ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

เรื่อง การศึกษาแนวทางการนำกากตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตอาหารปลา มาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินสำหรับปลูกพืช

Use of wastewater sludge from fish-feed productive process as soil amendment for plant growing

โดย นางสาวรัตนาภรณ์ ประทาน

นางสาววิยะการณ์ แก้ววิลัย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล)

หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม รับรองแล้ว

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุขุมาภรณ์ ขันธ์ศรี)

ประธานกรรมการบริหารหลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

วันที่....3....เดือน....พฤษภาคม....พ.ศ....2554....

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุขุมาภรณ์ ขันธ์ศรี)

ประธานสาขาวิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร

วันที่....3....เดือน....พฤษภาคม....พ.ศ....2554....

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาแนวทางการนำกากตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตอาหารปลา มาใช้เป็น
วัสดุปรับปรุงดินสำหรับปลูกพืช

Use of wastewater sludge from fish-feed productive process as soil amendment
for plant growing

โดย

นางสาวรัตนาภรณ์ ประทาน
นางสาววิยะการณ์ แก้ววิลัย

เสนอ

หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม)
ปีการศึกษา 2553

ชื่อเรื่อง	การศึกษาแนวทางการนำกากตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตอาหารปลา มาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินสำหรับปลูกพืช Use of wastewater sludge from fish-feed productive process as soil amendment for plant growing
โดย	นางสาวรัตนาภรณ์ ประทาน นางสาววิยะการณ์ แก้ววิลัย
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม)
สาขาวิชา	พัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร
หลักสูตร	การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม
คณะ	เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล

บทคัดย่อ

จากการนำตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตอาหารปลา มาใช้เป็นวัสดุเพื่อปรับปรุงดินในการปลูกผักคะน้าบนชุดดินสระบุรี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design , CRD) ประกอบด้วย 5 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ คือ ดินอย่างเดียว เป็นตำรับควบคุม (T1) ดินกับปุ๋ยยูเรีย 0.30 กรัม (T2) ดินกับตะกอนน้ำเสีย 50 กรัม (T3) ดินกับตะกอนน้ำเสีย 100 กรัม (T4) ดินกับตะกอนน้ำเสีย 200 กรัม (T5) ผลการทดลองพบว่า ในตำรับที่ใส่ตะกอนน้ำเสียอัตรา 200 กรัม /กระถาง มีผลทำให้ผักคะน้ามีน้ำหนักต่อต้น ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (C.E.C.) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (OC) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) เพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) มีค่าลดต่ำลง ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ตำรับที่ใส่ตะกอนน้ำเสียอัตรา 100 และ 50 กรัม /กระถาง ตามลำดับ

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น เนื่องจากความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษาและคำแนะนำข้อคิดที่เป็นประโยชน์ ให้ความรู้ด้านต่างตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษ อีกทั้งยังช่วยหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลอง ทำให้การทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ด้วยดี ผู้ศึกษามีความซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณอาจารย์สมเกียรติ สีสนอง และคณาจารย์ หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร ที่สนับสนุนถ่ายทอดความรู้วิทยาการอันมีค่าแก่ผู้ศึกษา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณหทัยทิพย์ คิ้วสถาพร คุณชาญเวช อ่องทิพย์ คุณดาเรศ เผือกหอม คุณเบญจวรรณ แขวงแดง และคุณพรรณนิภา รักวงษ์ ที่กรุณาช่วยผู้ศึกษาในการทำการทดลองและคอยให้กำลังใจ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่และครอบครัว ที่สนับสนุนการเรียนคอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือ อยู่เคียงข้างผู้ศึกษามาโดยตลอด ทำให้การทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นางสาวรัตนาภรณ์ ประทาน

นางสาววิยะการณ์ แก้ววิลัย

เมษายน 2554

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	16
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	20
สรุปผลการทดลอง	26
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	31

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ	4
2	เปอร์เซ็นต์ความชื้น, pH, EC และ C.E.C. ของตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง	19
3	น้ำหนักสดต่อต้น และเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักคะน้า	24
4	แสดงผลวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินก่อนและภายหลังปลูกพืช	24
5	แสดงผลวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C.) และปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC) ของดินก่อน และภายหลังปลูกพืช	25

คำนำ

สถานการณ์ปัจจุบันเกี่ยวกับปัญหามลพิษด้านสิ่งแวดล้อม กำลังทวีความรุนแรงขึ้นเป็นลำดับโดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นปัญหามลพิษด้านน้ำเสีย อากาศเสีย ขยะของเสียตกค้างจากแหล่งต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีปัญหาการลดลงของทรัพยากรต่างๆ เช่น ป่าไม้ น้ำมัน แร่ธาตุ เป็นต้น จากการสำรวจพบว่า มีปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2549 ประมาณ 38,643 และ 39,221 ตันต่อวัน ตามลำดับ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2551) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ปริมาณมูลฝอยจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วถึงร้อยละ 15 ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ซึ่งปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่นับวันมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะที่มีความสามารถเก็บรวบรวมมูลฝอยและแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้เพียงระดับหนึ่งเท่านั้น ยังคงมีปัญหามูลฝอยตกค้างอยู่ตามสถานที่ต่างๆ ทั้งในกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และชุมชนขนาดต่างๆ ทั่วประเทศ นอกจากนี้ปริมาณมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้ในปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่จะถูกขนส่งและนำไปกำจัดอย่างไม่ถูกสุขลักษณะ ในลักษณะของการเทกองกลางแจ้งและเผาเป็นครั้งคราว ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาติดตามมาอย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็นมลพิษตกค้างในอากาศอันเกิดมาจากควัน และสารพิษบางประเภทปะปนอยู่ในบรรยากาศ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยผู้คนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียง อีกทั้งน้ำชำระมูลฝอยอาจเกิดการปนเปื้อนลงสู่ระดับน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินได้ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดปัญหาเป็นแหล่งพาหะนำโรค เหตุรำคาญไม่น่าดูต่อชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง

ในการประกอบธุรกิจด้านการผลิตอาหารสัตว์ ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มักประสบปัญหาเรื่องของการจัดการปัญหาขยะของเสียอินทรีย์ที่เกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ ซึ่ง บมจ. เจริญโภคภัณฑ์อาหาร ก็เช่นกัน พบว่าในขั้นตอนของกระบวนการผลิตนั้นได้ก่อให้เกิดตะกอนน้ำเสียปะปนมากับน้ำเสียอยู่เฉลี่ยถึงประมาณวันละ 450 กิโลกรัม ซึ่งแนวทางการจัดการตะกอนน้ำเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันนั้น ส่วนใหญ่ถูกกำจัดออกไปจากระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการนำเอาไปถมทิ้ง และมีบางส่วนเข้าสู่บ่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งวิธีการถมทิ้งนั้นอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อโรคและพยาธิชนิดต่างๆ ที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ตามมา ตลอดจนอาจส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องและผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง ตะกอนน้ำเสียบางส่วนที่ผ่านเข้าไปสู่บ่อระบบบำบัดน้ำเสียนั้น ทำให้ทางโรงงานมีค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงทำการศึกษาถึงการนำตะกอนน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตอาหารปลาของ บมจ. เจริญโภคภัณฑ์อาหาร (โรงผลิตอาหารสัตว์น้ำ หนองแค) มาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินและเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินและพืช เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่สูง โดยเลือกทำการศึกษาในชุดดินสระบุรี และใช้ผักคะน้าเป็นพืชในการทดสอบ เพื่อเป็นแนวทางในการนำเอาอินทรีย์วัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้นั้น และยังช่วยลดปัญหาในแง่การกำจัดอินทรีย์วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมลงได้ ตลอดจนเป็นการช่วยลดปัญหาของเสียตกค้างในสิ่งแวดล้อมลงอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแนวทางการนำตะกอนน้ำเสีย จากกระบวนการผลิตอาหารปลา มาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน
2. เพื่อลดปริมาณของเสียตกค้างในสิ่งแวดล้อม

การตรวจเอกสาร

ตะกอนที่เกิดจากน้ำเสียของกระบวนการผลิตอาหารปลา

ตะกอนน้ำเสียของน้ำโสโครก (sewage treatment) คือ ตะกอนน้ำเสียที่เกิดจากการกำจัดน้ำโสโครก ถือว่าเป็นมูลฝอยชนิดหนึ่ง มูลฝอยประเภทนี้จะมีอินทรียวัตถุที่ย่อยสลายได้ปะปนมาจำนวนหนึ่ง และอาจมีเชื้อโรคหรือสารเคมีที่เป็นพิษปนมาด้วย (พัฒนา, 2541)

