บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษในดิน และเถ้าลอยลิกไนต์ในช่วงเวลาก่อนการเพาะปลูก

ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษของดินจากพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัย คือ พื้นที่ของเกษตรกรที่ตำบลดอนยอ อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก และเถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จัดเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และประเมินความเป็นพิษอันเกิดจากการใช้เถ้าลอยลิกไนต์ในการปลูกข้าว ทั้งนี้พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) โดยผลการศึกษาเป็นดังนี้

4.1.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดเป็นด่างของดินก่อนการเพาะปลูก และเถ้าลอยลิกไนต์ มีค่า 3.85 และ 10.25 ตามลำดับ

4.1.2 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษในดิน

ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว และปริมาณธาตุพิษของดินก่อนการเพาะปลูก และเถ้าลอยลิกไนต์ (ตารางที่ 4.1) ประกอบด้วยอลูมิเนียม เหล็ก นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก ปริมาณทั้งหมดสกัดด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) ที่อัตราส่วน 2 : 1 ส่วนปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้สกัดด้วย 0.005 M DTPA

ปริมาณทั้งหมดในดินของนิกเกิล อลูมิเนียม อาร์เซนิก และเหล็ก มีค่าเท่ากับ 3.27 5,271.48 2.74 และ 5,934.69 ppm ตามลำดับ ส่วนปริมาณทั้งหมดในดินของแคดเมียมมีน้อยมากจนไม่สามารถตรวจพบได้ สำหรับปริมาณทั้งหมดในเถ้าลอยลิกไนต์ของนิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม อาร์เซนิก และเหล็ก มีค่าเท่ากับ 31.25 0.07 23,162.64 26.55 และ 7,986.03 ppm ตามลำดับ

ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินของอลูมิเนียม อาร์เซนิก และเหล็ก มีค่าเท่ากับ 284.18 0.13 และ 846.44 ppm ตามลำดับ โดยปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินของนิกเกิล และแคดเมียม มีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถตรวจพบได้ สำหรับปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้

ในเถ้าลอยลิกไนต์ของแคดเมียม อาร์เซนิก และเหล็ก มีค่าเท่ากับ 0.051 0.21 และ 21.13 ppm ตามลำดับ ส่วนนิกเกิลและอลูมิเนียม มีปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ในเถ้าลอยลิกไนต์น้อยมาก จนไม่สามารถตรวจพบได้

จากตัวเลขแสดงให้เห็นว่าปริมาณทั้งหมดในดินมากกว่าปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ประมาณ 10-20 เท่า เช่นเดียวกันกับในเถ้าลอยลิกไนต์ที่ปริมาณทั้งหมดมากกว่าปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ประมาณ 100-400 เท่า นอกจากนี้ปริมาณทั้งหมดในเถ้าลอยลิกไนต์มากกว่าในดินประมาณ 2-10 เท่า แต่ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ในเถ้าลอยลิกไนต์น้อยกว่าในดิน

ตารางที่ 4.1 ปริมาณทั้งหมด ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ของธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและธาตุพิษในดิน และเถ้าลอยลิกไนต์ในช่วงเวลาก่อนการเพาะปลูก

ชนิดของธาตุ	ปริมาณทั้งหมด (ppm)		ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ (ppm)	
	ดิน	เถ้าลอยลิกไนต์	ดิน	เถ้าลอยลิกไนต์
นิกเกิล	3.27	31.25	Trace	Trace
แคดเมียม	Trace	0.07	Trace	0.051
อลูมิเนียม	5,271.48	23,162.64	284.18	Trace
อาร์เซนิก	2.74	26.55	0.13	0.21
เหล็ก	5,934.69	7,986.03	846.44	21.13

หมายเหตุ : Trace หมายถึง มีปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ

ปริมาณนิกเกิล มีค่าน้อยกว่า 0.2 ppm

ปริมาณแคดเมียม มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm

ปริมาณอลูมิเนียม มีค่าน้อยกว่า 1 ppm

4.2 ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาเมล็ดข้าวงอก

ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาเมล็ดข้าวงอกนั้น มีพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาดังนี้ คือ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ในระยะเมล็ดข้าวงอกมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เฉพาะตำรับทดลอง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ดังนั้นตำรับทดลอง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงจึงมีเงื่อนไขเช่นเดียวกับตำรับทดลอง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี โดยผลการศึกษาเป็นดังนี้

4.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาเมล็ดข้าวงอก (ตารางที่ 4.2) ในแต่ละตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.02^{NS}) กล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงดิน อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในระยะเมล็ดข้าวงอกไม่มีผลต่อความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

