ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำชลประทานในแปลงนา จากพฤติกรรมการใช้ปุ๋ย

The effect of fertilizer application in the rice field with Irrigation water quality changing

สุขลัคน์ นาเนกรังสรรค์[1] และ สถาพร นาคคนึง[2]

Suckaluck Nanegrungsun[1] and Sathaporn Nakkanung[2]

[1]สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

[1]Bureau of Research and Development, Royal Irrigation Department

[2]สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน

[2]Bureau of Water Management and Hydrology, Royal Irrigation Department

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง คือ ระยะข้าวแตกกอและระยะข้าวตั้งท้อง มีการใช้ปุ๋ยเคมีทั้งหมด 6 อัตรา ได้แก่ 0, 50, 100, 150, 175 และ 200 % ของอัตราปกติ เรียกว่า กรรมวิธีที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ เก็บตัวอย่างน้ำ 5 ระยะ ได้แก่ ก่อนและหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยว ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ ยกเว้น ปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณโพแทสเซียมมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และ 2) กรรมวิธีที่ 4 มีการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตข้าวมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับกรรมวิธีอื่นได้แสดงว่ามีคุณภาพน้ำแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น แต่กรรมวิธีที่ 4 ไม่มีดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปผลการวิจัยได้ว่าคุณภาพน้ำมีความอุดมสมบูรณ์สูงและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการชลประทาน จัดอยู่ในประเภทน้ำชลประทานชนิด C1S1 - C2S1 มีความเค็มปานกลางและปริมาณโซเดียมต่ำ จัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 - 4 ควรมีการแนะนำกับเกษตรกรให้ใช้ปุ๋ยอัตราสูงสุดเป็น 150 % ของอัตราปกติ เพื่อประหยัดรายจ่ายและมีผลผลิตสูงกว่าผลผลิตทั่วไปของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

คำสำคัญ: *คุณภาพน้ำ, ปุ๋ยเคมี, สุพรรณบุรี 1*

Abstract

The objective of this research is to find the most effective percentage of chemical fertilizer apply in Supanburi 1 rice' s field in order to optimize farmer expense and improve productivity from current rice production yield. The research methodology using Supanburi 1 rice field to add twice of chemical fertilizer, the first period was at vegetative stages and the second period was at panicle-formation stage, the testing process to apply totally six chemical fertilizer rates from 0, 50, 100, 150, 175 and 200 percent from normal application which called method 1, 2, 3, 4, 5 and 6 respectively. The water collections were conduct five times start from before and after the first and second added chemical fertilizer, and before harvest. The research finding is 1) Water quality is in the level of standardize except the amount of suspended solid and potassium are higher than normal standard. 2) The result from method 4 which applied chemical fertilizer 150 percent of normal application show the highest growth and yield components. In statistic total productivity is better than other methods significantly. The significant score is 0.05 which is different with other methods. Moreover, the water quality index in method 4 is not significantly higher than others at significant score 0.05. In conclusion water quality is good enough and suitable for agriculture categorized as irrigation water type C1S1-C2S1, moderate salinity and low sodium content. It classifies in surface water type 2-4. Therefore, the recommendation to farmer is to add chemical fertilizer 150 percent of normal application in order to optimize their expense and improve Supanburi 1 rice productivity compare with general productivity of the same type of rice.

Keyword : Water Quality, chemical fertilizer, Suphanburi 1

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การปลูกข้าวของเกษตรกรส่วนใหญ่ในเขตชลประทานนิยมใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเพราะข้าวมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเห็นได้ชัดโดยต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง การใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวเป็นที่นิยมแม้ว่าจะมีราคาสูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่นเนื่องจากปุ๋ยเคมีหาซื้อได้ง่าย สะดวกในการใช้ และมีธาตุอาหารหลักที่ละลายออกมาอยู่ในรูปที่ต้นข้าวจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ดังนั้นปุ๋ยเคมีจึงเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญและเป็นต้นทุนหลักในการปลูกข้าว จากสถิติการนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2558 - 2560 พบว่า ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี โดยปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) ซึ่งนิยมใช้กันมากในการปลูกข้าว ในปี พ.ศ. 2560

มีปริมาณการนำเข้า 2,466,887 และ 413,819 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่า 20,467 และ 3,939 ล้านบาท ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าปี พ.ศ. 2559 ถึง 16.1 และ 16.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)

เกษตรกรจะใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากโดยเฉพาะในช่วงที่ข้าวเจริญเติบโตทางลำต้นและช่วงการสืบพันธุ์ คือ ระยะข้าวแตกกอและระยะข้าวตั้งท้อง เพื่อเป็นการเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากและใช้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานทำให้สภาพดินเสื่อมโทรมเร็วขึ้นและส่งผลต่อความสมดุลของระบบนิเวศในดินอีกทั้งเมื่อทำการระบายน้ำออกจากแปลงนาก็จะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในคลองชลประทานที่อยู่ใกล้เคียง การใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากเกินกว่าการที่ต้นข้าวจะดูดซับธาตุอาหารที่อยู่ในปุ๋ยเคมีไปใช้ประโยชน์อาจทำให้มีปริมาณธาตุอาหารไหลลงสู่แหล่งน้ำได้ ทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำส่งผลให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วย การปลูกข้าวมีการระบายน้ำออกจากแปลงนาครั้งเดียวก่อนที่จะเก็บเกี่ยวประมาณ 30 วัน ดังนั้นน้ำที่ขังในแปลงนาหลังจากใส่ปุ๋ยแล้วจึงมีสารอาหารซึ่งละลายออกมาจากปุ๋ย ถ้ามีปริมาณสารอาหารที่อยู่ในน้ำที่ขังในแปลงนามากในช่วงที่ระบายน้ำออกจากแปลงนาก่อนที่จะเก็บเกี่ยวหรือในช่วงฤดูฝนที่มีน้ำล้นจากแปลงนาจะเป็นการเพิ่มปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของวัชพืชทำให้มีสาหร่ายและพืชน้ำเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วจนเกิดสภาพยูโทรฟิเคชั่น เมื่อสาหร่ายและพืชน้ำตายจะกลายเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในน้ำทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจึงมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงก่อให้เกิดการเน่าเหม็นของทางน้ำชลประทานส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำและลดคุณค่าของการใช้ประโยชน์จากทางน้ำชลประทานด้วย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเกษตรและเศรษฐกิจของประเทศรวมทั้งสภาพแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน

เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของประเทศไทยตามที่กรมควบคุมมลพิษรวบรวมไว้มีอยู่หลายเกณฑ์ แต่เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติและทางน้ำชลประทานมีทั้งหมด 3 เกณฑ์ ได้แก่ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งในทางน้ำชลประทาน (กรมชลประทาน, 2561) และเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 2530 อ้างอิงในกรมควบคุมมลพิษ, 2540) เนื่องจากประเทศไทยไม่มีมาตรฐานน้ำชลประทาน และส่วนใหญ่การใช้น้ำชลประทานเป็นการใช้น้ำเพื่อการเกษตร ดังนั้นจึงใช้เกณฑ์มาตรฐานน้ำชลประทานของ FAO (1985) เพื่อเพิ่มเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในการเปรียบเทียบดัชนีคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับการนำน้ำไปใช้เพื่อการเกษตร และใช้เกณฑ์ของ USDA Handbook No. 60 (1954) ในการจำแนกชนิดของน้ำชลประทานตามความเป็นพิษของความเค็มและปริมาณโซเดียม โดยใช้ไดอะแกรมที่ใช้ความนำไฟฟ้าในการพิจารณาความเป็นพิษของความเค็มและใช้สัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR) ในการพิจารณาความเป็นพิษของปริมาณโซเดียม สำหรับวิธีการวิเคราะห์คุณภาพ

น้ำที่นำมาใช้มักจะอ้างอิงจากวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำของ American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WPCF) ในหนังสือ Standard methods for the examination of water and wastewater

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจึงดำเนินการวิจัยเพื่อเป็นการศึกษาผลกระทบของการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีอัตราแตกต่างกันในนาข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำโดยใช้แปลงนาภายในสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 9 (ท่าม่วง) อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นแปลงนาทดลอง ซึ่งเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในคลองชลประทานตามแผนยุทธศาสตร์ 4 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2560 - 2564 ของกรมชลประทาน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกัน

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตข้าวจากแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกัน

3. วิธีการวิจัย

3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) โดยปลูกข้าวในแปลงนาทดลองและมีอัตราการใช้ปุ๋ย 6 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ รวม 18 หน่วยทดลอง

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

1) เก็บตัวอย่างดินในแปลงนาทดลองก่อนการเริ่มปลูกข้าวเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน จากผลวิเคราะห์ดินพบว่าแปลงทดลองเป็นดินเนื้อละเอียดประเภทดินเหนียว อัตราการรั่วซึมน้ำของดินช้า ความชื้นชลประทานมีค่า 29.4 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรมีค่า 15.1 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มีค่า 14.4 เปอร์เซ็นต์ ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดเล็กน้อย ไม่มีปัญหาเรื่องความเค็มของดิน ความชื้นของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีค่า 56.3 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ของอินทรียวัตถุอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ดังนั้นดินในแปลงนาทดลองจึงมีความเหมาะสมในการปลูกข้าว

2) การเตรียมแปลงนาทดลองเพื่อปลูกข้าว (ทำการไถ ไถแปร คราด และทำเทือก)

3) วัดพื้นที่แปลงย่อยขนาด 4 x 5 เมตร (20 ตารางเมตร) จำนวน 18 แปลง โดยมีคันดินขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร กั้นระหว่างแปลงย่อยทุกแปลง และจัดทำแผนผังการทดลองโดยการสุ่มด้วยวิธีจับฉลากกรรมวิธี

4) การปลูกข้าวแบบนาหว่านน้ำตมใช้เมล็ดข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยใช้การหว่านเมล็ดข้าวงอก การเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยนำเมล็ดข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 แช่น้ำ 24 ชั่วโมง และหุ้มโดยใช้กระสอบคลุม

เพื่อรักษาความชื้นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำไปหว่านในแปลงย่อยที่เตรียมไว้ให้สม่ำเสมอ ใช้เมล็ดพันธุ์อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่

5) การให้น้ำ รักษาระดับน้ำในแปลงนาทดลองตั้งแต่ให้น้ำครั้งแรกถึงก่อนการเก็บเกี่ยวให้อยู่ในระดับ 5 - 10 ซม.