สำหรับตะกอนน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการขึ้นรูปเม็ดอาหาร ของโรงงานผลิตอาหารปลา บมจ. เจริญโภคภัณฑ์อาหาร (โรงผลิตอาหารสัตว์น้ำหนองแค) ซึ่งมีความชื้นสูง จะถูกส่งไปพักไว้เพื่อให้เกิดการตกตะกอนในบ่อพักตะกอนน้ำเสีย (sump น้ำเสีย) ทางบริษัทฯ ได้มีการจัดให้พนักงานตักขึ้นเป็นประจำทุกวันเฉลี่ยแล้วประมาณ 30 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งตะกอนน้ำเสียดังกล่าวจะประกอบด้วยเศษวัตถุดิบจำพวก รำข้าว มันบด ข้าวโพด ปลาป่น กากถั่วเหลือง ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดมีความชื้นสูง (กึ่งโคลน) และมีสีน้ำตาล เนื่องจากเป็นโรงงานผลิตอาหารจึงไม่มีการใช้สารเคมี หรือมีก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (เสาวลักษณ์, 2553) สำหรับปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบหลักของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำเหล่านี้ แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ

วัตถุดิบ	ประมาณธาตุอาหาร (%)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
กากถั่วเหลือง	7.00 – 10.0	2.13	1.12 – 2.70
ปลาป่น	9.00 – 10.0	4.00 – 6.00	1.09
รำข้าว	1.90 – 2.30	4.00 – 6.00	1.09

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2553

วัสดุอินทรีย์เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม

1. **ฮิวมัส** (humus)

ฮิวมัสเป็นสารอินทรีย์ เมื่อใส่ลงไปในดินจะเกิดการสลายตัวโดยการย่อยของจุลินทรีย์ดิน อินทรียวัตถุที่ใส่ลงไปในดินก่อนที่จะย่อยสลายจะเรียกได้ว่าเป็นอินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter) จะต้องผ่านการย่อยสลายจนอยู่ในรูปของสารที่เรียกว่า ฮิวมัส (humus) ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของคอลลอยด์ การสลายตัวอย่างช้าๆ ของฮิวมัส มีความสำคัญอย่างยิ่งในเชิงปฏิบัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับไนโตรเจน เพราะฮิวมัสเป็นตัวรักษาไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่เอาไว้ และจะปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชทีละน้อย ทำให้พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่และเป็นเวลานาน (พรชัย, 2526)

ในกระบวนการผลิตผงชูรสนั้น จะเกิดสารอินทรีย์ที่เป็นกากเหลือ จากขั้นตอนการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตของมันสำหลังไปเป็นน้ำตาล โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เอ็นไซม์ (enzyne) และจุลินทรีย์เป็นตัวช่วย เพื่อแยกน้ำตาลที่เกิดขึ้นออกในการผลิตผงชูรส ซึ่งกากเหลือที่เกิดขึ้นคือ ฮิวมัส ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด น้ำหนักเบา สีน้ำตาลมีกลิ่นฉุน มีความเป็นกรดรุนแรง (pH 1.1) เนื่องจากอิทธิพลของกรด ไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ตกค้างอยู่ มีปริมาณไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบมากถึง 4.01 % แต่มีโปรแตสเซียมและแคลเซียมน้อย

กรดฮิวมิก จัดเป็นสารฮิวมัสชนิดหนึ่ง ที่มีจำหนายในท้องตลาดทั่วโลกมีอยู่มากมายหลายชนิด เช่นในสหรัฐอเมริกาจะมีชื่อการค้าว่า “ENERGIZER” หรือ “POWERGIZER” ซึ่งแปลว่า “สารเพิ่มพลัง” และส่วนมากมักเป็นกรดฮิวมิกที่สกัดมาได้โดยตรงไม่มีการเติมธาตุอาหารอื่นๆ ลงไป แต่ในบางกรณีอาจมีการปรุงแต่งโดยการผสมธาตุอาหารอื่นๆ ลงไปด้วย เพื่อให้เหมาะสมสำหรับพืชบางชนิด ในประเทศญี่ปุ่นกรดฮิวมิกที่ได้รับความนิยมจากเกษตรกรมีชื่อทางการค้าว่า “ฮิวมิก 12%” สำหรับกรดฮิวมิกที่มีจำหน่ายทั่วไปจะพบได้ในหลายลักษณะ เช่น กรดฮิวมิกชนิดน้ำ (พบจำหน่ายใน อเมริกา ญี่ปุ่น ยุโรป) กรดฮิวมิกชนิดผงกรด (พบจำหน่ายใน จีน) และกรดฮิวมิก ชนิดเม็ด (พบจำหน่ายในหลายๆ ประเทศ รวมทั้งประเทศไทย)

2. Ami – Ami L

การผลิตผงชูรส (monosodium qlutamate) นั้นผลพลอยได้ในกระบวนการผลิตอีกชนิดหนึ่งคือ อามิ-อามิ แอล ในกระบวนการหมัก (fermentation) โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เพื่อย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลเพื่อแยกกากออก และในกระบวนการผลิต (crystallization) จะมีสารละลายชนิดหนึ่งเมื่อแยกเอาผลึกออก สารที่ได้คือ Ami-Ami L ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามาจากกรดอะมิโน (Amino acid) นั้นเอง มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมหลายชนิดที่จำเป็นสำหรับพืช ช่วยปรับปรุงคุณภาพของดินให้ดีขึ้น เนื่องจากยังมีกรดอะมิโนหลายชนิดที่จำเป็นสำหรับพืช และจุลินทรีย์ในดินที่ทำให้ดินร่วนซุย และช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ ใช้ใส่รองพื้นแทนปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีอื่นๆ โดยใส่ก่อนหรือระหว่างการเตรียมดิน หลังการไถพรวนเพื่อคลุกเคล้า และผสมดินให้เข้ากัน (ฝ่ายพัฒนาการเกษตร, 2530)

3. **มูลไก่**

มูลไก่เป็นสิ่งที่ต้องกำจัดออกจากคอกไก่ และใช้ประโยชน์การทำปุ๋ย ส่วนประกอบทางเคมีของมูลไก่แตกต่างกันได้มากเนื่องจากชนิดของอาการที่ไก่กิน ชนิดของไก่ ปริมาณความชื้น การเก็บรักษา และสิ่งเจือปน มูลไก่แห้ง (dried poultry waste) คือมูลไก่ที่ได้จากไก่ไข่ และไก่กระทงความชื้นไม่เกิน 15 % (ธรรมโชติ, 2526) ของเสียจากคอกไก่กระทงมีคุณค่าทางอาหารมากที่สุด เนื่องจากมีระดับโปรตีนสูงกว่ามูลสัตว์อื่นๆ โดยไนโตรเจนในมูลไก่กระทงอยู่ในรูปโปรตีน 4.5-6.7 % กรดยูริก 18-30 % แอมโมเนีย 12-17 % และ 2-4 % อยู่ในรูปของครีอาตีนและสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ นอกจากมีระดับโปรตีนสูงแล้ว ในมูลไก่กระทงยังมีพลังงานสูงกว่ามูลสัตว์อื่นๆ (Muller, 1980)

นอกจากนี้มูลสัตว์ยังเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ และเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ด้วย ดังนั้นการใส่มูลสัตว์จึงช่วยเร่งการย่อยสลายตัวของเศษซากพืชในกองปุ๋ยหมัก อีกทั้งปุ๋ยที่ได้จะมีลักษณะที่ดีขึ้นด้วย (ยงยุทธ, 2528)

4. AS cake

ระบบ Activated Sludge เป็นระบบที่ประกอบด้วยถังปฏิกิริยา ซึ่งเป็นถังเติมอากาศและถังตะกอน น้ำทิ้งจะถูกสูบมาเข้าถังเติมอากาศเพื่อทำปฏิกิริยากับแบคทีเรีย อัตราการทำลาย BOD โดยแบคทีเรียจะถูกเร่งให้เร็วขึ้นโดยการเพิ่มทั้งปริมาณอ๊อกซิเจน และปริมาณแบคทีเรีย ดังนั้นแบคทีเรียจะทำลาย BOD ในน้ำทิ้งและเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ปริมาณแบคทีเรียในถังเติมอากาศจะมีมากจนจับกันเป็นตะกอนชิ้นใหญ่ๆ มีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งเรียกว่า Activate Sludge น้ำผสมระหว่างน้ำทิ้งกับตะกอนแบคทีเรียในถังเติมอากาศเรียกว่า Mixed Liquor ในถังเติมอากาศจะมีระบบเติมอากาศ เพื่อทำหน้าที่ให้อ๊อกซิเจนแก่แบคทีเรีย และกวน Mixed Liquor เพื่อให้ตะกอนแบคทีเรียอยู่ในลักษณะแขวนลอย กระจายไปทั่วถังเติมอากาศ หลังจากถูกกักอยู่ในถังเติมอากาศเป็นระยะเวลาหลายชั่วโมง Mixed Liquor จะไหลจากถังเติมอากาศมาเข้าสู่ถังตกตะกอน เพื่อแยกตะกอนแบคทีเรียออก จะได้น้ำทิ้งที่ใสสะอาด และมีค่า BOD ต่ำ ส่วนตะกอนแบคทีเรียที่จมอยู่ก้นถังตกตะกอน ส่วนใหญ่จะถูกสูบไปเข้าถังเติมอากาศเพื่อรักษาปริมาณแบคทีเรียในถังเติมอากาศให้คงที่ ตะกอนแบคทีเรียส่วนเกิดที่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะต้องนำมากำจัด (เสริมพล, 2518)

5. อินทรียวัตถุ

อินทรียวัตถุในดิน เป็นวัตถุที่สลับซับซ้อนมากประกอบด้วยสารประกอบที่มักปรากฏในพืชและสัตว์ และยังประกอบด้วยจุลินทรีย์ทั้งที่มีชีวิตอยู่และที่ตายไปแล้ว ตลอดจนสารประกอบที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น และสารประกอบที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากกิจกรรมการสลายตัวของจุลินทรีย์ จึงกล่าวได้ว่า อินทรียวัตถุในดินประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์แทบทุกชนิดที่สามารถเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ โดยสารที่เป็นส่วนประกอบของอินทรียวัตถุส่วนมากจะประกอบด้วย cellulose, hemicelluloses, lignin, อินทรีย์สารที่ละลายในน้ำได้ (เช่นน้ำตาล กรดอะมิโน และพวก aliphatic acid), อินทรีย์สารที่ละลายใน ether และ alcohol (เช่น fat, oil, wax, resin และ pigment), โปรตีน (ซึ่งมีธาตุไนโตรเจน และกำมะถัน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ) และสารประกอบอื่นๆ ที่เป็นเถ้า (สมศักดิ์, 2528)

ความสำคัญของอินทรียวัตถุในดิน อินทรียวัตถุมีอิทธิพลต่อสมบัติของดินทั้งสมบัติทางฟิสิกส์ ทางเคมี และทางชีวะของดิน เช่น อิทธิพลต่อสีของดิน อินทรียวัตถุในดิน จะทำให้สีของดินเป็นสีน้ำตาลจนถึงสีดำ อินทรียวัตถุช่วยส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวเป็นก้อน ช่วยลดความหนืด และ cohesion ของดิน ตลอดจนเป็นตัวช่วยให้ดินมีความจุในการอุ้มน้ำและการถ่ายเทอากาศดีขึ้น อิทธิพลต่อความสามารถในการดูดซับไอออนบวก อินทรียวัตถุในดินเป็นสารที่มีความสามารถในการดูดซับไอออนบวกได้สูงมากคือ การดูดซับโดยอินทรียวัตถุในดินจะสูงกว่า 2 – 30 เท่าของในดินทั่วๆ ไป อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน อินทรียวัตถุในดินมีประจุลบเป็นจำนวนมาก มีความสามารถในการดูดซับไอออนบวกได้สูงจึงมีผลทำให้ดินที่มีอินทรียวัตถุสูงมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH ได้ดี อิทธิพลต่อปริมาณและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร อินทรียวัตถุในดินมีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบหรือผสมอยู่ธาตุเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมาสะสมอยู่ในดิน หลังจากอินทรียวัตถุสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ อิทธิพลต่อจุลินทรีย์ อินทรียวัตถุในดินเป็นอาหารของจุลินทรีย์ดินโดยเฉพาะจุลินทรีย์พวก heterotroph ดินที่มีอินทรียวัตถุในปริมาณสูงจะทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ในดินนั้นสูงด้วย ซึ่งเป็นผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิมยา, 2530)

ความสำคัญและแหล่งที่มาของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก มักพบในพืชมากเป็นอันดับ 4 รองจากคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ไนโตรเจนมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยไนโตรเจนจะเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในพืชหลายชนิดได้แก่ กรดอะมิโน (amino acid) โปรตีน (protein) เอ็มไซม์ร่วม (co-enzyme) กรดนิวคลีอิค (nucleic acid) นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) และคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งในโปรตีนจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบมากถึง 18 เปอร์เซ็นต์ และพลาสติค (plastids) ในใบพืชจะจะมีไนโตรเจนอยู่มากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะอยู่ในคลอโรพลาสต์ (chloplasts) และทำให้ไนโตรเจนมีความสำคัญมากสำหรับการเจริญเติบโตของพืช โดยทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตและเพิ่มความแข็งแรง ทำให้ใบกิ่งก้าน ลำต้นเจริญเติบโต ช่วยทำให้ใบเขียวสดและอิ่มน้ำขึ้น ช่วยทำให้คุณภาพของพืชผักสวนครัวดีขึ้น ช่วยให้พืชตั้งตัวเร็ว เพิ่มโปรตีนแก่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ มีอิทธิพลควบคุมการออกดอก และช่วยให้

ผลผลิตสูงขึ้น ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ การเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไปจะลดลง ใบพืชจะมีขนาดเล็กลง ต้นผอมบาง แตกกิ่งก้านเล็กน้อย ในระยะแรกของการเจริญเติบโตใบพืชมีสีเขียวอ่อนหรือจางกว่าปกติที่เรียกว่า คลอโรซีส (chlorosis) เมื่อพืชแก่ขึ้นใบจะมีสีเหลือง แดง หรือม่วง เนื่องจากพืชยังคงสร้างสารแอนโทซัยนิน (anthocyanin) ซึ่งมีสีเหลืองได้ อาการขาดธาตุไนโตรเจนจะเห็นชัดในใบแก่มากกว่าใบอ่อน อาการขาดไนโตรเจนของพืชชนิดต่างๆ จะแตกต่างไปตามชนิดของพืช เช่น ข้าว เมื่อขาดไนโตรเจนจะแกร็น แตกกอน้อย ยกเว้นใบอ่อนเท่านั้นที่ยังมีสีเขียว ใบอื่นมีสีเขียวอมเหลือง หรือเหลืองใบแคบสั้น ตั้งตรง และแห้งตาย (necrosis) เร็วกว่าปกติ อาการคลอโรซีสของใบแก่ของข้าวโพดและข้าวฟ่างที่ขาดไนโตรเจน จะเริ่มจากมีสีเหลืองที่ปลายใบแล้วลามไปตามเส้นกลางใบ (mid rib) ทำให้บริเวณคลอโรซีสเป็นสีเหลืองที่มีมุมแหลมชี้ไปที่โคนใบ นอกจากการขาดธาตุไนโตรเจนจะมีผลเสียแล้ว การได้รับไนโตรเจนมากเกินไปก็มีผลเสียเช่นกัน คือ คุณภาพของเมล็ด ผล ใบ ลดลง แก่ช้า พืชจะเจริญทางใบอยู่นาน ทำให้ผลผลิตที่เป็นเมล็ดลดลงในข้าวและข้าวโพด ต้นอ่อนและล้มง่าย ทำให้เสียหายมากเพราะเก็บเกี่ยวยาก โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่ายเพราะเนื้อเยื่ออ่อนนิ่มไปด้วยน้ำ (สันติภาพ, 2539)

1. **รูปของไนโตรเจนที่อยู่ในดิน**

แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1) อินทรีย์ไนโตรเจน ประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดในดินจะอยู่ในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งรูปที่สำคัญได้แก่ สารประกอบพวกอินทรีย์โปรตีน กรดอะมิโนและกรดนิวคลีอิก

2) อนินทรีย์ไนโตรเจน ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนในดิน จะอยู่ในรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งได้แก่รูปต่างๆดังนี้คือ NH_4^- , NO_3^- , NO_2^- , NO , N_2O และ N_2

2. **แหล่งที่มาของไนโตรเจนในดิน**

มีอยู่ 4 แหล่งใหญ่ๆ ด้วยกันคือ

1) มาจากการตรึงก๊าซไนโตรเจน (nitrogen fixation) จากอากาศโดยแบคทีเรียพวก<u>Rhizobium</u> ที่อาศัยอยู่ในปมของรากพืชตระกูลถั่ว วิธีการตรึงไนโตรเจนจากอากาศวิธีนี้เรียกว่า symbiotic nitrogen fixation

2) มาจากการตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศ โดยจุลินทรีย์พวกที่อยู่อย่างอิสระในดิน จุลินทรีย์ที่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระนี้ได้แก่แบคทีเรียพวก Azotobacter, Clostridium และพวกสาหร่ายบางชนิด โดยเฉพาะพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จุลินทรีย์พวกนี้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ไม่ต่ำกว่า 40 – 50 ปอนด์ /เอเคอร์ /ปี

3) มากับฝน การเกิดฟ้าแลบหรือฟ้าร้อง (lightning) ก๊าซไนโตรเจนในอากาศจะถูก oxidized ให้กลายเป็น nitrous oxide (N_2O) และ nitric oxide (NO) และจะกลายเป็นน้ำฝนตกลงมายังผิวดิน

4) มากับปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดิน ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสารเคมีที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากก๊าซไนโตรเจนในอากาศ ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งที่สำคัญแหล่งหนึ่งของไนโตรเจนในดิน และนอกจากนี้ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยอินทรีย์ไนโตรเจนอื่นๆ ก็ถือว่าเป็นแหล่งไนโตรเจนในดินที่สำคัญเช่นเดียวกัน

3. ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน

ปุ๋ยเคมี หมายถึงปุ๋ยที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากสารอนินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งปุ๋ยที่มีธาตุปุ๋ยเพียงธาตุเดียว (ปุ๋ยเดียว) ปุ๋ยผสม (มีธาตุ 2 หรือ 3 ธาตุ) ส่วนมากเป็นปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารแร่ธาตุเป็นปริมาณมาก (สรสิทธ์, 2535)

ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน หมายถึงปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุไนโตรเจนเป็นสำคัญได้แก่ แอมโมเนีย (82.2 %N), แอมโมเนียซัลเฟต (12.2 %N), แคลเซียมไนเตรท (119. %N), โซเดียมไนเตรท (16.5 %N), ยูเรีย (46.6 %N), เป็นต้น ธาตุไนโตรเจนในปุ๋ยทุกชนิดที่ไม่อยู่ในรูปของสารประกอบไนเตรทนั้น เมื่อใส่ลงไปในดินที่มีอุณหภูมิ ความชื้น และการถ่ายเทอากาศอย่างเหมาะสมแล้ว จะเปลี่ยนรูปมาเป็นไนเตรทไนโตรเจน (NO_3) ซึ่งละลายน้ำได้ทันที ด้วยเหตุนี้ไนโตรเจนในรูปนี้จึงอาจสูญหายไปจากบริเวณรากพืชอย่างรวดเร็ว เมื่อมีสภาพการณ์บางอย่างที่เหมาะสมเกิดขึ้นในดิน สำหรับดินที่มีเนื้อหยาบ (ดินทรายจัด) การสูญเสียไนโตรเจนเกิดขึ้นอย่างมากในบริเวณพื้นที่และฤดูที่มีน้ำไหลซึมลงไปสู่ชั้นดินเบื้องล่าง การสูญเสียไนโตรเจนสามารถเกิดขึ้นในดินที่มีเนื้อละเอียด (ดินเหนียว) ได้ดีเช่นเดียวกัน ถ้าหากมีน้ำซึมไหลแรทกลงสู่เบื้องล่าง นั่นคือในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวส่วนมากมีดินชั้นล่างชื้นอยู่ตลอดเวลา และเกิดในฤดูฝน ดังนั้นเพื่อให้การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีประสิทธิภาพที่ดีและแน่นอน จึงจำเป็นต้องเลื่อนระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนออกไป ส่วนปัญหาใหญ่ในเรื่องของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่จำเป็นต้องระมัดระวังอยู่เสมอคือ ต้องแน่ใจว่า

เมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปในดินนั้น จะต้องมีธาตุไนโตรเจนอยู่ในบริเวณรากพืชในขณะและเวลาที่พืชมีความต้องการไนโตรเจนมากที่สุด (ดำริ และคณะ, 2519)

การสูญเสียไนโตรเจนไปโดยการถูกน้ำชะพาออกไปจากดิน อาจทำให้ลดน้อยลงไปได้บ้าง สำหรับดินที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C.) สูง โดยเฉพาะเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดแอมโมเนียมหรือปุ๋ยที่สามารถแปรรูปเป็นแอมโมเนียมไนโตรเจนได้รวดเร็ว ทั้งนี้เพื่อ ต้องการให้อิออนของแอมโมเนียมที่แตกสลายตัวออกมาจากปุ๋ยถูกดูดยึดเก็บไว้โดยอนุภาคต่างๆ ของดินในลักษณะเดียวกันกับการดูดยึดประจุบวกของธาตุอื่นๆที่อยู่ในดิน และสามารถดูดยึดเก็บไว้นานจนกว่ารูปแอมโมเนียมนี้ จะถูกจุลินทรีย์ดินแปรสภาพให้กลายเป็นสารไนเตรทโดยขบวนการเติมออกซิเจนต่อไป การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้นทำได้หลายวิธี เช่น วิธีหว่าน, วิธีหยอด, วิธีหว่านโรยแต่งหน้า, หรือหว่านข้างแถวพืช เป็นต้น (สุนทร , 2526)

4. ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ในที่นี้หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากมารอินทรีย์ตามธรรมชาติ (ไม่รวมเอาปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ได้มาจากการสังเคราะห์ เช่นยูเรีย แคลเซียมไซยานามิด) ซึ่งได้แก่ ปุ๋ยคอก (อุจจาระ ปัสสาวะ เศษอาหารสัตว์ เศษฟาง เศษหญ้า) ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์เทศบาล ปุ๋ยพืชสด และวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด ปุ๋ยอินทรีย์มีอาหารแร่ธาตุครบทุกธาตุแต่ปริมาณของธาตุปุ๋ยต่ำมาก (นอกจากปุ๋ยอินทรีย์เทศบาลที่ปรุงแต่งให้มีมากกว่าปกติ) คุณค่าของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการปลูกพืชอยู่ที่การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินคือ ทำให้ดินร่วนซุยอุ้มน้ำได้มากขึ้น (ถวิล, 2528)

ปุ๋ยอินทรีย์เทศบาลหรือปุ๋ยกทม. จัดเป็นปุ๋ยหมักชนิดหนึ่ง ซึ่งได้จากการนำขยะหรือของเหลือใช้ในบ้านเรือนและแหล่งอื่นๆจึงประกอบด้วย พืชพัก เนื้อ อุจจาระ ปัสสาวะ ฯลฯ ที่เน่าสลายรวมกัน ขยะที่เก็บรวบรวมได้จะถูกนำมาผ่านขึ้นตอนต่างๆ เพื่อการผลิตปุ๋ย (สมศักดิ์, 2526) โดยมีปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยดังนี้ N = 1.3-2.0%, P_2O_5 = 1.9-3.5%, และ K_2O = 0.9 – 1.5%

ลักษณะทั่วไปของชุดดินสระบุรี

ชุดดินสระบุรี พบมีการแจกกระจายอยู่ในพื้นที่จังหวัดสระบุรี เป็นเนื้อที่ประมาณ 48,050 ไร่ จัดอยู่ใน great soil group: Hydromorphic Alluvial soils เกิดจากตะกอนลำน้ำค่อนข้างใหม่ ระหว่างตะพักลำน้ำขั้นต่ำกับที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง สภาพพื้นที่ราบเรียบ มีความลาดชันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก การระบายน้ำเลว มีความสามารถให้น้ำซึมผ่านและไหลบ่าผิวดินช้า ดินบนลึกประมาณ 20 เซนติเมตร เป็นดินเหนียว หรือดินเหนียวปนทรายแป้ง หรือดินร่วนปนดินเหนียว สีพื้นเป็นสีเข้มของสีน้ำตาลปนเทา หรือสีน้ำตาลจุดประสีน้ำตาลแก่ หรือแดงปนเหลือง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดหรือกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.0 – 5.5 ส่วนดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีน้ำตาล น้ำตาลเข้ม หรือสีเขียวมะกอก มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกิริยาดินเป็นกลางจนถึงเป็นด่างอย่างอ่อน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 7.0 – 8.0 ดินชั้นล่างอาจพบก้อนหินปูนทุติยภูมิเล็กๆ อยู่ทั่วไป จากค่าผลการวิเคราะห์ทางเคมีของตัวแทนชุดดินนี้พบว่า ดินตอนบนหนาประมาณ 30 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรียวัตถุ 1.49 เปอร์เซ็นต์ มีการอิ่มตัวด้วยเบส 57 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 29.4 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 1.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณธาตุโปรแตสเซี่ยมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 74.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินตอนล่างลึกตั้งแต่ 30 เซนติเมตร ลงไปมีการอิ่มตัวด้วยเบส 84.5 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 32.9 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 63.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กล่าวโดยสรุปแล้วดินชุดนี้มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติปานกลาง และมีคุณสมบัติทางกายภาพดี ส่วนใหญ่ใช้ทำนา จะให้ผลผลิตประมาณ 30 – 50 ถัง /ไร่ (เฉลิม, 2524)

ลักษณะทั่วไปของผักคะน้า

ผักคะน้า มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า <u>Brassica</u> <u>oleracea</u> var.acephala ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น เป็นผักที่นิยมบริโภคกันมาก มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และประเทศไทย เป็นต้น ผักคะน้าเป็นผักอายุ 2 ปี (biennial) แต่ปลูกเป็นผักอายุปีเดียว (annual) อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่เวลาที่ปลูกได้ดีอยู่

ในช่วงเดือนตุลาคม-เมษายน คะน้าสามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.5 - 6.8 และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ (อุดม, 2529) โดยทั่วไปนิยมปลูกคะน้าโดยวิธีหว่านลงบนแปลงปลูกเลย สำหรับปุ๋ยสูตรที่เหมาะสมกับผักคะน้า คือ สูตร 12-8-8 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละเท่า ๆ กัน คือ ใส่หลังจากถอนแยกครั้งที่ 1 (หลังปลูก 20 วัน) และหลังถอนแยกกล้าครั้งที่ 2 (หลังปลูก 30 วัน) หากผักยังไม่ค่อยเจริญเติบโตอาจจะใส่ปุ๋ยบำรุง เช่น ยุเรียหรือแอมโมเนียมไนเตรท โดยให้ทางราก หรือละลายน้ำในอัตราประมาณ 3-4 ช้อนแกงต่อน้ำ 1 ปี ฉีดพ่นทางใบเป็นครั้งคราว (อรษา, 2527) ผักคะน้าต้องการน้ำเพียงพอและสม่ำเสมอ ต้องปลูกในแหล่งที่มีน้ำเพียงพอตลอดฤดูกาล หากขาดแคลนน้ำจะทำให้ผักชะงักการเจริญเติบโต และคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะที่เมล็ดเริ่มงอกยิ่งขาดน้ำไม่ได้เลย (กลุ่มรักเกษตร, 2531)

การกักเก็บคาร์บอนในดิน

ในปัจจุบันก๊าซเรือนกระจกที่มีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อน สร้างความอบอุ่นให้แก่โลก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นก๊าซที่มีปริมาณมากที่สุดในกลุ่มของก๊าซเรือนกระจก โดยพบปริมาณอยู่ในบรรยากาศ 0.036-0.039 เปอร์เซ็นต์ (360-390 ส่วนในล้านส่วน; ppm) (นิสากร, 2551) มีความเข้มข้นที่เพิ่มมากขึ้นเป็นสาเหตุหลักของการเกิดภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ทำให้อุณหภูมิของโลกในปัจจุบันสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อทั้งสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังพบก๊าซเรือนกระจกอีกมากมายที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก โดยพบว่าบางชนิดมีความอันตรายมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เนื่องด้วยก๊าซเหล่านั้นมีอยู่ในชั้นบรรยากาศในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงส่งผลกระทบที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ได้ไม่มากเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ประหยัด และคณะ, 2544)

วิธีหนึ่งที่จะช่วยในการลดภาวะโลกร้อนลงได้ คือ การเพิ่มขนาดของแหล่งรองรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แทนการปลดปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้น การที่มีต้นไม้ในปริมาณมากๆ ก็จะยิ่งดูดซับก๊าซได้มาก จากการรายงานพบว่าพื้นที่ป่าไม้สามารถตรึงคาร์บอนได้สูงที่สุดคือ 1.4 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อปี (เสริมพงศ์ และคณะ, 2545) การเพิ่มของพื้นที่ป่าไม้จึงสามารถที่จะช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศ และส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนลงได้ (ประหยัด และคณะ, 2544)

1. การกักเก็บคาร์บอนในรูปอินทรียวัตถุในดิน

ไพบูลย์ (2546) กล่าวว่า อินทรียวัตถุ หมายถึงองค์ประกอบหรือส่วนที่เป็นอินทรีย์สารทั้งหมดในดิน ซึ่งได้มาจากการย่อยสลายเน่าเปื่อยพุพัง สะสมและทับถมกันของซากพืชและซากสัตว์ ทั้งนี้รวมทั้งสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่ยังมีชีวิตอยู่ หรือที่เรียกว่า มวลชีวในดิน (soil biomass) ด้วย อินทรียวัตถุประกอบด้วยธาตุหลายชนิด แต่ที่สำคัญที่สุดคือธาตุคาร์บอน ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีที่ใช้วิเคราะห์อินทรียวัตถุโดยตรง แต่สารประกอบอินทรีย์ทุกชนิดมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นถ้าทราบปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ หรือที่เรียกว่า คาร์บอนอินทรีย์ ก็จะทำให้สามารถประมาณปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้ (สมศักดิ์, 2550) ดังนั้น คาร์บอนอินทรีย์ในดินจึงสามารถที่จะใช้เป็นตัวชี้วัดปริมาณของอินทรียวัตถุในดินได้ (วิฑูรย์, 2549)

2. อินทรีย์คาร์บอนกับไนโตรเจนทั้งหมดของพืช

อินทรีย์คาร์บอน คือ คาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น ซากพืชและซากสัตว์จะถูกสลายตัวผุพังโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ จะเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ในพืชแห้งทั่วไปมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 50% โดยในพืชแห้งจำนวน 200 g จะมีคาร์บอนอยู่ประมาณ 100 g ดังนั้นการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนในพืชต้องใช้เวลานานมากกว่าในดินมาก และความยากง่ายในการย่อยสลายของพืชแต่ละชนิดก็ต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชนั้นๆ

ธาตุไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญ ที่จะช่วยกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตและมีความแข็งแรงช่วยการเจริญเติบโตของใบและลำต้น ส่งเสริมให้พืชตั้งตัวได้เร็วในระยะแรก เพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่พืชที่ใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ เช่น ข้าวหรือหญ้าเลี้ยงสัตว์ ควบคุมการออกดอก ออกผลของพืช ช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นโดยเฉพาะพืชที่ให้ผลและเมล็ด

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั้น นอกจากจะย่อยสลายเพื่อให้ได้พลังงานไปใช้แล้ว จุลินทรีย์ก็นำเอาธาตุจากสารอินทรีย์เหล่านั้นไปใช้สร้างสารประกอบต่างๆของเซลล์ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคาร์บอน ซึ่งต้องนำมาใช้สังเคราะห์

สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์กับไนโตรเจน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน กรดอะมิโนหรือกรดนิวคลีอิก ที่มีอยู่เป็นปริมาณมากในเซลล์จุลินทรีย์ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนอยู่ในสารอินทรีย์ที่เรียกว่า C : N rato จึงมักเป็นปัจจัยที่บ่งชี้ว่า ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้ จะมีไนโตรเจนเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์และทำให้การย่อยสลายดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ (วัฒนา, 2551)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตอาหารปลา ของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) จังหวัดสระบุรี
2. ปุ๋ยยูเรีย
3. เมล็ดพันธุ์ผักคะน้า
4. ดินปลูกพืช โดยเลือกใช้ชุดดินสระบุรี
5. อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการเพาะปลูกและการเก็บตัวอย่างพืช และเก็บตัวอย่างดิน
    - 5.1 กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ปริมาตร 4 ลิตร
    - 5.2 ถุงกระดาษสำหรับใส่ตัวอย่างพืช
    - 5.3 กรรไกรตัดกิ่งสำหรับเก็บตัวอย่างพืช
    - 5.4 บัวรดน้ำ
    - 5.5 เครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร
    - 5.6 จอบขุดดิน
    - 5.7 กระป๋องพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างดินหลังการเพาะปลูก
    - 5.8 ตลับเมตรสำหรับวัดความสูงของพืช
6. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี

วิธีการ

1. ทำการเก็บตัวอย่างชุดดินสระบุรี ในเขตอำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี โดยเลือกเก็บตัวอย่างดินจากแผนที่แสดงชุดดินของจังหวัดสระบุรี ที่ทำการสำรวจไว้โดยกรมพัฒนาที่ดิน โดยทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 5 – 10 เซนติเมตรจากผิวดิน นำดินมาผึ่งให้แห้งและแยกวัสดุเจือปนออก แล้วนำดินไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำดินไปผสมกับตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตอาหารปลาในสัดส่วนต่างๆ ที่กำหนดไว้ แล้วนำไปใส่ในกระถางปลูก

สำหรับตะกอนน้ำเสียที่ใช้นำมาจาก บมจ. เจริญโภคภัณฑ์อาหาร (โรงงานอาหารสัตว์น้ำ หนองแค) โดยตักตะกอนน้ำเสีย จาก sumb น้ำเสีย ใส่กระสอบตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง

เพื่อให้น้ำซึมออกจะได้ตะกอนที่มีลักษณะไม่เหลวจนเกินไป โดยแบ่งตะกอนบางส่วนไปอบหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และนำตะกอนไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C.) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ซึ่งผลวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 2

2. ทำการทดลองในกระถาง โดยใช้พื้นที่ดาดฟ้าชั้น 5 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรเป็นสถานที่ทดลอง ใช้ผักคะน้าเป็นพืชทดสอบ ซึ่งวัสดุในการปลูกประกอบด้วยดิน ปุ๋ยเคมี และตะกอนน้ำเสียที่ได้จากการขบวนการผลิตอาหารปลา โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design , CRD) ประกอบด้วย 5 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ รวมทั้งสิน 15 ตำรับการทดลอง ดังนี้

ตำรับที่ 1 ใช้เฉพาะดินอย่างเดียว 3 กิโลกรัม (ตำรับควบคุม หรือ T1)
ตำรับที่ 2 ใช้ดิน 3 กิโลกรัม และปุ๋ยยูเรีย 0.30 กรัม (T2)
ตำรับที่ 3 ใช้ดิน 3 กิโลกรัม และตะกอนน้ำเสีย 50 กรัม (T3)
ตำรับที่ 4 ใช้ดิน 3 กิโลกรัม และตะกอนน้ำเสีย 100 กรัม (T4)
ตำรับที่ 5 ใช้ดิน 3 กิโลกรัม และตะกอนน้ำเสีย 200 กรัม (T5)

3. ทำการปลูกคะน้า โดยการหยอดเมล็ดปลูกประมาณ 7 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อคะน้ามีใบจริง 4 ใบ และเจริญเติบโตดีแล้วทำการแยกให้เหลือ 3 ต้นต่อกระถาง รดน้ำเช้า-เย็น เพื่อรักษาความชื้นของวัสดุปลูกในกระถางให้เท่ากับความชื้นสนาม

4. ทำการบันทึกข้อมูลพืช เมื่อผักคะน้าโตครบอายุเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวแล้วนำมาชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำไปอบเพื่อชั่งหาน้ำหนักแห้ง แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง

5. ทำการวิเคราะห์ดินก่อนและหลังปลูกพืช ดังนี้

5.1 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้ดินต่อน้ำ 1 : 1 ตามที่อธิบายไว้โดย (จำเป็น, 2545)

5.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1 : 5 ตามที่อธิบายไว้โดย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

5.3 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C.) ของวัสดุปลูก โดยสกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมอาซีเทต ตามที่อธิบายไว้โดย (จำเป็น, 2545)

5.4 หาปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC) โดยออกซิไดซ์อินทรีย์คาร์บอนด้วยโพแทสเซียมไดโครเมต ตามที่อธิบายไว้โดย (จำเป็น, 2545)

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความชื้น, pH, EC และ C.E.C. ของตะกอนน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

	ค่าวิเคราะห์	
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	61.31	%
pH	5.13	
EC	1.48	mS /cm
C.E.C.	10.90	cmol /kg

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการนำตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตอาหารปลา มาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินโดยนำตะกอนน้ำเสียมาผสมกับชุดดินสระบุรีในสัดส่วนต่างๆ สำหรับปลูกผักคะน้า ได้ผลการทดลองดังนี้

น้ำหนักสดต่อต้นผักคะน้า

ในตำรับการทดลองที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 200 กรัม /กระถาง (T5) พบว่า ให้น้ำหนักสดต่อต้นสูงแตกต่างจากตำรับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 45.16 กรัม /ต้น รองลงมาคือตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 100 กรัม /กระถาง (T4) และ อัตรา 50 กรัม /กระถาง (T3) คือมีค่า 40.51 และ 37.72 กรัม/ต้น ตามลำดับ ขณะที่ตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (T2) พบว่า ให้น้ำหนักสดต่อต้นไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม (T1) ในทางสถิติ คือมีค่า 14.64 และ 12.96 กรัม/ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จะเห็นได้ว่า เมื่อมีการใช้ตะกอนน้ำเสียจากขบวนการผลิตอาหารปลาในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ผักคะน้ามีเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นต่างจากตำรับควบคุมเป็นลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากตะกอนน้ำเสียดังกล่าว มีปริมาณอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง คือ มีธาตุไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ในปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (เสาวลักษณ์, 2553)

เปอร์เซ็นต์มวลแห้งผักคะน้า

เปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักคะน้า ในตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 50 (T3), 100 (T4) และ 200 กรัม /กระถาง (T5) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์มวลแห้งต่ำกว่าตำรับควบคุม (T1 ซึ่งมีค่า 18.21 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์มวลแห้ง 14.10, 12.02 และ 13.52 % ตามลำดับ ในขณะที่ตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (T2) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์มวลแห้งไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม (T1) ในทางสถิติ คือมีค่า 16.89 % (ตารางที่ 3)

จะเห็นได้ว่า ในทุกตำรับที่มีการใช้ตะกอนน้ำเสียมีเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักคะน้าน้อยกว่า(เปอร์เซ็นต์น้ำมาก) ในตำรับควบคุม แสดงว่าผักดังกล่าวมีความอวบน้ำมากกว่า ซึ่งน่าจะเป็นผลดีในด้านคุณภาพของผลผลิต ต่อความต้องการของผู้บริโภค

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่า pH ของดินก่อนปลูก พบว่า ในตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 50 (T3), 100 (T4) และ 200 กรัม /กระถาง (T5) มีค่า pH ของดินลดต่ำลงจากตำรับควบคุม (T1 ซึ่งมีค่า 5.74) เป็นลำดับ คือมีค่า 5.36, 5.24 และ 5.08 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ ยกเว้นตำรับ T5 ขณะตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (T2) พบว่า มี pH ไม่แตกต่างจากตำรับตำรับควบคุม (T1) ในทางสถิติ คือมีค่า 5.76 (ตารางที่ 4)

ค่า pH ของดินหลังปลูก พบว่า ในตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 50 (T3) และ 200 กรัม /กระถาง (T5) มีค่า pH ของดินลดต่ำลงแตกต่างจากตำรับควบคุม (T1 ซึ่งมีค่า 6.29) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 6.03 และ 5.87 ตามลำดับ ขณะตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (T2) และตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 100 กรัม /กระถาง (T4) พบว่า มี pH ไม่แตกต่างจากตำรับตำรับควบคุมในทางสถิติ คือมีค่า 6.25 และ 6.29 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ในตำรับที่มีการเติมตะกอนน้ำเสียทำให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะตะกอนน้ำเสียมีคุณสมบัติเป็นกรด (pH 5.13) จึงทำให้ตำรับที่เติมตะกอนน้ำเสียมากมีค่า pH ของดินลดต่ำลงมากกว่าตำรับที่เติมตะกอนน้ำเสียที่น้อยกว่า และเมื่อพิจารณาค่า pH ของดินในตำรับเดียวกัน ระหว่างก่อนปลูกและภายหลังปลูกพืช พบว่า ค่า pH ของดินภายหลังการปลูกพืชในทุกตำรับการทดลองมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับดินก่อนปลูกพืช อาจเนื่องมาจากการชะละลายโดยน้ำที่ใช้รดให้กับต้นพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

ค่า EC ของดินก่อนปลูก พบว่า ในตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 50 (T3), 100 (T4) และ 200 กรัม /กระถาง (T5) มีค่า EC ของดินเพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุม (T1 ซึ่งมีค่า 0.18 mS /cm) เป็นลำดับ คือมีค่า 0.50, 0.84 และ 1.33 mS /cm ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ ขณะตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (T2) พบว่า มี EC ไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ คือมีค่า 0.17 mS /cm (ตารางที่ 4)

ค่า EC ของดินหลังปลูก พบว่า ในตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 50 (T3), 100 (T4) และ 200 กรัม /กระถาง (T5) มีค่า EC ของดินเพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุม (T1 ซึ่งมีค่า 0.11 mS /cm) เป็นลำดับ คือมีค่า 0.12, 0.19 และ 0.48 mS /cm ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ ยกเว้นตำรับ T3 ขณะตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (T2) พบว่า มี EC เท่ากับตำรับควบคุม คือมีค่า 0.11 mS /cm (ตารางที่ 4)

ในตำรับที่มีการเติมตะกอนน้ำเสียส่งผลให้ค่า EC เพิ่มสูงขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากค่า EC ของตะกอนน้ำเสียที่เติมลงไปในตำรับการทดลองดังกล่าว (EC 1.48 mS /cm) นั่นเอง และเมื่อพิจารณาค่า EC ของดินในตำรับเดียวกันระหว่างก่อนปลูกและภายหลังปลูกพืช พบว่า ค่า EC ของดินภายหลังการปลูกพืชในทุกตำรับการทดลอง มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับดินก่อนทำการปลูกพืช ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไอออนของธาตุอาหารในดินลดลงจากการดูดใช้ของพืช จึงส่งให้ทำให้ค่า EC ลดลง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C)

ค่า C.E.C. ของดินก่อนปลูก พบว่า ในตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 50 (T3), 100 (T4) และ 200 กรัม /กระถาง (T5) มีค่า C.E.C. ของดินเพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุม (T1 ซึ่งมีค่า 18.00 cmol /kg) เป็นลำดับ คือมีค่า 18.80, 19.60 และ 20.93 cmol /kg ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ ยกเว้นตำรับ T3 ขณะตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (T2) พบว่า มี C.E.C. ไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ คือมีค่า 18.27 cmol /kg (ตารางที่ 5)

ค่า C.E.C. ของดินหลังปลูก พบว่า ในตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (T2) และตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 50 (T3) และ 100 กรัม /กระถาง (T4) มีค่า C.E.C. ของดิน ไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม (T1 ซึ่งมีค่า 17.33 cmol /kg) ในทางสถิติ คือมีค่า 17.60, 17.47 และ 17.07 cmol /kg ตามลำดับ ขณะตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 200 กรัม /กระถาง (T5) พบว่า มีค่า C.E.C. ของดินสูงแตกต่างจากตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า 19.07 cmol /kg (ตารางที่ 5)

จะเห็นได้ว่าในตำรับที่มีการเติมตะกอนน้ำเสีย ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีผลทำให้ ค่า C.E.C. สูงขึ้นตามไปด้วย และเมื่อพิจารณาค่า C.E.C. ของดินในตำรับเดียวกัน ระหว่างก่อนปลูกและภายหลังปลูกพืช พบว่า ค่า C.E.C. ของดินภายหลังการปลูกพืชในทุกตำรับการทดลองมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับดินก่อนปลูกพืช ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเกิดการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

<u>ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC) ดินก่อนปลูกพืช</u>

ค่า OC ของดินก่อนปลูก พบว่า ในตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 50 (T3), 100 (T4) และ 200 กรัม /กระถาง (T5) มีค่า OC ของดินเพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุม (T1 ซึ่งมีค่า 1.66 %) เป็นลำดับ คือมีค่า 1.90, 2.53 และ 2.74 % ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ ยกเว้นตำรับ T3 ขณะตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (T2) พบว่า มี OC ไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ คือมีค่า 1.68 % (ตารางที่ 5)

ค่า OC ของดินหลังปลูก ในตำรับที่ใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 50 (T3), 100 (T4) และ 200 กรัม /กระถาง (T5) มีค่า OC ของดินเพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุม (T1 ซึ่งมีค่า 1.48 %) เป็นลำดับ คือมีค่า 1.54, 2.16 และ 2.38 % ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ ยกเว้นตำรับ T3 ขณะตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (T2) พบว่า มี OC ไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ คือมีค่า 1.53 % (ตารางที่ 5)

เมื่อพิจารณาค่า OC ของดินในตำรับเดียวกัน ระหว่างก่อนปลูกและภายหลังปลูกพืช พบว่า ค่า OC ของดินภายหลังการปลูกพืชในทุกตำรับการทดลองมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับดินก่อนปลูกพืช ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนดังกล่าว เกิดการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์เพื่อให้ได้พลังงานและสารประกอบต่างๆ ที่จำเป็นไปใช้ในการเจริญเติบโต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ตารางที่ 3 น้ำหนักสดต่อต้น และเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักคะน้า

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม /ต้น)	เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%)
T1	12.96 c	18.21 a
T2	14.64 c	16.89 a
T3	37.72 b	14.10 b
T4	40.51 b	12.02 c
T5	45.16 a	13.52 bc
%CV	5.45	6.70

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4 แสดงผลวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินก่อนและภายหลังปลูกพืช

ตำรับการทดลอง	pH		EC (mS /cm)	
	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
T1	5.74 a	6.29 a	0.18 d	0.11 c
T2	5.76 a	6.25 a	0.17 d	0.11 c
T3	5.36 ab	6.03 b	0.50 c	0.12 c
T4	5.24 ab	6.29 a	0.84 b	0.19 b
T5	5.08 b	5.87 b	1.33 a	0.48 a
%CV	5.24	0.00	5.64	1.63

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 5 แสดงผลวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C.) และปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC) ของดินก่อน และภายหลังปลูกพืช

ตำรับการทดลอง	C.E.C. (cmol /kg)		OC (%)	
	ก่อนปลูก	หลังปลูก	ก่อนปลูก	หลังปลูก
T1	18.00 c	17.33 b	1.66 b	1.48 b
T2	18.27 c	17.60 b	1.68 b	1.53 b
T3	18.80 bc	17.47 b	1.90 b	1.54 b
T4	19.60 b	17.07 b	2.53 a	2.16 a
T5	20.93 a	19.07 a	2.74 a	2.38 a
%CV	9.40	7.97	3.33	3.55

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

สรุปผลการทดลอง

จากการนำตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตอาหารปลา มาใช้เป็นวัสดุเพื่อปรับปรุงดินเพื่อปลูกผักคะน้าในชุดดินสระบุรี พบว่า ในตำรับที่ใส่ตะกอนน้ำเสียอัตรา 200 กรัม /กระถาง มีผลทำให้ผักคะน้ามีน้ำหนักต่อต้น ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (C.E.C.) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (OC) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) เพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) มีค่าลดต่ำลง ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ตำรับที่ใส่ตะกอนน้ำเสียอัตรา 100 และ 50 กรัม /กระถาง ตามลำดับ

การเติมตะกอนน้ำเสียลงในดิน จึงเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้น ทำให้ดินมีความสามารถในการเก็บกักธาตุอาหารเอาไว้ให้พืชใช้ได้ดีขึ้น ตลอดจนเป็นการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้อีกวิธีหนึ่ง แทนการนำไปถมทิ้งหรือกำจัดโดยวิธีการอื่นๆ ซึ่งอาจส่งกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง. ชุดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กลุ่มรักเกษตร. 2531. อาชีพปลูกผัก. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์เอเชีย. นนทบุรี.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์. 2530. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 673 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 9. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 528 หน้า.

จำเป็น อ่อนทอง. 2545. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา.

เฉลิม วงศ์วิศิษฎ์รังสี, มนัส นวลเจริญ. 2524. รายงานการสำรวจความเหมาะสมของดิน. ฉบับที่ 258. รายงานการสำรวจดิน จังหวัดสระบุรี. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ดำริ ถาวรมาศ, หริ่ง มีสวัสดิ์, ประดิษฐ์ บุญอำพล และ เธียรชัย อารยางค์กูร. 2519. ศึกษาถึงอิทธิพลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกอยู่ในชุดดินกำแพงแสน จังหวัดสุพรรณบุรี. สาขาดินและปุ๋ย. กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

ถวิล ครุฑกุล. 2528. ดิน-ปุ๋ยเพื่อการเพาะปลูก. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธรรมโชติ ชื่นนิรันดร์. 2526. การศึกษาค่าทางอาหารของวัสดุบางอย่างในการเป็นอาหารเสริมโปรตีนของสัตว์เลี้ยงเคี้ยวเอื้อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

นิสากร ปานประสงค์. 2551. คาร์บอนไดออกไซด์หมายเหตุโลกร้อน. อัพเดท, 23(254), 27-32.

ประหยัด ชิดทอง และคณะ. 2544. ก๊าซเรือนกระจก. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ

พรชัย สุธาทร. 2526. อินทรียวัตถุในดิน พัฒนาที่ดิน ปีที่ 20 ฉบับที่ 214.

พัฒนา มูลพฤกษ์. 2541. อนามัยสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: หจก.เอ็น.เอส.แอล. พริ้นติ้ง.

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. เคมีดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: ห้างหุ้นส่วนจำกัดเชียงใหม่พิมพ์สวย.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2528. หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

วัฒนา ใยสวรรค์. 2551. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนที่วิเคราะห์โดยวิธี Wet digention กับวิธีวิเคราะห์จากน้ำหนักที่สูญหายไปหลังการเผาในพืช (Loss on Ignition). ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.

วิฑูรย์ ปัญญากุล. 2549. เกษตรอินทรีย์กับเศรษฐกิจการค้าที่ยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สันติภาพ ปัญจพรรค. 2539. วิทยาการทางปุ๋ย. ภาควิชาปฐพีศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุนทร พูนพิพัฒน์. 2526. เทคโนโลยีการผลิตและการใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ เล่ม2 ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ วังใน. 2526. ปุ๋ยอินทรีย์. สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 127 หน้า.

สมศักดิ์ วังใน. 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. ไทยวัฒนาพานิช กรุงเทพมหานคร. 193 หน้า.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, อัศจรรย์ สุขธำรง และ สุริยา ศาสนรักกิจ. 2535. เอกสารรายงานฉบับที่ 3. การทดลองใช้วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นปุ๋ยข้างโพด. ภาควิชาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2551. สถิติสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย พ.ศ. 2551.

เสริมพงศ์ นวลงาม และ จงรัก วัชรินทร์รัตน์. 2545. บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่าต่อการเก็บกักคาร์บอนที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา. วนศาสตร์, 19-21(มกราคม-ธันวาคม), 96-103

เสริมพล วัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2518. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย.

เสาวลักษณ์ คำภา. 2553. การผลิตปุ๋ยหมักจากตะกอนน้ำเสียของกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ (ปลา) โดยวิธีการกองเติมอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒน บริหารศาสตร์.

ผศ. ดร. สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2550. เอกสารคำสอนวิชาปฐพีวิทยาเบื้องต้น เรื่องอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอน. สำนักวิชาการเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช.

ฝ่ายพัฒนาการเกษตร. 2530. อามิ-อามิ อาหารพืชน้ำชนิดน้ำ. เอกสารแนะนำผลิตภัณฑ์. บริษัทอายิโนะโมโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด.

อุดม โกสัยสุก. 2529. การปลูกผักกินใบ. โรงพิมพ์อักษรบัณฑิต. กรุงเทพฯ.

อรษา แสงอุทัย. 2527. พืชผัก. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Muller, Z.o. 1980. Feed Form Animal Waste. State of Knowledge Feed and Agricultural organization of the United Nations Rome. 190 p

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงผลค่าน้ำหนักสดของผักคะน้า (กรัม/ต้น)

ตำรับการทดลองที่	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
T1	10.73	12.87	15.28	12.96
T2	13.723	16.816	13.366	14.64
T3	37.753	37.636	37.77	37.72
T4	45.26	43.56	46.66	40.51
T5	42.21	40.09	39.24	45.16

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงผลเปอร์เซ็นต์มวลแห้งของผักคะน้า

ตำรับการทดลองที่	เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง (%)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
T1	19.73	18.31	16.58	18.21
T2	17.44	16.25	17	16.89
T3	14.65	13.52	14.14	14.10
T4	12.84	12.49	10.72	12.02
T5	14.27	13.52	12.78	13.52

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงผลค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินก่อนปลูกพืช

ตำรับการทดลองที่	ค่าความเป็นกรดด่าง			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
T1	5.79	5.68	5.76	5.74
T2	5.63	5.85	5.81	5.76
T3	5.35	5.39	5.34	5.36
T4	5.56	5.09	5.07	5.24
T5	5.76	4.57	4.92	5.08

ตารางภาคผนวกที่ 4 แสดงผลค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินก่อนปลูกพืช

ตำรับการทดลองที่	ค่าการนำไฟฟ้า (mS /cm)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
T1	0.16	0.19	0.19	0.18
T2	0.17	0.18	0.15	0.17
T3	0.54	0.48	0.49	0.50
T4	0.81	0.84	0.86	0.84
T5	1.28	1.4	1.32	1.33

ตารางภาคผนวกที่ 5 แสดงผลค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C.) ของดินก่อนปลูกพืช

ตำรับการทดลองที่	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (c mol /kg)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
T1	18	18	18	18.00
T2	18.8	20.4	19.6	18.27
T3	18.4	18	18.4	18.80
T4	18.8	19.6	18	19.60
T5	21.6	21.2	20	20.93

ตารางภาคผนวกที่ 6 แสดงผลค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC) ของดินก่อนปลูกพืช

ตำรับการทดลองที่	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
T1	1.69	1.66	1.62	1.66
T2	1.72	1.62	1.69	1.68
T3	1.93	1.93	1.84	1.90
T4	2.06	2.89	2.65	2.53
T5	2.65	2.77	2.79	2.74

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงผลค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินหลังปลูกพืช

ตำรับการทดลองที่	ค่าความเป็นกรดด่าง			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
T1	6.34	6.23	6.29	6.29
T2	6.32	6.29	6.13	6.25
T3	5.96	6.04	6.10	6.03
T4	6.27	6.27	6.33	6.29
T5	5.99	5.67	5.96	5.87

ตารางภาคผนวกที่ 8 แสดงผลค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังปลูกพืช

ตำรับการทดลองที่	ค่าการนำไฟฟ้า (mS /cm)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
T1	0.1	0.13	0.1	0.11
T2	0.1	0.12	0.12	0.11
T3	0.13	0.12	0.12	0.12
T4	0.18	0.19	0.19	0.19
T5	0.47	0.51	0.45	0.48

ตารางภาคผนวกที่ 9 แสดงผลค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C.) ของดินหลังปลูกพืช

ตำรับการทดลองที่	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (c mol /kg)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
T1	17.6	16.8	17.6	17.33
T2	17.2	18.4	17.2	17.60
T3	18	16.8	17.6	17.47
T4	18	16.8	16.4	17.07
T5	18.8	18.8	19.6	19.07

ตารางภาคผนวกที่ 10 แสดงผลค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (OC) ของดินหลังปลูกพืช

ตำรับการทดลองที่	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
T1	17.6	16.8	17.6	1.48
T2	17.2	18.4	17.2	1.53
T3	18	16.8	17.6	1.54
T4	18	16.8	16.4	2.16
T5	18.8	18.8	19.6	2.38

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวรัตนาภรณ์ ประทาน
ชื่อเล่น	เปิ้ล
วัน/เดือน/ปี	2 มีนาคม 2531
ที่อยู่ปัจจุบัน	99 หมู่ 1 ตำบลเดื่อศรีคันไชย อำเภอวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47120
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี พ.ศ.2550-พ.ศ.2553: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะเทคโนโลยีการเกษตร หลักสูตรจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2546 - พ.ศ. 2549: โรงเรียนพังโคนวิทยาคม จังหวัดสกลนคร สาขา วิทย์-คณิต

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาววิยะการณ์ แก้ววิลัย
ชื่อเล่น	มิ้นท์
วัน/เดือน/ปี	14 พฤศจิกายน 2531
ที่อยู่ปัจจุบัน	16/4 หมู่ 3 ตำบลคชสิทธิ์ อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี รหัสไปรษณีย์ 18250
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2553: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะเทคโนโลยีการเกษตร หลักสูตรจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2546 - พ.ศ. 2549: โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย สาขา วิทย์-คณิต