4.2.2 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษ

ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่พืชสามารถดูดดึงได้จากดินในช่วงระยะเวลาเมล็ดข้าวงอกนั้น (ตารางที่ 4.3) พบว่า การเติมปุ๋ยเคมีมีผลทำให้เพิ่มปริมาณนิกเกิล และอลูมิเนียม ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลในการเพิ่มปริมาณนิกเกิล อลูมิเนียม อาร์เซนิก และเหล็ก โดยมีรายละเอียดของแต่ละธาตุดังนี้

1) อลูมิเนียม

พืชส่วนใหญ่มีปริมาณอลูมิเนียม 200 ppm โดยน้ำหนักแห้ง โดยที่ Chennery (1955) พบว่า อลูมิเนียมมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของ Tea bush แต่การได้รับอลูมิเนียมในปริมาณสูงเป็นสาเหตุให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง เนื่องจากอลูมิเนียมจะยับยั้งการเจริญเติบโตของรากพืช (Pierre, 1931)

การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้เพิ่มขึ้นจากดินเดิมซึ่งมีค่าเท่ากับ 89.00 96.00 และ 69.67 ppm ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2.24^{NS}) กล่าวได้ว่าการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี ไม่ส่งผลในการเพิ่มปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) เหล็ก

ความเป็นพิษของเหล็กต่อพืชนับว่าเป็นปัญหามาก โดยเฉพาะในดินนาข้าวที่มีน้ำขังประมาณ 2-3 สัปดาห์ อาจทำให้ความเข้มข้นของเหล็กเพิ่มขึ้นจาก 0.1 ppm ถึง 50-100 ppm ได้ สำหรับความเป็นพิษของเหล็กจะทำให้ต้นข้าวมีใบผิดปกติ เกิดจุดสีน้ำตาลเล็กๆ ซึ่งจะขยายตัวกลายเป็นสีน้ำตาลเหมือนกันทั้งใบ (Mengel and Kirkby, 1982) ความเป็นพิษของเหล็กยังทำให้ต้นข้าวเกิดการขาดฟอสฟอรัส ซึ่งจะทำให้ความเป็นพิษของเหล็กยิ่งทวีสูงขึ้น (Trolldenier, 1973)

แม้ว่าเหล็กจะเป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ก็ตาม แต่ถ้าหากได้รับเหล็กมากเกินกว่าความต้องการจะทำให้เกิดความเป็นพิษได้ ซึ่งมนุษย์และสัตว์ทุกชนิดไม่มีการขับถ่ายเหล็กออกจากร่างกาย เหล็กเป็นสารพิษที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเนื้อเยื่อ และจะไปเกาะตามเนื้อเยื่อ โดยเฉพาะตับ ทำให้เกิดตับแข็งได้ (Dreisbrch, 1986)

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินเพิ่มขึ้นจากดินเดิม แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (350.00, 380.00 ppm และมีค่า F-value = 3.15^{NS}) ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้ลดลงลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (350.00 และ 326.67 ppm ตามลำดับ) กล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินเพิ่มขึ้น ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3) นิกเกิล

ความเป็นพิษของนิกเกิลต่อพืช คือ พืชจะมีอาการคลอโรซีส ใบมีลักษณะผิดปกติ รากไม่เจริญเติบโต และเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างส่วนต่างๆ ของพืชจนเซลล์เหี่ยวแห้งและตายไปในที่สุด (Prokipcak and Ormzod, 1986) สำหรับมนุษย์ที่ได้รับนิกเกิลจะแสดงอาการเริ่มแรก คือ ปวดศีรษะส่วนหน้า คลื่นไส้ อาเจียน ไอ หายใจไม่สะดวก อ่อนเพลีย และท้องร่วง (ไมตรี สุทธิจิตต์, 2531) ส่วนสัตว์ที่ได้รับนิกเกิลมากเกินไปจะน้ำหนักลด โลหิตจาง และมีโอกาสแท้งลูกได้ นอกจากนี้ยังพบว่านิกเกิลยับยั้งการสร้าง DNA ในสิ่งมีชีวิตอีกด้วย (WHO, 1991)

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้มีปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้เท่ากับ 1.18 ppm ในขณะที่ปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้จากตำรับทดลองดินเดิมมีค่า 0.92 ppm โดยเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติแล้ว การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้สูงกว่าตำรับทดลองดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 7.70^{*}) ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวนั้นส่งผลให้ปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้เพิ่มขึ้นจากตำรับทดลองดินเดิม แต่ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.92^{b}, 0.98^{b}) จึงอาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4) แคดเมียม

การได้รับแคดเมียมในปริมาณสูงจะมีผลรบกวนกลไกต่างๆ ของธาตุเหล็กในพืช และเป็นเหตุให้เกิดอาการคลอโรซีสขึ้น ปัญหาการสะสมแคดเมียมในพืชจะเกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ที่บริโภคพืชที่มีปริมาณแคดเมียมสูงเกิน 3 ppm ติดต่อกันเป็นประจำ (Mengel and kirkby, 1982) ความเป็นพิษของแคดเมียมที่เคยปรากฏขึ้นในประเทศญี่ปุ่น คือ ทำให้เกิดโรคอิไต-อิไต (Itai-Itai discase) ซึ่งทำให้เกิดอาการกระดูกและไตพิการ

แคดเมียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินเมื่อมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการไม่เติมสิ่งทดลองลงดิน (ดินเดิม) มีปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง ICP มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm อาจสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงดินในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณแคดเมียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดิน

5) อาร์เซนิก

พืชที่ได้รับอาร์เซนิกในปริมาณสูงจะเกิดการหยุดชะงักการเจริญเติบโตทั้งส่วนยอด และส่วนราก (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540) นอกจากนี้ มนุษย์ที่ได้รับอาร์เซนิกเข้าไปในร่างกายจะมีอาการไข้สูง ท้องเดิน ท้องบวม อาเจียน เบื่ออาหาร มีจุดดำขึ้นตามตัว หากรอดชีวิตจะมีการเจริญเติบโตช้า มีโปรตีนในปัสสาวะมากกว่าปกติ การได้ยินผิดปกติ และไอคิวต่ำ (ยุวดี, 2531)

ปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินเมื่อมีการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการไม่เติมสิ่งทดลองลงในดิน (ดินเดิม) มีน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ ปริมาณอาร์เซนิกที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง ICP มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้เท่ากับ 0.06 ppm ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกมีผลต่อการเพิ่มปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน

4.3 ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวแตกกอ

ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวแตกกอ มีพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาดังนี้ คือ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล

แคดเมียม และอาร์เซนิก) ซึ่งในระยะต้นข้าวแตกกอมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เฉพาะตำรับทดลอง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวแตกกอ ดังนั้นสำหรับตำรับทดลองดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะต้นข้าวออกรวงจึงมีเงื่อนไขเช่นเดียวกับตำรับทดลอง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี โดยผลการศึกษาเป็นดังนี้

4.3.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวแตกกอ (ตารางที่ 4.4) ในแต่ละตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 0.49^{NS}) ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวแตกกอไม่มีผลต่อความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

4.3.2 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษ

ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่พืชสามารถดูดดึงได้จากดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวแตกกอนั้น (ตารางที่ 4.5) พบว่า การเติมปุ๋ยเคมีส่งผลในการเพิ่มปริมาณนิกเกิล อลูมิเนียม และเหล็ก ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวแตกกอส่งผลในการเพิ่มปริมาณนิกเกิล อาร์เซนิก และเหล็ก โดยมีรายละเอียดของแต่ละธาตุดังนี้

1) อลูมิเนียม

อลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินเมื่อมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีปริมาณเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองดินเดิม (F-value = 0.48^{NS}) อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกและระยะต้นข้าวแตกกอ ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) เหล็ก

การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว รวมทั้งการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้เพิ่มขึ้น คือ 430.00 486.67 และ 460.00 ppm ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.96^{NS}) เมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิมซึ่งมีปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้เท่ากับ 425.33 ppm จึงอาจกล่าวได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงดิน อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะ

ต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมีไม่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) นิกเกิล

การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว รวมทั้งการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินเพิ่มขึ้น (1.07 1.20 และ 1.17 ppm ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2.86^{NS}) เมื่อเปรียบเทียบการไม่เติมสิ่งทดลองลงในดิน (ดินเดิม) ซึ่งมีปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินเท่ากับ 0.99 ppm ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลในการเพิ่มขึ้นของปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4) แคดเมียม

ปริมาณแคดเมียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในทุกตำรับตำรับทดลองมีปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือมีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่าการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี ไม่มีผลในการเพิ่มปริมาณแคดเมียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน

5) อาร์เซนิก

ปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินเดิม และการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว มีปริมาณปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ ปริมาณอาร์เซนิกที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือมีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้เท่ากับ 0.06 และ 0.12 ppm ตามลำดับ อาจสรุปได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงดิน อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวแตกกอ ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน

ตารางที่ 4.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาเมล็ดข้าวงอก

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
ดินเดิม (ควบคุม)	5.15
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	5.12
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	5.11
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	5.10
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	5.11
F-value	0.51^{NS}
% CV	2.09

หมายเหตุ : NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในช่วงระยะเวลาเมล็ดข้าวงอก

ตำรับทดลอง	ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ของธาตุ (ppm)				
	Al	Fe	Ni	Cd	As
ดินเดิม (ควบคุม)	69.67	350.00	0.92[b]	Trace	Trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	89.00	326.67	0.98[b]	Trace	Trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	96.00	380.00	1.18[a]	Trace	0.06
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	85.00	320.00	1.04[b]	Trace	Trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	86.00	325.67	0.98[b]	Trace	Trace
F-value	2.24[NS]	3.15[NS]	7.70[*]	-	-
% CV	14.68	8.99	11.69	-	-

