คุณสมบัติเชิงอุณหภาพของต้น “จามจุรี”
The Thermal Property of “Jamjuree”

รศ.ดร.ชูพงษ์ ทองคำสมุทร[1]
[1]คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
choopong7@gmail.com Choopong_t@hotmail.com

บทคัดย่อ

พืชพรรณทางธรรมชาติมีส่วนเกี่ยวข้องกับการออกแบบสถาปัตยกรรมในส่วนของอาณาบริเวณและพื้นที่สีเขียวโดยรอบ โดยเฉพาะในเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวทุกเกณฑ์มีความเกี่ยวข้องกับต้นไม้และพืชคลุมดิน จากการศึกษาพบว่าต้นไม้นั้นมีคุณสมบัติเชิงอุณหภาพที่สำคัญโดยเฉพาะต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัว ได้แก่ต้น “จามจุรี” โดยจากการคำนวณค่าในสมการที่เกี่ยวข้องพบว่าการปลูกต้นไม้ชนิดนี้จะช่วยทำให้ (1) เกิดร่มเงาที่ช่วยลดการสะสมความร้อนที่พื้นดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (2) ทำให้อุณหภูมิผิวดินลดลง ส่งผลโดยตรงต่อสภาวะสบายทางอุณหภาพของมนุษย์ (3) ทำให้อุณภูมิอากาศโดยรอบลดลง ช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้ (4) การหุบใบของต้นจามจุรีที่มีลักษณะเฉพาะตัวทำให้การแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับท้องฟ้าในเวลากลางคืนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืนมีค่าต่ำกว่าต้นไม้ชนิดอื่น ซึ่งจะช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในอาคารที่มีการปรับอากาศ และส่งผลถึงสภาวะสบายทางอุณหภาพของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารที่ไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ

คำสำคัญ: ต้นไม้/ พืชพรรณธรรมชาติ/ ที่ตั้งและอาณาบริเวณ/ การปรับสภาพแวดล้อม

Abstract

Trees and Vegetation have an important role in architectural design especially in site and landscape aspect, All of green building index define this topic to be a major part. From former study, trees have a useful thermal property especially “Jamjuree” (Samanea saman Jacq Merr.). These thermal properties from this calculation are; (1) The shading from this tree can decrease the heat absorption on the ground that can reduce the heat island effect (2) Its shade minimize the surface temperature that improve a human thermal comfort. (3) It can reduce the air temperature around the building, the cooling load of air conditioning system is decrease. (4) A gorged leave of Jamjuree trees can increase the long wave radiation from the ground to sky that can reduce the air temperature under the tree at nighttime, by this reason, the cooling load is decrease in air-conditioned buildings and improve the human thermal comfort in passive buildings.

Keywords: Trees/ Vegetation/ Site and Landscape/ Climatic Modification

1. บทนำ

ต้นไม้หรือพืชพรรณธรรมชาตินั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อชีวิตและการเป็นอยู่ของมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้เป็นต้นกำเนิดของปัจจัยทั้งสี่ อันได้แก่ อาหาร เสื้อผ้า ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค นอกจากความสำคัญดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ต้นไม้ยังมีคุณสมบัติทางธรรมชาติที่มีส่วนช่วยให้มนุษย์สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมได้อย่างเป็นปกติสุขอีกด้วย โดยที่คุณสมบัติของต้นไม้ที่มีความสำคัญนี้ได้แก่

- การให้ร่มเงา ป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ที่ทำให้เกิดความร้อน
- การดูดซับความร้อน เนื่องจากการคายน้ำทางปากใบทำให้พืชต้องดูดความร้อนเพื่อการระเหยน้ำ ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศในรอบบริเวณนั้นเย็นลง
- ช่วยในการกรองฝุ่นในอากาศและในกระแสลม
- การสังเคราะห์แสงให้ก๊าซออกซิเจนซึ่งจำเป็นต่อการหายใจของมนุษย์ในเวลากลางวัน
- เป็นแหล่งกักเก็บธาตุคาร์บอน (Cabon Sinker) ในรูปของเซลลูโลส ลดการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ
- ทำให้เกิดทัศนียภาพที่ร่มรื่น สบายตา เนื่องจากช่วยลดความเปรียบต่างทางการมองเห็น (Contrast) และช่วยลดแสงบาดตา (Glare) ที่ทำให้เกิดความไม่สบายทางสายตา

