

การศึกษาผลของลมที่มีต่อการลุกลามของไฟผิวดินภายใต้สภาวะที่เชื้อเพลิงติดไฟได้ยาก The Effects of Wind on Surface Fire Spreading under Marginal Burning Conditions

ปิยะ สกกุลพานิชเจริญ¹ และ วัชรพงษ์ รัชชยพงษ์*

¹ห้องวิจัยระบบอัตโนมัติและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

*ติดต่อ: โทรศัพท์: 053-944-146, โทรสาร: 053-944-145

E-mail: wtacha@dome.eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การชิงเผา (Early Burning) เป็นการจัดการลดปริมาณเชื้อเพลิงเพื่อป้องกันไฟป่าที่ใช้กันแพร่หลายทั่วโลก โดยการดำเนินการจะทำได้ในช่วงที่อากาศเย็นและเชื้อเพลิงมีความชื้นสูงซึ่งเป็นสภาวะที่เชื้อเพลิงติดไฟได้ยาก (Marginal Burning Condition) เพื่อให้ไฟที่ได้มีความรุนแรงต่ำและควบคุมได้ง่าย ในทางตรงข้าม หากไฟไม่สามารถลุกลามออกไปได้ก็จะทำให้สิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก การคำนวณเพื่อให้รู้ว่าไฟที่จุดจะสามารถลุกลามได้หรือไม่จึงเป็นสิ่งสำคัญ ในปัจจุบัน ความชื้นของเชื้อเพลิงได้ถูกใช้เป็นปัจจัยหลักในการทำนายการลุกลามได้ของไฟ อย่างไรก็ตาม ลมถือเป็นอีกปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อการลุกลามได้ของไฟ การศึกษานี้จึงได้นำแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลแบบ LES (Large Eddy Simulation) มาศึกษาผลของลมที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนจากไฟสู่เชื้อเพลิงผิวดิน โดยทำการศึกษาไฟที่ลุกลามตามทิศทางลม (Heading Fire) และไฟที่ลุกลามย้อนทิศทางลม (Backing Fire) ที่ค่าความเร็วลมในช่วง 0.4 – 1.2 เมตรต่อวินาที ชนิดของเชื้อเพลิงที่มีลักษณะเหมือนใบเตยฝรั่งที่มีขนาดกว้าง 0.4 m ยาว 0.8 m และเชื้อเพลิงหนา 0.1 m จากการคำนวณการลุกลามของไฟผิวดินที่มีความรุนแรงของไฟในช่วง 296-420 kW/m อัตราการลุกลามในช่วง 0.025-0.041 m/s พบว่า ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจาก 0-1.2 m/s ทำให้อัตราการและปริมาณการถ่ายเทความร้อนสุทธิจากไฟสู่เชื้อเพลิงลดลงโดยค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณความร้อนสุทธิที่เชื้อเพลิงได้รับต่อความร้อนที่ไฟปล่อยออกมา มีค่า 0.002-0.009% สำหรับไฟผิวดินที่ลุกลามในสภาวะที่เชื้อเพลิงติดไฟได้ยากในการศึกษานี้

คำหลัก: การชิงเผา, การลุกลามของไฟผิวดิน, สภาวะที่เชื้อเพลิงติดไฟได้ยาก

Abstract

Early burning is a fuel management used around the world to reduce wildfire severity. For safety implication, early burning is typically conducted under marginal burning conditions, i.e. damp fuel and cold weather, so that the resulting fire intensity is low. Since the financial cost of early burning is expensive, accurate calculation can decrease number of unsuccessful burning. Nowadays, moisture content of fuel is

used as a sole factor to predict fire severity. However, wind is also a factor that influences fire spreading. Therefore, a physical model based on Large Eddy Simulation (LES) was used to study the effects of wind on heat transfer from surface fire to unburned surface fuel ahead of the flame front. The fuel bed size was 0.4 m width 0.8 m length and 0.1 m depth. The surface fuel properties were that of dry leaves in dry deciduous dipterocarp forest. For the surface fire spreading at the rate of spread (ROS) of 0.025-0.041 m/s with fire line intensity in the range of 296-420 kW/m in this study, The model results showed that increasing wind speed from 0 – 1.2 m/s reduces the rate and amount heat transfer from surface fire to surface fuel ahead. The ratio of heat absorbed by surface fuel to the heat released from surface fire was in the range of 0.002-0.009%