หมายเหตุ : Trace หมายถึง มีปริมาณน้อยเกินกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบได้ กล่าวคือ มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตารางที่ 4.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวแตกกอ

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
ดินเดิม (ควบคุม)	5.12
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	4.82
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	5.08
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	5.14
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	4.90
F-value	0.59^{NS}
% CV	5.85

หมายเหตุ : NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวแตกกอ

ตำรับทดลอง	ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ของธาตุ (ppm)				
	Al	Fe	Ni	Cd	As
ดินเดิม (ควบคุม)	46.00	425.33	0.99	Trace	Trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	54.00	430.00	1.07	Trace	Trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	48.00	486.67	1.20	Trace	0.06
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	50.67	460.00	1.17	Trace	0.12
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	51.33	432.33	1.07	Trace	Trace
F-value	0.48^{NS}	1.96^{NS}	2.86^{NS}	-	-
% CV	14.04	7.83	9.42	-	-

หมายเหตุ : Trace หมายถึง มีปริมาณน้อยเกินกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบได้ กล่าวคือ มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4 ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวออกรวง

ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวออกรวงนั้น มีพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาดังนี้ คือ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่ระยะต้นข้าวออกรวงมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในตำรับทดลอง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวง โดยผลการศึกษาเป็นดังนี้

4.4.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวออกรวง (ตารางที่ 4.6) ในตำรับทดลองดินเดิม ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับทดลอง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 0.49^{NS}) อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

4.4.2 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษ

ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวออกรวง (ตารางที่ 4.7) พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวง รวมทั้งการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลในการเพิ่มปริมาณนิกเกิล อลูมิเนียม อาร์เซนิก และเหล็กในดิน โดยมีรายละเอียดในแต่ละธาตุดังนี้

1) อลูมิเนียม

อลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินเมื่อมีการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว รวมทั้งการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี เมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.83^{NS}) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจากดินเดิม (28.31 ppm) เป็น 37.60 42.36 31.01 และ 41.66 ppm ตามลำดับ ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ส่งผลในการเพิ่มปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินอย่างไม่มีนัยสำคัญไม่ว่าจะเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะการเจริญเติบโตใดของต้นข้าวก็ตาม

2) เหล็ก

ปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในตำรับทดลองควบคุม ตำรับทดลอง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับทดลอง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2.18^{NS}) ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ไม่มีผลต่อปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน ไม่ว่าจะเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะการเจริญเติบโตใดของต้นข้าวก็ตาม

3) นิกเกิล

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลในการเพิ่มปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (F-value = 2.40^{NS}) ทั้งนี้การเติมปุ๋ยเคมีพียงอย่างเดียว รวมถึงการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้เพิ่มขึ้นเป็น 0.92 0.99 0.91 และ 0.99 ppm ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับดินเดิมที่มีปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้เท่ากับ 0.90 ppm ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่ว่าจะเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะการเจริญเติบโตใดของต้นข้าวก็ตาม

4) แคดเมียม

ปริมาณแคดเมียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในทุกตำรับทดลองมีปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง ICP มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงดิน อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงไม่มีผลต่อปริมาณแคดเมียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน

5) อาร์เซนิก

การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้เท่ากับ 0.06 0.07 0.14 และ 0.13 ppm ตามลำดับ ส่วนปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในตำรับทดลองดินเดิม มีปริมาณน้อยมากมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ ปริมาณอาร์เซนิกที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง ICP มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว รวมถึงการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลในการเพิ่มปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน

4.5 ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว

ลักษณะสมบัติ ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษของดินในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวนั้น มีพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาดังนี้ คือ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียมและเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่ระยะเก็บเกี่ยวมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ไปแล้วในตำรับทดลอง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวง โดยผลการศึกษาเป็นดังนี้

4.5.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4.8) เมื่อมีการเติมปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่เติมสิ่งทดลองลงในดิน (F-value = 5.56* และอยู่กลุ่มอักษร b เดียวกัน) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ คือ 5.67 (อักษร a) ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะต้นข้าวแตกกอ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว

4.5.2 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษ

ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4.9) พบว่า การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลในการเพิ่มปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้และปริมาณทั้งหมดของนิกเกิล อลูมิเนียม อาร์เซนิก และเหล็ก ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลในการเพิ่มปริมาณนิกเกิล อลูมิเนียม และอาร์เซนิกทั้งปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้และปริมาณทั้งหมด โดยมีรายละเอียดของแต่ละธาตุดังนี้