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องพบว่า การปลูกต้นไม้และพืชพรรณทางธรรมชาตินั้นสามารถช่วยทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารนั้นลดลงได้ [1] สามารถช่วยลดการสะสมของความร้อนของพื้นดิน และป้องกันการพังทลายของดิน จากคุณสมบัติที่สำคัญทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้เองที่ทำให้การปลูกต้นไม้และพืชพรรณทางธรรมชาตินั้นเป็นปัจจัยสำคัญของการออกแบบอาคารเขียวและอาคารยั่งยืน [2] โดยเฉพาะในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิสถานและภูมิทัศน์

"จามจุรี"[2] เป็นพืชตระกูลถั่ว (Family Leguminosae) อยู่ในอนุวงศ์สะตอ (Sub-Family Mimosaceae) และมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Samanea saman Jacq Merr. ต้นไม้ชนิดนี้เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบ มียอดแผ่กว้างคล้ายรูปร่ม เรือนยอดสูงประมาณ 20 – 30 เมตร มีเปลือกสีดำ เนื้อไม้มีลวดลายสวยงาม นอกจากนี้ "จามจุรี" เป็นไม้เนื้ออ่อน ผุง่าย จึงไม่นิยมใช้ในการก่อสร้าง ต้นไม้ชนิดนี้นอกจากจะมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์เช่นเดียวกันกับต้นไม้ชนิดอื่นๆ ดังที่ได้กล่าวไปข้างต้นแล้ว ยังมีคุณลักษณะพิเศษอีกอย่างหนึ่งที่เป็นลักษณะเฉพาะที่น่าสนใจซึ่งจะได้แสดงในรายละเอียดต่อไป

[1] การสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นในเวลากลางวันที่มีแสงจากดวงอาทิตย์ ทำให้พืชส่วนใหญ่คายก๊าซออกซิเจนในเวลาดังกล่าว ยกเว้นพืชบางชนิด เช่น สับปะรด ลิ้นมังกร และ อโลเวรา ที่จะมีการคายก๊าซออกซิเจนในเวลากลางคืน

[2] ชื่ออื่นๆได้แก่ ก้ามกราม ก้ามกุ้ง ก้ามปู จามจุรี (ภาคกลาง), กิมบี๊ (กระบี่), ฉำฉา สารสา สำสา ลัง (ภาคเหนือ), ตุ๊ดตู่ (ตาก), เส่คุ เส่ดู่ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

ภาพที่ 1: แสดงลักษณะทางกายภาพของต้น “จามจุรี”

2. แนวทางการศึกษา

การพิจารณาคุณสมบัติทางด้านอุณหภาพของต้นจามจุรีนี้จะใช้การคำนวณจากสมการทางด้านการถ่ายเทความร้อน โดยจะใช้การพิจารณากรณีที่สภาพภูมิอากาศภายนอกอาคารในช่วงฤดูร้อนที่มีความร้อนและความชื้นสูง ซึ่งเป็นเงื่อนไขวิกฤตที่ทำให้สภาพอากาศภายในอาคารแตกต่างเป็นอย่างมากจากสภาวะน่าสบายทางอุณหภาพซึ่งอยู่ในช่วง 21.1-27.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์ [3] โดยการคำนวณจะพิจารณาจากทฤษฎีที่แสดงออกมาในรูปสมการ ดังต่อไปนี้

ทฤษฎีเกี่ยวกับดูดซับความร้อนในมวลสารและวัสดุ [4] ซึ่งแสดงโดยสมการที่ 1 ดังต่อไปนี้

$$Q = m * c * \Delta t \quad \text{.....สมการที่ 1}$$

โดยที่

Q	คือพลังงานที่สะสมอยู่ในวัสดุใดๆ (kJ หรือ Btu)
m	คือมวลของวัสดุ (kg หรือ lb)
c	คือค่าความจุความร้อนของวัสดุ (kJ/kg°C หรือ Btu/lb°F)
Δt	คือผลต่างของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากเดิม (°C หรือ °F)

ทฤษฎีเกี่ยวกับอุณหภูมิประมาณของอากาศที่ติดกับผิววัสดุ [4] ซึ่งแสดงโดยสมการที่ 2 ดังต่อไปนี้

$$T_{sol\text{-}air} = T_{out} + \frac{I * \alpha}{h_o} - \frac{\Sigma \Delta R}{h_o} \quad \text{.....สมการที่ 2}$$