Keywords: Early burning, Surface fire spreading, Marginal burning condition

1. บทนำ

การชิงเผา (Early burning) คือการใช้ไฟเพื่อลดปริมาณและความต่อเนื่องของเชื้อเพลิงป่าเพื่อป้องกันการเกิดไฟป่าที่มีความรุนแรงสูงในป่าผลัดใบ เช่น ป่าเต็งรัง โดยการชิงเผ่าจะทำในช่วงที่เชื้อเพลิงติดไฟได้ยาก คือ อุณหภูมิอากาศต่ำและความชื้นของเชื้อเพลิงสูง เพื่อให้ได้ไฟผิวดินที่ลุกลามช้าและควบคุมได้ง่าย แต่ก็ยังเป็นสถานะที่ไฟอาจจะไม่สามารถลุกลามได้เช่นกัน ซึ่งถ้าทำการชิงเผ่าในวันที่ไฟไม่สามารถลุกลามได้ก็จะทำให้สิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์ แต่หากดำเนินการในวันที่เชื้อเพลิงแห้งเกินไป ไฟที่ลุกลามจะมีความรุนแรงสูงและดับได้ยาก การคำนวณเพื่อหาสถานะที่ไฟสามารถลุกลามได้พอดีจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการจัดการเชื้อเพลิงโดยการชิงเผา

ที่ผ่านมา ความชื้นของเชื้อเพลิงถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการลุกลามของไฟเนื่องจากความชื้นสูงๆจะทำให้ไฟลุกลามได้ยาก [1-3] แต่ก็มีหลายการศึกษาที่ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์และการทดลองขนาดเล็กเพื่อหาผลของความเร็วของลมที่มีต่อการลุกลามของไฟผิวดิน [1, 4, 5] โดยพบว่า ลมก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลมากต่อการลุกลามของไฟผิวดิน [4, 6-8] เนื่องจากลมทำให้เปลวไฟเอียงเข้าใกล้เชื้อเพลิงทำให้ความร้อนถ่ายเทให้กับเชื้อเพลิงโดยการแผ่รังสี

ความร้อนมากขึ้น ทำให้โอกาสที่ไฟจะลุกลามของไฟเพิ่มขึ้นแม้ว่าเชื้อเพลิงจะมีความชื้นสูงอยู่

ในการศึกษานี้จึงได้ศึกษาผลของลมที่มีต่อการลุกลามของไฟภายใต้สถานะของเชื้อเพลิงที่ติดไฟได้ยาก โดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนสุทธิที่มีผลต่อการลุกลามของไฟในสถานะที่เชื้อเพลิงที่ติดไฟได้ยาก โดยพิจารณาถึงการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะสามารถคำนวณการติดไฟได้อย่างแม่นยำ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนจัดการเชื้อเพลิงสำหรับป่าเต็งรัง

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การลุกลามของไฟเกิดจากกระบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่างไฟกับเชื้อเพลิงซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลักสามอย่าง คือ แหล่งกำเนิดความร้อน (Heat Source) แหล่งรับความร้อน (Heat Sink) และการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) โดยปัจจัยหลักที่มีผลโดยตรงต่อการลุกลามของไฟคือ ความเร็วและทิศทางของลม ชนิดและความชื้นของเชื้อเพลิง, ความชื้นของภูมิประเทศ และอุณหภูมิกับค่าความชื้นของอากาศ เนื่องจากกระบวนการถ่ายเทความร้อนนี้ถือเป็นกลไกหนึ่งของปฏิสัมพันธ์ระหว่างไฟกับเชื้อเพลิง (Fire-fuel interaction) ซึ่งมีการรักษาสมดุลระหว่างการถ่ายเทความร้อนกับปริมาณก๊าซเผาไหม้ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) ทำให้กลไก

การลู่กลามของไฟมีความซับซ้อนและจำเป็นต้องอาศัยแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics : CFD) เพื่อคำนวณผลของปฏิสัมพันธ์ของไฟกับเชื้อเพลิงดังกล่าวด้วย

ในการใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics : CFD) เพื่อคำนวณการเผาไหม้และการไหลแบบปั่นป่วนของอากาศร้อน จำเป็นต้องอาศัยการคำนวณที่ละเอียดและใช้ระยะเวลาในการคำนวณที่ยาวนานเนื่องจากจำเป็นต้องใช้กริด (Grid) ในการคำนวณที่มีขนาดเล็กมากและใช้ระยะเวลาในการคำนวณนาน ดังนั้น ในการศึกษาจึงใช้ระเบียบวิธีการจำลองแบบ Large Eddy Simulation (LES) ในการคำนวณการลู่กลามของไฟ โดย LES จะแก้สมการควบคุมการไหล (Navier - Stoke Equations) โดยสมการหลักที่ใช้คือสมการอนุรักษ์มวล, อนุรักษ์โมเมนตัม, อนุรักษ์พลังงาน และอนุรักษ์ชนิดของสาร ดังนี้ [9]

$$\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{\rho} \tilde{u}_i}{\partial x_i} = \bar{s}_{s-g} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{\rho} \tilde{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \bar{\rho} \tilde{u}_i \tilde{u}_j}{\partial x_j} &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left(-\bar{\rho} u_i u_j - \tilde{u}_i \tilde{u}_j \right) \\ &- \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial \bar{\tau}_{ij}}{\partial x_j} + \bar{\rho} g_i - \bar{F}_{s,i} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{\rho} \tilde{h}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{\rho} \tilde{u}_i \tilde{h}}{\partial x_i} &= \frac{\partial}{\partial x_i} \left(-\bar{\rho} u_i h - \tilde{u}_i \tilde{h} \right) - \frac{\partial \bar{q}_i}{\partial x_i} \\ &- \bar{q}_{conv} - \bar{q}_{rad} + 1 - X_c \bar{m}_{s,char} L^{char} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{\rho} \tilde{Y}_K}{\partial t} + \frac{\partial \bar{\rho} \tilde{u}_j \tilde{Y}_K}{\partial x_j} &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left(-\bar{\rho} u_j Y_K - \tilde{u}_j \tilde{Y}_K \right) \\ &+ \frac{\partial \bar{q}_{Y,K}}{\partial x_j} + \bar{s}_{s-g,K} + \bar{\omega}_K \end{aligned} \quad (4)$$

เมื่ออุณหภูมิของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับพลังงานความร้อนจะเกิดการสูญเสียของมวล โดยอัตราการสูญเสียของมวลและอัตราการถ่ายเทความร้อนสามารถคำนวณได้จาก สมการอนุรักษ์มวลและสมการอนุรักษ์พลังงาน

$$\frac{\partial \bar{m}_s}{\partial t} = -\bar{m}_{s,H_2O} - \bar{m}_{s,pyr} - \bar{m}_{s,char} \quad (5)$$

$$\frac{\partial \bar{c}_{p,s} \bar{m}_s \bar{T}_s}{\partial t} = \bar{q}_{conv} + \bar{q}_{rad} + \bar{q}_{mass} \quad (6)$$

