บทที่ 1

บทนำ

1.1 สาเหตุและที่มา

การชิงเผา (Early burning) คือ การใช้ไฟเพื่อลดปริมาณและความต่อเนื่องของเชื้อเพลิงป่า เพื่อป้อง กันการเกิดไฟป่าที่มีความรุนแรงสูง [1] โดยสำหรับป่าเต็งรังซึ่งเป็นป่าผลัดใบที่ใบไม้แห้งร่วงหล่นลงมาแล้วไม่สามารถย่อยสลายได้หมด ทำให้เกิดการสะสมเชื้อเพลิงมากขึ้นทุกปี การชิงเผาจะเป็นเครื่องมือในการป้องกันการสะสมปริมาณเชื้อเพลิงผิวดินเพื่อป้องกันการเกิดไฟป่าที่รุนแรงซึ่งอาจสร้างความเสียหายแก่ต้นไม้ใหญ่ได้ รวมถึงผลกระทบอื่นๆ

การชิงเผาจะดำเนินการใช้ช่วงต้นฤดูแล้งซึ่งท้องฟ้ายังเปิดและเชื้อเพลิงยังมีความชื้นสูง เพื่อควบคุมให้ไฟผิวดินมีความรุนแรงที่ต่ำ ง่ายต่อการดับไฟและลดผลกระทบเรื่องควันไฟ ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลาที่เชื้อเพลิงติดไฟได้ยาก (Marginal burning condition) [2] หากการชิงเผาดำเนินการในวันที่ไฟผิวดินไม่สามารถลุกลามได้จะทำให้สิ้นเปลืองแรงงานและค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์ แต่หากดำเนินการในวันที่เชื้อเพลิงแห้งเกินไป ไฟที่ลุกลามจะมีความรุนแรงสูงและดับได้ยาก การคาดการณ์ว่าไฟผิวดินสามารถลุกลามได้หรือไม่ จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการจัดการเชื้อเพลิงโดยการชิงเผา

การทำนายการลุกลามของไฟผิวดินในป่าเต็งรังในปัจจุบันอาศัยความชื้นของเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยหลักในการคำนวณ อย่างไรก็ตาม ความเร็วและทิศทางของลมก็มีผลต่อการลุกลามของไฟไม่น้อยกว่าความชื้นของเชื้อเพลิง [3-5] การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของลมที่มีต่อโอกาสในการลุกลามได้ของไฟผิวดินภายใต้สภาวะที่เชื้อเพลิงติดไฟได้ยาก

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการจุดติดไฟของเชื้อเพลิงภายใต้สภาวะติดไฟได้ยาก จะศึกษาปัจจัยที่มีผลทำให้ไฟลุกลามได้และไม่สามารถลุกลามได้ การลุกลามได้ของไฟหมายถึง ไฟสามารถลุกลามได้เองเนื่องจากพลังงานความร้อนจากไฟเพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ซึ่งเมื่อเชื้อเพลิงที่อยู่บริเวณด้านหน้าของไฟได้รับพลังงานความร้อนเพียงพอก็จะเกิดการลุกไหม้ ไฟจึงลุกลามเข้าสู่เชื้อเพลิงได้ ส่วนการที่ไฟไม่สามารถลุกลามได้หมายถึง การที่ไฟไม่สามารถลุกลามได้เอง โดยเมื่อไฟลุกลามได้ระยะทางหนึ่งก็จะดับไปเนื่องจากความร้อนที่เชื้อเพลิงได้รับไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่บริเวณเชื้อเพลิงที่อยู่ข้างหน้าไฟ ไฟจึงไม่สามารถลุกลามเข้าสู่เชื้อเพลิงได้ โดยในต่างประเทศได้มีงานวิจัยมากมาย แต่สำหรับประเทศไทยการคาดการณ์การลุกลามของไฟยังมีการศึกษาค่อนข้างน้อยทำให้ยังไม่สามารถคาดการณ์ได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากประเทศไทยในปัจจุบันยังไม่สามารถคาดการณ์การเกิดของไฟป่าได้ โดยที่ไฟป่าสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดจากการกระทำของมนุษย์ โดยการลุกลามของไฟป่านั้นมีปัจจัยมากมายที่ทำให้ไฟป่ามีความรุนแรง อาทิ เช่น ปริมาณเชื้อเพลิง สภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการจุดติดไฟ ได้แก่ ความเร็วลม และปริมาณความชื้น ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