6) ใส่ปุ๋ยเคมีในแปลงนาทดลอง 2 ครั้ง ตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว คือ ครั้งที่ 1 ใส่ระยะข้าวแตกกอ และครั้งที่ 2 ใส่ระยะข้าวตั้งท้อง โดยใช้สูตรและอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีที่ชาวนาใช้ปกติ คือ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตร 46-0-0 อัตรา 35 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 สูตร 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งกำหนดให้อัตราการใช้ปุ๋ยเคมีของชาวนาปกติเป็นอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ การทดลองนี้มีการใช้ปุ๋ยเคมีทั้งหมด 6 อัตรา ได้แก่ 0, 50, 100, 150, 175 และ 200 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราปกติ ปริมาณปุ๋ยแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณปุ๋ยของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธีที่	อัตราการใช้ปุ๋ย	ปริมาณปุ๋ย (กก./ไร่)	
		ครั้งที่ 1 ปุ๋ยสูตร 46-0-0	ครั้งที่ 2 ปุ๋ยสูตร 16-20-0
1	ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี	-	-
2	50% ของอัตราปกติ	17.50	10.00
3	100% ของอัตราปกติ	35.00	20.00
4	150% ของอัตราปกติ	52.50	30.00
5	175% ของอัตราปกติ	61.25	35.00
6	200% ของอัตราปกติ	70.00	40.00

7) เก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (Grab Sampling) ในแต่ละแปลงนาย่อยของแต่ละกรรมวิธี โดยเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 5 ระยะ คือ ก่อนและหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ก่อนและหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และเมื่อทำการระบายน้ำออกจากแปลงนาก่อนการเก็บเกี่ยว ดัชนีคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ในภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิน้ำ (T_w) ความนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDS) ความเค็ม (Sal) ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ส่วนความขุ่น (Tur) ปริมาณสารแขวนลอย (SS) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน (NO_3 - N) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO_4 - P) ปริมาณแคลเซียม (Ca) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) ปริมาณโซเดียม (Na) ปริมาณโพแทสเซียม (K) ปริมาณคาร์บอเนต (CO_3) ปริมาณไบคาร์บอเนต (HCO_3) ปริมาณคลอไรด์ (Cl) ปริมาณซัลเฟต (SO_4) และสัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR) เป็นการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเคมี

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) เปรียบเทียบผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำชลประทานของ FAO (1985) มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537) มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งในทางน้ำชลประทาน (กรมชลประทาน, 2561) และเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 2530 อ้างอิงในกรมควบคุมมลพิษ, 2540)

2) วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำทางสถิติ สถิติที่ใช้ทดสอบ ได้แก่

2.1) ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำของแต่ละกรรมวิธี

2.2) จำแนกกลุ่มกรรมวิธีโดยใช้คุณภาพน้ำในช่วงระยะก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อจัดกลุ่มของกรรมวิธีที่มีคุณภาพน้ำคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันโดยใช้การวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster analysis)

2.3) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำระหว่างแต่ละกรรมวิธีในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One - Way ANOVA) ด้วยวิธี F - test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.4) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำระหว่างช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One - Way ANOVA) ด้วยวิธี F - test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

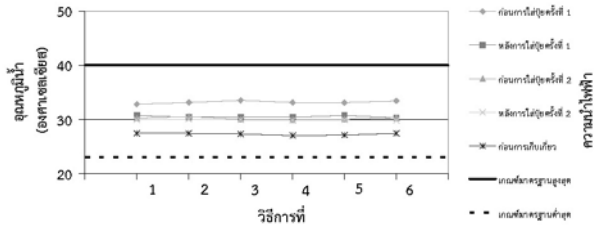
2.5) เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวระหว่างแต่ละกรรมวิธี โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One - Way ANOVA) ด้วยวิธี F - test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. ผลการศึกษาวิจัยและวิจารณ์

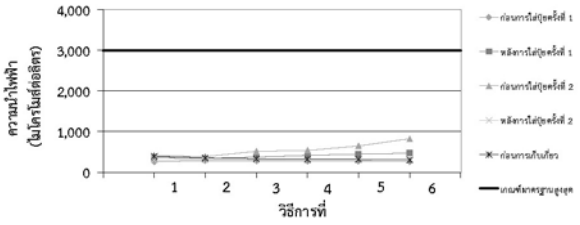
4.1 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำกับเกณฑ์มาตรฐาน

