



การศึกษาความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นระหว่างปัจจัยทาง
ภูมิศาสตร์ และผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ และการระบุพื้นที่
เหมาะสมต่อการปลูกเนเปียร์ด้วยวิธีการทางระบบ
สารสนเทศทางภูมิศาสตร์

เสนอ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

TNI

โดย

ผศ.ดร. ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนโครงการนี้ภายใต้เลขที่

โครงการ 1507/A003

ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส



สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ	ฉ
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 แผนการวิจัย	3
2 การศึกษาวรรณกรรม.....	4
3 ระเบียบวิธีวิจัย	17
4 ผลและการวิเคราะห์.....	21
5 สรุปผลการวิจัย	24
บรรณานุกรม.....	25

TNI

THAI

NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 เป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนเพื่อผลิตไฟฟ้า.....	2
1.2 แผนการวิจัย.....	3
2.1 พื้นที่แปลงทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์.....	7
2.2 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน.....	9
2.3 ปฏิกิริยาดิน (Soil Reaction).....	10
2.4 การระบายน้ำ.....	11
3.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระของตัวแปรที่มีผลต่อการเติบโตของหญ้าเนเปียร์.....	18
3.2 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกัน.....	19
4.1 สรุปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	22

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1	หน้า
2.1	หน้า
2.2	หน้า
2.3	หน้า
2.4	หน้า
2.5	หน้า
3.1	หน้า
4.1	หน้า

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

สถานการณ์ในปัจจุบันวิกฤตการณ์ด้านพลังงานได้เกิดขึ้นและลุกลามไปทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยสาเหตุหลักมาจากปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ลดลง เนื่องมาจากความต้องการในการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งในภาคขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม และการนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ในครัวเรือน แสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มกำลังการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลภายในประเทศอย่างต่อเนื่อง ทว่า อัตราส่วนในการผลิตที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่เพียงพอต่อความต้องการในการอุปโภคที่เพิ่มขึ้นภายในประเทศ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้น [1]

จากการที่ได้กล่าวมาข้างต้น ประเทศไทยมีความจำเป็นต้องลดการพึ่งพาการนำเข้าพลังงานเพื่อรักษาเสถียรภาพทางด้านพลังงาน ดังนั้นกระทรวงพลังงานจึงได้มีการส่งเสริมให้ใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกให้เพิ่มมากขึ้นโดยการจัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกพลังงานให้ได้ 25% ภายใน 10 ปี (Alternative Energy Development Plan : AEDP 2012-2021) [2] เพื่อเป็นทางออกของวิกฤตการณ์ทางพลังงาน รวมถึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ โดยได้มีการพึ่งพาพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานชีวมวล เป็นต้นต่อมาได้มีการปรับค่าเป้าหมายของแผนฉบับนี้ให้สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ การพัฒนาประเทศดังแสดงในตารางที่ 1.1 โดยหนึ่งในพลังงานทดแทนที่ได้รับเลือกมาเป็นกำลังสำคัญภายใต้แผน AEDP นี้คือการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวมวลที่ทำมาจากหญ้าเนเปียร์เป็นปริมาณสูงถึง 3,000 MW ภายในปี 2564 โดยคิดเป็น 14.14% ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนตามแผนการพึ่งพาพลังงานทางเลือกและพลังงานทดแทนฉบับนี้

จากการศึกษารายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหญ้าเนเปียร์ พบว่าประเทศไทยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับหญ้าเนเปียร์อยู่สามสายพันธุ์ใหญ่ๆ คือ หญ้าเนเปียร์ (Napier Grass) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pennisetum purpureum* หญ้าเนเปียร์แคระ (Mott Dwarf Elephant Grass) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *P. purpureum* cv. *Mott* หญ้าเนเปียร์ยักษ์ (King Grass) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *P. purpureum* cv. *King Grass* และล่าสุดได้มีความสำเร็จในการปรับปรุงหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ลูกผสมโดยคนไทย คือ หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 [3] ซึ่งได้รับชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Pennisetum Purpureum* cv. *Pakchong 1* ซึ่งหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 มีคุณลักษณะคือ เป็นพืชโตเร็วให้ผลผลิตต่อไร่สูงตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยดีในฤดูหนาวยังเจริญเติบโตได้ดี ไม่

ชะงัก ไม่มีระยะพักตัว ไม่มีโรคและแมลงรบกวน สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินหลายประเภท แต่ต้องเป็นดินที่มีการระบายน้ำที่ดีจนแล้งแต่ไม่ทนน้ำท่วมขัง ชอบแสงแดดจัด ต้องการปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 มิลลิเมตรต่อปี สามารถขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์ ปลูกรั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้นาน 6-7 ปี [4] อย่างไรก็ตามในขณะนี้หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 ได้อยู่ระหว่างการศึกษาผลกระทบของปัจจัยการปลูกต่างๆ ต่อปริมาณผลผลิตทำให้ข้อมูลดิบที่มึนนั้นไม่มีความแน่ชัดและไม่สามารถนำมาอธิบายได้ด้วยหลักการทางสถิติ ดังนั้น ขอบเขตของงานวิจัยจะศึกษาถึงผลกระทบของสภาพการเพาะปลูกต่อผลผลิตหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์หลักที่กล่าวมาเท่านั้น

ตารางที่ 1.1 เป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนเพื่อผลิตไฟฟ้า [2]

ประเภทไฟฟ้า	เป้าหมาย (MW)		CF	พลังงาน (ล้านหน่วย)		KTOE	
	เดิม	ใหม่		เดิม	ใหม่	เดิม	ใหม่
1. พลังงานลม	1,200	1,800	0.15	1,576.8	2,365.2	134.36	201.54
2. พลังงานแสงอาทิตย์	2,000	9,000	0.15	2,628	3,942	223.93	335.9
3. พลังงานน้ำ(ขนาดเล็ก)	324	324	0.35	993.38	993.38	84.65	84.65
3.1 พลังงานน้ำแบบสูบกลับ	1,284	1,284	0.7	7,873.49	7,873	670.9	670.9
4. พลังงานชีวมวล	3,630	4,800	0.6	22,259.1	29,433	1,896.7	2,508
5. ก๊าซชีวมวล	600	600	0.6	3,153.6	3,153.6	268.72	268.72
5.1 หญ้าเนเปียร์	-	3,000	0.8	-	2,102.4	-	1,791
6. พลังงานจากขยะ	160	400	0.6	840.96	2,102.4	71.66	179.15
7. พลังงานรูปแบบใหม่	3	3	0.4	10.51	10.51	0.9	0.9
รวม	9,201	21,210		39,335.9	63,024	3,351.8	5,370

เพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากหญ้าเนเปียร์ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกให้ได้ 25% ภายใน 10 ปี (AEDP 2012-2021) จากข้อมูลโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ระบุการที่จะปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยเริ่มจากการศึกษาถึงศักยภาพของพื้นที่ในการเพาะปลูกและสายพันธุ์ของหญ้าเนเปียร์เพื่อนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ และนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในการอุปโภคให้ได้ 1 MW จำเป็นต้องใช้พื้นที่เพาะปลูกหญ้าเนเปียร์ 800-1000 ไร่ (เพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าวันละ 24 ชม.จำนวน 330 วันต่อปี) หรือคิดเป็น 128-160 เฮกตาร์ [5] โดยหากจะเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าด้วยการใช้ก๊าซชีวภาพที่ผลิตจาก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.3 ขอบเขตของการวิจัย (ระบุขอบเขตของงานวิจัยให้ครอบคลุม ดังต่อไปนี้)

- #### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ ระยะเวลา 1 ปี (ตั้งแต่ มิย. 58 – พค. 59)

ตารางที่ 1.2 แผนการวิจัย

[illegible]



บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 หญ้าเนเปียร์ (Napier Grass)

หญ้าเนเปียร์มีอยู่หลายสายพันธุ์ ซึ่งแต่ละสายพันธุ์ มีลักษณะรูปพรรณสัณฐานที่แตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์หญ้าเนเปียร์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่สามสายพันธุ์ คือ หญ้าเนเปียร์ธรรมดา หญ้าเนเปียร์แคระ และหญ้าเนเปียร์ยักษ์

หญ้าเนเปียร์ธรรมดา มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Pennisetum Purpureum* เป็นพืชดั้งเดิมของทวีปแอฟริกาประเทศไทยนำเข้าจากประเทศมาเลเซีย เพื่อเป็นพืชอาหารสัตว์ [5] ลักษณะลำต้นของหญ้าเนเปียร์ เป็นกอค่อนข้างตั้งตรงคล้ายต้นอ้อย สูง 3-3.5 เมตร สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินหลายประเภท แต่ต้องเป็นดินที่มีการระบายน้ำที่ดี มีความอุดมสมบูรณ์ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 มิลลิเมตรต่อปี หรือในพื้นที่ ที่มีระบบชลประทานจะให้ผลผลิตที่สูงและมีคุณภาพดี หญ้าเนเปียร์เป็นหญ้าที่ติดเมล็ดน้อยมาก วิธีขยายพันธุ์จึงต้องขยายพันธุ์ด้วยท่อนพันธุ์เท่านั้น



รูปที่ 2.1 หญ้าเนเปียร์ธรรมดา

หญ้าเนเปียร์แคระมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *P. purpureum* cv. *Mott* นำเข้ามาจากมหาวิทยาลัยแห่งรัฐฟลอริดาประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนายวิฑูรย์ กำเนิดเพชร เมื่อเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2532 [5] มีลักษณะทรงต้นเป็นกอพุ่มค่อนข้างเตี้ย สูง 1-2 เมตร ลำต้นอวบและเตี้ยกว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดา มีสัดส่วนของใบมากกว่าสัดส่วนของลำต้น ผลผลิตส่วนใหญ่จึงอยู่ที่ส่วนของใบมีระบบรากที่แข็งแรง หยั่งลึกลงดินสามารถดูดธาตุอาหาร

ได้มากทำให้ได้ผลผลิตสูง หญ้าเนเปียร์แคระ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินหลายประเภท สามารถทนแล้งได้ดี แต่ไม่ทนต่อสภาพพื้นที่ ที่มีน้ำท่วมขัง สามารถขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์ และเมล็ดพันธุ์แต่การเพาะเมล็ดพันธุ์ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากต้องนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะในกระบะต้นกล้าก่อนแล้วย้ายไปปลูกในภายหลัง



รูปที่ 2.2 หญ้าเนเปียร์แคระ

หญ้าเนเปียร์ยักษ์มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *P. purpureum* cv. King Grass นำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซีย โดยนายชาญชัย มณีกุล เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2533 [6] หญ้าเนเปียร์ยักษ์ มีลักษณะเป็นกอและมีลำต้นสูง 3-4 เมตร เป็นหญ้าที่แข็งแรงเจริญเติบโตเร็ว สามารถทนต่อฤดูแล้งที่ยาวนานได้ เป็นหญ้าที่ปรับตัวเข้ากับดินได้หลายชนิด แต่สภาพดินที่เหมาะสมต้องมีความอุดมสมบูรณ์สูง เช่นดินร่วนมี pH 4.5-8.2 สภาพดินต้องระบายน้ำได้ดี ไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ต้องการปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี ไม่ชอบบริเวณร่มเงา เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-45°C เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 15°C จะชะงักการเจริญเติบโต สามารถขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์เช่นเดียวกับหญ้าเนเปียร์ธรรมดา และหญ้าเนเปียร์แคระ สำราญ วิจิตรพันธ์ [6]



รูปที่ 2.3 หน้าเนเปียร์ยักษ์

โดยหน้าเนเปียร์ทั้งสามสายพันธุ์นั้น มีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกัน คือ เป็นพืชโตเร็ว ให้ผลผลิตต่อไร่สูง สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินหลายประเภทแต่ต้องเป็นดินที่มีการระบายน้ำดี ไม่ชอบน้ำท่วมขัง ทนแล้ง ต้องการปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 มิลลิเมตรต่อปี สามารถขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์

2.1.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตหน้าเนเปียร์

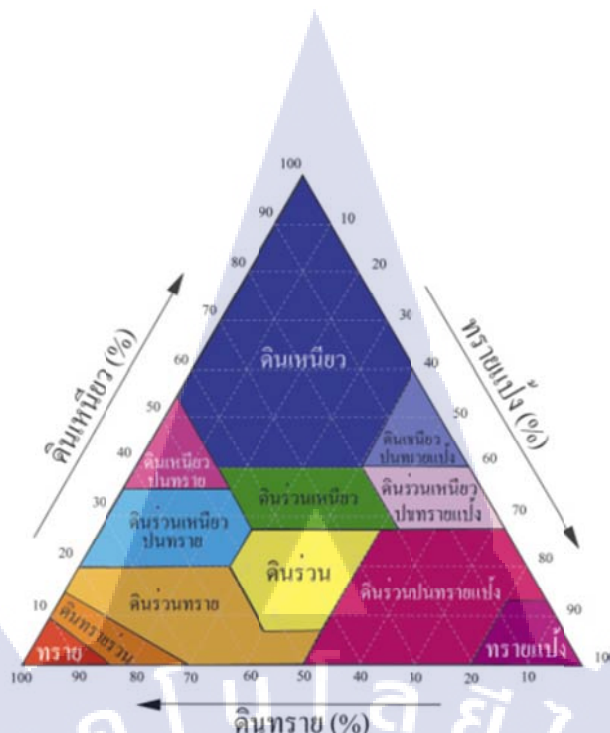
ในวงการวิจัยเรื่องหน้าเนเปียร์ ได้มีการศึกษาวิจัยหน้าเนเปียร์ โดยศูนย์พัฒนาอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นรายงานผลการวิจัยประจำปี ของกรมปศุสัตว์ อยู่หลายผลงานการวิจัย โดยผลงาน การวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การศึกษาอิทธิพลต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของหน้าเนเปียร์ ซึ่งรายงานผลการวิจัยประจำปี การทดลองปลูกหน้าเนเปียร์ของศูนย์พัฒนาอาหารสัตว์ ผู้วิจัยได้คัดเลือกแปลงทดลอง 9 แปลงทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2.1 เพื่อนำมาศึกษาเป็นข้อมูลตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งผลการศึกษาแปลงทดลองทั้ง 9 แปลงทดลองโดยสรุปได้ว่า รายงานผลการวิจัยประจำปีของศูนย์พัฒนาอาหารสัตว์ ที่มีการทดลองปลูกหน้าเนเปียร์ 9 แปลงทดลอง ในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศมีการขัดแย้ง และสอดคล้องกันในบางประเด็น เช่น ระยะห่างของการปลูก, ระยะวันเก็บเกี่ยวผลผลิต ที่มีความขัดแย้งกัน โดยหาข้อสรุปไม่ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและทำการวิจัยผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตของหน้าเนเปียร์ โดยได้แยกประเภทของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตออกเป็น 2 ประเภทคือ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตตามศักยภาพพื้นที่ดั้งเดิม และปัจจัยที่เกิดจากการกระทำของเกษตรกร

ตารางที่ 2.1 พื้นที่แปลงทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์

แปลงทดลองที่	จังหวัด	ปีการทดลอง	ข้อมูลตัวอย่าง
1	เพชรบูรณ์	2538-2539	14
2	เพชรบูรณ์	2538-2539	12
3	ชัยนาท	2536-2538	14
4	ลำปาง	2541-2544	14
5	สระแก้ว	2541-2542	14
6	สุโขทัย	2541-2543	7
7	เพชรบุรี	2541-2544	14
8	นครพนม	2536-2537	14
9	สุโขทัย	2544-2546	2
รวม			105

2.1.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตตามศักยภาพพื้นที่ดั้งเดิม ในงานวิจัยนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตตามศักยภาพพื้นที่ดั้งเดิม 5 ปัจจัยประกอบด้วย

(1) เนื้อดิน (Soil Textures) การจำแนกเนื้อดินของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (United States Department of Agriculture : USDA) [7] ได้จำแนกขนาดของอนุภาคดินเป็น 3 กลุ่มใหญ่ดังนี้ 1. อนุภาคดินเหนียว (Clay) คือ ดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคเล็กกว่า 0.002 มม. 2. อนุภาคดินทรายแป้ง (Silt) คือ ดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคตั้งแต่ 0.002–0.02 มม. 3. อนุภาคดินทราย (Sand) คือ ดินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคตั้งแต่ 0.02–2 มม. ซึ่งการพิจารณาประเภทของเนื้อดินแบ่งตามสัดส่วนของอนุภาคดินทั้งสามชนิดซึ่งแบ่งได้ทั้งสิ้น 12 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การจำแนกเนื้อดินชนิดต่างๆ [7]

ในวงการวิจัยจากผลงานการวิจัยที่ผ่านมา ลักษณะ วุติปราชญ์อำเภอ และคณะ [7] ทำการทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท โดยแปลงทดลอง เป็นชุดดินราชบุรี ซึ่งเป็นดินเหนียว ผลการทดลอง พบว่าหญ้าเนเปียร์รักษให้ผลผลิตแห้งเฉลี่ย 3,645 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี วีระศักดิ์ จิโนแสง; ประเสริฐศักดิ์ นันทมขันธ์ และวิรัช สุขสรณ [8] ทำการทดลองปลูกในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเนื้อดินแปลงทดลองเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายผลการทดลองพบว่าหญ้าเนเปียร์รักษให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 1,938.2 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี โดยมีผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยน้อยกว่าของ ลักษณะ วุติปราชญ์อำเภอ และคณะ [9] นอกจากนี้ รายงานของ สำราญ วิจิตรพันธ์ [6] ที่รายงานว่าหญ้าเนเปียร์รักษ เจริญเติบโตได้ดีที่สุดในดินร่วนที่มีหน้าดินลึก

จากรายงานของลักษณะ วุติปราชญ์อำเภอ และคณะ [9] วีระศักดิ์ จิโนแสง; ประเสริฐศักดิ์ นันทมขันธ์ และวิรัช สุขสรณ [8] สำราญ วิจิตรพันธ์ [6] พบว่าข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับผลกระทบของเนื้อดินที่มีต่อผลผลิตนั้นยังไม่แน่ชัด จึงได้นำเนื้อดินมาเป็นหนึ่งในปัจจัยที่อยุ่ในการศึกษาครั้งนี้

(2) ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Fertility) หมายถึง ความสามารถของดินในการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ครบทุกธาตุ ในปริมาณที่เพียงพอและสมดุลกันตามที่พืชต้องการ กองสำรวจดิน ได้ใช้หลักการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินจากค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินที่สำคัญ ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โดยทำการแบ่งระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินออกเป็น 3 ระดับคือ ต่ำ ปานกลาง และสูง ดังแสดงในตารางที่ 2.2 โดยวิธีประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินใช้วิธีการให้คะแนน ถ้าคะแนนเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่าถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์

ต่ำ ถ้าคะแนนอยู่ระหว่าง 8-12 ถือว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ถ้าคะแนนเท่ากับ 13 หรือมากกว่า ถือว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง

ตารางที่ 2.2 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน [7]

ระดับความ อุดมสมบูรณ์ ของดิน	ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (%)	ความอึดตัวด้วย ประจุบวก ที่เป็นต่าง (%)	ความจุในการ แลกเปลี่ยน ประจุบวก (me/ดิน 100 กรัม)	ปริมาณ P ที่เป็น ประโยชน์ (ppm)	ปริมาณ K ที่เป็นประโยชน์ (ppm)
ต่ำ	<1.5	<35	<10	<10	<60
<7	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
ปานกลาง	1.5-3.5	35-75	10-20	10-25	60-90
8-12	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
สูง	>3.5	>75	>20	>25	>90
13>	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)

รายงานการวิจัยของฉายแสง ไผ่แก้ว และคณะ [10] ได้ทำการทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ แคระในพื้นที่จังหวัดสุโขทัย โดยทำการศึกษาและทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สุโขทัย ซึ่งเนื้อดินแปลงทดลองเป็นดินร่วนปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ของดินค่อนข้างต่ำ ผลการทดลอง พบว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งประมาณ 2,433 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้เกียรติศักดิ์ กล่ำเอม, สุมณ โพธิ์จันทร์ และปัญญา ธรรมศาล [11] ได้รายงานว่า บริเวณแปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้วพื้นที่แปลงทดลองมีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง ให้ผลตอบแทนจากการผลิตอยู่ที่ 5,253 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

การวิจัยของฉายแสง ไผ่แก้ว และคณะ [10] มีความสอดคล้องกับผลการวิจัยของเกียรติศักดิ์ กล่ำเอม, สุมณ โพธิ์จันทร์ และปัญญา ธรรมศาล [11] กรณีที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าจะให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

(3) ปฏิกริยาดิน (Soil Reaction) หมายถึง ระดับความเป็นกรด (Acidity) หรือความเป็นด่าง (Alkalinity) ของดินดังในตารางที่ 2.3 ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในระดับ pH ของดินที่แตกต่างกัน ซึ่งในรายงานการวิจัยของ สำราญ วิจิตรพันธ์ [6] ได้รายงานผลการวิจัยว่าหญ้าเนเปียร์เป็นหญ้าที่ปรับตัวเข้ากับดินได้หลายชนิดตั้งแต่ดินทราย ไปจนถึงดิน

เหนียว pH ตั้งแต่ 4.5-8.2 แต่สภาพดินที่เหมาะสมต้องมีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในดินร่วนที่มี pH 6-7.5

ตารางที่ 2.3 ปฏิกริยาดิน (Soil Reaction)

pH	ปฏิกริยาดิน
1-3.5	กรดรุนแรงมากที่สุด (Ultra Acid)
3.5-4.4	กรดรุนแรงมาก (Extremely Acid)
4.5-5.0	กรดจัดมาก (Very Strongly Acid)
5.1-5.5	กรดจัด (Strongly Acid)
5.6-6.0	กรดปานกลาง (Moderately Acid)
6.1-6.5	กรดเล็กน้อย (Slightly Acid)
6.6-7.3	เป็นกลาง (Neutral)
7.4-7.8	ด่างเล็กน้อย (Slightly Alkaline)
7.9-8.4	ด่างปานกลาง (Moderately Alkaline)
8.5-9.0	ด่างจัด (Strongly Alkaline)
9.0-14	ด่างจัดมาก (Very Strongly Alkaline)

(4) การระบายน้ำ (Drainage) หมายถึง การชักน้ำส่วนเกินออกจากพื้นที่ ในด้านการเกษตรน้ำส่วนเกินจะก่อให้เกิดปัญหาการระบายอากาศของดิน ทำให้รากพืชขาดอากาศหายใจ การระบายน้ำของดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ระดับ ตามรายงานของ Soil Survey ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.4

โดยในรายงานของ สำราญ วิจิตรพันธ์ [6] และไกลาส เชียวทอง [5] รายงานว่า หน่วยงานเปียร์ต้องการดินที่มีการระบายน้ำได้ดี ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ ลักขณา วุฒิปราชญ์อำไพ และคณะ [9] ได้ทำการศึกษาหาหน่วยงานเปียร์ 3 สายพันธุ์ ในชุดดินราชบุรีซึ่งเป็นดินเหนียว เนื้อดินมีการระบายน้ำได้ไม่ดี ผลการวิจัยพบว่า หน่วยงานเปียร์ยักษ์ให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ย 3,645 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ซึ่งสูงกว่ารายงานของ วีระศักดิ์ จิโนแสง ประเสริฐศักดิ์ นันทชมชื่น และวิรัช สุขสราน [8] ที่ทำการทดลองปลูกในชุดดินป่าแดง ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีการระบายน้ำที่ดี ผลการทดลอง พบว่า ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยหน่วยงานเปียร์ยักษ์ 1,938.2 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

ดังนั้น จึงยังหาข้อสรุประหว่างผลกระทบของตัวแปรการระบายน้ำกับปริมาณผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ย ยังไม่ได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 2.4 การระบายน้ำ

อันดับที่	การระบายน้ำ
1	การระบายน้ำเลวมาก (Very Poorly Drained)
2	การระบายน้ำเลว (Poorly Drained)
3	การระบายน้ำค่อนข้างเลว (Somewhat Poorly Drained)
4	การระบายน้ำปานกลาง (Moderately Drained)
5	การระบายน้ำดี (Well Drained)
6	การระบายน้ำค่อนข้างมาก (Somewhat Excessively Drained)
7	การระบายน้ำมากเกินไป (Excessively Drained)

(5) ปริมาณน้ำฝน (Precipitation) ในรายงานการวิจัยของ สำราญ วิจิตรพันธ์ [6] ได้รายงาน bahwa ภูเขาน้ำฝนทุกสายพันธุ์ต้องการปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับ ไกลาสต์ เขียวทอง [5] ที่รายงาน bahwa ภูเขาน้ำฝนต้องการปริมาณน้ำฝน 1,000 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่ง วิรัช สุขสรอายุ, ประเสริฐศักดิ์ นันทขมชื่น และจิรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์ [12] ได้ทำการศึกษา ภูเขาน้ำฝน 3 สายพันธุ์ ในจังหวัด เพชรบูรณ์ ซึ่งมีปริมาณน้ำฝน 1,031-1276 มิลลิเมตรต่อปี โดยจากผลการทดลอง พบว่า ผลผลิตน้ำหนักรวมเฉลี่ย ภูเขา เนเปียร์และ 1,725.5 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี แต่มีผลผลิตน้อยกว่ารายงานการวิจัยของ ชิต ยุทธวรวิทย์, วิรัช สุขสรอายุ และสมศักดิ์ เกาทอง [13] ซึ่งทำการวิจัยในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ มีปริมาณน้ำฝน 898-1,219 มิลลิเมตรต่อปี พบว่า ปริมาณผลผลิตน้ำหนักรวมเฉลี่ย 3,987 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

2.1.4.2.3 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยว่าเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยที่ต้องทราบค่าตัวแปรหรือมีการกำหนดค่าตัวแปรล่วงหน้าในการวิเคราะห์จะแบ่งตัวแปรเป็นสองส่วนคือ ปัจจัยที่มีอิทธิพลกับผลลัพธ์หรือตัวแปรต้นจะถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) หรือตัวแปรต้นเหตุ (Predictor Variable) มักจะใช้สัญลักษณ์ X และตัวแปรตามหรือผลลัพธ์ในการศึกษา (Dependent Variable) จะใช้สัญลักษณ์ Y สำหรับวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์การถดถอย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น X และตัวแปรตาม Y ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร และนำความสัมพันธ์ที่ได้มาประมาณค่าหรือพยากรณ์ค่า Y ในอนาคตเมื่อมีการกำหนดค่า X ขึ้น [14][15] โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นมีด้วยกัน 2 ประเภท คือ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย และการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ

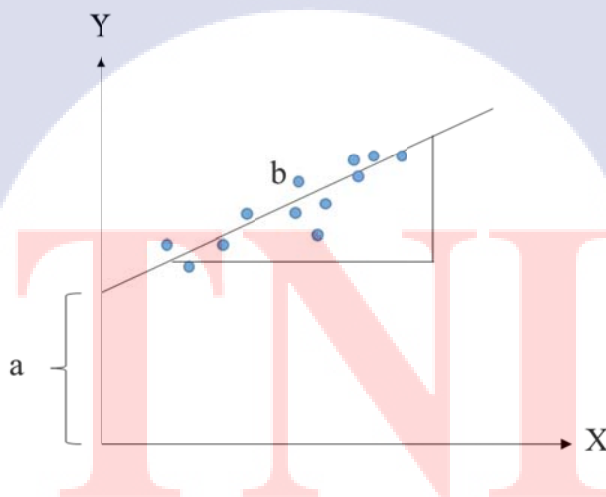
(1) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวที่มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปของสมการเชิงเส้น ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ 2.1

$$Y = a + bX + e \quad (2.1)$$

เมื่อ Y แทน ตัวแปรตาม
 X แทน ตัวแปรอิสระ
 e แทน ความคาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (Random Error)
 a แทน ส่วนที่ตัดแกน Y เมื่อค่า X เป็นศูนย์ (ค่าคงที่ของสมการ)
 b แทน ค่าความชันของเส้นตรง หรือสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)

ค่า b สามารถอธิบายได้ดังนี้ กรณีที่ค่า $b > 0$ หมายความว่า X และ Y มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกันกรณีที่ $b < 0$ สามารถอธิบายได้ว่า X และ Y มีความสัมพันธ์ในลักษณะการแปรผกผัน สำหรับค่า b ยังมีค่าเข้าใกล้ 0 เพียงใดแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y นั้นน้อยลงตามค่า b และเมื่อค่า $b = 0$ แสดงว่าตัวแปรต้นและตัวแปรตามนั้นไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นหรือแผนภาพการกระจาย (Scatter Port Diagram)

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าการหาค่า a และ b จำเป็นต้องทราบค่าทุกค่าที่ X และ Y ได้เกิดขึ้นแล้วในอดีตซึ่งเป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ ดังนั้นในการประเมินค่า a และ b จะใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง n ในการประมาณค่า Y ดังสมการที่ 2.2

$$\hat{Y} = a + bX \quad (2.2)$$

การคำนวณค่า a และ b จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square) เพื่อให้ค่า $\sum e^2$ หรือมีค่า $\sum (Y - \hat{Y})^2$ น้อยสุดดังสมการที่ 2.3

ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน

$$E = \frac{\sum e}{n} \quad (2.3)$$

โดยค่ามีค่าน้อยที่สุด หรือ เสมอเมื่อใช้เทคนิคกำลังสองน้อยที่สุดในการหาค่า a และ b ซึ่งสามารถคำนวณค่า a และ b จากสมการดังต่อไปนี้

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.4)$$

$$a = \frac{\sum Y - b(\sum X)}{n} \quad (2.5)$$

จากนั้นจะมีการทดสอบความเหมาะสมของสมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายภายใต้สมมติฐาน 0 ที่ว่า Y ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ X ด้วยการใช้สถิติทดสอบ F ซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วนคือความแปรปรวนของ Y ที่เกิดจากอิทธิพลของ X (Regression Sum Square : SSR) ความแปรปรวนของ Y ที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ (Residual Sum Square or Error Sum Square : SSE) และค่าความผันแปรทั้งหมดของ Y (Total Sum Square : SST) อธิบายได้ดังสมการ 2.6

$$SST = SSR + SSE \quad (2.6)$$

สำหรับขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน 0 นั้นจะใช้การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังสองของการทำนายและค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนในทดสอบหาก ค่าสถิติทดสอบ F มีค่ามากกว่าค่าวิกฤต ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด แสดงว่าเกิดการปฏิเสธสมมติฐาน ซึ่งสามารถแปลความได้ว่า ตัวแปร Y มีความสัมพันธ์กับ X ในรูปเชิงเส้น ซึ่งวิธีการคำนวณเป็นไปตามสมการ

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของการทำนาย

$$MSR = \text{Regression Sum Square (SSR)} \quad (2.7)$$

ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

$$MSE = \frac{SSE}{n - 2} \quad (2.8)$$

ค่าสถิติ

$$F = \frac{MSR}{MSE} \quad (2.9)$$

หลังจากทดสอบสมมติฐานของค่า b หรือความสัมพันธ์ในรูปแบบเชิงเส้นของค่า X และ Y ว่าเป็นจริงแล้วนั้นอีกหนึ่งสิ่งที่ใช้ในการอธิบายความสามารถในการพยากรณ์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) กล่าวคือ สัดส่วนที่ตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ในกรณีที่ค่า R^2 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงค่า Y เมื่อค่า X มีการเปลี่ยนแปลงโดยค่า R^2 สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.10

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (2.10)$$

(2) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุนั้นมีหลักการทำงานคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายแต่มีความสามารถในการวิเคราะห์ตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระทั้งหมด k ตัว ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$) ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y ในรูปแบบเชิงเส้นจะได้สมการถดถอยเชิงพหุดังนี้

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3...b_kX_k \quad (2.11)$$

เมื่อค่า a แทน ส่วนที่ตัดแกน Y เมื่อกำหนดให้ $X_1 = X_2 = X_3 = ... = X_k = 0$

$b_1, b_2, b_3...b_k$ แทน สัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงส่วน (Partial Regression Coefficient) กล่าวคือ ค่า b_i เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอิสระ X_i เปลี่ยนไป 1 หน่วยโดยที่ตัวแปรอิสระอื่นๆ คงที่ และในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์การถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐานสามารถเขียนสมการดังนี้

$$Z_Y = \beta_1Z_1 + \beta_2Z_2 + \beta_3Z_3 + ... + \beta_kZ_k \quad (2.12)$$

เมื่อค่า $\beta_1, \beta_2, \beta_3... \beta_k$ แทนสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน (Beta Weight) กล่าวคือค่า β_i เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอิสระ X_i เปลี่ยนไป 1 หน่วยมาตรฐานโดยที่ตัวแปรอิสระอื่นๆ คงที่

ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square) ในการประมาณค่า a, b และ β เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายโดยความสัมพันธ์ระหว่างค่า β และค่า b เป็นดังนี้

$$\beta_i = b_i \frac{S_i}{S_y} \quad (2.13)$$

เมื่อค่า b_i แทนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระที่ i เมื่อ i มีค่า $1, 2, 3, ..., k$

S_i แทนค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของตัวแปรอิสระที่ i

S_y แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตาม Y

ค่า β คือ ค่าที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปรอิสระ เนื่องจากในการวิเคราะห์ความถดถอยนั้นตัวแปรต้นที่ใช้ในการทำนายไม่จำเป็นต้องมีหน่วยเหมือนกัน ซึ่งทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบความสำคัญต่อตัวแปรตามของแต่ละอิทธิพลได้ ดังนั้นถ้าต้องการนำค่า b มาเปรียบเทียบกับกันจะต้องทำให้อยู่ในรูปมาตรฐานเสียก่อน กล่าวคือ ทำให้ค่า b ไม่มีหน่วย ค่า β จึงเป็นค่ามาตรฐานของค่า b จึงสามารถนำมาเปรียบเทียบได้ถ้าตัวแปรอิสระตัวใดมีค่า β มากแสดงว่าตัวแปรนั้นมีความสำคัญต่อตัวแปรตามมากด้วย และในการอธิบายความน่าเชื่อถือของค่า b หรือ ค่า b สามารถทำได้โดยการใช้สถิติทดสอบ t (t-test) ตามสมการที่ 2.14

$$t = \frac{b}{SE_b} \quad (2.14)$$

เมื่อ b แทน สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ
 SE_b แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ภายใต้สมมติฐาน 0 ที่ว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรต้น X และตัวแปรตาม Y สำหรับกรณีที่มีการปฏิเสธสมมติฐาน 0 หรือ ค่า t ที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤตจะสามารถอธิบายได้ว่าค่า b หรือ ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น X และตัวแปร Y เป็นจริงภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด จากนั้นความสามารถในการทำนาย หรือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของสมการสามารถหาได้จากสมการ 2.15

$$\text{Adjusted } R^2 = 1 - (1 - R^2) \left(\frac{n-1}{n-k-1} \right) \quad (2.15)$$

เมื่อ $R^2 = \frac{SSR}{SST}$
 n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
 k แทน จำนวนตัวแปรต้น

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

จำนวนข้อมูลที่ใช้ในงานนี้มีทั้งหมด 105 ชุดข้อมูล ซึ่งชุดข้อมูลเหล่านี้ได้มาจาก ศูนย์พัฒนาอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นรายงานผลการวิจัยประจำปี ของกรมปศุสัตว์ โดยจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ [16] ได้นำเสนอว่า ในการดูคุณภาพเบื้องต้นของดินนั้น ปัจจัยทางภูมิศาสตร์มีความสำคัญมากกว่าปัจจัยที่เกิดจากกระทำของเกษตรกรโดยการที่จะวิเคราะห์ในมุมมองทางเศรษฐกิจ ปัจจัยที่เกิดจากกระทำของเกษตรกรนั้นจะไม่นำมารวมตัวในการศึกษาด้วย โดยปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่มีผลต่อการเติบโตของหญ้าเนเปียร์แต่ละปัจจัยได้ถูกนำมาให้คะแนนเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์แล้วในงานก่อนหน้านี้ [16] โดยปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่มีผลต่อการเติบโตของหญ้าเนเปียร์มีทั้งสิ้น 5 ปัจจัย คือ เนื้อดิน (Soil Textures, ST), การระบายน้ำ (Drainage, DN), ความอุดมสมบูรณ์ทั้งหมดของดิน (Overall Soil Fertility, OSF), ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH), ปริมาณน้ำฝน (Precipitation, PC) โดยก่อนที่จะวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์นั้น มีการวิเคราะห์หาขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองวิเคราะห์การถดถอย (Regression model) จะไม่ถูกรบกวนด้วยสหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรต่างๆ โดยใช้ค่า Variance Inflation Factor (VIF) ซึ่งเป็นการวัดค่าความแปรปรวนของค่าประมาณของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร โดยจากงานของ Kutner et al [17] ได้บอกว่า หากวิเคราะห์แล้วค่า VIF มีค่ามากกว่า 10 นั้น หมายความว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระมากและไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกันได้ โดยสามารถหาได้จากสมการที่ 3.1

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2} \quad (1)$$

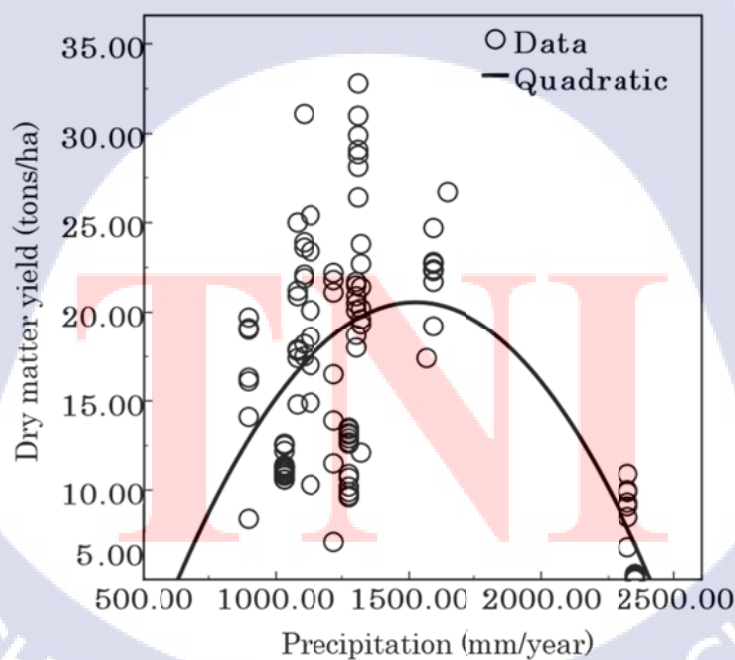
โดยในการคำนวณค่า VIF จะมีการหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจกำลังสองของแต่ละตัวแปรโดยการใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบวิธีกำลังสองน้อยสุดแบบธรรมดา (Ordinary Least Square Regression) โดยมีการใช้ตัวแปรที่มีผลต่อการเติบโตของหญ้าเนเปียร์แต่ละตัวเป็นตัวแปรตามเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจกำลังสอง โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระของแต่ละตัวนั้นมีค่าน้อยมากซึ่ง

หมายความว่าสามารถนำตัวแปรทั้งหมดมารวมในสมการได้ โดยค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระของแต่ละตัวแปรแสดงอยู่ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระของตัวแปรที่มีผลต่อการเติบโตของหญ้าเนเปียร์

ตัวแปร	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจกำลังสอง	VIF
เนื้อดิน (Soil Textures, ST)	0.558	2.262
การระบายน้ำ (Drainage, DN)	0.517	2.070
ความอุดมสมบูรณ์ทั้งหมดของดิน (Overall Soil Fertility, OSF)	0.298	1.425
ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)	0.605	2.531
ปริมาณน้ำฝน (Precipitation, PC)	0.462	1.859

โดยจากงานก่อนหน้านี [16] ตัวแปรที่มีผลต่อการเติบโตของหญ้าเนเปียร์นั้นถูกวิเคราะห์โดยคิดว่าทุกตัวนั้นมีความสัมพันธ์กันแบบเป็นเส้นตรง แต่อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์แล้ว พบว่าปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ไม่เป็นแบบเส้นตรงกับปริมาณปริมาณผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับปริมาณผลผลิตของหญ้าเนเปียร์

เพื่อให้สามารถอธิบายความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น พจน์พหุนามควรที่จะถูกเพิ่มเข้าไปในแบบจำลอง โดยหมายเหตุไว้ว่าถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มตัวแปรที่ไม่เป็นเชิงเส้นเข้าไปในแบบจำลอง แต่ในมุมมองทางสถิติ นั้น แบบจำลองยังสามารถถูกเขียนอยู่ในรูปสมการเส้นตรงได้ ดังสมการที่ 3.2

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (3.2)$$

โดยเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าแต่ละตัวแปรนั้นสามารถมีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันได้ ดังนั้นความสัมพันธ์เหล่านี้จึงควรถูกรวมเข้าไปในแบบจำลองวิเคราะห์การถดถอยด้วย โดยตัวแปรที่มีผลต่อการเติบโตของหญ้าเนเปียร์อย่างเช่น เนื้อดิน, การระบายน้ำ และความอุดมสมบูรณ์ทั้งหมดของดินมีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกัน โดยจากการศึกษาก่อนหน้านี้ [18] พบว่า หญ้าเนเปียร์สามารถเติบโตได้ดีในดินที่มีเนื้อหยาบที่มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับที่ปานกลาง ดังนั้นชนิดของดินกับความอุดมสมบูรณ์ทั้งหมดของดินมีความสัมพันธ์ที่ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนความสามารถในการระบายน้ำของดินมีความสัมพันธ์กับเนื้อดินโดยยิ่งดินเนื้อหยาบมากเท่าใดความสามารถในการระบายน้ำของดินก็จะดีขึ้น [19] อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการระบายน้ำของดินกับความอุดมสมบูรณ์ทั้งหมดของดินนั้นแตกต่างจากความสัมพันธ์ก่อนหน้านี้ เนื่องจากยิ่งความสามารถในการระบายน้ำของดินมากขึ้นเท่าไร จะส่งผลให้ดินนั้นไม่สามารถกักเก็บสารอาหารในดินได้ ทำให้ตัวแปรทั้งสองตัวนี้มีความสัมพันธ์ที่ผกผันกัน โดยความสัมพันธ์ใหม่ถูกรวมกันอยู่ภายใต้ความสัมพันธ์ทางกายภาพ ซึ่งมีทั้งหมด 3 ตัว คือ ความสัมพันธ์ของเนื้อดิน และความอุดมสมบูรณ์ทั้งหมดของดิน (OST), ความอุดมสมบูรณ์ทั้งหมดของดิน และการระบายน้ำ (OD) และ เนื้อดิน และการระบายน้ำ (SD) โดยตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ร่วมกันใหม่จะแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกัน

ตัวแปร	ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกัน
OSF และ ST (OST)	$OSF \times ST^{0.5}$
OSF และ DN (O/D)	OSF / DN
ST และ DN (SD)	$ST \times DN^2$

ดังนั้น ตัวแปรที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองจะมีทั้งหมด 8 ตัว คือ ST, DN, OSF, pH, PC, OST, OD และ SD โดยแต่ละตัวแปรจะถูกนำมาวิเคราะห์ผ่านการวิเคราะห์แบบถดถอยเพื่อหาลักษณะของแบบจำลองที่เหมาะสมกับตัวแปรนั้นๆมากที่สุด หรือสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับผลผลิตหญ้าเนเปียร์มากที่สุด ซึ่งจากการวิเคราะห์แล้วพบว่า มีบางตัวแปรที่เหมาะสมกับสมการพหุนามกำลังสาม แต่อย่างไรก็ตามหากคำนึงถึงหลักการ ถึงแม้ว่าสมการพหุนามกำลังสามนั้นจะเข้ากับข้อมูลมากที่สุดสมการพหุนามกำลังสามนั้นไม่ควรที่จะถูกนำมาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ ยกตัวอย่างเช่น หากปริมาณน้ำฝนมีปริมาณที่ลดลง ปริมาณผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ก็ไม่ควรที่จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน (แสดงในรูปที่ 3.1) เนื่องจากหากใช้สมการพหุนามกำลังสามจะแสดงผลที่ไม่เป็นความจริง ดังนั้นสมการพหุนามกำลังสองจึงถูกเลือกให้มาใช้ในการนี้แทน โดยตัวแปรที่ถูกยกกำลังสองนั้นจะมี PC และ OST และถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อที่จะพัฒนาแบบจำลองสำหรับการทำนายผลผลิตของหญ้าเนเปียร์

เพื่อที่จะให้ได้แบบจำลองที่ประสิทธิภาพ ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีผลต่อการเติบโตของหญ้าเนเปียร์กับผลผลิต กระบวนการแบบลำดับขั้น (stepwise algorithm) จึงถูกเลือกนำมาใช้ในการนี้ โดยกระบวนการนี้เป็นการรวมกันของกระบวนการแบบไปด้านหน้า (forward selection) และถดถอยหลัง (backward elimination) โดยทั้งนี้กระบวนการแบบลำดับขั้นนั้นจะพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตามมากที่สุดเข้ามาในสมการ และจะทำการทำให้เข้ากับแบบจำลอง แล้วทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระใหม่เข้ามาในสมการอีก (เหมือนกับ forward selection) ในการวิเคราะห์แบบจำลองแต่ละครั้งถ้าพบว่ามีตัวแปรที่คัดเลือกมาในสมการไม่มีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรตาม (ดูจาก t-test ของแต่ละตัวแปร) ตัวแปรอิสระนั้นจะถูกตัดออกจากสมการ [15]

