

การประยุกต์ใช้การบำบัดขยะชุมชนโดยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ แบบก้นกองหมัก

Passively Aerated Window Static Pile

เทียนชัย พรหมแต่้ม* และ ดลเดช ตั้งตระการพงษ์

Application Mechanical-Biological Process for Community Solid Waste

Treatment by Passively Aerated Windrow Static Pile in Composting Box

Tienchai Promtrem* and Dondej Tungtakanpoung

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

Department of civil engineering, Faculty of engineering, Naresuan University, Phitsanulok Province.

*Corresponding Author. E-mail address: tien.2520@gmail.com (T. Promtrem)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้การบำบัดขยะเชิงกล-ชีวภาพ โดยวิธีก้นกองหมักแบบ Passively Aerated Window Static Pile เป็นการบำบัดขยะในเทศบาลนครพิษณุโลก โดยกระบวนการประกอบไปด้วยการย่อยและคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วจึงตั้งกองหมักเป็นระยะเวลา 9 เดือน โดยทำการก้นกองหมัก และฐานรองรับขยะด้วยไม้ยูคาลิปตัส เพื่อควบคุมความสูงของกองหมักทำการเปรียบเทียบความสูงการก้นกองหมักคือ แบบก้นกองหมักสูง 0.00 ม., 0.50 ม., 1.50 ม. และ 2.00 ม. ทำการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ ก่อนการบำบัดและหลังการบำบัด พบว่า องค์ประกอบขยะก่อนบำบัดส่วนใหญ่มี เศษอาหาร 45.24 % พลาสติก 26.74 % ตามลำดับ ความหนาแน่นของขยะเท่ากับ 510 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นขยะ 62.80 % ความเป็นกรดต่างขยะ 6-8 เมื่อบำบัดขยะไปแล้ว 9 เดือนพบว่าหลังการบำบัดขยะมีปริมาณและปริมาตรขยะลดลง เท่ากับ 57.62 – 75.31 % และ 37.85 – 61.49 % ความสูงของกองหมักลดลงสูงสุดเมื่อก้นกองที่ความสูง 0.00 เมตร เพื่อเป็นการประหยัดพื้นที่จึงควรเลือกตั้งก้นกองหมักที่ระดับความสูง 1.5 เมตร

คำสำคัญ: ขยะชุมชน วิธีเชิงกล-ชีวภาพ ก้นกองหมัก วิธี Passively Aerated Window Static Pile

Abstract

The research was studied application of the community solid waste treatment in Mechanical-Biological waste treatment (MBT) method. Passively aerated windrow static pile in composting boxed method was for solid waste treatment in Phitsanulok municipality area. The treatment processed included waste mixing, minimizing and composing in windrow static pile for nine months. Side view and base support of composing boxes used Eucalyptus logs. The height of composing boxes were 0.00 meter, 0.50 meter, 1.50 meter and 2.00 meter. The physical and chemical of solid waste were observed during starting to the end of composting processes. At the starting process, the components of solid waste were food waste 45.24% and plastic, 26.74%. The density level of waste was 510 Kg/m³ and the moisture of waste was 62.80%. The pH value of solid waste was 6-8. The study found that the height of composting boxes was stable during 9 months and the quantity and the volume of the waste reduce with

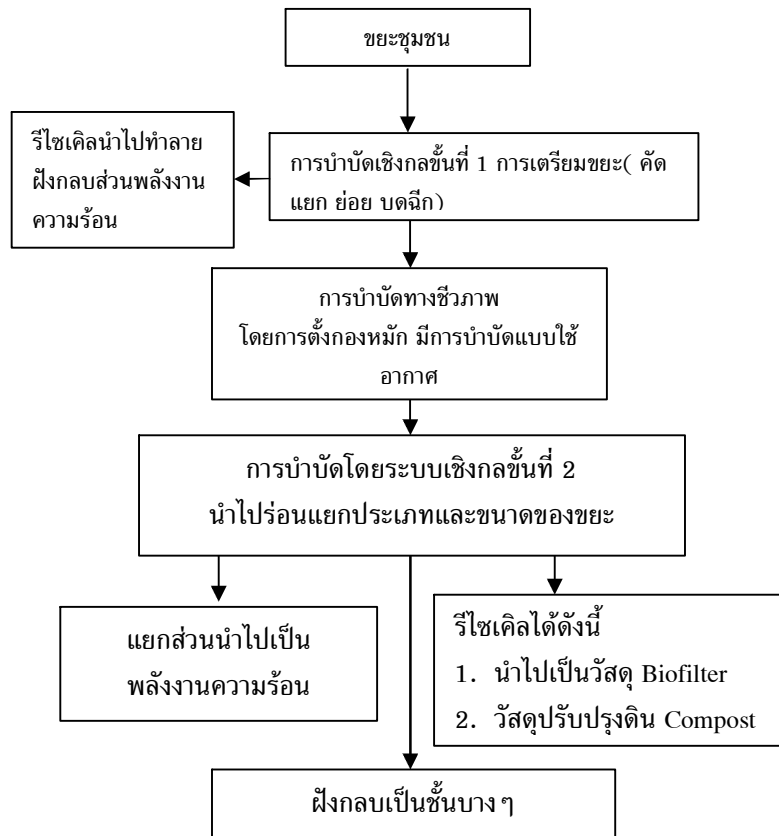
57.62 – 75.31 % and 37.85 – 61.49 %. The maximum of box reducing were 0.00 meter. The results were concluded, to saving treatment area that the best of box was 1.5 meter of height.

Keywords: Community solid waste, Mechanical biological waste treatment, Composting box, Passively Aerated Window Static Pile

บทนำ

การจัดการขยะชุมชนในประเทศไทยพบว่าปริมาณขยะที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นนั้นเนื่องจากการเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว และการใช้ชีวิตของประชากรที่เปลี่ยนไปเนื่องจากความเจริญที่เพิ่มขึ้นทำให้มีการเพิ่มปริมาณขยะอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดปัญหาการแพร่มลพิษจากขยะสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นถ้าหากมีการบำบัดขยะเบื้องต้นก่อนก็จะสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้ การบำบัดขยะชุมชนด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (Mechanical – Biological Treatment: MBT) เป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยลดปริมาณขยะ และลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากขยะ รวมทั้งยังสามารถได้ผลิตภัณฑ์เป็นวัสดุเชื้อเพลิงพลังงาน (RDF: Refuse Derived Fuel) (Pual T., 2005) และวัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน (Soil Conditioner) ได้ดำเนินการจัดการขยะชุมชนด้วยกรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ (MBT) ตั้งแต่ปี 2544 โดยโครงการนำร่องที่ได้ดำเนินการจัดการบ่อฝังกลบเทศบาลนครพิษณุโลก (โชติรส อินทร์สิงห์, 2550)

สำหรับเทศบาลหรือ อบต. ขนาดกลาง และขนาดเล็กซึ่งมีปริมาณขยะจำนวนน้อยและมีเงินทุนต่ำการบำบัดขยะชุมชนด้วย กรรมวิธีเชิงกล-ชีวภาพ อาจปรับเปลี่ยนเป็นเทคโนโลยีที่ประหยัด และเงินลงทุนต่ำได้ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้การบำบัดขยะชุมชนโดยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ แบบก้นกองหมัก Passively Aerated Window Static Pile ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ในการบำบัดขยะเบื้องต้น กรรมวิธีนี้จะช่วยลดปริมาณขยะลง และขยะหลังการบำบัดมีความเสถียร หรือเกิดปฏิกิริยาขึ้นอีกน้อยมาก จึงช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากบ่อฝังกลบได้อีกด้วยเป็นวิธีที่ง่ายในทางปฏิบัติ และเสียค่าใช้จ่ายต่ำโดยพนักงานสามารถดำเนินการได้เอง โดยการวิจัยนี้ในขั้นตอนการคัดแยกขยะเพื่อนำขยะไป Recycle ส่วนที่เหลือทำการบดฉีกดู และนำไปตั้งทำเป็นกองหมักขยะบนไม้ยูคาที่วางเป็นฐานรองรับขยะ และใช้ท่อ PVC เจาะรูสอดเข้าใต้ฐานรองรับขยะเข้าไปและหักตั้งฉากกับแนวท่อเข้าในกองขยะจนพ้นความสูงของกองขยะเพื่อให้มีอากาศเข้าไปในกองขยะเป็นการย่อยสลายแบบมีการถ่ายเทอากาศในกองหมักโดยธรรมชาติ (Passively Aerated Windrow) เพื่อเป็นการย่อยสลายแบบใช้อากาศในส่วนของการชีวภาพ (Biological) และมีการกั้นแบบด้านข้างของกองหมักด้วยไม้ยูคาตามความสูงที่พิจารณาโดยความสูงต้องเหมาะสมต่อการทำงานที่สะดวกและรวดเร็ว แล้วมีการคลุมกองหมักด้านบนด้วยวัสดุ Biofilter เช่น เศษกิ่งไม้, กาบมะพร้าว เป็นต้นโดยข้อดีของการกั้นกองหมักขยะคือ กันลมที่พัดขยะให้ฟุ้งกระจายได้, กันสัตว์คุ้ยเหยี่ยวขยะได้, ความสูงของกองหมัก, สม่่าเสมอตามแบบที่กั้นไว้, ง่ายต่อการขึ้นกองหมักตามความสูงที่กำหนดไว้



รูปที่ 1 แสดงผังขั้นตอนการทำงานของ MBT

ที่มา : Munnich et al., (2002)

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการศึกษาวิจัยที่สถานที่ การกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลนครพิษณุโลก ตั้งอยู่ในเขตอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก โดยเริ่มต้นขยะชุมชนที่ผ่านการบำบัดเชิงกล (Mechanical) (โชติรส, 2550) นำขยะที่ใช้ได้กลับมาใช้ใหม่ และขยะอันตรายออก หลังจากนั้นนำขยะไปบดฉีกให้เป็นชิ้นย่อยและคลุกเคล้าเป็นเวลา 45 นาที ด้วยรถไม่ขยะ แสดงดังรูปที่ 2 จากนั้นในขั้นตอนทางชีวภาพ (Biological) นำขยะที่ถูกบดฉีก ไปตั้งกองหมักบนไม้ ยูคาลิปตัสที่วางเป็นฐานรองรับขยะ และใช้ท่อ PVC เจาะรูสอดเข้าใต้ฐานรองรับขยะเข้าไป และหักตั้งฉากกับแนวท่อเข้าในกองขยะจนพ้นความสูงของกองขยะเพื่อให้มีอากาศเข้าไปในกองขยะ เป็นการย่อยสลายแบบมีการถ่ายเทอากาศในกองหมักโดยธรรมชาติ (Passively Aerated Windrow) คือเมื่อในกองหมักมีอุณหภูมิสูงขึ้น อากาศก็จะลอยตัวสูงขึ้นอากาศภายนอกก็จะเข้ามาแทนที่จากด้านล่างของกองหมักและทางท่อระบายอากาศ เพื่อเป็นการย่อยสลายแบบใช้อากาศ และมีการกั้นแบบด้านข้างของกองหมักด้วยไม้ยูคาลิปตัส ตามความสูงที่พิจารณา แล้วมีการคุมกองหมักด้านบนด้วยวัสดุ

Biofilter เช่น เศษกิ่งไม้, กาบมะพร้าว เป็นต้น แสดงรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 โดยทำการเปรียบเทียบ จากความสูงที่เหมาะสมต่อการทำงานในส่วนของการตั้งกองหมัก เพื่อให้เหมาะสมต่อการจัดการขยะของชุมชนขนาดเล็กด้วย โดยมีการพิจารณาความสูงของกองหมัก คือ สูง 0.00 ม., 0.50 ม., 1.50 ม. และ 2.00 ม. โดยกองหมักกว้าง 2.70 ม. ยาว 2.70 ม. รวมทั้งหมด 4 กอง โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 9 เดือน และทำการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ และเคมีเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกันในการทดลองพารามิเตอร์ในส่วน อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน องค์ประกอบขยะ ความหนาแน่น ความชื้น อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (Nelson, D.W. and L.E. Sommers., 1996), พีเอช จะสุ่มเก็บตัวอย่าง คือ ตำแหน่งมุมกอง กลางกอง และในส่วนข้างกองหมักโดยเก็บตัวอย่างละประมาณ 4 – 5 กิโลกรัมมา รวมกันแล้วทำการวิเคราะห์แบบวิธีแบ่ง 4 ส่วน (Quartering) แล้วคัดเลือกขยะมูลฝอยแต่ละประเภทซึ่งน้ำหนักและบันทึกและสุ่มตัวอย่างไปทำการทดลองโดยทำ 3 ซ้ำการทดลอง โดยเก็บช่วง 3 เดือนแรกเก็บตัวอย่าง 2 ครั้งต่อเดือน เดือนที่ 4 ถึง เดือนที่ 9 เก็บตัวอย่างครั้งเดียว (ตำแหน่ง A) อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจน จะทำการเก็บในท่อวัด PVC เจาะรูห่างกัน 5 ซม. รอบท่อ ที่ฝังลึกถึงกลางกองหมัก โดยมีตำแหน่งที่เก็บอยู่ที่ กลางกอง มุมกอง ข้างกองโดยแสดง (ตำแหน่ง B) จะทำการเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ในการทดลองพารามิเตอร์ ในส่วนความสูงขยะในกองหมัก ในการทดลองตลอดระยะเวลา 9 เดือน โดยเก็บค่าความสูงสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยตำแหน่งที่เก็บกลางกอง ข้างกอง และมุมกองโดยแสดง (ตำแหน่ง C) แสดงรูปที่ 3



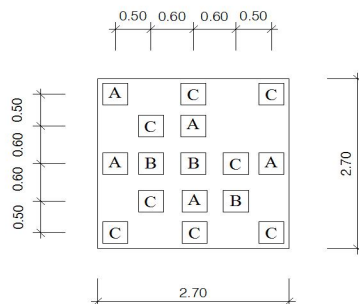
รูปที่ 2 รถไม่สมขยะ



รูปที่ 3 แสดงรายละเอียดการตั้งกองหมักขยะโดยไม้ยูคา



รูปที่ 4 แสดงกองหมักขยะที่กั้นกองหมักโดยไม้ยูคา



รูปที่ 5 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างในกองหมัก

ผลการวิจัยและวิจารณ์

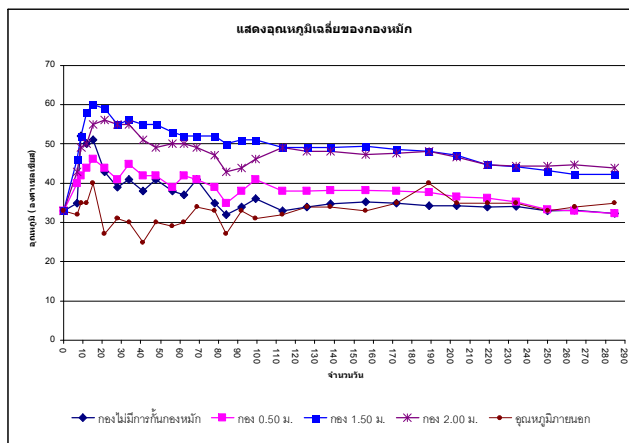
จากการทดลองพบว่าองค์ประกอบของขยะโดยเฉลี่ยในกองหมักมีการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าปริมาณขยะอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร ไม้ และกระดาษ มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป ในขณะที่ปริมาณ Compost มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ขยะอินทรีย์ถูกย่อยสลายและเปลี่ยนเป็น Compost นอกจากนี้ยังพบว่าองค์ประกอบของปริมาณพลาสติกเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักมากขึ้น เนื่องจากเมื่อปริมาณขยะอินทรีย์ลดลงในขณะที่พลาสติกที่มีอยู่ไม่สามารถย่อยสลายได้ จากการทดลองระยะเวลา 9 เดือน พบว่าองค์ประกอบของขยะ ส่วนใหญ่เป็นพลาสติก 53.28% Compost 38.56% และองค์ประกอบอื่น 8.16% เมื่อพิจารณาลักษณะพลาสติกที่ผ่านการหมักพบว่า ส่วนใหญ่เป็นถุงพลาสติกที่ใช้ใส่ของทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น นำมาล้างทำความสะอาดแล้วนำกลับผ่านกระบวนการเป็นพลาสติกรีไซเคิล นอกจากนี้พลาสติกดังกล่าวมีค่าพลังงานความร้อนสูงอาจนำไปแปรรูปเป็นวัสดุเชื้อเพลิงพลังงานได้ (Soyez, K. & Plickert, 2002) ส่วนพวก Compost และวัสดุอื่นๆ กลับไปใช้แทนวัสดุปลูกคลุมกองหมัก (Tungtakanpoung, D., 2007)

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในกองหมักได้แสดงในรูปที่ 6 อุณหภูมิในกองหมักเริ่มต้น 33 °C และเมื่อพิจารณากองหมักที่ไม่มีการกั้นกองหมักหรือกั้นสูง 0.00 ม. นั้นพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดที่ 9 วัน วัดได้ 52 °C และลดลงอย่างรวดเร็วใน 28 วัน มีอุณหภูมิเฉลี่ย 39 °C ส่วนกองหมักกั้นสูง 0.5 ม. นั้นพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดที่ 15 วัน วัดได้ 46 °C ส่วนกองหมักกั้นสูง 1.50 ม. พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดที่ 15 วัน วัดได้ 60 °C ส่วนกองหมักกั้นสูง 2.00 ม. พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดที่ 21 วัน วัดได้ 56 °C และเห็นว่ากองหมักกั้นสูง 0.00 ม., 0.50 ม., 1.50 ม., 2.00 ม. อุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มคงที่ในช่วงเวลาผ่านไป 120 วัน (โชติรส อินทร์สิงห์, 2550)

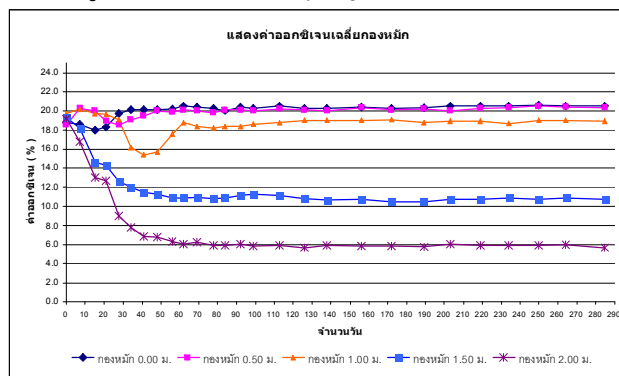
ปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยในกองหมักได้แสดงไว้ดังรูปที่ 7 พบว่าปริมาณออกซิเจนในกองหมักกั้นสูง 0.00 ม. เริ่มต้นที่ 18.8% และเมื่อเวลาผ่านไปออกซิเจนลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 15 มีปริมาณออกซิเจนเหลือ 18% จากนั้นปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 34 มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยเริ่มคงที่ ส่วนกองหมักกั้นสูง 0.50 ม. เริ่มต้นที่ 18.8% จากนั้นสูงขึ้นในวันที่ 7 เท่ากับ 20.3% จากนั้นปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยในกองหมักลดลงเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 28 มีค่าเท่ากับ 18.5 % เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 48 มีค่าเท่ากับ 20% ปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยก็เริ่มคงที่ ในส่วนกองหมักกั้นสูง 1.50 ม. เริ่มที่ 19.7% จากนั้นปรับตัวลดลงอย่างรวดเร็วถึงวันที่ 34 มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 12% จากนั้นลดลงมาจนถึงวันที่ 56 มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 10.9% จากนั้นเริ่มคงที่ ในส่วนกองหมักกั้นสูง 2.00 ม. มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยเริ่มต้น 19.7% จากนั้นปรับตัวลดลงอย่างรวดเร็วถึงวันที่ 41 มีค่าเท่ากับ 6.9% จากนั้นปรับลดลงถึงวันที่ 62 มีค่า 6.1% จึงเริ่มปรับตัวคงที่สังเกตกองกั้นสูง 1.50 ม. และ 2.00 ม. จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกอง ที่ไม่มีการกั้นกอง (0.00 ม.) และ 0.50 ม. เพราะขนาดกองที่สูงกว่าอาจทำให้มีการบดทับของขยะมากกว่าทำให้มีช่องว่างให้อากาศเข้าไปถ่ายเทน้อยลง

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของขยะโดยเฉลี่ยในกองหมัก

ลำดับ	องค์ประกอบขยะ	วันที่												
		28/10/52	12/11/52	25/11/52	8/12/52	29/12/52	20/1/53	4/2/53	3/3/53	2/4/53	5/5/53	4/6/53	5/7/53	9/8/53
1	เศษอาหาร	45.24	42.48	38.51	36.78	34.71	33.65	29.62	23.81	18.28	9.02	3.50	1.77	0.42
2	กระดาษ	6.14	9.47	12.62	11.04	8.87	8.05	5.64	3.73	2.84	3.17	2.59	2.14	0.96
3	ผ้า	0.68	2.74	4.81	4.25	3.43	5.10	3.10	2.96	2.43	2.21	2.44	2.21	1.41
4	ไม้	15.35	12.15	10.13	11.20	11.22	10.46	5.68	3.79	3.05	2.58	2.69	2.01	1.27
5	พลาสติก	26.74	26.34	28.06	29.43	34.61	34.97	36.07	39.05	43.96	46.70	49.61	50.64	53.28
6	แก้ว	0.24	1.57	0.85	0.59	0.68	0.67	0.43	0.64	0.23	0.63	0.43	0.48	0.53
7	โลหะ	0.41	0.37	0.39	0.52	0.35	0.21	0.32	0.21	0.19	0.32	0.50	0.46	0.62
8	หิน กระเบื้อง วัสดุก่อสร้าง	1.40	1.10	0.95	0.83	0.75	0.69	0.59	0.53	0.38	0.78	0.98	1.04	0.76
9	ยาง	0.98	0.90	0.51	0.38	0.23	0.17	0.21	0.25	0.19	0.22	0.18	0.16	0.07
10	โฟม	1.35	0.51	0.57	0.63	0.62	0.39	0.49	0.38	0.31	0.36	0.27	0.21	0.25
11	Compost	0.00	1.51	1.73	2.17	2.94	4.34	15.68	22.64	26.53	32.09	34.24	36.71	38.56
12	อื่นๆ	1.47	0.88	0.87	2.18	1.59	1.30	2.21	2.01	1.61	1.92	2.57	2.17	1.87
	รวม	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



รูปที่ 6 แสดงการเปลี่ยนอุณหภูมิเฉลี่ยในกองหมักขยะ



รูปที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนในกองหมัก

ความชื้นของขยะในกองหมักได้แสดงไว้ดังรูปที่ 8 จากกองหมักสูง 0.00 ม., 0.50 ม., 1.50 ม., 2.00 ม. มีความชื้นเริ่มต้น 62.80% จากนั้นเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 15 วัน เมื่อกองหมักสูง 0.50 ม. มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 35.94 – 44.59% ส่วนกองหมักสูง 0.50 ม. มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 38.30 – 53.14% ส่วนกองหมักสูง 1.50 ม. มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 37.29 – 52.98% ส่วนกองหมักสูง 2.00 ม. มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 36.56 – 50.53% แต่ค่าที่เหมาะสมการทำปุ๋ยหมักอยู่ในช่วง 50-60% (อนุภาพ แก้วทอง, 2541)

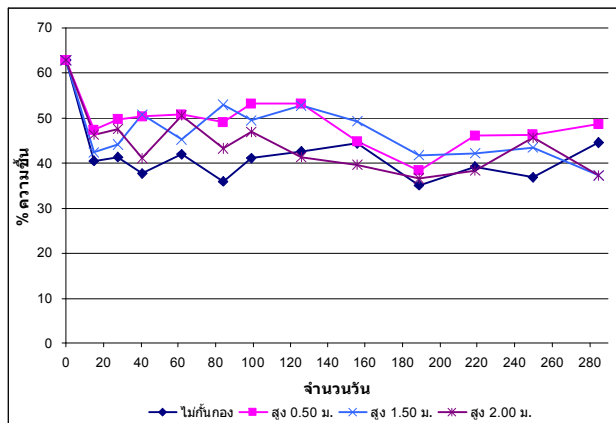
ความหนาแน่นของขยะในกองหมักได้แสดงไว้ดังรูปที่ 9 พบว่ากองหมักสูง 0.00 ม., 0.50 ม., 1.50 ม., 2.00 ม. มีความหนาแน่นเริ่มต้น 510 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และลดลงเรื่อยๆ ภายใน 41 วัน เมื่อพิจารณาการบำบัดครบ 9 เดือน กองหมักสูง 0.00 ม. มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 304.43 – 380.43 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนกองหมักสูง 0.50 ม. มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 317.65 – 434.78 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนกองหมักสูง 1.50 ม. มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 361.40 – 434.78 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนกองหมักสูง 2.00 ม. มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 317.65 – 437.50 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร แต่โดยทั่วไปเมื่อขยะผ่านการหมักทางชีวภาพ จะมีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น เพราะขยะมีขนาดเล็กช่องว่างน้อยลง บวกกับน้ำหนักกดทับตัวกันของขยะ อาจมีสาเหตุเนื่องจากขยะที่เข้ามาบำบัดเริ่มต้นมีความชื้นสูง ซึ่งทำให้ความหนาแน่นเริ่มต้นสูง นอกจากนี้ อาจจะเป็นผลจากการเก็บตัวอย่างต้องมีการชั่งเอาขยะออกมาโดยการสุ่มตัวอย่างขยะมีการคลายตัวทำให้ความหนาแน่นต่ำกว่าความเป็นจริงได้

ความสูงของกองหมักขยะได้แสดงไว้ดังรูปที่ 10 พบว่ากองหมักสูง 0.00 ม., 0.50 ม., 1.50 ม., 2.00 ม. จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อขยะผ่านการบำบัดในช่วง 21 วัน จากนั้นความสูงจะลดลงช้าๆ โดยกองหมักสูง 0.00 ม. มีความสูงขยะเริ่มต้นเท่ากับ 1.20 ม. ผ่านไป 21 วัน ความสูงลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 0.75 ม. จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องเวลาผ่านไป 126 วัน เริ่มคงที่เมื่อสิ้นสุดการบำบัดความสูงเหลือ 0.39 ม. ส่วนกองหมักสูง 0.50 ม. มีความสูงขยะเริ่มต้นเท่ากับ 1.50 ม. ผ่านไป 21 วัน ความสูงลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 0.88 ม. จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องเวลาผ่านไป 126 วัน เริ่มคงที่เมื่อสิ้นสุดการบำบัดความสูงเหลือ 0.54 ม. ส่วนกองหมักสูง 1.50 ม. มีความสูงขยะเริ่มต้นเท่ากับ 2.60 ม. ผ่านไป 21 วัน ความสูงลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 1.30 ม. จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องเวลาผ่านไป 126 วัน เริ่มคงที่เมื่อสิ้นสุดการบำบัดความสูงเหลือ 1.03 ม. ส่วนกองหมักสูง 2.00 ม. มีความสูงขยะเริ่มต้นเท่ากับ 3.00 ม. ผ่านไป 21 วัน ความสูงลดลงอย่างรวดเร็วเหลือ 1.67 ม. จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องเวลาผ่านไป 126 วัน เริ่มคงที่เมื่อสิ้นสุดการบำบัดความสูงเหลือ 1.42 ม. สังเกตในช่วงแรกขยะลดตัวอย่างรวดเร็วเกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในกองหมักอย่างรวดเร็ว และการสูญเสียความชื้นเนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก ทำให้น้ำในขยะระเหยไปทำให้การยึดเกาะตัวของขยะลดลงเนื่องจากน้ำน้อยลง ทำให้ความสูงของกองหมักลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเดือนแรก (โชติรส อินทร์สิงห์, 2550)

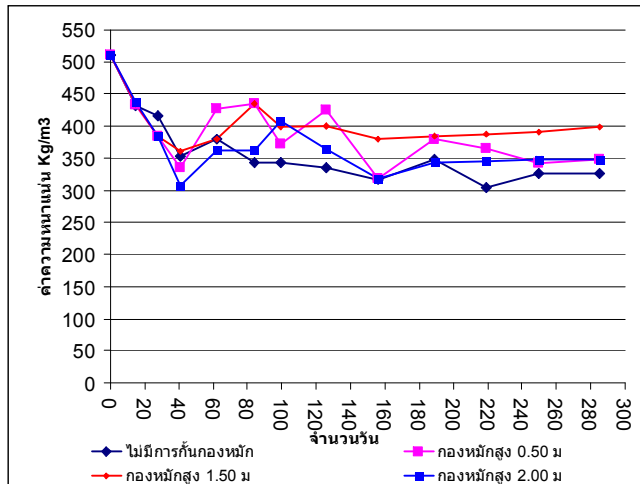
ค่า pH ของขยะในกองหมักแสดงดังรูปที่ 11 ซึ่งพบว่า ค่า pH อยู่ระหว่าง 6 – 8 ซึ่งเป็นกลาง มีอยู่ช่วงต่ำกว่า 6 แต่ไม่ต่ำกว่า 5 ในระยะเริ่มต้นเท่านั้น ดังนั้นค่าเฉลี่ยโดยรวมเป็นค่ากลาง ซึ่งเป็นค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับนำขยะอินทรีย์มาทำปุ๋ยหมักจะอยู่ในช่วง 6.0 – 7.5 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540)

ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของกองหมักได้แสดงดังรูปที่ 12 พบว่ากองหมักสูง 0.00 ม., 0.50 ม., 1.50 ม., 2.00 ม. มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 33.23 ในส่วนกองหมักสูง 0.00 ม.เมื่อบำบัดผ่านไป 28 วัน มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องมีค่าเท่ากับ 14.11 จากนั้นผ่านไปในช่วง 41 วัน มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วมีค่าเท่ากับ 5.01 จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อสิ้นสุดการบำบัดมีค่า 1.71 ในส่วนกองหมักสูง 0.50 ม.เมื่อบำบัดผ่านไป 15 วัน มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วมีค่าเท่ากับ 13.78 จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปในช่วง 41 วัน มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องมีค่าเท่ากับ 6.00 จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อสิ้นสุดการบำบัดมีค่าเท่ากับ 2.56 ในส่วนกองหมักสูง 1.50 ม.เมื่อระยะเวลาผ่านไปในช่วง 15 วันมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 11.08 จากนั้นระยะเวลาผ่านไปช่วง 41 วันนั้นมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องมีค่าเท่ากับ 6.91 จากนั้นในช่วง 84 วันมีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 7.426 เมื่อสิ้นสุดการบำบัดมีค่า 4.13 ในส่วนกองหมักสูง 2.00 ม. ในช่วง 41 วันมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วมีค่าเท่ากับ 7.38 จากนั้น เมื่อสิ้นสุดการบำบัดมีค่าเท่ากับ 4.94 พบว่าการที่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลง อาจมีสาเหตุเนื่องจากปริมาณคาร์บอนลดลงเนื่องจากถูกย่อยสลาย โดยจุลินทรีย์ ขณะที่มีการสูญเสียไนโตรเจนจำนวนน้อยในรูปของก๊าซแอมโมเนีย ทำให้ C/N ของกองหมักมีค่าลดลง (Benitez et al., 2002)

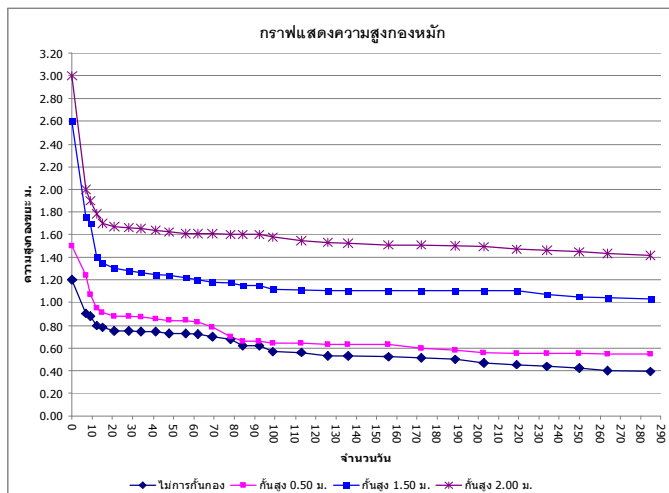
ค่าปริมาณและปริมาตรลดลงของขยะซึ่งแสดงดังรูปที่ 13 และรูปที่ 14 พบว่ากองหมักทั้งสูง 0.00 ม., 0.50 ม., 1.50 ม., 2.00 ม. บำบัดผ่านไป 21 วันมีปริมาณและปริมาตรขยะลดลงอย่างรวดเร็ว มีค่าในช่วง 38.42-46.72% และ 25.94 – 33.73% ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าในช่วง 57.62 – 75.31 และ 37.85-61.49% ตามลำดับ ค่าปริมาณและปริมาตรลดลงของขยะกองที่ไม่มีการกั้นกองหมัก(0.00 ม.)มีค่ามากที่สุด กองกั้นสูง 2.00 ม.น้อยสุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง



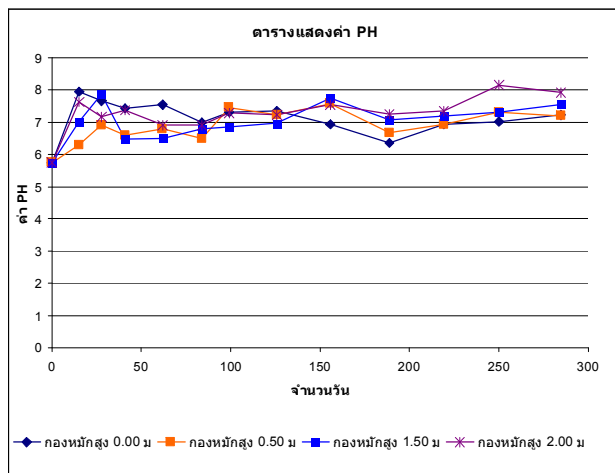
รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในกองหมัก



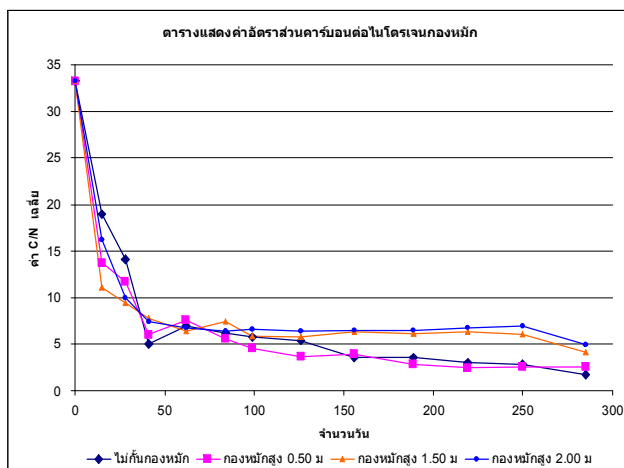
รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นในกองหมักขยะ



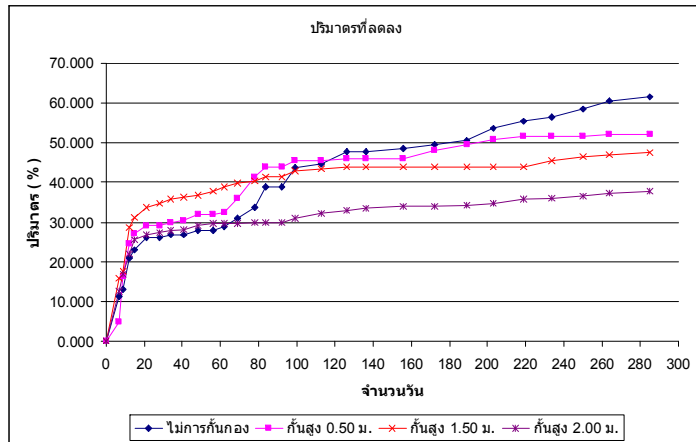
รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงความสูงในกองหมักขยะ



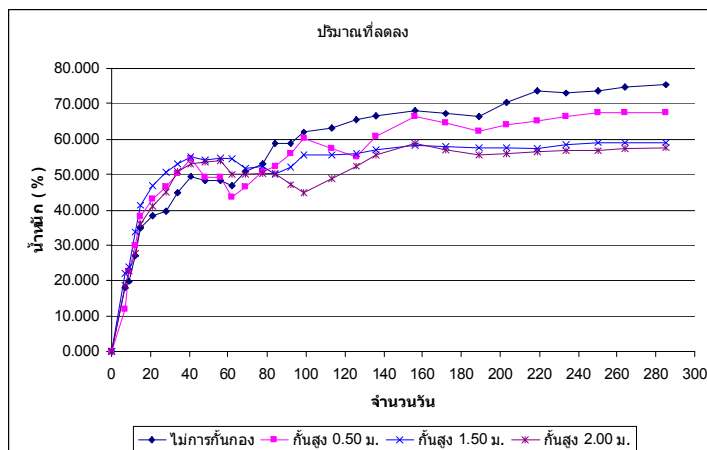
รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในก่องหมักขยะ



รูปที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในก่องหมัก



รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรในกองหมัก



รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรในกองหมัก

สรุปผล

ในการประยุกต์ใช้การบำบัดขยะชุมชนโดยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ แบบกั้นกองหมัก Passively Aerated Window Static Pile พบว่าความสูงของกองขยะในกองหมักสูง 0.00 ม., 0.50 ม., 1.50 ม., และ 2.00 ม. จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อขยะผ่านการบำบัดในช่วง 21 วัน จากนั้นความสูงจะลดลงช้าๆ จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 3 เดือนความสูงของกองขยะจะเริ่มคงที่ และเมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของขยะการลดลงของปริมาตร และปริมาตรของขยะเกิดขึ้นจากการย่อยสลายขยะอินทรีย์แบบใช้อากาศ ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีของขยะในกองหมักพบว่าอุณหภูมิของกองหมักจะเพิ่มและลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วง 1 - 2 เดือน ปริมาณออกซิเจนผันผวนเปลี่ยนแปลงรวดเร็วในช่วง 1-2 เดือน

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในกองหมักลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 1 – 2 เดือน จากนั้นเวลาผ่านไปในช่วง 3 เดือนจะเริ่มเน่ามีน้ำคาวที่ และค่าต่างๆ มีทิศทางแนวโน้มเพิ่มขึ้น หรือลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 1-2 เดือนเหมือนกัน จะเริ่มมีทิศทางคงที่ในช่วง 80 – 120 วัน ค่าปริมาณและปริมาตรลดลงของขยะกองที่ไม่มี การกั้นกองหมัก (0.00 ม.) มีค่ามากที่สุด กองกั้นสูง 2.00 ม.น้อยสุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

การประยุกต์ใช้การบำบัดขยะชุมชนโดยวิธีเชิงกล-ชีวภาพ แบบกั้นกองหมัก Passively Aerated Window Static Pile จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการบำบัดขยะชุมชนได้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เทศบาล อบต.ขนาด กลาง และเล็ก เนื่องจากองค์ประกอบขยะในประเทศไทยมีขยะจำพวกอินทรีย์วัตถุมาก และปริมาณความ ชื้นสูง แล้วนอกจากนี้ผลพลอยได้จากการบำบัดยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงทำให้สามารถลดปริมาณ ขยะในการนำไปฝังกลบให้เหลือน้อยที่สุด หรือแทบไม่ต้องใช้หลุมฝังกลบขยะอีก ข้อเสนอแนะควรมีการ ปรับปรุงวัสดุและวิธีการบำบัดให้ดีขึ้น เพื่อลดต้นทุน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยสิ่งแวดล้อม และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ใน การสนับสนุนเครื่องมือ และอุปกรณ์ ในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ขอขอบคุณเทศบาลนคร พิชญ์โลก ที่เอื้ออำนวยพื้นที่ในการตั้งกองหมัก ขอขอบคุณพ่อแม่ อาจารย์ และเพื่อน ๆ ที่ให้การสนับสนุน งานวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- โซติรส อินทร์สิงห์. 2550. การศึกษาการบำบัดขยะโดยกรรมวิธีเชิงกล - ชีวภาพ กรณีศึกษาสถานฝังกลบ ขยะมูลฝอยเทศบาลนครพิชญ์โลก
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2540). การจัดการดินและพืชเพื่อบำรุงดินอินทรีย์วัตถุต่ำ. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตร และสหกรณ์.
- กรมควบคุมมลพิษ, 2544. รายงานหลักโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านการหมักขยะอินทรีย์ที่ เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม.
- อาณูภาพ แก้วทอง. 2541. การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษหญ้า เศษใบไม้แห้ง และกากตะกอนน้ำเสียด้วยวิธีกอง แบบมีการระบายอากาศ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996 Total carbon, organic carbon and organic matter : in Methods of soil analysis, part 2. of Agron ., Inc. Madison , WI.
- Faber-Ambra®. (1998). Hoch&Tiefbau Die Fachzeitschrift Der Bauwirtschaft. Germany: n.p. 0342 -5169.
- Benitez, E., Sainz, H., Melgar, R. and Nogales, R. 2002. Vermicomposting of a ligocellulosic waste from olive oil industry: A pilot scale study. Waste Manage. Res. 134-142.

Pual, T. 2005. Waste Treatment and Disposal. John Wiley & Sons Ltd: England.

Soyez, K. and Plickert, S. 2002. Mechanical Biological Pre – Treatment of Waste – State of the Art and Potentials of Biotechnology, *Acta Biotechnol.* 22(3-4): 271–284

Tungtakanpoung, D. 2007. Characteristics of Solid Waste after Mechanical Biological Treatment (MBT) for 5 and 9 months: A Case study of Phitsanulok, Thailand Proceedings Sardinia 2007, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 1–5 October 2007.