คุณภาพน้ำของกรรมวิธีที่ 1 - 6 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ ยกเว้น ปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณโพแทสเซียม ในบางช่วงระยะเวลาของบางกรรมวิธีที่มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ เนื่องจาก 1) ปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณโพแทสเซียมในบ่อน้ำที่สูบมาใช้รักษาระดับน้ำในแปลงนาทดลองมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ อีกทั้งดินบริเวณนั้นเคยเป็นแปลงนาทดลองมาก่อนจึงอาจมีการสะสมโพแทสเซียมในดิน เมื่อมีน้ำขังจึงละลายออกมา แปลงนาทดลองย่อยมีความลึกเพียง 30 เซนติเมตร และมีขนาด 20 ตารางเมตร เมื่อขังน้ำไว้จึงมีตะกอนดินละลายออกมาทำให้มีปริมาณสารแขวนลอยสูง และ 2) ในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 มีการเตรียมแปลงนาทดลองเพื่อปลูกข้าวจึงทำให้มีปริมาณสารแขวนลอยสูงขึ้น อีกทั้งแปลงนาทดลองย่อยมีความลึกเพียง 30 เซนติเมตร และมีขนาด

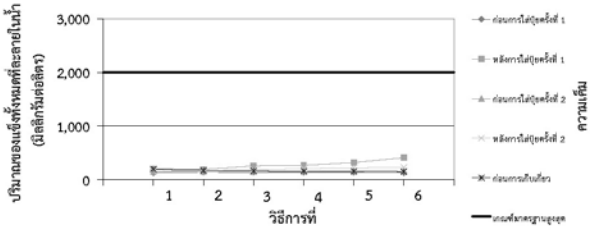
20 ตารางเมตร เมื่อขังน้ำไว้จึงมีตะกอนดินละลายออกมาทำให้มีปริมาณสารแขวนลอยสูง ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำแสดงดังภาพที่ 1 - 20



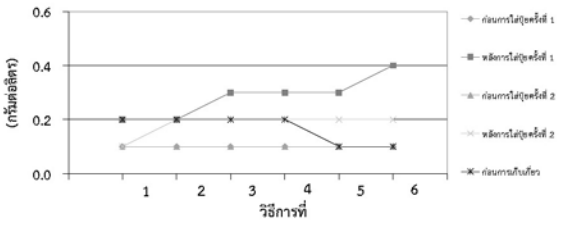
ภาพที่ 1 อุณหภูมิน้ำ (T_W)



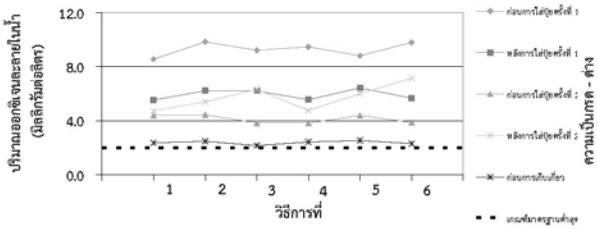
ภาพที่ 2 ความนำไฟฟ้า (EC)



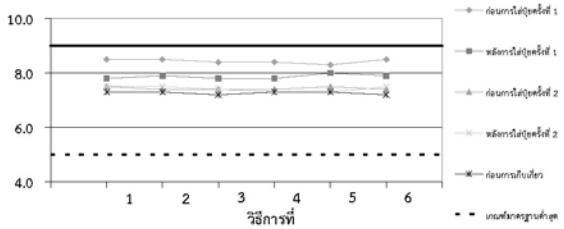
ภาพที่ 3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (TDS)



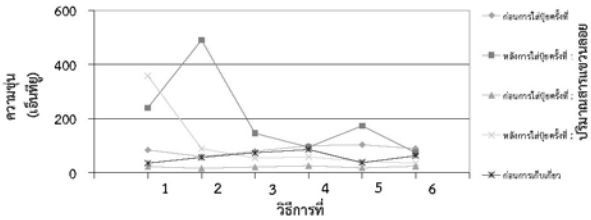
ภาพที่ 4 ความเค็ม (Sal)



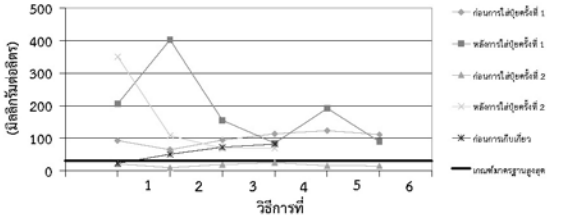
ภาพที่ 5 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)



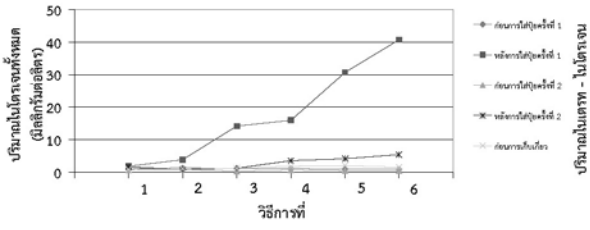
ภาพที่ 6 ความเป็นกรด - ด่าง (pH)



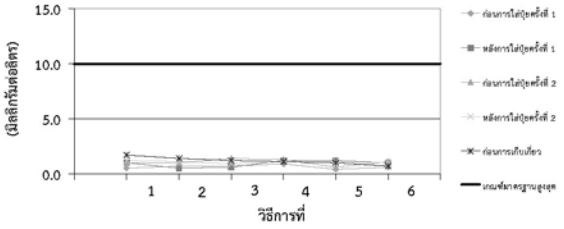
ภาพที่ 7 ความขุ่น (Tur)



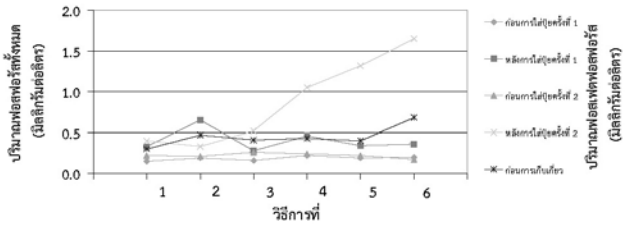
ภาพที่ 8 ปริมาณสารแขวนลอย (SS)



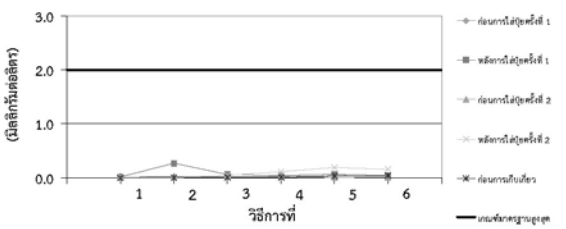
ภาพที่ 9 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TN)



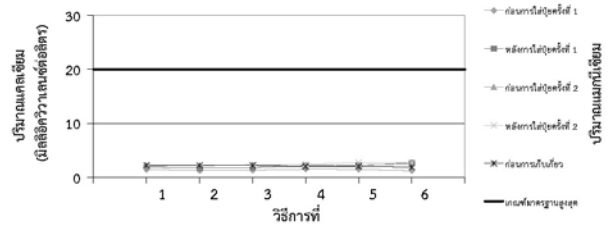
ภาพที่ 10 ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน (NO_3 - N)



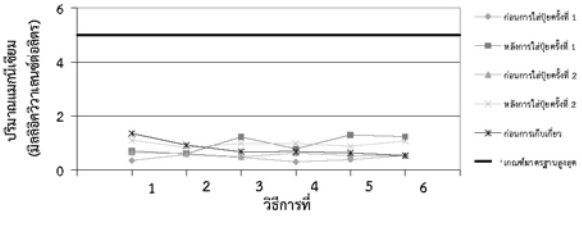
ภาพที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP)



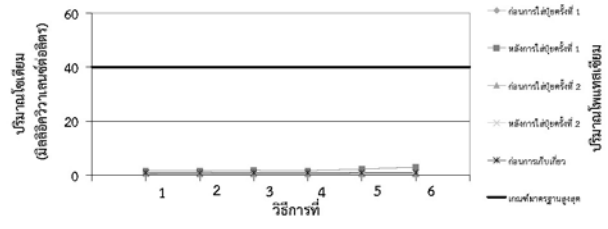
ภาพที่ 12 ปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO_4 - P)



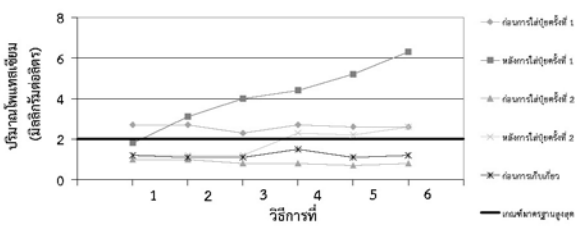
ภาพที่ 13 ปริมาณแคลเซียม (Ca)



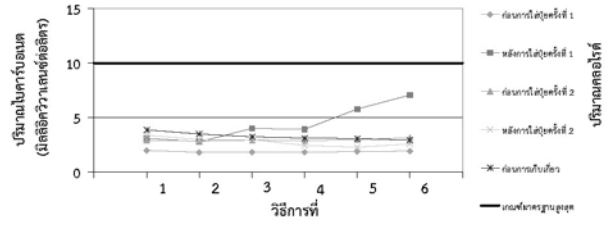
ภาพที่ 14 ปริมาณแมกนีเซียม (Mg)



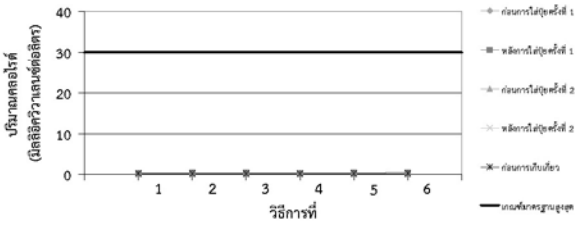
ภาพที่ 15 ปริมาณโซเดียม (Na)



