บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ ฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ดและปุ๋ยหมักฟางข้าว

ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ที่ได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ด และปุ๋ยหมักฟางข้าว จัดได้ว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นที่สำคัญเพื่อให้ทราบถึงโอกาสในการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว รวมถึงเพื่อให้ทราบถึงความเสี่ยงของธาตุพิษอันเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ที่อาจปนเปื้อนด้วยโลหะหนักที่เป็นพิษ และความเป็นพิษของธาตุบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินความต้องการของข้าว ดังนั้นก่อนทำการทดลองจึงจำเป็นต้องพิจารณาในส่วนของความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมถึงปริมาณธาตุพิษทั้งหมดและที่พืชสามารถดูดดึงได้ ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ในเถ้าลอยลิกไนต์ ฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ด และปุ๋ยหมักฟางข้าว ผลการศึกษามีดังนี้

4.1.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดเป็นด่างของเถ้าลอยลิกไนต์ ฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ด และปุ๋ยหมักฟางข้าว (ตารางที่ 4.1) มีค่าเท่ากับ 11.82 7.16 และ 7.73 ตามลำดับ จัดได้ว่าความเป็นกรดเป็นด่างของเถ้าลอยลิกไนต์อยู่ที่ระดับด่างจัดมาก (very strongly alkaline) ส่วนความเป็นกรดเป็นด่างของฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ดจัดได้ว่าเป็นกลาง (neutral) สำหรับความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยหมักฟางข้าวจัดได้ว่าเป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline) ตามปทานุกรมปฐพีวิทยา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544: ตารางภาคผนวกที่ ผ.1) และการวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร, จารุณี นักระนาด และชอบ คณะฤกษ์, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.2)

4.1.2 องค์ประกอบทางเคมีด้านธาตุอาหารหลัก

ปริมาณธาตุอาหารหลักของสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์ ฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ด และปุ๋ยหมักฟางข้าว (ตารางที่ 4.1) จากผลการศึกษาพบว่า ไนโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณ 0.014% 0.700% และ1.610% ตามลำดับ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณ 5.48 ppm, 281.43 ppm และ

1,740.96 ppm ตามลำดับ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณ 257.87 ppm, 1.13 ppm และ 1.59 ppm ตามลำดับ

4.1.3 องค์ประกอบทางเคมีด้านธาตุพิษ

ปริมาณธาตุพิษในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ธาตุโลหะหนัก และความเป็นพิษของธาตุบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินไปทำให้อาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวได้ ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ผลของการศึกษาสำหรับปริมาณทั้งหมดของธาตุพิษในเถ้าลอยลิกไนต์ รวมถึงปริมาณทั้งหมดและที่พืชสามารถดูดดึงได้ในฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ดและปุ๋ยหมักฟางข้าว ได้จากการสกัดด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) ในอัตราส่วน 2:1 ส่วนผลการศึกษาปริมาณธาตุพิษที่พืชสามารถดูดดึงได้ในเถ้าลอยลิกไนต์นั้นได้จากการสกัดด้วย 0.005 M DTPA ผลการศึกษามีดังนี้

ปริมาณธาตุพิษของสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์ ฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ดและปุ๋ยหมักฟางข้าว (ตารางที่ 4.1) จากผลการศึกษาพบว่า เถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณนิกเกิลทั้งหมด 0.531 ppm ซึ่งปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้มีน้อยมากจนตรวจไม่พบ และมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมด 0.016 ppm โดยปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้มีเพียง 0.001 ppm ในขณะที่ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดมีมากถึง 1,822.25 ppm แต่ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้มีน้อยมากจนตรวจไม่พบ ส่วนสารหนูทั้งหมดมีปริมาณ 0.107 ppm โดยที่พืชสามารถดูดดึงได้มีเพียง 0.096 ppm สำหรับปริมาณธาตุพิษทั้งหมดในฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ดและปุ๋ยหมักฟางข้าวพบว่า นิกเกิลมีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบ ในขณะที่แคดเมียมมีปริมาณเท่ากัน คือ 0.003 ppm ส่วนปริมาณอลูมิเนียมของปุ๋ยหมักฟางข้าวมีมากถึง 273.13 ppm มากกว่าในฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ดซึ่งมีปริมาณ 37.55 ppm และในปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณสารหนู 0.018 ppm โดยตรวจไม่พบในฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ด ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณนิกเกิล อลูมิเนียม และสารหนู ที่เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer สามารถตรวจวัดได้ คือ 0.10 ppm, 2.0 ppm และ 0.01 ppm ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ ฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ด และปุ๋ยหมักฟางข้าวก่อนทำการทดลอง

ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมี	เถ้าลอยลิกไนต์	ฟางข้าวที่ผ่านการเพาะเห็ด	ปุ๋ยหมักฟางข้าว
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	11.82	7.16	7.73
ธาตุอาหารหลัก			
- ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.014	0.700	1.610
- ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; ppm)	5.48	281.43	1,704.96
- โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; ppm)	257.87	1.13	1.59
ปริมาณธาตุพิษทั้งหมด (ppm)			
- นิกเกิล	0.531	trace	trace
- แคดเมียม	0.016	0.003	0.003
- อลูมิเนียม	1,822.25	37.55	237.13
- สารหนู	0.107	trace	0.018
ปริมาณธาตุพิษที่พืชสามารถดูดดึงได้ (ppm)			
- นิกเกิล	trace	-	-
- แคดเมียม	0.001	-	-
- อลูมิเนียม	trace	-	-
- สารหนู	0.096	-	-

หมายเหตุ : trace หมายถึง มีปริมาณน้อยกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบ โดยค่าต่ำสุดของปริมาณนิกเกิล อลูมิเนียม และสารหนู ที่เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer สามารถตรวจวัดได้คือ 0.10 ppm, 2.0 ppm และ 0.01 ppm ตามลำดับ

4.2 ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดิน

ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินจากพื้นที่ศึกษาวิจัยซึ่งเป็นดินเปรี้ยวที่ประสบปัญหาอันเนื่องมาจากความเป็นกรดจัดของดินส่งผลต่อการตรึงธาตุอาหารหลักของข้าวไว้ จัดเป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นที่สำคัญในการประเมินความเป็นไปได้ของการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการปลูกข้าว เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารในดินมีส่วนสำคัญยิ่งต่อปริมาณผลผลิตที่จะได้รับรวมถึงคุณภาพทางเคมีของข้าวที่ปลูก ทั้งนี้การประเมินความสามารถในการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวจะพิจารณาจากดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และการประเมินความสามารถในการเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไปจะพิจารณาจากดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

4.2.1 ก่อนทำการทดลอง

ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยซึ่งเป็นดินเปรี้ยวที่มีปัญหาความเป็นกรดจัดของดิน จัดได้ว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อให้ทราบถึงโอกาสในการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว รวมถึงเพื่อให้ทราบถึงความเสี่ยงจากปฏิกิริยาที่เป็นกรดของดินอาจส่งผลให้เกิดการละลายได้ของธาตุอาหารบางชนิดสูงขึ้นจนถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อข้าวได้ ดังนั้นก่อนทำการทดลองจึงจำเป็นต้องพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมถึงปริมาณธาตุพิษทั้งหมดและที่พืชสามารถดูดดึงได้ ประกอบด้วย ธาตุโลหะหนัก รวมถึงความเป็นพิษของธาตุบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินความต้องการของข้าว ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ผลการศึกษามีดังนี้

4.2.1.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (ตารางที่ 4.2) มีค่าอยู่ในช่วง 4.16-4.49 จัดได้ว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยก่อนทำการเพาะปลูกมีความเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) ตามปทานุกรมปฐพีวิทยา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544: ตารางภาคผนวกที่ ผ.1) และการวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร,จารุณี นักระนาด และชอบ คณะฤกษ์, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.2)

4.2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีด้านธาตุอาหารหลัก

ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยไนโตรเจนช่วยควบคุมการออกดอกของข้าวและเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว (อรรควุฒิ

ทัศน์สองชั้น, 2527) ฟอสฟอรัสช่วยในการเจริญเติบโตของรากข้าว ช่วยให้การงอกของเมล็ดดีขึ้น และส่งเสริมการออกดอก ส่วนโพแทสเซียมช่วยเพิ่มจำนวนหน่อในระยะข้าวแตกกอสูงสุดและเพิ่มจำนวนดอกต่อรวง (De Datta, 1981) จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยก่อนทำการเพาะปลูก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ตารางที่ 4.2) มีค่าอยู่ในช่วง 0.140-0.149% 11.50-12.99 ppm และ 97.40-106.64 ppm ตามลำดับ

4.2.1.3 องค์ประกอบทางเคมีด้านธาตุพิษ

ปริมาณธาตุพิษในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ธาตุโลหะหนัก และความเป็นพิษของธาตุบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินไปทำให้อาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวได้ ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ผลของการศึกษาสำหรับปริมาณทั้งหมดของธาตุพิษในดินได้จากการสกัดด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) ในอัตราส่วน 2:1 ส่วนผลการศึกษาปริมาณธาตุพิษที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินนั้น ได้จากการสกัดด้วย 0.005 M DTPA ผลการศึกษามีดังนี้

ปริมาณธาตุพิษของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยก่อนทำการเพาะปลูก (ตารางที่ 4.3) พบว่า ปริมาณนิกเกิลทั้งหมดรวมถึงปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้มีน้อยมากจนตรวจไม่พบ และปริมาณแคดเมียมทั้งหมดมีเพียง 0.002 ppm โดยปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้มีน้อยมากจนตรวจไม่พบ ส่วนอลูมิเนียมทั้งหมดมีปริมาณสูงถึง 1,214.67-1,508.33 ppm ในขณะที่ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้มีค่าอยู่ในช่วง 10.10-18.92 ppm สำหรับปริมาณสารหนูทั้งหมดมีเพียง 0.026-0.037 ppm โดยที่ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้มีน้อยมากจนตรวจไม่พบ ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณนิกเกิล แคดเมียม และสารหนู ที่เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer สามารถตรวจวัดได้คือ 0.10 ppm, 0.001 ppm และ 0.01 ppm ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณธาตุอาหารหลักของดินก่อนทำการทดลอง

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณธาตุอาหารหลัก		
		ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; ppm)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; ppm)
ดินเดิม	4.38	0.140	12.85	102.24
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	4.24	0.147	12.99	97.40
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่	4.34	0.141	11.62	102.40
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	4.29	0.149	12.12	106.64
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	4.16	0.146	12.41	100.40
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	4.49	0.144	11.50	105.08
F- value	1.16^{NS}	0.64^{NS}	0.64^{NS}	0.48^{NS}
% CV	4.26	5.22	10.88	8.09

หมายเหตุ : NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.3 ปริมาณธาตุพิษของดินก่อนทำการทดลอง

ตำรับทดลอง	ปริมาณทั้งหมด (ppm)				ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ (ppm)			
	นิกเกิล	แคดเมียม	อลูมิเนียม	สารหนู	นิกเกิล	แคดเมียม	อลูมิเนียม	สารหนู
ดินเดิม	trace	0.002	1,214.67	0.026	trace	trace	10.10	trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	trace	0.002	1,503.33	0.037	trace	trace	18.92	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่	trace	0.002	1,309.00	0.028	trace	trace	13.42	trace
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	trace	0.002	1,508.33	0.032	trace	trace	18.38	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	trace	0.002	1,442.50	0.031	trace	trace	16.78	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	trace	0.002	1,469.83	0.034	trace	trace	15.63	trace
F- value	-	1.55^{NS}	2.96^{NS}	1.52^{NS}	-	-	0.82^{NS}	-
% CV	-	17.48	7.91	18.23	-	-	40.93	-

หมายเหตุ : NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

trace หมายถึง มีปริมาณน้อยกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบ โดยค่าต่ำสุดของปริมาณนิกเกิล แคดเมียม และสารหนู ที่เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer สามารถตรวจวัดได้คือ 0.10 ppm, 0.001 ppm และ 0.01 ppm ตามลำดับ

4.2.2 ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง

ดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่ความเป็นกรดเป็นด่างของดินคงที่หลังจากสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ทำปฏิกิริยากับสารละลายดิน (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินในระยะนี้จะบ่งชี้ถึงความสามารถในการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว และโอกาสในการดูดดึงธาตุพิษของต้นข้าวอันเนื่องมาจากสิ่งทดลอง โดยพิจารณาในส่วนของความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมถึงปริมาณธาตุพิษทั้งหมดและที่พืชสามารถดูดดึงได้ ซึ่งประกอบด้วย ธาตุโลหะหนัก รวมถึงความเป็นพิษของธาตุบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินความต้องการของข้าว ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ผลการศึกษามีดังนี้

4.2.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง (ตารางที่ 4.4) พบว่าตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.99^{NS}) เมื่อเทียบกับการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (pH=4.73) หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (pH=4.49) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (pH=4.63) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี (pH=4.72) หรือเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (pH=4.36) ทั้งนี้ทุกตำรับทดลอง จัดได้ว่ามีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในระดับเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) ยกเว้นตำรับทดลองที่เติมปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว และตำรับทดลองที่เติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเท่านั้น ที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างจัดอยู่ในระดับความเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) ตามปทานุกรมปฐพีวิทยา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544: ตารางภาคผนวกที่ ผ.1) และการวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร, จารุณี นักระนาด และชอบ คณะฤกษ์, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.2)

4.2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีด้านธาตุอาหารหลัก

ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง นับเป็นส่วนสำคัญที่จะบ่งชี้ถึงความสามารถในการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว ซึ่งมีผลโดยตรงต่อปริมาณผลผลิตที่จะได้รับรวมถึงคุณภาพทางเคมีของข้าวที่ปลูกปริมาณ

ธาตุอาหารหลักที่ทำการศึกษา ประกอบไปด้วย ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ตารางที่ 4.4) ผลการศึกษามีดังนี้

4.2.2.2.1 ไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.174% ต่ำกว่าทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร d, F-value = 9.87*) เมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 0.178% และ 0.190% ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร cd และ bc) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ พบว่าส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม (0.193%, กลุ่มอักษร b) และเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (กลุ่มอักษร a) แต่ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (กลุ่มอักษร ab) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีค่ามากที่สุดได้จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมีโดยมีปริมาณ 0.209%

4.2.2.2.2 ฟอสฟอรัส

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียง 13.96 ppm เทียบได้กับเมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว หรือเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณ 14.92 ppm, 16.11 ppm และ 16.17 ppm ตามลำดับ (กลุ่มอักษร c, F-value = 25.86*) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร a) และมากกว่าการเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร b) แสดงให้เห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่ามากที่สุดได้จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี โดยมีปริมาณ 25.88 ppm

4.2.2.2.3 โพแทสเซียม

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ในปริมาณ 131.40 ppm ต่ำกว่าทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร d, F-value = 12.40*) เมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว ส่งผลให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม (176.64 ppm, กลุ่มอักษร ab) และมากกว่าการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (162.60 ppm, กลุ่มอักษร bc) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเทียบเท่ากับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี (กลุ่มอักษร a) และมากกว่าการเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร cd) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่ามากที่สุดได้จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ และจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมีโดยมีปริมาณ 186.84 ppm และ 194.28 ppm ตามลำดับ

กล่าวได้ว่าเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ สามารถเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดได้เท่าเทียมกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวและทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มากกว่าการเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ยกเว้นฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่มีปริมาณเท่าเทียมกับดินเดิม ซึ่งเป็นดินเปรี้ยว และเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มสูงถึง 0.209%, 25.88 ppm และ 194.28 ppm ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณธาตุอาหารหลัก		
		ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; ppm)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; ppm)
ดินเดิม	4.63	0.174^{d}	13.96^{c}	131.40^{d}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	4.36	0.201^{ab}	21.02^{b}	140.04^{cd}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่	4.73	0.178^{cd}	14.92^{c}	176.64^{ab}
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	4.49	0.190^{bc}	16.11^{c}	162.60^{bc}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	4.63	0.193^{b}	16.17^{c}	186.84^{a}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	4.72	0.209^{a}	25.88^{a}	194.28^{a}
F- value	1.99^{NS}	9.87^{*}	25.86^{*}	12.40^{*}
% CV	3.89	5.27	8.62	7.56

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.2.3 องค์ประกอบทางเคมีด้านธาตุพิษ

ปริมาณธาตุพิษในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง นับได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยประเมินให้ทราบถึงโอกาสในการดูดดึงธาตุพิษของต้นข้าวอันเนื่องมาจากสิ่งทดลอง โดยปริมาณธาตุพิษในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ธาตุโลหะหนัก และความเป็นพิษของธาตุบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินไปทำให้อาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวได้ ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ซึ่งการศึกษาปริมาณทั้งหมดของธาตุพิษในดินได้จากการสกัดด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) ในอัตราส่วน 2:1 ส่วนการศึกษาปริมาณธาตุพิษที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินนั้นได้จากการสกัดด้วย 0.005 M DTPA (ตารางที่ 4.5) ผลการศึกษามีดังนี้

4.2.2.3.1 นิกเกิล

ปริมาณนิกเกิลทั้งหมดและปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับทดลอง พบว่า มีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณนิกเกิลที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ คือ 0.10 ppm

4.2.2.3.2 แคดเมียม

ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมด 0.002 ppm ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 3.90^{ns}) เมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ ปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ หรือเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (กลุ่มอักษร b) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดเพิ่มเป็น 0.003 ppm ซึ่งมีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร ab) โดยเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมีส่งผลให้ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.004 ppm, กลุ่มอักษร a) สำหรับปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินทุกตำรับทดลอง พบว่า มีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณแคดเมียมที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ คือ 0.001 ppm

4.2.2.3.3 อลูมิเนียม

ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว มีปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมด 1,217.00 ppm ไม่แตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.61^{NS}) เมื่อเทียบกับการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เ ถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (1,193.17 ppm) หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (1,048.50 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (1,296.83 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี (1,168.50 ppm) หรือเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (885.33 ppm)

สำหรับปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว มีปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2.81^{NS}) เมื่อเทียบกับการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (3.54 ppm) หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (7.82 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (5.15 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี (4.43 ppm) หรือเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (11.52 ppm)

4.2.2.3.4 สารหนู

ปริมาณสารหนูทั้งหมดในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว มีปริมาณสารหนูทั้งหมด 0.040 ppm ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2.28^{NS}) เมื่อเทียบกับการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (0.052 ppm) หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (0.035 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (0.052 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี (0.065 ppm) หรือเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (0.034 ppm) สำหรับปริมาณสารหนูที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินทุกตำรับทดลอง พบว่า มีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณสารหนูที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ คือ 0.01 ppm

กล่าวได้ว่าเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู) ในดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว ยกเว้นปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดินที่พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ทำให้ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดเพิ่มสูงถึง 0.004 ppm

ตารางที่ 4.5 ปริมาณธาตุพิษของดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง

ตำรับทดลอง	ปริมาณทั้งหมด (ppm)				ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ (ppm)			
	นิกเกิล	แคดเมียม	อลูมิเนียม	สารหนู	นิกเกิล	แคดเมียม	อลูมิเนียม	สารหนู
ดินเดิม	trace	0.002[b]	1,217.00	0.040	trace	trace	6.94	trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	trace	0.002[b]	885.33	0.034	trace	trace	11.52	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่	trace	0.003[ab]	1,193.17	0.052	trace	trace	3.54	trace
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	trace	0.002[b]	1,048.50	0.035	trace	trace	7.82	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	trace	0.003[ab]	1,296.83	0.052	trace	trace	5.15	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	trace	0.004[a]	1,168.50	0.065	trace	trace	4.43	trace
F- value	-	3.90*	1.61[NS]	2.28[NS]	-	-	2.81[NS]	-
% CV	-	18.92	17.60	30.12	-	-	45.59	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

trace หมายถึง มีปริมาณน้อยกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบ โดยค่าต่ำสุดของปริมาณนิกเกิล แคดเมียม และสารหนู ที่เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer สามารถตรวจวัดได้คือ 0.10 ppm, 0.001 ppm และ 0.01 ppm ตามลำดับ

4.2.3 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง บ่งบอกให้ทราบถึงความสามารถของการเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการปลูกข้าว รวมถึงความเป็นไปได้อันเนื่องมาจากผลตกค้างของธาตุพิษที่อาจส่งผลต่อการปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไป โดยพิจารณาในส่วนของความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมถึงปริมาณธาตุพิษทั้งหมดและที่พืชสามารถดูดดึงได้ ซึ่งประกอบด้วย ธาตุโลหะหนัก รวมถึงความเป็นพิษของธาตุบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินความต้องการของข้าว ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ผลการศึกษามีดังนี้

4.2.3.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.6) พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 4.44 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 2.27^{NS}) เมื่อเทียบกับการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (pH=4.60) หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (pH=4.38) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (pH=4.54) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยเคมี (pH=4.67) หรือเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (pH=4.25) ทั้งนี้ทุกตำรับทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างจัดอยู่ในระดับที่เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) ยกเว้นตำรับทดลองที่เติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว และตำรับทดลองที่เติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างจัดได้ว่าอยู่ในระดับที่เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) ตามปทานุกรมปฐพีวิทยา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544: ตารางภาคผนวกที่ ผ.1)

4.2.3.2 องค์ประกอบทางเคมีด้านธาตุอาหารหลัก

ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นับเป็นส่วนสำคัญที่บ่งชี้ถึงความสามารถของการเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไป ธาตุอาหารหลักที่ทำการศึกษา ประกอบไปด้วย ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ตารางที่ 4.6) ผลการศึกษามีดังนี้

4.2.3.2.1 ไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติเพียง 0.126% เทียบได้กับเมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (กลุ่มอักษร c, F-value = 17.84*) และมีปริมาณน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (0.161 %, กลุ่มอักษร b) และเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ หรือเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนคงเหลือตกค้างในดินเพิ่มขึ้นเป็น 0.170% และ 0.172% ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร ab) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนคงเหลือตกค้างในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร a) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณไนโตรเจนคงเหลือตกค้างในดินมากที่สุดได้จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินมีปริมาณ 0.182%

4.2.3.2.2 ฟอสฟอรัส

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียง 9.65 ppm เทียบได้กับเมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว หรือเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินเท่ากับ 12.33 ppm, 12.80 ppm และ 13.09 ppm ตามลำดับ (กลุ่มอักษร b, F-value = 4.20*) และเมื่อเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินเพิ่มขึ้นเป็น 14.27 ppm ซึ่งมีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร ab) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร a) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินมากที่สุด ได้จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินมีปริมาณ 18.83 ppm

4.2.3.2.3 โพแทสเซียม

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินในปริมาณ 88.08 ppm ต่ำกว่าทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร c, F-value = 54.49*) เมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่

แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (154.36 ppm, กลุ่มอักษร a) และมากกว่าการเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (126.64 ppm, กลุ่มอักษร b) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ที่ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินเพิ่มขึ้นเป็น 157.24 ppm และ 167.36 ppm (กลุ่มอักษร a) ทั้งนี้การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนคงเหลือตกค้างในดินไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดินเดิม (กลุ่มอักษร c) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินมากที่สุด ได้จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี โดยปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินมีค่าเท่ากับ 167.36 ppm

กล่าวได้ว่าเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ สามารถทำให้ปริมาณธาตุอาหารหลัก อันประกอบไปด้วย ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คงเหลือตกค้างในดินเพิ่มจากดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณเทียบเท่ากับ และมากกว่าการเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินไม่แตกต่างจากดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คงเหลือตกค้างในดินมีปริมาณสูงสุดถึง 0.182%, 18,83 ppm และ 167.36 ppm ตามลำดับ

สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณธาตุอาหารหลักของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับทดลอง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	ปริมาณธาตุอาหารหลัก		
		ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; ppm)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; ppm)
ดินเดิม	4.44	0.126^{c}	9.65^{b}	88.08^{c}
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	4.25	0.172^{ab}	14.27^{ab}	91.68^{c}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่	4.60	0.134^{c}	12.33^{b}	154.36^{a}
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	4.38	0.161^{b}	12.80^{b}	126.64^{b}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	4.54	0.170^{ab}	13.09^{b}	157.24^{a}
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	4.67	0.182^{a}	18.83^{a}	167.36^{a}
F- value	2.27^{NS}	17.84^{*}	4.20^{*}	54.49^{*}
% CV	3.89	5.86	18.96	6.19

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.3.3 องค์ประกอบทางเคมีด้านธาตุพิษ

ปริมาณธาตุพิษในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง บ่งบอกให้ทราบถึงแนวโน้มความเป็นไปได้ของปริมาณธาตุพิษคงเหลือตกค้างในดินที่อาจส่งผลต่อการปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไป โดยปริมาณธาตุพิษในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ธาตุโลหะหนัก และความเป็นพิษของธาตุบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินไปทำให้อาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวได้ ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ผลการศึกษาปริมาณทั้งหมดของธาตุพิษในดินได้จากการสกัดด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) ในอัตราส่วน 2:1 ส่วนผลการศึกษาปริมาณธาตุพิษที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดินนั้นได้จากการสกัดด้วย 0.005 M DTPA (ตารางที่ 4.7) ผลการศึกษามีดังนี้

4.2.3.3.1 นิกเกิล

ปริมาณนิกเกิลทั้งหมดและปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้คงเหลือตกค้างในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองในทุกตำรับทดลอง พบว่า มีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณนิกเกิลที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้คือ 0.10 ppm

4.2.3.3.2 แคดเมียม

ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 0.29^{NS}) เมื่อเทียบกับการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (0.002 ppm) หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (0.003 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (0.003 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี (0.003 ppm) หรือเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (0.003 ppm) สำหรับปริมาณแคดเมียมที่พืชสามารถดูดดึงได้คงเหลือตกค้างในดินพบว่า ทุกตำรับทดลองมีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณแคดเมียมที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้คือ 0.001 ppm

4.2.3.3.3 อลูมิเนียม

ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 0.89^{NS}) เมื่อเทียบกับการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์

อัตรา 2 ตัน/ไร่ (1,298.67 ppm) หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (1,348.67 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (1,338.50 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี (1,461.17 ppm) หรือเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (1,600.33 ppm)

สำหรับปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้คงเหลือตกค้างในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว มีปริมาณอลูมิเนียมที่พืชสามารถดูดดึงได้คงเหลือตกค้างในดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.69^{NS}) เมื่อเทียบกับการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (7.81 ppm) หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (11.86 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (4.56 ppm) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี (5.74 ppm) หรือเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (11.30 ppm)

4.2.3.3.4 สารหนู

ปริมาณสารหนูทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวมีปริมาณสารหนูทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียง 0.030 ppm เทียบได้กับเมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ ปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว หรือการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ที่ส่งผลให้สารหนูทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินในปริมาณ 0.039 ppm และ 0.045 ppm ตามลำดับ (กลุ่มอักษร b, F-value = 5.14^{*}) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณสารหนูทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ที่มีปริมาณสารหนูทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินในปริมาณ 0.076 ppm, 0.077 ppm และ 0.072 ppm ตามลำดับ (กลุ่มอักษร a) สำหรับปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้คงเหลือตกค้างในดิน พบว่า ทุกตำรับทดลองมีปริมาณสารหนูคงเหลือตกค้างในดินน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณสารหนูที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้คือ 0.01 ppm

กล่าวได้ว่าเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณธาตุพิษ (นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู) คงเหลือตกค้างในดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว ยกเว้นปริมาณสารหนูทั้งหมดที่พบว่ามีปริมาณคงเหลือตกค้างในดิน (0.077 ppm) เพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.7 ปริมาณธาตุพิษของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ตำรับทดลอง	ปริมาณทั้งหมด (ppm)				ปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ (ppm)			
	นิกเกิล	แคดเมียม	อลูมิเนียม	สารหนู	นิกเกิล	แคดเมียม	อลูมิเนียม	สารหนู
ดินเดิม	trace	0.002	1,097.12	0.030[b]	trace	trace	7.21	trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	trace	0.003	1,600.33	0.045[b]	trace	trace	11.30	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่	trace	0.002	1,298.67	0.076[a]	trace	trace	7.81	trace
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	trace	0.003	1,348.67	0.039[b]	trace	trace	11.86	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	trace	0.003	1,338.50	0.077[a]	trace	trace	4.56	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	trace	0.003	1,461.17	0.072[a]	trace	trace	5.74	trace
F- value	-	0.29[NS]	0.89[NS]	5.14[*]	-	-	1.69[NS]	-
% CV	-	32.20	22.74	23.89	-	-	48.53	-

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

trace หมายถึง มีปริมาณน้อยกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบ โดยค่าต่ำสุดของปริมาณนิกเกิล แคดเมียม และสารหนู ที่เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer สามารถตรวจวัดได้คือ 0.10 ppm, 0.001 ppm และ 0.01 ppm ตามลำดับ

4.3 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยชี้ชัดถึงการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว เมื่อเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี ลงดินเพื่อปลูกข้าวที่มีสภาพเป็นดินเปรี้ยวซึ่งประสบปัญหาอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาที่เป็นกรดจัดของดิน ส่งผลต่อการตรึงธาตุอาหารหลักของข้าวไว้ทำให้ต้นข้าวขาดแคลนอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโต โดยผลการศึกษามีดังนี้

4.3.1 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก

ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (ตารางที่ 4.8) พบว่าผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกในตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว ให้ผลผลิตเพียง 350.17 กก./ไร่ ต่ำกว่าทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร c, F-Value = 43.38*) เมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นเป็น 388.10 กก./ไร่ และ 411.25 กก./ไร่ ตามลำดับซึ่งมีแนวโน้มที่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร bc) ส่วนการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ พบว่า ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม (446.95 กก./ไร่, กลุ่มอักษร b) โดยเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างทางสถิติกับการเติมเฉพาะปุ๋ยเคมี (กลุ่มอักษร a)

แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ดีที่สุด ได้จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี โดยให้ผลผลิตสูงสุดถึง 660.86 กก./ไร่ เพิ่มจากการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวถึง 50.21 กก./ไร่ ซึ่งหากจะพิจารณาการทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีให้กับชาวนาแล้ว น่าที่จะเลือกใช้เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าดินเดิมถึง 96.78 กก./ไร่ และถ้าต้องการให้ได้รับผลผลิตสูงสุดก็น่าจะเลือกใช้ควบคู่กับปุ๋ยเคมี ซึ่งนับว่าเป็นผลดีที่สามารถใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณลดลง และนับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ชาวนาสามารถลดต้นทุนในการปลูกข้าวได้

กล่าวได้ว่าเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวได้ ทำให้ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวที่มีปัญหาการขาดแคลนธาตุอาหารในการปลูกข้าว อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาที่เป็นกรดอย่างรุนแรงของดิน และเมื่อเติมร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงถึง 660.86 กก./ไร่ ซึ่งให้ผลผลิตได้เท่าเทียมกับการเติมปุ๋ยเคมีเพียง

อย่างเดียว ดังนั้นการนำเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าวจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับชาวนาที่สามารถจัดหาธาตุอาหารจากแหล่งอื่นเพิ่มเติมจากการใช้ปุ๋ยเคมีตามปกติได้

ตารางที่ 4.8 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ตำรับทดลอง	ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก (กก./ไร่)
ดินเดิม	350.17 [c]
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	610.65 [a]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่	388.10 [bc]
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	411.25 [bc]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	446.95 [b]
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	660.86 [a]
F-value	43.38*
% CV	7.00

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4 คุณภาพทางเคมีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

คุณภาพทางเคมีของข้าวในที่นี้ มุ่งพิจารณาในส่วนของคุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ อันประกอบไปด้วย ปริมาณอมิโลส ค่าคงตัวของแป้งสุก และค่าการสลายตัวในด่าง เนื่องจากเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าวที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อ ซึ่งมีผลต่อการส่งออกข้าวทั้งในและต่างประเทศ อีกทั้งจะพิจารณาถึงปริมาณของธาตุพิษที่มีโอกาสสะสมอยู่ในข้าวสาร ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์มีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นธาตุพิษ ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ในปริมาณ 1.8-8,000 ppm, 0.1-25 ppm, 11,500-144,000 ppm และ 2.3-1,700 ppm ตามลำดับ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2541; U.S.EPA, 1988) รวมทั้งปฏิกิริยาที่เป็นกรดจัดของดินเปรี้ยว อาจทำให้ความเป็นพิษของอลูมิเนียม ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวได้ โดยดินนาเมื่อทำการขังน้ำ ดินจะอยู่ในสภาพขาดออกซิเจนจึงเกิดปฏิกิริยาเป็นกรดอย่างรุนแรง ทำให้เกิดการละลายของอลูมิเนียมสูงขึ้น จนถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อข้าวได้ (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2520)

4.4.1 คุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์

คุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์เป็นลักษณะที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าว คุณภาพการหุงต้มของข้าวนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีภายในเมล็ดข้าว ซึ่งที่นี้มุ่งศึกษาเฉพาะ ปริมาณอมิโลส ค่าคงตัวของแป้งสุก และค่าการสลายตัวในด่าง ซึ่งเป็นคุณภาพทางเคมีด้านคุณภาพข้าวที่เกี่ยวข้องกับผู้บริโภคโดยตรง เมื่อพิจารณาด้วยวิธีวิเคราะห์ของงามชื่น คงเสรี (2541) ผลการศึกษามีดังนี้

4.4.1.1 ปริมาณอมิโลส

ปริมาณอมิโลสเป็นตัวกำหนดสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพการหุงของข้าวที่บ่งบอกให้ทราบว่าข้าวหุงสุกจะมีความเหนียวนุ่ม เนื่องจากปริมาณอมิโลสมีผลต่อการดูดซับน้ำและปริมาณการขึ้นหม้อของข้าวเมื่อนำมาหุง โดยข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูงจะดูดน้ำได้มากในระหว่างการหุง ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติการคืนตัวของอมิโลสที่สุกแล้ว (retrogradation) ทำให้ข้าวสุกขยายปริมาตรมากหรือหุงขึ้นหม้อดี ข้าวจะร่วนและเรียงเม็ดงาม แต่แข็งเมื่อเย็นตัวลง (งามชื่น คงเสรี, 2541; กรมวิชาการเกษตร, 2545) ส่วนข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำจะดูดน้ำและขยายปริมาตรได้น้อยทำให้ข้าวชื้นและเหนียวนุ่มเมื่อหุงสุก (ละม้ายมาศ ยังสุข, 2541) โดยสามารถจัดประเภทข้าวตามปริมาณอมิโลสได้ดังนี้ ข้าวเหนียว (0-2%) ข้าวอมิโลสต่ำ (10-19%) ข้าวอมิโลสปานกลาง (20-25%) และข้าวอมิโลสสูง (25-34%)

ปริมาณอมิโลสของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 (ตารางที่ 4.9) พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว มีปริมาณอมิโลสไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 0.52^{NS}) เมื่อเทียบกับการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (16.61%) หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (16.67%) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (16.40%) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี (16.63%) หรือเติมเฉพาะปุ๋ยเคมี (17.24%) ทั้งนี้ปริมาณอมิโลสของข้าวสารอยู่ในมาตรฐานข้าวหอมปทุมธานี คือ 16-20% จัดอยู่ในประเภทอมิโลสต่ำ

4.4.1.2 ค่าคงตัวของแป้งสุก

ค่าคงตัวของแป้งสุกเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ช่วยชี้ชัดถึงความอ่อนนุ่มของข้าวสุก โดยข้าวที่มีปริมาณอมิโลสเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน อาจมีความอ่อนนุ่มของข้าวสุกต่างกัน (Perez, 1979) เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน สามารถจัดแบ่งข้าวตามค่าคงตัวของแป้งสุกโดยวัดจากระยะทางที่แป้งไหลได้ ดังนี้ แป้งสุกแข็ง (26-40 มม.) แป้งสุกปานกลาง (41-60 มม.) และแป้งสุกอ่อน (61-100 มม.)

ค่าคงตัวของแป้งสุกของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 (ตารางที่ 4.9) พบว่าตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว มีค่าคงตัวของแป้งสุกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 6.23^{*}) เมื่อเติมสิ่งทดลอง คือ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ ทำให้ค่าคงตัวของแป้งสุกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการเติมเฉพาะปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (กลุ่มอักษร bc และกลุ่มอักษร c) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (กลุ่มอักษร bc) โดยเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ปริมาณค่าคงตัวของแป้งสุกสูงถึง 75.17 มิลลิเมตร สูงกว่าทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มอักษร a) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวที่มีค่าคงตัวของแป้งสุกเท่ากับ 69.00 มิลลิเมตร (กลุ่มอักษร ab) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองดินเดิมที่มีค่าคงตัวของแป้งสุกเท่ากับ 72.33 มิลลิเมตร ทั้งนี้ค่าคงตัวของแป้งสุกดังกล่าวล้วนอยู่ในมาตรฐานข้าวหอมปทุมธานี คือ 61-100 มิลลิเมตร จัดอยู่ในประเภทแป้งสุกอ่อน

4.4.1.3 ค่าการสลายตัวในด่าง

ค่าการสลายตัวในด่างเป็นปัจจัยที่บ่งบอกให้ทราบถึงการใช้ระยะเวลาในการหุงต้มน้อยลง เนื่องจากค่าการสลายตัวในด่างที่สูงจะมีระดับอุณหภูมิของแป้งสุกต่ำ ทำให้ใช้ระยะเวลาในการทำให้สุกน้อยลง (งามชื่น คงเสรี, 2541) คุณสมบัตินี้มีความสำคัญมาก หากตลาดมีความ

ต้องการประกอบอาหารแบบรวดเร็ว สามารถจัดแบ่งข้าวตามระดับของค่าการสลายตัวในด่าง เทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการหุงต้มได้ดังนี้ ค่าการสลายตัวในด่างที่ระดับ 6-7, 4-5 และ 1-3 ใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนาน 12-16 นาที, 16-24 นาที และมากกว่า 24 นาที ตามลำดับ

ค่าการสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 (ตารางที่ 4.9) พบว่า ตำรับทดลองดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยว มีค่าการสลายตัวในด่างไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-value = 1.07^{NS}) เมื่อเทียบกับการเติมสิ่งทดลอง ได้แก่ เถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (6.15) หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว (6.57) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ (6.55) หรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่และปุ๋ยเคมี (6.65) หรือเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (6.43) ทั้งนี้ทุกตำรับทดลองมีค่าการสลายตัวในด่างอยู่ในมาตรฐานข้าวหอมปทุมธานี คือ ระดับ 6-7 จัดอยู่ในประเภทที่มีค่าการสลายตัวในด่างอยู่ในระดับสูง

กล่าวได้ว่าคุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ (ปริมาณอมิโลส ค่าคงตัวของแป้งสุก และค่าการสลายตัวในด่าง) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ยังคงความนุ่มตามมาตรฐานข้าวหอมปทุมธานีเช่นเดิม โดยมีปริมาณอมิโลส 16.40% ค่าคงตัวของแป้งสุก 62.67 มิลลิเมตร และค่าการสลายตัวในด่างอยู่ในระดับ 6-7 ตามลักษณะเฉพาะพันธุ์ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวหอมที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ อยู่ในประเภทแป้งสุกอ่อน และมีค่าการสลายตัวในด่างอยู่ในระดับสูง

ตารางที่ 4.9 คุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ตำรับทดลอง	คุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์		
	ปริมาณอมิโลส (%)	ค่าคงตัวของแป้งสุก (มม.)	ค่าการสลายตัวในด่าง (ระดับ)
ดินเดิม	16.41	72.33 [a]	6.20
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	17.24	69.00 [ab]	6.43
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่	16.61	62.50 [bc]	6.15
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	16.67	61.00 [c]	6.57
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	16.40	62.67 [bc]	6.55
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	16.63	75.17 [a]	6.65
F- value	0.52^{NS}	6.23*	1.07^{NS}
% CV	4.39	6.10	5.36

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

* หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4.2 ปริมาณธาตุพิษ

ปริมาณธาตุพิษในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ผลของการศึกษาได้จากการสกัดด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) ในอัตราส่วน 2 :1 ซึ่งจะบ่งบอกให้ทราบถึงปริมาณทั้งหมดที่มีอยู่ในข้าวสาร ผลการศึกษา (ตารางที่ 4.10) มีดังนี้

4.4.2.1 นิกเกิล

ปริมาณนิกเกิลทั้งหมดของข้าวสารในทุกตำรับทดลอง พบว่า มีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณนิกเกิลที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ คือ 0.10 ppm

4.4.2.2 แคดเมียม

ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดของข้าวสารในทุกตำรับทดลอง พบว่า มีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณแคดเมียมที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ คือ 0.001 ppm

4.4.2.3 อลูมิเนียม

ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดของข้าวสารในทุกตำรับทดลอง พบว่า มีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณอลูมิเนียมที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ คือ 2.0 ppm

4.4.2.4 สารหนู

ปริมาณสารหนูทั้งหมดของข้าวสารในทุกตำรับทดลอง พบว่า มีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ทั้งนี้ค่าต่ำสุดของปริมาณสารหนูที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ คือ 0.01 ppm

กล่าวได้ว่า ปริมาณธาตุพิษทั้งหมด ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนู ในข้าวสารพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ มีปริมาณตกค้างในข้าวสารน้อยมากจนเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ไม่สามารถตรวจพบได้

ตารางที่ 4.10 ปริมาณธาตุพิษในข้าวสาร

ตำรับทดลอง	ปริมาณทั้งหมดของธาตุพิษในข้าวสาร (ppm)			
	นิกเกิล	แคดเมียม	อลูมิเนียม	สารหนู
ดินเดิม	trace	trace	trace	trace
ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี	trace	trace	trace	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่	trace	trace	trace	trace
ดินเดิม + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	tracc	trace	trace	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่	trace	trace	trace	trace
ดินเดิม + เถ้าลอยลิกไนต์ 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยหมักฟางข้าว 2 ตัน/ไร่ + ปุ๋ยเคมี	trace	trace	trace	trace
F- value	-	-	-	-
% CV	-	-	-	-

หมายเหตุ : trace หมายถึง มีปริมาณน้อยกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบ โดยค่าต่ำสุดของปริมาณนิกเกิล แคดเมียม อลูมิเนียม และสารหนูที่เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer สามารถตรวจวัดได้คือ 0.10 ppm, 0.001 ppm, 2.0 ppm และ 0.01 ppm ตามลำดับ