โดยที่

$T_{sol-air}$ คือ อุณหภูมิประมาณของอากาศที่ติดอยู่กับผิววัสดุตอนที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงแดดและการแลกเปลี่ยนรังสีจะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารในอัตราที่เทียบเท่ากับสภาวะมีรังสีอาทิตย์กับสภาพแวดล้อมและจากการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับอากาศภายนอก (°C หรือ °F)

T_{out} คือ อุณหภูมิอากาศภายนอก (°C หรือ °F)

I คือ ปริมาณของรังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด (Btu/hr. ft^2)

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนความร้อนของผิววัสดุ

h_o คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิวโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสี (Btu/hr.sqft.)

ΔR คือ อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้า (Btu/hr. ft^2)

Σ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากผิว (Hemispherical Emittance of The Surface)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิการแผ่รังสี (Mean Radiant Temperature; MRT) [5] แสดงโดยสมการที่ 3 ดังต่อไปนี้

$$t_r = \frac{\{0.18[t_{pr}(up)+t_{pr}(down)]+0.22[t_{pr}(right)+t_{pr}(left)]+0.30[t_{pr}(front)+t_{pr}(back)]\}}{\div[2(0.18+0.22+0.30)]} \quad \text{.....สมการที่ 3}$$

โดยที่

t_r คืออุณหภูมิที่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีเฉลี่ยในระนาบทั้งหกด้าน (°C หรือ °F)

t_{pr} (up) คืออุณหภูมิที่ได้รับอิทธิพลจากระนาบด้านบน (°C หรือ °F)

t_{pr} (down) คืออุณหภูมิที่ได้รับอิทธิพลจากระนาบด้านล่าง (°C หรือ °F)

t_{pr} (right) คืออุณหภูมิที่ได้รับอิทธิพลจากระนาบด้านขวา (°C หรือ °F)

t_{pr} (left) คืออุณหภูมิที่ได้รับอิทธิพลจากระนาบด้านซ้าย (°C หรือ °F)

t_{pr} (front) คืออุณหภูมิที่ได้รับอิทธิพลจากระนาบด้านหน้า (°C หรือ °F)

t_{pr} (back) คืออุณหภูมิที่ได้รับอิทธิพลจากระนาบด้านหลัง (°C หรือ °F)

โดยที่อิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบนี้ จะมีอิทธิพลมากกว่าอุณภูมิอากาศในขณะนั้น 1.4 เท่า [1]

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคาร [6] แสดงดังสมการที่ 4 ดังต่อไปนี้

$$Q = U \times A \times \Delta T$$
$$Q = U \times A \times CLTD \quad \text{.....สมการที่ 4}$$

โดยที่

Q	คือปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารผ่านกรอบอาคาร (Btu/h)
U	คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (Btu/hr. ft^2)
A	คือพื้นที่ ที่ความร้อนถ่ายเทผ่านวัสดุของผนัง (sqft)
ΔT	คือค่าความแตกต่างระหว่างภายนอกกับภายใน (°F)
CLTD	คือค่าความแตกต่างภาระทำความเย็นเทียบเท่า (Cooling Load Temperature Difference (°F))

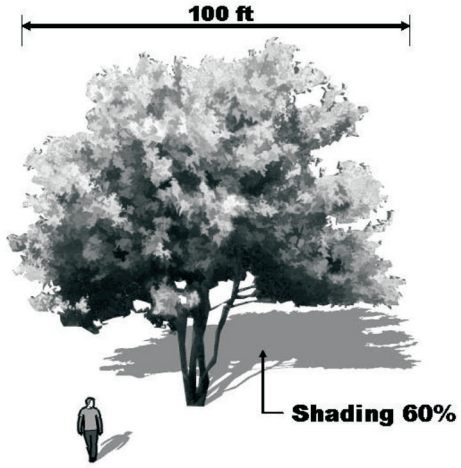
โดยในการที่จะเลือกใช้สมการใดนั้นขึ้นอยู่กับเงื่อนไขดังต่อไปนี้

