



วิทยานิพนธ์

การปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินนาบางชุดดินและการตอบสนองของ
ข้าวต่อปุ๋ยไนโตรเจนที่คาดคะเนโดยโปรแกรม DSSAT ในชุดดินสระบุรี

**Ammonium Release in some Paddy Soil Series and Response of
Rice on Nitrogen Fertilizer Simulated by DSSAT program in
Saraburi Soil Series**

นางสาววาสนา เขาแก้ว

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2549



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินนาบางชุดดินและการตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ย
ไนโตรเจนที่คาดคะเนโดยโปรแกรม DSSAT ในชุดดินสระบุรี

Ammonium Release in some Paddy Soil Series and Response of Rice on Nitrogen

Fertilizer Simulated by DSSAT program in Saraburi Soil Series

نامผู้วิจัย นางสาววาสนา เขแก้ว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ทัศนีย์ อัดตะนันท์, D.Agr.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์จรัสกร จันทะเจริญสุข, D.Agr.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ประภา ศรีพิจิตร, D.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อางคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินนาบางชุดดินและการตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยไนโตรเจน
ที่คาดคะเนโดยโปรแกรม DSSAT ในชุดดินสระบุรี

Ammonium Release in some Paddy Soil Series and Response of Rice on Nitrogen Fertilizer
Simulated by DSSAT program in Saraburi Soil Series

โดย

นางสาววาสนา เขาแก้ว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1945-6

วาสนา เขแก้ว 2549: การปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินนาบางชุดดินและการตอบสนองของข้าวต่อ
ปุ๋ยในโตรเจนที่คาดคะเนโดยโปรแกรม DSSAT ในชุดดินสระบุรี ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา ประธานกรรมการที่ปรึกษา:
ศาสตราจารย์ทัศนีย์ อัดตะนันท์, D.Agr. 95 หน้า
ISBN 974-16-1945-6

การปลูกข้าวในเขตนาชลประทานของประเทศไทยเพื่อให้ได้ผลผลิตตามต้องการนั้น นอกจากการจัดการ
ดินและการใช้พันธุ์ข้าวที่ดีแล้ว การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นวิธีการที่ทำให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นและเป็นการเพิ่มเติมธาตุอาหารให้
ดินและพืชที่สะดวกและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยในโตรเจนซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าว
ปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขังเป็นดัชนีที่บอกลถึงความสามารถในการให้ธาตุอาหารในโตรเจน
ของดินแก่ข้าว ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการปลดปล่อย
แอมโมเนียมในดินนา 18 ชุดดินจากแปลงเกษตรกรในบริเวณภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลางและภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยในโตรเจนในชุดดินสระบุรีและค่า
วิกฤตของแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าว ประกอบด้วย 5 การทดลอง คือ (1) การศึกษาปริมาณและรูปแบบ
การปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขัง ผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาขังน้ำนานขึ้น ปริมาณแอมโมเนียม
ในทุกชุดดินจะเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดเมื่อ 28 วันหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง โดยชุดดินที่มีปริมาณในโตรเจน
ทั้งหมดและค่าปฏิกิริยาดินสูงสามารถปลดปล่อยแอมโมเนียมออกมาได้มาก ลักษณะการปลดปล่อยแอมโมเนียมที่
ระยะเวลาต่างๆ หลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังในทุกชุดดินเป็นไปตามสมการ $Y = A - Be^{-ct}$ ยกเว้น 4 ชุดดินที่การ
ปลดปล่อยไม่เป็นไปตามสมการ เนื่องจากปริมาณแอมโมเนียมในช่วง 28 วันแรกหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง
ของทั้ง 4 ชุดดินไม่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับชุดดินอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณการปลดปล่อย
แอมโมเนียมขึ้นอยู่กับปริมาณในโตรเจนทั้งหมดในดิน (2) การศึกษาเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณการ
ปลดปล่อยแอมโมเนียมหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง พบว่า เมื่อบ่มดินที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส การ
ปลดปล่อยแอมโมเนียมมีปริมาณสูงกว่าการบ่มดินที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และปริมาณแอมโมเนียมที่
ปลดปล่อยออกมาจากดินที่บ่มในอุณหภูมิทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (3) การศึกษา
เปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆ 4 ชนิดกับปริมาณแอมโมเนียมที่
ปลดปล่อยออกมาหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 และ 28 วัน ผลการทดลองพบว่า ปริมาณแอมโมเนียมที่สกัดได้
ด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I และ $0.25\text{ M H}_2\text{SO}_4$ มีสหสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียมที่
ปลดปล่อยออกมาหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วัน (4) การศึกษาหาค่าวิกฤตของแอมโมเนียม พบว่า ค่า
วิกฤตของแอมโมเนียมในดินแห้งสำหรับการปลูกข้าว มีค่าเท่ากับ 12.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ (5) การศึกษา
การตอบสนองของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ต่อปุ๋ยในโตรเจนในชุดดินสระบุรี พบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1
ตอบสนองต่อปุ๋ยในโตรเจนที่อัตรา 4.40 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตข้าวเท่ากับ 790 กิโลกรัมต่อไร่

Wasana Khaokaew 2006: Ammonium Release in some Paddy Soil Series and Response of Rice on Nitrogen Fertilizer Simulated by DSSAT program in Saraburi Soil Series. Master of Science (Agriculture), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Professor Tasnee Attanandana, D.Agr. 95 pages.
ISBN 974-16-1945-6

Fertilizer management is one of the key factors for high yielding of rice including good variety and suitable soil management. Nitrogen fertilizer application on rice is one of the crucial factors for maximum profit. Ammonium release or accumulation after submergence was known to be the index of nitrogen supplying capacity of the soils. The data is useful for effective fertilizer application. The study on ammonium release of 18 soil series which are the representative paddy soils in the lower North, Central Plain and Northeast of Thailand was performed. And the response of rice on nitrogen fertilizer on Saraburi soil series and the critical level of ammonium in soil for rice produce were also done. The work comprises 5 experiments: (1) Amount and pattern of ammonium accumulation. The results showed that ammonium contents of all soils studied increased with time of submergence. The ammonium content reached the peak at 28 days of submergence. The amount released was higher with higher total nitrogen and pH of the soils. The amount released of the soils followed the equation, $Y = A - Be^{-ct}$ except four soils series, this might be due to the discontinuous release of ammonium at the first 28 days of submergence. The amount of ammonium release depends on soil total nitrogen. (2) Comparison of the temperature of soil incubation on ammonium release. The higher ammonium content incubated at 40 °C was observed compared to the ammonium content at 30 °C incubated temperature. A highly significant correlation was observed between the amounts of ammonium released at the two temperatures. (3) Comparison of extractable ammonium using four different extracting solutions was investigated. There was high significant correlation between Mehlich I and 0.25 M H₂SO₄ extractable ammonium and the ammonium released at two weeks of incubation. (4) Critical level of ammonium study. The critical level of ammonium was found at 12.53 mg/kg with air dry soil. (5) Response of rice on nitrogen fertilizer in Saraburi soil. The results showed that Suphanburi 1 rice variety responded at 4.40 kg N/rai with 790 kg/rai of rice yield.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

 /

 /

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. พศินีย์ อัดตะนันท์ ประธานกรรมการ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ดูแลเอาใจใส่และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จงรักษ์ จันทรเจริญสุข กรรมการวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร. ประภา ศรีพิจิตร กรรมการวิชารอง และ รองศาสตราจารย์ ณรงค์ สิงห์บุระอุดม กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาและเสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. นุรี บุญสมภพพันธ์ ที่ปรึกษากรมพัฒนาที่ดิน คุณสหัสชัย กองทน นักสำรวจดิน 8 กรมพัฒนาที่ดิน และ คุณอานันท์ ผลวัฒน์ นักวิชาการเกษตร 8ว. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการเก็บตัวอย่างดิน การใช้โปรแกรม DSSAT และ PDSS และการทดลองในแปลงเกษตรกรด้วยดีตลอดมา ขอขอบพระคุณ คุณจินดารัตน์ ชื่นรุ่ง นักวิชาการเกษตร 7ว. กลุ่มงานวิจัยปฐพีกายภาพ กรมวิชาการเกษตร ที่กรุณาให้ยืมตู้บ่มดินตลอดระยะเวลาการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ได้อบรมสั่งสอน เลี้ยงดู ให้กำลังใจและโอกาสทางการศึกษาแก่ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จปริญญาโท และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้เมตตา อบรมสั่งสอน ให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

ขอขอบคุณ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ยและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาปฐพีวิทยา และเจ้าหน้าที่ห้องวิเคราะห์ดินและพืช โครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ยและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาปฐพีวิทยา ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ และช่วยเหลือในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช สุดท้ายขอขอบคุณ คุณสมบุญ วันดี รวมถึงพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ภาควิชาปฐพีวิทยา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

วาสนา เขาแก้ว

พฤษภาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	26
สรุปผลการทดลอง	71
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	73
ภาคผนวก	81

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สมบัติบางประการของชุดดินที่ศึกษา เก็บจากแปลงเกษตรกรบริเวณภาคเหนือตอนล่าง (จังหวัดพิจิตร โลก) ภาคกลาง (จังหวัดสุพรรณบุรีและฉะเชิงเทรา) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดขอนแก่นและนครราชสีมา)	27
2 สมการคาดคะเนการปลดปล่อยแอมโมเนียมที่ระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังของแต่ละชุดดินและค่า Residual Mean Square Error (RMSE) ของ 14 ชุดดิน และปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาที่ 28 วันหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง	32
3 ปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วัน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากการวิเคราะห์ดินและจากสมการคาดคะเนการปลดปล่อยแอมโมเนียม	36
4 ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วัน อัตราปุ๋ยในโตรเจนที่ข้าวตอบสนองและผลผลิตในแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยในโตรเจนในบางชุดดินที่ทำการศึกษา	37
5 ปริมาณแอมโมเนียมในดิน 11 ชุดดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วัน ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส	39
6 ปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้ง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่สกัดโดยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆ	43
7 การตอบสนองของผลผลิตข้าวและน้ำหนักแห้งตอซัง (กิโลกรัมต่อไร่) ต่อปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่างๆในแปลงทดลอง ตำบลดอนโพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี	48
8 ผลของปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่างๆต่อจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด (กรัม) และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบในแปลงทดลอง ตำบลดอนโพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี	52
9 ผลของปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่างๆต่อปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าว (เปอร์เซ็นต์) และปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวดูดถึงสะสมในเมล็ดข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) ในแปลงทดลอง ตำบลดอนโพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
10 ผลของปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆต่อปริมาณธาตุอาหารในตอซังข้าว (เปอร์เซ็นต์) และปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวดูดตั้งสะสมในตอซังข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) ในแปลง ทดลอง ตำบลคอนโพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี	58
11 สมการคาดคะเนการตอบสนองของผลผลิตข้าวในชุดดินต่างๆจากแปลงเกษตรกร ผลผลิตข้าวจากการคาดคะเนโดยสมการ (กิโลกรัมต่อไร่) และปริมาณแอมโมเนียม ที่ระยะเวลาต่างๆ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	60
ตารางผนวกที่	
1 ลักษณะและสภาพแวดล้อมทั่วไปของชุดดินที่ศึกษา 18 ชุดดิน	82
2 ปริมาณแอมโมเนียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่วิเคราะห์ได้เมื่อบ่มดินไว้เป็นเวลา 70 วัน	89
3 ปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมที่ระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง จากการวิเคราะห์และจากสมการคาดคะเน และค่า Residual Mean Square Error (RMSE) ของ 14 ชุดดิน	95

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยในระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในกลุ่มชุดดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยปานกลางถึงสูง (จุดต่างๆ คือ แอมโมเนียมจากการวิเคราะห์ เส้นกราฟ คือ แอมโมเนียมจากสมการ)	33
2 ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยในระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในกลุ่มชุดดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยต่ำถึงปานกลาง (จุดต่างๆ คือ แอมโมเนียมจากการวิเคราะห์ เส้นกราฟ คือ แอมโมเนียมจากสมการ)	33
3 ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาในระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในชุดดินน่าน อยุรยา เสนาและทุ่งสัมฤทธิ์	34
4 ค่าปฏิกิริยาดินที่ระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในชุดดินน่าน อยุรยา เสนาและทุ่งสัมฤทธิ์	34
5 ค่าปฏิกิริยาดินที่ระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในชุดดินต่างๆที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังขังน้ำ	35
6 สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมของดิน 11 ชุดดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วันที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส	40
7 สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆ และในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I	44
8 สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆ และในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I	45
9 การตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่างๆโดยวิธี Linear Response Plateau Method (LRP) (สัญลักษณ์ จุด คือ ผลผลิตข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในแปลงทดลอง เส้นกราฟ คือ ผลผลิตข้าวที่ได้จากการคาดคะเนโดยวิธี LRP)	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
10 ค่าวิกฤตของแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้ง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วัน บ่มดินที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลผลิตข้าวจากการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมต่อไร่)	61
11 ค่าวิกฤตของแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วัน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 70 วัน บ่มดินที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลผลิตข้าวจากการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมต่อไร่)	62
12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียมในดินน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เก็บมาในช่วงเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต (สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย) สกัดด้วย ก) น้ำยาสกัด Mehlich I ข) น้ำยาสกัด 2 $NKCl$	66
13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในดินน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เก็บมาในช่วงเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต (สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย) สกัดด้วย ก) น้ำยาสกัด Mehlich I ข) น้ำยาสกัด Bray II	67
14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมในดินน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เก็บมาในช่วงเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต (สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย) สกัดด้วย ก) น้ำยาสกัด Mehlich I ข) น้ำยาสกัด 1 NNH_4OAc	68
15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคลเซียมในดินน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เก็บมาในช่วงเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต (สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย) สกัดด้วย ก) น้ำยาสกัด Mehlich I ข) น้ำยาสกัด 1 NNH_4OAc	69
16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมในดินน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เก็บมาในช่วงเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต (สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย) สกัดด้วย ก) น้ำยาสกัด Mehlich I ข) น้ำยาสกัด 1 NNH_4OAc	70

การปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินนาบางชุดดินและการตอบสนองของข้าวต่อ ปุ๋ยไนโตรเจนที่คาดคะเนโดยโปรแกรม DSSAT ในชุดดินสระบุรี

Ammonium Release in some Paddy Soil Series and Response of Rice on Nitrogen Fertilizer Simulated by DSSAT program in Saraburi Soil Series

คำนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญของโลก โดยเฉพาะประเทศในเอเชียเขตร้อนรวมถึงประเทศไทยด้วย และเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ค่อนข้างสูงให้กับหลายประเทศ จากพื้นที่ที่ปลูกข้าวทั่วโลก 4,259 ล้านไร่ มีพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกข้าวประมาณ 957 ล้านไร่ ให้ผลผลิต 587 ล้านตัน (ทัศนีย์, 2543) เมื่อพิจารณาจากการปลูกข้าวต่าง ๆ ในโลก พบว่า มีการปลูกข้าวและข้าวสาลีมากที่สุด โดยมีผลผลิตข้าว 28.5% จากพื้นที่เก็บเกี่ยว 22.5% และมีผลผลิตข้าวสาลี 28.1% จากพื้นที่เก็บเกี่ยว 31.4% ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด พื้นที่ที่ใช้ปลูกข้าวของโลกส่วนใหญ่กระจายอยู่ในทวีปเอเชียคิดเป็น 65.5% ของพื้นที่โลก โดยผลิตข้าวได้ 91% ของการผลิตทั่วโลก (ทัศนีย์, 2543) พื้นที่ในประเทศไทยส่วนใหญ่ก็ใช้ปลูกข้าวคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 60 ล้านไร่ ได้ผลผลิต 24 ล้านตันข้าวเปลือก นำไปแปรสภาพเป็นข้าวสารบริโภคภายในประเทศ 7 ล้านตันและส่งออกขายอีก 6 ล้านตัน นำรายได้เข้าประเทศมากกว่าปีละ 70,000 ล้านบาท (สถาบันวิจัยข้าว, 2545) ในปัจจุบันมีการแข่งขันทางตลาดเพื่อการส่งออกข้าวในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรได้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวให้มากขึ้น ปุ๋ยเคมีจึงกลายเป็นปัจจัยการผลิตที่จำเป็นและเป็นที่นิยมในกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกข้าวในเขตชลประทาน (สถาบันวิจัยข้าว, 2548) โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างโปรตีน เอนไซม์ นิวคลีโอโปรตีน คลอโรฟิลล์และวิตามิน ซึ่งส่งเสริมให้ใบพืชมีสีเขียวเข้ม ขยายพื้นที่ใบและทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของใบสูงขึ้น (ประเวศ, 2528) เร่งการเจริญเติบโตของใบและลำต้น ทำให้มีการแตกกอดีและมีจำนวนต้นต่อกอมาก แต่เกษตรกรมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนและใส่ปุ๋ยเคมีทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสปริมาณมากในแต่ละฤดูปลูก โดยเฉพาะเขตนาชลประทาน ทำให้ปริมาณธาตุอาหารที่ใส่มากเกินไปจนก่อให้เกิดผลเสียทางเศรษฐกิจ และอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนทางสิ่งแวดล้อม ชักนำให้เกิดโรคและแมลงระบาดในนาข้าวมากขึ้น (สถาบันวิจัยข้าว, 2548) การปลูกข้าวให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นจำเป็นต้องมีการจัดการดินและปุ๋ยเคมีให้เหมาะสม ซึ่งดินที่ใช้ปลูกข้าวมีหลายชนิดและมีความอุดมสมบูรณ์ของดินแตกต่างกันไป

ในปัจจุบันมีคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับพืชชนิดต่างๆแต่ยังไม่ครอบคลุมชนิดดิน พืชและสภาพภูมิอากาศ การจัดการดินและธาตุอาหารที่เหมาะสมกับดินแต่ละชนิดในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันจึงมีความจำเป็นและเป็นที่ต้องการของเกษตรกรที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในการผลิตพืช การนำเทคโนโลยีการจัดการข้อมูลและระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) มาใช้จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตพืช

จากผลงานวิจัยของโครงการการพัฒนาการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับข้าวโพดโดยให้เกษตรกรจำแนกชุดดินและวิเคราะห์ดินก่อนปลูกและใส่ปุ๋ยโดยใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจมาคาดคะเนและแนะนำให้ใส่ปุ๋ยในอัตราที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด พบว่า เมื่อเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ต้นทุนการผลิตลดลงและประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยสูงขึ้น ดินมีสภาพสมดุลและไม่มีปริมาณไนโตรเจนตกค้างในดิน (ทัศนีย์และคณะ, 2547) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำแนวทางการศึกษาในข้าวโพดมาปรับใช้กับข้าว โดยทำการศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยไนโตรเจนในชุดดินสระบุรี

การศึกษาดินและปริมาณธาตุอาหารในดินที่ใช้ปลูกข้าวนั้นจะแตกต่างกับการศึกษาดินที่ใช้ปลูกข้าวโพดซึ่งเป็นสภาพดินไร่ เนื่องจากดินปลูกข้าวเป็นดินที่อยู่ในสภาพน้ำขัง มีการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารต่างๆทั้งทางเคมี กายภาพและชีวภาพ มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพออกซิเดชัน-รีดักชันในดิน ทำให้ธาตุอาหารต่างๆเปลี่ยนรูปไปมา (ทัศนีย์, 2543) โดยไนโตรเจนจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินทั่วไปจะอยู่ในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) และ ไนเตรต (NO_3^-) โดยกระบวนการ nitrogen mineralization (ชัยฤกษ์, 2526) แต่ไนโตรเจนจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินน้ำขังจะหยุดอยู่ที่รูปแอมโมเนียมเนื่องจากเมื่อดินขาดออกซิเจนจุลินทรีย์ที่อยู่ในสภาพไม่มีออกซิเจนเท่านั้นที่สามารถดำเนินกิจกรรมอยู่ได้ ดังนั้นจึงมีการสะสมแอมโมเนียมในดินน้ำขังและอัตราการเกิดแอมโมเนียมในดินสภาพที่ไม่มีออกซิเจน (น้ำขัง) มีมากกว่าดินในสภาพที่มีออกซิเจน (ทัศนีย์, 2543) จากการศึกษาของ Cholithkul (1967) พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมที่เกิดจากการขังน้ำจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 20 วัน และมีปริมาณแอมโมเนียมเท่ากับครึ่งหนึ่งของปริมาณแอมโมเนียมทั้งหมดของดินหลังบ่มดินในสภาพน้ำขังไว้เป็นเวลา 80 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shiga และ Ventura (1976) ที่พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการ mineralization อยู่ในช่วง 20 ถึง 40 วันแรกของการบ่มดิน แต่หลังจาก 40 วันแล้วอัตราการเกิด mineralization ไม่แตกต่างกัน Kawaguchi และ Kyuma (1977) ศึกษาโดยใช้ดินนาข้าว 410 ตัวอย่างจาก 9 ประเทศในเอเชียเขตร้อน พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการ mineralization มีค่า

ตั้งแต่ 0.3 ถึง 26.5% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในช่วง 2 สัปดาห์หลังการบ่มดินที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ปริมาณแอมโมเนียมในช่วงนี้เป็นปริมาณที่เป็นประโยชน์ที่ข้าวสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสามารถประเมินความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินได้ในช่วงเวลาดังกล่าว แต่ในทางปฏิบัติการวิเคราะห์แอมโมเนียมในดินน้ำขังที่ระยะเวลาต่าง ๆ นั้นทำได้ยากและไม่สะดวก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งและดินน้ำขังที่ระยะเวลาต่างๆ และศึกษาปริมาณและรูปแบบการปลดปล่อยแอมโมเนียมในชุดดินที่สำคัญที่ใช้ปลูกข้าวในภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง นอกจากนั้นยังศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิที่มีผลต่อการปลดปล่อยแอมโมเนียมด้วย ผลการศึกษาจะทำให้ทราบถึงความแตกต่างของการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของชุดดินต่างๆ ทำให้การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนมีประสิทธิภาพมากขึ้น และนำผลการวิเคราะห์ดินแห้งก่อนปลูกมาคาดคะเนการใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อผลิตข้าวให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณและรูปแบบการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินนา 18 ชุดดินในภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2. ศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิที่มีผลต่อการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินน้ำขัง
3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆกับปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาที่ 14 และ 28 วันหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังของดินนา 18 ชุดดินในภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
4. ศึกษาหาค่าวิกฤตแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าวในภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
5. ศึกษาการตอบสนองของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ต่อคำแนะนำปุ๋ยในโตรเจนระดับต่างๆที่ปลูกบนชุดดินสระบุรี จังหวัดสุพรรณบุรีจากการคาดคะเนของโปรแกรม DSSAT

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะโดยทั่วไปของชุดดินที่ศึกษา

ชุดดินที่นำมาศึกษาสามารถจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น 4 อันดับ (Order) 7 กลุ่มดินใหญ่ (Great Group) ดังนี้

1.1. อินเซปติซอลล์ (Inceptisols) เป็นดินแร่ที่เริ่มมีการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงทั้งกายภาพ และเคมี ยังมีลักษณะตกค้างของวัตถุต้นกำเนิดหลงเหลืออยู่บ้าง มีการสูญเสียธาตุที่เป็นเบสและไม่แสดงชั้นสะสมดินเหนียว ชั้นดินบนวินิจัยมักเป็นพวกแอมบริกและออกริก ส่วนดินล่างวินิจัยเป็นแอมบริกหรือพบชั้นซัลฟูริกภายใน 150 เซนติเมตร (ทัศนีย์, 2543) ชุดดินที่ศึกษาที่จัดอยู่ในอันดับนี้มี 1 กลุ่มดินใหญ่คือ Endoaquepts พบทั่วไปในทุกภาคของประเทศ ลักษณะที่สำคัญของกลุ่มนี้ นอกจากจะมีสภาพความชื้นแบบเอกวิกแล้วยังมีสภาวะการอึดตัวด้วยน้ำในทุกๆ ชั้นดินภายในความลึก 2 เมตรจากผิวดิน (Endosaturation) ชุดดินในกลุ่มดินใหญ่นี้ ได้แก่ ชุดดินสระบุรี (Saraburi series : Sb) ชุดดินเสนา (Sena series : Se) ชุดดินอยุธยา (Ayutthaya series : Ay) ชุดดินรังสิต (Rangrit series : Rs) ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว (Bang Nam Priao series : Bp) ชุดดินชะเชิงเทรา (Chachoengsao series : Cc) ชุดดินบางกอก (Bangkok series : Bk) ชุดดินมหาโพธิ์ (Mahapot series : Ma) ชุดดินราชบุรี (Rachburi series : Rb) และชุดดินสีทัน (Sithon series : St)

1.2. แอลฟิซอลล์ (Alfisols) เป็นดินแร่ที่มีชั้นดินบนวินิจัยแอมบริกหรือออกริก ชั้นดินล่างวินิจัยอาร์จิลิกหรือแคนดิกและร้อยละความอึดตัวเบสเท่ากับหรือมากกว่า 35 ที่ระดับความลึก 1.25 เมตรจากขอบบนของชั้นอาร์จิลิกหรือแคนดิกหรือที่ความลึก 1.80 เมตรจากผิวดิน (ทัศนีย์, 2543) ชุดดินที่ศึกษาที่จัดอยู่ในอันดับนี้มี 2 กลุ่มดินใหญ่ คือ Endoaqualfs พบทั่วไปทุกภาคในบริเวณที่ราบลุ่ม เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ไม่มีชั้นสะสมเกลือ ได้แก่ ชุดดินหนองบุญนา (Nongboonnak series : Nbn) และชุดดินน่าน (Nan series : Na) และ Natraqualfs พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดินล่างมีการสะสมเกลือโซเดียมสูง มีชั้นดินล่างวินิจัยเนตริก ได้แก่ ชุดดินประทาย (Pratai series : Pt) และชุดดินกุลาร้องไห้ (Kularonghai series : Ki)

1.3. อัลติซอลล์ (Ultisols) เป็นดินแร่และมีลักษณะทางสัณฐานคล้ายกับดินอันดับแอลฟิซอลล์ ต่างกันที่ร้อยละความอึดตัวเบสน้อยกว่า 35 ดินมีการพัฒนาการนาน (ทัศนีย์, 2543) ชุดดินที่ศึกษาที่จัด