1) อลูมิเนียม

ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดของดินเมื่อมีการเติมปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่า 11,350 12,966.67 12,600.00 และ 13,116.67 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากดินเดิม (10,941.67 ppm) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 0.82^{NS}) และเมื่อพิจารณาปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในทุกตำรับทดลอง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (F-value = 0.67^{NS})

ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในทุกระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมด และปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) เหล็ก

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณเหล็กทั้งหมดในดินเท่ากับ 4,370.83 4,450.00 และ 4,179.17 ppm ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติแล้ว พบว่า มีปริมาณเหล็กทั้งหมดลดลงจากดินเดิมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.58^{NS}) สำหรับปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในทุกตำรับทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 0.32^{NS})

ทั้งนี้กล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวง ไม่ส่งผลในการลดลงของปริมาณเหล็กทั้งหมดในดิน และไม่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณเหล็กที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) นิกเกิล

เมื่อพิจารณาปริมาณนิกเกิลทั้งหมดของดินในทุกตำรับทดลอง พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 0.06^{NS}) เช่นเดียวกันกับปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินที่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.49^{NS})

ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในทุกระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี ล้วนไม่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณนิกเกิลทั้งหมดและปริมาณนิกเกิลที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4) แคดเมียม

ปริมาณแคดเมียมทั้งหมด และปริมาณแคดเมียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในทุกตำรับทดลองมีปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือมีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm

ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงดิน อัตรา 2 ตัน/ไร่ ไม่มีผลต่อปริมาณแคดเมียมทั้งหมด และปริมาณแคดเมียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินไม่ว่าจะเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะการเจริญเติบโตใดของต้นข้าวก็ตาม

5) อาร์เซนิก

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวง ส่งผลให้ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 10.80^{*} และมีค่าเท่ากับ 1.82 1.82 และ 1.95 ppm ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับดินเดิม (1.35 ppm) ส่วนปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินเดิม มีปริมาณน้อยมากมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ ปริมาณอาร์เซนิกที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง ICP มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm โดยที่การเติมปุ๋ยเคมี รวมทั้งการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้ 0.08 0.11 0.23 และ 0.16 ppm ตามลำดับ

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังส่งผลในการเพิ่มปริมาณอาร์เซนิกที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน ไม่ว่าจะเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะการเจริญเติบโตใดของต้นข้าวก็ตาม

ตารางที่ 4.6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวออกรวง

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
ดินเดิม (ควบคุม)	5.23
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	5.21
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	5.15
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	5.31
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	5.22
F-value	0.29^{NS}
% CV	2.91

หมายเหตุ : NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดินในช่วงระยะเวลาต้นข้าวออกรวง

ตำรับทดลอง	ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ของธาตุ (ppm)				
	Al	Fe	Ni	Cd	As
ดินเดิม (ควบคุม)	28.31	431.54	0.90	Trace	Trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	37.60	438.38	0.92	Trace	0.06
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	42.36	491.89	0.99	Trace	0.07
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	31.01	465.03	0.91	Trace	0.14
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	41.66	492.01	0.99	Trace	0.13
F-value	1.83^{NS}	2.18^{NS}	2.40^{NS}	-	-
% CV	23.39	8.39	6.95	-	-

หมายเหตุ : Trace หมายถึง มีปริมาณน้อยเกินกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบได้ กล่าวคือ มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง
ดินเดิม (ควบคุม)	5.30[b]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	5.24[b]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	5.41[b]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	5.67[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	5.38[b]
F-value	4.50*
% CV	3.53

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ปริมาณทั้งหมด และที่พืชสามารถดูดดึงได้ของธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ในดินที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว

ตำรับทดลอง	ปริมาณทั้งหมดของธาตุ (ppm)					ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ของธาตุ (ppm)				
	Al	Fe	Ni	Cd	As	Al	Fe	Ni	Cd	As
ดินเดิม (ควบคุม)	10941.67	4516.67	2.07	Trace	1.35^{b}	19.15	464.37	0.85	Trace	Trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	11350.00	4700.00	2.33	Trace	1.45^{b}	21.97	469.03	0.91	Trace	0.08
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	12966.67	4370.83	2.24	Trace	1.82^{a}	27.86	504.72	0.99	Trace	0.11
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	12600.00	4450.00	2.27	Trace	1.82^{a}	22.74	475.66	0.89	Trace	0.23
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	13116.67	4179.17	2.23	Trace	1.95^{a}	27.26	496.30	0.99	Trace	0.16
F-value	0.82^{NS}	1.58^{NS}	0.29^{NS}	-	10.80*	0.67^{NS}	0.32^{NS}	1.49^{NS}	-	-
% CV	14.13	7.02	11.73	-	12.46	29.83	11.81	11.91	-	-

หมายเหตุ : Trace หมายถึง มีปริมาณน้อยเกินกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบได้ กล่าวคือ มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

