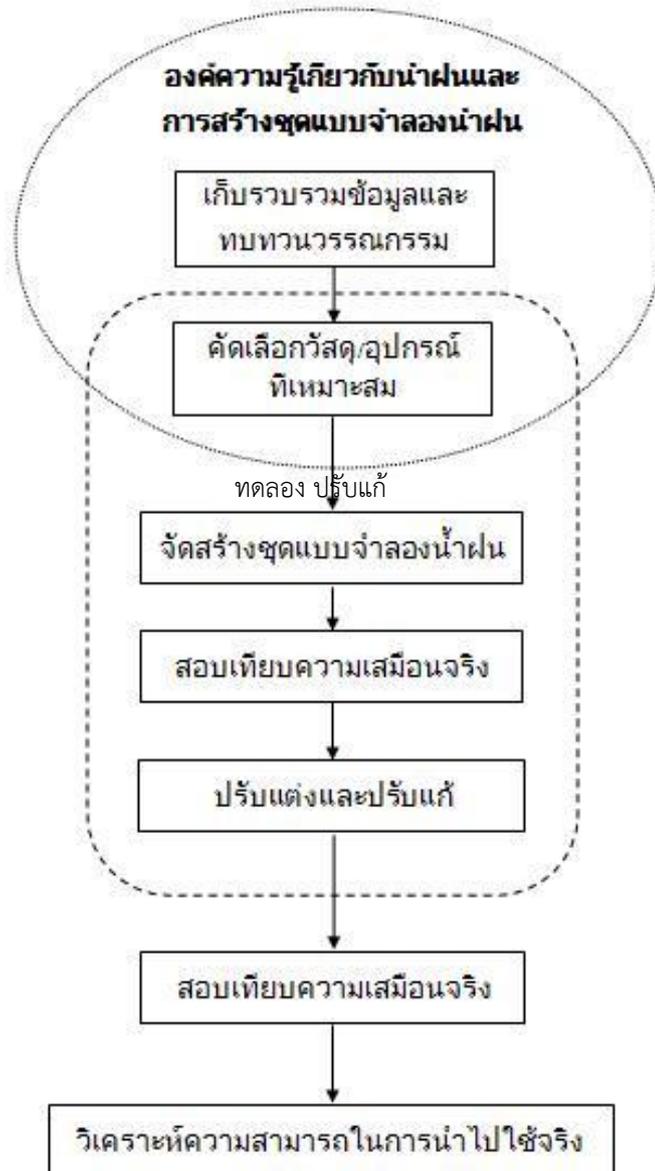


บทที่ 2

ทฤษฎีและกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัยใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับน้ำฝน การสร้างชุดแบบจำลองน้ำฝนจากการวิจัย และทดลองในอดีตที่ผ่านมา การทบทวนวรรณกรรมจึงเป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับการศึกษาและออกแบบชุดจำลองน้ำฝนต้นแบบ ในการสร้างชุดจำลองต้นแบบใช้กระบวนการศึกษา ทดลองและปรับแก้ให้จนได้ผลการศึกษาเหมือนกับน้ำฝนจริง