Wilson Jr. R. A. *et al.* (1985) [3] ได้พัฒนา Marginal Burning Index (MBI) เพื่อใช้แสดงความเป็นไปได้ในการติดไฟของเชื้อเพลิง โดยในการทดลองได้ใช้เชื้อเพลิงมีลักษณะเป็นรูพรุน โดยคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่มีผลต่อการติดไฟ คือ พื้นผิวของเชื้อเพลิง ความชื้นของเชื้อเพลิง การถ่ายเทความร้อนของการเผาไหม้ โดยผลการศึกษาพบว่า เชื้อเพลิงที่มีค่าความชื้นสูงกว่าความชื้นวิกฤตจะทำให้ไฟสามารถลุกลามได้เร็วในบางกรณีซึ่งเป็นเรื่องแปลกแต่ก็ทำให้ทราบว่า ความชื้นไม่ได้ปัจจัยหลักที่สามารถใช้ทำนายอัตราการลุกลามของไฟได้ โดย Wilson คาดว่าการลุกลามของไฟเมื่อความชื้นของเชื้อเพลิงสูงกว่าความชื้นวิกฤติมีสาเหตุมาจากความร้อนจากการเผาไหม้ที่สูงไปเร่งกระบวนการไพโรไรซิสให้เพิ่มขึ้นได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ความชื้นมีผลต่อการลุกลามของไฟแต่ไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ใช้ตัดสินการลุกลามได้ของไฟ เนื่องจากไฟก็สามารถลุกลามได้ในสภาวะที่เชื้อเพลิงมีความชื้นสูงมาก

Cheney N.P. *et al.* (1998) [6] ได้ศึกษาผลของลมที่มีต่ออัตราการลุกลามของไฟผิวดินโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายอัตราการลุกลามของไฟ โดยใช้ความเร็วลมที่ระดับความสูง 10 เมตรจากความสูงเฉลี่ยของต้นไม้ จากการศึกษาพบว่า ความเร็วลม 1.4 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วลมวิกฤต โดยอัตราการลุกลามจะมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับความเร็วลมเมื่อความเร็วลมต่ำกว่าความเร็วลมวิกฤต และอัตราการลุกลามจะมีความสัมพันธ์เป็นแบบยกกำลังที่มีค่าน้อยกว่าหนึ่งเมื่อความเร็วลมมีค่ามากกว่าความเร็วลมวิกฤต จึงทำให้ทราบว่าลมมีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟมากที่ความเร็วลมต่ำเมื่อเทียบกับที่ความเร็วลมสูง ซึ่งจะเห็นว่าลมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการลุกลามของไฟโดยเฉพาะที่ความเร็วลมต่ำ

Morvan D. *et al.* (2004) [7] ได้ศึกษาผลของลมที่มีต่อการลุกลามของไฟผิวดินโดยใช้แบบจำลองแบบ Multiphase formulation ซึ่งใช้การแก้กฎทรงมวล สมการอนุรักษ์โมเมนตัม และพลังงาน ในการลุกลามของไฟ โดยสามารถแบ่งไฟออกเป็นสองประเภทคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Plume-dominated fire และ Wind-driven fire ไฟประเภท Plume-dominated fire จะใช้การแผ่รังสีความร้อนเป็นกลไกหลักในการลุกลามของไฟ ส่วนไฟประเภท Wind-driven fire จะใช้ทั้งการแผ่รังสีความร้อนควบคู่กับการพาความร้อนเป็นกลไกในการลุกลามของไฟ ซึ่งการพาความร้อนที่เพิ่มขึ้นมาเกิดจากการที่ลมร้อนจากการเผาไหม้หมุนวนอยู่เหนือเชื้อเพลิงบริเวณหน้าไฟ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ลมเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการพาความร้อนซึ่งจะเร่งการระเหยความชื้นในเชื้อเพลิงและทำให้ไฟลุกลามได้ดีขึ้น