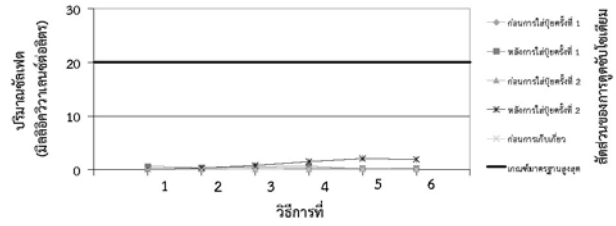
ภาพที่ 16 ปริมาณโพแทสเซียม (K)



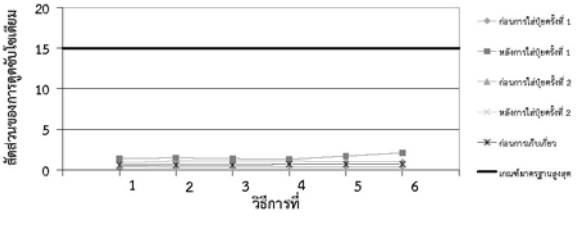
ภาพที่ 17 ปริมาณไบคาร์บอเนต (HCO_3)



ภาพที่ 18 ปริมาณคลอไรด์ (Cl)



ภาพที่ 19 ปริมาณซัลเฟต (SO_4)

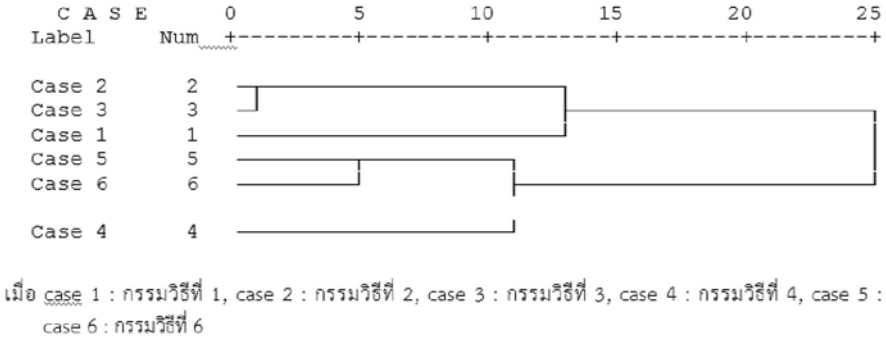


ภาพที่ 20 สัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR)

4.2 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแปลงนาที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกัน

1) จากการจำแนกกลุ่มกรรมวิธีโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวมาจำแนกกลุ่มกรรมวิธีที่มีคุณภาพน้ำคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มกรรมวิธีเดียวกัน ซึ่งใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster analysis) โดยพิจารณาจาก Dendrogram แสดงดังภาพที่ 21 พบว่า สามารถจัดกลุ่มกรรมวิธีออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1, 2, 3, 5 และ 6 ส่วนกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 4 แสดงว่าในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวมีคุณภาพน้ำของกรรมวิธีที่ 1, 2, 3, 5 และ 6

คล้ายคลึงกันจึงสามารถจัดอยู่ในกลุ่มกรรมวิธีเดียวกันได้ ส่วนกรรมวิธีที่ 4 มีคุณภาพน้ำแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นซึ่งกรรมวิธีที่ 4 มีอัตราการใส่ปุ๋ยเคมี 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ



เมื่อ case 1 : กรรมวิธีที่ 1, case 2 : กรรมวิธีที่ 2, case 3 : กรรมวิธีที่ 3, case 4 : กรรมวิธีที่ 4, case 5 : กรรมวิธีที่ 5, case 6 : กรรมวิธีที่ 6

ภาพที่ 21 Dendrogram ของการวิเคราะห์กลุ่มกรรมวิธีก่อนการเก็บเกี่ยวโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำ

2) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำระหว่าง 6 กรรมวิธี โดยวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 2) พบว่า คุณภาพน้ำก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนคุณภาพน้ำหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าอัตราการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันทำให้มีคุณภาพน้ำแตกต่างกัน

ตารางที่ 2 ดัชนีคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำระหว่าง 6 กรรมวิธี ที่มีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ระยะเวลาที่วิเคราะห์คุณภาพน้ำ					
ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1					
กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6
–	–	–	–	–	–
หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1					
กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6
–	–	–	–	HCO_3	EC, Sal, TDS, TN, Ca, Na, K, SAR
ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2					
กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6
Mg	–	PO_4 –P	Mg, PO_4 –P	–	–

หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2					
กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6
HCO_3	–	–	–	PO_4 –P, Ca, K, SO_4	EC, TDS, TN, TP, PO_4 –P, Ca, K
ก่อนการเก็บเกี่ยว					
กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4	กรรมวิธีที่ 5	กรรมวิธีที่ 6
TDS, Mg, HCO_3	–	TDS	–	SAR	SAR

2.1) คุณภาพน้ำก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ระหว่างกรรมวิธีที่ 1 - 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าดินในแปลงนาทดลองใน 18 แปลงย่อย เมื่อมีน้ำขังแล้วสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ละลายออกมาในน้ำทำให้มีค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้ง 21 ดัชนี ไม่แตกต่างกัน