รูป 2.1 กรอบแนวคิดการทำวิจัย

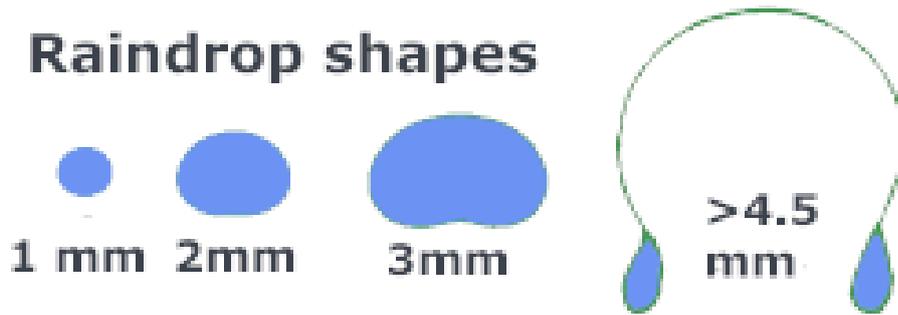
ทฤษฎีและแนวความคิดที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกษัยการของดินในธรรมชาตินั้นค่อนข้างยาก เนื่องจากความหลากหลายทางธรรมชาติของความชื้นของฝน ตำแหน่งที่ฝนตก ความถี่ของฝน ระยะเวลาฝนตก และความหลากหลายของความลาดชันและคุณสมบัติของดิน (Covert and Jordan, 2009) ชุดแบบจำลองน้ำฝนเป็นเครื่องมือได้พัฒนาขึ้นเพื่อสร้างฝนเทียมเลียนแบบลักษณะของฝนตามธรรมชาติ (สันติ, 2551) และเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญสำหรับกระบวนการศึกษาทางชลศาสตร์ในพื้นที่แห้งแล้งและพื้นที่กึ่งแห้งแล้งซึ่งเป็นที่ที่มีฝนตกไม่บ่อยมากนัก (Wilcox et al., 1986) ซึ่งถูกใช้อย่างแพร่หลายในด้านการวิจัยเกี่ยวกับทฤษฎีและประยุกต์ใช้งานภาคสนามของกลุ่มนักชลศาสตร์ นักภูมิศาสตร์วิทยาและนักอนุรักษ์ดิน (Bryan R.B., 1981) ด้วยเหตุผลทางด้านการวิจัยบางอย่างจำเป็นต้องมีการทำซ้ำเพื่อยืนยันผลที่ถูกต้อง บางงานวิจัยต้องการฝนสองเหตุการณ์ที่มีลักษณะทางกายภาพเหมือนกันซึ่งไม่สามารถเกิดได้ในธรรมชาติ (สันติ, 2551) และเพื่อให้เกิดงานวิจัยตลอดทั้งปีโดยไม่ต้องรอคอยน้ำฝนตามฤดูกาล อีกทั้งชุดแบบจำลองน้ำฝนเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดีในการประเมินปริมาณน้ำไหลบ่าและการเกิดกษัยการของดินในพื้นที่ขนาดเล็ก (Covert and Jordan, 2009) ดังนั้นชุดจำลองน้ำฝนที่สามารถควบคุมตัวแปรต่างๆ ได้จึงเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาคือดีที่สุด ประเภทของชุดจำลองน้ำฝนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท แบ่งแยกตามลักษณะการศึกษา ได้แก่ ใช้ศึกษาในภาคสนาม และใช้ศึกษาในห้องทดลอง ชุดจำลองน้ำฝนยังสามารถแบ่งได้ตามการใช้ความดันน้ำ ได้แก่

- ประเภทที่ใช้แรงดัน (Pressurized water rainfall simulation)
- ประเภทที่ไม่ใช้แรงดัน (Non-pressurized water rainfall simulation) (Rickson, 1995)

โดยตัวแปรสำคัญที่ถูกใช้กำหนดเลือกองค์ประกอบในการสร้างชุดจำลองน้ำฝนได้แก่

2.1 ขนาดเม็ดฝน (Rain Drop Diameter)

น้ำฝนเกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในชั้นบรรยากาศและร่วงหล่นลงมายังพื้นโลกตามแรงโน้มถ่วง รูปร่างที่แท้จริงของน้ำฝนเป็นทรงกลมแบนและทรงกลมรูปไข่โดยระดับของขนาดน้ำฝนแตกต่างกันตามหน่วยงานที่วัด แต่อย่างไรก็ตามขนาดน้ำฝนที่พบจะมีขนาดตั้งแต่ 0.1-5 มิลลิเมตร ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อขนาดของเม็ดน้ำฝนคือ ความเร็วของการตก (Fall Velocity of Raindrop Particle) ความต้านทานและแรงเสียดทานของอากาศ (Air Resistance or frictional force) บางครั้งอาจพบเม็ดฝนขนาด 8 มิลลิเมตรในบางพื้นที่เนื่องจากการรวมตัวของเม็ดฝนข้างเคียง (<http://hypertextbook.com/facts/2001/IgorVolynets.shtml>) และบางครั้งเม็ดฝนเกิดการแตกตัวในชั้นบรรยากาศทำให้ขนาดของเม็ดฝนเล็กลง รูปร่างของเม็ดฝนจะแปรผันตามขนาดของเม็ดฝน โดยเม็ดฝนขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตรจะมีรูปร่างกลมแบน เมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้น เม็ดฝนจะมีความแบนมากขึ้น รูปร่างจะคล้ายแฮมเบอร์เกอร์ และจะเปลี่ยนเป็นรูปร่างคล้ายถั่ว จนมีขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 มิลลิเมตร รูปร่างของเม็ดฝนจะเปลี่ยนแปลงไปมีรูปร่างคล้ายกับร่มชูชีพโดยมีหยดน้ำรอบๆ ฐานร่ม ภายหลังจากนั้นเม็ดฝนแตกและแบ่งเป็นเม็ดฝนขนาดเล็กดังรูป 2



รูป 2.2 ความสัมพันธ์ของขนาดเม็ดฝนและรูปร่างของเม็ดฝน
(ที่มา: <http://ga.water.usgs.gov/edu/raindropshape.html>)