3. การใช้แบบจำลอง

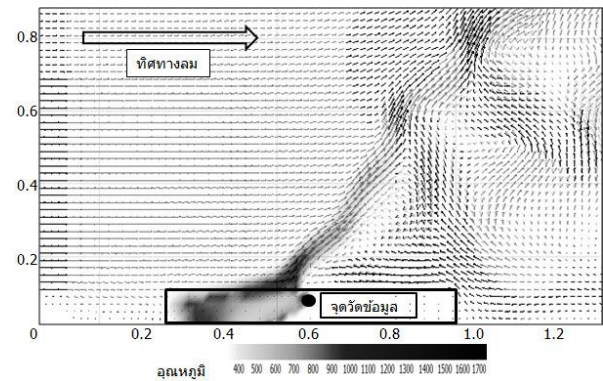
ในการคำนวณได้ใช้โดเมนขนาดกว้าง 0.8 m ยาว 1.2 m และสูง 0.8 m มีจำนวน 60 x 40 x 40 กริด ในการแก้สมการได้ใช้วิธี Quadratic Upstream Interpolation for Convective Kinematics with Estimated Streaming Terms (QUICKEST) [10] และใช้การ coupling ระหว่างความดันและความเร็ว โดยวิธี Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Revised (SIMPLER) [11] ในส่วนของการแผ่รังสีได้คำนวณด้วยวิธีการ 3D Discrete Ordinates (DO) [12] และ Sub Grid Scales Models (SGS) ของการเผาไหม้แบบ Flame Surface Density (FSD) [13] จากสมการ ρ คือความหนาแน่นของก๊าซผสม, u_i คือค่าความเร็ว, t คือเวลา S_{s-g} คืออัตราการเกิดมวลที่ถูกกรอง, P ค่าความดันที่ถูกกรอง, τ_{ij} คือแรงเฉือน, g_i คือค่าความเร่งที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก, $F_{s,i}$ คือแรงลอยตัว โดย $\bar{F}_{s,i} = 0.5 C_0 \cdot \bar{\rho} \cdot |u| \cdot \tilde{u}_i$ โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านคำนวณได้จาก $C_0 = 24 \cdot 1 + 0.15 Re^{0.687} / Re$, h คือค่าเอนทาลปีของก๊าซผสม, q_i คือฟลักซ์ความร้อนที่ซึ่งมี q_{conv} คือ

การถ่ายเทความร้อนของการพาความร้อนและ q_{rad} คือ การถ่ายเทความร้อนของการแผ่รังสี, X_c คืออัตราส่วนระหว่างมวลของถ่าน (Char) ต่อมวลทั้งหมด, L^{char} คือเอนทาลปีจำเพาะของการเผาไหม้, K คือชนิดของสาร, Y_K คืออัตราของสาร K , $q_{K,j}$ คือเวกเตอร์ของฟลักซ์ความร้อนของสาร K , ω_K คือค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสาร K , บาร์(bar, $—$) บนตัวแปรแสดงถึง Standard LES filtering, ไทล์ (Tilde, $\sim$) บนตัวแปรแสดงถึง Favre-filtered รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถหาได้จาก [8, 9, 13]

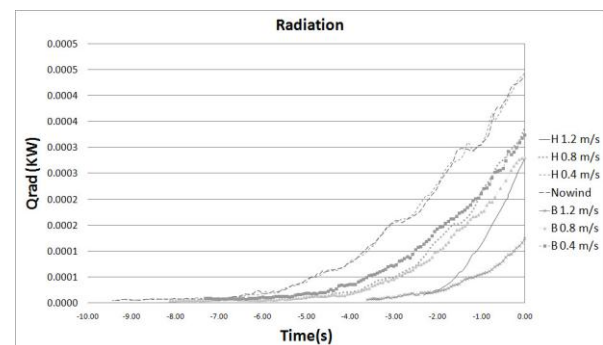
ในการศึกษานี้ได้กำหนดให้เชื้อเพลิงวางอยู่บนพื้นที่กว้างเท่ากับ 0.4 m และยาวเท่ากับ 0.8 m โดยที่มีความหนาเท่ากับ 0.1 m โดยคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเหมือนกับใบไม้แห้งในป่าเต็งรัง โดยมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตร $12,000\ m^{-1}$ และมีความชื้น 6% มาตรฐานแห้ง โดยมีเงื่อนไขที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 7 เงื่อนไข คือ ไฟที่ลุกลามในทิศทางเดียวกับลม (Heading Fire) ที่ความเร็วลม 0.4, 0.8 และ 1.2 m/s ไฟที่ลุกลามย้อนทิศทางลม (Backing Fire) ที่ความเร็วลม 0.4, 0.8 และ 1.2 m/s และไม่มีลม เพื่อหาอัตราส่วนของความร้อนที่ได้รับจากการถ่ายเทความร้อนต่อความร้อนที่ได้จากการลุกลามของไฟ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

จากผลการจำลองโดยใช้ LES ในการจำลองการลุกลามของไฟผิวดินที่เงื่อนไขต่างๆ พบว่า ค่าความร้อนที่ไฟปล่อยออกมามีค่า 700 - 900 kJ ซึ่งคำนวณจากสมการของ Byram [14] ความร้อนที่ไฟปล่อยออกมาได้ถ่ายเทไปยังเชื้อเพลิงโดยการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อน การถ่ายเทความร้อนเป็นกลไกหลักที่ทำให้ไฟลุกลามได้



รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างการจำลองการลุกลามของไฟผิวดินจากด้านซ้ายไปด้านขวา ที่ความเร็วลม 0.8 m/s โดยจุดวัดข้อมูลการรับพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงจะอยู่ที่พื้นที่หน้าตัดแนวตั้งของเชื้อเพลิงระยะ 0.6 m จากขอบด้านซ้ายของเชื้อเพลิง



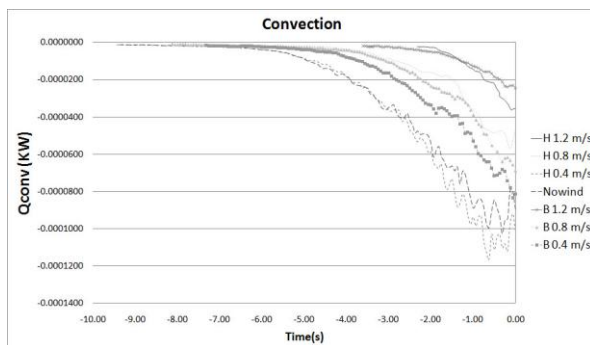
รูปที่ 2 แสดงอัตราการแผ่รังสีความร้อนที่เชื้อเพลิงได้รับ ที่ความเร็วลม 0-1.2 m/s

รูปที่ 2 แสดงการแผ่รังสีความร้อนในช่วงที่ 9.44 วินาทีก่อนที่ไฟลามถึงจุดวัดข้อมูล โดยลมมีทิศทางเดียวกับการลุกลามของไฟ (H) และลมมีทิศทางตรงข้ามการลุกลามของไฟ (B) จากรูปพบว่า การแผ่รังสีความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อไฟลุกลามเข้าใกล้จุดวัดข้อมูล

เมื่อไฟลามในทิศทางเดียวกับลม ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 1.2 m/s จะมีผลทำให้อัตราการแผ่รังสีความร้อนลดลงจาก 1.5682 kW เป็น 0.531 kW เนื่องจากความเร็วลมที่สูงขึ้นจะทำให้อากาศเย็นไหลเข้าสู่ไฟมากขึ้น อุณหภูมิของเปลวไฟลดลง ในขณะที่ความร้อนจากไฟจะถูกถ่ายเทให้กับสิ่งแวดล้อมโดยการพาความร้อนมากขึ้น ทำให้ค่าการแผ่รังสีลดลง อีกทั้งมีผลทำให้ระยะเวลาของการถ่ายเทความร้อนลดลง

จาก 9.38 วินาที เป็น 4.20 วินาที เนื่องจากอัตราการ
ลุกลามของไฟเพิ่มขึ้น

เมื่อไฟลามย้อนทิศกับลม ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจาก
0 เป็น 1.2 m/s จะมีผลทำให้อัตราการแผ่รังสีความร้อน
ลดลงจาก 1.5682 kW เป็น 0.23578 kW เมื่อลม
เนื่องจากไฟเอียงออกจากเชื้อเพลิงที่อยู่ข้างหน้า ทำให้
ค่าสัดส่วนของแต่ละด้านที่รับรังสี (View factor)
ของการแผ่รังสีลดลง อีกทั้งทำให้ระยะเวลาของการ
ถ่ายเทความร้อนลดลงจาก 9.38 วินาที เป็น 3.60
วินาที เนื่องจาก ค่าสัดส่วนของแต่ละด้านที่รับรังสี
(View factor) ที่ลดลงทำให้ระยะที่ความร้อนสามารถ
แผ่ถึงเชื้อเพลิงได้ลดลง



