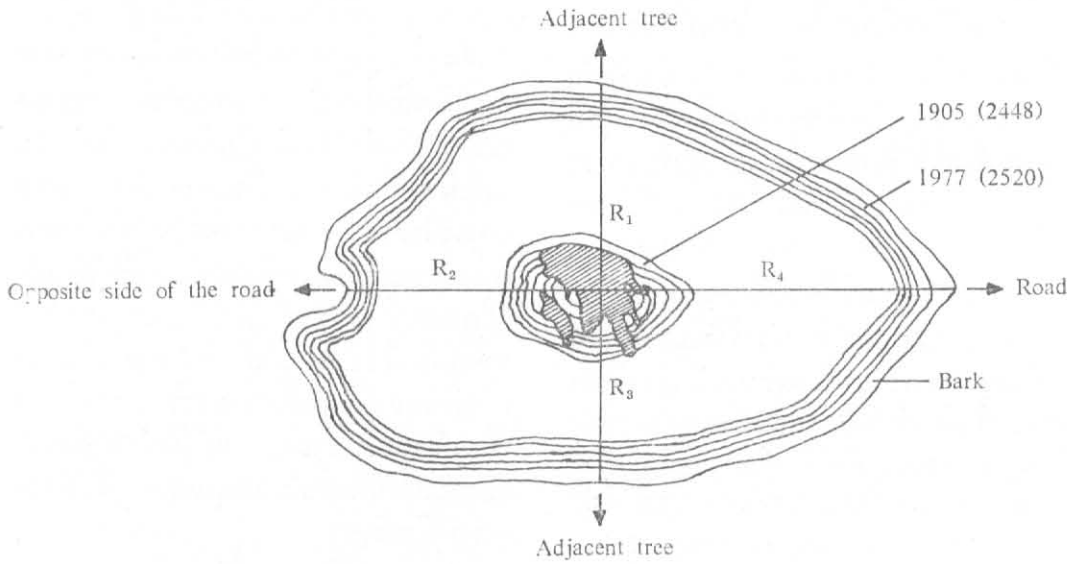

Fig 2. Diagram of a cross-section of T. indica trunk showing the annual rings and four measurable radii.

วงจะถูกซอยเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วจึงนำมาอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 90°ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาเก็บไว้ใน desiccator อีกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเนื้อไม้ของวงปีแต่ละวง แล้วบันทึกไว้ นำไปเผาที่อุณหภูมิ 300°ซ เป็นเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง เมื่อเย็นแล้วจึงละลายด้วยกรดผสมระหว่าง nitric acid และ perchloric acid ในอัตราส่วน 4:1 โดยปริมาตร นำไประเหยกรดออกที่อุณหภูมิ 70°ซ กรองด้วยกระดาษกรองพร้อมกับปรับปริมาตรตามต้องการด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้ไปหาปริมาณตะกั่วด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Techtron Model 1100) เมื่อเสร็จแล้วหนึ่งแล้วก็ทำโดยใช้วิธีการเดียวกันกับแว่นที่สอง ในที่สุดจึงนำปริมาณตะกั่วในวงปีเดียวกันจากทั้ง 2 แว่นมาเฉลี่ยเป็นปริมาณตะกั่วในวงปีแต่ละปีของไม้มะขามที่ปลูกอยู่ริมถนนราชดำเนินใน

ผลและการวิจารณ์

ไม้มะขามทั้ง 2 ต้นที่ได้ทำการศึกษานี้ มีเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น (ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร) 56.2 ซ.ม. และ 53.4 ซม. ตามลำดับ มีอายุอย่างน้อย 74 ปี และคงจะถูกนำมาปลูกหนึ่งก่อนปี พ.ศ. 2446 จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วที่สะสมอยู่ในวงปีในแนว R_4 (ซึ่งเป็นด้านที่หันออกสู่ถนน ตามรูปที่ 2) ระหว่างปี พ.ศ. 2496 - 2520 รวม 25 ปี ปรากฏผลดังแสดงไว้ในรูปที่ 3 จากรูปแสดงให้เห็นว่าระหว่างปี พ.ศ. 2496 - 2515 นั้น ปริมาณตะกั่วที่สะสมอยู่ในวงปีมีความผันแปรขึ้นลงอยู่ระหว่าง 1.3-2.9 ppm ครั้นถึงระหว่างปี พ.ศ. 2516 - 2520 ปรากฏว่าปริมาณตะกั่วในวงปีมีการสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยอย่างรวดเร็ว จาก 2.4 ppm ไปสู่ 7.6 ppm ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณตะกั่วในวงปีแต่ละวงของแต่ละช่วง 5 ปี มาเฉลี่ยจะปรากฏผลดังแสดงไว้ในรูปที่ 4 ซึ่งจากรูปแสดงให้เห็นว่าปริมาณตะกั่วที่สะสมในวงปีของไม้มะขามจะเพิ่มขึ้นทุกๆ ช่วง 5 ปีอย่างชัดเจน เนื่องจากยานพาหนะบนถนนเป็นแหล่งที่มาของตะกั่ว ดังนั้นการที่ปริมาณยานพาหนะบนถนนราชดำเนินในเพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณตะกั่วสะสมอยู่ในบริเวณถนนสายดังกล่าวเพิ่มขึ้น แม้กระทั่งในวงปีของไม้มะขามซึ่งปลูกอยู่ริมถนนสายนั้น ฉะนั้นปริมาณตะกั่วที่สะสมอยู่ในวงปีเฉลี่ยแต่ละช่วง 5 ปีของไม้มะขามซึ่งปลูกอยู่ริมถนนราชดำเนินในจึงสามารถใช้เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าปริมาณตะกั่วในบริเวณถนนสายนั้นมีการสะสมเพิ่มขึ้นได้ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่านอกจากไม้ยืนต้นหลายชนิดที่ศึกษากันในต่างประเทศแล้ว (Adult *et al.*, 1970; Rolfe; 1974; Kardell and Larsson, 1978) ในประเทศของเรานั้นไม้มะขามก็สามารถใช้เป็นเครื่องชี้เทียบกับเรือนได้

เชื่อกันว่าปริมาณตะกั่วที่พบในวงปีของไม้ยืนต้นซึ่งปลูกอยู่ริมถนนนั้น จะมาจากตะกั่วที่แปดเปื้อนอยู่ที่เปลือกนอกของลำต้นเคลื่อนที่เข้าสู่เปลือกในและวงปีที่ติดเปลือกแบบ radial transport (Holtzman, 1970; Szopa *et al.*, 1973) ส่วนที่จะมาจากรากดูดตะกั่วขึ้นมาจากดินนั้นคงน้อยมาก นอกจากดินจะมีความเป็นกรดอย่างมากเท่านั้น (John, 1972) ดังนั้นปริมาณตะกั่วในวงปีของไม้มะขามก็อาจมาจาก radial transport ของตะกั่ว มากกว่ามาจากรากดูดตะกั่วขึ้นมาเพราะดินในกรุงเทพฯค่อนข้างเป็นกลาง เพื่อที่จะดูแนวโน้มของความเป็นไปได้ในเรื่องนี้ ได้ทดลองวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในวงปี พ.ศ. 2518 - 2520 ของรัศมี R_4 (ซึ่งอยู่ทางด้านถนน) และของรัศมี R_2 (ซึ่งอยู่ด้านตรงข้ามกับถนน) แล้วนำเปรียบเทียบกัน ปรากฏผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งจากตารางนี้ปรากฏว่าวงปีของ R_4 จะมีปริมาณตะกั่วมากกว่าวงปีของ R_2 และวงปีในรัศมีเดียวกันนั้นวงปีที่อยู่ติดเปลือกจะมีปริมาณตะกั่วมากกว่าวงปีที่อยู่ลึกเข้าไป ฉะนั้นจึงเป็นไปได้ว่าตะกั่วในวงปีมาจาก radial transport จากภายนอกเข้าสู่ภายใน อย่างไรก็ตามหลายคนเชื่อกันว่ากลไกของการเคลื่อนที่แบบ radial transport และการสะสมตะกั่วในเนื้อไม้ควรจะมีการศึกษาต่อไปอีก (Szopa *et al.*, 1973; Rolfe, 1974)

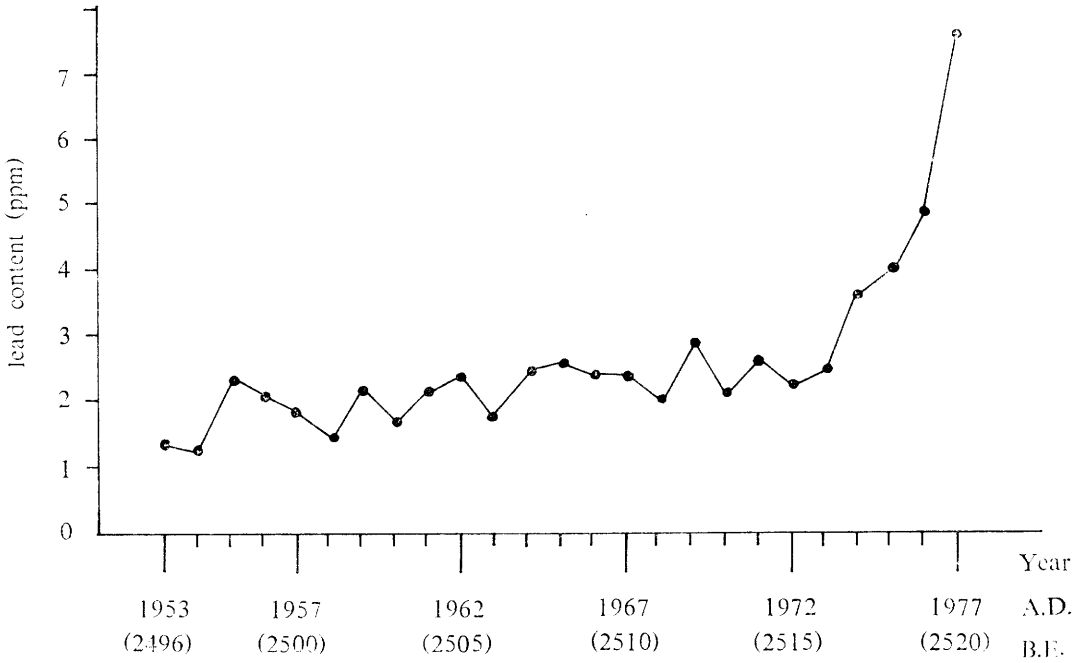

Fig 3. Radial lead content (ppm dryweight) in the annual rings for the period 1953 -1977. The samples were taken from the trunk at breast height (1.30 m above ground) and only from the fourth radius which was the exposed side of the tree.

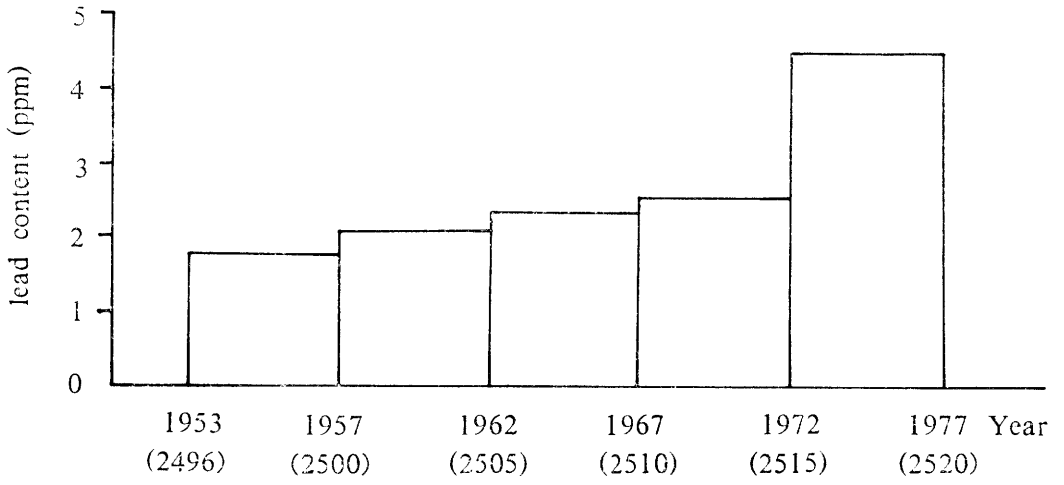

Fig 4. Average lead concentration of five years segment of the annual rings for the period 1953-1977.

Table 1. Comparison of lead content in the annual rings of R_4 and R_2 which faced the road and the opposite side of the road respectively.

Radius	Year	Lead content (ppm)
R_4	1977	7·62
	1976	4.88
	1975	4.11
R_2	1977	2.09
	1976	1.86
	1975	1.74

อุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของแต่ละเดือนเฉลี่ยจากระยะเวลา 27 ปี (พ.ศ. 2494 - 2520) และปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่มีฝนตกของแต่ละเดือนเฉลี่ยจากระยะเวลา 40 ปี (พ.ศ. 2481 - 2520) ในเขตกรุงเทพมหานครได้แสดงไว้ใน*ตารางที่ 2* อุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของแต่ละปีในรอบ 27 ปี และปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่มีฝนตกเฉลี่ยของแต่ละปีในรอบ 40 ปี ได้แสดงไว้ใน*รูปที่ 5* และ*รูปที่ 6* ตามลำดับ จะเห็นว่าอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์มีความแปรผันค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่มีฝนตก

เมื่อนำความกว้างแคบของวงปีไม้มะขามซึ่งปลูกอยู่ริมถนนราชดำเนินในมาสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในกรุงเทพมหานครซึ่งได้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ปรากฏผลดังแสดงไว้ใน*รูปที่ 6* จากรูปแสดงว่าความกว้างแคบของวงปีมีความผันแปรมากระหว่าง พ.ศ. 2481 – 2504 และมีความผันแปรน้อยระหว่าง พ.ศ. 2505 - 2520 ความผันแปรน้อยลงอาจเกิดจากมะขามมีอายุมากขึ้นก็ได้ จึงทำให้มีการเจริญเติบโตช้าและวงปีแคบลง ความกว้างแคบของวงปีไม้มะขามดูเหมือนจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนเพียงบางปีเท่านั้น เช่นระหว่าง พ.ศ. 2481 - 2485, 2496 - 2499 และ พ.ศ. 2500 - 2505 เป็นต้น เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการดังนี้คือ ประการแรกจำนวนต้นไม้ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้อาจน้อยเกินไป ประการที่สองต้นมะขามได้รับการรีดกิ่ง (prunning) เพื่อความสวยงาม ซึ่งจากการศึกษาพบกันว่าการรีดกิ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นและต่อความกว้างของวงปีด้วย ประการที่สาม ความกว้างแคบของวงปีที่จะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนเป็นปี ๆ ไปนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ยืนต้น (McGinnics, 1963) ฉะนั้นมะขามอาจไม่เหมาะสำหรับการศึกษาเรื่องนี้ และประการสุดท้ายก็คืออาจเป็นไปได้ว่าบริเวณที่ต้นมะขามขึ้นอยู่อาจมีปริมาณน้ำฝนต่างไปจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในกรุงเทพฯซึ่งได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ทุนช่วยเหลือการวิจัย คุณสุคนธ์ เจียสกุล แห่งกองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย และเจ้าหน้าที่ศูนย์อาชีวอนามัย กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ที่ได้ช่วยเหลือในเรื่อง atomic absorption spectrophotometer คุณศรีสุดา จงรัชตวิบูลย์ แห่งกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ได้ช่วยเหลือทางด้านข้อมูลอุตุนิยม และคุณบุศรา มากรุ่น แห่งคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ช่วยเหลือในการพิมพ์

Table 2. Monthly air temperature and relative humidity averaged from 1951-1977 and monthly annual rainfall and number of rainy days averaged from 1938-1977, in Bangkok. (From the Meteorological Department, 1978).

Month	Temperature (°C)	Relative humidity (%)	Annual rain fall (mm)	Number of rainy days
January	25.5	72.4	10.6	1.6
February	27.1	75.8	32.8	2.9
March	28.5	76.5	30.9	3.3
April	29.5	76.5	83.7	6.7
May	29.0	79.8	192.9	15.0
June	28.5	79.2	151.3	15.9
July	28.0	80.3	164.5	17.3
August	27.8	81.3	197.3	19.1
September	27.6	83.9	317.7	20.1
October	27.4	83.2	236.5	16.0
November	26.5	79.0	51.2	5.7
December	25.4	74.1	9.5	1.4

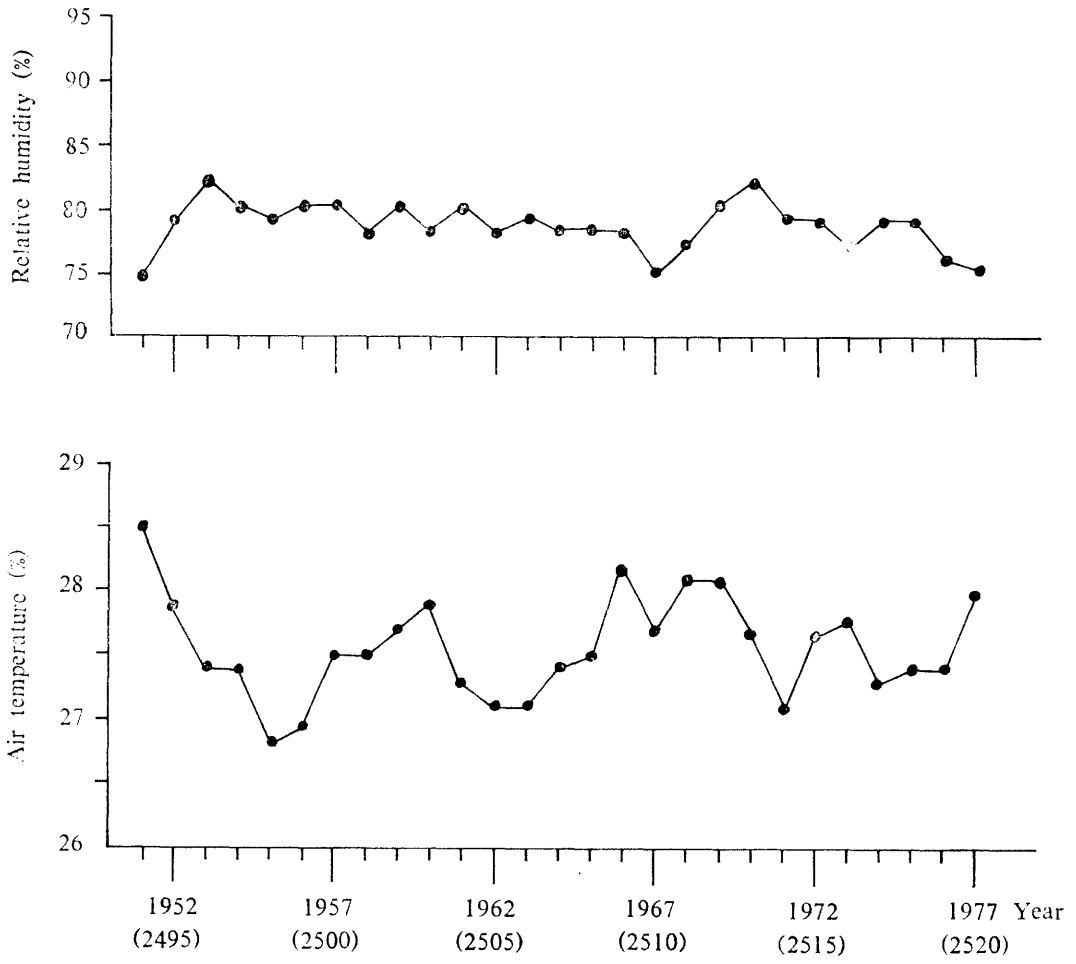

Fig. 5 Yearly relative humidity and air temperature in Bangkok during the last 27 years. (From the Meteorological. Department, 1978)