4.6 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว

ผลผลิตข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 (ตารางที่ 4.10) พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่า 595.53 กิโลกรัม/ไร่ (อักษร ab) ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (537.31 กิโลกรัม/ไร่ และมีค่า F-value = 12.13*) และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี (553.08 กิโลกรัม/ไร่) (กลุ่มอักษร b เดียวกัน) รวมถึงการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี (640.31 กิโลกรัม/ไร่) (อักษร a) โดยที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอกร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงที่สุด ส่วนการไม่เติมสิ่งทดลองลงในดิน (ดินเดิม) มีผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกต่ำที่สุด คือ 468.71 กิโลกรัม/ไร่ (อักษร c)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมีและการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลในการเพิ่มปริมาณผลผลิตที่ได้รับ โดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะข้าวงอกให้ผลผลิตสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.7 ปริมาณอมิโลส ค่าความคงตัวแป้งสุก และค่าการสลายตัวในด่าง (เมล็ดข้าวสาร) ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว

ปริมาณอมิโลส ค่าความคงตัวแป้งสุก และค่าการสลายตัวในด่าง เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้วัดคุณภาพข้าวเชิงพาณิชย์ทางเคมี ซึ่งจะบ่งบอกถึงลักษณะเฉพาะพันธุ์ การประเมินคุณภาพการหุงต้ม และบริโภค โดยผลการศึกษาปริมาณอมิโลส ค่าความคงตัวแป้งสุก และค่าการสลายตัวในด่าง (เมล็ดข้าวสาร) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (ตารางที่ 4.11) เป็นดังนี้

4.7.1 ปริมาณอมิโลส

ปริมาณอมิโลสมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการขยายปริมาตร การดูดน้ำระหว่างการหุงต้ม และมีความสัมพันธ์ทางลบกับความนุ่มเหนียวของข้าวสุก โดยข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูงจะดูดน้ำและจะขยายปริมาตรได้มาก ทำให้ข้าวสุกแข็งและร่วนกว่าข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมีไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของปริมาณอมิโลสในข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่เติมอะไรเลยลงสู่ดิน (กลุ่มอักษร a เดียวกัน) ในขณะที่ปริมาณอมิโลสเมื่อเติมปุ๋ยเคมี (11.58 %) และเมื่อเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในระยะเมล็ดข้าวงอก (12.80 %) และระยะต้นข้าวแตกกอ (12.55 %) (กลุ่มอักษร b เดียวกัน) ส่งผลให้ปริมาณอมิโลสในข้าวลดลงอย่าง

มีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม (14.35% อยู่กลุ่มอักษร a) การลดลงของปริมาณอมิโลสบ่งชี้ให้ทราบว่าข้าวจะมีความเหนียวนุ่มมากขึ้นเมื่อหุงสุก

กล่าวได้ว่า ช่วงเวลาการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวมีผลต่อการลดลงของปริมาณอมิโลสในข้าว ซึ่งส่งผลให้ข้าวมีความเหนียวนุ่มมากขึ้น โดยที่ยังมีปริมาณอมิโลสอยู่ในมาตรฐานของพันธุ์ข้าวหอม

4.7.2 ค่าความคงตัวแป้งสุก

แม้ว่าปริมาณอมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุก แต่ในระหว่างข้าวที่มีปริมาณอมิโลสเท่ากันอาจมีความแข็งของข้าวสุกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน ความคงตัวของแป้งสุกที่มีค่าน้อย แป้งสุกที่ได้จะแข็ง โดยความคงตัวแป้งสุกที่มีค่ามากกว่า 61 มิลลิเมตร แป้งสุกจะอ่อน

การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของค่าคงตัวแป้งสุกในข้าวอย่างมีนัยสำคัญกับการไม่เติมอะไรเลยลงสู่ดิน (กลุ่มอักษร b เดียวกัน) ในขณะที่ค่าความคงตัวแป้งสุกเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่า 75.83 76.50 และ 81.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้ค่าความคงตัวแป้งสุกในข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม (51.83 มิลลิเมตร และมีค่า F-value = 11.72*) การเพิ่มขึ้นของค่าความคงตัวแป้งสุกบ่งชี้ให้ทราบว่า ข้าวที่หุงสุกจะมีแป้งอ่อน

กล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลทำให้ค่าความคงตัวแป้งสุกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ไม่ว่าจะเติมในระยะการเจริญเติบโตใดของต้นข้าวก็ตาม ซึ่งค่าความคงตัวแป้งสุกเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ยังคงอยู่ในข้อกำหนดของพันธุ์ข้าวหอม แต่การไม่เติมสิ่งทดลองลงดิน และการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ค่าความคงตัวแป้งสุกต่ำกว่ามาตรฐานของข้าวหอม

4.7.3 ค่าการสลายตัวในด่าง

การสลายตัวของเมล็ดในด่างเป็นวิธีที่ใช้ในการประมาณระดับของอุณหภูมิแป้งสุก โดยค่าการสลายตัวในด่างที่สูง จะมีระดับของอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ทำให้ใช้ระยะเวลาในการหุงต้มน้อย

การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวซึ่งมีค่าการสลายตัวในด่างเท่ากับ 6.45 นั้น ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของค่าการสลายตัวในด่างอย่างมีนัยสำคัญกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี (กลุ่มอักษร b เดียวกัน โดยมีค่าเท่ากับ 6.48 6.33 และ 6.50 ตามลำดับ) แต่ส่งผลให้ค่าการ

สลายตัวในด่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม (6.90 และมีค่า F-value = 4.57*) การลดลงของค่าการสลายตัวในด่างบ่งชี้ให้ทราบว่า เมื่อค่าการสลายตัวในด่างลดลง จะมีระดับอุณหภูมิแป้งสุกสูงขึ้น ซึ่งทำให้ต้องใช้เวลาในการหุงต้มมากขึ้น

กล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี ไม่ว่าจะเติมในระยะการเจริญเติบโตใดของต้นข้าวก็ตาม มีผลทำให้ค่าการสลายตัวในด่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าการสลายตัวในด่างเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ยังคงอยู่ในมาตรฐานของข้าวหอม

4.8 ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว และปริมาณธาตุพิษในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (ฟางข้าว และเมล็ดข้าวสาร) ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว

4.8.1 ปริมาณทั้งหมดของธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและธาตุพิษในเมล็ดข้าวสาร

ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ทั้งหมดในเมล็ดข้าวสาร (ตารางที่ 4.12) มีรายละเอียดของธาตุต่างๆ ดังนี้

1) นิกเกิล

ปริมาณนิกเกิลทั้งหมดในเมล็ดข้าวสารในทุกตำรับทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-Value = 1.74^{NS}) ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ล้วนไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณนิกเกิลทั้งหมดในเมล็ดข้าวสาร ไม่ว่าจะเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะการเจริญเติบโตใดของต้นข้าวก็ตาม

2) แคดเมียม

ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในเมล็ดข้าวสารของทุกตำรับทดลอง มีปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง ICP มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของต้นข้าวล้วนไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณแคดเมียมในเมล็ดข้าวสาร

3) อลูมิเนียม

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดในเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้น

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (F-value = 3.30* และมีค่า 2.52^{b} 3.73^{a} 3.48^{a} และ 3.49^{a} ตามลำดับ) โดยการเติมปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดในเมล็ดข้าวสารมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (2.52^{b}, 2.93^{ab}) ทั้งนี้กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณอลูมิเนียมในเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ปริมาณอลูมิเนียมในเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4) อาร์เซนิก

ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดของเมล็ดข้าวสารเมื่อเติมปุ๋ยเคมี และเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในทุกระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (F-Value = 0.60^{NS}) ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในทุกระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณอาร์เซนิกในเมล็ดข้าวสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5) เหล็ก

ปริมาณเหล็กทั้งหมดของเมล็ดข้าวสารเมื่อมีการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก (10.96 ppm) และที่ระยะต้นข้าวแตกกอ (11.40 ppm) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่เติมสิ่งทดลองลงในดิน (9.31 ppm และมีค่า F-Value = 6.54*) โดยที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี และการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลในการเพิ่มปริมาณเหล็กในเมล็ดข้าวสารอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และที่ระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลในการเพิ่มปริมาณเหล็กทั้งหมดในเมล็ดข้าวสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลในการเพิ่มปริมาณเหล็กในเมล็ดข้าวสารอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.8.2 ปริมาณทั้งหมดของธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยวและปริมาณธาตุพิษในฟางข้าว

ปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ทั้งหมดในฟางข้าว (ตารางที่ 4.13) มีรายละเอียดของธาตุต่างๆ ดังนี้

1) นิกเกิล

การเติมปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณนิกเกิลทั้งหมดในฟางข้าวเท่ากับ 3.32 3.61 3.35 และ 3.33 ppm ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติแล้ว พบว่า การเติมปุ๋ยเคมี และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณทั้งหมดของนิกเกิลเพิ่มขึ้นจากดินเดิม (3.31 ppm) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.21^{NS}) จึงอาจกล่าวได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ในทุกระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี ไม่ส่งผลให้ปริมาณนิกเกิลทั้งหมดในฟางข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) แคดเมียม

เมื่อพิจารณาปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในฟางข้าวของทุกตำรับทดลอง พบว่า มีปริมาณน้อยมากจนเครื่องมือไม่สามารถตรวจพบได้ กล่าวคือ ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจวัดได้จากเครื่อง ICP มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ล้วนไม่มีผลต่อปริมาณแคดเมียมในฟางข้าว ไม่ว่าจะเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่ระยะการเจริญเติบโตใดของต้นข้าวก็ตาม

3) อลูมิเนียม

ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดในฟางในทุกตำรับทดลองซึ่งตรวจพบอยู่ในช่วง 423.33-466.00 ppm ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.24^{NS}) แสดงให้เห็นว่าการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยเคมี และเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของต้นข้าว ล้วนไม่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดในฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4) อาร์เซนิก

ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดในฟางข้าวเมื่อมีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่า 4.93 4.55 และ 5.99 ppm ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่เติมสิ่งทดลองลงในดิน (F-value = 9.71^{*}) ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก ระยะต้นข้าวแตกกอ และระยะต้นข้าวออกรวง ส่งผลในการเพิ่มปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดในฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญ

5) เหล็ก

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณเหล็กทั้งหมดในฟางข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (451.00^{b} 518.00^{ab} 633.00^{a} และ F-value = 4.69*) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณเหล็กทั้งหมดในฟางข้าวเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (กลุ่มอักษร b เดียวกัน) ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่า การเติมการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะต้นข้าวแตกกอร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณเหล็กทั้งหมดในฟางข้าวเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ระยะเมล็ดข้าวงอก และระยะต้นข้าวออกรวงร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณเหล็กทั้งหมดในฟางข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ตำรับทดลอง	ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก (กก./ไร่)
ดินเดิม (ควบคุม)	468.71[c]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	537.31[b]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	640.96[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	595.53[ab]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	553.08[b]
F-value	12.13*
% CV	11.68

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละสดมภ์ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 ปริมาณอมิโลส ค่าความคงตัวแป้งสุก และค่าการสลายตัวในด่าง (เมล็ดข้าวสาร) ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว

ตำรับทดลอง	ปริมาณอมิโลส (%)	ค่าความคงตัวแป้งสุก (มิลลิเมตร)	ค่าการสลายตัวในด่าง
ดินเดิม (ควบคุม)	18.38[a]	51.83[b]	6.90[a]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	11.58[b]	53.00[b]	6.45[b]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	12.80[b]	75.83[a]	6.48[b]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	12.55[b]	76.50[a]	6.33[b]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	16.69[a]	81.50[a]	6.50[b]
F-value	9.34*	11.72*	4.57*
% CV	21.78	21.32	3.79

หมายเหตุ : * หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตารางที่ 4.12 ปริมาณทั้งหมดของธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (เมล็ดข้าวสาร) ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว

ตำรับทดลอง	ปริมาณทั้งหมดของธาตุ (ppm)				
	Al	Fe	Ni	Cd	As
ดินเดิม (ควบคุม)	2.52^{b}	9.31^{c}	0.25	Trace	2.51
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	2.93^{ab}	9.38^{c}	0.27	Trace	2.65
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	3.73^{a}	10.96^{ab}	0.32	Trace	2.88
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	3.48^{a}	11.40^{a}	0.30	Trace	2.68
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	3.49^{a}	9.66^{bc}	0.29	Trace	2.71
F-value	3.30^{*}	5.64^{*}	1.74^{NS}	-	0.60^{NS}
% CV	18.51	10.85	16.66	-	11.76

หมายเหตุ : Trace หมายถึง มีปริมาณน้อยเกินกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบได้ กล่าวคือ มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละสดมภ์ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตารางที่ 4.13 ปริมาณทั้งหมดของปริมาณธาตุที่มีโอกาสเป็นปัญหาในดินเปรี้ยว (อลูมิเนียม และเหล็ก) และปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม และอาร์เซนิก) ในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (ฟางข้าว) ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว

ตำรับทดลอง	ปริมาณทั้งหมดของธาตุ (ppm)				
	Al	Fe	Ni	Cd	As
ดินเดิม (ควบคุม)	423.33	451.00^{b}	3.31	Trace	2.77^{b}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	443.00	410.00^{b}	3.32	Trace	3.04^{b}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะเมล็ดข้าวงอก)	466.00	518.00^{ab}	3.61	Trace	4.93^{a}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวแตกกอ)	460.67	473.00^{b}	3.35	Trace	4.55^{a}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ (ระยะต้นข้าวออกรวง)	453.33	633.00^{a}	3.33	Trace	5.99^{a}
F-value	1.24^{NS}	4.69*	1.21^{NS}	-	9.71*
% CV	6.18	19.22	12.28	-	32.32

หมายเหตุ : Trace หมายถึง มีปริมาณน้อยเกินกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบได้ กล่าวคือ มีค่าน้อยกว่า 0.05 ppm

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละสดมภ์ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT