217945

บทคัดย่อ

การหมุนเวียนธาตุอาหารไนโตรเจนและการเพิ่มอินทรียวัตถุแก่ดินสามารถทำได้โดยการใส่สารอินทรีย์แก่ดิน องค์ประกอบทางเคมีหรือคุณภาพของสารอินทรีย์ที่ดินได้รับและปัจจัยทางดิน เช่น เนื้อดินและความชื้นดินมีอิทธิพลต่อกระบวนการดังกล่าว วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยสภาพแวดล้อมทางดินร่วมกับคุณภาพสารอินทรีย์ที่มีต่อการย่อยสลายและการปลดปล่อยไนโตรเจนของสารอินทรีย์ และเสนอแนะการปรับการจำแนกสารอินทรีย์โดยใช้คุณภาพสารอินทรีย์ (เกณฑ์การจำแนกเดิม) ร่วมกับปัจจัยสภาพแวดล้อมทางดิน (เกณฑ์ใหม่)

สำรวจข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์ จากเอกสารทางวิชาการทั้งในและต่างประเทศ แล้วรวบรวมสารอินทรีย์ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น 20 ชนิด มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและจำแนกสารอินทรีย์ตามเกณฑ์ของ Palm et al. (2001) เพื่อเป็นข้อมูลในการคัดเลือกสารอินทรีย์ที่เหมาะสมมาเป็นตัวแทนในการศึกษา เก็บตัวอย่างดินมาหาคุณสมบัติทางกายภาพ คือ เนื้อดินและเส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดระดับความชื้นดิน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่ได้สามารถจำแนกสารอินทรีย์ 20 ชนิดที่รวบรวมได้ตามเกณฑ์คุณภาพเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ สารอินทรีย์ชั้นคุณภาพที่ 1) ส่วนใหญ่เป็นพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ จามจุรี (*Samanea saman*) ถั่วมะแฮะ (*Cajanus cajan*) แค (*Sesbania grandiflora*) คราม (*Indigo hirsuta*) และกระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*) สารอินทรีย์ชั้นคุณภาพที่ 3 และ 4 ส่วนใหญ่เป็นเศษเหลือจากการเก็บเกี่ยวและใบไม้ร่วงจากไม้ยืนต้น โดยสารอินทรีย์ชั้นคุณภาพที่ 3) ได้แก่ ถั่วลิสง (*Arachis hypogeae*) ฟางข้าว (*Oryza sativa*) อ้อย (*Saccharum officinarum*) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) มะม่วง(*Mangifera indica*) และสารอินทรีย์ชั้นคุณภาพที่ 4) ได้แก่ มะขาม (*Tamarindus indica*) สะเดา (*Azadirachta indica*) แดง (*Xylia xylocarpa*) เต็ง (*Shorea obtusa*) รกฟ้า (*Terminalia alata*)

ทำการทดลองในเรือนทดลองเพื่อศึกษาการย่อยสลายและการปลดปล่อยไนโตรเจน โดยการบ่มดิน (soil incubation) ในภาชนะ ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่มีการชะล้าง ปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วยชนิดสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษา 5 ระดับ คือ แค คราม พลวง ยูคาลิปตัส อัตราที่ใส่คือ 1.6 t rai^{-1} (10 t ha^{-1}) น้ำหนักแห้งเปรียบเทียบกับการไม่ใส่สารอินทรีย์ ปัจจัยสภาพแวดล้อมทางดินที่ศึกษา ได้แก่ เนื้อดิน 2 ระดับ คือ ดินเนื้อละเอียด (fine) และดินเนื้อหยาบ (coarse) โดยใช้ชุดดินราชบุรี(Aeric Tropaquepts) และชุดดินโคราช (Oxic Paleustults) ตามลำดับ ปัจจัยความชื้นดินมี 2 ระดับ คือ ความชื้นที่ระดับความจุความชื้นสนาม (field capacity -

FC; 1/3 bar) หรือที่ดินความชื้นสูง และต่ำกว่าความจุความชื้นสนาม (<FC; 3 bar) หรือที่ดินมีความชื้นต่ำ หน่วยทดลองเป็นดิน 100 g ที่บรรจุกระป๋อง จัดการทดลองแบบ 5x2x2 factorial และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) มี 4 ซ้ำ ทำการเก็บตัวอย่าง 8 ช่วง คือ 0 หรือทันทีที่ใส่สารอินทรีย์และปรับความชื้นดิน, 3, 7, 14 , 28, 56, 112 และ 182 วันหลังใส่สารอินทรีย์

แคเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่ายที่สุดในสารอินทรีย์ 4 ชนิด โดยแคมีปริมาณน้ำหนักปราศจากเถ้าที่เหลืออยู่เทียบกับน้ำหนักเมื่อเริ่มต้น (32.5%) น้อยกว่าครามขน (49.4%), ยูคาลิปตัส (60.9%) และพลวง (84.3%) การปลดปล่อยไนโตรเจนมีปริมาณสูงสุดที่ช่วงแรกของการย่อยสลาย (7–28 วันหลังใส่สารอินทรีย์) ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนจากการปลดปล่อยของแค (204 mgN kg^{-1}) มากกว่าครามขน (104 mgN kg^{-1}) ส่วนพลวง (53 mgN kg^{-1}) และยูคาลิปตัส (32 mgN kg^{-1}) ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับการไม่ใส่สารอินทรีย์ (64 mgN kg^{-1}) ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมามีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ ($r = 0.7692$, $|P|$ 0.0000) และมีความสัมพันธ์ทางลบกับความสามารถในการจับกับโปรตีน (PBC) ($r = -0.9059$, $|P|$ 0.0000) และเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่มีอิทธิพลต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในทุกสภาพแวดล้อมทางดิน (min N = 197.41 –1.16 PBC, $r^2 = 0.5389$***) องค์ประกอบที่วิเคราะห์ได้ง่าย 3 ตัวที่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (min N: mgN kg^{-1}) สูงที่สุดในทุกสภาพแวดล้อมทางดิน ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน (N) และคาร์บอน (C) เริ่มต้นของสารอินทรีย์ (g kg^{-1}) และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ดังแสดงในสมการ min N = 1224.59 + 1.65 C –38.69 N –21.50 (C/N ratio) ($r^2 = 0.5457$***)

เนื้อดินที่ต่างกันยังคงทำให้เกิดกระบวนการ ammonification และ nitrification ดินเนื้อหยาบมี NH_4^+ มากแต่มี NO_3^- ต่ำกว่าดินเนื้อละเอียด แต่ความชื้นดินที่ต่ำมีผลกระทบต่อกระบวนการ nitrification โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ใน coarse, <FC ซึ่งมีความชื้นต่ำที่สุดมีผลให้อนินทรีย์ไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูป NH_4^+ ในขณะที่สภาพแวดล้อมทางดินอื่นมีทั้ง NH_4^+ และ NO_3^- เป็นองค์ประกอบ

ตลอดช่วงการย่อยสลาย พบการปลดปล่อยไนโตรเจน 3 รูปแบบ คือ 1) มีการปลดปล่อยไนโตรเจนสุทธิ (net mineralization) ตลอดช่วงการย่อยสลาย จากการใส่แคและครามขนในทุกสภาพแวดล้อมทางดิน 2) เกิดทั้ง net mineralization และ immobilization จากการใส่พลวงและยูคาลิปตัสใน fine, <FC และ coarse, <FC และ 3) เกิดเฉพาะ immobilization จากการใส่พลวงและยูคาลิปตัส แต่ในช่วงหลังมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมทางดิน โดยใน fine, FC หลังจากใส่สารอินทรีย์ 56 วันมีแนวโน้มที่จะเกิด net mineralization ส่วนใน coarse, FC ยังคงเกิด immobilization ที่มากขึ้น ซึ่งจากรูปแบบการปลดปล่อยไนโตรเจนที่กล่าวมา สามารถแนะนำการใช้สารอินทรีย์โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมีและสภาพแวดล้อมทางดินได้ ดังนี้ แคและคราม ขนในทุกสภาพแวดล้อมทางดิน สามารถใส่ในดินเพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนได้ เนื่องจากสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้ทันที ส่วนพลวงและยูคาลิปตัสสามารถแนะนำได้ตามสภาพแวดล้อมทางดิน คือ 1) ในดินที่มีความชื้นต่ำ (ทั้ง fine, <FC และ coarse, <FC)ให้ผสมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจนหรือสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง 2) ใน fine, FC ให้ผสมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจนหรือทำปุ๋ยหมักก่อนใส่ในดิน และ 3) ใน coarse, FC แนะนำให้ใช้คลุมหน้าดินเพื่อป้องกันการกร่อนดิน

กระบวนการย่อยสลายในระดับจุลชีววิทยาทางดินได้แก่กิจกรรมจุลินทรีย์ซึ่งสะท้อนจากการปลดปล่อย CO_2 เกิดขึ้นสูงสุดในช่วง 3 วันแรกหลังใส่สารอินทรีย์ แคทำให้จุลินทรีย์เกิดกิจกรรม (9.51%C ที่ใส่) มากกว่า

217945

ครามขน (4.47 %C ที่ใส่), ยูคาลิปตัส (2.20 %C ที่ใส่) และพลวง (1.18%C ที่ใส่) ความชื้นดินที่สูงทำให้เกิดกิจกรรมสูง (3.93%C ที่ใส่)ในช่วง 3 วันแรก แต่หลังจากนั้นดินที่มีความชื้นต่ำสามารถทำให้เกิดกิจกรรมมากกว่าที่ความชื้นสูง ดังนั้นดินที่มีความชื้นต่ำโดยเฉพาะใน coarse, <FC จึงสูญเสีย CO_2 สะสม (11.2 %C ที่ใส่) มากกว่าดินที่มีความชื้นสูง มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนจากการใส่สารอินทรีย์ทุกชนิดมีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกสภาพแวดล้อมทางดิน ส่วนปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ ($r = 0.4731$, $|P|$ 0.0001) และอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออก ($r = 0.6020$, $|P|$ 0.0000) ในช่วง 14 วันแรกของการย่อยสลาย ดินเนื้อละเอียดทำให้มวลชีวภาพจุลินทรีย์มีต่ำ (28.7–53.8 mgN kg^{-1}) กว่าดินเนื้อหยาบ (45.3 – 60.6 mgN kg^{-1}) และตลอดช่วงการย่อยสลาย ดินที่มีความชื้นสูงทำให้มวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน(66.2 mgN kg^{-1}) มีมากกว่าดินที่มีความชื้นต่ำ (42.2 mgN kg^{-1}) มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนเพิ่มขึ้นสูงสุดทีช่วง 3-14 วันหลังใส่สารอินทรีย์ในทุกสารอินทรีย์และทุกสภาพแวดล้อมทางดิน ในขณะที่สภาพ fine, FC มีการเพิ่มขึ้นอีกครั้งของมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (304.7 mg kg^{-1}) และไนโตรเจน (80.8 mg kg^{-1}) ในช่วงท้ายของการย่อยสลาย (56-182 วันหลังใส่สารอินทรีย์)

ประสิทธิภาพจุลินทรีย์ในการเปลี่ยนรูปคาร์บอน (qCO_2) ต่ำในช่วง 0 วัน (เห็นได้จากค่า qCO_2 ที่สูง: 0.42 – 0.87 mg CO_2-C mg MBC^{-1} day^{-1}) และเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปคาร์บอนขึ้นจนถึง 28 วันหลังใส่สารอินทรีย์ (เห็นได้จากค่า qCO_2 ที่ต่ำ: 0.06 – 0.13 mg CO_2-C mg MBC^{-1} day^{-1}) ซึ่งตรงข้ามกับประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปไนโตรเจน (qN) ที่สูงในช่วงแรก เช่น ในสภาพ fine, FC ค่า qN ที่ต่ำ: 0.14 ในช่วงแรกเป็นค่า qN ที่สูง: 0.87 mg N mg MBN^{-1} day^{-1} ในช่วง 28 วันของการย่อยสลาย และในช่วงท้าย (56 – 182 วันหลังการใส่สารอินทรีย์) ของทุกสภาพแวดล้อมทางดิน ประสิทธิภาพจุลินทรีย์ในการเปลี่ยนรูปคาร์บอนยังคงสูง (0.14 – 0.24 mg CO_2-C mg $MBC^{-1}day^{-1}$) แต่ประสิทธิภาพจุลินทรีย์ในการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมทางดิน โดยเฉพาะใน fine, FC ที่ประสิทธิภาพจุลินทรีย์มีสูงในการเปลี่ยนรูปไนโตรเจน (0.56 mg N mg MBN^{-1} day^{-1})

การสะสมอินทรียวัตถุหลังจาก 182 วันที่ใส่สารอินทรีย์ การใส่สารอินทรีย์ทุกชนิดในทุกสภาพแวดล้อมทางดินทำให้อินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น (2.0 –11.4 %C ที่เพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่สารอินทรีย์) ส่วนไนโตรเจนทั้งหมดในทุกสภาพแวดล้อมทางดินเพิ่มขึ้นจากการใส่แค (13.9 %N ที่เพิ่มขึ้น) และครามขน (9.0 %N ที่เพิ่มขึ้น) และเฉพาะในสภาพ fine, FC ที่ไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากการใส่พลวง (7.7 %N ที่เพิ่มขึ้น) และยูคาลิปตัส (5.5 %N ที่เพิ่มขึ้น)

ABSTRACT

217945

Increase in nitrogen cycling and soil organic matter can be achieved by application of organic materials. Chemical composition of organic materials as well as soil factors, including soil texture and moisture, can affect the N cycling and soil organic matter accumulation. The objectives of this study were to investigate decomposition and N mineralization processes of the organic materials under different soil environment, and propose categorization of organic materials that makes use of environmental factors, in addition to chemical composition (quality factor), as criteria.

A survey of available organic materials and their corresponding chemical composition was achieved by conducting literature reviews of both Thai and international literature. Twenty organic materials were collected for analysis of their chemical composition, after which they were categorized according to the criteria of Palm et al. (2001). Their categorization was used for selecting representatives for later in-depth studies. Soil samples were collected from those of different texture and their particle size distribution and soil moisture characteristic curves determined.

The 20 organic materials could be categorized into 3 quality groups, i.e., category 1) Mostly leguminous plants: chamchuree or raintree (*Samanea Saman*) fresh leaves, pidgeon pea (*Cajanus cajan*), *Sesbania grandiflora*, *Indigo hirsuta*, *Leuceana leucocephala*; category 3) and 4) mostly non-harvestable parts of crops and tree leaf litter including: category 3) groundnut (*Arachis hypogeae*), rice straw (*Oryza sativa*), sugarcane (*Saccharum officinarum*), *Pterocarpus macrocarpus*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Dipterocrpus tuberculatus*, and mango (*Mangifera indica*); category 4) tamarind (*Tamarindus indica*), neem (*Azadirachta indica*), *Xylia xylocarpa*, *Shorea obtuse*, *Terminalia alata*.

A greenhouse incubation pot experiment was conducted to study decomposition and nitrogen release of different quality organic materials in soils of different texture and moisture under non-leaching conditions. Small plastic pots containing 100 g air-dried soils were used as an experimental unit. They were laid out in factorial arrangement consisting of 5 levels of organic materials including no organic materials, *Sesbania grandiflora*, *Indigo hirsuta*, *Dipterocarpus tuberculatus*, and *Eucalyptus camaldulensis*. The rate used was equivalent to 10 t ha^{-1} dry weight; 2 levels soil texture including fine-textured (silty clay) Ratchaburi soil series (Aeric Tropaquepts) and coarse-textured (sandy loam) Korat soil series (Oxic Paleustults); and 2 levels of soil

moisture including "high" at field capacity (FC at 1/3 bar) and "low" at <FC (3 bar). Experimental design was Randomized Complete Block (RCBD) with 4 replications. Samplings of soil and organic materials were done at 0, 3, 7, 14, 28, 56, 112 and 182 days after organic material incorporation.

Sesbania was the most easily decomposable among the 4 organic materials studied. The ash free dry weight (AFDW) remaining at the end of the study (182 days) was 32.5 % of the initial AFDW while the indigo had 49.4%, eucalyptus (60.9%) and dipterocarp (84.3%). Nitrogen release was the highest during the first part of decomposition (7-28 days after organic material incorporation). The sesbania released the highest mineral N (204 mg N kg^{-1}), followed by the indigo (104 mg N kg^{-1}). Meanwhile, the dipterocarp and eucalyptus released amounts of mineral N (53 and 32 mg N kg^{-1}, respectively) close to the control (64 mg N kg^{-1}). Mineral N released had positive correlation with N contents of the organic materials ($r = 0.7692$, $|P| = 0.0000$) and had negative correlation with protein binding capacity (PBC) ($r = -0.7692$, $|P| = 0.0000$). In addition, PBC was the chemical composition exerting the highest negative effect on N release in all soil environmental conditions (min N = 197.41 – 1.16 PBC, $r^2 = 0.5389$***). Three easily-determined residue chemical composition that exerted the highest influence on gross mineral N (min N in mg N kg^{-1}) included carbon (C) and nitrogen (N) contents (in g kg^{-1}), and C/N ratio as shown in the multiple regression equation below:

$$\text{Min N} = 1224.59 + 1.65\ C - 38.69\ N - 21.50\ (\text{C/N ratio}),\ (r^2 = 0.5457^{***})$$

Soil texture exerted effects on ammonification and nitrification. The coarse-textured soil had higher amount of NH_4^+ but lower NO_3^- than its fine-textured counterpart. Soil moisture had significant effects on nitrification, especially in the coarse-textured and low moisture soil. This resulted in NH_4^+ as the prominent inorganic nitrogen form in this soil condition. Meanwhile, the other soil conditions had both NH_4^+ and NO_3^- form of mineral N.

Nitrogen release pattern found throughout the decomposition period can be divided into 3 groups as follows: 1) Net N mineralization throughout the decomposition period which was found in the sesbania and indigo in all soil environmental conditions; 2) Net N mineralization and immobilization found in the dipterocarp and eucalyptus in fine-textured, <FC and coarse-textured, <FC soil conditions, 3) Net N immobilization only found in the dipterocarp and eucalyptus during an early phase of decomposition. However, in later phases there were tendencies to change according to the soil environmental conditions, i.e., in fine-textured, FC soil condition after 56 days, there was a tendency for net N mineralization, while in coarse-textured, FC conditions net immobilization still prevailed and to higher degrees. Based on these results recommendations can be issued as to the use of these organic materials under different soil conditions as follows: the sesbania and indigo can be used in all soil conditions to supply mineral N. Meanwhile, the dipterocarp and eucalyptus should be managed as follows in different soil conditions, i.e., 1) in low moisture soil of both texture, they should be mixed with chemical nitrogen fertilizer or high-N organic materials, 2) in fine-textured, FC soils they should be mixed with chemical nitrogen fertilizer or composted before soil

application, and 3) in coarse-textured, FC soil conditions they should be used as surface mulch to prevent soil erosion.

Microbial activity, as seen in CO_2 evolution, is affected by quality of organic materials and soil environment. The peak CO_2-C evolution at day 3 was the highest in the sesbania-treated soils (9.51 %C applied) followed by the indigo (4.47 %), the eucalyptus (2.20%) and the dipterocarp (1.18%). High soil moisture (FC) brought about high CO_2-C evolution at the first 3 days after which the opposite was the case. This led to higher cumulative CO_2-C evolution in low-moisture soil as compared to the high-moisture soils, especially in coarse-textured soil (11.2%C applied). Microbial biomass C (MBC) was not significantly different in all organic materials and soil environmental conditions, while microbial biomass N (MBN) showed positive correlation with N contents of organic materials ($r = 0.4731$, $|P| = 0.0001$) and mineral N released (0.6020, $|P| = 0.0000$). During the first 14 days of decomposition, the fine-textured soil showed lower MBN (28.7-53.8 mgN kg^{-1}) than the coarse-textured counterpart (45.3-60.6 mgN kg^{-1}). In addition, throughout the decomposition period, high-moisture soil led to higher MBN (66.2 mg N kg^{-1}) than the low-moisture soil (42.2 mgN kg^{-1}). Microbial biomass C and N reached their peaks at 3-14 days after the residue application in all kinds of organic residues and all soil environmental conditions. The fine-textured, FC soil condition showed another increases in MBC and MBN of 304.7 and 80.8 mg kg^{-1}, respectively during the 56-182 days' period. Microbial efficiency related to C (qCO_2) at time 0 was low (high qCO_2 values: 0.40-0.87 mgCO_2-C mgMBC^{-1} day^{-1}) but increased until 28 days (as indicated by low qCO_2 values: 0.06 - 0.13 mgCO_2-C mgMBC^{-1} day^{-1}). On the contrary, microbial efficiency related to N (qN) during the early period, was high (as indicated by low qN values: 0.14 mgN mgMBN^{-1} day^{-1}) but the efficiency decreased (as indicated by high qN values: 0.87 mgN mgMBN^{-1} day^{-1}) at 28 days . During the later period of decomposition (56-182 days), all soil environmental conditions, especially in the fine-textured, FC soil, showed high microbial efficiency in N transformation (qN of 0.56 mgN mgMBN^{-1} day^{-1}).

At the end of decomposition period, soil organic C increased by 2.0-11.4% of the control, in all soil receiving all types of organic materials in all soil environmental conditions. Meanwhile, total N increased (13.9 and 9.0 % of the control) in all soil environmental conditions under sesbania and indigo, respectively. Dipterocarp- and eucalyptus-treated soils only showed soil organic N increases of 7.7 and 5.5 %, respectively in fine-textured, high moisture soils.