ค่า ΔT	จะเลือกใช้ในกรณีที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะทำให้มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกมีค่าคงที่ (Steady State Condition)
ค่า CLTD	จะเลือกใช้ในกรณีที่มีแสงแดดเข้ามาเกี่ยวข้อง แสงอาทิตย์เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารมากที่สุด การปรับเปลี่ยนค่า CLTD เป็นการปรับให้เข้ากับอิทธิพลภายนอก เพราะในความเป็นจริงแล้ว ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ ภายนอกและภายในนั้นมีความไม่คงที่ แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา

3. ผลการศึกษา

ในช่วงฤดูร้อนเวลากลางวัน กรณีที่มีการปลูกต้นจามจุรีที่ลักษณะของต้นไม้ชนิดนี้มีความโปร่งของพุ่มใบที่จะทำให้เกิดเงาบนพื้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของเงาที่เกิดจากวัสดุทึบแสง มีขนาดความกว้างของพุ่มใบประมาณ 30 เมตร (ประมาณ 100 ฟุต) ทำให้สามารถที่จะคำนวณค่าการสะสมความร้อนบริเวณพื้นดิน[3] เนื่องจากแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการปลูกต้นไม้ได้ดังต่อไปนี้

[3] ค่าความหนาแน่นของดินใต้ร่มไม้โดยประมาณคือ 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 2: แสดงลักษณะและขนาดของเงาที่เกิดขึ้นจากต้นจามจุรีที่นำมาใช้ในการคำนวณ

จาก $Q = m * c * \Delta t$

เมื่อแทนค่า $Q = 392.8 * 100 * 0.191 * (104-77)$

จะได้ปริมาณความร้อนที่ลดลงเนื่องจากเงาของต้นไม้คือ 165,054 Btu/hr. ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณความเย็นเทียบเท่ากับเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน[4] เปิดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง 48 นาที โดยที่ยังไม่รวมกับปริมาณความเย็นที่ได้จากการระเหยน้ำทางปากใบอีกด้วย

นอกจากคุณสมบัติในเรื่องของการลดการสะสมความร้อนในพื้นดินแล้ว เงาของต้นจามจุรียังช่วยลดอุณหภูมิผิวบริเวณใต้ต้นไม้ได้อีกด้วย ซึ่งการคำนวณอุณหภูมิผิวเสมือนที่เกิดขึ้นนี้สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้ โดยในเวลากลางวันที่อากาศร้อน ค่าปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวดิน[5] จะมีค่าประมาณ 240 Btu/hr. ft^2 เมื่อผิวดินร้อนขึ้นจะคายรังสีความร้อนกลับคือสู่ท้องฟ้ามีค่าประมาณ 20 Btu/ $hr.ft^2$ ซึ่งสามารถคำนวณอุณหภูมิเสมือนของผิวดินที่อยู่กลางแจ้งโดยไม่มีต้นไม้ปกคลุมได้ดังต่อไปนี้

จากสมการ $T_{sol\text{-}air} = T_{out} + \frac{I * \alpha}{h_o} - \frac{\Sigma \Delta R}{h_o}$

แทนค่า $T_{sol\text{-}air} = 86 + (24 * 0.5) / 3 - (20 * 0.8) / 3$

$T_{sol\text{-}air}$ = 120.7 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 49.2 องศาเซลเซียส ในกรณีที่อุณหภูมิอากาศมีค่า 86 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 30 องศาเซลเซียส

[4] 12,800 Btu/hr.

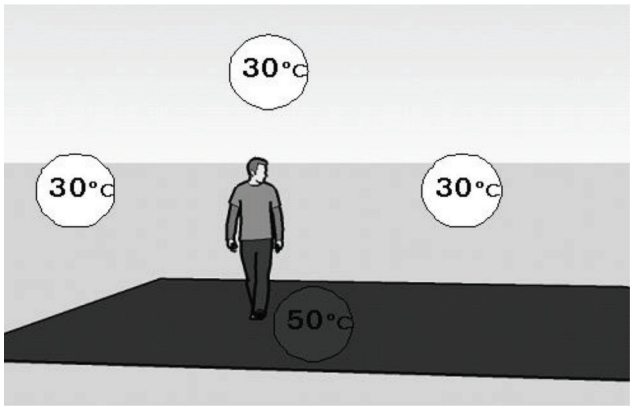
[5] กรณีนี้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เนื่องจากสีของวัสดุหรือพื้นผิวใดๆ จะใช้ค่าประมาณ 0.5 คือมีสีกลางค่อนไปทางอ่อน หากมีสีเข้มจะมีค่าประมาณ 0.8-0.9 กรณีสีอ่อนกว่านี้จะใช้ค่า 0.3

แต่ในกรณีที่มีการปลูกต้นไม้ในกรณีของต้นจามจุรี จะสามารถอุณหภูมิเสมือนที่ผิวดินได้โดยการใช้สมการเดียวกันมาคำนวณ โดยที่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นจะลดจากค่าเฉลี่ยประมาณ 240 Btu/hr. ft^2 เหลือเพียงในช่วง 30-50 Btu/hr. ft^2 เท่านั้นทำให้อุณหภูมิเสมือนที่ผิวดินมีค่าจากการคำนวณต่อไปนี้

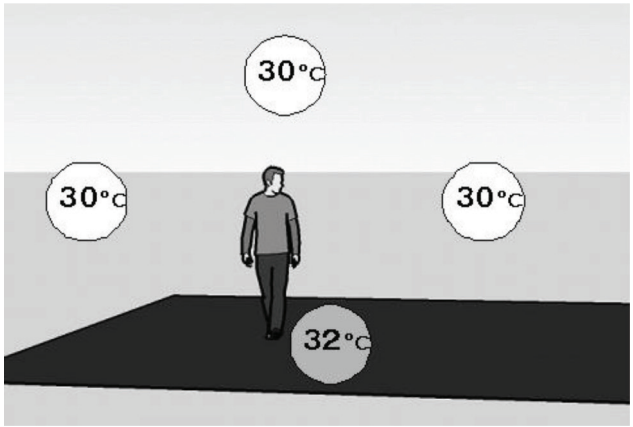
$T_{sol\text{-}air}$ = 86 + (40 * 0.5) / 3 - (10*0.8) / 3

$T_{sol\text{-}air}$ = 90 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 32.2 องศาเซลเซียสในกรณีที่อุณหภูมิอากาศมีค่า 86 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 30 องศาเซลเซียส

จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันเป็นอย่างมากระหว่างอุณหภูมิเสมือนของผิวดินระหว่างกรณีที่อยู่กลางแจ้งและอยู่ใต้ร่มไม้ คือมีความแตกต่างกันถึง 30.7 องศาฟาเรนไฮต์หรือ 17 องศาเซลเซียส ซึ่งผลของอุณหภูมิเสมือนของผิวดินที่ร้อนนี่เองที่ส่งผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวของมนุษย์โดยตรง ซึ่งสามารถทำการคำนวณเปรียบเทียบความรู้สึกเสมือนที่เกิดจากอุณหภูมิของพื้นผิวโดยรอบได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3: แสดงอุณหภูมิการแผ่รังสีในระนาบต่างๆ ที่จะนำมาใช้คำนวณในกรณีที่พื้นดินมีอุณหภูมิสูง คือ 124.2 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากไม่มีร่มเงาจากต้นไม้



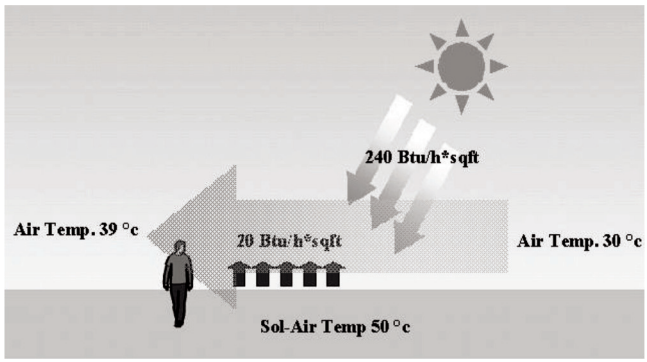
ภาพที่ 4: แสดงอุณหภูมิการแผ่รังสีในระนาบต่างๆ ที่จะนำมาใช้คำนวณในกรณีที่พื้นดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าคือ 90 องศาฟาเรนไฮต์หรือ 32 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีร่มเงาจากต้นไม้

โดยปกติแล้วอุณหภูมิผิวของร่างกายมนุษย์นั้นจะมีค่าประมาณ 32 องศาเซลเซียส ดังนั้นหากพื้นผิวใดที่มีอุณหภูมิสูงกว่านี้ก็จะแผ่รังสีความร้อนมาสู่ร่างกายของเรา จากภาพที่ 3 และ 4 นั้นเราสามารถที่จะคำนวณค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีจากพื้นผิวโดยรอบได้โดยกำหนดให้ระนาบทั้งหมดมีอุณหภูมิเท่ากันคือ 30 องศาเซลเซียส ยกเว้นระนาบพื้นที่จะมีอุณหภูมิผิวแตกต่างกันเท่านั้น

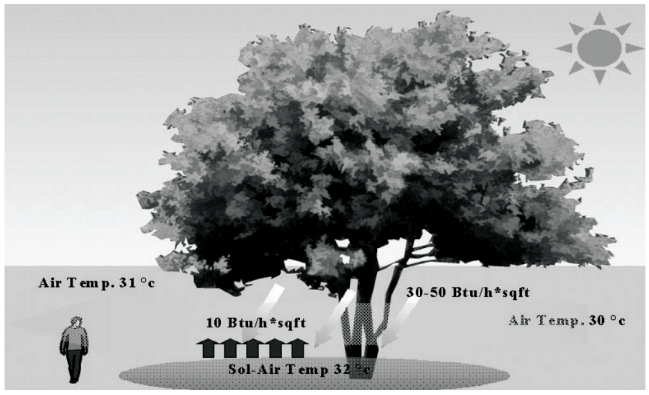
จาก $t_r = \{0.18[t_{pr}(up) + t_{pr}(down)] + 0.22[t_{pr}(right) + t_{pr}(left)] + 0.30[t_{pr}(front) + t_{pr}(back)]\} \div [2(0.18 + 0.22 + 0.30)]$

เมื่อแทนค่าของอุณหภูมิในสมการนี้ทั้งสองกรณี จะพบว่าค่าอุณหภูมิในกรณีที่พื้นผิวดินมีความร้อนสูงคือ 50 องศาเซลเซียสนั้นมนุษย์จะรู้สึกเสมือนกับว่าอุณหภูมิในขณะนั้นคือประมาณ 34 องศาเซลเซียส (ไม่รวมผลที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ตรงสัมผัสกับผิวหนัง) ในขณะที่กรณีที่พื้นผิวดินมีอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มนุษย์จะรู้สึกเสมือนกับว่าอุณหภูมิขณะนั้นคือประมาณ 30.5 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความแตกต่างกันประมาณ 3.5 องศาเซลเซียส

ผลจากการสะสมความร้อนในพื้นดินและอุณหภูมิเสมือนของผิวดินที่มีความร้อนสูงนี้เองส่งผลให้อุณหภูมิอากาศรอบบริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้มนุษย์รู้สึกไม่สบายโดยเฉพาะในกรณีที่มีการออกแบบอาคารให้มีการใช้กระแสลมธรรมชาติทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิดังกล่าวสูงกว่าสภาวะน่าสบายที่มีค่าประมาณ 22-27 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 5: แสดงอุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้นมากจากการสะสมความร้อนที่ผิวดินและอุณหภูมิผิวดินที่สูงขึ้นเนื่องจากไม่มีการบดบังเงาจากต้นไม้



ภาพที่ 6: แสดงอุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้นไม่มากเนื่องจากมีการใช้ต้นไม้เข้ามาช่วยลดการสะสมความร้อนในพื้นดินและช่วยลดอุณหภูมิผิวที่เกิดจากรังสีอาทิตย์

จากภาพที่ 5 และ 6 เห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศที่มีการปลูกต้นไม้เพื่อปรับสภาพแวดล้อมกับการที่ไม่มีการปลูกต้นไม้ ซึ่งอุณหภูมิอากาศมีความแตกต่างกันถึง 12 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 7 องศาเซลเซียส ซึ่งนอกจากอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นนี้จะมีผลต่อมนุษย์โดยตรงแล้ว ยังมีผลต่อภาระการทำความเย็นของอาคารด้วย ซึ่งเราสามารถคำนวณได้อย่างง่ายได้ดังต่อไปนี้

จากสมการแสดงปริมาณความร้อนผ่านกรอบอาคารคือ

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

โดยการแทนค่าตัวแปร โดยที่มีการคงที่ตัวแปรบางตัวไว้ได้แก่ U คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุอาคาร และ A คือพื้นที่กรอบอาคาร รวมทั้งอุณหภูมิอากาศภายใน[6] โดยที่ตัวแปรที่จะเปลี่ยนแปลงเพียงค่าเดียวได้แก่ตัวแปรอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร

ในกรณีที่ไม่มีการปลูกต้นไม้ แทนค่า $Q_1 = U * A * (102-77)$

$Q_1 = 25UA$

ในกรณีที่มีการปลูกต้นไม้ แทนค่า $Q_2 = U * A * (90-77)$

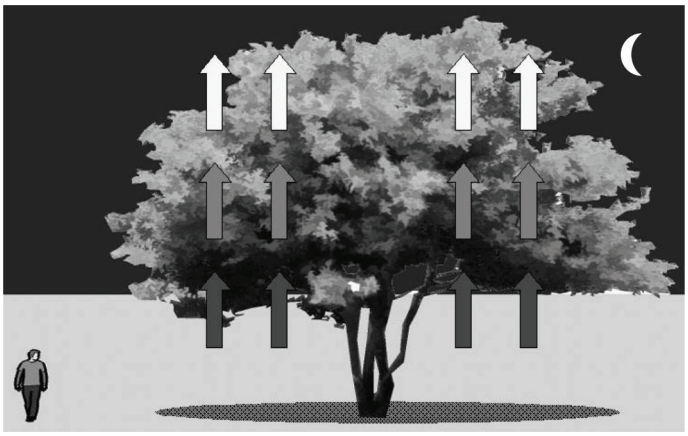
$Q_2 = 13UA$

จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าปริมาณความร้อนที่จะมีผลต่อภาระการทำความเย็นในกรณีที่ไม่มีการปลูกต้นไม้นั้นมีค่าประมาณเกือบสองเท่าของกรณีที่มีการปลูกต้นไม้ (Q1/ Q2 = 1.92) ดังนั้นการปลูกต้นไม้จึงมีส่วนช่วยในการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในส่วนของความร้อนที่จะผ่านกรอบของอาคารได้เป็นอย่างดี

จากที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นว่าต้นจามจุรีมีลักษณะพิเศษที่ต่างไปจากไม้ยืนต้นชนิดอื่นๆ คือ ในเวลากลางคืนที่ท้องฟ้ามีอุณหภูมิต่ำนั้นใบจะมีการหุบลงโดยธรรมชาติส่งผลให้พุ่มใบมีความโปร่งมากขึ้น ทำให้การแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนระหว่างพื้นดินกับท้องฟ้านั้นเกิดขึ้นมากกว่าต้นไม้ชนิดอื่นที่ใบไม่มีการหุบลง ซึ่งการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนระหว่างพื้นดินกับท้องฟ้านี้หากเกิดได้มาก จะทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวดินบริเวณดังกล่าวเย็นลงอย่างรวดเร็ว และจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศบริเวณนั้นเย็นลงด้วย โดยการคำนวณค่าการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนนี้สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

[6] คืออุณหภูมิที่เกิดจากการปรับอากาศภายในอาคารตั้งไว้ที่ 25 องศาเซลเซียสหรือ 77 องศาฟาเรนไฮต์ (thermostat set point)

[7] การที่ใบไม่มีการหุบลงจะทำให้การแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนระหว่างพื้นดินกับท้องฟ้าเป็นไปได้ยาก ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศใต้ต้นไม้ในเวลากลางคืนมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศที่กลางแจ้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ไม่มีกระแสลมธรรมชาติมาพาความร้อน ออกไป (Heat Loss by Convection)



ภาพที่ 7: แสดงการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนระหว่างพื้นดินกับท้องฟ้าในกรณีที่มีการปลูกต้นจามจุรีที่มีการหุบใบในตอนกลางคืน ทำให้การแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนเป็นไปได้โดยง่าย

ภาพที่ 8: แสดงการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนระหว่างพื้นดินกับท้องฟ้าในกรณีที่มีการปลูกต้นไม้ชนิดอื่นที่ไม่มีการหุบใบในตอนกลางคืน ทำให้การแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนเป็นไปได้ยาก

โดยจากสมการ $T_{sol\text{-}air} = T_{out} + \frac{I * \alpha}{h_o} - \frac{\Sigma \Delta R}{h_o}$