2.2) คุณภาพน้ำหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ระหว่างกรรมวิธีที่ 1 - 6 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ความนำไฟฟ้า ความเค็ม ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแคลเซียม ปริมาณโซเดียม ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณไบคาร์บอเนต และสัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR) โดยกรรมวิธีที่ 6 มีความนำไฟฟ้า ความเค็ม ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแคลเซียม ปริมาณโซเดียม ปริมาณโพแทสเซียม และสัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 200 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ซึ่งเป็นอัตราการใส่ปุ๋ยมากที่สุดของการวิจัยนี้ และการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใช้ปุ๋ยยูเรียซึ่งละลายน้ำได้ดีจึงไปเพิ่มปริมาณของอิออนที่ละลายในน้ำ ทำให้มีค่าความนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำสูงขึ้น อีกทั้งสูตรของปุ๋ยยูเรีย คือ 46-0-0 ซึ่งเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนจึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของกรรมวิธีที่ 6 มากกว่ากรรมวิธีที่ 1 - 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3) คุณภาพน้ำก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ระหว่างกรรมวิธีที่ 1 - 6 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัสและปริมาณแมกนีเซียม

2.4) คุณภาพน้ำหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ระหว่างกรรมวิธีที่ 1 - 6 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ความนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัส ปริมาณแคลเซียม ปริมาณ

โพแทสเซียม ปริมาณไบคาร์บอเนต และปริมาณซัลเฟต เนื่องจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตสูตร 16-20-0 ซึ่งเป็นการเพิ่มไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของกรรมวิธีที่ 6 มากกว่ากรรมวิธีที่ 1 - 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ปริมาณของอิออนที่ละลายในน้ำทำให้มีค่าความนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำสูงขึ้น

2.5) คุณภาพน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวระหว่างกรรมวิธีที่ 1 - 6 ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณไบคาร์บอเนต และสัดส่วนของการดูดซับโซเดียม (SAR)

4.3 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแปลงนาก่อนการใส่ปุ๋ย หลังการใส่ปุ๋ย และก่อนการเก็บเกี่ยว

จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแปลงนาก่อนการใส่ปุ๋ย หลังการใส่ปุ๋ย และก่อนการเก็บเกี่ยว โดยวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่าช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำในแปลงนาทดลองมีผลต่อคุณภาพน้ำ ซึ่งช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำที่มีจำนวนของดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่าสูงที่สุดเรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (จำนวน 13 ดัชนี) หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (จำนวน 7 ดัชนี) ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 (จำนวน 4 ดัชนี) ก่อนการเก็บเกี่ยว (จำนวน 2 ดัชนี) และก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (จำนวน 1 ดัชนี) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ดัชนีคุณภาพน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำที่มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ระยะเวลาที่วิเคราะห์คุณภาพน้ำ	ดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่าสูงที่สุด
ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1	T_w, pH, DO และ CO_3
หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1	EC, Sal, SS, TDS, TN, PO_4 –P, Mg, Na, K, HCO_3, Cl และ SAR
ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2	NO_3 – N
หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2	Tur, NO_3 – N, TP, PO_4 –P, Ca, Mg และ SO_4
ก่อนการเก็บเกี่ยว	NO_3 – N และ Mg

คุณภาพน้ำในแปลงนาช่วงหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 มีจำนวนของดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่าสูงที่สุด คือ 13 ดัชนี ดังนั้นจึงควรมีการเฝ้าระวังเพราะมีจำนวนของดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่าสูงที่สุดมากกว่าช่วงเวลาอื่น เนื่องจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 มีอัตราการหว่านปุ๋ยสูงกว่าครั้งที่ 2 เกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งปุ๋ยที่ใส่ในครั้งแรกเป็นปุ๋ยยูเรียซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีมากและการหว่านปุ๋ยทำให้ปุ๋ยเคมีแตกตัวให้อิออนและละลายอยู่ในน้ำได้มากกว่าการฝังปุ๋ย (อนุรักษ์, 2558) ปุ๋ยเคมีมีสมบัติเป็นอนินทรีย์สารเมื่อละลายน้ำจึง

เพิ่มปริมาณอนินทรีย์สารที่ละลายอยู่ในน้ำให้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น การแตกตัวของปริมาณอนินทรีย์สารเป็นอิออนในน้ำทำให้เพิ่มค่าความนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำรวมทั้งปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของอิออน นอกจากนี้สูตรของปุ๋ยยูเรีย คือ 46-0-0 ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจน 46 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ไนตริฟิเคชัน และการระเหยของแอมโมเนีย ส่งผลให้แอมโมเนียมอิออนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสเปลี่ยนเป็นไนเตรท-ไนโตรเจนโดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน จึงทำให้ในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 มีปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนสูงกว่าช่วงเวลาอื่นและเป็นเพียงดัชนีคุณภาพน้ำเพียงอย่างเดียวที่ตัวอย่างน้ำที่เก็บในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 มีค่ามากกว่าช่วงเวลาอื่น นอกจากนี้หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยวมีปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนมากกว่าช่วงเวลาอื่นเช่นกัน ดังนั้นในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยวจึงควรมีการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำเฉพาะปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน เนื่องจากในช่วงที่ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยวเป็นเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ถ้ามีน้ำในแปลงนาไหลล้นออกจากแปลงนาจะทำให้เป็นการเพิ่มปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนให้กับแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของสาหร่ายและวัชพืชในน้ำเกิดสภาพยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงจนเกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำ

5. การสรุปผลการวิจัย

5.1 คุณภาพน้ำในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และก่อนการเก็บเกี่ยว มีความอุดมสมบูรณ์สูงและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการชลประทาน จัดอยู่ในประเภทน้ำชลประทานชนิด C1S1 - C2S1 มีความเค็มปานกลางและปริมาณโซเดียมต่ำ สามารถใช้กับดินและพืชเกือบทุกชนิด (U.S., 1954) จัดอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 - 4 เป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ การเกษตร และการอุตสาหกรรม คุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ปริมาณสารแขวนลอยและปริมาณโพแทสเซียมที่มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

5.2 ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างน้ำที่มีค่าของดัชนีคุณภาพน้ำสูงที่สุด ได้แก่ หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 จำนวน 13 ดัชนี หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 จำนวน 7 ดัชนี ก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 จำนวน 4 ดัชนี ก่อนการเก็บเกี่ยว จำนวน 2 ดัชนี และก่อนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 จำนวน 1 ดัชนี ควรมีการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในช่วงหลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 เพราะมีจำนวนของดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่าสูงที่สุดมากกว่าช่วงเวลาอื่นและเป็นการใช้ปุ๋ยใน

ปริมาณมากกว่าการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ซึ่งปุ๋ยยูเรียละลายน้ำได้ดีจึงไปเพิ่มปริมาณของอิออนที่ละลายในน้ำทำให้มีค่าความนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำสูงขึ้น

5.3 การวิเคราะห์กลุ่มกรรมวิธีก่อนการเก็บเกี่ยวด้วยข้อมูลคุณภาพน้ำมีเพียงกรรมวิธีที่ 4 ซึ่งมีอัตราการใส่ปุ๋ย 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ที่ไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับกรรมวิธีอื่นได้ แสดงว่าอัตราการใส่ปุ๋ยเคมี 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ มีคุณภาพน้ำแตกต่างจากอัตราอื่น แต่คุณภาพน้ำของอัตราการใส่ปุ๋ยเคมี 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวไม่มีดัชนีคุณภาพน้ำที่มีค่ามากกว่าอัตราอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสอดคล้องกับข้อมูลการเจริญเติบโตองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตข้าวซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ยเคมี 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ มีความสูงของต้นข้าวก่อนการเก็บเกี่ยว ความยาวรวง จำนวนระแง้ต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และผลผลิตข้าวมากกว่าอัตราอื่น ดังนั้นควรเลือกใช้อัตราการใส่ปุ๋ย 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ เพื่อประหยัดรายจ่ายของปุ๋ยเคมีและคุณภาพน้ำของอัตราการใส่ปุ๋ย 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ไม่มีค่ามากกว่าอัตราอื่น แม้จะมีการใช้อัตราการใส่ปุ๋ยมากกว่าบางกรรมวิธี และอัตราการใส่ปุ๋ย 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติให้ผลผลิต 942 กิโลกรัมต่อไร่ โดยทั่วไปพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 1 ควรมีผลผลิต 806 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งอัตราการใส่ปุ๋ย 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตทั่วไปของข้าวพันธุ์นี้ ดังนั้นควรมีการแนะนำกับเกษตรกรให้ใช้ปุ๋ยอัตราสูงสุดเป็น 150 เปอร์เซ็นต์ของอัตราปกติ เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว

6. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการนำผลงานวิจัยนี้ไปทดลองในแปลงนาที่อยู่ในเขตชลประทานซึ่งเป็นสภาพพื้นที่จริงเพื่อเป็นการศึกษาผลกระทบของคุณภาพน้ำในด้านปริมาณสารอาหารในคลองชลประทานที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีในนาข้าว และเป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำในคลองชลประทานให้มีความสมดุลของระบบนิเวศและเกิดประโยชน์สูงสุด

7. บรรณานุกรม

กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. (2540). เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. กรุงเทพ ฯ : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

คำสั่งกรมชลประทานที่ 18/2561 เรื่อง การป้องกันและแก้ไขการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน. (2561, 26 กุมภาพันธ์). กรมชลประทาน.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2537. (2551, 11 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง. หน้า 234 - 240.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/view/1/ %E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95/TH-TH. สืบค้นเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2560.

อนุรักษ์ เครือคำ. (2558). อิทธิพลของกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อคุณภาพดินและน้ำในนาข้าวพื้นที่หนองหาร จังหวัดสกลนคร. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Ayers, R.S. and Westcot, D.W. (1985). Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. pp. 1-117.

U.S. Salinity Laboratory Staff. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook No. 60. Washington D.C.