อยู่ในอันดับนี้มี 2 กลุ่มดินใหญ่คือ Kandiaquults พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ มีชั้นดินล่างวินิจัยแคนดิก มีความจุการแลกเปลี่ยนแคตไอออนน้อยกว่า 16 เซนติโมลต่อกิโกรัมและปริมาณดินเหนียวลดลงไม่เกินร้อยละ 20 จากชั้นที่มีดินเหนียวมากที่สุดภายใน 150 เซนติเมตร ได้แก่ ชุดดินร็อยเอ็ด (Roiet series : Re) และ Haplquaquults ได้แก่ ชุดดินอุตรดิตต์ (Uttaraditt series : Utt)

1.4. เวอร์ติซอลล์ (Vertisols) เป็นดินแรกที่มีการขยายและหดตัวสูง เนื้อดินเป็นดินเหนียวจัด ความจุการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง มีแรมมอนมอริลโลไนต์สูง มีสมบัติในการเปลี่ยนรูปร่างได้ดี ในฤดูแล้งจะเกิดร่องแตกกระแหงลึกและกว้าง พบรอยไถลภายใน 100 เซนติเมตรจากผิวดิน และมีปริมาณดินเหนียวตั้งแต่ร้อยละ 30 ขึ้นไป (ทัศนีย์, 2543) ชุดดินที่ศึกษาที่จัดอยู่ในอันดับนี้มี 2 กลุ่มดินใหญ่ คือ Endoaquerts ได้แก่ ชุดดินพิมาย (Pimai series : Pm) และ Natraquerts ได้แก่ ชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์ (Thungsamrit series : Tsr)

2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโปรแกรม DSSAT และโปรแกรม PDSS

2.1 โปรแกรม DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer)

เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร ระบบนี้ทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยความจำอย่างน้อย 640 K มีหน่วยความจำมากกว่า 12 MB มีจอภาพชนิด VGA color และมีโปรแกรมควบคุมการทำงานชนิด DOS 3.3 หรือสูงกว่า ภายในระบบนี้ประกอบด้วยแบบจำลองการปลูกข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง ข้าวสาลี และอื่นๆ ประมาณ 10 แบบจำลอง นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันอื่นๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ การคาดคะเนการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช การจัดการฐานข้อมูลดิน พืช ภูมิอากาศและอื่นๆ ข้อมูลที่จำเป็นในการทำงานของแบบจำลองการปลูกพืชประกอบด้วยข้อมูลดินและสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่อยู่ในเนื้อดิน ข้อมูลสภาพแวดล้อมต่างๆ ตั้งแต่ลักษณะทางพันธุกรรมพืชตลอดจนการจัดการดินและพืชต่างๆ มีความสำคัญและจำเป็นในการทำงานของแบบจำลอง แต่ต้องอยู่ในเกณฑ์ที่สมดุลซึ่งกันและกัน ดังนั้นระบบ DSSAT จึงได้พัฒนาชุดข้อมูลเฉพาะ (Minimum data set) สำหรับการทำงานของแบบจำลองซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลสภาพพื้นที่ ประกอบด้วย ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ความสูง อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี ความลาดชัน มุมรับแสงแดด ตำแหน่งที่อับแสง การระบายน้ำ ปริมาณกรวดที่ปะปนกับดิน เป็นต้น

ข้อมูลภูมิอากาศ ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝนและความชื้นของพลังงานแสงแดดในแต่ละวัน

ข้อมูลดิน ประกอบด้วย ชื่อชุดดิน ชื่อดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน ข้อมูลพื้นฐานแต่ละชั้นดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน การอิ่มตัวด้วยน้ำ ระดับการระบายน้ำสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดิน ความเป็นกรด่างของดิน เป็นต้น

ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดินในอดีต ประกอบด้วย ข้อมูลพืชที่ปลูกในฤดูที่ผ่านมา ปริมาณรากพืชการไหลกลับเศษเหลือของพืช ปริมาณน้ำ ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตในแต่ละชั้นดิน

ข้อมูลการจัดการการเพาะปลูก ประกอบด้วย ข้อมูลชนิดและชื่อพันธุ์พืช วันปลูก ระยะปลูก ความลึก วิธีเพาะปลูก วิธีและปริมาณการให้น้ำ การให้ปุ๋ยเคมี การเตรียมดิน การจัดการสิ่งแวดล้อมและตารางการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

ข้อมูลพันธุกรรมพืช ประกอบด้วย ข้อมูลประจำสายพันธุ์พืชแต่ละชนิด ซึ่งถูกเรียกใช้โดยส่วนป้อนข้อมูลของแฟ้มข้อมูลพืช (mzcer940.cul) ซึ่งในแฟ้มข้อมูลพืชจะบรรจุค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมประจำสายพันธุ์พืชที่ได้จากการทดลองในภาคสนามและนำมาคำนวณโดยโปรแกรม GenCale จากนั้นพันธุ์พืชที่ถูกกำหนดในแฟ้มงานทดลองจะได้รับการคัดเลือกเพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองการปลูกพืช

การทำงานของระบบ DSSAT จะสร้างข้อมูลพื้นฐานดังได้กล่าวมาแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะสร้างไฟล์งานทดลอง ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลจากแปลงทดลองและข้อมูลการจัดการการเพาะปลูก ข้อมูลส่วนนี้จะถูกเรียกมาประมวลผลโดยแบบจำลองการปลูกพืชเพื่อจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตตามสภาวะที่กำหนดในแฟ้มงานทดลอง รวมถึงการคาดคะเนการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจจำว่าอัตราปุ๋ยใดเป็นอัตราที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด (ทัศนีย์และคณะ, 2547)

2.2 โปรแกรม PDSS (Phosphorus Decision Support System)

เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยฮาวาย สหรัฐอเมริกา นำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชต้องการและเพิ่มเติมส่วนที่เหลือลงไป โดยต้องรู้ปริมาณฟอสฟอรัสดั้งเดิมในดิน ข้อมูลและคุณลักษณะของแต่ละชุดดินที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้ คือ ปริมาณดินเหนียว (เปอร์เซ็นต์) ปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปฏิกริยาความเป็นกรด่างของดิน (pH) ปริมาณไนเตรต (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เพื่อคำนวณหาค่า Phosphorus Buffering Coefficient (PBC) และประเมินอัตรา

ฟอสฟอรัสที่เหมาะสม โปรแกรมนี้ไม่ได้เป็นสมการที่คาดคะเนผลผลิตแต่เป็นการป้อนผลผลิตที่ต้องการ ในกรณีที่ผลผลิตสูงกว่านี้ก็สามารถปรับข้อมูลในโปรแกรมได้และโปรแกรมนี้มีการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์เช่นเดียวกับโปรแกรม DSSAT ด้วย (ทศนีย์และคณะ, 2547)

3. ลักษณะทั่วไปของพันธุ์ข้าวที่ใช้ศึกษา

ลักษณะประจำพันธุ์ ข้าวสุพรรณบุรี 1 เป็นข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว 120-125 วัน ปลุกได้ทั้งฤดูนาปีและนาปรัง ต้นสูงประมาณ 125 เซนติเมตร ทรงกอตั้งตรง ต้นแข็งแรงไม่ล้ม ใบสีเขียวเข้ม กาบใบและปล้องใบมีสีเขียว ใบธงยาวค่อนข้างตั้งตรง คอรวงยาว รวงค่อนข้างแน่น ระบายค่อนข้างดี เปลือกเมล็ดและกลีบรองดอกมีสีฟาง เมล็ดข้าวเปลือกมีความยาวเฉลี่ย 10.1 มิลลิเมตร กว้างเฉลี่ย 2.5 เซนติเมตรและหนาเฉลี่ย 2.0 เซนติเมตร ข้าวกล้องมีสีขาว มีความยาวเฉลี่ย 7.3 มิลลิเมตร กว้างเฉลี่ย 2.2 มิลลิเมตร และหนาเฉลี่ย 1.8 มิลลิเมตร มีท้องไข่น้อยและระยะพักตัวของเมล็ด 22 วัน

ลักษณะเด่น ข้าวสุพรรณบุรี 1 เป็นพันธุ์ข้าวที่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ต้านทานเพลี้ยกระโดดหลังขาว ต้านทานโรคไหม้ โรคใบหงิก โรคขอบใบแห้งและโรคใบสีส้มในสภาพธรรมชาติ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 806 กิโลกรัมต่อไร่และตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยดี

ข้อควรระวัง อาจพบโรคใบขีดสีน้ำตาลในระยะออกดอกซึ่งจะทำให้เกิดโรคเมล็ดด่างได้ ข้าวพันธุ์นี้เหมาะที่จะปลูกในพื้นที่นาเขตชลประทานเพื่อแก้ปัญหาเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาวโรคไหม้ โรคใบหงิก โรคขอบใบแห้งและโรคใบสีส้ม (สถาบันวิจัยข้าว, 2540)

4. ความสำคัญของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของข้าว

4.1 ธาตุไนโตรเจน (N)

เป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญมากที่สุดเพราะเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน (amino acid) โปรตีน (protein) นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) และคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งสารเหล่านี้มีความสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ของพืช ธาตุไนโตรเจนมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของลำต้น ใบและดอก จำนวนเมล็ดและรวงข้าวรวมทั้งความสมบูรณ์ของเมล็ดและรวงข้าว ทำให้พืชสร้างใบและใบมีสีเขียว มีการแตกกอดี มีความสูงและการเจริญเติบโตทางลำต้นของพืชมาก

ขึ้น (สถาบันวิจัยข้าว, 2545) ข้าวต้องการไนโตรเจนปริมาณมากในระยะที่มีการแตกกอ (tillering stage) จนถึงระยะกำเนิดช่อดอก (panicle stage) โดยไนโตรเจนช่วยเพิ่มจำนวนดอกต่อรวงให้สูงขึ้น ในระยะที่ข้าวสุกแก่ก็ต้องการไนโตรเจนบ้างเหมือนกัน (Yoshida, 1981)

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่ได้รับจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ จากการสลายตัวของซากพืช ซากสัตว์ และจากการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ให้กับดิน ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีการสูญเสียได้ง่ายที่สุดโดยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ denitrification การชะล้าง (leaching) หรือการไหลบ่า (run off) ดินที่ใช้ปลูกข้าวในเขตร้อนมีการสูญเสียไนโตรเจนอย่างรวดเร็วภายใน 2 ถึง 3 วันหลังดินมีน้ำขัง และการทำให้ดินเปียกแห้งสลับกันจะส่งเสริมให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนมากขึ้นด้วย (ทัศนีย์, 2543)

ปริมาณไนโตรเจนในพืชจะแตกต่างกันตามชนิดพืช วัชวะและการเจริญเติบโตของพืช แต่โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 2-5% โดยน้ำหนักแห้ง พืชจะแสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจนในใบล่าง ใบมีสีเหลืองโดยที่ขอบใบยังเขียวอยู่ ลำต้นมีการเจริญเติบโตช้า (สถาบันวิจัยข้าว, 2545) หากให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงจะช่วยยืดอายุใบแก่และกระตุ้นให้พืชเติบโตต่อไปอีก ผลกระทบที่เกิดกับพืชที่ได้รับไนโตรเจนมากเกินไปคือจะทำให้ใบข้าวยาวและกว้างกว่าปกติ ใบบางลง ใบข้าวจึงอ่อนและโค้งเป็นเหตุให้ใบบนบังแสงใบล่าง ลำต้นยืดตัวมาก ไม่แข็งแรงและล้มง่าย ผลผลิตจึงลดลง การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสมในแง่ของชนิด อัตราและเวลาที่ใส่จะช่วยให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี แต่ถ้าปฏิบัติไม่ถูกต้องจะเกิดผลเสียตามมา (ขงยุทธ, 2546)

4.2 ธาตุฟอสฟอรัส (P)

เป็นธาตุอาหารที่เป็นส่วนประกอบของแหล่งพลังงาน ATP (adenosine triphosphate) ในพืชซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสร้างอาหารของกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ช่วยในการสร้างดอก การผสมเกสร การติดเมล็ด การสร้างความแข็งแรงของรากและลำต้น การสุกแก่ของผลผลิตพืช นอกจากนี้ยังทำให้พัฒนาการของเมล็ดและคุณค่าทางอาหารของเมล็ดสูงขึ้นด้วย (เกษสุดา, 2529) ธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ถูกต้องได้ง่าย โดยเฉพาะดินที่มีความเป็นกรดต่ำกว่า 5.5 แหล่งของฟอสฟอรัส ได้แก่ เศษซากพืช กระดูกสัตว์ต่างๆ และปุ๋ยเคมี (สถาบันวิจัยข้าว, 2545)

พืชแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสโดยใบจะมีสีเขียวเข้ม ปลายใบเป็นสีม่วงรูปตัววี (V) มีทรงพุ่มแตกต่างจากต้นปกติ ลำต้นเตี้ยแคระแกรนและชะงักการเจริญเติบโต ไม่ออกดอกและผล

กรณีขาดมากจะมีเมล็ดลีบและบางครั้งไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ (สถาบันวิจัยข้าว, 2548) นอกจากนี้ยังทำให้การดูดกินไนโตรเจนลดลงในระยะแรกของการเจริญเติบโต และทำให้กระบวนการสังเคราะห์โปรตีนลดลงด้วยโดยเฉพาะในเขตภูมิอากาศหนาวเย็น (เกษสุตา, 2529)

4.3 ธาตุโพแทสเซียม (K)

เป็นธาตุที่สำคัญในโครงสร้างของเอนไซม์มากกว่า 30 ชนิด และเป็น cofactor สำหรับเอนไซม์ 40 ชนิดหรือมากกว่านั้น (De Datta, 1981) พืชต้องการโพแทสเซียมในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเคลื่อนย้ายอาหารและสารบางชนิดในพืช ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ มีอิทธิพลต่อกระบวนการหายใจของต้นข้าวและพืชชั้นสูงทั่วไป ทำให้เมล็ดมีขนาดใหญ่ น้ำหนักดี ต้นข้าวแข็งแรงไม่ล้ม ต้านทานต่อโรคและแมลงดีขึ้น (สถาบันวิจัยข้าว, 2545) ข้าวต้องการโพแทสเซียมมากในระยะแรกของการเจริญเติบโต จากนั้นความต้องการจะลดลงแล้วเพิ่มขึ้นอีกในระยะหลังของการเจริญเติบโต และแม้ว่าข้าวต้องการโพแทสเซียมปริมาณมาก ก็พบว่าเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณโพแทสเซียมที่ข้าวดูดดึงขึ้นไปเท่านั้นที่ถูกส่งผ่านไปยังช่อดอก ที่เหลือก็ยังคงสะสมในลำต้นและใบจนกระทั่งข้าวแก่ (Yoshida, 1981) โดยทั่วไปดินนาที่เป็นดินเหนียวจะมีธาตุโพแทสเซียมมากและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว ส่วนดินทรายจะขาดโพแทสเซียมเนื่องจากดินทรายมีอินทรีย์วัตถุต่ำ พืชจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารโพแทสเซียมโดยต้นจะกระแกรน ใบมีสีเหลืองส้ม และค่อยๆ ตามเข้ากลางใบ ใบอ่อนจะมีจุดประสีแดงหรือสีเหลืองระหว่างเส้นใบ ผิวใบเป็นมันลื่นกว่าปกติ ต่อมาใบแก่จะมีการจุดแห้งตายหรือขอบใบแห้งสีน้ำตาลเข้มที่ปลายใบและขอบใบ ถ้าขาดมากจะเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล และถ้าเกิดในระยะที่ข้าวจะออกรวงจะทำให้รวงข้าวไม่โผล่หรือโผล่ไม่พนักาบหรือโผล่พนักาบได้บางส่วนเท่านั้น (สถาบันวิจัยข้าว, 2548)

5. การตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

ศุมน (2514) ศึกษาเกี่ยวกับการใส่ปุ๋ย NPK ในชุดดินนาต่างๆ ของข้าวไวต์ต่อช่วงแสงและไม่ไวต์ต่อช่วงแสง พบว่า ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนดีมากในเกือบทุกชุดดินที่ศึกษา ส่วนการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมพบเฉพาะบางชุดดินเท่านั้น และปุ๋ยไนโตรเจนทำให้มีกำไรมากกว่าปุ๋ยอื่นๆ แต่การเลือกใช้ค่ารับปุ๋ยที่มีครบทั้ง 3 ธาตุ (NPK) ในอัตราที่เหมาะสมจะได้ผลกำไรมากขึ้น

ประยงค์และคณะ (2516) ทำการทดลองในปี 2516-2517 พบว่า ในดินร่วนปนเหนียวชุดดิน นครปฐมที่ปลูกข้าวพันธุ์ไม่วาต่อช่วงแสง (กข.1) ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสฟอรัสใน อัตรา 18 และ 2 ถึง 6 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์ไม่วาต่อแสง (เหลืองประทิว 123) ตอบสนอง ต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราเดียวกับข้าวพันธุ์ กข.1 แต่ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่ำกว่า หรือไม่ตอบสนองเลย คือ 0 ถึง 2 กิโลกรัมต่อไร่

สมนึก (2520) ศึกษาเกี่ยวกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตอัตราต่างๆติดต่อกันทั้งข้าวนาปี และนาปรัง ตั้งแต่ปี 2511 เป็นต้นมาโดยใช้ข้าวพันธุ์ไม่วาต่อช่วงแสงหลายพันธุ์ ทำการทดลองที่ สถานีทดลองข้าวคลองหลวง (ดินกรดจัดความอุดมสมบูรณ์ต่ำ) สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี (ดินความ อุดมสมบูรณ์ปานกลาง) และสถานีทดลองข้าวชัยนาท (ดินความอุดมสมบูรณ์สูง) ผลการทดลอง พบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 9-18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ยกเว้นชุดดิน ชัยนาทซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์สูงมีการตอบสนองต่อไนโตรเจนต่ำมาก จากการทดลองนี้พบว่า ข้าว ตอบสนองต่อปุ๋ยแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง (นาปรัง) ซึ่งให้ผล ผลิตมากกว่าฤดูฝน (นาปี)

ประเสริฐและคณะ (2522) ศึกษาการตอบสนองของข้าวพันธุ์ กข.1 ต่อปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราต่างๆ พบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีความจำเป็นมากในการ เพิ่มผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเหนียวแต่สำหรับดินทรายจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมด้วย

กรรณิกาและสว้าง (2528) ทดลองการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ไม่วาต่อ ช่วงแสงที่สถานีทดลองข้าวสุรินทร์ ดำรับปุ๋ยที่ใช้ทดลองมี 5 อัตรา คือ 0-0-0, 0-6-4, 6-6-4, 12-6-4 และ 18-6-4 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ใช้พันธุ์ข้าว 12 สายพันธุ์ ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ การใส่ปุ๋ย ไนโตรเจนแบ่งใส่ 2 ครั้งเท่าๆกัน จากการทดลองพบว่า พันธุ์ข้าวต่างกันให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ผลผลิตข้าวทุกพันธุ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยอัตราสูงขึ้นจนถึงระดับ 12 กิโลกรัม ไนโตรเจนต่อไร่ เมื่ออัตราปุ๋ยเพิ่มเป็น 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ผลผลิตจะเริ่มลดลงเกือบทุก พันธุ์ มีเพียงบางสายพันธุ์ที่ยังให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นน้อยมาก

วิชัยและคณะ (2528) ศึกษาการตอบสนองของข้าวจีนน้ำในสภาพนาเมื่อใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา ต่ำ ทำการทดลอง 3 แห่งและใช้พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรนิยมปลูกในจังหวัดอยุธยา (พันธุ์เล็บมือนาง 111) จังหวัดนครนายก (พันธุ์ข้าวเหลืองใหญ่) และจังหวัดพิจิตร (พันธุ์ข้าวทองใบศรี) ปลูกแบบหว่านข้าว

แห้ง มี 4 ดำรับการทดลอง คือ ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 0 4 8 และ 12 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ โดยดำรับที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 4 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่จะใส่ปุ๋ยครั้งเดียวที่ระยะ 30 วันหลังข้าวออก ส่วนดำรับที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 8 และ 12 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่จะแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ที่ระยะ 30 วันหลังข้าวออกและที่ระดับน้ำ 30 เซนติเมตร ทุกดำรับใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 4 กิโลกรัมต่อไร่ที่ระยะ 30 วันหลังข้าวออก ผลการทดลองปรากฏว่า ในจังหวัดอุษายา แปลงที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 8 และ 12 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่จะให้ผลผลิตสูงสุดและใกล้เคียงกัน และแตกต่างกับแปลงที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 4 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ ทุกแปลงที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกันทางสถิติกับแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน สำหรับจังหวัดนครนายก พบว่า ทุกแปลงที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ แปลงที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 12 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงสุดเช่นเดียวกับผลผลิตข้าวในจังหวัดพิจิตร

จินตนาและสมศักดิ์ (2528) ศึกษาประสิทธิภาพของการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในดินน่าน้ำขัง จังหวัดสระบุรีในฤดูนาปี จำนวน 2 แปลง เพื่อเปรียบเทียบวิธีและเวลาการใส่ปุ๋ยในโตรเจนของชาวนาและนักวิจัย ผลการทดลองพบว่า ในแปลงที่ 1 ที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 4.64 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ โดยใช้ปุ๋ยยูเรียตามหลักวิชาการ (ใส่ 2/3 ก่อนปักดำและ 1/3 ใส่ 5-7 วันก่อนข้าวกำเนิच्छ่อดอก) ให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ยูเรียชนิดเม็ดแบบเป็นจุดลึก 10 เซนติเมตร (ใส่หลังปักดำข้าวแล้วไม่เกิน 7 วันโดยใช้มือ) และเมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราสูงขึ้น คือ 9.28 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ การใส่ยูเรียธรรมดาแบบชาวนา (ประมาณ 15-20 วันหลังปักดำ) ให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยชนิดเดียวกันตามหลักวิชาการและการใส่ยูเรียชนิดเม็ดแบบเป็นจุดลึก 10 เซนติเมตร (โดยใช้มือ) การเพิ่มอัตราปุ๋ยยูเรียเป็น 12.6 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ โดยใส่ตามหลักวิชาการจะให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยโดยวิธีเดียวกันที่อัตรา 9.28 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในแปลงที่ 2 พบว่าที่อัตราปุ๋ย 4.64 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ การใช้ปุ๋ยยูเรียธรรมดาใส่ตามหลักวิชาการ ให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยยูเรียชนิดเม็ดใส่เป็นจุดลึก 10 เซนติเมตร (โดยใช้มือ) และถ้าเพิ่มอัตราเป็น 12.8 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ ใส่ตามหลักวิชาการจะให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อใส่ปุ๋ยวิธีเดียวกันที่อัตรา 4.64 หรือ 9.28 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่

วิวัฒน์และนิกุล (2528) ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยในโตรเจนในสภาพน้ำขัง โดยใช้ปุ๋ยยูเรียธรรมดา (prilled urea) และยูเรียชนิดเม็ด (super granular urea) ทำการทดลองที่อำเภอเมือง (ดินเหนียว) และอำเภอดอนเจดีย์ (ดินร่วนเหนียวปนทราย) จังหวัดสุพรรณบุรี ในฤดูนาปี วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มี 4 ซ้ำ ใช้พันธุ์ข้าว กข. 23 ผลการทดลองพบว่าแปลงที่

อำเภอเมืองทุกตำบลที่มีการใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตดีกว่าตำบลที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ตำบลที่ใส่ปุ๋ยยูเรียชนิดเม็ดอัตรา 9.28 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวสูงสุดคือ 952 กิโลกรัมต่อไร่

สรสิทธิ์และคณะ (2525) อ้างโดยเกษสุดา (2529) ทำการทดลองในกระถาง เปรียบเทียบสูตรปุ๋ยนาที่เหมาะสมสำหรับดินนาชนิดต่างๆ โดยเปรียบเทียบปุ๋ยนาสูตรที่มีสัดส่วนของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่างๆกัน เพื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยนาสูตร 16-20-0 ซึ่งเป็นปุ๋ยนาที่มีวางขายทั่วไปในท้องตลาด โดยเปรียบเทียบในดินที่แตกต่างกัน พบว่า สูตรปุ๋ยนาที่เหมาะสมจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของดิน โดยเฉพาะในดินนาที่เป็นดินทราย ปุ๋ยนาประเภทไนโตรเจนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจะให้ผลผลิตกว่าปุ๋ยนาประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ปุ๋ยสูตรที่เหมาะสมคือ 16-14-4, 18-12-6 และ 16-10-10 ส่วนดินเหนียว ปุ๋ยนาประเภทไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมโดยเฉลี่ยให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับปุ๋ยนาประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยปุ๋ยนาสูตร 16-20-0 ยังมีแนวโน้มว่าใช้ได้

กิ่งแก้วและคณะ (2543) ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสงในชุดดินรังสิต ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ ใช้พันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง 8 พันธุ์ ผลการทดลองพบว่า ข้าวทุกสายพันธุ์ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในด้านการให้ผลผลิตข้าวที่อัตรา 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ ด้านการเพิ่มความสูงลำต้นที่อัตรา 10-15 กิโลกรัม N ต่อไร่ และด้านการแตกกอที่อัตรา 10-20 กิโลกรัม N ต่อไร่

องอาจและคณะ (2547) ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใส่ต่อเนื่องระยะยาวต่อผลผลิตข้าวพันธุ์ไม่วิทยุช่วงแสง ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี ในฤดูนาปรังและนาปี วางแผนการทดลองแบบ Split plot มี 4 ซ้ำ ใช้พันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง 3 พันธุ์ ได้แก่ สุพรรณบุรี 1 อุทองและดอนเจดีย์ ดำรับปุ๋ยที่ใช้ทดลองประกอบด้วย 7 ดำรับ คือ 0-0-0, 0-6-6, 3-6-6, 6-6-6, 9-6-6, 12-6-6 และ 18-6-6 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ผลการทดลองพบว่า ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันในทุกดำรับปุ๋ย แต่การเจริญเติบโตของข้าวและผลผลิตข้าวมีการตอบสนองต่อปุ๋ยตามปริมาณปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยดำรับปุ๋ยอัตรา 12 และ 18 กิโลกรัม N ต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด และข้าวทั้ง 3 พันธุ์ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียม

6. การปลดปล่อยไนโตรเจนในดินนา

Broadbent (1978) กล่าวว่าแหล่งของไนโตรเจนที่ข้าวนำไปใช้ส่วนใหญ่ได้มาจากการปลดปล่อยไนโตรเจนจากอินทรีย์วัตถุ แม้จะมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปอัตราสูงๆก็ตาม โดยทั่วไปประมาณ 50-80 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่านั้นของไนโตรเจนที่ข้าวดูดไปใช้ มาจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินปริมาณไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยกระบวนการ nitrogen mineralization คือ amines และในที่สุดก็จะกลายเป็นแอมโมเนียม