กรณีที่เป็นต้นจามจุรี

แทนค่า $T_{sol\text{-}air}$ = 77 + (0 * 0.5) / 3 - (15*0.8) / 3

$T_{sol\text{-}air}$ = 73 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 22.7 องศาเซลเซียส ในกรณีที่อุณหภูมิอากาศในตอนกลางคืนมีค่า 77 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 25 องศาเซลเซียส

กรณีที่เป็นต้นไม้ชนิดอื่นที่ไม่มีการหุบใบในเวลากลางคืน

แทนค่า $T_{sol\text{-}air}$ = 77 + (0 * 0.5) / 3 - (5*0.8) / 3

$T_{sol-air}$ = 75.6 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 24.5 องศาเซลเซียส ในกรณีที่อุณหภูมิอากาศในตอนกลางคืนมีค่า 77 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 25 องศาเซลเซียส

ผลจากการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนระหว่างพื้นดินกับท้องฟ้า ทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ต้นไม้ต่ำลงกว่าต้นไม้ปกติที่ไม่มีการหุบใบลง ถึงประมาณ 2 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังส่งผลให้กระแสลมที่พัดผ่านนั้นมีอุณหภูมิต่ำลงอีกด้วย ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะต้นไม้ที่มีการหุบใบลงในเวลากลางคืนดังเช่นต้นจามจุรี

4. สรุปผลการศึกษา

จากผลการคำนวณจะพบว่า ในเวลากลางวันที่มีอุณหภูมิอากาศค่อนข้างสูง ต้นไม้เช่นต้นจามจุรีสามารถที่จะลดความร้อนที่จะสะสมบริเวณพื้นดิน อีกทั้งยังช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวดินได้อีกด้วย ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศใต้พุ่มใบนั้นต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศกลางแจ้ง และจะส่งผลให้กระแสลมที่พัดผ่านบริเวณดังกล่าวนั้นมีอุณภูมิที่ต่ำลงอีกด้วย ส่วนในเวลากลางคืนที่มีอุณหภูมิต่ำนั้นต้นไม้ที่มีคุณสมบัติในการหุบใบลงจะทำให้การแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนระหว่างพื้นดินกับท้องฟ้าเป็นไปได้โดยสะดวก ทำให้อุณหภูมิในบริเวณใต้ร่มไม้ชนิดนี้เย็นลงมากกว่าใต้ต้นไม้ชนิดอื่นๆ ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ต้นไม้มีส่วยช่วยในการออกแบบอาคารเพื่อให้เข้าใกล้สภาวะน่าสบายได้มากขึ้น เพราะว่าต้นไม้สามารถปรับสภาพแวดล้อมที่มีความรุนแรง (Climatic Modification)

โดยทั้งนี้การนำต้นไม้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นนอกจากจะต้องคำนึงถึงชนิดของต้นไม้แล้วสิ่งอื่นๆที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมได้แก่ ขนาดและลักษณะทางกายภาพของต้นไม้ เช่นทรงพุ่ม การแผ่ของกิ่งก้านและราก ขนาดของใบ ความแข็งอ่อนของเนื้อไม้ การผลัดใบ และช่วงเวลาของการผลัดใบของต้นไม้ชนิดนั้นๆ ตำแหน่งและทิศทางที่จะทำการปลูกต้นไม้ คุณสมบัติพิเศษของต้นไม้บางชนิด เช่นกันแมลงได้ เป็นต้น และนอกจากปัจจัยที่ได้กล่าวมานี้แล้ว การนำต้นไม้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดนั้นยังต้องพิจารณาถึงการใช้ปัจจัยอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง เช่น เนินดิน สระน้ำ พืชคลุมดิน ความสูงต่ำลาดเอียงของพื้นที่ มาประกอบด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

[1] สุนทร บุญญาธิการ, *บ้านชีวาทิตย์ บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อคุณภาพชีวิต ผลิตพลังงาน.* กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[2] ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, ภาวะโลกร้อนกับการออกแบบสถาปัตยกรรมยั่งยืน. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2557.

[3] V. Olgyay, *Design with Climate Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. 4th ed.* London: Princeton University Press, 1973.

[4] America Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineerings, *ASHRAE Handbook Fundamental. I-P Edition.* Atlanta Georgia: Standard Press, 2015.

[5] P.O. Fanger, *Thermal Comfort.* United States of America: McGraw-Hill Book Company, 1970.

[6] Stein, Benjamin and Reynolds, *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings.* 9th ed. United States of America: John Wiley & Sons. Inc., 2000.