ในการวิจัยนี้กำหนดการผลิตน้ำฝนระดับกลาง (D50) ซึ่งเป็นตัวแทนของการกระจายของน้ำฝนโดยทั่วไป จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่าตัวกลางของขนาดเม็ดฝนมีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 มิลลิเมตร ที่ความเข้มฝน 25-200 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง (สันติ, 2551)

2.2 ทิศทางการตกกระทบพื้นของเม็ดฝน (Falling Direction of Rain drops)

แบบจำลองน้ำฝนควรจะจำลองการตกแนวตั้งของเม็ดฝนตามธรรมชาติได้ ถ้าเกิดมุมการตกของเม็ดฝนขณะเข้าปะทะกับพื้นผิวดินก็จะสามารถเกิดการกัดเซาะของดินได้มากกว่าในทิศทางที่เกิดการตกกระทบ ฉะนั้นการทิศทางการตก หรือมุมการตกของเม็ดฝนจึงต้องมีการคำนึงถึงและมีการตรวจวัดมุมการตกของเม็ดฝนจริงในธรรมชาติ

2.3 ความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝน (Rain Drop Terminal Velocity)

ความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝนถึงกำหนดโดยขนาดของเม็ดฝน เม็ดฝนขนาดใหญ่จะมีความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝนมากกว่าเม็ดฝนขนาดเล็กกว่า ความกดอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของค่าความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝน นักวิจัยหลายท่านกำหนดค่าความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝนตามขนาดเม็ดฝนที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยนี้อ้างอิงค่าความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝนตามการศึกษาของ Laws (1941), Gunn และ Kinzer (1949) เพื่อกำหนดความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝนดังตาราง 1 และ 2

ตาราง 2.1 ความสัมพันธ์ของขนาดเม็ดฝนกับค่าความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝนของ Laws

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดฝน (มิลลิเมตร)	ค่าความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝน (เมตรต่อวินาที)
1.5	5.51
2.0	6.58
2.5	7.41
3.0	8.06
3.5	8.52
4.0	8.86
4.5	9.10
5.0	9.25
5.5	9.30
6.0	9.30

ตาราง 2.2 ความสัมพันธ์ของขนาดเม็ดฝนกับค่าความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝนของ Gunn และ Kinzer

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดฝน (มิลลิเมตร)	ค่าความเร็วสุดท้ายของเม็ดฝน (เมตรต่อวินาที)
1.0	4.03
2.0	6.49
2.4	7.27
3.0	8.06
3.4	8.44
4.0	8.83
4.4	8.93
5.0	9.09
5.4	9.14

(Laws, 1941; Gunn and Kinzer, 1949; Rickson, 1995)

2.4 ความเข้มฝน (Rainfall Intensity)

แบบจำลองน้ำฝนที่ดีควรจะสามารถกำหนดความเข้มของฝนได้หลากหลาย โดยเฉพาะการศึกษาการกัดเซาะดินโดยน้ำควรจะมีการปรับระดับความเข้มได้ในระดับปานกลางและมากเพราะความเข้มของฝนจะมีผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถของฝนในการกัดเซาะดิน ค่าความเข้มน้ำฝนจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของ

เม็ดฝน ค่าความเข้มข้นน้ำฝนคือค่าความเป็นไปได้ทางสถิติของความเข้มข้นของน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาในอดีต (Rickson, 1995)

ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมภาคสนามเกี่ยวกับฝนนั้นมีประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาเครื่องจำลองน้ำฝนรวมทั้งการนำมาศึกษาเปรียบเทียบความสร้างน้ำฝนได้เสมือนจริงของเครื่องจำลองน้ำฝน โดยเฉพาะ ปริมาณน้ำฝน ความเข้มข้นฝน การกระจายของขนาดเม็ดฝน และความเร็วในการตกของเม็ดฝน (Iserloh et al., 2013)

ในช่วงเวลาที่ผ่านมา มีนักวิชาการหลายท่านพัฒนาเครื่องจำลองน้ำฝนขนาดเล็กที่เหมาะสมต่อการเคลื่อนย้าย โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 2.3 การศึกษาหัวฉีดเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาการศึกษาดิน

รหัส	ขนาด Plot (ตร.ม.)	รูปแบบ Plot	ระดับ ความสูง (ม.)	หัวฉีด	ตัวส่งน้ำ	อ้างอิง
TU	1	1 ม. x 1 ม. ทรงสี่เหลี่ยม	3.43	Lechler 460.788.30	Electric pressure pump (driven by power generator)	Iserloh et al. (2013)
CO	0.7	1 ม. x 0.7 ม. ทรงสี่เหลี่ยม	2.3	Veejet 80.150	Electric pressure pump (driven by power generator)	Alves Sobrinho et al. (2008)
BA	0.7	1.34 ม. x 1 ม. x 0.3 ม. trapezoid	1.1	Spraying Systems 3/8 HH 20 W SQ	Electric pressure pump (driven by power generator)	Hikel et al. (2013); Iserloh et al. (2013)
GR	0.25	0.5 ม. x 0.5 ม. ทรงสี่เหลี่ยม	1.5	4900 capillaries per m ²	Electric pressure pump (driven by power generator) Mariotte's bottle	Fernández-Gálvez et al. (2008)
AL	0.283	ทรงวงกลม	2	Hardi 4680-10E	Gasoline engine driven pressure pump	e.g. Li et al. (2011)
MA	0.283	ทรงวงกลม	2	Hardi 1553-20	Electric pressure pump (driven by power generator)	e.g. Martínez-Murillo and Ruiz-Sinoga (2007)
MU	0.283	ทรงวงกลม	2	Lechler 402.608.30	Gasoline engine driven pressure pump	Martínez-Mena et al. (2001b)
TR	0.283	ทรงวงกลม	2	Lechler 402.608.31	Gasoline engine driven pump or electrical pump (driven by battery)	Iserloh et al. (2012), (2013)
ZAC	0.283	ทรงวงกลม	2.22	Lechler 402.688.32	Gasoline engine driven pressure pump	Nadal-Romero and Regúas (2009); Nadal-Romero et al. 2011
VA	0.246	ทรงวงกลม	2	Hardi 1553 12	Gasoline engine driven pump or electrical pump (driven by battery)	Cerdà et al. (1997); Iserloh et al. (2013)
ZAU	0.212	ทรงวงกลม	2.18	Lechler 460.688.30	Gasoline engine driven pressure pump	Iserloh et al. (2013); León et al. (2013)
LR	0.16	ทรงวงกลม	2.5	Lechler 460.608.17	Gasoline engine driven pressure pump	Arnaez et al. (2007)
WA	0.159	0.24 ม. x 0.24 ม. ทรงสี่เหลี่ยม	0.4	49 capillaries	Cylindrical reservoir over capillaries	Iserloh et al. (2013); Kamphorst (1987)

ที่มา: Iserloh et al., 2013

ค่า Uniformity coefficient ที่พัฒนาโดย Christiansen ในปี 1942 ถูกใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาการกระจายตัวของเม็ดน้ำสำหรับหัวฉีดที่มีรูปแบบและขนาดแตกต่างกัน (Christiansen, 1942) จากการทดสอบ

หัวฉีดที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายแต่ละชนิด 200 การทดสอบ เพื่อวัดรูปแบบของการกระจายของน้ำสำหรับพื้นที่ต่างๆ และรูปแบบทางเรขาคณิต และความสัมพันธ์ต่อพื้นที่ (Dabbous, 1962) ซึ่งได้สมการดังนี้

$$CU = 100 * \left(1.0 - \frac{\sum x}{n * m} \right)$$

หรือ

$$CU = 100 * \left(1.0 - \frac{\sum |z - m|}{\sum z} \right)$$

โดย CU คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (%)

z คือปริมาณน้ำที่วัดได้จากแต่ละกระบอกน้ำจากการทดลอง (มม.หรือ มล.)

$x = |z - m|$ คือ ค่าสัมบูรณ์รวมของการเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำที่วัดได้ในปริมาณน้ำสะสมทั้งหมดของกระบอกน้ำ ((มม.หรือ มล.)

$m = (\sum z)/n$ คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำในกระบอกน้ำ (มม.หรือ มล.)

n คือ จำนวนกระบอกน้ำ (Kara et al., 2008)

โดยปริมาณดัชนีชี้วัดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เริ่มจาก 0-100 (absolute uniformity) ค่าต่ำสุดที่สามารถยอมรับได้คือ 80% (Regan, 1987) ซึ่งนักวิชาการบางท่านให้ระดับความน่าพอใจควรจะไม่น้อยกว่า 84% (Keller and Bliesner, 1990; Kara et al., 2008). เป็นไปไม่ได้เลยที่จะได้ค่า Uniformity coefficient เท่ากับ 100% ในการศึกษาการกระจายของน้ำจากหัวฉีดที่ตกในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง เนื่องจากการกระจายของน้ำจากหัวฉีดเป็นแบบหมุนวน จะมีบางพื้นที่เกิดการซ้ำทับซ้อน (Zoldoske et al., 1994; Stryker, 1998; Kara et al., 2008)