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัย ถึงแม้จะมีตัวแปรอิสระถึง 10 ตัวแปรที่ถูกใส่เข้าไปเพื่อทำการวิเคราะห์ผล มีตัวแปรถึง 4 ตัวแปรซึ่งคือ ST, OSF, PC, OST ที่ถูกกำจัดออกไปด้วยอัลกอริทึมแบบสเตปไวส์ ในงานนี้ระดับความเชื่อมั่นถูกกำหนดไว้ที่ 95 % จากผลดังกล่าวสามารถเข้าใจได้ว่าตัวแปรอย่าง ST, OSF, PC, OST นั้นถูกอธิบายได้ดีกว่าด้วยตัวแปรที่ส่งผลกระทบกันและพจน์ยกกำลัง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งอันเก่าและใหม่ ดังกล่าว สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$DMY = -14.247 - 1.247(ST) - 4.213(DN) + 2.231(OSF) + 8.179(pH) - 0.004(PC) \quad (4.1)$$

$$DMY = -24.435 - 0.062(SD) - 0.916(DN) + 6.994(O / D) + 7.070(pH) - 1.278 \times 10^{-6} (PC^2) + 0.034(OST^2) \quad (4.2)$$

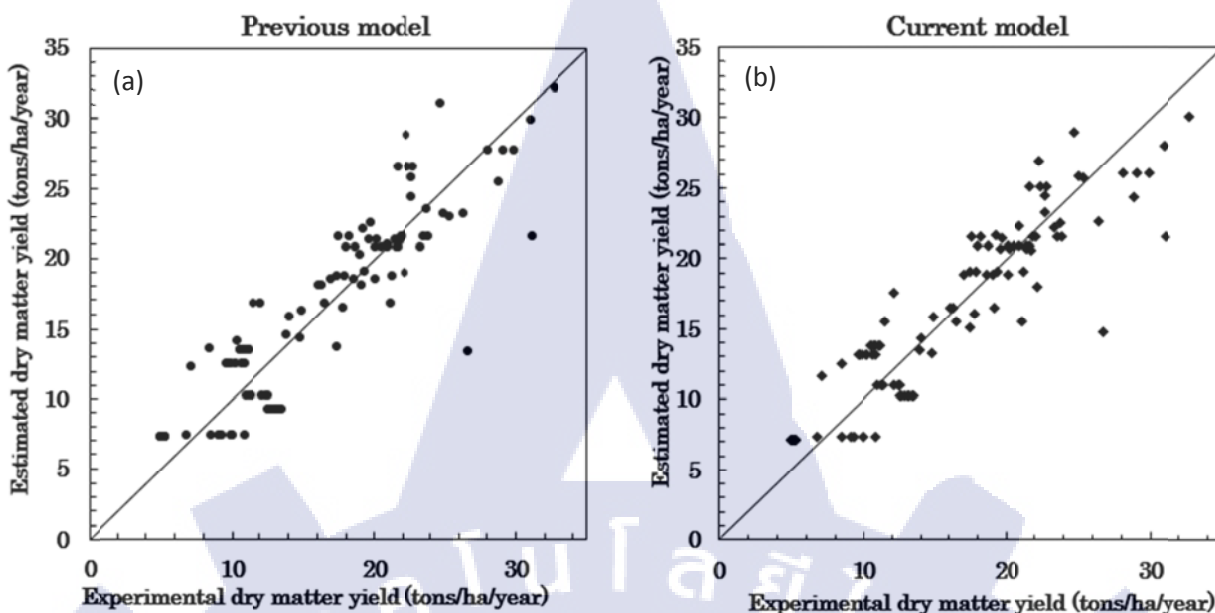
สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นและตัวแปรเบต้าแบบสแตนด์ตาร์ดไดส์ถูกสรุปไว้ในตารางที่ 4.1 ความแม่นยำของแบบจำลองในงานศึกษานี้ คือ 81% ภายใต้ความเชื่อมั่นระดับ 95% ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ถูกปรับค่ามานั้น มีความแตกต่างประมาณ 1% จากค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นซึ่งสามารถเข้าใจได้ว่าขนาดของตัวอย่างนั้นมากเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุสัมพันธ์ แบบจำลองที่ได้ สนับสนุนการใช้ตัวแปรแบบยกกำลังและตัวแปรที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันซึ่งแสดงให้เห็นได้จากความแม่นยำที่สูงขึ้นจากแบบจำลองเก่าภายใต้ระดับความเชื่อมั่นเดียวกันเนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นและความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรนั้นถูกนำไปรวมในแบบจำลองด้วย ตัวแปรเบต้าที่ไม่ถูกทำสแตนด์ตาร์ดไดส์นั้นเป็นความชันของแต่ละตัวแปรและเมื่อทำการสแตนด์ตาร์ดไดส์ตัวแปรเบต้าเหล่านี้แล้วจึงได้ตัวแปรเบต้าแบบสแตนด์ตาร์ดไดส์มา ตัวแปรเบต้าแบบสแตนด์ตาร์ดไดส์นั้นบ่งชี้ถึงความแรงของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆต่อผลผลิตแห้งของยูนิเอร์ จากผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้นั้นพบว่า ตัวแปรทุกตัวแปรทั้งในแบบจำลองเก่าและใหม่นั้นมีระดับความเชื่อมั่นถึง 99% ยกเว้น pH และ OST^2 ที่อยู่ในระดับ 95%

ตาราง 4.1 สรุปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Model	Standardized beta						R^2	Adj. R^2
	ST	DN	OSF	pH	PC	-		
Previous	-0.233 ^a	-0.277 ^a	0.381 ^a	1.069 ^a	-0.242 ^a	-	0.794	0.782
	SD	DN	OST ²	pH	PC ²	O/D		
Current	-0.372 ^a	-0.191 ^b	0.137 ^b	0.924 ^a	-0.269 ^a	0.511 ^a	0.821	0.810

^a Confident level at 99%^b Confident level at 95%

เมื่อพิจารณาตัวแปรเบต้าแบบสแตนด์ดาร์ดไคส์ ตัวแปร pH, O/D และ OST² ถูกพบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตแห้งของหญ้าเนเปียร์ โดยที่ตัวแปรอื่นอย่าง DN, PC² และ SD ให้ความสัมพันธ์ทางลบ ตัวแปร pH ถูกพบว่ามีผลกระทบที่แรงที่สุดต่อผลผลิตแห้งของหญ้าเนเปียร์ โดยมี ตัวแปรเบต้าแบบสแตนด์ดาร์ดไคส์ที่มีค่าสูงถึง 0.924 ซึ่งค่าดังกล่าวสอดคล้องกับแบบจำลองเก่า เช่นกันว่าตัวแปร O/D และ OST² ก็สอดคล้องกับแบบตัวแปร OSF ในแบบจำลองเก่า ตัวแปร OST ถูกสร้างขึ้นเนื่องจากถึงแม้ว่าดินที่มีความละเอียดสูงมักจะให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ดีกว่า แต่หญ้าเนเปียร์ชอบดินที่มีเนื้อหยาบแต่ความสมบูรณ์สูง และเป็นที่ทราบกันดีว่าดินที่มีการระบายน้ำดี มักเก็บสารอาหารไว้ไม่ได้เมื่อได้รับน้ำดังนั้น ตัวแปร O/D จึงถูกสร้างขึ้น อย่างไรก็ตามตัวแปร DN อย่างเดียวนั้นส่งผลต่อผลผลิตซึ่งสอดคล้องกับผลเก่าเนื่องจากดินที่มีการระบายน้ำแย่มักมีความอุดมสมบูรณ์ที่ดี ตัวแปร PC² ก็ให้ผลกระทบไปในทางเดียวกับ PC ในแบบจำลองเก่า ดังที่ดินที่มีความหยาบน้อยให้การระบายน้ำที่แย่ ตัวแปร SD ถูกสร้างขึ้นและพบว่ามีสัมพันธ์เชิงลบต่อผลผลิต กราฟแสดงความกลมกลืนของทั้งสองแบบจำลองแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความกลมกลืนของทั้งสองแบบจำลอง (a) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เก่า [16] และ (b) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใหม่

เมื่อพิจารณาในทุกมุมมองแล้วพบว่า แบบจำลองปัจจุบันซึ่งรวมผลกระทบของความไม่เป็นเชิงเส้นและปฏิสัมพันธ์ไว้นั้นถูกแนะนำให้ใช้สำหรับการประเมินศักยภาพของการปลูกหญ้าเนเปียร์ในประเทศไทยเนื่องจากสามารถให้ความแม่นยำที่สูงขึ้นโดยที่แบบจำลองยังมีความเรียบง่าย โดยที่ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ยังเปิดเผยให้เห็นอีกว่าการสร้างแบบจำลองถดถอยแบบพหุสัมพันธ์จำเป็นต้องรวมผลกระทบของความไม่เป็นเชิงเส้นและปฏิสัมพันธ์เข้าไว้ด้วยเสมอ รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถดูได้จาก บทความวิจัย Nantasaksiri, K.; Charoen-amornkitt, P.; Ratpunpairoj, P.; and **Limjeerajarus, N.** “Comparison of Multiple Regression Analyses for Napier Grass Dry Matter Yield Prediction” Proceedings of the 4th Joint Conference on Renewable Energy and Nanotechnology (JCREN 2015), Matsuyama, Japan, December 2015, (1-5) (A35).

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1. สรุปผลการวิจัย

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นระหว่างปัจจัยทางภูมิศาสตร์ และผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ได้ประสบความสำเร็จในการพัฒนา โดยใช้การวิเคราะห์แบบการถดถอยแบบพหุ แบบกระบวนการแบบลำดับขั้น โดยผลกระทบของความไม่เป็นเชิงเส้นของตัวแปร กับความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันระหว่างตัวแปรนั้นได้ถูกรวมเข้าไปในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วย โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อันใหม่ ให้ความแม่นยำถึง 81.0% ที่ความเชื่อมั่น 95% ซึ่งมีค่าความแม่นยำมากขึ้นเมื่อเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อันเก่า ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้น ผลกระทบของความไม่เป็นเชิงเส้นของตัวแปร กับความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันระหว่างตัวแปรไม่ควรถูกละเลยจากการวิเคราะห์แบบการถดถอยแบบพหุ

References



The logo of the Thai-Nichi Institute of Technology (TNI) is a large, light blue watermark in the background. It consists of a gear-like outer ring with the text "สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น" (Thai-Nichi Institute of Technology) in Thai script along the top arc and "THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY" in English along the bottom arc. In the center of the gear is a large triangle, and inside the triangle, the letters "TNI" are written in a bold, red, serif font.

TNI

References

1. Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Thailand Energy Statics 2013, 2013.2.
2. Department of Alternative Energy Development and Efficiency, M.o.E. The Adjustment Target of AEDP 2012-2021. [cited 2014 Jul. 10]; Available from: <http://www.dede.go.th>.
3. Rimkhiri, K. Animal Food Green Energy. [cited 2014 Jul. 11,]; Available from: <http://nutrition.dld.go.th/information/all/greenenergykamolrimkhiri.pdf>.
4. Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Napier Grass. 2013 [cited 2014 Jul. 1]; Available from: <http://weben.dede.go.th/webmax/content/napier-grass>.
5. Kiyothong, K., Handbook of Napier Grass CV. Pakchong 1 Plantation 2011, Nakhonratchasima, Thailand: Mittrapap Printing 1995 Ltd.
6. Wijitphan, S., Lorwilai, P., and Arkaseang, C., Effects of Plant Spacing on Yields and Nutritive Values of Napier Grass (*Pennisetum Purpureum* Schum) Under Intensive Management of Nitrogen Fertilizer and Irrigation. Pakistan Journal of Nutrition, 2009. 8: p. 1240-1243.
7. United States Department of Agriculture. USDA Textural classification Study guide. 1987 [cited 2016 May 5]; Available from: <http://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/training/soilsOther/soil-USA-textural-class.pdf>.
8. Chainosaeng, W., Nuntachomchoun, P., and Suksaran, W., Yield and Chemical Compositions of Napier Grass in Various Locations 1. Effect of Plant Spacing on Yield and Chemical Compositions of Three Varieties of Napier Grass (1.4) In Petchabun Province, 2004, Annual Report of Bureau of Animal Nutrition Development. p. 26-40.
9. Vuthiprachumpai, L., Nakamanee, G., Punpipat, W., and Monchaikul, S., Effect of “Plant Spacings on Yield and Chemical Composition of Napier Grass (*Pennisetum purpureum*), Dwarf Elephant Grass (*P. purpureum* cv. Mott) and King Grass (*P.*

- purpureum x *P. americanum*) at Chainat Province, 1998, Annual Report of Bureau of Animal Nutrition Development. p. 194-228.
10. Phaikew, C., Phunphiphat, W., Phunpiphat, R., and Kulna, S., Effect of Rate and Application time of Nitrogen Fertilizer on Forage Yield and Chemical Composition of Dwarf Napier Grass in Sukhothai Province, 2004, Annual Report of Bureau Animal Nutrition Development. p. 45-54.
 11. Klum-em, K., Pojun, S., and Thammasal, P., Effect of Rate and Application Period of Nitrogen Fertilizer on Yield and Chemical Composition of Dwarf Napier Grass in Sa Kaeo Province, 2002, Annual Report of Bureau Animal Nutrition Development. p. 159-174.
 12. Suksaran, W., Nuntachomchoun, P., and Vongpipatana, C., Yield and Chemical Compositions of Napier Grass in Various locations II Effect of Cutting Interval on Yield and Chemical Compositions of Three Varieties of Napier Grass (2.4) In Petchabun Province, 1999, Annual Report of Bureau of Animal Nutrition Development. p. 41-53.
 13. Yuthavoravit, C., Suksaran, W., and Paotong, S., Effect of Rate and Application Time of Nitrogen Fertilizer on Yield and Chemical Composition of Dwarf Napier Grass in Hub-Kapong Soil Series, 2004, Annual Report of Bureau Animal Nutrition Development. p. 79-102.
 14. Wongrattana, C., Applied Statistics for Behavioral Research 2008, Bangkok, Thailand: Srinakarinwiroj University.
 15. Kanchanawasee, S., Applied Statistics for Behavioral Research 2014, Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University Printing House.
 16. Limjeerajarus, N.; Nantasaksiri, K.; Charoen-amornkitt, P.; Fakkao, M.; Wiwattanapantuwong, J.; Rakwatin, P., A Novel Integration of Land Evaluation and Multiple Regression Analyses for Napier Grass Yield Estimation Based on Geographic Factors. *Eur. J. Agron.* (2015) (Under review)
 17. Kutner, M. H.; Nachtsheim, C. J.; Neter, J. (2004). Applied Linear Regression Models (4th ed.). McGraw-Hill Irwin.
 18. Rimkhiri, K. <http://nutrition.dld.go.th/information/all/greenenergykamolrimkhiri.pdf>. (Last access: 2014.08.20)

19. Soil Survey Division Staff, Soil Survey Manual 1993, Washington, D. C: Natural Resources Conservation Service, U.S. Department of Agriculture. U.S. Government Printing Office.