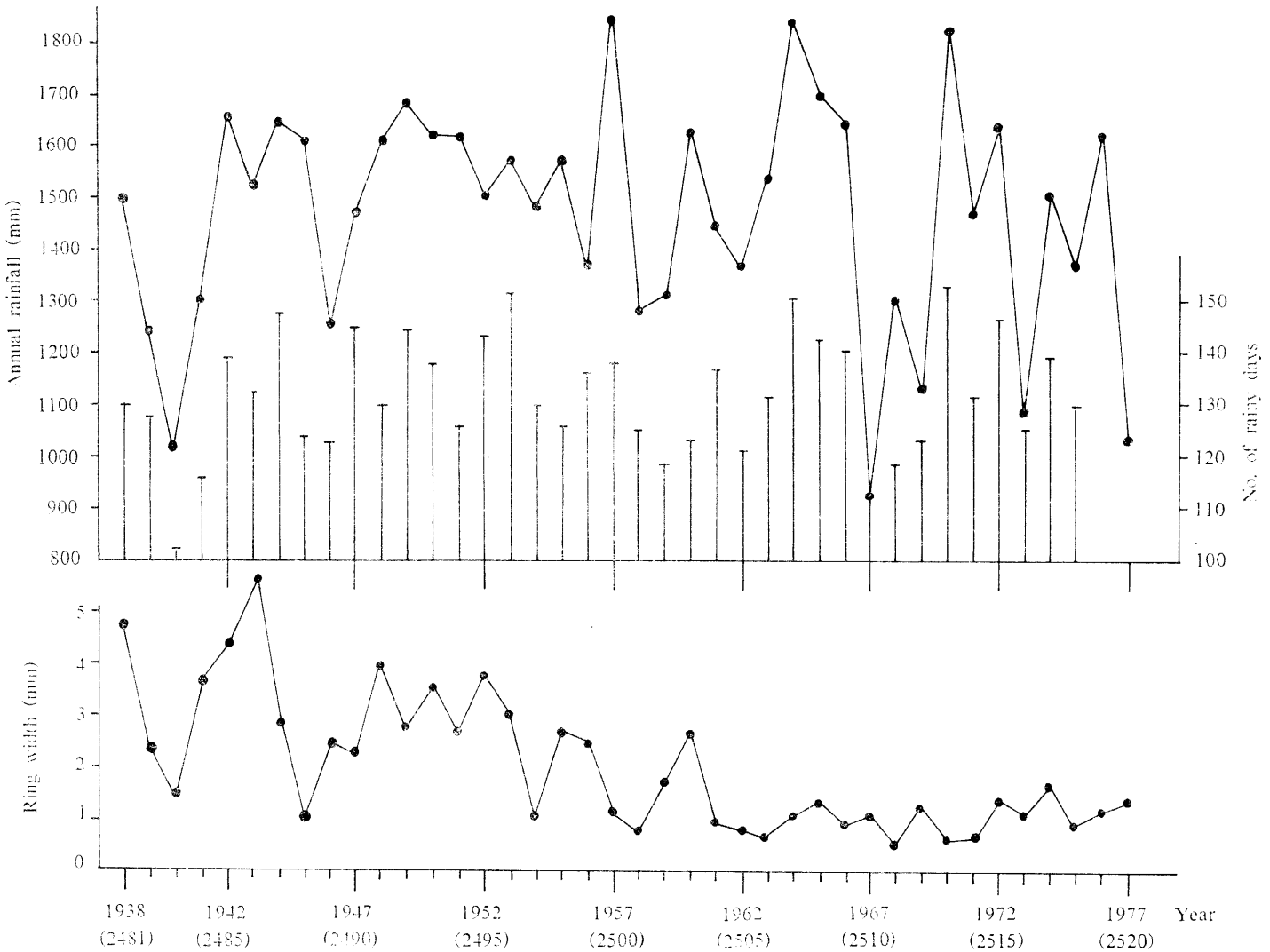

Fig 6. Yearly rainfall and number of rainly days during the last 40 years (upper) and the variation in width of annual rings of T. indica (lower). (Upper data obtained from the Meteorological Department, 1978)

เอกสารอ้างอิง

หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ. กรุงเทพมหานคร : 13 ตุลาคม 2520. หน้า 4.

Adult, W.U., R.G. Senechal and W.E. Erlebach. 1970. Isotopic composition as a natural tracer of lead. *Environ. Sci. Technol.* 4 : 305–313.

Ferguson, C.W. 1969. A 7, 104-years annual tree-ring chronology for Bristlecone pine, *Pinus arista,* from the White Mountains, California. *Tree-ring Bull.* 29 : 3–14.

Fritts, H.C. 1964. Tree-ring uniformity in Ponderosa pine. *Ecology* 45 (2) : 428–429.

Fritts, H.C. 1966. Growth-rings of trees : their correlation with climate. *Science* 154 : 973–979.

Fritts, H.C., D.G. Smith, J.W. Gardes and C.A. Budelsky. 1965. Tree-ring characteristics along a vegetation gradient in northern Arizona. *Ecology* 46 (4) : 393–401.

Holtzman, R.B. 1970. Discussion : isotopic composition as a natural tracer of lead in the environment. *Environ. Sci. Technol.* 4 : 314–317.

John, M.K. 1972. Lead availability related to soil properties and extractable lead. *Environ. Qual.* 1 : 295–298.

Kardell, L. and J. Larsson, 1978. Lead and cadmium in oak tree rings *(Quercus robur* L.*). Ambio.* 7 (3) : 117–121.

McGinnies, W.G. 1963. Dendrochronology. *Forestry* 61 : 5–11.

Rolfe, G.L. 1974. Lead distribution in tree rings. *For. Sci.* 20 (3) : 283–286.

Rühling, A. and G. Tyler. 1968. An ecological approach to the problem. *Bot. Notiser.* 121 : 321–342.

Szopa, S.P., E.A. McGinnes, JR. and J.O. Pierce. 1973. Distribution of lead within the xylem of trees exposed to air-borne lead compounds. *Wood Sci. Technol.* 6 (1) : 72–77.