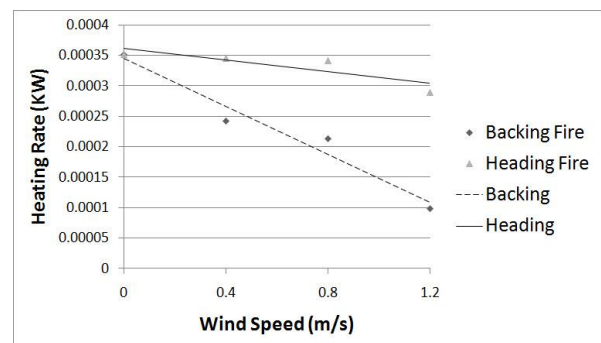
รูปที่ 3 แสดงอัตราการพาความร้อนที่เชื้อเพลิงได้รับ ที่
ความเร็วลมอยู่ที่ 0-1.2 m/s

รูปที่ 3 แสดงการพาความร้อนในช่วงที่ 0-10 วินาที
ก่อนที่ไฟลามถึงจุดวัดข้อมูล โดยลมมีทิศทางเดียวกับการ
ลุกลามของไฟ (H) และลมมีทิศทางตรงข้ามการ
ลุกลามของไฟ (B) จากรูปพบว่า เชื้อเพลิงจะสูญเสีย
ความร้อนเมื่อไฟลุกลามเข้าใกล้จุดวัดข้อมูลเนื่องจาก
อุณหภูมิของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นเมื่อรับความร้อนไฟโดย
การแผ่รังสีความร้อนจากไฟ อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่
เพิ่มขึ้นนี้ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนให้กับ
สิ่งแวดล้อม

เมื่อไฟลามในทิศทางเดียวกับลม ความเร็วลมที่
เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 1.2 m/s จะมีผลทำให้อัตราการ
สูญเสียความร้อนโดยการพาลดลงจาก 0.37597 kW
เป็น 0.0657 kW เนื่องจากอัตราการลุกลามของไฟ
เพิ่มขึ้น ทำให้ระยะเวลาของการถ่ายเทความร้อนโดย
การแผ่รังสีความร้อนลดลง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ

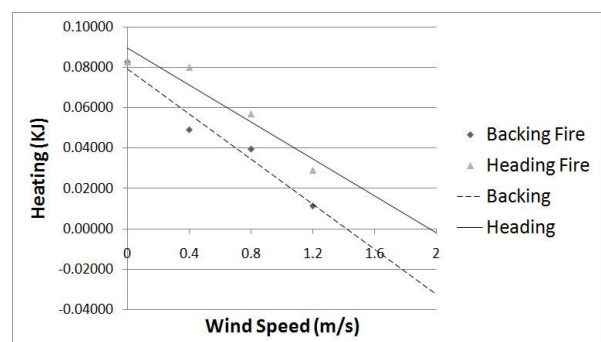
ของเชื้อเพลิงลดลง มีผลทำให้อัตราการสูญเสียความร้อน
โดยการพาความร้อนลดลง

เมื่อไฟลามย้อนทิศกับลม ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจาก
0 เป็น 1.2 m/s จะมีผลทำให้อัตราการสูญเสียความร้อน
โดยการพาลดลงจาก 0.37597 kW เป็น 0.05234
kW เนื่องการแผ่รังสีความร้อนลดลงจากการที่ค่า view
factor ลดลงทำให้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของ
เชื้อเพลิงลดลง มีผลทำให้อัตราการสูญเสียความร้อน
โดยการพาความร้อนลดลงด้วยเช่นกัน



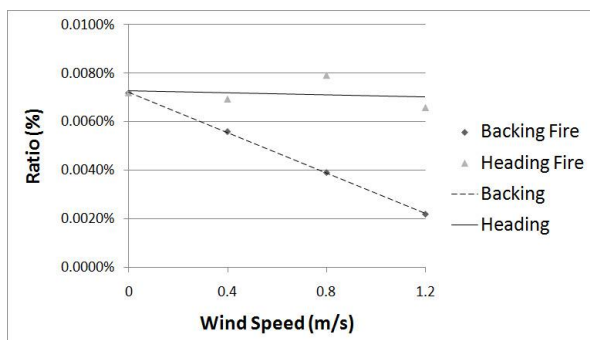
รูปที่ 4 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนสุทธิที่
เชื้อเพลิงได้รับ ที่ความเร็วลม 0-1.2 m/s

รูปที่ 4 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนสุทธิที่
เชื้อเพลิงได้รับ โดยพบว่า ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจาก 0
เป็น 1.2 m/s จะมีผลทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อน
สุทธิลดลง เนื่องจากไฟสูญเสียความร้อนให้กับ
สิ่งแวดล้อมโดยการพาความร้อนมากขึ้น ซึ่งเป็น
แนวโน้มเดียวกับการแผ่รังสีความร้อนเนื่องจากการ
แผ่รังสีความร้อนเป็นกลไกหลักของการถ่ายเท
ความร้อนนั่นเอง



รูปที่ 5 แสดงปริมาณการถ่ายเทความร้อนสุทธิที่
เชื้อเพลิงได้รับ ที่ความเร็วลม 0-1.2 m/s

รูปที่ 5 แสดงปริมาณการถ่ายเทความร้อนสุทธิที่เชื้อเพลิงได้รับ โดยพบว่า ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณความร้อนสุทธิที่เชื้อเพลิงได้รับลดลงอย่างมากเนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนและระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนที่ลดลง ซึ่งหากความเร็วลมสูงถึงค่าหนึ่ง ไฟจะดับเนื่องจากความร้อนสุทธิที่ถ่ายเทไปยังเชื้อเพลิงไม่เพียงพอต่อการติดไฟของเชื้อเพลิง



รูปที่ 6 แสดงอัตราส่วนระหว่างปริมาณความร้อนสุทธิที่เชื้อเพลิงได้รับ ต่อปริมาณความร้อนที่ไฟปล่อย

ออกมา ที่ความเร็วลม 0-1.2 m/s

รูปที่ 6 แสดงอัตราส่วนระหว่างปริมาณความร้อนสุทธิที่เชื้อเพลิงได้รับต่อปริมาณความร้อนที่ไฟปล่อยออกมาซึ่งจะเห็นได้ว่า โดยความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณความร้อนสุทธิที่เชื้อเพลิงได้รับต่อปริมาณความร้อนที่ไฟปล่อยออกมาลดลง ความร้อนจากไฟจะถ่ายเทไปถึงเชื้อเพลิงได้ประมาณ 0.002-0.009% ทั้งนี้ความร้อนจากไฟส่วนมากจะสูญเสียให้กับสิ่งแวดล้อมโดยการพาความร้อนไปกับอากาศร้อนที่ลอยตัวขึ้นทางด้านบนของไฟ และการแผ่รังสีความร้อนรอบๆ ไฟ จะมีเพียงส่วนน้อยที่ส่งมายังเชื้อเพลิงโดยการแผ่รังสีความร้อน ทำให้เปอร์เซ็นต์การถ่ายเทความร้อนจากไฟสู่เชื้อเพลิงจึงมีค่าน้อยมาก สำหรับไฟผิวดินซึ่งลุกลามในการศึกษาครั้งนี้ โดยจะสังเกตเห็นได้ว่า หากเพิ่มความเร็วลมให้สูงขึ้นกว่า 1.2 m/s อัตราส่วนระหว่างปริมาณความร้อนสุทธิที่เชื้อเพลิงได้รับต่อปริมาณความร้อนที่ไฟปล่อยออกมาจะลดลงอีก ซึ่งในที่สุดจะทำให้สัดส่วนมีค่าน้อยมากจนความร้อนที่ถ่ายเทไปยังเชื้อเพลิงไม่เพียงพอต่อการติดไฟ โดยการประมาณจะพบว่า

ความเร็วลมสูงสุดที่ไฟสามารถลุกลามได้จะมีค่าประมาณ 2.0 m/s สำหรับไฟที่ลุกลามย้อนทิศทางลม และจะมีค่าประมาณ 1.5 m/s สำหรับไฟที่ลุกลามตามทิศทางลม

จากการศึกษานี้จะเห็นได้ว่า ไฟสามารถลุกลามในสถานะที่เชื้อเพลิงติดไฟได้ยากนี้ในช่วงของความเร็วลมหนึ่ง โดยในช่วงของความเร็วลมนี้ ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ไฟแรงขึ้นและให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น แต่หากลมแรงเกินช่วงของความเร็วลมนี้จะทำให้ช่วงเวลากการถ่ายเทความร้อนลดลงซึ่งจะทำให้ปริมาณความร้อนสุทธิที่ถ่ายเทถึงเชื้อเพลิงลดลงและไฟจะไม่สามารถลุกลามได้ ดังนั้น ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการการแผ่รังสีความร้อนของไฟและระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนของไฟ เช่น ความชื้นของเชื้อเพลิง ความลาดชันของพื้นที่ จะมีผลต่อความเร็วลมสูงสุดที่ไฟสามารถลุกลามได้