เกษสุตา (2529) กล่าวว่าไนโตรเจนส่วนใหญ่ในดินอยู่ในรูปอินทรีย์วัตถุ มีส่วนน้อยที่อยู่ในรูปแอมโมเนียม ไนเตรตและไนไตรต์ ไนโตรเจนในรูปอินทรีย์วัตถุนั้นไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ส่วนที่เป็นประโยชน์ได้แก่แอมโมเนียมและไนเตรต ซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ โดยกระบวนการต่างๆ เช่น ammonification และ nitrification ที่เกิดจากจุลินทรีย์ในไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนียมและไนเตรตเป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรง แต่ปริมาณที่พบในดินจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากการชะล้าง พืชดูดไปใช้ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ความชื้นและการถ่ายเทอากาศในดิน

Reddy (1982) รายงานว่าไนโตรเจนในดินน้ำขังอยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนและอนินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งพบว่ารูปอินทรีย์ไนโตรเจนเด่นกว่ารูปอนินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งอินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ในรูปสารประกอบที่เกิดจาก amino acid, amines, protein และ humic compound ส่วนอนินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ในรูปของแอมโมเนียม ไนเตรตและไนไตรต์ ซึ่งรูปแอมโมเนียมมีมากที่สุด และแอมโมเนียมที่ได้มาจากกระบวนการ mineralization ของอินทรีย์ไนโตรเจนและปุ๋ยเคมีที่ใส่ให้กับดิน

Cholitkul (1967) พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมที่เกิดจากการขังน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 20 วัน และมีปริมาณแอมโมเนียมเท่ากับครึ่งหนึ่งของปริมาณแอมโมเนียมทั้งหมดของดินที่บ่มไว้เป็นเวลา 80 วัน และปริมาณแอมโมเนียมที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและสมบัติทางเคมีของดิน

Shiga และ Ventura (1976) ทำการบ่มดิน Maahas ในหลอดแก้วที่มีฝาปิด ซึ่งสามารถป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปได้ พบว่า ในช่วง 20-40 วันแรกของการบ่มดิน ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการ mineralization ในดินที่ผ่านสภาพแห้งแล้วได้รับสภาพเปียกจะ

เกิดขึ้นมากกว่าดินที่อยู่ในสภาพเปียกตลอดเวลา แต่หลังจาก 40 วันแล้วอัตราการเกิด mineralization จะไม่แตกต่างกัน

Kawaguchi และ Kyuma (1969) เสนอว่า ปริมาณแอมโมเนียมที่เกิดขึ้นหลังจากดินมีการขังน้ำ 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นการวัดปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินน้ำขัง และปริมาณดังกล่าวสามารถบอกถึงปริมาณไนโตรเจนในดินว่าเพียงพอต่อความต้องการของพืชหรือไม่

Ponnamperuma (1981) กล่าวว่า ไนโตรเจนที่ละลายตัวได้เกือบทั้งหมดถูกปลดปล่อยออกมาในรูปแอมโมเนียมในระยะ 2 สัปดาห์ของการขังน้ำ และปริมาณแอมโมเนียมที่เกิดขึ้นในดินช่วงนี้อาจมีค่าอยู่ระหว่าง 50 ถึง 350 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุและเนื้อดิน ดินที่มีอินทรีย์วัตถุอย่างเพียงพออาจไม่ต้องการปุ๋ยไนโตรเจนเลย ดินที่มีอินทรีย์วัตถุปานกลางอาจไม่ต้องการปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้นและดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำต้องการปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยรองพื้น และแต่งหน้าสำหรับดินเนื้อหยาบจะสูญเสียแอมโมเนียมโดยการชะล้างได้ง่าย ดังนั้นต้องมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหลายๆครั้ง

7. ปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินนา

7.1 อุณหภูมิดิน

อุณหภูมิดินมีผลต่อการเกิด nitrogen mineralization ในดินนา (Carter และคณะ, 1967; Kai และคณะ, 1969; Maeda และ Onikura, 1967) จากการศึกษานี้ของ Yoshino และ Dei (1977) พบว่า nitrogen mineralization เกิดขึ้นได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 15-35 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับ Stanford และคณะ (1973) ทำการทดลองในดินนา 11 ชนิด พบว่า การเกิด nitrogen mineralization ระหว่างการบ่มดินอยู่ในช่วง 5-35 องศาเซลเซียส

Myers (1975) รายงานว่า จากการบ่มดิน tropical clay loam ภายใต้สภาพที่อุณหภูมิขังน้ำ พบว่าอัตราการเกิด ammonification เพิ่มขึ้นในช่วง 20-50 องศาเซลเซียส และสูงสุดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และจะค่อยๆลดลงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส Kai และคณะ (1969) รายงานว่า ปริมาณและอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ

Ponnamperuma (1981) รายงานว่า อุณหภูมิมีผลต่อการสะสมแอมโมเนียมโดยอุณหภูมิที่สูงส่งเสริมให้เกิดการสะสมแอมโมเนียมได้มาก

Ponnamperuma (1972) รายงานว่า ปริมาณแอมโมเนียมที่เกิดจากกระบวนการ nitrogen mineralization นั้นเกิดขึ้นสูงมากภายใน 2 สัปดาห์หลังจากดินถูกขังน้ำ ถ้าอุณหภูมิของดินเหมาะสม และดินไม่เป็นกรดรุนแรงหรือดินไม่ขาดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากเกินไป

7.2 ปฏิกริยาดิน (pH)

ปฏิกริยาดินมีผลต่อการเกิด nitrogen mineralization อย่างมาก Hoyt (1966) รายงานว่า การสลายตัวของสารประกอบคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll-type compound) มีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณ mineralizable-nitrogen ซึ่ง Wada (1966) พบว่า การสลายตัวของสารประกอบคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นได้ช้าในดินที่มีปฏิกริยาดินต่ำกว่า 4 แต่จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในดินที่มีสภาพเป็นกลางและด่าง ซึ่งสอดคล้องกับ Gorham (1959) ที่พบว่า การสลายตัวของสารประกอบคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นได้น้อยในดินที่มีสภาพเป็นกรดแต่จะเกิดได้มากขึ้นเมื่อปฏิกริยาดินเพิ่มขึ้น Broadbent (1979) Patrick และ Wyatt (1964) กล่าวว่า nitrogen mineralization ในดินน้ำขังเกิดขึ้นมากกว่าในดินไร่เนื่องจากดินน้ำขังมีปฏิกริยาดินสูงกว่า (ประมาณ 7.0) ดินไร่ (ประมาณ 4.4)

7.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter)

Kawaguchi และ คณะ, 1967; Yamashita, 1967; Bandyopadhy และคณะ, 1969 และ Mani และคณะ, 1980 รายงานว่า การใส่ปุ๋ยหมักลงในดินนาทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น และปริมาณของ nitrogen mineralization ขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนในฟางข้าว อุณหภูมิดินและสมบัติของดินนั้นๆ (IRRI, 1977)

Russo (1974) รายงานว่า การใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 65 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ponnamperuma (1984) ที่พบว่า การไถกลบฟางข้าวและการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวลงในนาทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินและผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การนำฟางข้าวออกจากนา หรือการเผาฟางข้าว

Honya (1975) กล่าวว่า การเผาฟางข้าวทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เพราะการเผาฟางจะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน 5-50 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ขึ้นอยู่กับปริมาณฟางข้าว และการเผาไหม้ทำให้เกิดขึ้นสมบูรณ์เพียงใด

7.4 ปริมาณและขนาดอนุภาคดินเหนียว

Onikura และคณะ (1975) รายงานว่า ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการ nitrogen mineralization มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและปริมาณดินเหนียวในดิน จากการศึกษาของ Craswell และคณะ (1970) พบว่า อัตราการเกิด nitrogen mineralization ในดินน้ำขังเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของอนุภาคดินเล็กลง ซึ่งให้เห็นว่าอนุภาคดินขนาดเล็กสามารถเกิด nitrogen mineralization ได้มากกว่าอนุภาคดินขนาดใหญ่

8. การสะสมแอมโมเนียมในดินนา

แอมโมเนียมในดินนาที่ขังน้ำเกิดจากกระบวนการ mineralization ของอินทรีย์วัตถุในดินนั้นปกติแล้วถ้าดินไม่ขังน้ำ กระบวนการ mineralization ของดินจะดำเนินไปอย่างช้าๆ โดยเริ่มจากโปรตีนเปลี่ยนแปลงไปจนถึงแอมโมเนียมซึ่งเกิดขึ้นจากจุลินทรีย์หลายชนิด ส่วนจากชั้นแอมโมเนียมมาจนถึงในทรศนั้นเกิดขึ้นได้ก็เนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์บางชนิดเท่านั้น ดังนั้นเมื่อดินมีน้ำขังกระบวนการ mineralization ของสารประกอบพวกโปรตีนจึงหยุดชะงักแค่แอมโมเนียม ทำให้เกิดการสะสมแอมโมเนียมขึ้น ดังนั้นจะพบว่าเมื่อดินขังน้ำปริมาณแอมโมเนียมที่มีอยู่ในดินสูงขึ้นจนถึงจุดๆหนึ่งแล้วมีแนวโน้มที่คงที่อยู่เช่นนั้น อัตราการเกิดแอมโมเนียมในสภาพน้ำขังเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพที่ไม่มีน้ำขังนั้นเกิดได้ช้ากว่ามาก ทั้งนี้เพราะในสภาพน้ำขังจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะดำเนินกิจกรรมได้ช้าและการเกิดเซลล์ใหม่ก็มีน้อยลง ดังนั้นจึงต้องการไนโตรเจนในการสร้างเซลล์น้อยด้วย ในสภาพที่ขังน้ำนี้แอมโมเนียมถูกปลดปล่อยออกมาได้ทั้งๆที่อัตราส่วน C:N ของอินทรีย์วัตถุนั้นกว้างกว่าที่จะเป็นไปได้ในสภาพที่มีการถ่ายเทอากาศดี (สรสิทธิ์และคณะ, 2527) ถ้าอัตราส่วน C:N ของอินทรีย์วัตถุมีค่าแคบลง การปลดปล่อยแอมโมเนียมก็จะเป็นไปได้ดีขึ้น การสะสมแอมโมเนียมที่จุดสูงสุดก็เร็วขึ้นด้วย แต่ถ้าดินมีอินทรีย์วัตถุที่มีอัตราส่วน C:N ยิ่งกว้างเท่าใด การปลดปล่อยและการสะสมแอมโมเนียมในดินรวมถึงระยะเวลาการสะสมแอมโมเนียมที่จุดสูงสุดก็ช้าด้วยเช่นกัน (เกษสุตา, 2529)

ชงศ์และคณะ (2528) ทดลองเกี่ยวกับปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังขังน้ำ โดยศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินร่วนเหนียวชุดดินนครปฐม ทำการทดลองในกระถาง โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างๆ ในดิน คือ 0 30 60 90 120 และ 240 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัมดินตามลำดับ คลุกเคล้าปุ๋ยไนโตรเจนให้เข้ากับดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำและเติมน้ำลงในกระถางให้ดินอยู่ในสภาพขังน้ำตลอดเวลา หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างดินหลังใส่ปุ๋ยที่ระยะเวลา 5 10 15 20 25 30 และ 35 วันตามลำดับ นำไปวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมในดิน ผลการทดลอง พบว่า มีการสะสมแอมโมเนียมในดินสูงขึ้นตามระดับของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ คือ ดินที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่ำตั้งแต่ระดับ 0-90 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัมดินมีปริมาณแอมโมเนียมในดินเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และลดลง แต่ดินที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนระดับสูงตั้งแต่ระดับมากกว่า 90-240 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัมดิน ปริมาณแอมโมเนียมในดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีปริมาณสูง

เกษสุดา (2529) กล่าวว่า การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมในดินที่เฉพาะเวลาใดเวลาหนึ่ง บางครั้งไม่สามารถใช้อธิบายสถานะของไนโตรเจนในดินและความสัมพันธ์ที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้โดยทั่วไปจะใช้ค่าวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุหรือปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็นดัชนีที่บอกถึง supplying power ของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากอินทรีย์วัตถุขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมหลายอย่าง

Ponnamperuma (1964) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมแอมโมเนียมในดินน้ำขัง พบว่า การปลดปล่อยแอมโมเนียมขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนในดิน และอุณหภูมิดิน โดยดินที่มีไนโตรเจนสูงมีการสะสมแอมโมเนียมเร็วและมีปริมาณสูงกว่าดินที่มีไนโตรเจนต่ำ และปริมาณแอมโมเนียมที่ถูกปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสามารถปลดปล่อยแอมโมเนียมได้สูงถึง 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมหลังจากขังน้ำ 30 วัน จากการศึกษาที่ IRRI (1963) พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังขังน้ำมีความสัมพันธ์อย่างสูง ($r = 0.81^{**}$) กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ และความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ $A = 14.4 + 38.44(O)$ เมื่อ A คือ ปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดในดินหลังขังน้ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และ O คือ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์) โดยศึกษาดิน 30 ชนิดที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุแตกต่างกัน Ponnamperuma (1964) ได้เสนอการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังขังน้ำว่าเป็นไปตามสมการ $\log(A-Y) = \log A - ct$ โดยที่ A คือ ปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดในดินหลังขังน้ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) Y คือ ปริมาณแอมโมเนียมในดินที่ปลดปล่อยออกมาที่ระยะเวลาต่างๆหลังขังน้ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) c คือ ค่าคงที่ของดินแต่ละชนิด และ t คือ ระยะเวลาหลังขังน้ำ (วัน)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ชุดดินที่ศึกษา 18 ชุดดิน เก็บที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (ตารางผนวกที่ 1) ได้แก่
 - 1.1 ชุดดินสระบุรี เก็บจากแปลงนายวีระ ปลูกพันธุ์ อ่างทองเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี และเป็นแปลงทดลองในแปลงนาเกษตรกร
 - 1.2 ชุดดินเสนา เก็บจากแปลงเกษตรกร อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี
 - 1.3 ชุดดินอยุธยา เก็บจากแปลงเกษตรกร อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี
 - 1.4 ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว เก็บจากแปลงสถานีทดลองข้าวชะเชิงตรา อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา
 - 1.5 ชุดดินฉะเชิงเทรา เก็บจากแปลงเกษตรกร อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา
 - 1.6 ชุดดินรังสิต เก็บจากแปลงเกษตรกร อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา
 - 1.7 ชุดดินบางกอก เก็บจากแปลงเกษตรกร อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา
 - 1.8 ชุดดินมหาโพธิ์ เก็บจากแปลงเกษตรกร อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา
 - 1.9 ชุดดินร้อยเอ็ด เก็บจากแปลงเกษตรกร อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก
 - 1.10 ชุดดินราชบุรี เก็บจากแปลงเกษตรกร อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก
 - 1.11 ชุดดินน่าน เก็บจากแปลงนายจันทน์ ค้างมั่ง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก
 - 1.12 ชุดดินอุดรดิตถ์ เก็บจากแปลงนายชูชาติ คุ้มเที่ยง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
 - 1.13 ชุดดินสีทัน เก็บจากแปลงนางไชยพร อ้วนพรมมา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
 - 1.14 ชุดดินหนองบุญนาถ เก็บจากแปลงนายสุรัน มาตย์นอก อำเภอหนองสองห้อง จังหวัดขอนแก่น
 - 1.15 ชุดดินประทาย เก็บจากแปลงนายมงคล ยี่นอก อำเภอกง จังหวัดนครราชสีมา
 - 1.16 ชุดดินพิมาย เก็บจากแปลงนายสมศักดิ์ รวยกระบือ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา
 - 1.17 ชุดดินกุลาร้องไห้ เก็บจากแปลงนายฮั่ว เพ็ญกลาง อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา
 - 1.18 ชุดดินทุ่งสำริด เก็บจากแปลงนายพิทักษ์ วุฒิพงษ์ปรีชา อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา
2. ตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ
3. ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1
4. ปุ๋ยยูเรีย (46 % N)

5. ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46 % available P_2O_5)
6. ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 % K_2O)
7. ป้ายแสดงคำรับการทดลองในแปลง
8. สารเคมีป้องกันกำจัดโรค แมลงศัตรูพืชและวัชพืช
9. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างดินและพืช เช่น พลั่ว ถังพลาสติก ถุงไนล่อน
10. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์ดินและพืช เช่น เครื่องแก้วและสารเคมีต่างๆ
11. ปุ๋ยน้ำ

วิธีการ

การทดลองที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

1. การศึกษาปริมาณและรูปแบบการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขังที่ระยะเวลาต่างๆ และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่มีผลต่อการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขังโดยการบ่มดิน

1.1. การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพที่สำคัญบางประการของชุดดินที่ศึกษา

ศึกษาโดยนำตัวอย่างดินที่ศึกษา 18 ชุดดิน ผึ่งให้แห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 2 มิลลิเมตร นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพดังนี้

ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) โดยใช้สัดส่วน ดิน:น้ำ 1:1 (ทศนิยมและจกรักษ์, 2542)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) โดยวิธี Micro-Kjeldahl method (Jackson, 1965)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดด้วยน้ำยาสกัด Bray II (Bray and Kurtz, 1945) วิเคราะห์โดยวิธี Colorimetric

ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม (exchangeable K Ca Mg) สกัดด้วยน้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc (Knudsen *et al.*, 1982) วัดโดย Atomic absorption spectrophotometer

เนื้อดิน (texture) โดยวิธี Hydrometer (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2536)

1.2. การศึกษาปริมาณและรูปแบบการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขังที่ระยะเวลาต่างๆโดยการบ่มดิน

ศึกษาโดยนำชุดดินที่ศึกษาเช่นเดียวกับชุดดินในข้อ 1.1 ซึ่งดินแห้งที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ปริมาณ 5 กรัมใส่ในหลอดแก้วขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 มิลลิลิตร โดยในขณะที่เติมน้ำควรค่อยๆเติมเพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนในดินออกไปให้หมด เมื่อเติมน้ำเรียบร้อยแล้วปิดฝาหลอดให้สนิทแล้วนำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 7 14 28 42 56 และ 70 วัน ทำชุดดินละ 3 ซ้ำ เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำตัวอย่างดินมาสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I ที่มีความเข้มข้นของกรดเป็น 2 เท่า ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 5 นาที กรองสารละลายดินแล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมโดยวิธี Colorimetric (ทัศนีย์และจรงค์, 2542) และนำปริมาณแอมโมเนียมที่วิเคราะห์ได้เปรียบเทียบกับปริมาณแอมโมเนียมจากสมการการคาดคะเนการปลดปล่อยแอมโมเนียม ซึ่งเสนอโดย Ponnampersuma (1964) ดังนี้

$$\log (A-Y) = \log A-ct \text{ หรือ } Y = A-Be^{-ct} \quad (1)$$

โดยที่

A คือ ปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดในดินหลังขังน้ำ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

Y คือ ปริมาณแอมโมเนียมในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ปลดปล่อยออกมาที่ระยะเวลาต่างๆหลังขังน้ำ

B คือ ปริมาณแอมโมเนียมตั้งต้นในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) หลังจากเริ่มขังน้ำ

c คือ ค่าคงที่ของแต่ละชุดดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับสมบัติของดิน

t คือ ระยะเวลาหลังการขังน้ำ (วัน)

1.3 การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิที่มีผลต่อการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขัง

ได้ทำการศึกษาดิน 11 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินสระบุรี เสนา อยุธยา ร้อยเอ็ด บางน้ำเปรี้ยว มหาโพธิ์ รังสิต บางกอก ราชบุรี ฉะเชิงเทราและอุดรดิตถ์ ซึ่งดินแห้งปริมาณ 5 กรัมใส่ในหลอดแก้วขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 มิลลิลิตรเพื่อไม่ให้ก๊าซออกซิเจนจากอากาศภายนอกแพร่ผ่านได้โดยในขณะที่เติมน้ำควรค่อยๆเติมเพื่อไล่ก๊าซในดินออกไปให้หมด เมื่อเติมน้ำเรียบร้อยแล้วปิดฝาหลอดให้สนิทแล้วนำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

14 วัน ทำหูดินละ 3 ซ้ำ เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด นำตัวอย่างดินมาสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I เขย่าเป็นเวลา 5 นาที กรองสารละลายดินแล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมเช่นเดียวกับข้อ 1.2

1.4 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆและปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 และ 28 วัน

1.4.1 การศึกษาปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดโดยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆ

ศึกษาโดยนำตัวอย่างดินที่ศึกษา 18 ชุดดิน ผึ่งให้แห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร สกัดตัวอย่างดินด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำยาสกัด 2 *N* KCl (Keeney *et al.*, 1982), น้ำยาสกัด Mehlich I (Jones, 1985), น้ำยาสกัด 0.25 *M* H₂SO₄ (Fujii *et al.*, 1990) และน้ำยาสกัด 1% ascorbic acid (Nanzyo *et al.*, 1996) เขย่าเป็นเวลา 5 นาที หลังจากครบเวลา กรองสารละลายดินที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมเช่นเดียวกับข้อ 1.2

1.4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งและปริมาณแอมโมเนียมหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 และ 28 วัน

ศึกษาโดยนำปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดได้โดยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆ ในข้อ 1.4.1 มาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear regression) กับปริมาณแอมโมเนียมที่สกัดได้ที่ระยะเวลา 14 และ 28 วันหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I ในข้อ 1.2 และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (*r*)

การทดลองที่ 2 การทดลองในแปลงนาเกษตรกร

2.1. การศึกษาการตอบสนองของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ต่อปุ๋ยไนโตรเจนจากการคาดคะเนโดยโปรแกรม DSSAT

ดำเนินการที่บริเวณ ตำบลดอนโพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

2.1.1. วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ประกอบด้วย 4 ดำรับการทดลอง ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ดำรับการทดลองมีดังนี้

1. ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน (ดำรับควบคุม)
2. ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 7 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่
3. ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 14 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่
(อัตราแนะนำจากโปรแกรม DSSAT)
4. ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่

และทุกดำรับการทดลองใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามคำแนะนำจากโปรแกรม PDSS (อัตรา 3 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามคำแนะนำจากกรมวิชาการเกษตร (อัตรา 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่)

2.1.2. การเตรียมดิน

ไถเตรียมพื้นที่สำหรับปลูกข้าว แบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 4 X 6 ตารางเมตร จำนวน 16 แปลงย่อย ปั่นคันดินรอบนอกระหว่างข้าว กว้าง 50 เซนติเมตร คันดินระหว่างดำรับการทดลอง กว้าง 25 เซนติเมตร โดยระหว่างข้าวเว้นระยะห่างให้เป็นร่องน้ำกว้าง 1 เมตร

2.1.3. การปลูกข้าว

ปลูกแบบนาหว่านโดยใช้เมล็ดข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 หว่านลงในแปลงย่อยอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่

2.1.4. การใส่ปุ๋ย

ใส่ปุ๋ยในโตรเจนโดยใช้ปุ๋ยยูเรีย (46% N) ในอัตราตามดำรับการทดลองข้างต้น โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ใส่เป็นปุ๋ยรองพื้น (หลังหว่านข้าว 25 วัน) และครั้งที่ 2 ใส่เป็นปุ๋ยแต่งหน้า (หลังหว่านข้าว 52 วัน) และใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสโดยใช้ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (46% available P_2O_5) อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมโดยใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) อัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่พร้อมกับการใส่ปุ๋ยในโตรเจนครั้งที่ 1

2.1.5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บเกี่ยวข้าวเมื่ออายุครบ 112 วันหลังหว่านข้าว บันทึกน้ำหนักสดของเมล็ดและตอซัง วัดความชื้นเมล็ดสดเพื่อคำนวณหาน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นสุ่มตัวอย่างข้าวในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 1 ตารางเมตรในแต่ละแปลงย่อย เพื่อบันทึกองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง และน้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด

2.1.6 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในข้าว

นำส่วนของตอซังและเมล็ดไปอบให้แห้ง บดและย่อยสลายด้วยกรด Digestion mixture (H_2SO_4 : Na_2SO_4 : Se) และหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยวิธีต่อไปนี้

ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) วัดปริมาณโดยวิธี Micro-Kjeldahl method

(Jackson, 1965)

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) วัดปริมาณโดยวิธี Vanadomolybdophosphoric acid method (Hesse, 1971)

โพแทสเซียมทั้งหมด (total K) วัดปริมาณโดย Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542)

2.1.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value พร้อมทั้งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละดำรับการทดลอง โดยการวิเคราะห์วิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

2.2. การศึกษาหาค่าวิกฤตแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าว

ศึกษาโดยการนำปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้ง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 และ 28 วัน และปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดในดินหลังการบ่มดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I ของชุดดินบางชุดดินที่ใช้ปลูก

ข้าวในภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ดำเนินการทดลองต่างๆไปหาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโดยใช้โปรแกรม Sigmaplot (Linear Response Plateau method : LRP)

2.3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในดินสภาพน้ำขังในช่วงระยะเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต

2.3.1 การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินในสภาพน้ำขังจากแปลงทดลองในแปลงนาเกษตรกรก่อนหว่านปุ๋ยและหลังหว่านปุ๋ยครั้งที่ 1 แล้วเป็นเวลา 0 2 4 6 8 12 14 สัปดาห์

2.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร

ทำโดยนำดินเปียกที่เก็บจากแปลงตามช่วงเวลาทีกล่าวไว้ในข้อ 2.3.1 มาสกัดด้วยน้ำยาสกัด นำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารโดยวิธีต่อไปนี้

ปริมาณแอมโมเนียม ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I และ 2 N KCl แล้ววิเคราะห์โดยวิธี Colorimetric ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I และ Bray II แล้ววิเคราะห์โดยวิธี Colorimetric ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K Ca Mg) สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I และ 1 N NH_4OAc แล้ววัดโดย Atomic absorption spectrophotometry (ทัศนีย์และจรงค์, 2542)

3. สถานที่ทำการทดลอง

3.1. แปลงนาข้าวของนายวีระ พลพันธุ์ บริเวณตำบลดอนโพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

3.2. ห้องปฏิบัติการของภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

4. ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2547 สิ้นสุดเมื่อเดือนธันวาคม 2548

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

1. การศึกษาการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขังที่ระยะเวลาต่างๆและเปรียบเทียบอุณหภูมิที่มีผลต่อการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขังโดยการบ่มดิน

1.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพที่สำคัญบางประการของชุดดินที่ศึกษา

