แบบจำลองคณิตศาสตร์ของการเจริญเติบโตของต้นข้าวช่วงระยะแตกกอภายใต้ผลกระทบของสารประกอบไนโตรเจน

นางสาววรรณทัศน์ เลิศอภิสิทธิ

522155780

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์และวิทยาการคณนา ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5472825023

MATHEMATICAL MODEL OF RICE GROWTH AT TILLERING STAGE UNDER THE EFFECT OF NITROGEN COMPOUNDS

Miss Wanatas Lertapisit

522155760

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Applied Mathematics and Computational Science
Department of Mathematics and Computer Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองคณิตศาสตร์ของการเจริญเติบโตของต้นข้าวช่วงระยะแตกกอภายใต้ผลกระทบของสารประกอบไนโตรเจน
โดย	นางสาววรรณทัศน์ เลิศอภิสิทธิ
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์และวิทยาการคณนา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. รตินันท์ บุญเคลือบ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ สุชาดา ศิริพันธุ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

1108658453

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พรชัย สาตรวาหา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร. รตินันท์ บุญเคลือบ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ สุชาดา ศิริพันธุ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. เพชรอาภา บุญเสริม)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พูนพิภพ เกษมทรัพย์)

วรรณทัศน์ เลิศอภิสิทธิ : แบบจำลองคณิตศาสตร์ของการเจริญเติบโตของต้นข้าวช่วงระยะแตกกอภายใต้ผลกระทบของสารประกอบไนโตรเจน. (MATHEMATICAL MODEL OF RICE GROWTH AT TILLERING STAGE UNDER THE EFFECT OF NITROGEN COMPOUNDS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. รตินันท์ บุญเคลือบ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. สุขาดา ศิริพันธุ์, 45 หน้า.

การปลูกพืชซ้ำๆ บนดินเดิม เช่น ข้าว (Oryza sativa) ซึ่งเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ส่งผลให้ผลิตภาพของดินลดลง เกษตรกรส่วนใหญ่แก้ปัญหาโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เพื่อช่วยเร่งการเติบโตและเพิ่มผลผลิตของข้าว ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อการดูดและการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าว การดูดและการสะสมไนโตรเจนที่ความเหมาะสมส่งผลให้ต้นข้าวเติบโตเพิ่มขึ้น มีผลผลิตเพิ่มขึ้น และลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกร ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์ของการเติบโตและการสะสมปริมาณไนโตรเจนของต้นข้าวในระยะแตกกอที่ได้รับปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน โดยใช้สมการเชิงอนุพันธ์ในรูปแบบโลจิสติกมาอธิบายพฤติกรรมดังกล่าว โดยข้อมูลเข้าเป็นอายุของต้นข้าว และปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้ และ มีน้ำหนักแห้งของต้นข้าวและปริมาณการดูดและการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าวเป็นตัวแปรเป้าหมาย ผลที่ได้ปรากฏว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายการเติบโตและทำนายน้ำหนักแห้งตลอดจนการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าวได้เป็นอย่างดีด้วยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ไม่เกิน 1.4%

522155760

ภาควิชา คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา คณิตศาสตร์ประยุกต์และวิทยาการคณนา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5472825023 : MAJOR APPLIED MATHEMATICS AND COMPUTATIONAL SCIENCE
KEYWORDS: MATHEMATICAL MODEL / RICE GROWTH / NITROGEN UPTAKES

WANATAS LERTAPISIT: MATHEMATICAL MODEL OF RICE GROWTH AT TILLERING STAGE UNDER THE EFFECT OF NITROGEN COMPOUNDS. ADVISOR: RATINAN BOONKLURB, Ph.D.,ASSOC. PROF. SUCHADA SIRIPANT, 45 pp.

Continuous mono cropping, such as rice (Oryza sativa) is one of the important industrial crops of Thailand, usually reduces soil productivity. Most of farmers solve the problem by giving more nitrogen fertilizer to improve yields. Different amounts of given nitrogen have different effects on nitrogen uptake in rice. The optimal amount of nitrogen uptake increase rice growth, grain yields and reduces cost of production to farmer. In this thesis, we proposed a mathematical model of rice growth and nitrogen accumulation at tillering stage caused by different amount of nitrogen fertilizer using logistic type differential equations to describe such behavior. The input data are the age of rice and the amount of nitrogen fertilizer. Dry weights and nitrogen uptakes are the solutions. The result revealed that the model can be used to explain the behavior of rice growth and to predict dry weight and nitrogen accumulation of rice well with relative error of less than 1.4%.