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการคำนวณการลุกลามของไฟผิวดินที่ความเร็วลม 0-1.2 m/s ซึ่งมีความรุนแรงของไฟในช่วง 296-420 kW/m อัตราการลุกลามในช่วง 0.025-0.041 m/s พบว่า

1. ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสุทธิลดลงจาก 1.1922 kW เป็น 0.46533 kW สำหรับไฟที่ลุกลามในทิศทางเดียวกับลม และลดลงจาก 1.1922 kW เป็น 0.18 kW สำหรับไฟที่ลุกลามย้อนทิศทางลม
2. ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณการถ่ายเทความร้อนสุทธิลดลงจาก 0.08250 kJ เป็น 0.02915 kJ สำหรับไฟที่ลุกลามในทิศทางเดียวกับลม และ ลดลงจาก 0.08250 kJ เป็น 0.0114 kJ สำหรับไฟที่ลุกลามย้อนทิศทางลม
3. ค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณความร้อนสุทธิที่เชื้อเพลิงได้รับต่อปริมาณความร้อนที่ไฟปล่อยออกมา ที่ความเร็วลม 0-1.2 m/s มีค่าอยู่ในช่วง 0.002-0.009%

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณโครงการสนับสนุนทุนนักวิจัยใหม่ วท. ศูนย์ประสานงานนักเรียนทุนรัฐบาลทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการศึกษาครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

1. Ralph M. Nelson, J., *Observations of Extinction and Marginal Burning States in Free Burning Porous Fuel Beds. Combustion Science and Technology*, 1985. 44: p. 179-193.
2. Morvan, D. and J.L. Dupuy, *Modeling the propagation of a wildfire through a Mediterranean shrub using a multiphase formulation. Combustion and Flame*, 2004. 138: p. 199-210.
3. Zhou, X., D. Weise, and S. Mahalingam, *Experimental measurements and numerical modeling of marginal burning in live chaparral fuel beds. Proceedings of the Combustion Institute*, 2005. 30: p. 2287-2294.
4. Weise, D.R., et al., *Fire spread in chaparral 'go or no-go'. International Journal Wildland Fire*, 2005. 14: p. 99-106.
5. ศูนย์ปฏิบัติการไฟฟ้าเชียงใหม่, การศึกษาลักษณะพฤติกรรมไฟพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ - ปุย จังหวัดเชียงใหม่. 2008.
6. Cheney, N.P., J.S. Gould, and W.R. Catchpole, *Prediction of Fire Spread in Grasslands. International Journal Wildland Fire*, 1998. 8: p. 1-13.
7. Boboulos, M. and M.R.I. Purvis, *Wind and slope effects on ROS during the fire propagation in East-Mediterranean pine forest litter. Fire Safety Journal*, 2009. 44: p. 764-769.
8. Zhou, X., S. Mahalingam, and D. Weise, *Modeling of marginal burning state of fire spread in live chaparral shrub fuel bed. Combustion and Flame*, 2005. 143: p. 183-198.
9. Zhou, X., S. Mahalingam, and D. Weise, *Experimental study and large eddy simulation of effect of terrain slope on marginal burning in shrub fuel beds. Proceedings of the Combustion Institute*, 2007. 31: p. 2547-2555.
10. Leonard, B.P., *A stable and accurate convective modelling procedure based on quadratic upstream interpolation. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 1979. 19: p. 59 - 98.
11. Patankar, S.V., *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow* 1980: Hemisphere, New York.
12. Modest, M.F., *Radiative Heat Transfer* 1993: McGraw-Hill, New York.
13. Tachajapong, W., et al., *An Investigation of crown fuel bulk density effects on the dynamics of crown fire initiation in shrublands. Combust. Sci. and Tech.*, 2008. 180: p. 593-615.
14. Byram, G.M., *Combustion of forest fuels. In Forest fire: control and use*, ed. K.P. Davis 1959.