จากการวิเคราะห์สมบัติบางประการของชุดดินที่ศึกษาทั้งหมด 18 ชุดดิน สามารถแบ่งชุดดินตามลักษณะการปลดปล่อยแอมโมเนียมได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มชุดดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมปานกลางถึงสูง (50-140 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากกว่า 0.9 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งประกอบด้วย ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว บางกอก ราชบุรี อุดรดิตถ์ ฉะเชิงเทรา รังสิต สระบุรี ยกเว้นชุดดินอยุธยา เสนาและมหาโพธิ์ ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมากกว่า 0.9 กรัมต่อกิโลกรัม แต่ปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมมีน้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กลุ่มชุดดินนี้มีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในพิสัย 3.7 ถึง 6.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในพิสัย 17 ถึง 36 กรัมต่อกิโลกรัม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนและดินเหนียว ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง และ 2) กลุ่มชุดดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมต่ำถึงปานกลาง (10-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดน้อยกว่า 0.9 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งประกอบด้วย ชุดดินร้อยเอ็ด สีทน พิมาย ประทาย กุลาร้องให้ หนองบุญนา และทุ่งสัมฤทธิ์ ยกเว้นชุดดินน่าน ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดน้อยกว่า 0.9 กรัมต่อกิโลกรัม แต่ปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมมีมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กลุ่มชุดดินนี้มีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในพิสัย 4.1 ถึง 6.0 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในพิสัย 4 ถึง 19 กรัมต่อกิโลกรัม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนและดินเหนียว ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติบางประการของชุดดินที่ศึกษา เก็บจากแปลงเกษตรกรบริเวณภาคเหนือตอนล่าง (จังหวัดพิษณุโลก) ภาคกลาง (จังหวัดสุพรรณบุรีและฉะเชิงเทรา) และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดขอนแก่นและนครราชสีมา)

ชุดดิน	pH ^{1/}	O.M. ^{2/} (gkg ⁻¹)	Total N ^{3/} (gkg ⁻¹)	Available P ^{4/} (mgkg ⁻¹)	Exchangeable K ^{5/} (mgkg ⁻¹)	Exchangeable Ca ^{6/} (mgkg ⁻¹)	Exchangeable Mg ^{6/} (mgkg ⁻¹)	Texture ^{7/}
บางน้ำเปรี้ยว (Bp)	5.3	36	2.0	115	159	2740	849	Clay
มหาโพธิ์ (Ma)	4.0	34	1.8	7	52	1382	894	Clay
ฉะเชิงเทรา (Cc)	4.2	34	1.7	116	20	1211	898	Clay
รังสิต (Rs)	4.3	32	1.6	118	102	1253	676	Clay
บางกอก (Bk)	4.2	30	1.7	58	150	1528	808	Clay
ราชบุรี (Rb)	4.3	32	1.5	6	265	2100	568	Clay
สระบุรี (Sb)	6.6	19	0.9	14	26	1478	332	Sandy Clay Loam
อุตรดิตถ์ (Utt)	4.1	19	0.9	26	40	406	80	Loam
อยุธยา (Ay)	4.5	23	0.9	5	134	1691	425	Clay
เสนา (Se)	3.7	17	1.1	3	168	1283	289	Clay

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชุดดิน	pH ^{1/}	OM. ^{2/} (%)	Total N ^{3/} (%)	Available.P ^{4/} (mgkg ⁻¹)	Exchangeable K ^{5/} (mgkg ⁻¹)	Exchangeable Ca ^{5/} (mgkg ⁻¹)	Exchangeable Mg ^{5/} (mgkg ⁻¹)	Texture ^{6/}
ร้อยเอ็ด (Re)	4.6	0.9	0.04	9	156	711	67	Sandy Loam
พิมาย (Pm)	4.7	1.8	0.03	4	57	1104	157	Loam
ประทาย (Pt)	5.7	0.6	0.02	7	48	1228	220	Loam
กุลาไร่ (Ki)	4.9	1.3	0.02	5	29	487	68	Sandy Loam
สีทน (St)	4.2	0.4	0.01	3	19	506	53	Loam
หนองบุญนา (Nbn)	6.0	0.4	0.01	4	39	1482	287	Sandy Clay Loam
ทุ่งสัมฤทธิ์ (Tsr)	4.7	0.9	0.04	5	102	3060	394	Clay
น่าน (Na)	5.6	14	0.5	17	30	800	150	Loam

หมายเหตุ ^{1/} ค่าปฏิกิริยาดิน โดยวิธี 1:1 ดิน:น้ำ วัดโดยเครื่อง pH meter

^{2/} ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยวิธี Walkley and Black method

^{3/} ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Micro-Kjeldahl method

^{4/} ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดโดย Bray II วิเคราะห์โดยวิธี Colorimetric

^{5/} ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สกัดโดย 1.0 N NH₄OAc pH 7.0 วัดโดย Atomic absorption spectrophotometer

^{6/} เนื้อดิน โดยวิธี Hydrometer

1.2. การศึกษาปริมาณและรูปแบบของการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขังที่ ระยะ เวลาต่างๆ โดยการบ่มดิน

1.2.1. ปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียม

ดินที่นำมาศึกษาทั้งหมดปลดปล่อยแอมโมเนียมได้ประมาณ 2.21 ถึง 30.59 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินในช่วงระยะเวลา 28 วันหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง เมื่อบ่มดินจนครบระยะ 70 วันแล้ว พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมในทุกชุดดินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ 0 จนถึง 70 วันหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง (ตารางผนวกที่ 2) โดยชุดดินที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและค่าปฏิกิริยาดินสูงสามารถปลดปล่อยแอมโมเนียมออกมาในปริมาณมากกว่าชุดดินที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและค่าปฏิกิริยาดินต่ำ ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมามีค่าสูงสุดที่ระยะเวลา 28 วันหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนเพื่อนำมาประกอบการพิจารณาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Ponnamperuma, 1964)

เมื่อนำค่าแอมโมเนียมที่วิเคราะห์ได้ที่ระยะเวลาต่างๆของการบ่มดินในสภาพน้ำขังเปรียบเทียบกับค่าแอมโมเนียมที่คำนวณได้จากสมการคาดการณ์การปลดปล่อยแอมโมเนียม $Y = A - Be^{-x}$ พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมที่ได้จากการวิเคราะห์ที่ระยะเวลาต่างๆ ของ 14 ชุดดินจากชุดดินที่ศึกษา 18 ชุดดิน มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณแอมโมเนียมที่ได้จากสมการคาดการณ์การปลดปล่อยแอมโมเนียม โดยมีสมการและค่า Residual Mean Square Error (RMSE) ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 1, 2 ยกเว้นชุดดินอยุธยา เสนา พุ่มสัณฑ์และน่าน ซึ่งปริมาณแอมโมเนียมที่ได้จากการวิเคราะห์ที่ระยะเวลาต่างๆ ไม่ใกล้เคียงกับปริมาณแอมโมเนียมที่ได้จากสมการคาดการณ์ (ภาพที่ 3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมในชุดดินอยุธยา เสนา พุ่มสัณฑ์ไม่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังที่ระยะเวลาต่างๆ และ 3 ชุดดินนี้มีค่าปฏิกิริยาดินไม่เพิ่มขึ้นในช่วง 28 วันแรกหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง แต่เพิ่มขึ้นหลังจากบ่มดินไปได้ 56-70 วัน (ภาพที่ 4) ทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในช่วงแรกของกระบวนการ mineralization เกิดขึ้นได้ไม่ดี ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาในช่วงแรกจึงคงที่ สำหรับชุดดินน่านนั้น ปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรกหลังขังน้ำ จากนั้นจึงลดลง ส่วนชุดดินอื่นๆที่ศึกษาทั้ง 14 ชุดดินมีค่าปฏิกิริยาดินสูงขึ้นเมื่อบ่มดินในสภาพน้ำขัง ซึ่งเป็นลักษณะปกติของดินทั่วไป (ภาพที่ 5) จากค่า Residual Mean Square Error (RMSE) ของทุกชุดดินที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 จะเห็นว่า ชุดดินบางกอก ราชบุรีและฉะเชิงเทรา มีค่า RMSE สูงกว่าชุดดินอื่นๆ ซึ่งหมายความว่าทั้ง 3 ชุดดินมีความแปรปรวนของการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงกว่าชุดดินอื่นๆ อาจ

เนื่องจากสมบัติต่างๆของดินทั้ง 3 ที่ทำให้การปลดปล่อยแอมโมเนียมออกมาจากดินใกล้เคียงการคาดคะเนจากสมการน้อยกว่าชุดดินอื่นๆ ซึ่งค่า RMSE แสดงถึงความแปรปรวนของค่าแอมโมเนียมที่คาดคะเนจากสมการกับค่าที่ปลดปล่อยจริงจากการบ่มดินในสภาพน้ำขังในห้องปฏิบัติการ การปลดปล่อยแอมโมเนียมหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วัน ขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดิน โดยเป็นไปตามสมการ $Y = 20.13 + 367.07 * (\% \text{Total N})$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.72

1.2.2. รูปแบบการปลดปล่อยแอมโมเนียม

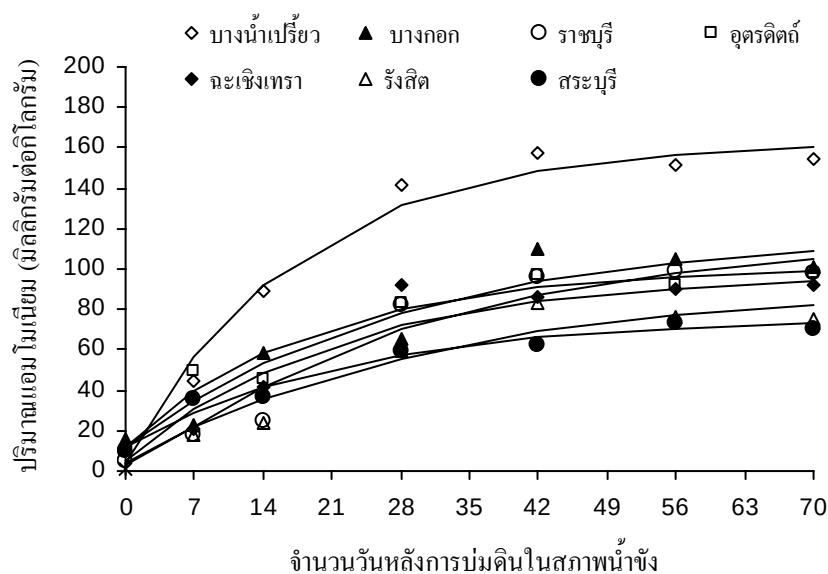
การปลดปล่อยแอมโมเนียมในสภาพน้ำขังของดิน 14 ชุดดินดังกล่าว พบว่าปริมาณแอมโมเนียมจะมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึง 28 วันหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียมจะสูงขึ้นอย่างช้าๆและมีค่าคงที่หลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังไปได้ 56 วัน จากการศึกษาครั้งนี้สามารถแบ่งดินออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มชุดดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมปานกลางถึงสูง กลุ่มชุดดินนี้ได้แก่ ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว ฉะเชิงเทรา รังสิต บางกอก ราชบุรี สระบุรีและอุดรดิตถ์ ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมตลอดระยะเวลาการบ่มดินอยู่ในระดับ 50 ถึง 140 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 2) กลุ่มชุดดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมต่ำถึงปานกลาง กลุ่มดินชุดนี้ได้แก่ ชุดดินมหาโพธิ์ พิมาย ร้อยเอ็ด สีทัน หนองบุญมาก ประทายและกุลาร้องไห้ ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมตลอดระยะเวลาการบ่มดินอยู่ในระดับ 10 ถึง 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การปลดปล่อยแอมโมเนียมหลังจากขังน้ำ 4 สัปดาห์ในทั้ง 2 กลุ่มชุดดินขึ้นกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน โดยเป็นไปตามสมการ $Y = 20.13 + 367.07 * (\% \text{Total N})$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.72 (ตารางที่ 3) จากผลการศึกษาดังกล่าว สามารถนำไปใช้คาดคะเนการปลดปล่อยแอมโมเนียมหลังขังน้ำที่ระยะเวลาต่างๆในชุดดินอื่นๆได้โดยรูปแบบการปลดปล่อยเป็นไปตามสมการ $Y = A - Be^{-ct}$ ซึ่งสามารถหาค่า A B และ C ของแต่ละชุดดินโดยใช้โปรแกรม SAS (Statistical Analysis System) และเมื่อคาดคะเนการปลดปล่อยแอมโมเนียมหลังขังน้ำที่ระยะเวลาต่างๆได้ ก็สามารถนำไปใช้ในการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนเบื้องต้นได้ โดยดินปลูกข้าวที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงไม่ต้องการปุ๋ยไนโตรเจน ดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมปานกลาง ไม่ต้องการปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยรองพื้นแต่ต้องการเป็นปุ๋ยแต่งหน้า ดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมต่ำ ต้องการปุ๋ยไนโตรเจนเป็นทั้งปุ๋ยรองพื้นและปุ๋ยแต่งหน้า (Ponnamperuma, 1964)

การศึกษานี้พบว่า ระดับของปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาสอดคล้องกับการทดลองในภาคสนาม โดยพบว่า ข้าวที่ปลูกในชุดดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงหลัง

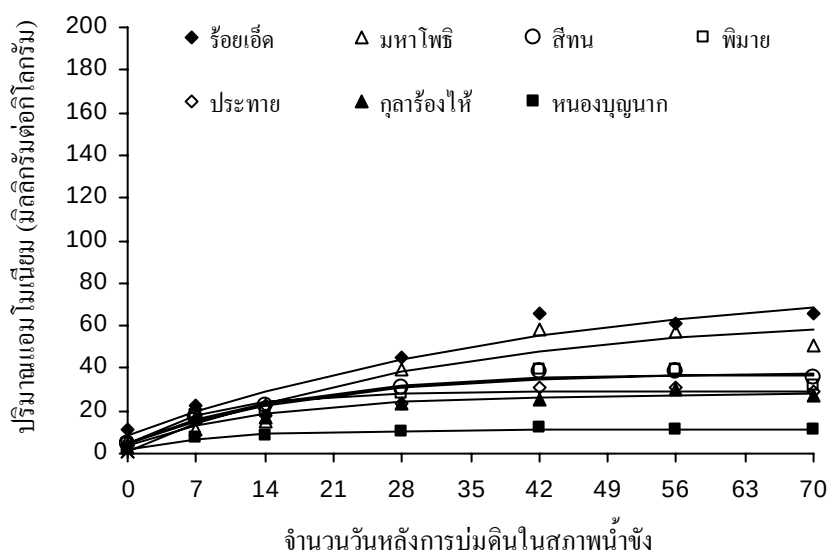
การบ่มดินในสภาพน้ำขังตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่ำกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมต่ำหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง จากข้อมูลในภาคสนาม พบว่า ชุดดินสระบุรีและน่าน ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่ำ คือ 4.4 และ 2.6 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (ตารางที่ 4) โดยจะเห็นว่าแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนได้ผลผลิตค่อนข้างสูง และเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ในกรณีของชุดดินกุลาร้องไห้ หนองบุญนา ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง คือ 14.0 – 22.7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ตามลำดับ ในกรณีของชุดดินพิมายและทุ่งสัมฤทธิ์นั้น มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมของดินทั้ง 2 อยู่ในระดับต่ำ ข้าวที่ปลูกในดิน 2 ชุดดินนี้ควรตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูง แต่กลับตอบสนองต่ำ เพราะเกษตรกรควบคุมน้ำได้ดีในช่วงใส่ปุ๋ยและมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย จึงทำให้การตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยไนโตรเจนต่ำ

ตารางที่ 2 สมการคาดคะเนการปลดปล่อยแอมโมเนียมที่ระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง
ของแต่ละชุดดินและค่า Residual Mean Square Error (RMSE) ของ 14 ชุดดิน และปริมาณ
แอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาที่ 28 วันหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง

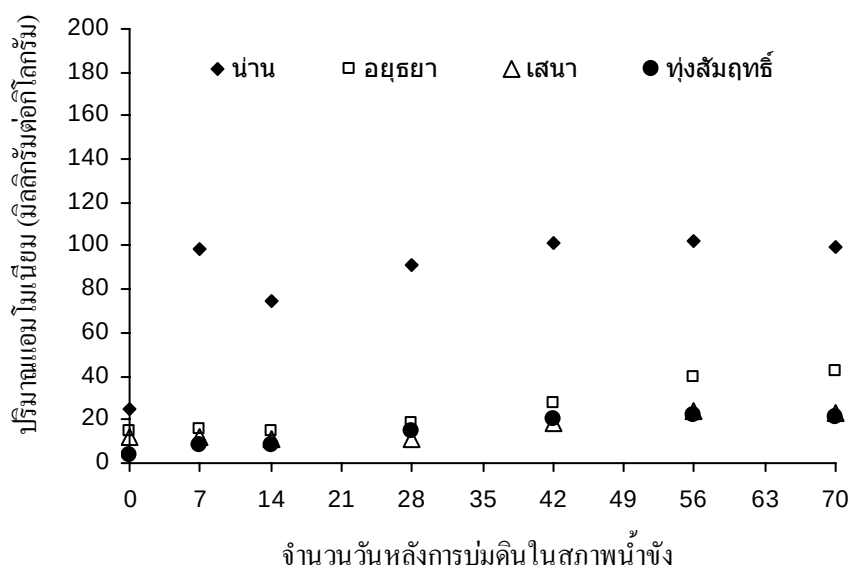
ชุดดิน	สมการ $Y = A - Be^{-ct}$	RMSE	ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อย ออกมาที่ 28 วันหลังการบ่มดินใน สภาพน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
บางน้ำเปรี้ยว	$Y = 162.80 - 159.10e^{-0.0579t}$	72.67	141.52
บางกอก	$Y = 117.80 - 106.20e^{-0.0354t}$	112.50	65.79
ละเชิงเทรา	$Y = 97.42 - 92.43e^{-0.0460t}$	98.59	91.92
รังสิต	$Y = 91.90 - 88.06e^{-0.0319t}$	78.11	59.05
ราชบุรี	$Y = 116.60 - 119.80e^{-0.0336t}$	108.63	82.17
อุตรดิตถ์	$Y = 101.10 - 89.19e^{-0.0521t}$	54.64	82.73
สระบุรี	$Y = 73.83 - 61.90e^{-0.0475t}$	33.95	59.37
มหาโพธิ์	$Y = 66.44 - 65.25e^{-0.0302t}$	46.59	39.96
ร้อยเอ็ด	$Y = 83.59 - 75.29e^{-0.0234t}$	43.04	44.77
พิจิตร	$Y = 37.73 - 33.16e^{-0.0552t}$	13.62	27.88
ประทาย	$Y = 28.95 - 24.41e^{-0.114t}$	6.77	22.55
กุลาเรืองไผ่	$Y = 27.89 - 23.86e^{-0.0705t}$	4.92	23.64
สีทัน	$Y = 38.27 - 33.76e^{-0.0591t}$	3.58	30.59
หนองบุญนา	$Y = 11.02 - 8.83e^{-0.1082t}$	0.42	9.96
อยุธยา	-	-	18.62
เสนา	-	-	10.92
ทุ่งสัมฤทธิ์	-	-	14.33
น่าน	-	-	91.57



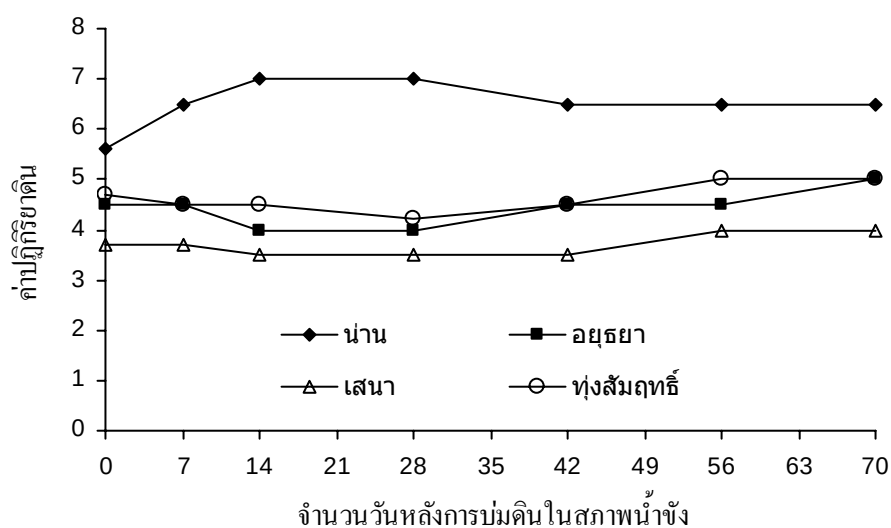
ภาพที่ 1 ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยในระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในกลุ่มชุดดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมปานกลางถึงสูง (จุดต่างๆ คือ แอมโมเนียมจากการวิเคราะห์ดิน เส้นกราฟ คือ แอมโมเนียมจากการคาดคะเนโดยสมการ)



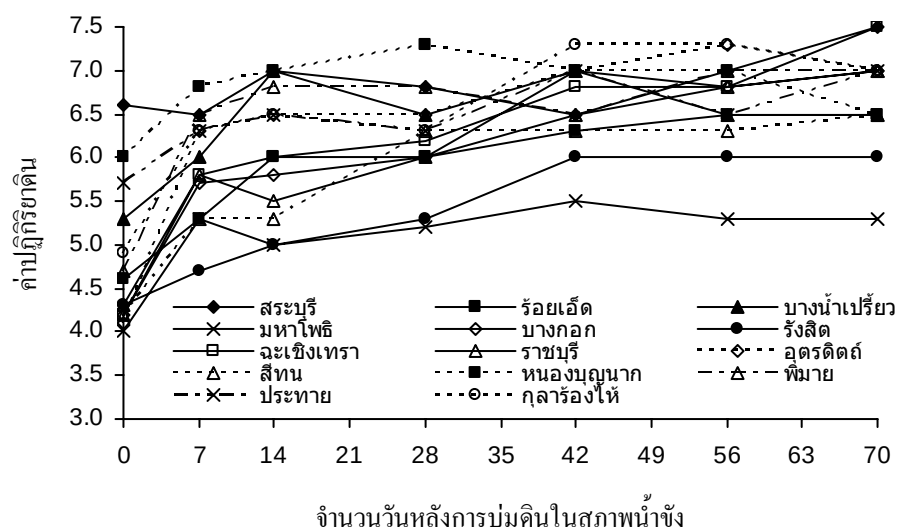
ภาพที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยในระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในกลุ่มชุดดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมต่ำถึงปานกลาง (จุดต่างๆ คือ แอมโมเนียมจากการวิเคราะห์ดิน เส้นกราฟ คือ แอมโมเนียมจากการคาดคะเนโดยสมการ)



ภาพที่ 3 ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาในระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในชุดดินน่าน อุยธยา เสนาและทุ่งสัมฤทธิ์



ภาพที่ 4 ค่าปฏิกิริยาดินที่ระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังในชุดดินน่าน อุยธยา เสนา และทุ่งสัมฤทธิ์



ภาพที่ 5 ค่าปฏิกิริยาดินที่ระยะเวลาต่างๆหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังในชุดดินต่างๆที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังขังน้ำ

ตารางที่ 3 ปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วัน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
จากการวิเคราะห์ดินและจากสมการคาดคะเนการปลดปล่อยแอมโมเนียม

ชุดดิน	Total N (gkg ⁻¹)	ปริมาณแอมโมเนียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
		จากการวิเคราะห์	จากสมการ
		Y = 20.1251+367.0736(%Total N)	
1. กลุ่มชุดดินที่มี Total N			
มากกว่า 0.9 gkg ⁻¹			
บางน้ำเปรี้ยว	2.0	141.52	93.54
มหาโพธิ์	1.8	39.69	86.20
บางกอก	1.7	65.79	82.53
ชะเชิงเทรา	1.7	91.92	82.53
รังสิต	1.6	59.09	78.86
ราชบุรี	1.5	82.17	75.19
สระบุรี	0.9	59.37	53.16
อุดรดิตถ์	0.9	82.73	53.16
2. กลุ่มชุดดินที่มี Total N			
น้อยกว่า 0.9 gkg ⁻¹			
ร้อยเอ็ด	0.4	44.77	34.16
พิจาย	0.3	27.88	31.14
ประทาย	0.2	22.55	27.47
กุลาไร่ให้	0.2	23.64	27.47
สีทัน	0.1	30.59	23.80
หนองบุญนาก	0.1	9.96	23.80

ตารางที่ 4 ปริมาณแอมโมเนียมที่ปลดปล่อยออกมาหลังการบ่มดินในสภาพน้ำจืด 28 วัน อัตราปุ๋ย
ไนโตรเจนที่ข้าวตอบสนองและผลผลิตในแปลงทดลองที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในบางชุดดิน
ที่ทำการศึกษา

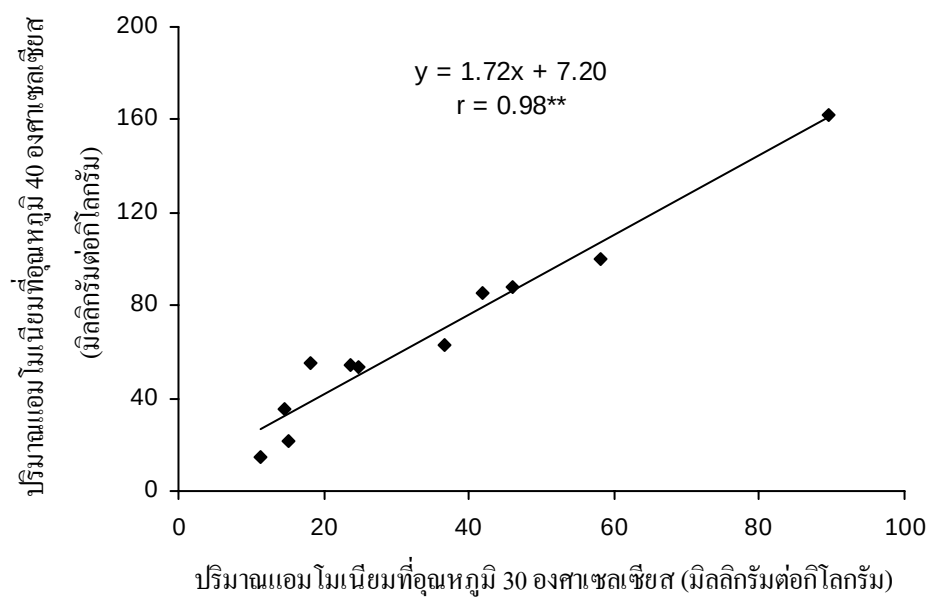
ชุดดิน	แอมโมเนียมที่ปลดปล่อย หลังบ่มดิน 28 วัน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	อัตราปุ๋ยไนโตรเจน ที่ข้าวตอบสนอง (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่)	ผลผลิตของแปลงทดลอง ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมต่อไร่)
สระบุรี	59.37	4.4	620
น่าน	91.57	2.6	979
กุลาร่องไห้	23.64	14.0	250
หนองบุญนา	9.96	22.7	309
พิมาย	27.88	1.96	358
ทุ่งสัมฤทธิ์	14.33	1.94	378

1.3 การศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิที่มีผลต่อการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขัง

ผลการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิที่มีผลต่อการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดิน 11 ชุดดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วัน พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมของทุกชุดดินที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีสูงกว่าปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 5) และการปลดปล่อยแอมโมเนียมหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วันที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($r = 0.98^{**}$) (ภาพที่ 6) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปลดปล่อยแอมโมเนียมที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในดินสภาพน้ำขัง สามารถปลดปล่อยแอมโมเนียมได้ใกล้เคียงกับที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และเป็นปริมาณแอมโมเนียมที่เป็นประโยชน์ที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (Kawaguchi และ Kyuma, 1969) ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมของดินที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิห้องปกติโดยทั่วไปจึงสามารถทำได้ง่าย สะดวกและลดค่าใช้จ่าย และสามารถนำไปใช้ประเมินความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนในดินได้แทนการวิเคราะห์แอมโมเนียมในสภาพน้ำขังที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 5 ปริมาณแอมโมเนียมในดิน 11 ชุดดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วันที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ชุดดิน	ปริมาณแอมโมเนียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
	อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
บางน้ำเปรี้ยว	89.54	171.69
บางกอก	58.05	121.89
ละเชิงเทรา	41.76	108.24
รังสิต	23.59	74.60
ราชบุรี	24.78	79.49
อุดรดิตถ์	45.94	98.87
สระบุรี	36.60	66.73
อยุธยา	11.24	18.11
เสนา	15.06	23.52
มหาโพธิ์	14.63	50.41
ร้อยเอ็ด	18.27	70.10



ภาพที่ 6 สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมของดิน 11 ชุดดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วันที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

1.4 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆและปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังขังน้ำ 2 และ 4 สัปดาห์

1.4.1 การศึกษาปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆ

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด 4 ชนิด พบว่าปริมาณแอมโมเนียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด 2 *N* KCl มีค่าอยู่ในพิสัย 25.01-75.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำยาสกัด Mehlich I มีค่าอยู่ในพิสัย 3.74-67.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำยาสกัด 0.25 *M* H₂SO₄ มีค่าอยู่ในพิสัย 5.71-70.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และน้ำยาสกัด 1% ascorbic acid มีค่าอยู่ในพิสัย 0.24-8.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 6) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอมโมเนียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัดทั้ง 4 ชนิด พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด 2 *N* KCl มีค่าสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด 0.25 *M* H₂SO₄, Mehlich I และ 1% ascorbic acid ตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งในทุกชุดดินที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด 2 *N* KCl, 0.25 *M* H₂SO₄ และ Mehlich I มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและค่าปฏิกิริยาดิน โดยดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและค่าปฏิกิริยาดินสูงจะมีปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งมากกว่าดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและค่าปฏิกิริยาดินต่ำ ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาที่ IRRI ในปี 1977 รายงานว่าปริมาณแอมโมเนียมขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ อุณหภูมิดินและสมบัติของดินนั้นๆ และ Wada (1966) พบว่า การสลายตัวของคลอโรฟิลล์เกิดขึ้นได้ช้าในดินที่มีปฏิกิริยาดินต่ำกว่า 4 แต่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในดินที่มีสภาพเป็นกลางและด่าง เช่นเดียวกับ Gorham (1959) ที่พบว่า การสลายตัวของสารประกอบคลอโรฟิลล์จะเกิดขึ้นได้น้อยในดินที่มีสภาพเป็นกรดแต่เกิดขึ้นได้มากขึ้นเมื่อปฏิกิริยาของดินเพิ่มขึ้น ซึ่งการสลายตัวของสารประกอบคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll-type compound) มีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณ mineralizable nitrogen ที่ปลดปล่อยออกมาจากอินทรีย์วัตถุ (Hoyt, 1966) ส่วนปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด 1% ascorbic acid ไม่ขึ้นกับปริมาณอินทรีย์วัตถุและค่าปฏิกิริยาดิน

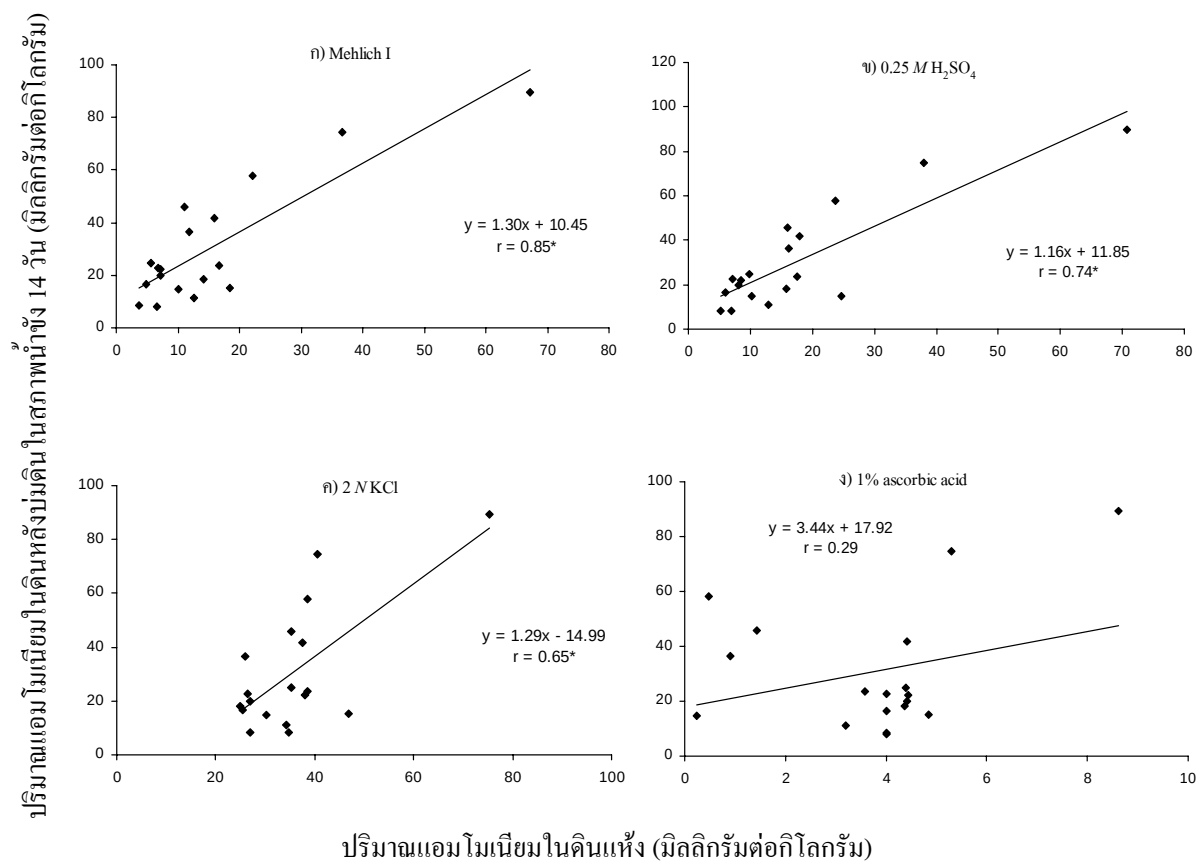
1.4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งและปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 และ 28 วัน

ผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด 4 ชนิด และปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 และ 28 วัน เมื่อบ่มดินที่อุณหภูมิ

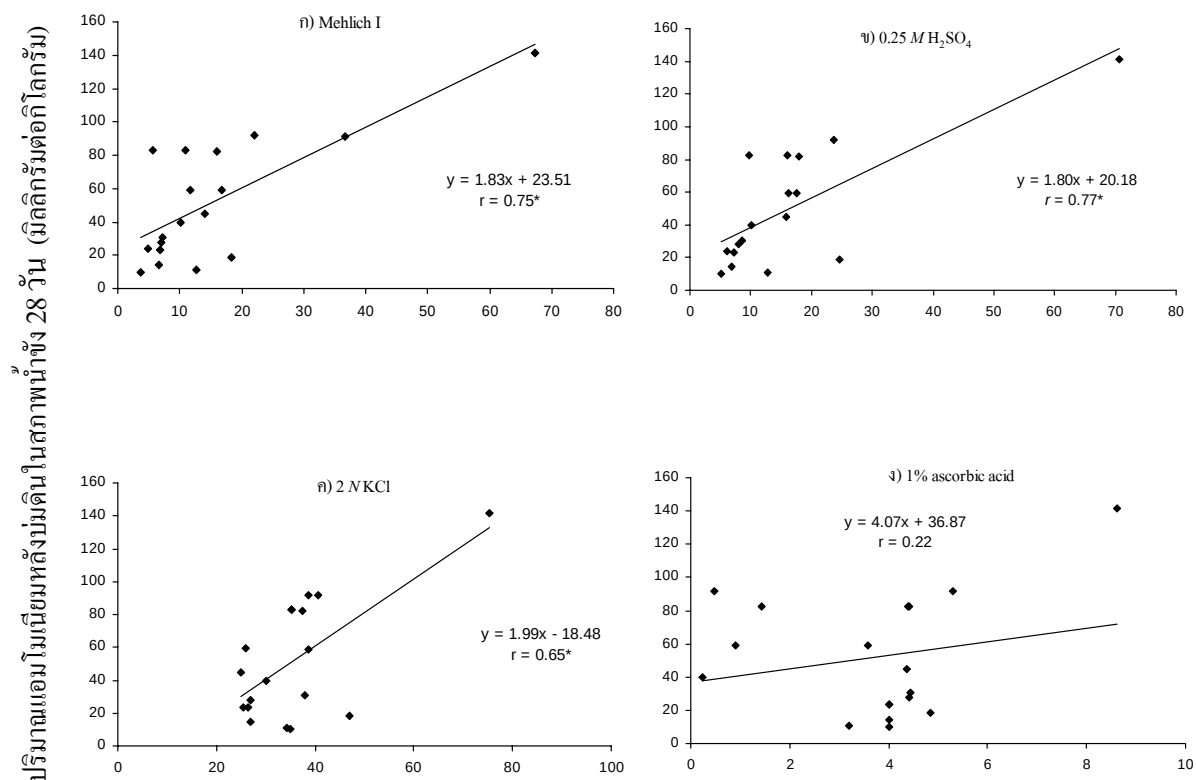
30 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I และ $0.25\text{ M H}_2\text{SO}_4$ มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วัน (ภาพที่ 7ก และ 7ข) และมีสหสัมพันธ์สูงกว่าปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วัน (ภาพที่ 8ก และ 8ข) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.85 และ 0.74 ขณะที่หลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วันมีค่าเท่ากับ 0.75 และ 0.77 ตามลำดับ รองลงมาคือน้ำยาสกัด 2 N KCl โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.65 ในทั้งดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 และ 28 วัน (ภาพที่ 7ค และ 8ค) สำหรับปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดโดยน้ำยาสกัด 1% ascorbic acid ไม่พบสหสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 และ 28 วัน (ภาพที่ 7ง และ 8ง) จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I และ $0.25\text{ M H}_2\text{SO}_4$ สามารถใช้วิเคราะห์และประเมินปริมาณไนโตรเจนในดินได้ว่าเพียงพอต่อการปลูกพืชหรือไม่ ซึ่งปริมาณแอมโมเนียมหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 และ 28 วันนี้เป็นปริมาณที่เป็นประโยชน์ที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ (Ponnamperuma, 1964) ดังนั้นเกษตรกรสามารถวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งก่อนปลูกข้าวและนำค่าที่ได้มาคาดคะเนการใส่ปุ๋ยและผลผลิตข้าวแทนการใช้ปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 และ 28 วันได้ และน้ำยาสกัด Mehlich I หรือ $0.25\text{ M H}_2\text{SO}_4$ เหมาะสมที่จะใช้เป็นน้ำยาสกัดแอมโมเนียมในดินแห้งได้ดีกว่าน้ำยาสกัด 2 N KCl และ 1% ascorbic acid

ตารางที่ 6 ปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้ง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่สกัดโดยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆ

ชุดดิน	Total N (gkg ⁻¹)	ชนิดของน้ำยาสกัด			
		2 N KCl	Mehlich I	0.25 M H ₂ SO ₄	1% ascorbic acid
บางน้ำเปรี้ยว	2.0	75.33	67.28	70.72	8.61
บางกอก	1.7	38.60	22.06	23.64	0.47
ชะเชิงเทรา	1.7	37.47	15.95	17.93	4.41
รังสิต	1.6	38.53	16.78	17.51	3.59
ราชบุรี	1.5	35.29	5.71	9.83	4.40
อุดรดิตถ์	0.9	35.25	11.02	15.95	1.43
สระบุรี	0.9	25.84	11.79	16.28	0.91
อยุธยา	0.9	46.93	18.42	24.68	4.85
เสนา	1.1	34.20	12.66	12.84	3.21
มหาโพธิ์	1.8	30.17	10.12	10.20	0.24
ร้อยเอ็ด	0.4	25.01	14.11	15.78	4.37
ทุ่งสัมฤทธิ์	0.4	26.83	6.67	6.87	4.00
พิมาย	0.3	26.83	7.11	8.07	4.42
ประทาย	0.2	26.38	6.77	7.20	4.00
กุลาร่องไห้	0.2	25.41	4.87	6.03	4.00
สีทน	0.1	37.94	7.23	8.53	4.43
พิสัย	0.1-2.0	25.01-75.33	3.74-67.28	5.71-70.72	0.24-8.61



ภาพที่ 7 สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆและในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I



ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินแห้ง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ภาพที่ 8 สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดชนิดต่างๆและในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I

การทดลองที่ 2 การทดลองในแปลงนาเกษตรกร

1. การศึกษาการตอบสนองของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ต่อปุ๋ยไนโตรเจนจากการคาดคะเนโดยโปรแกรม DSSAT

1.1 ผลผลิตของข้าว

1.1.1 น้ำหนักแห้งของเมล็ด

การตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างๆ ตามดำรับการทดลอง พบว่า ดำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ดำรับควบคุม) ให้น้ำหนักเมล็ดแตกต่างกับดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกดำรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบในกลุ่มดำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้วยกัน พบว่า ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 14 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้น้ำหนักเมล็ดสูงสุดคือ 804 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 21 และ 7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้น้ำหนักเมล็ด 783 และ 780 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักเมล็ดของข้าวในกลุ่มดำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7)

การที่ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนเนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในดินก่อนปลูกมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งยังไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว และเมื่อพิจารณาน้ำหนักเมล็ดในกลุ่มดำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า น้ำหนักเมล็ดในดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ มีค่าน้ำหนักเมล็ดไม่แตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในดินก่อนปลูกนั้นอยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อดินอยู่ในสภาพน้ำขังปริมาณไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดกระบวนการ mineralization จากอินทรีย์วัตถุ และปริมาณแอมโมเนียมนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 20 วัน (Cholittkul, 1967) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Broadbent (1978) ที่พบว่า แหล่งของไนโตรเจนสำหรับนาข้าวส่วนใหญ่ได้มาจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ แม้จะมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปอัตราสูงก็ตาม ไนโตรเจนประมาณ 50-80 % หรือมากกว่านั้นในต้นข้าวได้มาจากอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยกระบวนการ nitrogen mineralization คือ amines และในที่สุดก็กลายเป็นแอมโมเนียม นอกจากนี้ในดินสภาพน้ำขัง สามารถเกิดกระบวนการตรึงไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ได้ ซึ่งการตรึงไนโตรเจนในดินนาประเทศไทยเกิดขึ้น

ประมาณ 0.8 ถึง 3.2 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี (Matsuguchi และคณะ, 1974) ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของดินและปริมาณฟอสเฟตในดิน ด้วยเหตุนี้อาจทำให้ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่ำ และเมื่อศึกษาการตอบสนองของข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ให้กับดินโดยวิธี Linear Response Plateau พบว่า ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 4.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (ภาพที่ 9) ซึ่งให้ผลผลิตข้าวเท่ากับ 790 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เนื่องจากการศึกษานี้ไม่มีค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 4.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทำให้ข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตราใกล้เคียงคือ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตข้าวเท่ากับ 780 กิโลกรัมต่อไร่

1.1.2 น้ำหนักแห้งของตอซังข้าว

น้ำหนักแห้งของตอซังข้าวจากการทำการทดลองต่าง ๆ พบว่า ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งตอซังแตกต่างกับค่ารับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับในกลุ่มค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่าน้ำหนักแห้งของตอซังไม่มีความแตกต่างกับค่ารับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ยกเว้นค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้วยกัน พบว่า ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีน้ำหนักแห้งตอซังแตกต่างกับค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกับค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 14 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (ตารางที่ 7)

การที่น้ำหนักแห้งของตอซังข้าวตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากข้าวต้องการไนโตรเจนในการสร้างใบ และทำให้ข้าวมีการแตกกอดี มีความสูงและการเจริญเติบโตทางลำต้นของพืชมาก (สถาบันวิจัยข้าว, 2545) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยไนโตรเจน ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนช่วยเพิ่มการแตกกอและผลผลิตข้าว (สุมน, 2514; ประยงค์และคณะ, 2516; ประเสริฐและคณะ, 2522; กิ่งแก้วและคณะ, 2543)

จากผลการศึกษา พบว่า ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้อัตราส่วนเมล็ดต่อตอซังสูงสุด รองลงมาคือ ค่ารับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 14 และ 21 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

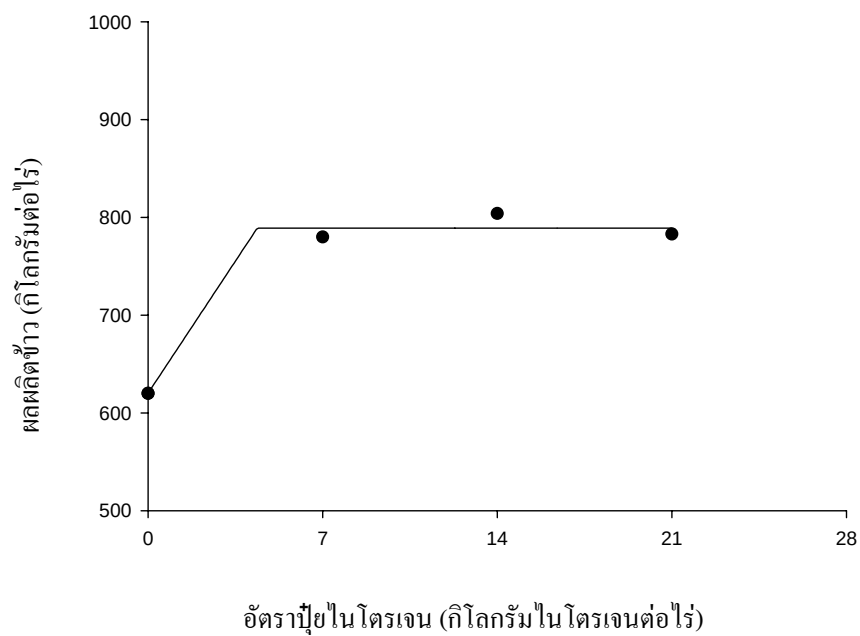
ตารางที่ 7 การตอบสนองของผลผลิตข้าวและน้ำหนักแห้งตอซังต่อปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ ในแปลงทดลองตำบลคอนโพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

ดำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้งเมล็ด (กิโลกรัมต่อไร่)	น้ำหนักแห้งตอซัง (กิโลกรัมต่อไร่)	อัตราส่วนเมล็ด:ตอซัง
1. ใส่ปุ๋ยอัตรา 0-3-6	620b ^{1/}	1108c	0.56
2. ใส่ปุ๋ยอัตรา 7-3-6	780a	1311bc	0.60
3. ใส่ปุ๋ยอัตรา 14-3-6	804a	1574ab	0.51
4. ใส่ปุ๋ยอัตรา 21-3-6	783a	1793a	0.44
F-test	*	*	
cv (%)	7.46	17.3	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน และอยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์โดยวิธี DMRT

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

$$Y = 620 + 38.57 * (\text{if } x < 4.39) \text{ adj. } R^2 = 0.95^{**}$$



ภาพที่ 9 การตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ โดยวิธี Linear Response Plateau Method (LRP) (สัญลักษณ์ จุด คือ ผลผลิตข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในแปลงทดลอง เส้นกราฟ คือ ผลผลิตข้าวที่ได้จากการคาดคะเนโดยวิธี LRP)

1.2. องค์ประกอบผลผลิต

1.2.1. จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

ผลของการใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่างๆต่อจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร พบว่า จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรในดำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนแตกต่างกับดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 7 และ 14 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกับดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ โดยที่ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 7 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่มีจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรสูงสุด รองลงมาคือ ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 14 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ ดำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน และดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 8) แสดงว่า การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราต่ำถึงปานกลางมีผลต่อการเพิ่มจำนวนรวงต่อพื้นที่ เนื่องจากธาตุไนโตรเจนมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของข้าว ทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตมากขึ้น เพิ่มความสูง การแตกกอและการสร้างรวงของข้าว (สถาบันวิจัยข้าว, 2545) ขณะที่การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราสูงทำให้จำนวนรวงต่อพื้นที่ลดลง

1.2.2 จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

จากตารางที่ 8 จำนวนเมล็ดดีต่อรวงในดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 7 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่มีจำนวนเมล็ดดีมากกว่าดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 14 และ 21 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่และดำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราสูง (อัตรา 14 และ 21 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่) อาจทำให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงลดลง เนื่องจากข้าวที่ได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้ใบข้าวยาวและกว้างกว่าปกติ ใบบางลง ใบข้าวจึงอ่อนและโค้ง เป็นเหตุให้ใบบนบังแสงใบล่าง ลำต้นยืดตัวมากไม่แข็งแรงและล้มง่าย ผลผลิตจึงลดลง (ขงยุทธ, 2546)

1.2.4 น้ำหนักเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ด

ผลของปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่างๆต่อน้ำหนักเมล็ดข้าว 1,000 เมล็ด พบว่า ทุก
 ดำรับการทดลองให้น้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ น้ำหนักเมล็ด 1,000
 เมล็ดมีน้ำหนักใกล้เคียงกันทุกดำรับการทดลอง (ตารางที่ 8)

1.2.5 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ (%)

ผลของปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่างๆต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ พบว่า ทุกดำรับการ
 ทดลองมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบใกล้เคียงกันทุกดำรับ
 การทดลอง (ตารางที่ 8) โดยดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราสูงมีแนวโน้มทำให้มีเปอร์เซ็นต์
 เมล็ดลีบมากกว่าดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่ำ

ตารางที่ 8 ผลของปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆต่อจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด (กรัม) และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ในแปลงทดลองตำบลคอนโพธิ์ทอง อำเภอมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

ดำรับการทดลอง	จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตร.ม.	จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	น้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ
1. ใส่ปุ๋ยอัตรา 0-3-6	298b ^{1/}	50b	27.52a	16.49a
2. ใส่ปุ๋ยอัตรา 7-3-6	335a	67a	27.52a	16.87a
3. ใส่ปุ๋ยอัตรา 14-3-6	305b	46b	27.04a	21.15a
4. ใส่ปุ๋ยอัตรา 21-3-6	292b	46b	26.76a	19.39a
F-test	*	*	ns	ns
cv (%)	12.5	15.6	11.4	27.6

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน และอยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์โดยวิธี DMRT
 ns และ * = ไม่แตกต่างกันทางสถิติและแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามลำดับ

1.3 ปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในเมล็ดข้าว และปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ข้าวดูดคั่งสะสมไว้ในเมล็ดข้าว

ปริมาณธาตุอาหารต่างๆและปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวดูดคั่งสะสมไว้ในเมล็ดข้าวที่ปลูกในชุดดินสระบุรี ได้แสดงไว้ในตารางที่ 9

1.3.1 ไนโตรเจน

เมื่อพิจารณาปริมาณของธาตุไนโตรเจนในเมล็ดข้าวที่ได้รับอิทธิพลจากปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า คำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆมีปริมาณสูงกว่าคำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้เป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติยกเว้นคำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เมื่อพิจารณาในกลุ่มคำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า คำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่จะมีปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวแตกต่างกับคำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7 และ 14 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และเป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ในคำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7 และ 14 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

เมื่อพิจารณาปริมาณของธาตุไนโตรเจนที่ข้าวดูดคั่งสะสมในเมล็ดข้าวที่ได้รับอิทธิพลจากปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า คำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ มีปริมาณสูงกว่าคำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และเป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อพิจารณาในกลุ่มคำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า คำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวดูดคั่งสะสมในเมล็ดข้าวสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับคำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7 และ 14 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (ตารางที่ 9) โดยผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกับปริมาณของธาตุไนโตรเจนในเมล็ดข้าว

1.3.2 ฟอสฟอรัส

เมื่อพิจารณาปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวที่ได้รับอิทธิพลจากปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า ทุกค่ารับการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสที่ข้าวดูดคั่งสะสมในเมล็ดข้าว (ตารางที่ 9)

1.3.3 โพแทสเซียม

เมื่อพิจารณาปริมาณของธาตุโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวที่ได้รับอิทธิพลจากปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า ทุกค่ารับการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมในตอซังไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับปริมาณของธาตุโพแทสเซียมที่ข้าวดูดคั่งสะสมในเมล็ดข้าว (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ผลของปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆต่อปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าว และปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวดูดดึงสะสมไว้ในเมล็ดข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) ในแปลงทดลองตำบลคอนโพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

คำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าว (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวดูดดึงสะสมไว้ในเมล็ดข้าว (กก.ต่อไร่)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
1. ใส่ปุ๋ยอัตรา 0-3-6	0.99c ^{1/}	0.26a	0.25a	6.14b ^{1/}	1.61a	1.55a
2. ใส่ปุ๋ยอัตรา 7-3-6	1.06bc	0.28a	0.27a	8.27a	2.18a	2.11a
3. ใส่ปุ๋ยอัตรา 14-3-6	1.09b	0.27a	0.25a	8.77a	2.17a	2.01a
4. ใส่ปุ๋ยอัตรา 21-3-6	1.17a	0.28a	0.27a	9.17a	2.19a	2.12a
F-test	*	ns	ns	*	ns	ns
cv (%)	4.47	5.11	5.85	11.50	6.09	6.51

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน และอยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์โดยวิธี DMRT
 ns และ * = ไม่แตกต่างกันทางสถิติและแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามลำดับ

1.4 ปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในตอซังข้าว และปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ข้าวดูดคั่งสะสมไว้ในตอซังข้าว

ปริมาณธาตุอาหารต่างๆและปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวดูดคั่งสะสมไว้ในส่วนของตอซังข้าวที่ปลูกในชุดดินสระบุรี แสดงดังตารางที่ 10