Weise D.R. *et al*. (2005) [4] ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการลุกลามของไฟโดยการทดลองซึ่งพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการลุกลามของไฟที่ความเร็วลม 0-2 เมตรต่อวินาที ความหนาของชั้นเชื้อเพลิง 0.20 และ 0.40 เมตร ความชื้นของเชื้อเพลิง 9% – 106% มาตรฐานแห้ง และเชื้อเพลิงที่ใช้เป็น Chaparral ทั้งหมด 4 ประเภท โดยพบว่า เชื้อเพลิงชนิดที่มีความชื้นสูงจะติดไฟได้เมื่อมีลมเท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ลมเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ไฟสามารถติดได้เมื่อเชื้อเพลิงมีความชื้นสูง

Zhou X.Y. *et al*. (2005, 2007) [2] ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสองและสามมิติศึกษาผลของลมที่มีต่อการลุกลามของไฟผิวดินภายใต้สภาวะเชื้อเพลิงติดไฟได้ยาก โดยพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิง เช่น อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ความหนาแน่น และอัตราส่วนของปริมาตร พบว่า ลมมีความสำคัญต่อกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ระยะต่างกันของเชื้อเพลิง และเป็นตัวช่วยเพิ่มการลุกลามของไฟเมื่อเชื้อเพลิงมีความชื้นสูง ลมจะทำให้เกิดการพาความร้อนซึ่งช่วยทำให้การลุกลามของไฟเร็วขึ้น

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ลมถือเป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการถ่ายเทความร้อนและการลุกลามของไฟผิวดินเนื่องจากลมมีผลต่อพลศาสตร์ของไหลและการพาความร้อนโดยตรง ซึ่งกระบวนการการพาความร้อนโดยเฉพาะที่บริเวณหน้าไฟมีความซับซ้อนเนื่องจากเกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างไฟกับเชื้อเพลิงโดยตรง ทำให้การวัดค่าต่างๆบริเวณดังกล่าวทำได้ยากมาก ดังนั้น การศึกษาการลุกลามของไฟจึงได้ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือช่วยวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของการลุกลามของไฟ โดยมีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองต่างๆดังนี้

Rothermel, R.C. (1972) [8] ได้คิดค้นและพัฒนาเพื่อหาสมการคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับการลุกลามของไฟ เพื่อใช้ในการคำนวณหาอัตราการลุกลามและความรุนแรงของไฟ ซึ่งการทดลองได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้ประเมินอัตราการลุกลามและความรุนแรงของไฟใน National Fire Danger Rating System เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง แหล่งความร้อน และความร้อนของเชื้อเพลิงที่ได้รับ ซึ่งในการทดลองได้ใช้เชื้อเพลิงที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาด เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการลุกลามของไฟ เช่น ความชันและความเร็วลม ซึ่งทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ให้ทราบความสัมพันธ์ของอัตราการลุกลามของไฟโดยพิจารณาจากสัดส่วนของความร้อนจากแหล่งความร้อนต่อความร้อนที่เชื้อเพลิงต้องการ โดยสมมุติให้การแผ่รังสีเป็นกลไกหลักที่ทำให้เกิดการลุกลามของไฟ และในการคำนวณจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทดลองเพื่อใช้ในการคำนวณซึ่งจะเห็นว่าสมการนี้ไม่สามารถอธิบายได้ถึงผลของลมที่มีต่อกลไกลการถ่ายเทความร้อนได้