5221557760

Department: Mathematics and Computer Science
Field of Study: Applied Mathematics and Computational Science
Academic Year: 2013

Student's Signature Wanatas Lertapisit
Advisor's Signature
Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.รตินันท์ บุญเคลือบ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ สุชาดา ศิริพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ความรู้ คำแนะนำและความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์และวิทยาการคณนา ที่ได้ถ่ายทอดความรู้อย่างเต็มที่ รวมทั้งเสียสละเวลาให้คำแนะนำแก่ผู้ทำวิจัย และรองศาสตราจารย์ ดร.พรชัย สาตรวาหา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.เพชรอาภา บุญเสริม และ รองศาสตราจารย์ ดร.พูนพิภพ เกษมทรัพย์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. วิสุทธิ์ วีรสาร ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำและความช่วยเหลืออย่างยิ่งในการทำการทดลอง นิสิตและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์และเคมีของดิน เจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการจัดซื้อเครื่องมือวิทยาศาสตร์สำหรับการทดลอง

ขอขอบคุณ ทุกคนในครอบครัว ที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจและสนับสนุนในด้านต่างๆอย่างดีตลอดมาจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมรุ่น และพี่ๆ น้องๆ สาขาวิทยาการคณนาและศูนย์วิจัย AVIC ทุกคน สำหรับกำลังใจ คำปรึกษาและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ตลอดการทำงานวิจัย

522155760

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 1

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 แนวคิดและทฤษฎี 3

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐาน 6

3.1 สรีรวิทยาและข้อมูลจำเพาะของต้นข้าว (Rice Physiology and Specification) 6

3.1.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นข้าว 6

3.1.1.1 ราก (Root) 6

3.1.1.2 ลำต้น (Stem หรือ Culm) 7

3.1.1.3 ใบ (Leaf) 8

3.1.1.4 ช่อดอก (Inflorescence หรือ panicle) 9

3.1.1.5 ดอกข้าว (Spikelet) 9

3.1.1.6 เมล็ด (Seed) 10

3.1.2 ระยะการเติบโตของข้าว 10

3.1.2.1 การเติบโตและพัฒนาการทางลำต้น 10

3.1.2.2 การเติบโตและพัฒนาการทางการสืบพันธุ์ 11

522155760

หน้า

3.1.2.3 การเติบโตและพัฒนาการของเมล็ด (Seed growth and development) 11
3.1.2.3.1 ระยะน้ำนม (Milky stage) 12
3.1.2.3.2 ระยะแป้ง (Dough stage) 12
3.1.2.3.3 ระยะเมล็ดสุกแก่ (Maturity stage) 12
3.2 ความสำคัญของไนโตรเจนต่อการเติบโตของข้าว 12
3.2.1 อาการผิดปกติของต้นข้าวเมื่อขาดธาตุไนโตรเจน 13
3.2.2 อาการผิดปกติของต้นข้าวเมื่อได้รับปริมาณไนโตรเจนมากเกินไป 13
3.3 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าว 13
3.4 แบบจำลองการเติบโตแบบโลจิสติกส์ 14
3.5 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) 15
3.5.1 การวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear regression analysis) 15
3.5.2 การหาค่าพารามิเตอร์ของสมการการถดถอย 15
3.5.3 Levenberg-Marquart method 15
3.6 การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง 18
บทที่ 4 การสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ 19
4.1 การออกแบบการทดลองและเก็บข้อมูล 19
4.1.1 การเตรียมดินในการทดลอง 19
4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง 20
4.1.3 การเก็บข้อมูล 20
4.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์ 22
4.2.1 แบบจำลองการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าว 22
4.2.2 แบบจำลองการเติบโตของต้นข้าว 28
บทที่ 5 ผลการวิจัย สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 31
5.1 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูล 31
5.1.1 แบบจำลองการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าว 31
5.1.2 แบบจำลองการเติบโตของต้นข้าว 35
5.3 สรุปผลงานวิจัย 39

522155760

หน้า

5.4 ข้อเสนอแนะ 40
รายการอ้างอิง 41
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	สมบัติทางเคมีของชุดดินสระบุรีก่อนทำการทดลอง	20
4.2	ค่าพารามิเตอร์ m_i และ C_i ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต้นข้าวได้รับ	25
4.3	ค่าพารามิเตอร์ M_i และ C_i ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต้นข้าวได้รับ	25
4.4	ค่าพารามิเตอร์ $r_i(N)$ ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต้นข้าวได้รับในแต่ละช่วงอายุตามการให้ปุ๋ย	26
4.5	ค่าพารามิเตอร์ $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ และ δ_i ในสมการความสัมพันธ์ระหว่าง $r_i(N)$ กับปริมาณไนโตรเจนที่ต้นข้าวได้รับ	28
4.6	ค่าพารามิเตอร์ a_N และ b_t ในแต่ละอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต้นข้าวได้รับ ในแต่ละช่วงอายุตามการให้ปุ๋ย	30
5.1	ค่าของพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่เปลี่ยนไปตามปริมาณของไนโตรเจนที่ให้	31
5.2	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของข้อมูลการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าวซึ่งได้รับไนโตรเจนในอัตรา 12 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ จากการทดลองกับแบบจำลอง	34
5.3	ค่าของพารามิเตอร์ของแบบจำลองการเติบโตของต้นข้าว	35
5.4	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของข้อมูลน้ำหนักแห้งของต้นข้าวซึ่งได้รับไนโตรเจนในอัตรา 12 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ จากการทดลองกับแบบจำลอง	38

522155760

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
3.1	รูปแสดงรากและส่วนของต้นกล้าของข้าวที่งอก	7
3.2	รูปแสดงส่วนต่างๆ ของลำต้นข้าว และการแตกหน่อลำดับที่ 1	8
3.3	รูปแสดงส่วนต่างๆ ของช่อดอกข้าว	9
3.4	รูปแสดงส่วนต่างๆ ของดอกข้าว	10
3.5	รูปแสดงระยะเวลาและพัฒนาการการเจริญเติบโตของต้นข้าว	12
3.6	รูปแสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจนในนาข้าว	13
3.7	กราฟแสดงลักษณะการเติบโตแบบโลจิสติกส์	14
4.1	รูปการเก็บข้อมูลความสูงของต้นข้าว	21
4.2	รูปการเก็บข้อมูลความเข้มของสีใบข้าว โดยใช้แผ่นเทียบสีใบข้าวของ IRRI	21
4.3	รูปการเก็บข้อมูลความเข้มของสีใบข้าว โดยใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์	21
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าวในแต่ละช่วงอายุ ที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ	22
4.5	รูปแสดงจำนวนต้นข้าวต่อกระถางในชุดข้อมูลที่ต้นข้าวไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน	23
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าว กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ	24
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ $r_i(N)$ กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ	27
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตของต้นข้าวกับปริมาณการสะสมไนโตรเจน ในต้นข้าวที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ	28
5.1	กราฟแสดงปริมาณการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา $N_0 = 0$ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ที่ช่วงอายุต่างๆ ของต้นข้าว	32
5.2	กราฟแสดงปริมาณการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา $N_1 = 4$ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ที่ช่วงอายุต่างๆ ของต้นข้าว	32
5.3	กราฟแสดงปริมาณการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา $N_2 = 8$ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ที่ช่วงอายุต่างๆ ของต้นข้าว	33

522155760

ภาพที่ หน้า

5.4 กราฟแสดงปริมาณการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา $N_4 = 16$ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ที่ช่วงอายุต่างๆ ของต้นข้าว..... 33

5.5 กราฟแสดงปริมาณการสะสมไนโตรเจนในต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา $N_3 = 12$ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ที่ช่วงอายุต่างๆ ของต้นข้าว..... 34

5.6 การเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับแบบจำลองการสะสมไนโตรเจนเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 12 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่..... 35

5.7 กราฟแสดงน้ำหนักแห้งของต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา $N_0 = 0$ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่..... 36

5.8 กราฟแสดงน้ำหนักแห้งของต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา $N_1 = 4$ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่..... 36

5.9 กราฟแสดงน้ำหนักแห้งของต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา $N_2 = 8$ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่..... 37

5.10 กราฟแสดงน้ำหนักแห้งของต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา $N_4 = 16$ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่..... 37

5.11 กราฟแสดงน้ำหนักแห้งของต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา $N_3 = 12$ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่..... 38

5.12 การเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับแบบจำลองการเติบโตของต้นข้าวเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 12 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่..... 39

522155760