1.4.1 ไนโตรเจน

เมื่อพิจารณาปริมาณของธาตุไนโตรเจนในตอซังข้าวที่ได้รับอิทธิพลจากปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ มีปริมาณสูงกว่าค่ารับที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้เป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อพิจารณาในกลุ่มค่ารับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนในตอซังแตกต่างกับค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7 และ 14 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่และเป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ในค่ารับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7 และ 14 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนในตอซังไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกับปริมาณของธาตุไนโตรเจนที่ข้าวดูดคั่งสะสมในตอซังข้าว (ตารางที่ 10)

1.4.2 ฟอสฟอรัส

เมื่อพิจารณาปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสในตอซังข้าวที่ได้รับอิทธิพลจากปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ มีปริมาณสูงกว่าค่ารับที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้เป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ยกเว้นค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เมื่อพิจารณาในกลุ่มค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 21 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสในตอซังแตกต่างกับค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7 และ 14 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7 และ 14 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสในตอซังไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10)

เมื่อพิจารณาปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสที่ข้าวคุดคึ่งสะสมในตอซังข้าวที่ได้รับอิทธิพลจากปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า การตอบสนองของข้าวไม่เด่นชัด ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในตอซังข้าวในทุกคำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสในตอซังข้าวอยู่ในช่วง 0.8 ถึง 1.6 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 10)

1.4.3 โพแทสเซียม

เมื่อพิจารณาปริมาณของธาตุโพแทสเซียมในตอซังข้าวที่ได้รับอิทธิพลจากปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ พบว่า ทุกคำรับการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมในตอซังข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกับปริมาณของธาตุโพแทสเซียมที่ข้าวคุดคึ่งสะสมในตอซังข้าว (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ผลของปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆต่อปริมาณธาตุอาหารในตอซังข้าวและปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวดูดคั่งสะสมไว้ในตอซังข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) ในแปลงทดลองตำบลดอนโพธิ์ทอง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

ดำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารในตอซังข้าว (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวดูดคั่งสะสมไว้ในตอซังข้าว (กก.ต่อไร่)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
1. ใส่ปุ๋ยอัตรา 0-3-6	0.58b ¹	0.13b	1.03a	3.59c ^{1/}	0.81a	6.38a
2. ใส่ปุ๋ยอัตรา 7-3-6	0.67b	0.14b	1.02a	5.23b	1.09a	7.96a
3. ใส่ปุ๋ยอัตรา 14-3-6	0.69b	0.16b	1.08a	5.55b	1.29a	8.69a
4. ใส่ปุ๋ยอัตรา 21-3-6	0.91a	0.21a	1.12a	7.13a	1.65a	8.77a
F-test	*	*	ns	*	ns	ns
cv (%)	17.39	16.84	11.54	17.39	10.60	12.50

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน และอยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการวิเคราะห์โดยวิธี DMRT

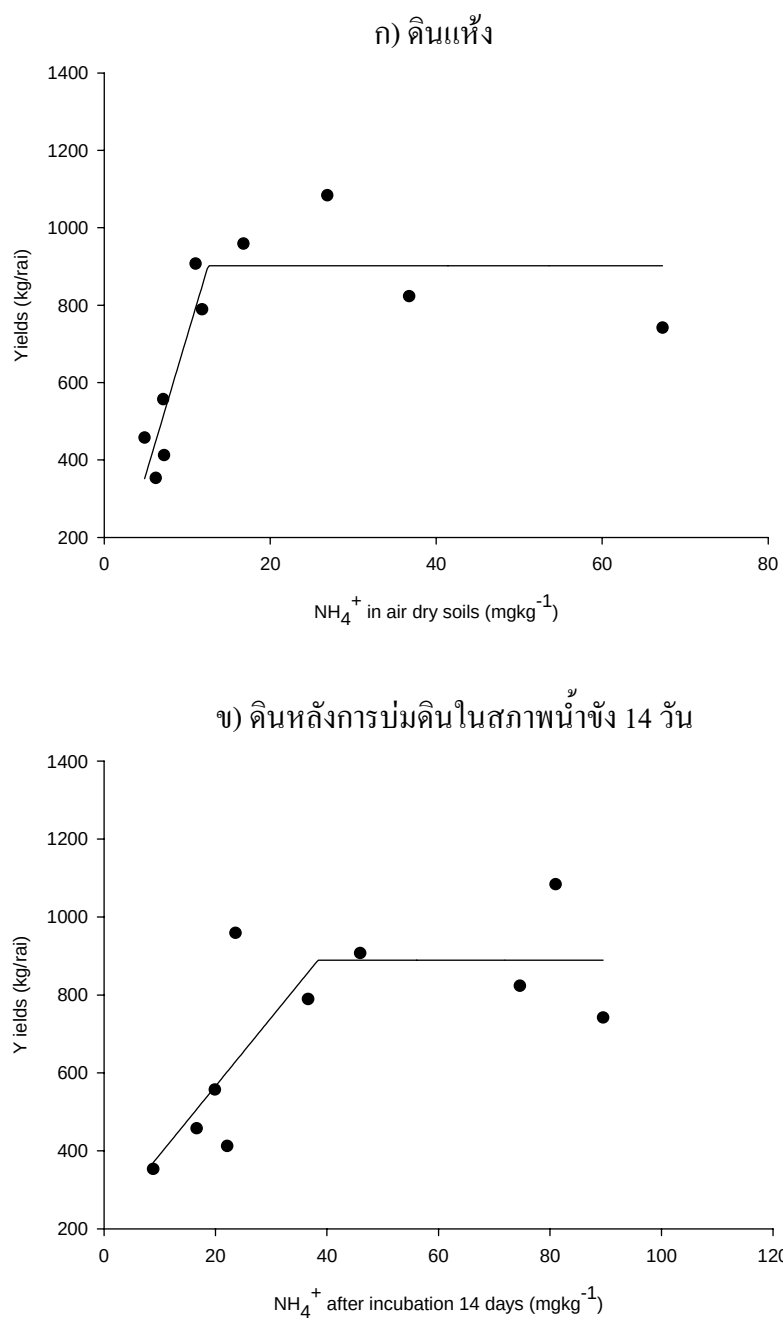
ns และ * = ไม่แตกต่างกันทางสถิติและแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามลำดับ

1.5 ค่าวิกฤตของแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าวในภาคเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

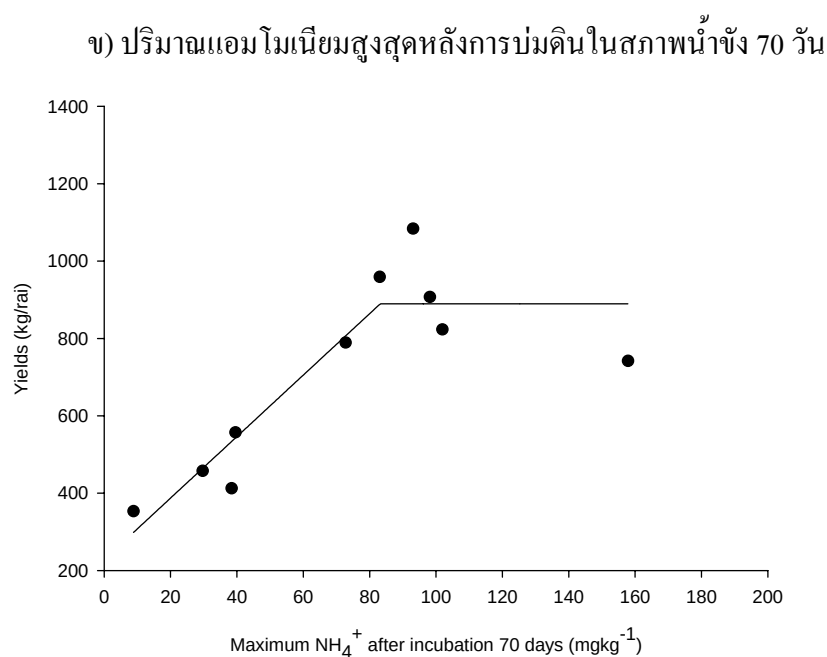
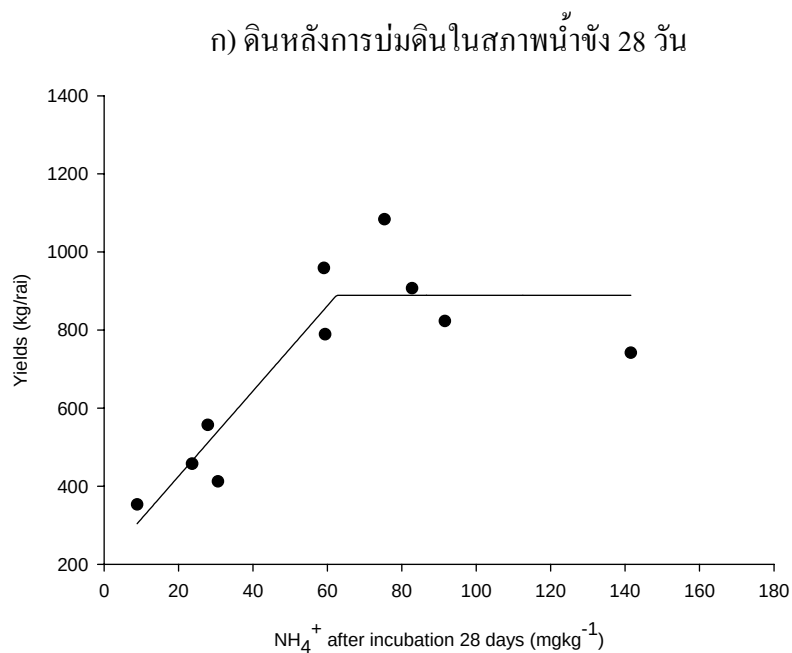
จากการศึกษาหาค่าวิกฤตของแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าว พบว่า ค่าวิกฤตของแอมโมเนียมจากการหาความสัมพันธ์โดยวิธี Linear Response Plateau method ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งและผลผลิตข้าวที่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 11) มีค่าเท่ากับ 12.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.73 (ภาพที่ 10ก) สำหรับค่าวิกฤตของแอมโมเนียมระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังขังน้ำ 14 และ 28 วันและปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดหลังขังน้ำ 70 วันกับผลผลิตข้าวที่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 38.39 62.45 และ 83.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.51 0.77 และ 0.80 ตามลำดับ (ภาพที่ 10ข 11ก และ 11ข) เมื่อเปรียบเทียบค่าวิกฤตของแอมโมเนียม พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้ง ปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังขังน้ำ 28 วันและปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดหลังขังน้ำ 70 วัน มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับผลผลิตข้าวที่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถหาค่าวิกฤตของแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าวได้จากปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้ง ปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังขังน้ำ 28 วันและปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดหลังขังน้ำ 70 วัน โดยมีค่าวิกฤตของแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าวเท่ากับ 12.53 62.45 และ 83.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การหาค่าวิกฤตจากปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้ง สามารถทำได้ง่าย รวดเร็วและสะดวกมากกว่าการหาจากปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังขังน้ำ 28 วันหรือปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดหลังขังน้ำ 70 วัน ซึ่งต้องใช้เวลาบ่มดินนาน ดังนั้นจากผลการศึกษาดังกล่าวอาจใช้ปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งเป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของข้าว จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า ชุดดินอุตรดิตถ์ สระบุรี สีทน ขอนแก่น กุลาเรืองไผ่ และพิมาย ซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งต่ำกว่า 12.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จึงตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ยกเว้นชุดดินอุตรดิตถ์ที่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่ำมาก ส่วนชุดดินพาน น่าน บางน้ำเปรี้ยวและรังสิต ซึ่งมีปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งสูงกว่า 12.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จึงไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ยกเว้นชุดดินพานตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน

ตารางที่ 11 สมการคาดคะเนการตอบสนองของผลผลิตข้าวในชุดดินต่างๆจากแปลงเกษตรกร ผลผลิตข้าวจากการคาดคะเนโดยสมการ (กิโลกรัมต่อไร่) และปริมาณแอมโมเนียมที่ระยะเวลาต่างๆ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ชุดดิน	สมการ	Adj.R ²	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณแอมโมเนียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			
				ดินแห้ง	หลังขังน้ำ 14 วัน	หลังขังน้ำ 28 วัน	ปริมาณสูงสุด
อุดรดิตถ์	$Y = 848 + 30.2 * (\text{if } x < 1.96)$	0.33	907.19	11.02	45.94	82.73	98.19
พาน	$Y = 723.75 + 27.15 * (\text{if } x < 11.6)$	0.84	899.81	26.88	81.02	75.33	93.08
น่าน	$Y = 882.77 + 46.1 * (\text{if } x < 2.54)$	0.34	999.86	36.74	74.61	91.57	101.92
บางน้ำเปรี้ยว	$Y = 585 + 44.68 * (\text{if } x < 3.51)$	0.40	741.83	67.28	89.54	141.52	157.88
รังสิต	$Y = 869 + 38.26 * (\text{if } x < 2.35)$	0.22	958.91	16.78	23.59	59.05	83.07
สระบุรี	$Y = 619.76 + 38.61 * (\text{if } x < 4.39)$	0.95	789.58	11.79	36.60	59.37	72.79
สีทน	$Y = 321 + 19 * (\text{if } x < 4.81)$	0.23	412.39	7.23	22.08	30.59	38.40
ขอนแก่น	$Y = 268 + 16.6 * (\text{if } x < 5.14)$	0.26	353.32	6.22	8.81	8.87	8.87
กุลาห้องใต้	$Y = 275 + 13.1 * (\text{if } x < 13.95)$	0.80	457.75	4.87	16.61	23.64	29.69
พิมาย	$Y = 303.1 + 14.69 * (\text{if } x < 17.3)$	0.99	557.24	7.11	19.88	27.88	39.56



ภาพที่ 10 ค่าวิกฤตของแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้ง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และ ดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วัน บ่มดินที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลผลิตข้าวจากการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมต่อไร่)



ภาพที่ 11 ค่าวิกฤตของแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วัน และ ปริมาณแอมโมเนียมสูงสุดในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 70 วัน บ่มดินที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และผลผลิตข้าวจากการตอบสนอง ต่อปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัมต่อไร่)

2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอมโมเนียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินสภาพน้ำขังในช่วงระยะเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโตในสภาพไร่

2.1 ปริมาณแอมโมเนียม

ปริมาณแอมโมเนียมในทุกคำรับการทดลองหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมในทุกคำรับการทดลองมีปริมาณสูงหลังใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากใส่ปุ๋ย 2 สัปดาห์ แล้วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอีกครั้งที่ 4 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย เนื่องจากเป็นช่วงที่ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียมในทุกคำรับการทดลองลดลงหรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึง 10 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย จากนั้นปริมาณแอมโมเนียมในทุกคำรับการทดลองจะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึง 14 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย เนื่องจากที่ 10 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ยมีการระบายน้ำออกเพื่อเตรียมเก็บเกี่ยว ปริมาณแอมโมเนียมลดลงเนื่องจากเกิดกระบวนการ nitrification ทำให้แอมโมเนียมเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรด สำหรับปริมาณแอมโมเนียมหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วสกัดด้วยน้ำยาสกัด 2 *N* KCl พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมในทุกคำรับการทดลองหลังจากใส่ปุ๋ยมีปริมาณสูงหลังใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากใส่ปุ๋ย 2 สัปดาห์ ปริมาณแอมโมเนียมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแล้วคงที่จนถึง 12 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย จากนั้นจึงลดลงอย่างรวดเร็วที่ 14 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย โดยปริมาณแอมโมเนียมในทุกคำรับการทดลองในช่วงเวลาต่างๆ เป็นไปในทางเดียวกับปริมาณแอมโมเนียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich I (ภาพที่ 12) เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณแอมโมเนียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I สูงกว่าปริมาณแอมโมเนียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด 2 *N* KCl

2.2 ปริมาณฟอสฟอรัส

ปริมาณฟอสฟอรัสในทุกคำรับการทดลองหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในทุกคำรับการทดลองหลังใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 มีปริมาณคงที่จนถึง 10 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นปริมาณฟอสฟอรัสในทุกคำรับการทดลองลดลงอย่างรวดเร็วจนถึง 14 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วสกัดด้วยน้ำยาสกัด Bray II พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในทุกคำรับการทดลองหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึง 10 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ยและลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยปริมาณฟอสฟอรัสในทุกคำรับการทดลองในช่วงเวลาต่างๆ เป็นไปในทางเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich I

(ภาพที่ 13) เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I สูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด Bray II

2.3 ปริมาณโพแทสเซียม

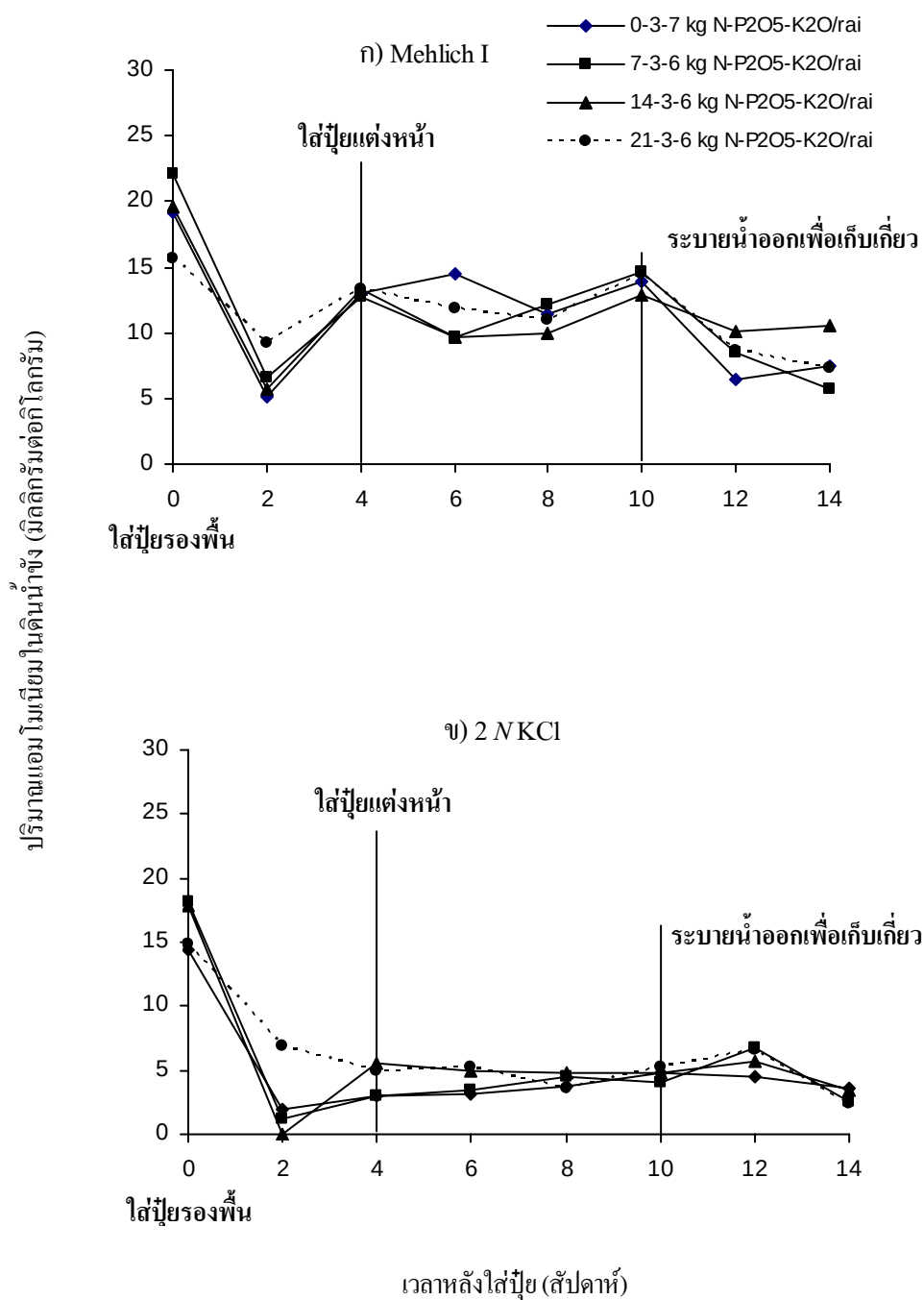
ปริมาณโพแทสเซียมในทุกคำรับการทดลองหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ในทุกคำรับการทดลองลดลงจนถึง 10 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นปริมาณโพแทสเซียมในทุกคำรับการทดลองเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงที่ 14 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย สำหรับปริมาณโพแทสเซียมหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วสกัดด้วยน้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในทุกคำรับการทดลองหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึง 10 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย ยกเว้นคำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน 7 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ หลังจากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึง 10 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย ปริมาณโพแทสเซียมในทุกคำรับการทดลองเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึง 14 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย โดยปริมาณโพแทสเซียมในทุกคำรับการทดลองในช่วงเวลาต่างๆเป็นไปในทางเดียวกับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I (ภาพที่ 14) เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc

2.4 ปริมาณแคลเซียม

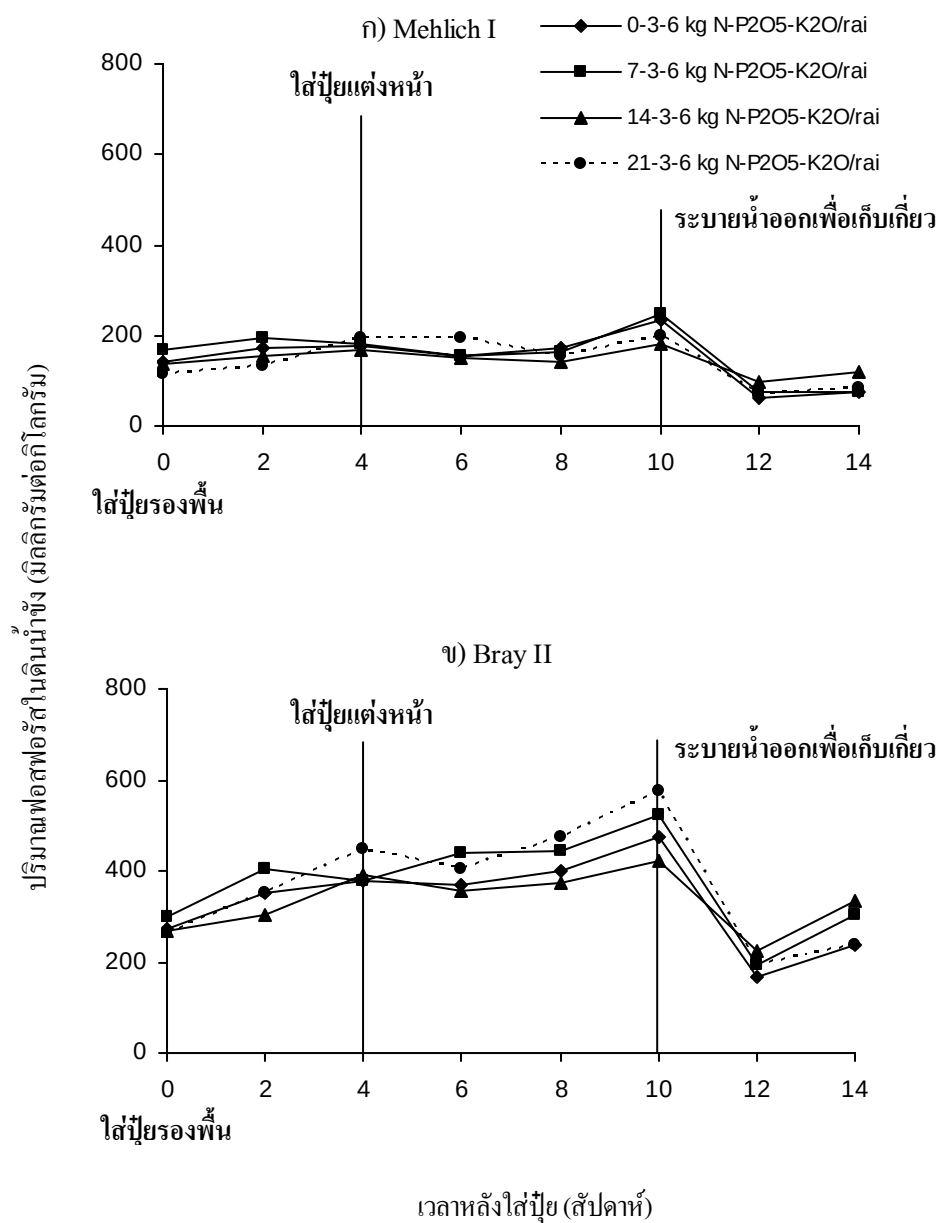
ปริมาณแคลเซียมในทุกคำรับการทดลองหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I พบว่า ปริมาณแคลเซียมในทุกคำรับการทดลองเพิ่มขึ้นหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 จนถึง 2 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นปริมาณแคลเซียมในทุกคำรับการทดลองลดลงที่ 4 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ 6 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นลดลงจนถึง 12 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ยแล้วเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ 14 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย สำหรับปริมาณแคลเซียมหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วสกัดด้วยน้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc พบว่า ปริมาณแคลเซียมในทุกคำรับการทดลองในช่วงเวลาต่างๆเป็นไปในทางเดียวกับปริมาณแคลเซียมที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I (ภาพที่ 15) เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc

2.5. ปริมาณแมกนีเซียม

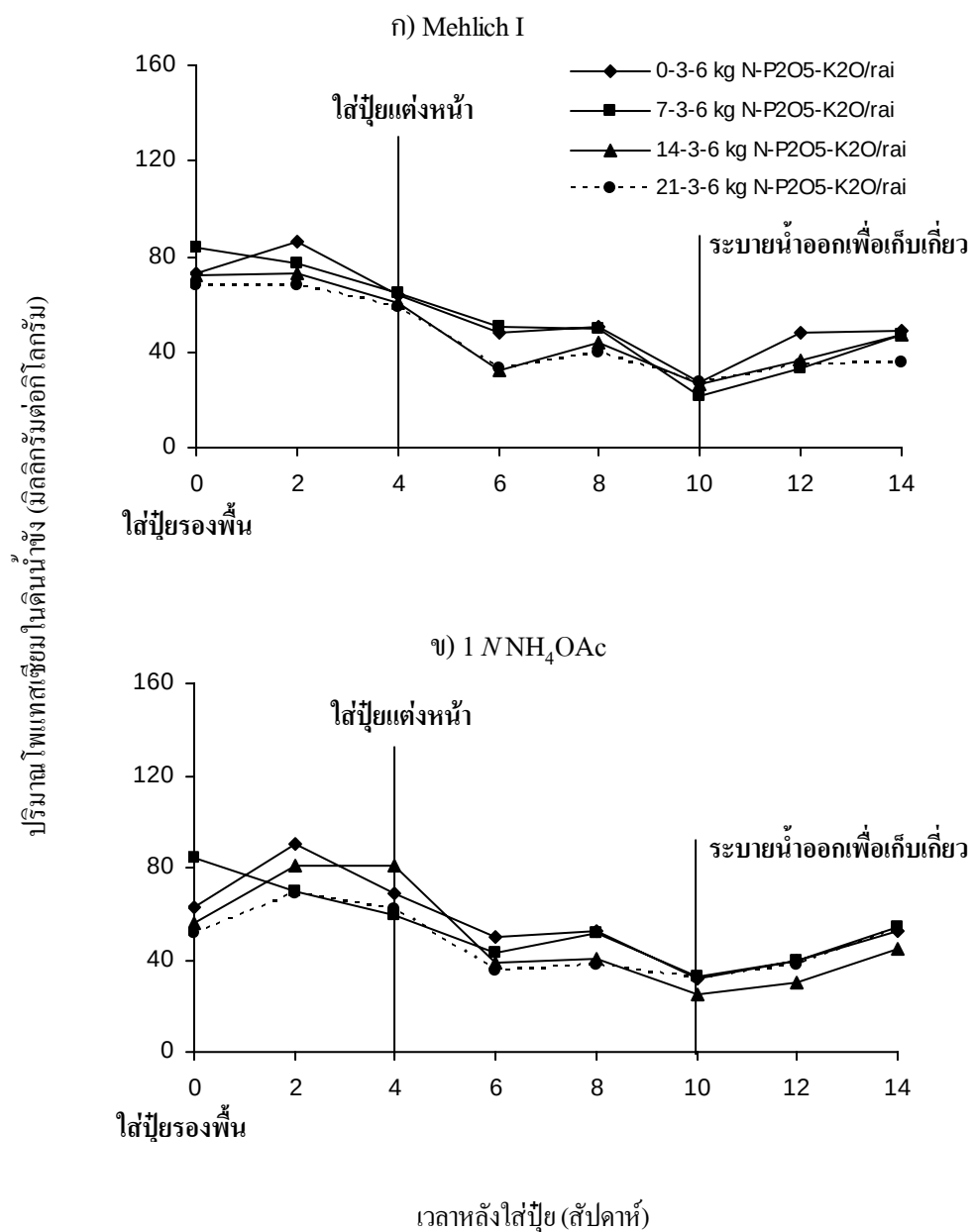
ปริมาณแมกนีเซียมในทุกตำรับการทดลองหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วสกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ในทุกตำรับการทดลองมีปริมาณคงที่จนถึง 14 สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย สำหรับปริมาณแมกนีเซียมหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วสกัดด้วยน้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมในทุกตำรับการทดลองหลังจากใส่ปุ๋ยในช่วงเวลาต่างๆเป็นไปในทางเดียวกับปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดโดยน้ำยาสกัด Mehlich I (ภาพที่ 16) เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc สูงกว่าปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I



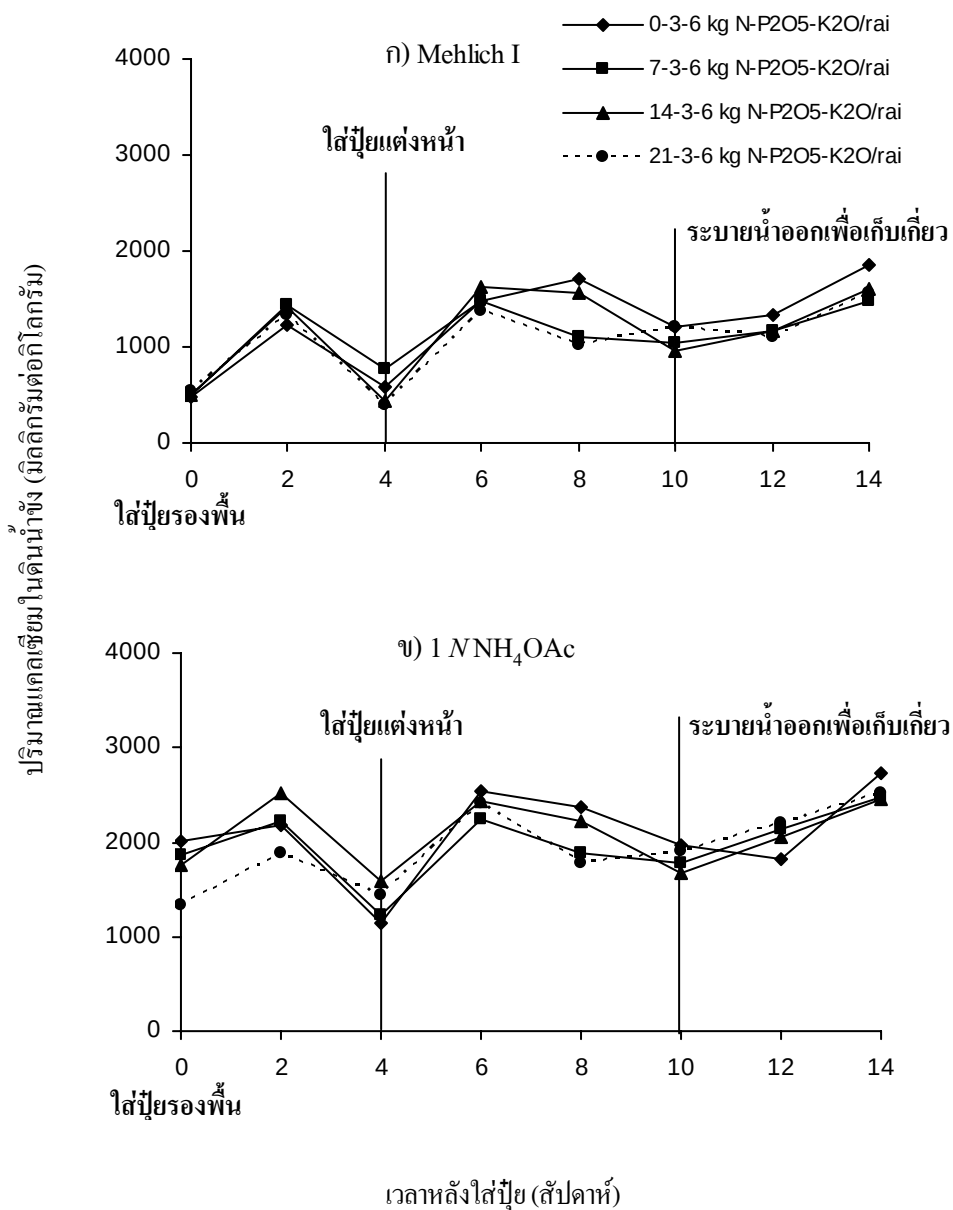
ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เก็บมาในช่วงเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต (สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย) สกัดด้วย ก) น้ำยาสกัด Mehlich I ข) น้ำยาสกัด 2 N KCl



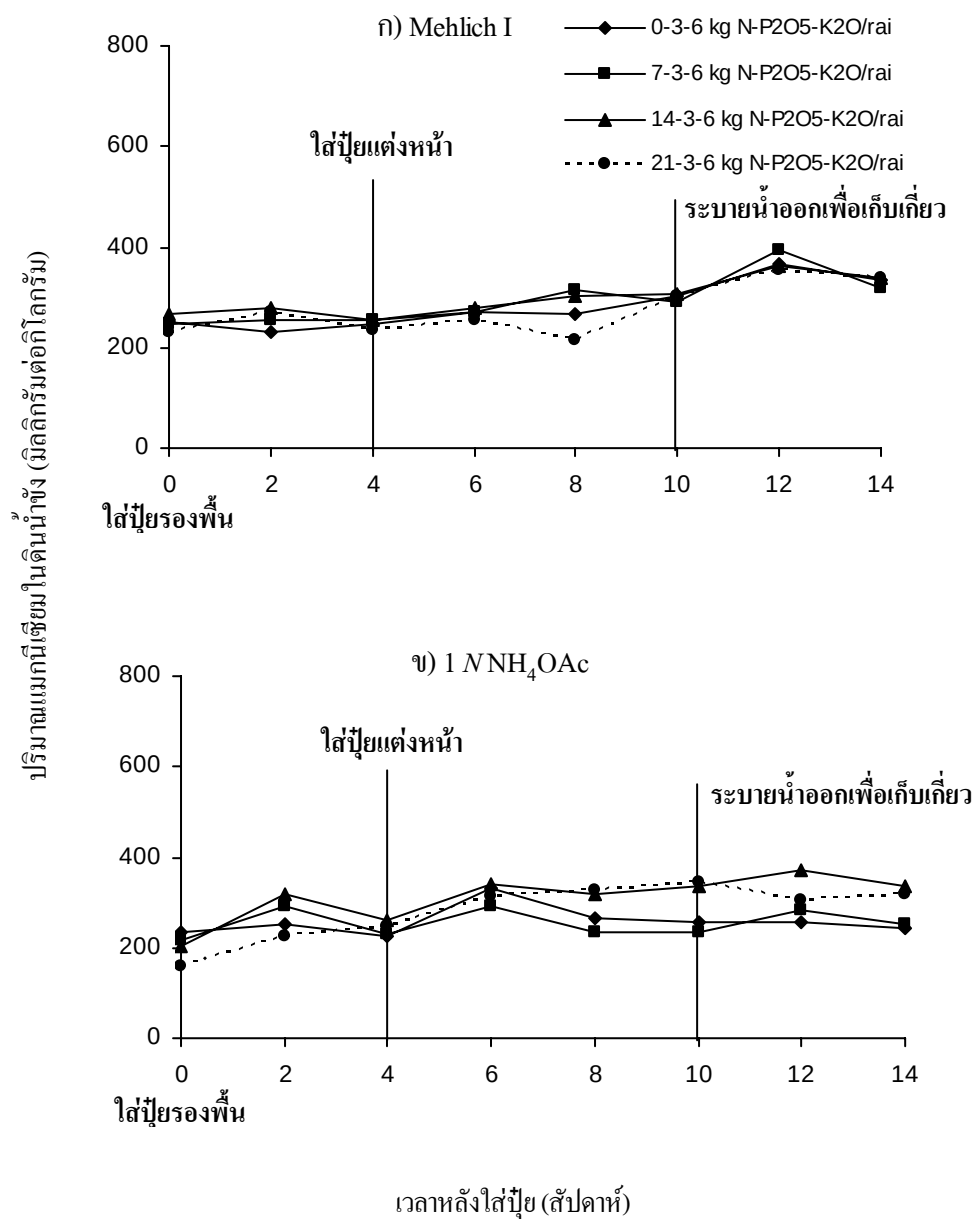
ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในดินน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เก็บมาในช่วงเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต (สัปดาห์หลังไส้ปุ๋ย) สกัดด้วย ก) น้ำยาสกัด Mehlich I ข) น้ำยาสกัด Bray II



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมในดินน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เก็บมาในช่วงเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต (สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย) สกัดด้วย ก) น้ำยาสกัด Mehlich I ข) น้ำยาสกัด $1\text{ N NH}_4\text{OAc}$



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคลเซียมในดินน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เก็บมาในช่วงเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต (สัปดาห์หลังไต่ปุ๋ย) สกัดด้วย ก) น้ำยาสกัด Mehlich I ข) น้ำยาสกัด 1 N NH₄OAc



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมในดินน้ำขัง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เก็บมาในช่วงเวลาต่างๆที่ข้าวเจริญเติบโต (สัปดาห์หลังใส่ปุ๋ย) สกัดด้วย ก) น้ำยาสกัด Mehlich I ข) น้ำยาสกัด 1 N NH₄OAc

สรุปผลการทดลอง

1. ปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินสภาพน้ำขังเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ปริมาณแอมโมเนียมจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วง 28 วันแรกของการบ่มดินในสภาพน้ำขัง จากนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือคงที่จนสิ้นสุดระยะเวลาของการบ่มดิน ปริมาณแอมโมเนียมที่วิเคราะห์ได้ใกล้เคียงกับปริมาณแอมโมเนียมที่ได้จากสมการคาดคะเนการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินน้ำขัง รูปแบบการปลดปล่อยแอมโมเนียมเป็นไปตามสมการ $Y = A - Be^{-ct}$ ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมที่ 28 วันหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังในแต่ละชุดดิน คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินโดยมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ ดังนี้
 ปริมาณแอมโมเนียมหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วัน = $20.1251 + 367.07356 * (\% \text{Total N})$

2. ปริมาณการปลดปล่อยแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วันที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($r = .098^{**}$)

3. ปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้งที่สกัดด้วยน้ำยาสกัด Mehlich I และ $0.25 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 14 วันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.85 และ 0.74 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแอมโมเนียมในดินหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง 28 วัน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.75 และ 0.77 ตามลำดับ

4. ค่าวิกฤตของแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าวในภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเมินได้จากปริมาณแอมโมเนียมในดินแห้ง โดยมีค่าวิกฤตแอมโมเนียมในดินสำหรับการปลูกข้าวเท่ากับ 12.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเนื่องจากค่าวิกฤตนี้เป็นการศึกษาในเบื้องต้น ดังนั้นควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทดสอบหาค่าวิกฤตที่เหมาะสมสำหรับดินแต่ละชนิดต่อไป

5. ข้าวพันธุ์สุวรรณบุรี 1 ที่ปลูกบนชุดดินสระบุรีตอนบนรองต่อปุ๋ยโตรเจนที่อัตรา 4.4 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวเท่ากับ 790 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่าอัตราแนะนำจากโปรแกรม DSSAT คือ อัตรา 14 กิโลกรัมในโตรเจนต่อไร่

6. ปริมาณแอมโมเนียมในดินน้ำจืดระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและลดลงเมื่อดินแห้ง (ระบายน้ำออก) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม มีปริมาณใกล้เคียงกันทุกตำรับการทดลองตลอดช่วงการเจริญเติบโตของข้าว และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวโดยสกัดด้วยน้ำยาต่างชนิดกัน พบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัดต่างชนิดกันมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรณีกา นากลาง และ สว่าง โรจนกุล. 2528. การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวสายพันธุ์ดีเด่นที่ไม่ไวต่อช่วงแสง, น. 4. ใน รายงานสรุปผลการค้นคว้าวิจัยดินและปุ๋ยข้าวปี 2528. กลุ่มงานวิจัยดินและปุ๋ยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- เกษสุตา เดชภิมล. 2529. การศึกษาสูตรปุ๋ยนาที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวและการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินนาภาคกลาง 4 ชุดดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กิ่งแก้ว คุณเขต, อัญชลี คร้ามสี, จันทนา สรสิริ และ วิชัย หิรัญอุปกรณ์. 2543. การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวสายพันธุ์ดีเด่นที่ไวต่อช่วงแสงในภาคกลาง. ใน ผลงานวิจัยประจำปี 2543. สถาบันวิจัยข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2536. คู่มือปฏิบัติการวิชาปฐพีวิทยาเบื้องต้นโดยใช้ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จินตนา หัสวายุกุล และ สมศักดิ์ บุญดาว. 2528. ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวขังในนาราษฎร์จังหวัดสระบุรี, น. 63. ใน รายงานสรุปผลการค้นคว้าวิจัยดินและปุ๋ยข้าวปี 2528. กลุ่มงานวิจัยดินและปุ๋ยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- ชยงค์ นามเมือง, สมศักดิ์ เหลืองศิริโรจน์, มณฑิธร จินดา และ วรางคณา โพธิสุข. 2528. ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนในดินกับผลผลิตของข้าวและปริมาณไนโตรเจนในดินกับการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ในดินหลังสภาพขังน้ำ, น. 53. ใน รายงานสรุปผลการค้นคว้าวิจัยดินและปุ๋ยข้าวปี 2528. กลุ่มงานวิจัยดินและปุ๋ยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2526. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2543. **ดินที่ใช้ปลูกข้าว**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์, ทวีศักดิ์ เวียงศิลป์, กุ๊เกียรติ สร้อยทอง และ อรุณี เจริญศักดิ์ศรี. 2547. **โครงการพัฒนาระบบคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับการผลิตข้าวโพด**. รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ประยงค์ นามเมือง, มณเฑียร จินดา และ วิวัฒน์ อิงคประดิษฐ์. 2516. **ผลการตอบสนองของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม อัตราต่างๆของข้าวที่ปลูกในดินนาต่างๆ**, น. 176-201. ใน รายงานสรุปผลการทดลองปุ๋ยข้าวปี 2517. งานทดลองปุ๋ยข้าว กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ สองเมือง, วิทยา ศรีทานันท์, นิพนธ์ศรี โคมทอง, นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ, เชิดเชาว์ เหล่าอรรค, วิเชียร เพ็งคำ, เจริญ แสงเทียน, สมศักดิ์ โตจันทิก, บรรจง เหมทานนท์, สมพงษ์ กุ๊พวง, ผาด พรหมอ่อน และ วัชรระ ณ พัทลุง. 2522. **การตอบสนองของข้าวที่ให้ผลผลิตสูงต่อปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม**, น. 23-30. ใน รายงานการทดลองปุ๋ยข้าวปี 2522. งานทดลองและขยายพันธุ์ข้าว กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร.

ประเวศ แสงเพชร. 2528. **การเคลื่อนที่ของปุ๋ยไนโตรเจนในแปลงทดลองปุ๋ยข้าวที่ไม่มีคันดินกั้น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิชัย หิรัญอุปกรณ์, นิพนธ์ กรอบเพชร, วิชัย ไชยวงศ์, กริพล ลิ้มสมวงศ์, สุภาพ รุนทัน และ ดิเรก อินตะพรหม. 2528. **การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวขึ้นน้ำในนาราษฎร์**, น. 35. ใน รายงานสรุปผลการค้นคว้าวิจัยดินและปุ๋ยข้าวปี 2528. กลุ่มงานวิจัยดินและปุ๋ยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

วิวัฒน์ อิงคประดิษฐ์ และ นิภูม รังสิชล. 2528. **ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในน่าน้ำขังใน**

นารายณ์ จ. สุพรรณบุรี, น. 68. ใน รายงานสรุปผลการค้นคว้าวิจัยดินและปุ๋ยข้าวปี 2528.

กลุ่มงานวิจัยดินและปุ๋ยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

สมนึก แก้ววิชัยกรรม. 2520. **ผลการตอบสนองของข้าวต่อการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตระยะยาว**

ในฤดูนาปรังและนาปี, น. 100-101. ใน รายงานผลการค้นคว้าวิจัยปี 2520. สาขาทดลองปุ๋ยข้าว

กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน, ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ และ สมศักดิ์ กิตติพงศ์. 2525. **รายงานผลการวิจัย**

การศึกษาสูตรปุ๋ยนาที่เหมาะสม. โครงการวิจัยและแนะนำทางเทคโนโลยีของดินและปุ๋ย

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 44 น. (เอกสารโรเนียว)

อ้างโดย เกษสุดา เดชภิมล. 2529. **การศึกษาสูตรปุ๋ยนาที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าว**

และการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินนาภาคกลาง 4 ชุดดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน, ถวิล ครุฑกุล, ไพบุลย์ ประพุดิธรรม และ อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2527. **ความ**

อุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุมน ศรีสมบูรณ์. 2514. **แปลงทดสอบผลตอบสนองของปุ๋ย NPK ต่อผลผลิตข้าวของดินนาชุด**

ต่างๆ ในนารายณ์, น. 114-118. ใน รายงานผลการทดลองของปุ๋ยข้าวประจำปี 2514.

กรมการข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยข้าว. 2540. **ข้าวเจ้าสุพรรณบุรี 1**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,

กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยข้าว. 2545. **เทคโนโลยีการผลิตข้าวพันธุ์ดี**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ

สหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยข้าว. 2548. **การใช้แผ่นเทียบสี (Leaf Color Chart) เพื่อการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในการ**

ปลูกข้าวนาชลประทาน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสภสกา. 2546. **ธาตุอาหารพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

องอาจ วีระโสภณ, วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์, จามีกร ศรีสุมณ, จินตนา หัสวายุกุล และ ถัดดาวลัย กรรณนุช. 2547. **การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวนาชลประทานในภาคกลาง**. ใน รายงานประจำปี 2547. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

Bandyopadhyaya, A.K., R. Sahoo, A. Bhadrachalam and S. Patrick. 1969. **Effect of continuous application of compost, ammonium sulfate and lime on some physical properties of rice soil**. Cited by P. Chairaj. 1984. Nitrogen dynamic in the uppermost part of submerged paddy soil in the temperate and tropical regions. Ph. D. Thesis, The University of Tokyo.

Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. **Determination of total organic and available from of phosphorus in soil**. Soil Sci. 59: 39-45.

Broadbent, F.E. 1978. **Transformation of soil nitrogen**, pp. 543-559. In Soil and Rice. International Rice Research Institute. Los Banos.

_____. 1979. **Mineralization of organic nitrogen in paddy soils**. pp. 105-115. In Nitrogen and Rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

Carter, J.N., O.L. Bennet and R.W. Pearson. 1967. **Recovery of fertilizer nitrogen under field conditions using nitrogen-15**. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 31: 50-56.

Cholitul, W. 1967. **Ammonium-nitrogen release, pH change with reduction and phosphate availability indices for various Thai paddy soils**. M.S. Thesis, the University of Illinois.

Craswell, E.T., P.G. Saffigna and S.A. Warning. 1970. **The mineralization of organic nitrogen in dry soil aggregates of different size**. Plant Soil. 33: 382-392.

De Datta, S.K. 1981. **Principles and Practices of Rice Production**. John Wiley and Sons, Inc., Singapore. 618 p.

Fujii, H., H. Ando, Y. Sato, and M. Nakanishi. 1990. **Evaluation of chemical methods for estimation of soil nitrogen mineralization potential**. Jpn. Jour. Soil Sci. and Plant Nutr. 61: 92-93.

Gorham, E. 1959. **Chlorophyll derivatives in woodland soil**. Soil Sci. 87: 258-261.

Hesse, P.R. 1971. **Total elemental analysis and some trace element**, pp 371-435. *In* A Test Book of Soil Chemical Analysis.

Honya, K. 1975. **Significance of soil nitrogen in rice cropping (in Japanese)**. J. Sci. Soil Manure, Japan. 46(7): 247-250.

Hoyt, P.B. 1966. **Chlorophyll-type compounds in soil : Their composition**. Plant and Soil. 25(3): 313-328.

International Rice Research Institute. 1963. **Annual report for 1962**. Los Banos, Laguna, Phillippines.

International Rice Research Institute. 1977. **Annual report for 1976**. Los Banos, Laguna, Phillippines.

Jackson, W.A. 1965. **Soil chemical analysis**. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Jones, B.J. Jr. 1985. **Soil Testing and Plant Analysis: Guides to the Fertilization of Horticulture Crops**. Horticultural Rev. Vol. 7.

- Kai, H., Z. Ahmad and T. Harada. 1969. **Factors affecting immobilization and release of nitrogen and chemical characteristic of nitrogen newly immobilized**. I. Effect of temperature on immobilization and release of nitrogen in soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* 15(5): 207-213.
- Kawaguchi, K. and K. Kyuma. 1969. **Lowland rice soils in Thailand**. Natural Science series N.-4. Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University. 270 p.
- Kawaguchi, K., S. Sakagami and K. Hotta. 1967. **Organic nitrogen and forms of humus in the paddy soil given organic matter**. *Bull. Shizuoka Agri. Exp. Stn.* No. 12: 54-61.
- Keeney, D.R. and D.E. Nelson. 1982. p. 643-693. *In* A.L. Page., R.H. Miller. and D.R. Keeney. (ed.). 1982. **Methods of Soil Analysis, Part II. Chemical and Microbiological Properties**. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Knudsen, D., G.A. Peterson. and P.F. Pratt. 1982. p. 225-245. *In* A.L. Page., R.H. Miller and D.R. Keeney. (ed.). 1982. **Methods of Soil Analysis, Part II. Chemical and Microbiological Properties**. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Mani, S. G.V. Kothandarfaman and K.K. Krishnamoorthy. 1980. **A note on the accumulation of organic matter in rice soil**. Cited by P. Chairaj. 1984. Nitrogen dynamic in the uppermost part of submerged paddy soil in the temperate and tropical regions. Ph. D. Thesis, The University of Tokyo.
- Matsuguchi, T., B. Tangcham and S. Patiyuth. 1974. **Free living nitrogen fixers and acetylene reduction in tropical rice field**. *Japan Agric. Res. Quarterly* 8: 253-256.
- Meada, K. and Y. Onikura. 1976. Fertilizer **nitrogen balance in the variously irrigated in pot experiment with rice plant**. *J. Sci. Soil Manure, Japan.* 47: 99-105.

- Myers, R.J.K. 1975. **Temperature effect on ammonification and nitrification in a tropical soil.** Soil Biol. Biochem. 7: 83-86.
- Nanzyo, M., T. Takahashi, and S. Shoji. 1996. **Rapid method to determine available phosphorus content of paddy soils under reducing conditions using ascorbic acid.** Jpn. Soil Sci. and Plant Nutr. 67: 73-77
- Onikura, Y., T. Yoshino and K. Maeda. 1975. **Mineralization patterns of soil nitrogen during the growth period of rice plant (in Japanese).** J. Sci. Soil Manure, Japan 46: 255-259.
- Patrick, W.H., Jr. and R. Wyatt. 1964. **Soil Nitrogen loss as a result of alternate submergence and drying.** Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28: 647-653.
- Ponnamperuma, F.N. 1964. **Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the rice plant.** Proceedings of a Symposium on the Mineral Nutrition of the Rice Plant. International Rice Research Institute, February, 1964. The Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
- Ponnamperuma, F.N. 1972. **The chemistry of submerged soil.** Adv. Agron. 24: 29-96
- Ponnamperuma, F.N. 1981. **Some effects of the physical chemistry of paddy soils.** Proc. of Symp. On Paddy Soil. Inst. of Soil Science, Academia Sinica.
- Reddy, K.R. 1982. **Nitrogen cycling in a flooded-soil ecosystem planted to rice (*Oryza sativa* L.).** Plant and Soil 67: 209-220.
- Russo, S. 1974. **Results of burying the straw in flooded soils, under rice monoculture (in Italian, English summary).** Cited by P. Chairaj. 1984. Nitrogen dynamic in the uppermost part of submerged paddy soil in temperate and tropical regions Ph.D. Thesis, The University of Tokyo.

Shiga, H. and W. Ventura. 1976. **Nitrogen supplying ability of paddy soils under field conditions in the Philippines.** Soil Sci. Plant Nutr. 22(4): 387-399.

Standford, G. M.H. Frere and D.H. Schwaninger. 1973. **Temperature coefficient of soil nitrogen mineralization.** Soil Sci. 115: 312-323.

Wada, H. 1966. **Some characteristics of organic matter in paddy soils.** (in Japanese). Cited by P. Chairaj. 1984. Nitrogen dynamic in the uppermost part of submerged paddy soil in temperate and tropical regions. Ph.D. Thesis, The University of Tokyo.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. **An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method.** Soil Sci. 37: 29-38.

Yamashita, K. 1967. **The effect of the prolonged application of farmyard manure on the manure of soil organic matter and chemical and physical properties of paddy rice soils.** (in Japanese, English summary). Bull. Natl. Kyushu Agric. Exp. Stn. 13(1.2): 112-156.

Yoshida, S. 1981. **Foundamentals of Rice Crop Science.** International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 269 p.

Yoshino, T. and Y. Dei. 1977. **Prediction of nitrogen release in paddy soils by means of the concept of effective temperature.** (in Japanese, English summary). J. Cent. Agri. Exp. Stn. Jpn. 25: 1-62.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ลักษณะและสภาพแวดล้อมทั่วไปของชุดดินที่ศึกษา 18 ชุดดิน

ชุดดิน	ที่ตั้ง	ลักษณะและสภาพแวดล้อมทั่วไป
สระบุรี (Saraburi series : Sb)	แปลงข้าวนาขี้วัว ไร่ ๑๐๐ ไร่ บ้านดอนโพธิ์ทอง อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี พิกัดศึกษา 47P0610484 UTM1594606	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Very-fine, mixed, active, nonacid, isohyperthermic Vertic (Aeric) Endoaquepts เป็นดินในเขตชื้น มีลักษณะที่แสดงให้เห็นว่าเกิดพัฒนาการของชั้นกำเนิดดินชั้นล่างและอาจสูญเสียธาตุที่เป็นเบส เหล็กและอะลูมิเนียมไปแต่ยังคงมีแร่ที่ละลายตัวได้หลงเหลืออยู่ และไม่มีชั้นที่แสดงการสะสมของแร่ดินเหนียวซิลิเกต ดินมีลักษณะเกิดจากสภาพการขังน้ำชัดเจน อาจพบพลินไทต์ (plinthite) อยู่บ้าง ระดับน้ำใต้ดินจะผันแปรได้มากแต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับตื้น (เอิบ, 2542) วัตถุต้นกำเนิดดินเกิดจากตะกอนใหม่และค่อนข้างใหม่ที่น้ำพัดพามาทับถม (recent to semi – recent riverine alluvium) ดินบนเป็นดินเหนียวสีเทาเข้มมากหรือน้ำตาลเข้มมากปนเทาหรือน้ำตาลเข้มปนเทา พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและสีน้ำตาลแก่ ปฏิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง ค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 5.0-7.0 ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง มีสีน้ำตาลเข้มปนเทาหรือน้ำตาลเทาหรือน้ำตาลเข้ม พบจุดประสีน้ำตาลแก่ น้ำตาลเข้มและน้ำตาลเข้มปนเหลือง ปฏิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างปานกลาง ค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 6.0-8.0 นอกจากนี้ยังพบรอยถู่ไถ (slickensides) และเหล็กกับแมงกานีสจับตัวกันเป็นก้อนกลมๆ ดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง สภาพแวดล้อมทั่วไปพบในบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง (river basin of flood plain) และบริเวณลานตะพักลำน้ำค่อนข้างใหม่ (semi recent terrace) สภาพพื้นที่ราบเรียบถึงเกือบราบเรียบ ความลาดเทน้อยกว่า 1 % สภาพการระบายน้ำของดินค่อนข้างเร็วถึงเร็ว มีน้ำขังที่ผิวดิน 4-5 เดือนในรอบปี ใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าวช่วงฤดูฝน ปลูกพืชไร่และพืชผักในช่วงฤดูแล้ง ไม่มีการชะล้างพังทลายหรือมีน้อยมาก (สอิระและคณะ, 2546)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชุดดิน	ที่ตั้ง	ลักษณะและสภาพแวดล้อมทั่วไป
อยุธยา (Ayutthaya series : Ay)	แปลงข้าวเกษตรกร บ้านบางขี้หน อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี พิกัดศึกษา 47P0628190 UTM156049	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Very-fine, mixed, active, acid, isohyperthermic Vertic Endoaquepts เป็นดินลึกและเป็นดินกรด ดินบนเป็นดินเหนียวสีเทาเข้มหรือสีน้ำตาล พบจุดประสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 4.5-7.0 ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวมีสีน้ำตาล มีจุดประสีเหลืองหรือน้ำตาล และพบจาโรไซท์ที่ความลึก 100-150 เซนติเมตร ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 4.0-5.0 สภาพแวดล้อมทั่วไปพบบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง สภาพพื้นที่ความลาดเทราบเรียบถึงเกือบราบเรียบ ความลาดเทน้อยกว่า 1 % สภาพการระบายน้ำของดินค่อนข้างเลวถึงเลว มีน้ำขังที่ผิวดินประมาณ 5 เดือนในรอบปี (สถิระและคณะ, 2546)
เสนา (Sena series : Se)	แปลงข้าวเกษตรกร บ้านสาละ อ.บางปลาม้า จ.สุพรรณบุรี พิกัดศึกษา 47P0632319 UTM1582749	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Very-fine, mixed, active, acid, isohyperthermic Sulfic Endoaquepts เป็นดินลึกและเป็นดินกรด ดินบนเป็นดินเหนียวสีดำหรือสีเทาเข้ม พบจุดประสีน้ำตาลเข้มและแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรด ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 4.5-5.5 ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวมีสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีเหลืองปนน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 4.0-4.5 สภาพแวดล้อมทั่วไปพบในบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง สภาพพื้นที่ราบเรียบถึงเกือบราบเรียบ สภาพการระบายน้ำของดินเลว (สถิระและคณะ, 2546)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชุดดิน	ที่ตั้ง	ลักษณะและสภาพแวดล้อมทั่วไป
ฉะเชิงเทรา (Chachoengsao series : Cc)	แปลงข้าวเกษตรกร บ้านคลอง 16 อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา พิกัดศึกษา 47P0712248 UTM1523491	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Fine (Very-fine), mixed, nonacid, semiactive, isohyperthermic Vertic Endoaquepts เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินเหนียวสีเทาเข้มหรือเทาเข้มมาก ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ค่าความเป็นกรดต่าง อยู่ระหว่าง 4.5-5.5 ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวมีสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีแดงและสีเหลืองปนน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกรดถึงเป็นด่างปานกลาง ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 5.0-8.0 สภาพแวดล้อมทั่วไปพบในบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง สภาพพื้นที่ความลาดเทราบเรียบถึงเกือบราบเรียบ ความลาดน้อยกว่า 1 % สภาพการระบายน้ำของดินค่อนข้างเร็วถึงเร็ว (สัณรีและคณะ, 2546)
รังสิต (Rangrit series : Rs)	แปลงข้าวเกษตรกร บ้านคลอง 20 อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา พิกัดศึกษา 47P0721950 UTM153957	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Very-fine, mixed, semiactive , acid , isohyperthermic Sulfic Endoaquepts เป็นดินลึกและเป็นดินกรดจัด ดินบนเป็นดินเหนียวสีดำหรือสีเทาเข้ม มีจุดประสีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรด ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 4.0-5.0 ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียว มีสีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาลเข้มปนเทา มีจุดประสีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ค่าความเป็นกรดต่างน้อยกว่า 4.5 สภาพการระบายน้ำของดินค่อนข้างเร็วถึงเร็ว (สัณรีและคณะ, 2546)
บางกอก (Bangkok series : Bk)	แปลงข้าวเกษตรกร บ้านคลอง 18 อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา พิกัดศึกษา 47P0716444 UTM1533413	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Very-fine, smectitic, nonacid, isohyperthermic Vertic Endoaquepts เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินเหนียวสีดำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดถึงด่างปานกลาง ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 5.5-8.0 ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวมีสีดำ มีจุดประสีน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 บ สภาพการระบายน้ำของดินค่อนข้างเร็วถึงเร็ว (สัณรีและคณะ, 2546)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชุดดิน	ที่ตั้ง	ลักษณะและสภาพแวดล้อมทั่วไป
มหาโพธิ (Mahapot series : Ma)	แปลงข้าวเกษตรกร บ้านน้ำคำ อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา พิกัดศีกษา 47P0740148 UTM1526691	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Very-fine, mixed, active, acid, isohyperthermic Vertic Endoaquepts เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินเหนียวสีเทาเข้มถึงดำ มีจุดประสีน้ำตาลเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 4.5-5.5 ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวมีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีเหลืองปนน้ำตาลหรือสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 4.5-6.0 สภาพพื้นที่ความลาดเทราบเรียบถึงเกือบราบเรียบ สภาพการระบายน้ำของดินค่อนข้างเลวถึงเลว (สัทธิระและคณะ, 2546)
ร้อยเอ็ด (Roiet series : Re)	แปลงข้าวเกษตรกร อ.วังทอง จ.พิษณุโลก พิกัดศีกษา 47Q0648163 UTM1866331	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Fine-loamy, mixed, subactive, isohyperthermic Aeris Kandiaquults ดินบนเป็นพวกดินร่วนปนทราย หรือดินร่วนสีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนเทา ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือดินร่วนเหนียว มีสีน้ำตาลอ่อน สีเทาอ่อน หรือสีเทาปนชมพู พบจุดประพวกสีน้ำตาลปนเหลือง สีแดงปนเหลืองหรือสีแดงปะปน บางแห่งอาจพบศิลาแลงอ่อนหรือก้อนสารเคมีพวกเหล็กและแมงกานีสในดินชั้นล่าง เกิดจากพวกตะกอนลำน้ำ พบตามพื้นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ เป็นดินลึกมาก ดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 4.5-5.5 (กิติและคณะ, 2546)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชุดดิน	ที่ตั้ง	ลักษณะและสภาพแวดล้อมทั่วไป
อุตรดิตถ์ (Uttaraditt series : Utt)	แปลงข้าวนาขุชาติ คุ่มเที่ยง ต. สมอแข อ.เมือง จ.พิษณุโลก	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Fine, mixed, semiaactive, isohyperthermic Aquic Hapluaqualfs เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเทา พบจุดประสีน้ำตาล สีแดงปนเหลือง สีน้ำตาลปนแดงหรือสีแดงปะปนตลอดชั้นดิน กลุ่มดินนี้เกิดจากพวกตะกอนลำนํ้า เป็นดินลึก มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว พื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงกลาง ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 6.0-7.0 (กิติและคณะ, 2546)
น่าน (Nan series)	แปลงข้าวนาจ่านัก ค้างม้ง ต. บ้านกว้าง อ. วังทอง จ.พิษณุโลก	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Fine, mixed, isohyperthermic Aeris Endoaqualfs เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวหรือร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ดินบนมีสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีเหลืองหรือน้ำตาลปนเหลืองตลอดชั้นดิน ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง มีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 6.0-7.5 สภาพพื้นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ((สถิระและคณะ, 2546)
ราชบุรี (Rachburi series : Rb)	แปลงข้าวเกษตรกร อ.วังทอง จ.พิษณุโลก พิกัดศึกษา 47Q0638207 UTM1861863	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Fine, mixed, active, nonacid, isohyperthermic Vertic (Aeric) Endoaquepts ดินบนเป็นดินเหนียวสีน้ำตาลเข้มปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดถึงกรดปานกลาง ค่าความเป็นกรดต่าง 5.5-6.5 ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวปนร่วนมีสีน้ำตาลเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง ค่าความเป็นกรดต่าง 6.0-8.0 พบในบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง การระบายน้ำค่อนข้างเร็วถึงเร็ว (สถิระและคณะ, 2546)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชุดดิน	ที่ตั้ง	ลักษณะและสภาพแวดล้อมทั่วไป
ประทาย (Pratai series : Pt)	แปลงข้าวนายมงคล ชัยนอก ต. กุซาด อ. คง จ. นครราชสีมา พิกัดศึกษา 47P0218000 UTM1706788	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Fine, mixed, active, isohyperthermic Typic Natraqualfs เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทราย สีพื้นเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลอ่อน ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 5.0-6.5 ส่วนดินล่างเป็นชั้นสะสมเกลือ มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวดินเหนียวปนทราย สีเทาปนชมพูหรือสีเทาอ่อนหรือน้ำตาลปนเทา ปฏิกริยาดินเป็นด่างเล็กน้อยถึงด่างจัด มีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 7.5-8.5 ชุดดินนี้มีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือน้ำตาลปนเหลืองหรือสีเหลืองปนน้ำตาลตลอดหน้าตัดดิน ในฤดูแล้งจะมีคราบเกลืออยู่บนผิวน้ำดิน มีการระบายน้ำเร็ว ดินมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง (ภูมิศและคณะ, 2543)
ดินพิมาย (Pimai series : Pm)	แปลงข้าวนายสมศักดิ์ รัชกระบือ ต. กระซอน อ. พิมาย จ. นครราชสีมา พิกัดศึกษา 47P0244566 UTM1706343	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Very-fine, smectitic, isohyperthermic Ustic Endoaquerts เป็นดินลึกเนื้อดินบนเป็นดินร่วนสีเทาหรือน้ำตาลเข้มปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาลปนเหลือง ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียว มีสีน้ำตาลเข้ม พบจุดประสีน้ำตาลเข้มหรือสีแดงปะปน มีการระบายน้ำเร็วถึงค่อนข้างเร็ว ดินชั้นบนมีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 5.5-7.0 ส่วนดินล่างมีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 5.0-7.0 (กิติและคณะ, 2546)
กุลาร้องไห้ (Kularonghai series : Ki)	แปลงข้าวนายฮั่ว เพ็ญกลาง ต. หลุมข้าว อ. โนนสูง จ. นครราชสีมา พิกัดศึกษา 47P0209767 UTM1680037	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic Typic Natraqualfs ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนปนดินเหนียว มีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีเทา พบจุดประสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดงปะปนมีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบหรือราบเรียบ เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำเร็ว ดินชั้นบนมีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 6.0-7.0 จะมีเกลือโซเดียมสูง แต่ถ้ามีก้อนปูนปะปนมีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 7.0-8.0 ดินกลุ่มนี้ฤดูแล้งจะมีคราบเกลือเกิดขึ้น (กิติและคณะ, 2546)

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ชุดดิน	ที่ตั้ง	ลักษณะและสภาพแวดล้อมทั่วไป
ทุ่งสัมฤทธิ์ (Thungsarit series : Tsr)	แปลงข้าวนาขพิทักษ์ วุฒิพงษ์ ปรีชา ต. หลุมข้าว อ. โนนสูง จ. นครราชสีมา พิกัดศึกษา 47P0209789 UTM1679592	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Very-fine, smectitic, isohyperthermic Typic Natraquerts เป็นดินลึก เนื้อดินบนเป็นดินเหนียวหรือเหนียวปนร่วนสีเทาเข้มหรือน้ำตาลเข้มปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียว มีสีเทาเข้ม พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง สีน้ำตาลเข้มหรือสีแดงปนเหลือง มีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบหรือราบเรียบ มีการระบายน้ำลงถึงค่อนข้างเร็ว ดินชั้นบนมีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 6.0 ดินล่างมีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 6.5 (กิติและคณะ, 2546)
หนองบุญนาถ (Nongboonnak series :Nbn)	แปลงข้าวนาขสุริน มาตย์นอก ต. หนองเม็ก อ. หนองสองห้อง จ. ขอนแก่น พิกัดศึกษา 47P0258822 UTM1741408	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Fine-loamy, mixed, subactive, isohyperthermic Aeric Endoaqualfs เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย สีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเทาหรือน้ำตาลอ่อน มีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 5.0-6.5 ดินล่างตอนบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วน สีน้ำตาลอ่อน ส่วนดินล่างตอนล่างเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียวหรือดินเหนียวสีเทาอ่อน มีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือน้ำตาลปนเหลืองหรือน้ำตาลเข้มและสีแดงบ้างเล็กน้อย ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงด่างปานกลาง การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว (ภูษิตและคณะ, 2543)
สีทัน (Sithon series : St)	แปลงข้าวนางไซพร อ้วนพรมมา ต. บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น พิกัดศึกษา 47Q0255975 UTM1833675	จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินของสหรัฐอเมริกา (Soil Taxonomy) ได้เป็น Coarse-loamy, mixed, nonacid, isohyperthermic Fluvaquentic Endoaquepts เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินทรายปนดินร่วนสีพื้นเป็นสีเทาหรือน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองและอาจพบสีคลาแลงอ่อนในดินชั้นล่าง มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 4.5-5.5 (กิติและคณะ, 2546)

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่วิเคราะห์ได้เมื่อบ่มดินไว้เป็นเวลา 70 วัน

ระยะเวลาในการบ่มดิน (วัน)	ชุดดินเสนา					ชุดดินอุตรดิตถ์					ชุดดินสีทัน				
	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg
0	12.11	3.24	61.20	1089.63	239.70	9.58	11.90	39.47	75.12	218.26	4.36	1.52	18.64	205.62	41.63
7	12.37	3.00	70.43	691.91	259.65	49.47	50.80	39.02	379.67	178.62	17.12	2.37	15.96	178.77	45.95
14	11.24	1.99	81.61	764.14	272.12	45.94	48.90	41.33	245.31	214.17	22.08	2.09	13.20	235.05	49.14
28	10.92	3.63	77.06	931.07	324.87	82.73	58.43	44.44	49.93	104.93	30.59	4.88	16.57	97.30	32.42
42	18.14	2.12	90.89	977.49	325.76	92.52	63.21	43.27	77.36	105.25	38.40	4.48	14.13	287.16	40.04
56	23.77	2.00	85.79	1069.93	320.29	97.20	63.37	37.28	117.52	72.14	38.28	5.48	12.99	102.05	27.80
70	23.27	1.42	79.05	870.27	315.69	92.52	60.50	37.40	113.37	101.87	35.22	5.62	13.21	224.66	42.79

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ระยะเวลาในการบ่มดิน (วัน)	ชุดดินสระบุรี					ชุดดินร้อยเอ็ด					ชุดดินหนองบุญนา				
	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg
0	9.9	7.59	33.16	1121.93	287.65	11.09	4.61	15.14	266.52	32.54	1.99	3.29	28.57	494.10	237.38
7	35.72	23.77	36.49	1402.04	323.54	22.29	8.81	16.29	88.83	55.85	7.66	2.62	25.62	370.20	239.05
14	36.60	26.73	48.35	1481.47	324.35	18.27	11.62	21.86	341.30	59.98	8.38	2.27	22.71	625.15	250.92
28	59.37	34.16	73.19	978.45	378.81	44.77	19.27	19.06	261.57	91.95	9.96	2.97	27.24	652.95	246.60
42	62.38	32.32	53.51	1047.33	378.82	67.75	20.92	24.03	335.86	95.28	11.89	2.99	24.11	679.06	252.76
56	72.79	38.56	52.77	1581.47	373.45	61.35	20.67	21.94	219.02	110.35	10.89	3.41	22.17	459.42	161.76
70	70.52	34.44	46.43	1054.47	377.83	65.71	2.18	20.53	920.97	286.68	10.88	2.84	21.37	733.58	289.49

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ระยะเวลาในการบ่มดิน (วัน)	ชุดดินประทาย					ชุดดินพิมาย					ชุดดินกุลาร้องไห้				
	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg
0	3.79	5.51	35.14	478.99	182.46	4.23	2.03	45.88	494.54	129.27	2.73	3.93	23.49	160.37	56.11
7	20.70	8.08	34.04	371.93	194.87	17.48	3.23	46.05	355.37	149.23	17.15	4.73	22.68	116.11	64.34
14	22.55	9.59	30.79	579.06	200.33	19.88	3.39	41.56	564.55	142.24	16.61	3.98	18.05	193.16	54.90
28	23.34	13.20	35.89	561.77	188.30	27.88	6.20	47.01	453.25	132.67	23.64	8.46	22.45	158.83	50.04
42	30.80	12.20	33.16	635.31	196.01	39.52	6.48	45.94	545.20	142.01	25.46	6.65	20.99	221.53	64.13
56	31.14	11.50	28.10	458.44	143.36	39.56	4.74	39.66	464.01	112.39	29.69	5.90	17.43	145.18	37.26
70	28.80	11.57	29.18	621.25	213.72	31.98	4.37	40.88	568.73	138.46	27.44	3.87	18.71	203.26	57.42

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ระยะเวลาในการบ่มดิน (วัน)	ชุดดินบางกอก					ชุดดินราชบุรี					ชุดดินตะขิงเทรา				
	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg
0	15.44	3.80	121.17	1054.38	905.63	4.72	6.33	122.06	1329.32	529.61	11.41	9.75	96.88	624.24	905.63
7	27.74	8.02	117.67	1203.63	874.17	17.93	12.75	122.68	1623.29	600.60	20.81	17.99	96.87	855.00	1016.38
14	58.05	11.91	127.82	1050.20	961.58	24.78	16.07	124.11	1375.44	551.79	41.76	22.99	103.33	617.47	1020.50
28	91.92	16.13	112.75	629.84	598.39	82.73	16.87	148.12	531.69	986.38	82.17	16.87	134.53	324.48	1063.94
42	76.24	17.81	140.53	514.70	1007.80	97.20	38.09	137.48	571.66	594.23	97.20	38.09	116.75	351.04	1062.50
56	90.04	56.64	125.03	438.58	641.68	92.52	41.56	111.82	579.94	400.66	92.52	41.56	105.28	278.03	717.87
70	92.22	17.47	129.16	587.06	951.69	98.19	43.55	105.62	605.78	576.10	98.19	43.55	99.87	345.42	990.98

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ระยะเวลาในการบ่มดิน (วัน)	ชุดดินรังสิต					ชุดดินมหาโพธิ์					ชุดดินอยุธยา				
	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg
0	10.54	26.77	94.34	573.72	773.76	6.40	4.49	88.39	945.93	970.98	14.35	2.57	46.75	2166.05	328.40
7	17.57	42.17	88.62	803.57	768.75	10.92	6.43	86.35	1018.14	986.90	15.22	3.96	60.88	1617.53	370.84
14	23.59	47.48	95.78	668.75	815.61	14.63	7.06	86.34	908.00	1092.94	15.06	4.98	57.22	1271.01	380.71
28	59.05	24.14	105.80	311.68	767.62	39.69	10.64	92.01	523.31	1016.19	18.62	6.62	58.57	1952.53	417.20
42	83.07	59.73	108.31	370.78	803.12	57.85	10.63	99.52	584.45	993.24	27.72	8.46	75.43	1586.03	445.68
56	76.14	64.80	102.89	369.30	535.35	57.56	96.45	94.33	1345.89	590.08	39.89	9.34	72.04	2041.63	449.60
70	75.28	70.25	95.79	376.74	745.35	51.06	93.21	91.93	593.15	963.63	42.66	7.70	64.91	1543.84	458.90

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ระยะเวลาในการบ่มดิน (วัน)	ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว					ชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์					ชุดดินน่าน				
	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg
0	10.11	10.99	120.14	2570.04	714.28	3.43	4.75	53.36	1317	290	24.48	11.64	32.84	558.15	200.46
7	44.99	46.42	130.99	1306.63	805.52	8.62	4.47	52.18	1300	298	98.16	45.21	32.07	354.54	201.06
14	89.54	58.39	200.02	1431.70	891.51	8.14	3.58	46.26	1472	299	74.61	47.91	28.66	463.27	195.42
28	141.51	40.64	228.93	1778.50	971.06	14.33	5.86	58.00	1563	319	91.57	57.86	37.57	613.07	209.77
42	157.88	89.30	90.05	440.64	969.65	20.00	7.29	54.37	1469	343	101.21	89.90	28.46	342.31	212.79
56	151.15	91.66	98.54	1418.37	643.40	22.09	7.54	44.92	1552	267	101.92	89.61	26.67	453.49	117.56
70	151.10	93.21	91.93	1689.94	934.25	21.07	8.39	47.44	1260	323	99.25	70.81	26.82	350.24	190.67

ตารางผนวกที่ 3 การปลดปล่อยแอมโมเนียมที่ระยะเวลาต่างๆหลังการขังน้ำจากการวิเคราะห์และจากสมการคาดคะเน และค่า Residual Mean Square Error (RMSE) ของดิน 14 ชุดดิน

ชุดดิน	ปริมาณแอมโมเนียมในสารละลายดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ระยะเวลาต่างๆหลังขังน้ำ															RMSE
	จากการวิเคราะห์							จากสมการคาดคะเน $Y = A \cdot Be^{-ct}$								
	0 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน	42 วัน	56 วัน	70 วัน	0 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน	42 วัน	56 วัน	70 วัน		
สระบุรี	9.90	35.72	36.60	59.37	62.38	72.79	70.52	12.25	29.17	41.58	57.39	65.90	70.48	72.95	33.95	
ร้อยเอ็ด	11.09	22.29	18.27	44.77	65.75	61.35	65.71	8.29	19.67	29.33	44.48	55.41	63.28	68.95	43.04	
บางน้ำเปรี้ยว	10.17	44.49	89.54	141.52	157.88	151.15	154.10	3.70	56.72	92.07	131.35	148.82	156.58	160.04	72.67	
มหาโพธิ์	6.40	10.92	14.63	39.69	57.85	57.56	51.06	1.19	13.63	23.69	38.43	48.09	54.42	58.57	46.59	
รังสิต	10.54	17.57	23.59	59.05	83.07	76.14	75.28	3.83	21.46	35.56	55.85	68.83	77.14	82.46	78.11	
บางกอก	15.44	22.74	58.05	65.79	110.06	105.41	101.19	11.60	34.91	53.10	78.39	93.79	103.17	108.89	112.50	
ราชบุรี	4.72	17.53	24.78	82.17	96.01	98.56	97.76	3.20	21.19	41.75	69.84	87.39	98.35	105.20	108.63	
ฉะเชิงเทรา	11.41	20.81	41.76	91.92	86.24	90.04	92.22	4.99	30.44	48.88	71.93	84.03	90.39	93.73	98.59	
อุดรดิตถ์	9.58	49.47	45.49	82.73	97.20	92.52	98.19	11.91	39.17	58.09	80.36	91.10	96.28	98.77	54.62	
สีหน	4.36	17.12	22.08	30.59	38.40	38.28	35.22	4.51	15.95	23.51	31.82	35.45	37.04	37.73	3.58	
หนองบุญนา	1.99	7.66	8.38	9.96	11.89	10.89	10.88	2.18	6.87	9.07	10.59	10.92	10.99	11.01	0.42	
ประทาย	3.79	20.70	22.55	23.34	30.80	31.14	28.80	4.54	17.99	24.03	27.96	28.75	28.91	28.94	6.77	
พิมาย	4.23	17.48	19.88	27.88	39.52	39.56	31.98	4.57	15.20	22.42	30.66	34.46	36.22	37.03	13.62	
กุลาห้องไ้	2.73	17.15	16.61	23.64	25.46	29.69	27.44	4.03	13.32	19.00	24.58	26.66	27.43	27.72	4.92	

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาววาสนา เขาแก้ว
วัน เดือน ปี ที่เกิด	16 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เคมีเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2547)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-