Morvan D. *et al.* (2004) [7] ได้ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลอง 2 มิติที่คำนวณการไหลแบบปั่นป่วนแบบ Reynolds- Averaged Navier-Stokes (RANS) เพื่ออธิบายถึงลักษณะทางกายภาพที่มีผลต่อการลุกลามของไฟผิวดิน โดยใช้เชื้อเพลิงหลายชนิด ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ได้แก่ อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ความชื้น ความหนาแน่นและอัตราส่วนของปริมาตร ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้ในการอธิบายการเกิดปฏิสัมพันธ์ของไฟกับเชื้อเพลิง พบว่าการลุกลามของไฟแบ่งได้เป็นสองประเภทคือ Plume-dominate fire ซึ่งลุกลามโดยการแผ่รังสีความร้อน และ Wind-driven fire ซึ่งลุกลามโดยการพาความร้อน อย่างไรก็ตาม แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองสองมิติซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องแรงลอยตัวเนื่องจากลมสามารถพัดเข้าสู่ไฟได้ในระนาบเดียว อีกทั้ง RANS มีข้อจำกัดในการคำนวณการไหลปั่นป่วน แบบจำลองนี้จึงยังไม่ดีพอที่จะใช้ศึกษาผลของลมที่มีต่อกลไกการถ่ายเทความร้อนได้

Zhou X.Y. et al. (2007) [9] ได้ใช้แบบจำลอง LES แบบสามมิติทำการศึกษาการลุกลามของไฟเพื่ออธิบายถึงผลของความชันของพื้นที่และลมที่มีต่อพฤติกรรมของการลุกลามของไฟภายใต้สภาวะเชื้อเพลิงติดไฟได้ยาก พบว่า แบบจำลองนี้สามารถอธิบายรายละเอียดของการไหลปั่นป่วนได้ดีกว่าการคำนวณแบบ RANS แบบสองมิติซึ่งทำให้สามารถอธิบายผลของลมที่มีต่อกลไกของการถ่ายเทความร้อนได้ค่อนข้างแม่นยำขึ้น

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า แบบจำลอง LES แบบสามมิติสามารถใช้เป็นเครื่องมือเพื่ออธิบายรายละเอียดของการไหลปั่นป่วนได้ค่อนข้างแม่นยำ ซึ่งทำให้สามารถอธิบายการพาความร้อนได้แม่นยำกว่าแบบจำลองอื่นๆในปัจจุบัน และทำการทดลองเพื่อเทียบผลกับผลของแบบจำลอง ดังนั้น แบบจำลอง LES แบบสามมิติจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อวิเคราะห์ผลของลมที่มีต่อกระบวนการถ่ายเทความร้อนและการลุกลามของไฟผิวดิน ภายใต้เงื่อนไขที่ติดไฟได้ยาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1. ใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหล (CFD) เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของการพาและการแผ่รังสีความร้อน โดยไม่คิดการนำความร้อนจากไฟผิวดินสู่เชื้อเพลิง
2. ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการคำนวณกับผลจากการทดลองที่ความเร็วลมเท่ากับ 0.15, 0.30, 0.45 เมตรต่อวินาที และไม่มีลม

เงื่อนไขเริ่มต้น

1. เชื้อเพลิงที่ใช้มีคุณสมบัติเทียบเท่าใบเต็งรัง และมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 10 – 15 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
2. เชื้อเพลิงจัดเรียงอยู่บนพื้นที่ขนาด 0.4 เมตร × 1.2 เมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ราบที่ไม่มีความชัน โดยมีความหนาของเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.05 เมตร
3. ความชื้นของเชื้อเพลิงประมาณ 10 – 15 % มาตรฐานแห้ง
4. ลมมีทิศทางเดียวกับการลุกลามของไฟและย้อนทิศกับการลุกลามของไฟ

ตัวแปรต้น

1. ความเร็วของลมในการทดลองและแบบจำลองเท่ากับ 0, 0.15, 0.3, 0.45 เมตรต่อวินาที และอยู่ในทิศทางเดียวกับลมและย้อนทิศทางของลม

ตัวแปรตาม

1. ความสูงของเปลวไฟ อุณหภูมิเปลวไฟ และ อัตราการลุกลามของไฟ
2. สัดส่วนปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงได้รับเมื่อเทียบกับความร้อนที่ไฟปล่อยออกมา

1.5 สมมุติฐาน

ลมมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนจากไฟไปยังเชื้อเพลิง ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออัตราการลุกลามของไฟ

1.6 ประโยชน์ของการศึกษาวิจัย

ทำให้สามารถคาดการณ์การลุกลามได้ของไฟผิวดินภายใต้สภาวะเชื้อเพลิงติดไฟได้ยากได้แม่นยำขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved