



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่

พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของเชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา: *Glomus aggregatum* ร่วมกับการใช้ปุ๋ย
ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสับปะรดในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝน

Effects of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi: *Glomus aggregatum* and Fertilizer
on Growth and Yield of Physic Nut (*Jatropha curcas* Linn.) in Irrigated and Rainfed
Area

นามผู้วิจัย นางสาวกมลรัตน์ วินิจสกุลไทย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์สมบัติ ชินะวงศ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์รัชชัย มาลา, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สนธิชัย จันทน์เปรม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของเชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา: *Glomus aggregatum* ร่วมกับการใช้ปุ๋ยที่มีต่อการ
เจริญเติบโตและผลผลิตสบู่ดำในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝน

Effects of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi: *Glomus aggregatum* and Fertilizer on
Growth and Yield of Physic Nut (*Jatropha curcas* Linn.) in Irrigated and Rainfed Area

โดย

นางสาวกมลรัตน์ วินิจสกุลไทย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

พ.ศ. 2552

กมลรัตน์ วินิจสกุลไทย 2552: ผลของเชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา: *Glomus aggregatum* ร่วมกับการใช้ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสับปะรดในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝน ปรินญาวิทยาสาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สมบัติ ชิมะวงศ์, Ph.D. 91 หน้า

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับที่เหมาะสมของปุ๋ยเคมีที่ใช้ร่วมกับเชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ (วีเอ) ไมคอร์ไรซา (*Glomus aggregatum*) ในสภาพพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝนที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรด วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomize Completely Block design) โดยจัดสิ่งทดลองแบบ split split plot ทำ 3 ซ้ำ โดยมี พื้นที่ปลูกได้แก่ ชลประทานและอาศัยน้ำฝน เป็น main plot การใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา และไม่ใส่เชื้อ เป็น sub plot ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 0, 25, 50 และ 75 กิโลกรัมต่อไร่ เป็น sub sub plot เริ่มการทดลองตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2551 ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

จากการทดลองพบว่าสับปะรดในพื้นที่ชลประทานมีขนาดลำต้น น้ำหนักต้น น้ำหนักผลและน้ำหนักเมล็ดมากกว่าในพื้นที่อาศัยน้ำฝน ส่วนการใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซามีจำนวนกิ่ง น้ำหนักราก น้ำหนักลำต้น น้ำหนักใบ น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ดมากกว่าสับปะรดที่ไม่ได้รับเชื้อ และการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักต้น น้ำหนักผลและน้ำหนักเมล็ดมากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อมีการใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาในพื้นที่ชลประทานทำให้สับปะรดมีน้ำหนักรากและต้นมากที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ในพื้นที่ชลประทานสามารถเพิ่มผลผลิตสับปะรดได้เช่นกัน ยิ่งกว่านั้นการใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักเมล็ดสับปะรดมากที่สุด ดังนั้นมีแนวโน้มว่าการใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้สับปะรดมีน้ำหนักผลและเมล็ดสูงที่สุดในพื้นที่ชลประทาน ส่วนในพื้นที่อาศัยน้ำฝน การใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซามีแนวโน้มในการให้น้ำหนักผลและน้ำหนักเมล็ด ใกล้เคียงกับในพื้นที่ชลประทานที่ไม่ได้ใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา ส่วนการใส่ปุ๋ยทุกอัตราทำให้น้ำหนักรากและน้ำหนักต้นมากกว่าไม่ใส่ปุ๋ย และเมื่อมีการใช้ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับการใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาจะส่งเสริมให้สับปะรดมีน้ำหนักต้น น้ำหนักผล และน้ำหนักเมล็ดเพิ่มมากขึ้น

Kamolrat Vinijakulthai 2009: Effects of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi: *Glomus aggregatum* and Fertilizer on Growth and Yield of Physic Nut (*Jatropha curcas* Linn.) in Irrigated and Rainfed Area. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Sombat Chinawong, Ph.D. 91 pages.

The objective of this study is to investigate the appropriate utilization of chemical fertilizers with the inoculation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus aggregatum*) for the physic nut planted in an irrigated and a rainfed area by comparing their growth and yield. The experiments were the split split plot designed in RCB with 3 replications, where the irrigated and the rainfed cultivated area were set as a main plot, the inoculation and non-inoculation of mycorrhizal fungi were considered as a sub plot, and for a sub sub plot, the utilization of chemical fertilizer (15% of N, 15% of P and 15% of K) was taken into account by varying the apply rates of 0, 25, 50 and 75 kg.ra⁻¹. All these experiments were achieved at the Department of Agronomy, Kasetsart University, Kamphang Saen Campus, during the January-December, 2008.

According to the experiments, the results showed that the irrigated area stimulate the growth and yield of physic nut in terms of their stem diameter, shoot weight, fruit weight, and seed weight better than the rainfed area. Moreover, the effect of the inoculation of mycorrhizal fungi could increase a number of branches, root weight, shoot weight, fruit weight, and seed weight, as well as, 100 seed weight of the studied physic nut when comparing with the non-inoculated group. Then, by applying at different rates, the chemical fertilizer usage at the rate of 25 kg.ra⁻¹ gave the highest shoot weight, fruit weight and seed weight. From the study, the usage of chemical fertilizer at the rate of 25 kg.ra⁻¹ to the plants in the irrigated area gave the highest fruit weight and seed weight. However, the irrigated area and the mycorrhizal fungi inoculation could stimulate the plants in the aspects of root weight and shoot weight. Moreover, the inoculation of mycorrhizal fungi together with the chemical fertilizer at the rate of 25 kg.ra⁻¹ had the highest seed weight. Thus, the inoculation of mycorrhizal fungi and the chemical fertilizer at the rate of 25 kg.ra⁻¹ tend to stimulate yield of physic nut in irrigated area. However, mycorrhizal fungi increase fruit weight and seed weight and the chemical fertilizer increase root weight and shoot weight in rainfed area. While, the usage of chemical fertilizer at the rate of 75 kg.ra⁻¹ and the inoculation mycorrhizal fungi stimulate shoot weight, fruit weight and seed weight in rainfed area.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ ชินะวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลักและรองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย มาลา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้ให้
คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ดร.วิศิษฐ์ ใจอารีย์ ประธานการสอบ
และรองศาสตราจารย์พร รุ่งแจ้ง ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำและแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ ตลอดจน
ตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท โปรเท็คเตอร์ นิวทริชั่น (ประเทศไทย) จำกัด และบัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ
เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยาและเจ้าหน้าที่งานทดสอบดินปุ๋ยและ
การประยุกต์ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลองทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้
คำแนะนำขอขอบคุณทีมงานโรงเรียนสบูดำ พี่ๆ และน้องๆ ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือและเป็น
กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์มาตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว น้องสาวและทุกคนในครอบครัวที่ให้ความ
รักและกำลังใจ รวมทั้งสนับสนุนทางด้านการศึกษาตลอดมา

กมลรัตน์ วินิจสกุลไทย

พฤษภาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	24
สรุปและข้อเสนอแนะ	60
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	62
ภาคผนวก	71
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	91

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมีต่อความสูงของสับรู่ดำที่ช่วงอายุต่างๆ	26
2	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมีต่อความกว้างทรงพุ่มของสับรู่ดำที่ช่วงอายุต่างๆ	27
3	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมีต่อขนาดของลำต้นของสับรู่ดำที่ช่วงอายุต่างๆ	30
4	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมีต่อจำนวนกิ่งของสับรู่ดำที่อายุ 1 ปี	32
5	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมี ต่อน้ำหนักแห้งของราก ต้นและใบ (กรัมต่อต้น) สับรู่ดำที่อายุ 1 ปี	35
6	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนักแห้งของราก (กรัมต่อต้น) สับรู่ดำที่อายุ 1 ปี	36
7	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนักแห้งของต้น (กรัมต่อต้น) สับรู่ดำที่อายุ 1 ปี	38
8	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนักแห้งของใบ (กรัมต่อต้น) สับรู่ดำที่อายุ 1 ปี	41
9	น้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัมต่อเมล็ด) เมื่อได้รับอิทธิพลจากพื้นที่ปลูก การใส่เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมีในสับรู่ดำอายุ 1 ปี	43
10	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนักผลแห้ง (กรัมต่อต้น) ของสับรู่ดำที่อายุ 1 ปี	44
11	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัมต่อต้น) ของสับรู่ดำที่อายุ 1 ปี	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราไวรัส ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในใบสับรุด้าที่อายุ 8 เดือน	51
13	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราไวรัส ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อปริมาณไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) ในใบสับรุด้าที่อายุ 8 เดือน	52
14	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราไวรัส ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อปริมาณฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในใบสับรุด้าที่อายุ 8 เดือน	54
15	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราไวรัส ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อปริมาณโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในใบสับรุด้าที่อายุ 8 เดือน	57
16	จำนวนสปอร์และความหนาแน่นของการครอบครองรากสับรุด้าเมื่อได้รับอิทธิพลจากพื้นที่ปลูก การใส่เชื้อราไวรัส ไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยอัตราต่างๆ ในสับรุด้าอายุ 1 ปี	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	สภาพภูมิอากาศในระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ในปี พ.ศ. 2551	72
2	ค่าวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนทำการทดลอง	73
3	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความสูง (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 1 เดือน	74
4	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความสูง (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 4 เดือน	75
5	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความสูง (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 8 เดือน	76
6	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความสูง (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 12 เดือน	77
7	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 1 เดือน	78
8	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 4 เดือน	79
9	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 8 เดือน	80
10	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 12 เดือน	81
11	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 1 เดือน	82
12	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 4 เดือน	83
13	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 8 เดือน	84
14	อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 12 เดือน	85

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
15 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อจำนวนกิ่งของสับดูคำที่อายุ 12 เดือน	86
16 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของสับดูคำที่อายุ 12 เดือน	87
17 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อจำนวนสปอร์ในดิน (สปอร์ต่อดินแห้ง 1 กรัม) ของสับดูคำที่อายุ 12 เดือน	88
18 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความหนาแน่นของการครอบครองรากสับดูคำที่อายุ 12 เดือน	89

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสูงของสบูดำในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝนเฉลี่ยจากการใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ยทุกอัตราในช่วงอายุต่างๆ	25
2	ขนาดของลำต้นสบูดำในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝนเฉลี่ยจากการใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ยทุกอัตราในช่วงอายุต่างๆ และสบูดำที่ได้รับเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาและไม่ได้รับเชื้อเฉลี่ยจากทุกพื้นที่และการใส่ปุ๋ยทุกอัตราในช่วงอายุต่างๆ	29
3	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักต้นและขนาดลำต้นของสบูดำที่อายุ 1 ปี	39
4	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกิ่งและน้ำหนักเมล็ดของสบูดำที่อายุ 1 ปี	47
5	น้ำหนักเมล็ดรวมของสบูดำเฉลี่ยจากพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝนในแต่ละเดือน	48
6	น้ำหนักเมล็ดรวมของสบูดำเฉลี่ยจากการใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาและการไม่ใส่เชื้อในแต่ละเดือน	49
 ภาพผนวกที่		
1	การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาในรากสบูดำ	90
2	เส้นใยรากภายในรากและโครงสร้างเวสิเคิลของเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาในรากสบูดำ	90

ผลของเชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา: *Glomus aggregatum* ร่วมกับการใช้ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสับด้าในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝน

Effects of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi: *Glomus aggregatum* and Fertilizer on Growth and Yield of Physic Nut (*Jatropha curcas* Linn.) in Irrigated and Rainfed Area

คำนำ

เนื่องจากวิกฤตการณ์ด้านพลังงานทำให้ทั่วโลกมีความพยายามหาแหล่งพลังงานทดแทนอื่นเพื่อลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณน้อยลงและราคาสูงขึ้น ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพในการเกษตร การใช้พืชเป็นพลังงานทดแทนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ สับด้า (*Jatropha curcas* Linn.) เป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งซึ่งไม่สามารถบริโภคได้ จึงสามารถนำมาทดแทนน้ำมันดีเซลได้ ถ้าหากมีการพัฒนาน้ำมันสับด้าให้ใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้จะช่วยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ นอกจากนี้ ส่วนต่างๆ ของสับด้ายังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น ผลิตเป็นเชื้อเพลิง ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ไม้อัด ปุ๋ยหมัก เป็นต้น ข้อดีของสับด้าคือเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วและสามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี แต่ปัญหาคือสับด้ายังเป็นพืชป่าที่ให้ผลผลิตต่ำและในฤดูแล้งจะทิ้งใบทำให้ไม่มีผลผลิต นอกจากนี้ยังไม่มีการศึกษาระดับของธาตุอาหารที่เหมาะสมอีกด้วย ดังนั้นในการปลูกสับด้าเพื่อพลังงานทดแทนยังต้องมีการศึกษาอีกหลายๆด้าน โดยเฉพาะการเกษตรกรรมซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการผลิตที่สำคัญ

เชื้อราไมคอร์ไรซา (mycorrhizal fungi) เป็นเชื้อราที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และมีการใช้ร่วมกับพืชอย่างกว้างขวาง ซึ่งเชื้อราจะช่วยในการดูดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และใยายังช่วยในการดูดซับน้ำในดินซึ่งพืชไม่สามารถดูดซับได้อีกด้วย เชื้อราที่ศึกษาในครั้งนี้คือเชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา (vesicular-arbuscular mycorrhiza) หรือเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา (VA mycorrhiza) ซึ่งเป็นเชื้อราที่พบมากในพื้นที่การเกษตรทั่วไปและสามารถอยู่ร่วมกับไม้ยืนต้นได้ดี การใช้เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจึงเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อที่จะนำมาเพิ่มผลผลิตสับด้าได้ในหลายพื้นที่

ดังนั้น การศึกษาการใช้เชื้อราไวรัสไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยระดับที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตสับดูคำในสภาพพื้นที่ชลประทานและพื้นที่อาศัยน้ำฝนเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการการเกษตรกรรมในสับดูคำที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาระดับของปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมเมื่อใช้ร่วมกับเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา: *Glomus aggregatum* ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตสับดูดำในสภาพพื้นที่ชลประทานและพื้นที่อาศัยน้ำฝน

การตรวจเอกสาร

สบู่ดำ (physic nut หรือ purging nut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* L. จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae สกุล *Jatropha* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกากลางและทวีปแอฟริกาตะวันตก ชาวโปรตุเกสนำเข้ามาในทวีปเอเชียเมื่อประมาณ 200 ปีมาแล้ว (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์, 2525) สบู่ดำเป็นชื่อเรียกในภาคกลาง ทั้งนี้เนื่องจากมีพองใช้ทำสบู่และเปลือกเมล็ดสีดำ ภาคเหนือ เรียกว่า มะหุ้งฮั่ว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่า บักเขา หรือ บักสีหลอด ภาคใต้เรียก มะหงเทศ เนื่องจากต้น ใบ ผล และเมล็ดสบู่ดำมีพิษ กรด hydrocyanic เหมือนกับมันสำปะหลัง มีกลิ่นเหม็นเขียว ทำให้สัตว์เลี้ยงอันได้แก่ โค กระบือ ม้า แพะ แกะ ลา ไม่อยากเข้าใกล้และกัดกินต้นสบู่ดำ (รักษ์, 2549) สบู่ดำสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกๆ สภาพ ยกเว้นพื้นที่ที่มีน้ำขัง แม้แต่บนดินทรายและดินเค็ม ใบจะร่วงในฤดูหนาว อินทรีวัดตุจากใบจะช่วยเพิ่มกิจกรรมของไส้เดือนดินรอบๆ เขตรากพืช สภาพอากาศที่เหมาะสมคือ สภาพอากาศในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน สามารถเจริญได้ในเขตน้ำฝนตั้งแต่ 250-1200 มิลลิเมตรต่อปี (Katwall and Soni, 2003)

ลักษณะทั่วไปของสบู่ดำ

สบู่ดำไม้ขนาดกลาง สูงประมาณ 2-7 เมตร มีอายุไม่น้อยกว่า 20 ปี ต้น ที่มีอายุ 1.5 ปี มีทรงพุ่มกว้างโดยเฉลี่ยประมาณ 2.0 เมตร ความสูงประมาณ 2.1 เมตร ลำต้นบริเวณปลายยอดและลำต้นส่วนที่มีอายุยังน้อยมีสีเขียวผิวเรียบไม่มีขน อวบน้ำแต่เปราะง่าย เมื่อมีอายุมากขึ้นส่วนโคนของลำต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมดำ ส่วนใหญ่ลำต้นจะเริ่มแตกทรงพุ่มทางด้านข้าง เมื่อมีความสูงประมาณ 12-15 เซนติเมตร ทนต่อความแห้งแล้งได้ดี ขึ้นได้ในดินลูกรังในถิ่นทุรกันดาร หากปลูกในที่น้ำขังใบจะเหี่ยวและต้นเน่าง่าย (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์, 2525)

ใบ เป็นใบเดี่ยว (simple leaf) แผ่นใบเป็นแบบ palmately compound, orbicular-cordate (broadly-ovate) คล้าย ๆ ใบพุดตาลหรือใบฝ้าย แต่หนากว่าเพราะมีไข (cutin) เคลือบอยู่ที่ผิวใบ ขอบใบเป็นแบบ entire มีรอยหยัก (lobe) ตื้น ๆ ประมาณ 3-5 หยัก ฐานใบเป็นแบบ cordate ปลายใบเป็นแบบ mucronate ยกเว้นปลายใบตรงตำแหน่งรอยหยักตรงกลางเป็นแบบ acute การจัดเรียงตัวของเส้นใบเป็นแบบ palmately netted แผ่น ขนาดของแผ่นใบเฉลี่ยมีความยาวประมาณ 19.78 เซนติเมตร และมีความกว้างประมาณ 16.67 เซนติเมตร ใบสบู่ดำมีส่วนของก้านใบเชื่อมติดกับส่วนของลำต้น ก้านใบมีสีเขียว ความยาวก้านใบเฉลี่ยประมาณ 0.56 เซนติเมตร ตำแหน่งของการเกิดของใบจะเกิด

สลักกันต้น น่ายาง มีลักษณะใส ไม่มีสี พบมากในส่วนของลำต้นอ่อนและก้านใบ ลำต้นแก่พบยางเฉพาะที่เปลือกเท่านั้น (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์, 2525)

ราก หน่อมีระบบรากฝอย (fibrous root system) รากจะงอกออกมาจากเมล็ดหลังจาก เพาะเมล็ดนานประมาณ 7-10 วัน รากจะเจริญเติบโตโดยแผ่กระจายไปทั้งตามแนวรัศมีทรงพุ่ม และตามแนวตั้ง (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์, 2525)

ดอก ออกที่ปลายกิ่ง ลักษณะเป็นช่อดอกแบบ compound dichasia เป็นดอกไม้สมบูรณ์เพศ ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกกัน (monoecious) แต่อยู่ภายในช่อดอกเดียวกัน ลักษณะของดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอกจำนวน 5 กลีบเท่า ๆ กัน กลีบเลี้ยงมีสีเขียวอ่อนอมเหลือง กลีบดอกมีสีเหลืองอ่อนอมขาว มีต่อมน้ำหวานติดอยู่ที่ตรงด้านในของกลีบดอก ดอกตัวผู้มีจำนวนเกสรตัวผู้ยู่ยงละ 5 อัน ดอกตัวเมียประกอบด้วยรังไข่และส่วนของก้านชูเกสรตัวเมีย ส่วนของรังไข่แบ่งออกเป็น 3 พู (carpel) (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์, 2525) หน่อจัดเป็นพืชผสมข้าม ดอกตัวผู้ในช่อดอกเดียวกันบานก่อนที่ดอกตัวเมียพร้อมที่จะได้รับการผสมเกสร (receptive) ปริมาณดอกย่อยประมาณ 70-120 ดอกต่อ 1 ช่อดอก โดยมีดอกเพศผู้ประมาณ 60 -105 ดอก มีดอกเพศเมียประมาณ 10 -15 ดอก แต่จะติดผลเพียง 6-15 ผลเท่านั้น Achten *et al.* (2008) กล่าวว่า อัตราส่วนของดอกตัวผู้ต่อดอกตัวเมียประมาณ 13:1 ถึง 29:1 และจะลดลงเมื่ออายุของหน่อเพิ่มขึ้น วัลชลีย์ (2527) ดอกเพศผู้เมื่อบานเต็มที่มีขนาด 0.52 เซนติเมตร และดอกเพศเมียเมื่อบานเต็มที่มีขนาด 0.51 เซนติเมตร ทั้งดอกเพศผู้และดอกเพศเมียมีสีขาว ช่วงเวลาที่ละอองเรณูของหน่อปล่องจากอับเรณู (pollen shed) อยู่ระหว่าง 8-10 น. ส่วนช่วงเวลาที่เกสรเพศเมียพร้อมที่จะได้รับการผสม คือ 9-10 น. รูปร่างของละอองเรณูเป็นแบบ subspheroidal ละอองเรณูมีขนาดประมาณ 90.79 ไมครอน เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต ของละอองเรณูประมาณ 90.79 เปอร์เซ็นต์ ดอกของหน่อจะออกเพียงหนึ่งครั้งในช่วงฤดูฝนในแต่ละปี แต่ในสภาพที่มีน้ำฝนพอเพียงหรือภายใต้สภาพชลประทานหน่อจะออกดอกตลอดทั้งปี (Achten *et al.*, 2008)

ผล เป็นแบบ nut-like มี 3 พู ผลค่อนข้างกลมหรือป้อม บางทีก็มีเหลี่ยม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.04 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองสดและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนในที่สุด เมื่อปล่อยให้ผลแห้งคาต้นเปลือกนอกของผลจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ผลแห้งจะไม่แตกออก (indehiscent fruit) ผลสด 1 ผล มีน้ำหนักประมาณ 15.06 กรัม ผลแห้งน้ำหนักจะลดลงเหลือเพียง 2.60 กรัม ผลแก่เมื่อแกะผนัง exocarp และ mesocarp ออกจะพบผนังของ endocarp สานกันเป็นชั้นหุ้มเมล็ดไว้ภายในอีกทีหนึ่ง ผลนั้นจะติดเมล็ดได้ประมาณ 2-3 เมล็ด (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์, 2525)

เมล็ด รูปร่างเมล็ดของสบู่ดำเป็นแบบรี ขนาดของเมล็ดมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 1.94 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 1.16 เซนติเมตร เมล็ดแต่ละเมล็ดมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 0.64 กรัม เมล็ดสบู่ดำไม่มีการพักตัวมีเปลือกหุ้มสีดำ เมล็ดจัดเป็นพวก albuminous seed โดยมีเยื่อ albumin นุ่มอยู่ภายในเป็นที่เก็บสะสมพวกน้ำมันและสารพวก curcin ส่วนของ endosperm และ embryo มีสีขาว (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์, 2525) Achten *et al.* (2008) รายงานว่า ภายในเมล็ดจะมีสารพิษหลายชนิด เช่น phorbol esters, curcin, trypsin inhibitors, lectin และ phytates ดังนั้นน้ำมันและกากจึงไม่สามารถรับประทานได้

การปลูกสบู่ดำ

พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูก สบู่ดำเป็นพืชที่มีความสามารถในการปรับตัวได้ในหลายๆ สภาพแวดล้อม จะทั้งใบในช่วงฤดูแล้ง แม้ว่าสบู่ดำจะเป็นพืชที่ปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งได้ดี แต่ถ้าหากอยู่ในสภาพที่มีความชื้นสูงจะมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าที่แห้งแล้ง อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20 ถึง 28 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนระหว่าง 250 ถึง 3000 มิลลิเมตร โดยปกติสบู่ดำจะทนต่ออุณหภูมิที่สูงแต่จะไม่ทนทานต่อสภาพที่มีน้ำค้างแข็ง และเป็นพืชที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง (Heller *et al.*, 1996; Foidl *et al.*, 1996) การปลูกสบู่ดำสามารถเจริญได้ในดินหลายชนิด แต่จะเจริญได้ดีในสภาพดินทรายที่มีการระบายน้ำและอากาศที่ดี ในดินที่มีสภาพแข็ง โครงสร้างของรากจะถูกทำลาย (Heller *et al.*, 1996; Foidl *et al.*, 1996) สบู่ดำเป็นพืชที่มีความต้องการธาตุอาหารต่ำ แต่ความเป็นกรดค้างของดินต้องไม่มากหรือน้อยจนเกินไป และในดินที่เป็นกรดจัดจะต้องการธาตุแคลเซียม แมกนีเซียมมากขึ้น (Tewari, 2007)

สบู่ดำเป็นพืชที่สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย สามารถขยายพันธุ์ได้ทั้งส่วนขยายพันธุ์ที่อาศัยเพศ (การปลูกด้วยเมล็ดโดยตรง หรือการปักชำ) และการใช้ส่วนขยายพันธุ์ที่ไม่อาศัยเพศ (ท่อนพันธุ์) ระพีพันธุ์ และสุขสันต์ (2525) รายงานว่า วิธีการขยายพันธุ์สบู่ดำมีดังนี้

1. ใช้กิ่งชำ โดยการตัดกิ่งที่มีสีเขียวปนน้ำตาลเล็กน้อย ซึ่งเป็นกิ่งที่อ่อนถึงแก่มีตาประมาณ 3-5 ตา หรือความยาว 5-7 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางไม่ควรเกิน 1-1.5 เซนติเมตร ควรชำในถุงเพาะที่มีทราย 1 ส่วน ผสมขี้เถ้าแกลบ 1 ส่วน หรือทราย 5 ส่วน ขี้เถ้าแกลบ 5 ส่วน กากสบู่ดำ 1 ส่วน และหญ้าแห้ง 1 ส่วน ชำไว้ประมาณ 1 เดือนก่อนฝนตก การปลูกวิธีนี้จะใช้เวลา 4 เดือน จะเริ่มออกดอก

ระยะเวลาจากออกดอกจนถึงเมล็ดแก่จนมีสีดำจะใช้เวลา 60-90 วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ถ้าอากาศร้อนจะทำให้แก่เร็วขึ้น

2. การใช้เมล็ด เมล็ดสนับดำไม่มีระยะพักตัว สามารถปลูกได้ทันที การปลูกโดยใช้เมล็ดจะให้ผลผลิตประมาณ 8 เดือน หลังปลูก ปลูก 1×0.5 หรือ 1×1 เมตร ถ้าเป็นดินเลว และระยะปลูก 1.5×1 หรือ 2×1 เมตร ถ้าเป็นดินดี

3. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปัจจุบันกรมส่งเสริมการเกษตรศึกษาทดสอบความเป็นไปได้ในการขยายพันธุ์สนับดำด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเชิงอุตสาหกรรม ตั้งแต่ปี 2545 ผลการทดสอบเป็นบวก กล่าวคือ สามารถตอบสนองกับการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ โดยมีอัตราการเพิ่มปริมาณในอาหาร MA+BA 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร 3 เท่าต่อการเปลี่ยนอาหาร 1 ครั้ง (1 เดือน) (รักษ, 2549)

ระพีพันธ์ และสุขสันต์ (2525) ได้ทำการทดลองปลูกสนับดำด้วยเมล็ดในแปลงใหญ่ โดยใช้ระยะปลูกต่าง ๆ กัน 4 ระยะ คือ 2×2 เมตร (400 ต้น/ไร่) 2×1.5 เมตร (533 ต้น/ไร่) 2×1 เมตร (800 ต้น/ไร่) และ 2×0.5 เมตร (1,600 ต้น/ไร่) พบว่า ระยะปลูก 2×2 เมตร ให้ผลผลิตสูงสุด 127.094 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนความสูงและความกว้างทรงพุ่ม ระยะปลูก 2×2 เมตร มีความสูงและความกว้างทรงพุ่มโดยเฉลี่ยสูงสุด คือ 2.51 เมตร/ต้น กว้าง 2.23 เมตร/ต้น ส่วนระยะปลูก 2×1.5 เมตร (533 ต้น/ไร่) 2×1 เมตร (800 ต้น/ไร่) และ 2×0.5 เมตร (1,600 ต้น/ไร่) ให้ผลผลิต ความสูง และความกว้างทรงพุ่มโดยเฉลี่ยลดลงตามลำดับ ระยะปลูก 2×0.5 เมตร ให้ผลผลิตต่ำสุด 10.8 กิโลกรัม/ไร่ มีความสูงและความกว้างทรงพุ่มโดยเฉลี่ยต่ำสุด คือ 1.67 เมตร/ต้น กว้าง 0.98 เมตร/ต้น Heller (1996) กล่าวว่า การปลูกสนับดำจะเริ่มในช่วงฤดูฝน ระยะปลูกที่นิยม คือ ระยะระหว่างต้นและระยะระหว่างแถว เท่ากับ 2×2 เมตร (2500 ต้นต่อเฮกตาร์) 2.5×2.5 เมตร (1600 ต้นต่อเฮกตาร์) หรือ 3×3 ตารางเมตร (1111 ต้นต่อเฮกตาร์) อรรถพล และคณะ (2550) รายงานว่า ต้นสนับดำที่ปลูกด้วยเมล็ดมีคุณภาพดีกว่า ต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์ เนื่องจากให้น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนข้อและเปอร์เซ็นต์กะเทาะเปลือกสูงกว่า ส่วนต้นที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์จะให้น้ำหนักของผลผลิตรวมต่อต้นสูงกว่า

การเขตรกรรม

การให้น้ำ ให้น้ำพร้อมปลูก และในช่วงแรกหลังจากปลูกใหม่ ให้น้ำทุก 7 วัน หรือตามสภาพแปลงไม่ควรปล่อยให้แปลงแห้งและสังเกตอาการของต้นกล้า ถ้าอากาศร้อนมากควรเพิ่มความถี่ในการให้น้ำ หลังจากต้นกล้าตั้งตัวได้ อายุประมาณ 2 เดือนสามารถลดความถี่ในการให้น้ำจากทุก 7 วัน เป็น 15 วันได้ขึ้นกับสภาพอากาศ และความแข็งแรงของต้นกล้า ในฤดูฝนหากมีฝนตกสม่ำเสมอ และมีความชื้นเพียงพอ อาจไม่ต้องให้น้ำ แต่ควรมีการเตรียมการระบายน้ำ เนื่องจากสับดำจะตายเมื่อมีน้ำท่วมขัง โดยเฉพาะเมื่อสับดำยังมีอายุน้อย และต้นยังไม่แข็งแรง ฤดูแล้งสับดำจะทิ้งใบตามธรรมชาติ แม้จะมีการให้น้ำทุก 15 วัน ดังนั้นควรเพิ่มความถี่ในการให้น้ำเป็นทุก 5-7 วัน เพื่อให้สับดำไม่ทิ้งใบเพื่อรักษาการออกดอก ติดผล ให้ผลผลิตในช่วงฤดูแล้ง (สมบัติ, 2549)

ถึงแม้ว่าสับดำจะมีเจริญเติบโตได้ในสภาพพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย (200 มม.) แต่ก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีและตอบสนองต่อพื้นที่น้ำฝน (>1200 มม.) โดยเฉพาะในสภาพอากาศร้อน เช่น ในประเทศนิการากัว สับดำมีการเจริญเติบโตได้ดีภายใต้อากาศร้อนและมีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1000 มิลลิเมตร (Riyadh, 2002) Jones and Miller (1997) กล่าวว่าสับดำมีชีวิตรอยู่ได้ในสภาพที่ขาดน้ำเป็นเวลามากกว่า 2 ปีและกลับมาเจริญเติบโตได้ใหม่เมื่อได้รับน้ำฤดูฝน และในสภาพพื้นที่ที่มีการชลประทานที่ดีจะให้ผลผลิตตลอดทั้งปี NIIR Board of Consultants and Engineer (2007) รายงานว่า สับดำต้องการใช้น้ำน้อยมาก และสามารถมีชีวิตรอยู่ได้ในสภาพแห้งแล้งที่ยาวนาน โดยมีการทิ้งใบเพื่อลดการคายน้ำ แต่ข้อมูลทางด้านปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมยังมีความแตกต่างกัน บางแห่งรายงานว่าสับดำต้องการปริมาณน้ำฝน 600 และ 800 มิลลิเมตร ในอินเดีย รายงานว่าสับดำจะมีการเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับปริมาณน้ำฝน 1,380 มิลลิเมตร ในช่วงหน้าแล้งจะมีการให้น้ำทุก 7 หรือ 15 วันขึ้นอยู่กับช่วงอายุและความต้องการ อย่างไรก็ตามการให้น้ำทุกสัปดาห์จะดีที่สุด Gush (2008) ทำการวัดอัตรา Sap flow ในต้นสับดำพบว่ามีความสูงที่สุดที่ 32.9 กิโลกรัม/วัน และมีค่าเฉลี่ยตลอดอายุเท่ากับ 5.4 กิโลกรัม/วัน และพบว่ามีความสูงที่สุดในฤดูร้อนส่วนในช่วงฤดูหนาว อัตรา Sap flow จะลดลงซึ่งได้รับผลมาจากสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ และแสงลดลง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา (ใบร่วง) และหลังจากผ่านฤดูหนาวอัตรา Sap flow ก็จะเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในสภาพความชื้นสูงหรือมีการให้น้ำชลประทานและปุ๋ยมากเกินไปจะช่วยให้มีชีวมวลมากขึ้นแต่ผลผลิตจะลดลง (Achten *et al.*, 2008)

การใส่ปุ๋ย สมบัติ (2549) แนะนำว่าให้ใส่ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยอินทรีย์ รองกันหลุมพร้อมปลูก หลังจากนั้นประมาณ 1 เดือน หลังจากกำจัดวัชพืช ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รอบโคนต้น และจะใส่ปุ๋ยครั้งต่อไปทุก 6 เดือน เนื่องจากสับดูค่าออกดอกติดผล ตลอดทั้งปี จึงต้องมีการบำรุงดินอย่างสม่ำเสมอ Achten *et al.* (2008) ได้ประเมินการใช้ปุ๋ยของพืชเมื่อมีการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 ตันเมล็ดต่อเฮกตาร์จะนำธาตุอาหารออกไปสุทธิ 14.3 - 34.3 กิโลกรัม ในโตรเจนต่อเฮกตาร์, 0.7-7.0 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อเฮกตาร์ และ 14.3-31.6 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อเฮกตาร์

การกำจัดวัชพืช การกำจัดวัชพืชมีความสำคัญมากในช่วงแรกของการปลูกเมื่อสับดูยังมีอายุอยู่ในช่วง 1-3 เดือน เนื่องจากวัชพืชจะแข่งขันกับสับดูสูง หากไม่ดูแล วัชพืชจะขึ้นคลุมต้นสับดู การกำจัดวัชพืชทำโดยการถากรอบโคนต้น จากนั้นใช้สารกำจัดวัชพืช อาจเป็น พาราควัท หรือไกลโฟเสท พ่นในร่องน้ำ ระวังไม่ให้ละอองสารสัมผัสต้นและยอดสับดูเพื่อเป็นการลดการใช้แรงงาน เมื่อสับดูมีอายุ 3-4 เดือนทรงพุ่มของสับดูจะปกคลุมโคนต้น วัชพืชจะขึ้นได้น้อย แต่ยังคงมีวัชพืชขึ้นในร่องน้ำ ซึ่งสามารถกำจัดวัชพืชโดยสารกำจัดวัชพืช ความถี่ในการกำจัดวัชพืชขึ้นกับปริมาณวัชพืช ฤดูกาล และความชื้นในดิน การควบคุมวัชพืชหลังจากปลูกอาจใช้ ฟางข้าว แกลบ หรือวัสดุคลุมดิน อื่น ๆ คลุมโคนต้นสับดู เป็นการควบคุมวัชพืช ลดค่าแรงงานกำจัดวัชพืช รักษาความชื้นในดิน และเมื่อสลายตัวก็เป็นอินทรีย์วัตถุคืนให้กับดินต่อไป (สมบัติ, 2549)

นิพนธ์ (2550) รายงานผลการสำรวจโรคของต้นสับดู พบลักษณะอาการของโรคหลายชนิด โรคที่ได้สำรวจพบครั้งแรกและไม่มีรายงานมาก่อน คือโรคราแป้ง โรคใบไหม้ โรคลำต้นตายและกิ่งเน่าตาย และโรคใบด่าง ส่วนที่สำรวจพบเป็นครั้งแรกในประเทศไทย คือ โรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อรา *Cercospora* และ *Pestalotiopsis* โรคแอนแทรคโนส และอาการใบลวก ส่วนแมลงศัตรูพืชที่พบในสับดู ได้แก่ เพลี้ยแป้ง เพลี้ยหอย ไรขาว หนอนหนอนใบ มวนทองแดง และศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ ค้างคาวเต่าลายหยัก ค้างคาวเต่าลายขวาง ค้างคาวสีส้ม แมลงวันขาว แมลงวันดอกไม้ แมลงช้างปีกใส (โกศล, 2550)

ประโยชน์ของสับดู

สับดูสามารถปลูกเป็นแนวรั้วเพื่อป้องกันสัตว์เช่น วัว และแพะเข้าทำลายแปลงการเกษตรได้เป็นอย่างดี มีราคาถูกกว่ารั้วที่ทำจากลวด (Kumar and Sharma, 2008) และเนื่องจากสับดูมีระบบรากที่ตื้นและแพร่กระจายจึงสามารถช่วยลดการพังทลายของดินได้ และร่มเงาจากทรงพุ่มทำ

ให้มีการเพิ่มจำนวนและกิจกรรมต่างๆของไส้เดือนดินมากขึ้นซึ่งจะช่วยปรับโครงสร้างและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Baruti and Gray, 2007) กากสับดำที่ได้จากขบวนการหีบน้ำมันยังคงมี Curcin ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีสารพิษจึงไม่เหมาะที่จะนำไปเป็นอาหารสัตว์ แต่สามารถนำไปทำเป็นปุ๋ย หรือ biogas ได้ (Kumar and Sharma, 2008) ไพจิตร และคณะ (2525) ได้รายงานการสกัดน้ำมันสับดำในห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธีบดให้ละเอียดทั้งเมล็ด และสกัดด้วยตัวทำละลาย ปิโตรเลียมอีเทอร์ ได้น้ำมัน 34.96 เปอร์เซ็นต์ จากเมล็ดรวมเปลือก (seed) และได้ไขมัน 54.68 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งในเนื้อ (kernel) วัฒนา และคณะ (2526) รายงานว่า การสกัดจากเมล็ดตากแห้งทั้งเปลือก บีบด้วยไฮดรอลิกได้น้ำมัน 12.50 เปอร์เซ็นต์ และสกัดด้วยเฮกเซนได้น้ำมันอีก 30.27 เปอร์เซ็นต์ รวมไขมันจากเมล็ด 42.77 เปอร์เซ็นต์ จากการสกัดจากเนื้อเมล็ด (kernel) เมื่ออัดด้วยเครื่องบีบไฮดรอลิกได้น้ำมัน 36 เปอร์เซ็นต์ สกัดด้วย เฮกเซนได้น้ำมันอีก 38.14 เปอร์เซ็นต์ รวมได้น้ำมัน 74.14 เปอร์เซ็นต์ Kumar and Sharma (2008) รายงานว่าในน้ำมันสับดำมีโปรตีนไขมัน และความชื้น ประมาณ 24.60, 47.25 และ 5.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Delgado and Tejada (1989) รายงานว่าเมล็ดสับดำในประเทศเม็กซิโกชนิดหนึ่งสามารถรับประทานได้โดยการนำมาคั่วหรืออบ สับดำยังสามารถแปรรูปเป็น สบู่ สารกำจัดแมลง เทียน และมีคุณสมบัติเป็นยาเช่น สามารถรักษา โรคมาลาเรีย ท้องผูก และริดสีดวงทวารได้ (Baruti and Gray, 2007)

ไมคอร์ไรซา

ไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) คือความสัมพันธ์ของรากกับรากพืชชั้นสูงเพื่อประโยชน์อันเกิดจากการพึ่งพากัน เชื้อราที่เกี่ยวข้องกับพืชในลักษณะนี้เรียกว่า เชื้อราไมคอร์ไรซา (mycorrhizal fungi) ขณะที่เชื้อราอาศัยร่วมกับรากพืชนั้นไฮรา (hypha) ซึ่งทอดออกไปในดินจะแสวงหาอาหารใหม่ซึ่งรากยังไปไม่ถึงมาให้เซลล์รากของพืชอาศัย (Snellgrove *et al.* 1982) เชื้อราวิเอ ไมคอร์ไรซาจะช่วยส่งเสริมการดูดธาตุอาหาร เช่น ฟอสฟอรัสและธาตุอื่น ๆ แก่พืชในการเจริญเติบโต โดยเชื้อราดังกล่าวจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากในการดูดและเพิ่มการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารต่างๆ จากดินสู่พืช เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน แคลเซียม ซัลเฟต ทองแดง แมงกานีส สังกะสี และเหล็กให้แก่พืช ซึ่งทำให้พืชมีผลผลิตสูงขึ้น (Marcshner and Dell, 1994)

ธงชัย (2550) กล่าวว่า ไมคอร์ไรซามีความสำคัญในแง่ของการเพิ่มผลผลิตให้พืชเศรษฐกิจหลายชนิด รวมทั้งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของไม้ป่าและไม้ยืนต้นต่างๆ เช่น สน ไผ่ และยูคาลิป เป็นต้น มีการทดลองกันมากในหลายประเทศเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของเชื้อราไมคอร์ไรซาในการเพิ่มผลผลิตของพืชหลายชนิด ในประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้

พอสมควรวทั้งเอ็กโตไมคอร์ไรซาและเอ็นโดไมคอร์ไรซา ส่วนใหญ่ได้ผลสรุปว่าพืชที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาจะมีการเจริญเติบโตดีกว่าพืชปกติ จึงอาจกล่าวได้ว่าสามารถนำเชื้อราไมคอร์ไรซามาใช้ร่วมกับพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตของพืชให้สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีปัญหาเกี่ยวกับการตรึงฟอสฟอรัส ดินที่ขาดฟอสฟอรัสหรือดินที่มีฟอสฟอรัสในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ไมคอร์ไรซาจะช่วยดูดฟอสฟอรัสมาให้พืชนำไปใช้ได้ โดยการซึมผ่านจากเซลล์ของเชื้อราสู่เซลล์ของรากพืช และพืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตต่อไป

เชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา

เชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา หรือวีเอไมคอร์ไรซาเป็นเชื้อราที่พบในดินเกือบทุกแห่ง สามารถเข้าสู่รากพืชและอาศัยร่วมกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยกันและกัน (symbiosis) โดยเชื้อราจะได้รับที่อยู่อาศัยและสารอาหารคาร์โบไฮเดรตจากพืช ในขณะที่พืชจะได้รับธาตุอาหารต่างๆ โดยเฉพาะฟอสฟอรัสรวมทั้งน้ำและยังเป็นการป้องกันอันตรายจากเชื้อสาเหตุของโรคพืชต่างๆ ได้ระดับหนึ่ง (ธงชัย, 2550)

โครงสร้างที่มีลักษณะพิเศษของเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (ธงชัย, 2550) มีดังนี้

1. อาร์บัสคูล (arbuscule) เป็น โครงสร้างที่อยู่ภายในของเซลล์รากพืชชั้นคอร์เท็กซ์ มีลักษณะคล้ายฮัสทอเรีย (haustoria) เกิดจากการแตกแขนงของไฮราแบบ 2 แขนงต่อเนื่อง (dichotomous branching) แขนงของไฮราจะแทรกทะลุผนังเซลล์ของพืชเข้าไปในเซลล์ ปลายแขนงสุดท้ายของไฮรามีขนาดเล็กมาก ใกล้เคียงกับขนาดของไมโทคอนเดรียของพืช และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา อาร์บัสคูลมีอายุสั้น ประมาณ 1 ถึง 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นผนังก็จะสลายไป บางส่วนของไซโตพลาสซึมจะไหลกลับไปยังไฮราหลัก บางส่วนสลายไปและประกอบขึ้นเป็นไซโตพลาสซึมของเซลล์รากพืช อาร์บัสคูลอาจจะเกิดขึ้นให้เห็นภายใน 2 ถึง 3 วัน หลังจากเชื้อเจริญเข้าสู่รากแล้ว ทำให้พื้นที่สัมผัสของเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์รากพืชเพิ่มขึ้นอีก 2 ถึง 3 เท่า

2. เวสิเคิล (vesicle) เป็น โครงสร้างที่มีรูปร่างคล้ายถุงที่โป่งพองออกบริเวณส่วนปลายของไฮราภายนอกประกอบด้วยหยดไขมัน (phospholipid) เป็น โครงสร้างที่ใช้สำหรับเก็บสะสมอาหารของเชื้อรา เมื่อผิวนอกของเนื้อเยื่อชั้นคอร์เท็กซ์ของรากหลุดออกไป เวสิเคิลจะไหลออกมาสู่ดิน ต่อมาจะงอกและทำหน้าที่เป็นส่วนขยายพันธุ์ของราต่อไป ปกติแล้วเวสิเคิลจะเกิดขึ้นหลังอาร์บัส

คล จะเกิดขึ้นมากหลังการใส่ปุ๋ยจุลธาตุที่เป็นโลหะ ได้แก่ เหล็ก ทองแดง สังกะสีและแมงกานีส และมักเกิดกับรากฝอยมากกว่ารากอื่นๆ โครงสร้างของผนังเซลล์ องค์ประกอบภายใน และจำนวนของเวสิเคิลของราแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป

4. ไยรานอกรากพืช (external hyphae; extraradical hyphae) เป็นโครงสร้างที่สำคัญของเชื้อรา ประกอบด้วยไยราที่อยู่นอกรากพืชสานกันเป็นร่างแห ทำให้พื้นที่ในการดูดธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น ไยรานอกรากพืชมี 2 ลักษณะ คือ 1) ไยราหลักที่มีขนาดใหญ่ ปกติมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 ถึง 12 ไมโครเมตร บางครั้งอาจมีขนาดใหญ่ถึง 20 ไมโครเมตรได้ แดกแขนงออกด้านข้างคล้ายราก ทำหน้าที่ดูดอาหารเมื่อพบอาหารที่เหมาะสม และ 2) กลุ่มไยราที่มีขนาดเล็ก แดกแขนงออกมาจากไยราหลัก มีผนังบาง ทำหน้าที่แทรกตัวเข้าไปในอนุภาคของอินทรีย์วัตถุและดิน เมื่ออาหารหมดไซโตพลาสซึมจะเคลื่อนที่กลับเข้าสู่ไยราหลัก แล้วสร้างผนังกัน แขนงไยราก็เหี่ยวไป

5. สปอร์พักตัว (resting spore) เป็นโครงสร้างพิเศษของราที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการพักตัว เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม มีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกัน เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม จะงอกและเจริญเข้าสู่รากพืชที่เหมาะสมต่อไปได้

การจำแนกชนิดของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา

Trappe and Schenck (1982) ได้จัดเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาไว้ใน Division Zygomycotina ชั้น Zygomycetes อันดับ Endogonales วงศ์ Endogonaceae เชื้อราในวงศ์นี้แบ่งออกเป็น 9 สกุลตามการจำแนกของ Trappe ได้แก่ *Acaulospora*, *Endogone*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glazilla*, *Glomus*, *Modicella*, *Sclerocystis* และ *Complexipes* การจัดกลุ่มและการจำแนกเชื้อราพวกนี้ได้พัฒนาต่อมาเพื่อให้ลงตัวมากที่สุด Morton (1990) จึงสรุปได้ว่า เชื้อราในอันดับ Endogonales ชั้น Zygomycetes มีเพียงวงศ์เดียวคือ Endogonaceae และมีเพียง 6 สกุลเท่านั้นที่มีคุณสมบัติเป็นวิเอไมคอร์ไรซา คือ *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis*, *Scutellospora*

การแพร่กระจายของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา

เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซากระจายอยู่ทั่วไปในดินที่ใช้ในการเกษตร พืชหญ้า ดินป่าไม้ ตลอดจนดินที่ปล่อยรกร้างในเหมืองเก่า ในแปลงที่ปลูกพืชเศรษฐกิจแทบทุกชนิดจะมีเชื้อราวิเอ

ไมคอร์ไรซานี้มีหลายชนิดต่างๆ เจริญอยู่ อย่างไรก็ตามการกระจายของเชื้อราในดินและพืชสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของพืชดินและสิ่งแวดล้อม (ธงชัย , 2550)

พรพิมล (2531) พบว่าเชื้อราที่พบได้เสมอในดินปลูกส้มในประเทศไทย ได้แก่ *Glomus sp.* และ *Acaulospora sp.* รองลงไปเป็นราพวก *Sclerocystis sp.* และ *Gigaspora sp.* ส่วนฉวีวรรณ (2530) ได้ตรวจเชื้อในกล้าไม้ พบว่าเป็นเชื้อราในสกุล *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus* และ *Sclerocystis* โดยเชื้อ *Glomus sp.* และ *Sclerocystis sp.* มีการแพร่กระจายในกล้าไม้ที่ทำการศึกษามากที่สุด จากการศึกษาในดินปลูกถั่วลิสงพบสปอร์ของเชื้อราทั้ง 6 สกุล ซึ่งพบในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพบว่า *Acaulospora scrobiculata*, *Sclerocystis sinuosa* และ *Glomus spp.* มีการแพร่กระจายมากที่สุดถึง 55 เปอร์เซ็นต์

บทบาทของเชื้อราไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของพืช

1. ช่วยให้พืชดูดธาตุอาหารได้มากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ยากในดิน (ธงชัย, 2550) จากการเปรียบเทียบระหว่างพืชที่มีไมคอร์ไรซา กับพืชที่ไม่มีไมคอร์ไรซา Gerdermann (1964) พบว่า การปลูกข้าวโพดร่วมกับเชื้อราไมคอร์ไรซาทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดีกว่าข้าวโพดที่ปลูกในดินที่ไม่ใส่เชื้อ โดยเชื้อเวสทิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา ส่งเสริมการดูดธาตุอาหารของพืชซึ่งมีความเป็นไปได้ 3 ลักษณะคือ (1) เวสทิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา เพิ่มการดูดธาตุอาหารโดยลดระยะทางระหว่างธาตุอาหารกับรากพืช (Hattinigh *et al.*, 1973; Rhodes and Gerdermann, 1975) (2) มีความแตกต่างของการดูดธาตุอาหารระหว่างรากที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาและไม่มีเชื้อราไมคอร์ไรซา โดยพืชชนิดเดียวกันที่มีการใส่เชื้อราเวสทิคูลาร์ ไมคอร์ไรซา จะมีการเจริญและดูดสารอาหารบางชนิดได้สูงกว่าการที่ไม่ใส่เชื้อไมคอร์ไรซาให้กับพืช (Bowen *et al.*, 1974; Cress *et al.*, 1979) และ (3) เส้นใยไมคอร์ไรซาสร้างสารเคมีบางชนิดช่วยลดธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปสารละลายที่เป็นประโยชน์แก่พืช ทำให้พืชสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ Powell (1976) พบว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหารที่เคลื่อนที่ได้ช้า เช่น สังกะสี ทองแดง แต่จะมีอิทธิพลน้อยในธาตุอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ดี เช่น ไนโตรเจนและซัลเฟต สุเทพ (2531) ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสงพันธุ์ไทยนาน 9 ที่ปลูกในดินป่าดิบแล้ง พบว่าถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อ *Glomus intraradices*, *Gigaspora sp.*, *Gl. claroideum* และ *Glomus sp. No.2* มีน้ำหนักแห้งสูงกว่าถั่วลิสงที่ไม่ปลูกเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ในต้นถั่วลิสงที่ปลูกเชื้อรา และ ไม่ปลูกเชื้อราไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Cliquet *et al* (1997) รายงานว่า ดิน *Lolium perenne* ที่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา *Gl.fasciculatum* และให้ amino nitrogen ได้แก่ aspartic acid และ serine เป็นแหล่งไนโตรเจนโดยติดฉลากไนโตรเจนด้วย N-15 พบว่า ดิน *Lolium perenne* มีการเจริญเติบโตและมีปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชสูงกว่าดินที่ไม่มีเชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา

ธงชัย (2541) ศึกษาต้นสำปะหลังพันธุ์ KU-50 ที่ใส่เชื้อรา *Glomus sp.* (T6) พบการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราสูงกว่าต้นสำปะหลังที่ใส่เชื้อรา *Glomus sp.* (D13) และต้นสำปะหลังที่ใส่เชื้อราทั้งสองชนิดมีปริมาณฟอสฟอรัสในใบสูงกว่าดินที่ไม่ใส่เชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา ใบของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะช่วยทำหน้าที่ในการละลายธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและเชื้อรา ใบราในดินจะมีปริมาณมากและขนไปในดินอย่างกว้างขวาง บางครั้งอาจมีความยาวของใยมากกว่า 10 เมตรต่อกรัม ของดินก็ได้ (Mala, 2000a) ใยสามารถละลายฟอสเฟตจากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งความสามารถนี้ของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะแตกต่างกันออกไป (Mala, 2000b) วชิรภรณ์ (2548) ได้ การศึกษาชนิดและปริมาณของกรดอินทรีย์ที่ขับออกมาจากเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาที่เจริญร่วมกับข้าวโพด พบว่า กรดอินทรีย์ที่ต่างชนิดและปริมาณมีผลต่อการละลายฟอสเฟตได้แตกต่างกัน ซึ่งพบว่า กรดอินทรีย์ที่ตรวจพบ oxalic acid จะมีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตได้ดีกว่า malic acid และยังพบว่า ถ้ากรดอินทรีย์มีความเข้มข้นมากขึ้นจะส่งเสริมการละลายฟอสเฟตได้มากขึ้น ซึ่งเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาที่มีชนิดและปริมาณกรดอินทรีย์ต่างกันมีผลทำให้การละลายฟอสเฟตแตกต่างกัน โดยในการทดลองนี้พบว่าเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาที่ส่งเสริมการละลายฟอสเฟตได้ดีที่สุด คือ เชื้อ *Gl. intraradices* ซึ่งมีปริมาณ oxalic acid มากที่สุด Dickson *et al.* (1999) รายงานว่า ดิน *Allium porrum* ที่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโต และการดูดฟอสฟอรัสดีกว่าดินที่ไม่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา Pinochet *et al.* (1997) พบว่าดินกล้ากล้วยที่ใส่เชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา *Gl. intraradices* มีการเจริญเติบโตมากกว่าดินกล้ากล้วยที่ไม่ใส่เชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่เชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้วยมากกว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต ทำให้ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ส่วนหนึ่ง กรณีเช่นนี้จะทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปุ๋ยลดลง ส่งผลให้ต้นทุนรวมของการผลิตพืชนั้นๆ ลดลงด้วย มีการทดลองดัดพืชหลายชนิด เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ส้ม มันสำปะหลัง สับปะรด ส่วนมากแล้วพบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพนี้จะลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้มากที่สุด แต่จะมากหรือน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับดินนั้นๆ ด้วย (ธงชัย, 2550) อรจิรา (2546) ศึกษาการปลูกทานตะวันร่วมกับเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา พบว่า การใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตระดับต่ำ (0-30 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ทานตะวันมีการเจริญเติบโตและดูดธาตุ

อาหารเพิ่มขึ้น แต่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตเพิ่มขึ้นถึงระดับ 90 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ มีผลทำให้การเจริญเติบโต และการดูดธาตุอาหารของทานตะวันที่ได้รับเชื้อราไวโอมคอร์ไรซาลดลง อีกทั้งช่วยเพิ่มการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืช เชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น แบคทีเรีย และเชื้อราสามารถสังเคราะห์ indole-3-acetic acid (IAA) เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่บรรจุ indole ring (เช่น tryptophan) (Gay and Debaud, 1987) ได้แสดงให้เห็นว่า ectomycorrhizal fungi สามารถสังเคราะห์ และปลดปล่อย IAA เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี tryptophan (Berta *et al.*, 1988.; Torelli *et al.*, 2000) endomycorrhizal fungi สามารถสังเคราะห์ และปลดปล่อย IAA ได้ ดวงใจ (2546) รายงานว่าปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน แอซิด ในรากกล้ามะละกอที่ได้รับเชื้อราไวโอมคอร์ไรซามีปริมาณมากกว่ารากกล้ามะละกอที่ไม่มีเชื้อราไวโอมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เชื้อ *Gl. aggregatum* และ *Gigaspora sp.* มีความสามารถกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน แอซิดในรากกล้ามะละกอได้มากกว่าเชื้อราไวโอมคอร์ไรซาชนิดอื่นๆ พิชิต (2547) ทดสอบการสร้างฮอร์โมนออกซิน (IAA) โดยเชื้อราไวโอมคอร์ไรซา 9 ชนิดคือ *Acaulospora dilatata*, *A. Scrobiculata*, *Entrophospora sp.*, *Gigaspora sp.*, *Glomus aggregatum*, *Gl. etunicatum*, *Gl. geosporium*, *Gl. intraradices* และ *Gl. manihotis* ในรากกล้าส้มเขียวหวานพันธุ์บางมด พบว่า ปริมาณฮอร์โมนออกซินในรากกล้าส้มที่ได้รับเชื้อราไวโอมคอร์ไรซามีปริมาณมากกว่ารากกล้าส้มที่ไม่มีเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ลดความเป็นพิษของสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร และสารที่มีโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพคนและสัตว์เลี้ยงทั่วไป เพราะสารพิษเหล่านี้มีโอกาสปนเปื้อนลงสู่ดินได้ทุกขณะ และจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเป็นลำดับ ถ้าหากคนส่วนใหญ่ขาดความตระหนักในเรื่องนี้ (ธงชัย, 2550) เชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาช่วยกรองโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อพืช ได้แก่ อะลูมิเนียม แคดเมียม และตะกั่วซึ่งมีอยู่ในพื้นที่เหมืองแร่ หมู่บ้านที่มีเชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีมลพิษจากสังกะสี และลดความเป็นพิษของสังกะสีได้ ดีกว่าหมู่บ้านที่ไม่มีเชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา (Dueck *et al.*, 1986)

3. พืชที่มีเชื้อราไวโอมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ที่รากจะมีความสามารถในการทนแล้งได้มากกว่ารากปกติ เป็นเพราะว่าไฮราช่วยดูดน้ำให้แก่พืชได้อีกด้วย (ธงชัย, 2550) Subramanian *et al.* (1995) ศึกษาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และความสัมพันธ์ของน้ำในข้าวโพดที่กำลังมีฝักอ่อนภายใต้สภาพเครียดของน้ำ โดยศึกษาในเรือนกระจกและศึกษาอิทธิพลของเชื้อรา *Glomus intraradices* ต่อความทนทานต่อความแห้งแล้งของข้าวโพดในเขตร้อนพบว่าข้าวโพดทนทานต่อสภาพแห้งแล้งนาน 3 สัปดาห์ หลังจากที่ข้าวโพดออกฝักอ่อน (75-95 วันหลังปลูกพืช) และยังพบว่าอัตราการคาย

น้ำและปริมาณน้ำในใบตอนเที่ยงวันของข้าวโพดที่มีเชื้อราอาศัยอยู่สูงกว่าข้าวโพดที่ไม่มีเชื้อรา ส่วนความต้านทานของปากใบ (stomatal resistance) ของข้าวโพดที่มีเชื้อราจะต่ำกว่าข้าวโพดที่ไม่มีเชื้อราอาศัยอยู่ พื้นที่สีเขียวของใบข้าวโพดที่มีเชื้อราจะสูงกว่าในข้าวโพดที่ไม่มีเชื้อราอยู่ 27.5 เปอร์เซ็นต์ภายใต้สภาพเครียดของน้ำ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเชื้อราส่งเสริมให้ข้าวโพดที่กำลังมีฝักอ่อนทนทานต่อความแห้งแล้งได้อย่างมีนัยสำคัญ Alguacil *et al.* (2006) ศึกษาผลของเชื้อราไมคอร์ไรซา ในต้น *Juniperus oxycedrus L.* ในสภาพขาดน้ำ พบว่าการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของสาร peroxidase และ superoxide dismutase ของต้นที่ใส่เชื้อ ไมคอร์ไรซาเพิ่มขึ้นต่ำกว่าต้นที่ไม่ได้ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา และต้นที่ได้รับเชื้อไมคอร์ไรซายังมีการเจริญเติบโตและปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าอีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการทนต่อการเกิดสภาพเครียดของพืชที่เกิดจากความเค็ม Mozafar *et al.* (2007) กล่าวว่า การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับถั่วเหลืองในสภาพดินเค็มจะช่วยให้ถั่วเหลืองมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก สารโปรตีนในรากมากกว่าถั่วเหลืองที่ไม่ได้ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา Bhoopander *et al.* (2007) ได้ทำการทดลองการเพิ่มความทนต่อความเค็มของต้น *Acacia nilotica* โดยใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา *Glomus fasciculatum* พบว่าในสภาพความเค็มที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นและรากลดลง นอกจากนี้พืชยังสามารถดูดธาตุ P, Zn และ Cu ได้ดีกว่าต้นที่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาอีกด้วย

4. ลดความรุนแรงของการเกิดโรคของพืชอันเนื่องมาจากเชื้อสาเหตุที่อาศัยอยู่ในดิน เช่น โรครากเน่า โรคโคนเน่า เป็นต้น มีการนำเอาปุ๋ยชีวภาพนี้ไปใช้กับกล้าไม้หลายชนิด ทั้งกล้าไม้ป่าและกล้าไม้ผล สามารถสรุปผลออกมาในทำนองเดียวกันว่า ต้นกล้าเจริญได้ดี เปอร์เซ็นต์การเป็นโรคน้อยลงมาก (ธงชัย, 2550) Siqueira *et al.* (1991) ศึกษาผลของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา และการกระตุ้นเชื้อราด้วย isoflavonoid compounds ในการลดการบาดเจ็บของพืชจากสารกำจัดวัชพืช พบว่า สารกำจัดวัชพืช คือ imazaquin, imazethapyr และ pendimethalin มีความเป็นพิษต่อข้าวฟ่างที่มีเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาอยู่ต่ำกว่าข้าวฟ่างที่ไม่มีเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ และที่ระดับความเข้มข้นของสารกำจัดวัชพืช ต่ำจนถึงปานกลางนั้น เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะมีผลในการป้องกันความปลอดภัยให้กับข้าวฟ่างที่ปลูกในดินที่ใช้ยาปราบวัชพืช imazaquin มากกว่าข้าวฟ่างที่ปลูกในดินที่ใช้ imazethapyr และ pendimethalin ร่วมกัน นอกจากนี้แล้วยังพบอีกว่าการกระตุ้นเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาด้วย isoflavonoid คือ biochanin A และ formononetin ที่ 5 ppm โดยเติมลงในดินในไร่ที่มีระดับความเป็นพิษของ imazaquin 13 ppm และมีเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาอยู่เดิมแล้วช่วยลดการบาดเจ็บของข้าวโพด และข้าวฟ่างเนื่องจากสารกำจัดวัชพืชได้ และยังพบอีกว่าประโยชน์ของ isoflavonoid ถูกกำจัดเมื่ออบฆ่าเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา ด้วยความร้อนขึ้น นอกจากนี้แล้วยังมีรายงานอีกว่าเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา สามารถช่วยลดการบาดเจ็บจากย้ายปลูก (transplant)

Bloss and Pfeiffer, 1984) Yao *et al.* (2002) ศึกษา ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศ และการต้านทานต่อเชื้อ *Rhizoctonia solani* พบว่า ต้นกล้ามะเขือเทศที่ปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา ทั้ง 2 ชนิด คือ *G. etunicatum* หรือ *G. intraradices* ช่วยลดความรุนแรงของโรคได้ถึง 60.2 – 71.2 % เมื่อเทียบกับไม่ใส่เชื้อ นอกจากนี้ ยังช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของต้น น้ำหนักแห้งของรากและจำนวนกิ่งของต้นมะเขือเทศ

การศึกษาเชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ในสบูดำ

สุกานดา (2549) ได้ศึกษาผลของอะโซโตแบคเตอร์ อะโซสไปริรัมและเชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา โดยใช้เชื้อ *Glomus aggregatum* ที่เหมาะสมในการเร่งการงอกและการเจริญเติบโตของกล้าสบูดำที่ปลูกจากเมล็ดและท่อนพันธุ์ พบว่า เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาช่วยให้รากของต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดและท่อนพันธุ์งอกได้เร็วกว่าดำรับที่ไม่ได้ใส่เชื้อจุลินทรีย์ เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ และเชื้ออะโซสไปริรัม เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาช่วยให้ความสูงของต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดและท่อนพันธุ์มากกว่าดำรับที่ไม่ได้ใส่เชื้อจุลินทรีย์ เชื้ออะโซโตแบคเตอร์ และเชื้ออะโซสไปริรัม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ในการเพาะกล้าและปลูกสนุ่นดำ
 - 1.1 ถังเพาะกล้า
 - 1.2 แกลบเผา
 - 1.3 เชื้อราเวสคิวลาร์ อาร์บัสคูลาร์ (วีเอ) ไมคอร์ไรซา (*Glomus aggregatum*) ในรูปอัดเม็ดจำนวนสปอร์เท่ากับ 35 ต่อเม็ดเชื้อหนึ่งกรัม จากภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - 1.4 ท่อนพันธุ์สนุ่นดำ จากต้นสนุ่นดำอายุ 1 ปี จากโครงการวิจัยและพัฒนาสนุ่นดำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 426 ท่อน
 - 1.5 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15
2. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตสนุ่นดำ
 - 2.1 ตลับเมตร
 - 2.2 เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์
 - 2.3 ถังกระดาษ
 - 2.4 เครื่องชั่ง
3. อุปกรณ์และสารเคมีในการศึกษาเชื้อราไมคอร์ไรซา
 - 3.1 ขวดพลาสติก
 - 3.2 เครื่องเขย่า
 - 3.3 ตะแกรงร่อนแบบเปียก ขนาด 450, 250 และ 45 ไมโครเมตร
 - 3.4 เครื่องกรองแบบคทีเรีย
 - 3.5 กระดาษกรอง Whatman No. 1
 - 3.6 กล้อง dissecting microscope และอุปกรณ์การถ่ายภาพ
 - 3.7 สารละลาย 10% KOH
 - 3.8 กรด HCl

3.9 สีย้อม Trypan blue

3.10 Lactic acid solution

4. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบพืช

4.1 เตาหยอตัวอย่าง

4.2 เครื่องกลั่นไนโตรเจน

4.3 เครื่อง spectrophotometer

4.4 เครื่อง atomic absorption spectrophotometry

4.5 สารเคมีในการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

วิธีการ

1. การเตรียมกล้าสุ่มดำ

ทำการปักชำท่อนพันธุ์สับดำลงในแกลบเผาที่บรรจุอยู่ในถุงเพาะชำ การปักชำมี 2 แบบ คือ มีการใส่เชื้อราอีเอ็มโคโรไรซา และไม่ใส่เชื้อราอีเอ็มโคโรไรซา (1) ท่อนพันธุ์ที่ใส่เชื้อราอีเอ็มโคโรไรซา โดยบดเม็ดเชื้อให้เป็นผง ผสมเข้ากับน้ำให้เหนียวพอประมาณ จุ่มท่อนพันธุ์ลงไปให้ติดผงเชื้อมากที่สุด และสม่ำเสมอ หลังจากนั้นปลูกลงในถุงเพาะชำ (ธงชัย, 2550) (2) ท่อนพันธุ์ที่ไม่ใส่เชื้อปลูกลงในถุงเพาะชำตามปกติ

2. แผนการทดลอง

จัดตั้งทดลอง แบบ split split plot in RCBD ทำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น ประกอบด้วย

main plot คือ พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ชลประทาน และพื้นที่อาศัยน้ำฝน

sub plot คือ การใช้เชื้อไมคอร์ไรซา ได้แก่ ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา และไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา

sub sub plot คือ การใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 4 อัตรา ได้แก่ 0, 25, 50 และ 75 กิโลกรัมต่อไร่

3. การเตรียมแปลงทดลอง

เตรียมแปลงทดลองโดย ทำการไถตะ ปรับพื้นที่ ไถแปร และยกร่องระยะกว้าง 2 เมตร เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติและปริมาณธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้าหรือความเค็มของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

4. การปฏิบัติและการจัดการแปลงทดลอง

4.1 ปลูกพืชตามแผนการทดลอง โดยทำการปลูกในเดือนธันวาคม 2550 โดยปลูกระยะระหว่างต้น 2 เมตร และระยะระหว่างแถว 2 เมตร

4.2 การจัดการน้ำ โดยกรรมวิธีที่ให้น้ำชลประทาน ทำการให้น้ำแบบตามร่อง ทุกสัปดาห์ ยกเว้นในช่วงที่มีฝนตก และกรรมวิธีที่ใช้น้ำฝนอาศัยน้ำฝนตลอดฤดูปลูก

4.3 การใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยคอกรอบโคนต้น ต้นละ 1 กิโลกรัมในทุกกรรมวิธีและใส่ปุ๋ยเคมีรอบโคนต้น เมื่อต้นเริ่มออกดอกชุดแรก หลังย้ายปลูก 3 เดือนตามกรรมวิธี

4.4 ทำการกำจัดวัชพืช โดยใช้เครื่องตัดหญ้าตัดรอบโคนต้น และฉีดสาร glyphosate อัตรา 250 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตรในร่องน้ำ ทุกเดือน

5. การเก็บและบันทึกข้อมูล

5.1 เก็บข้อมูลในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต ดังนี้

5.1.1 ความสูง โดยใช้ตลับเมตรวัดจากพื้นดินจนถึงยอดที่สูงที่สุดของต้นสับปะรด

5.1.2 ขนาดของลำต้น โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ วัดที่โคนต้นทั้ง 2 ด้านแล้วนำมาคำนวณหาขนาดของลำต้น

5.1.3 จำนวนกิ่ง นับจำนวนกิ่งที่แตกมาจากท่อนพันธุ์หลัก

5.1.4 ขนาดของทรงพุ่ม โดยใช้ตลับเมตรวัดความกว้างจากปลายยอดทั้ง 2 ด้าน แล้วนำมาคำนวณหาความกว้างของทรงพุ่ม

5.1.5 ชั่งน้ำหนักแห้งของใบ ดินและรากเมื่ออายุ 12 เดือนโดยชั่งน้ำหนักสดของใบ ดิน และราก แล้วสุมน้ำหนักสดของแต่ละส่วนเพื่อนำไปอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ จึงนำตัวอย่างแต่ละส่วนไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งของใบ ดินและราก

5.1.6 ผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผล โดยเก็บผลสดและแห้งรวมทั้งดิน นำมาอบแห้ง แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ด ทำการกะเทาะเมล็ดออกจากเปลือกแล้วจึงชั่งน้ำหนักเมล็ด โดยผลผลิตทั้งหมดทำการเก็บรวมเป็นเวลา 1 ปี

5.1.7 น้ำหนักเมล็ด สุ่มเมล็ดสุ่ม 100 จากแต่ละกรรมวิธี นำมาชั่งน้ำหนักเมล็ด

5.2 ตรวจสอบความหนาแน่นในการครอบครองรากของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา ตามวิธีการของ Brundrett *et al.* (1994) โดยสุ่มเก็บรากพืชในแต่ละกรรมวิธี นำรากมาล้างให้สะอาด ตัดรากให้มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร เติม 10% KOH ให้พอท่วมราก นำไปวางไว้ใน water bath อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำเปล่า 3 ครั้ง เติม alkaline H₂O₂ 10-20 นาที ล้างด้วยน้ำเปล่า 3 ครั้ง เติม 1% HCl แช่ไว้ 3-4 นาที ไม่ต้องล้างน้ำ แล้วย้อมสีรากโดยเติม 0.01% trypan blue-lactic acid staining solution นาน 10-60 นาที นำไปวางไว้ใน water bath อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 10 ถึง 60 นาที แล้วทำการประเมินความยาวรากและการเข้าสู่รากพืชด้วยวิธี gridline intersect method แล้วนำไปศึกษาใต้กล้อง dissecting microscope กำลังขยาย 40 เท่าแล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาความหนาแน่นในการครอบครองราก โดยใช้สมการ

$$\% \text{ colonization intensity} = \frac{\text{number of colonization count}}{\text{total count}} \times 100$$

5.3 นับจำนวนสปอร์ของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในดิน 1 กรัม วิธีร่อนแบบเปียก (wet sieving and decanting) ตามวิธีการของ Brundrett *et al.* (1994) โดยชั่งดิน 1-5 กรัม บรรจุลงในขวดพลาสติก ใส่น้ำกลั่นที่นิ่งมาเชื้อแล้วจำนวน 200 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 30 นาที นำสารแขวนลอยดินทั้งหมดไปร่อนแบบร่อนเปียกในชุดตะแกรงขนาด 425, 250 และ 45 ไมโครเมตร ถัดน้ำเพื่อล้างสปอร์ผ่านตะแกรง นำสิ่งที่ติดค้างในตะแกรงใส่ในหลอดแล้วนำมา suction กรองเอาสปอร์ลงใน

กระดาษกรอง Whatman No.1 แล้วนำไปศึกษาภายใต้กล้อง dissecting microscope นับปริมาณสปอร์ที่พบ แล้วรายงานปริมาณที่พบในดินแห้ง 1 กรัม หลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 12 เดือน

5.4 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบพืช โดยสุ่มเก็บจากใบที่ 3-7 จากปลายยอดสนับค้ำก่อนออกดอก ที่สนับค้ำอายุ 8 เดือนโดยวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมในใบพืชโดยการย่อยสลายตัวอย่างโดยวิธี wet ashing วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยใช้เครื่องกลั่นไนโตรเจน วิเคราะห์หาฟอสฟอรัส โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ wavelength 440 นาโนเมตร วิเคราะห์หาโพแทสเซียม โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometry (ทัศนีย์และจรงค์, 2542)

5.5 ข้อมูลทางอุณหภูมิตามวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ปริมาณการระเหยของน้ำ และความชื้นสัมพัทธ์

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และความแตกต่างค่าเฉลี่ยแต่ละค่ารับที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 โดย Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 13.0

สถานที่และระยะเวลาการทำการวิจัย

สถานที่

1. แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3. งานทดสอบดินปุ๋ยและการประยุกต์ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ระยะเวลาในการทำการวิจัย

ระหว่างเดือนธันวาคม 2550-มีนาคม 2552

ผลและวิจารณ์

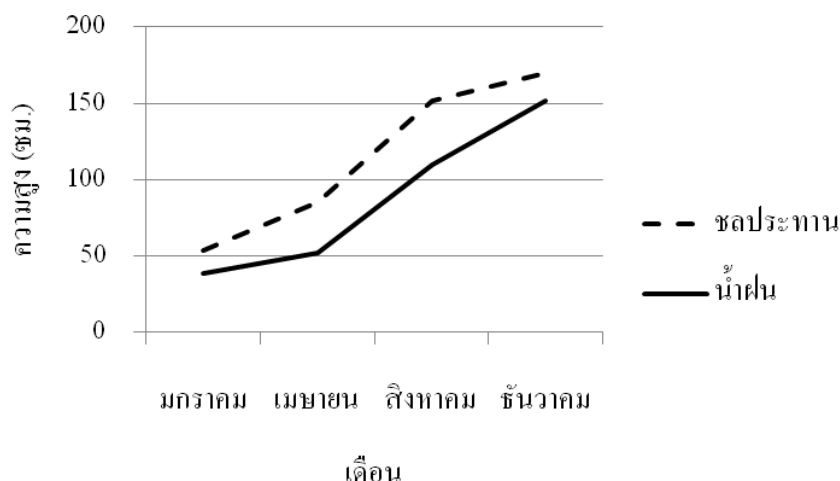
1. ผลของการใส่เชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโตของสับด้าในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝน

ความสูงของสับด้า

หลังจากย้ายลงปลูกในเดือนมกราคม พบว่าสับด้าที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานมีความสูงไม่แตกต่างจากสับด้าที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝน โดยมีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 53.2 และ 38.1 เซนติเมตร ซึ่งเกิดจากเดือนแรกหลังจากที่มีการย้ายปลูกได้มีการให้น้ำชลประทานในทั้ง 2 พื้นที่ เพื่อให้สับด้าสามารถตั้งตัวได้ ความสูงของทั้ง 2 ไม่แตกต่างกันการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาให้ความสูงไม่แตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อ และการใส่ปุ๋ยเคมีที่อัตราต่างๆ ก็ไม่ทำให้ความสูงของสับด้าแตกต่างกัน เช่นเดียวกัน ในเดือนที่ 4 หลังย้ายปลูก พบว่า พื้นที่การปลูกสับด้าทั้ง 2 พื้นที่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบความแตกต่างระหว่างการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ยทุกๆ อัตรา (ภาพที่ 1 และ ตารางที่ 1) และไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างแต่ละปัจจัย (ตารางผนวกที่ 74 และ 75)

ในเดือนที่ 8 หลังย้ายปลูก (เดือนสิงหาคม) พบว่า สับด้าในพื้นที่ชลประทานมีความสูงแตกต่างทางสถิติมากกว่าในพื้นที่อาศัยน้ำฝน โดยมีความสูงเฉลี่ย 151.5 เซนติเมตร และ 109.2 เซนติเมตร ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคมเป็นช่วงฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝนรวม 553.6 มิลลิเมตร เดือนที่ 12 หลังย้ายปลูก (เดือนธันวาคม) ไม่พบความแตกต่างของพื้นที่ปลูก เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา และอัตราปุ๋ย และยังไม่พบว่ามีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตอีกด้วย (ตารางผนวกที่ 74 และ 75)

เมื่อพิจารณาถึงอัตราความสูงของสับด้าในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝนทั้ง 3 ช่วงอายุ (ภาพที่ 1) พบว่า ช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายนในพื้นที่ชลประทานมีความสูงเพิ่มขึ้น 31.5 เซนติเมตร แต่ในพื้นที่อาศัยน้ำฝนมีความสูงเพิ่มขึ้นเพียง 13.3 เซนติเมตร ช่วงเดือนเมษายนถึงสิงหาคม ในพื้นที่ชลประทานมีความสูงเพิ่มขึ้นจากช่วงแรก เท่ากับ 66.8 เซนติเมตร และพื้นที่อาศัยน้ำฝนมีความสูงเพิ่มขึ้น 57.9 เซนติเมตร และในช่วง 4 เดือนสุดท้าย ความสูงของสับด้าที่พื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้นเพียง 18.5 เซนติเมตรแต่ในพื้นที่อาศัยน้ำฝนเพิ่มขึ้น 38.4 เซนติเมตร ทำให้ความสูงสุดท้ายของสับด้าของทั้ง 2 พื้นที่ ไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 1 ความสูงของสับดำในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝนเฉลี่ยจากการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ยทุกอัตราในช่วงอายุต่างๆ

การที่สับดำมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงไม่แตกต่างกัน เนื่องมาจากในปีที่ทำการทดลองมีการกระจายตัวของน้ำฝนตลอดทั้งปี ทำให้สับดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝนมีความสูงใกล้เคียงกับพื้นที่ชลประทาน และการที่สับดำเมื่อให้ผลผลิต กิ่งของสับดำที่ติดผลมีการโน้มเอียงลงทำให้ความสูงที่วัดจากยอดที่สูงที่สุดเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ค่าเฉลี่ยความสูงที่ได้ไม่แตกต่างกัน

ความกว้างทรงพุ่มของสับดำ

พื้นที่ปลูกทั้ง 2 พื้นที่ไม่มีความแตกต่างทางด้านความกว้างของทรงพุ่มแต่มีแนวโน้มว่าพื้นที่ชลประทานจะมีความกว้างทรงพุ่มมากกว่าพื้นที่อาศัยน้ำฝนในทุกๆระยะการเจริญเติบโต เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซามีอิทธิพลต่อความกว้างทรงพุ่มของสับดำ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.6 และ 6.7 เซนติเมตร เมื่อใส่และไม่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาตามลำดับ นำเกิดจากอิทธิพลของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในระยะต้นกล้าก่อนที่จะมีการย้ายปลูก ซึ่งต้นกล้าที่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและให้จำนวนใบมากกว่า สอดคล้องกับสุกานดา (2549) กล่าวว่า สับดำที่ปลูกจากท่อนพันธุ์ที่ได้รับเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซามีจำนวนใบและจำนวนยอดมากกว่าสับดำที่ไม่ได้รับเชื้อ แต่จากการทดลองเมื่อมีการย้ายลงแปลงปลูกต้นกล้าทั้ง 2 แบบได้รับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากในเรือนเพาะชำ เช่น ปริมาณน้ำฝน ธาตุอาหารในดิน การให้น้ำชลประทาน เป็นต้น ทำให้อิทธิพลของเชื้อราที่มีต่อสับดำน้อยลง และไม่มีความแตกต่างในเวลาต่อมา (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมีต่อความสูงของสับดูดาในช่วงอายุต่างๆ

ปัจจัย	ความสูง (เซนติเมตร)			
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 4	เดือนที่ 8	เดือนที่ 12
พื้นที่ (A)				
ชลประทาน	53.2	84.7	151.5a ^{1/}	169.9
อาศัยน้ำฝน	38.1	51.4	109.2b	147.7
F-test	ns	ns	*	ns
เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา(M)				
ใส่เชื้อ	47.8	70.9	129.8	160.8
ไม่ใส่เชื้อ	43.4	65.1	130.9	150.7
F-test	ns	ns	ns	ns
AxM	ns	ns	ns	ns
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (F)				
(กิโกรัมต่อไร่)				
0	49.0	75.9	124.9	150.7
25	48.1	70.4	134.3	164.8
50	41.0	63.0	126.9	155.1
75	44.5	62.7	136.3	164.6
F-test	ns	ns	ns	ns
AxF	ns	ns	ns	ns
MxF	ns	ns	ns	ns
AxMxF	ns	ns	ns	ns
CV (%)	28.1	38.9	24.7	17.1

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 2 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมีต่อความกว้างทรงพุ่ม
สนุ่นดำที่ช่วงอายุต่างๆ

ปัจจัย	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)			
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 4	เดือนที่ 8	เดือนที่ 12
พื้นที่ (A)				
ชลประทาน	9.5	64.2	141.1	132.9
อาศัยน้ำฝน	8.8	37.4	72.6	110.7
F-test	ns	ns	ns	ns
เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา(M)				
ใส่เชื้อ	11.6a ^{1/}	54.5	117.6	131.4
ไม่ใส่เชื้อ	6.7b	47.1	95.9	112.3
F-test	**	ns	ns	ns
AxM	ns	ns	ns	ns
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (F) (กิโลกรัมต่อไร่)				
0	7.7	55.2	114.8	119.5
25	10.9	52.5	102.0	126.4
50	8.6	47.3	108.7	122.4
75	9.5	48.3	101.8	118.8
F-test	ns	ns	ns	ns
AxF	ns	ns	ns	ns
MxF	ns	ns	ns	ns
AxMxF	ns	ns	ns	ns
CV (%)	77.3	47.1	42.4	35.1

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

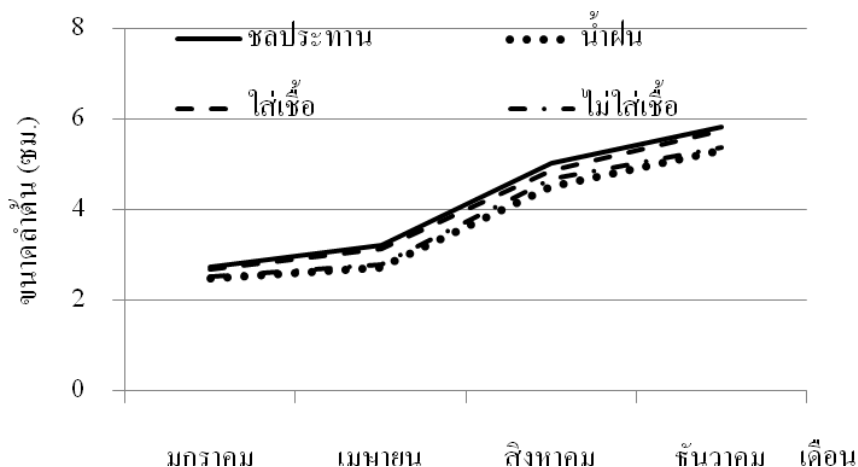
เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของสับดูดา โดยเฉพาะความสูงและความกว้างของทรงพุ่ม พบว่าในพื้นที่ชลประทานจะมีการเจริญเติบโตมากกว่าพื้นที่อาศัยน้ำฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ได้รับปริมาณน้ำฝนน้อย สับดูดาจะมีอัตราการเจริญเติบโตที่มากกว่า แต่ในที่ได้รับปริมาณน้ำฝนมากการเจริญเติบโตของสับดูดาของทั้ง 2 พื้นที่จะใกล้เคียงกัน ซึ่ง Foidl *et al.* (1996) ได้กล่าวว่า สับดูดาเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในหลายพื้นที่ในช่วงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยคือ 250-3000 มิลลิเมตร แต่ถ้าหากอยู่ในสภาพที่มีความชื้นสูงจะเจริญเติบโตได้ดีกว่า จากสภาพการทดลองมีปริมาณน้ำฝนรวม 1023.4 มิลลิเมตร ซึ่งไม่น้อยจนเกินไป ทำให้สับดูดาที่อายุ 1 ปีของทั้ง 2 พื้นที่ที่มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน

ขนาดของลำต้นสับดูดา

ขนาดของลำต้นสับดูดาในพื้นที่ชลประทานมีความแตกต่างจากพื้นที่อาศัยน้ำฝนในทุกระยะการเจริญเติบโต (1, 4, 8 และ 12 เดือนหลังย้ายปลูก) ซึ่งสับดูดาที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานมีขนาดลำต้นเท่ากับ 2.8, 3.3, 5.2 และ 5.9 เซนติเมตร ที่อายุ 1, 4, 8 และ 12 เดือนหลังย้ายปลูกตามลำดับ ส่วนสับดูดาที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนมีขนาดลำต้น 2.5, 2.7, 4.5 และ 5.3 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากสับดูดาเป็นพืชชอบน้ำ การที่ได้น้ำอย่างสม่ำเสมอทำให้สามารถขยายขนาดของลำต้นได้ดี อัตราการเจริญเติบโตในช่วงเวลาต่างๆ ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนมีปริมาณน้ำฝนต่ำทำให้ขนาดของลำต้นในพื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.5 เซนติเมตรสูงกว่าพื้นที่อาศัยน้ำฝน เท่ากับ 0.26 เซนติเมตร ในช่วงที่ 2 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม สับดูดาในพื้นที่ชลประทานมีขนาดลำต้นเพิ่มขึ้น เท่ากับ 1.8 เซนติเมตร ไม่แตกต่างจากพื้นที่อาศัยน้ำฝน เท่ากับ 1.8 เซนติเมตร ซึ่งสับดูดาที่ได้รับน้ำฝนอย่างเพียงพอทำให้การให้น้ำชลประทานไม่มีผลต่อขนาดลำต้น และช่วงเดือนกันยายนถึงธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนลดลงแต่ขนาดลำต้นของสับดูดาในพื้นที่ชลประทานที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าในพื้นที่อาศัยน้ำฝน (0.79 และ 0.81 เซนติเมตร) เนื่องจากสับดูดาในพื้นที่น้ำฝนมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าในระยะแรกจึงยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ แต่ในพื้นที่ชลประทานมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าในระยะแรกจึงทำให้ช่วงหลังมีอัตราการเจริญเติบโตที่ลดลง (ภาพที่ 2 และตารางที่ 3)

ในเดือนที่ 4 หลังย้ายปลูก พบว่า การใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซามีอิทธิพลต่อขนาดลำต้นสับดูดา โดยที่ต้นสับดูดาที่ได้รับเชื้อมีค่าเฉลี่ยของขนาดลำต้นมากกว่าต้นสับดูดาที่ไม่ได้รับเชื้อ (3.1 และ 1.9 เซนติเมตร) ซึ่งสอดคล้องกับ ศรีธัญยา (2545) ซึ่งได้ทดสอบในกล้าทุเรียน พบว่าการเจริญเติบโตทางลำต้นดีกว่าต้นที่ไม่มีไมคอร์ไรซา ซึ่งมีแนวโน้มว่าพรีติเมนต์ที่ได้รับไมคอร์ไรซามี

ขนาดเส้นรอบวงลำต้นสูงกว่าไม่มีไมคอร์ไรซาภายหลังได้รับเชื้อเป็นเวลา 3 เดือนขึ้นไป แต่หลังจากสบู่อายุมากขึ้นก็ไม่พบความแตกต่างระหว่างการใส่เชื้อและไม่ใส่เชื้อ (ภาพที่ 2 และ ตารางที่ 3) อัตราการเพิ่มขึ้นของลำต้นของสบู่อำที่ได้รับเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและไม่ได้รับเชื้อพบว่า ในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน ซึ่งเป็นระยะแรกของการเจริญเติบโตมีการเพิ่มขนาดของลำต้นที่มีการใส่เชื้อมากกว่าไม่ใส่เชื้อ (0.5 และ 0.3 เซนติเมตร)



ภาพที่ 2 ขนาดของลำต้นสบู่อำในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝนเฉลี่ยจากการใส่เชื้อและการใส่ปุ๋ยทุกอัตราในช่วงอายุต่างๆ และสบู่อำที่ได้รับเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและไม่ได้รับเชื้อเฉลี่ยจากทุกพื้นที่และทุกอัตราปุ๋ยในช่วงอายุต่างๆ

ตารางที่ 3 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมีต่อขนาดของลำต้น
สับค้ำในช่วงอายุต่างๆ

ปัจจัย	ขนาดลำต้น (เซนติเมตร)			
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 4	เดือนที่ 8	เดือนที่ 12
พื้นที่ (A)				
ชลประทาน	2.8a ^{1/}	3.3a	5.2a	5.9a
อาศัยน้ำฝน	2.5b	2.7b	4.5b	5.3b
F-test	*	*	*	*
เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา(M)				
ใส่เชื้อ	2.7	3.1a	4.9	5.7
ไม่ใส่เชื้อ	2.6	2.9b	4.8	5.5
F-test	ns	*	ns	ns
AxM	ns	ns	ns	ns
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (F)				
(กิโกรัมต่อไร่)				
0	2.6	3.1	4.9	5.6
25	2.6	3.1	5.1	5.8
50	2.6	2.9	4.7	5.6
75	2.6	2.9	4.6	5.5
F-test	ns	ns	ns	ns
AxF	ns	ns	ns	ns
MxF	ns	ns	ns	ns
AxMxF	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11.2	16.4	18.3	15.7

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการ
วิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

จำนวนกิ่งของสับดูดำ

สับดูดำที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์อายุ 1 ปี มีจำนวนกิ่งที่แตกจากกิ่งหลักเฉลี่ยไม่เกิน 4 กิ่ง โดยที่การใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาให้จำนวนกิ่งเฉลี่ยจากทุกพื้นที่และทุกอัตราปุ๋ย สูงสุด 3.50 กิ่ง สูงกว่าการไม่ใส่เชื้อมีจำนวนกิ่งเท่ากับ 3.1 กิ่ง ซึ่งต้นที่ได้รับเชื้อราวีโอไมคอร์ไรซามีจำนวนกิ่งสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับเชื้อ 12.9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) ซึ่งการที่จำนวนกิ่งของสับดูดำมีไม่เกิน 4 กิ่ง น่าจะเกิดจากจำนวนตาของท่อนพันธุ์ที่เจริญมาเป็นกิ่ง ถ้าหากเป็นต้นที่เกิดจากเมล็ดจะมีจำนวนกิ่งที่มากกว่าต้นที่เกิดจากท่อนพันธุ์ และการที่สับดูดำที่ได้รับเชื้อราวีโอไมคอร์ไรซามีจำนวนกิ่งมากกว่าสับดูดำที่ไม่ได้รับเชื้อ เนื่องมาจากเชื้อราช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากในการดูดและเพิ่มการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารต่างๆ จากดินสู่พืช เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม ซัลเฟต ทองแดง แมงกานีส สังกะสีและเหล็กให้แก่พืช (Marcshner and Dell, 1994) นอกจากนี้เชื้อรายังสามารถผลิตฮอร์โมนที่มีความจำเป็น ได้แก่ IAA ซึ่งกระตุ้นการเจริญเติบโตของกิ่ง ราก ดอก ผล และเมล็ด ซึ่งเป็นสารออกซินที่พืชสร้างขึ้น (สมบุญ และกฤษณ์, 2540) ซึ่งพิชิต (2547) รายงานว่าปริมาณออกซินที่ได้รับจากกล้าสับดูดำที่ได้รับเชื้อราวีโอไมคอร์ไรซามีมากกว่ากล้าสับดูดำที่ไม่ได้รับเชื้อราวีโอไมคอร์ไรซา

ตารางที่ 4 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมีต่อจำนวนกิ่ง
สนุ่นดำที่อายุ 1 ปี

ปัจจัย	จำนวนกิ่ง (เซนติเมตร)
พื้นที่ (A)	
ชลประทาน	3.4
อาศัยน้ำฝน	3.2
F-test	ns
เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา(M)	
ใส่เชื้อ	3.5a ^{1/}
ไม่ใส่เชื้อ	3.1b
F-test	*
AxM	ns
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (F) (กิโลกรัมต่อไร่)	
0	3.3
25	3.5
50	3.3
75	3.2
F-test	ns
AxF	ns
MxF	ns
AxMxF	ns
CV (%)	17.2

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการ
วิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

น้ำหนักแห้งราก

สับดูที่ได้รับเชื้อราวีโอไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งของรากมากกว่าสับดูที่ไม่ได้รับเชื้อ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 318.6 และ 195.9 กรัมต่อต้น การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทำให้น้ำหนักแห้งของรากแตกต่างกันเช่นเดียวกัน โดยที่ การใส่ปุ๋ยเคมีที่อัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้น้ำหนักรากสูงสุดเท่ากับ 283.0 กรัมต่อต้น รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักรากเท่ากับ 261.3 กรัมต่อต้น ส่วนการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 และ 0 กิโลกรัมต่อต้น ให้น้ำหนักรากน้อยที่สุด (242.2 และ 240.4 กรัมต่อต้น) ตามตารางที่ 5

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกรวมกับการใช้เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซา (AxM) โดยพื้นที่ชลประทานรวมกับการใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซา ให้น้ำหนักแห้งรากสูงสุด เท่ากับ 389.25 กรัมต่อต้น ส่วนสับดูในพื้นที่ชลประทานรวมกับการไม่ใส่เชื้อ ให้น้ำหนักแห้งน้อยที่สุด (157.3 กรัมต่อต้น) (ตารางที่ 6) ซึ่งการที่น้ำหนักรากสับดูในพื้นที่อาศัยน้ำฝนมากกว่าในพื้นที่ชลประทานที่ไม่ได้รับเชื้อ เนื่องจากลักษณะรากในพื้นที่อาศัยน้ำฝนมีความยาวรากและมีจำนวนรากฝอยมากกว่ารากสับดูในพื้นที่ชลประทานซึ่งมีรากขนาดใหญ่ อวบแน่นแต่สั้นและไม่มีรากฝอย ทำให้เมื่อนำไปอบแห้งแล้วมีน้ำหนักรากน้อยกว่าพื้นที่อาศัยน้ำฝน

อิทธิพลของพื้นที่ปลูกรวมกับการใส่ปุ๋ย(AxF) พบว่า พื้นที่ปลูกรวมกับการใช้เชื้อและการใส่ปุ๋ยทำให้น้ำหนักแห้งของรากแตกต่างกัน สับดูที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานรวมกับการไม่ใส่ปุ๋ย ให้น้ำหนักแห้งรากสูงที่สุด เท่ากับ 336.6 กรัมต่อต้น และการใส่ปุ๋ยทุกอัตรามีน้ำหนักรากใกล้เคียงกัน ส่วนสับดูที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนรวมกับการไม่ใส่ปุ๋ย ให้น้ำหนักแห้งรากน้อยที่สุด (144.3 กรัมต่อต้น) และน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยทุกอัตรา (ตารางที่ 6)

การใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ย (MxF) การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 และ 75 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งรากสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 335.5, 341.3 และ 352.1 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการไม่ใส่เชื้อร่วมกับไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งรากต่ำที่สุด เท่ากับ 145.3 และ 181.37 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 6)

ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูก การใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมี (AxMxF) อัตราต่างๆ พบว่า สับดูที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานรวมกับการใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซา และไม่ใส่ปุ๋ย ให้น้ำหนักแห้งรากสูงสุด เท่ากับ 526.8 กรัมต่อต้น การใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซา

ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 และ 75 กิโลกรัมต่อไร่ในพื้นที่อาศัยน้ำฝนให้น้ำหนักรากมากกว่าการที่ไม่ใส่เชื้อในพื้นที่ชลประทาน ส่วนสบูดำในพื้นที่ชลประทาน ร่วมกับการไม่ใส่เชื้อและการใส่ปุ๋ยที่ 25 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักแห้งรากต่ำสุด (117.01 กรัมต่อต้น) (ตารางที่ 6)

จากผลการทดลองพบว่า การใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซามีอิทธิพลต่อน้ำหนักรากสบูดำและยังมีปฏิกริยาสัมพันธ์ร่วมกับปัจจัยอื่นอีกด้วย สอดคล้องกับพืชชนิดอื่น เช่น ในทานตะวัน พบว่าเมื่อมีการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา ทำให้น้ำหนักแห้งรากมากกว่าการไม่ใส่เชื้อ และเมื่อใส่เชื้อ *Glomus occultum* 1 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 90 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ทำให้น้ำหนักแห้งรากทานตะวันมีน้ำหนักสูงสุด (อรจิรา, 2546) นอกจากนี้ยังพบว่า เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาชนิดต่างๆ ช่วยให้ทุเรียน หลั้วแปรงหิน ส้ม ข้าวโพด มีน้ำหนักรากมากกว่าการไม่ใส่เชื้ออีกด้วย (ศรัณยา, 2545, นิพนธ์, 2547, Wu and Xia, 2008 และ Christopher and Tony, 2008)

ตารางที่ 5 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก เชื้อราไวรัสไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยเคมีต่อน้ำหนักแห้งของ ราก ต้น และใบ (กรัมต่อต้น) สบู่ดำที่อายุ 1 ปี

ปัจจัย	น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น)		
	ราก	ต้น	ใบ
พื้นที่ (A)			
ชลประทาน	273.3	1072.9a	138.0
อาศัยน้ำฝน	241.2	515.6b	55.7
F-test	ns	*	ns
เชื้อราไวรัสไมคอร์ไรซา(M)			
ใส่เชื้อ	318.6a	843.1a	105.1a
ไม่ใส่เชื้อ	195.9b	745.4b	88.3b
F-test	**	**	**
AxM	**	**	ns
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (F) (กิโลกรัมต่อไร่)			
0	240.4c	759.9c	90.9c
25	242.2c	847.5a	58.9d
50	261.3b	727.7d	104.2b
75	285.0a	842.1b	132.8a
F-test	**	**	**
AxF	**	**	**
MxF	**	ns	**
AxMxF	**	**	**
C.V. (%)	47.8	41.2	67.4

หมายเหตุ ¹ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% , ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และ ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 6 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอ็มเคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนักแห้งของราก (กรัมต่อต้น) ของสับปะรดที่อายุ 1 ปี

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		Ax ^F	อาศัยน้ำฝน		Ax ^F			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)									
0	526.8a	146.3ef	336.6a	144.3ef	144.3ef	144.3b	240.4c	335.5a	145.3b
25	292.7cd	117.1f	204.9ab	198.4def	360.7ab	279.5ab	242.2c	245.5ab	238.9ab
50	321.9c	146.3ef	234.1ab	360.7ab	216.4de	288.5ab	261.3b	341.3a	181.37b
75	415.6b	219.5df	317.5ab	288.5cd	216.4de	252.5ab	285.0a	352.1a	217.9ab
AxM	389.3a ^{2/}	157.3c		247.9b	234.4b				
M	318.6a				195.9b				VxMxF
A		273.3			241.2				257.3

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

น้ำหนักแห้งต้น

การปลูกสบู่ดำในพื้นที่ชลประทานทำให้น้ำหนักต้นสบู่ดำแตกต่างจากสบู่ดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝน โดยสบู่ดำในพื้นที่ชลประทานให้น้ำหนักต้นสบู่ดำมากกว่าสบู่ดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝน (1072.9 และ 515.6 กรัมต่อต้น) การใช้เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาให้น้ำหนักต้นสบู่ดำมากกว่าการไม่ใช้เชื้อ (843.1 และ 745.4 กรัมต่อต้น) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อต้น ให้น้ำหนักต้นสบู่ดำสูงสุด เท่ากับ 847.5 กรัมต่อต้น รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยอัตรา 75, 0 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักต้น เท่ากับ 842.1, 759.9 และ 727.7 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกร่วมกับการใช้เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา ($A \times M$) พื้นที่ปลูกร่วมกับการใส่ปุ๋ย ($A \times F$) และพื้นที่ปลูกร่วมกับการใช้เชื้อและการใส่ปุ๋ย ($A \times M \times F$) ให้น้ำหนักต้นแตกต่างกัน โดยสบู่ดำที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา ($A \times M$) ให้น้ำหนักต้นสูงสุด เท่ากับ 1185.6 กรัมต่อต้น ส่วนสบู่ดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใช้เชื้อและไม่ใช้เชื้อให้น้ำหนักต้นน้อยที่สุดและไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 517.9 และ 513.3 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกร่วมกับการใส่ปุ๋ย ($A \times F$) ทำให้น้ำหนักต้นแตกต่างกัน โดยที่สบู่ดำในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักต้นสูงสุด เท่ากับ 1185.6 กรัมต่อต้น และสบู่ดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักแห้งของต้นต่ำสุด เท่ากับ 334.2 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 7)

เมื่อพิจารณาปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย พบว่า สบู่ดำที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใช้เชื้อและการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักแห้งต้นสูงสุด เท่ากับ 1358.9 กรัมต่อต้น และสบู่ดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใช้เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการไม่ใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักแห้งต้นต่ำที่สุด 320.8 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 7)

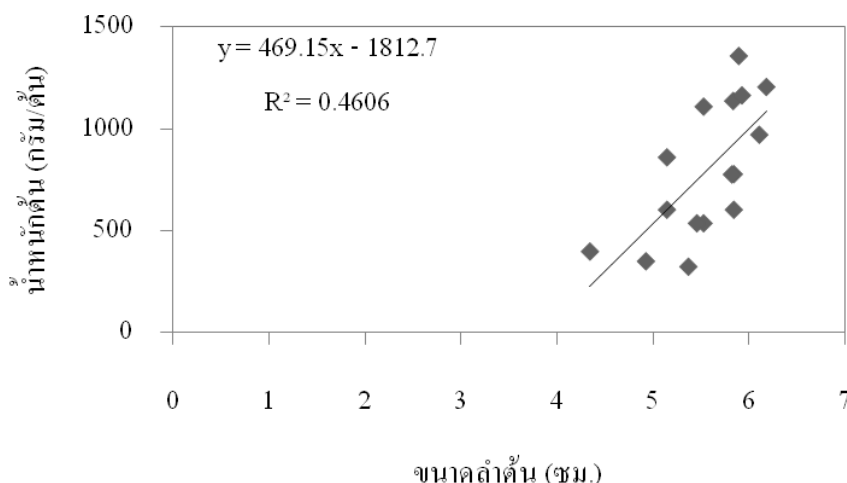
ตารางที่ 7 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนักแห้งของต้น (กรัมต่อต้น) ของสนุ่นดำที่อายุ 1 ปี

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)	ใส่เชื้อ		ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ			ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ
0	1206.4b	1164.8bc	1185.6a	320.8j	3473.5ij	334.2d	759.9c	763.6	756.2
25	970.7d	1109.3c	1040.0ab	534.7h	395.6f	654.9c	847.5a	752.7	942.3
50	1137.7c	776.5f	956.8b	601.5g	395.7i	498.6cd	727.7d	869.3	586.1
75	1358.9a	859.7e	1109.3ab	614.9g	534.7h	574.8c	842.1b	986.9	697.2
AxM	1168.3a	977.6b		517.9c	513.3c				
M	843.1a				745.4b				VxMxF
A	1072.9a			515.6b				794.3	

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การให้น้ำชลประทานช่วยให้สับดูดำสะสมน้ำหนักรากได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับขนาดลำต้น ซึ่งสับดูดำในพื้นที่ชลประทานให้ขนาดลำต้นมากกว่าปัจจัยอื่นๆ (ภาพที่ 3) ดังนั้นในกรรมวิธีที่ได้รับน้ำชลประทานร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ทำให้สับดูดำมีน้ำหนักรากมากที่สุด



ภาพที่ 3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรากและขนาดลำต้นของสับดูดำ ที่อายุ 1 ปี

น้ำหนักรากแห้งใบ

น้ำหนักรากแห้งใบของสับดูดำซึ่งเป็นน้ำหนักรากใบสับดูดำที่อายุ 1 ปี ที่ได้รับเชื้อราไมคอร์ไรซา แตกต่างจากสับดูดำที่ไม่ได้รับเชื้อราไมคอร์ไรซา (105.1 และ 88.3 กรัมต่อต้น) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกันก็ทำให้น้ำหนักรากแห้งใบมีความแตกต่างกัน โดยที่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักรากแห้งสูงสุด รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (132.8, 104.2, 90.9 และ 58.9 กรัมต่อต้น) (ตารางที่ 5)

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกร่วมกับการใส่ปุ๋ย (AxF) พบว่า การปลูกสับดูดำในพื้นที่ชลประทานร่วมกับไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยที่ 50 กิโลกรัมต่อไร่และใส่ปุ๋ยที่ 75 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักรากแห้งของใบสูงสุด เท่ากับ 138.97, 165.50 และ 183.19 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักรากแห้งของใบที่น้อยที่สุดคือ การปลูกสับดูดำในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อต้น และการปลูกสับดูดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใช้ปุ๋ยทุกอัตราให้น้ำหนักรากแห้งไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 8)

การใช้เชื้อรา*เอไมคอร์ไรซา*ร่วมกับการใส่ปุ๋ย (MxF) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งใบสูงสุดซึ่งไม่แตกต่างกับการไม่ใส่เชื้อร่วมกับการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ 140.5 และ 141.6 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนการไม่ใส่เชื้อร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งของใบน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 46.7 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 8)

ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย พบว่าสับดูดาในพื้นที่ชลประทานร่วมการใส่เชื้อรา*เอไมคอร์ไรซา*และใส่ปุ๋ยที่ 50 กิโลกรัมต่อไร่ การไม่ใส่เชื้อรา*เอไมคอร์ไรซา*ร่วมกับการใส่ปุ๋ยที่ 75 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งของใบสูงสุด เท่ากับ 227.4 และ 214.8 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และสับดูดาในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการไม่ใส่เชื้อและการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักแห้งของใบต่ำสุด เท่ากับ 32.1 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 8)

การใส่ปุ๋ยในอัตราสูง (50 และ 75 กิโลกรัมต่อไร่) ทำให้สับดูดามีน้ำหนักชีวมวลมากกว่าการใส่ปุ๋ยอัตราต่ำหรือไม่ใส่ปุ๋ยซึ่ง Foidl *et al.* (1996) กล่าวว่าจากสับดูดา อายุ 7 เดือน มีน้ำหนักชีวมวลมากขึ้นเมื่อได้รับธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง เช่นเดียวกัน

การใช้เชื้อรา*เอไมคอร์ไรซา*ส่งเสริมให้สับดูดามีน้ำหนักแห้งรากและต้นมากกว่าการไม่ใส่เชื้อในทุกสภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ Wu and Xia (2006) ได้ทดสอบเชื้อรา*เอไมคอร์ไรซา*ในกล้าส้ม พบว่า กล้าส้มที่ได้รับเชื้อรา*เอไมคอร์ไรซา*ทั้งภายใต้สภาพที่มีการให้น้ำและไม่มีการให้น้ำ มีความสูง จำนวนใบ ขนาดลำต้น รวมทั้งน้ำหนักแห้งของต้นและรากมากกว่ากล้าส้มที่ไม่ได้รับเชื้อรา*เอไมคอร์ไรซา* Tewari (2006) รายงานว่า สับดูดาที่ได้รับเชื้อรา*เอไมคอร์ไรซา*จะมีน้ำหนักแห้งและผลผลิตเพิ่มขึ้น 30 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 8 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนักแห้งของใบ (กรัมต่อต้น) สนุ่ดำที่อายุ 1 ปี

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกกรัมต่อไร่)									
0	126.3bc	151.6b	138.9a	42.8ef	42.8ef	42.8b	90.9c	84.6ab	97.2ab
25	78.4def	50.5def	64.4b	64.2def	42.8ef	53.5b	58.9d	71.3ab	46.7b
50	227.4a	103.6bcd	165.5a	53.5def	32.1g	42.8b	104.2b	140.5a	67.9ab
75	151.6b	214.8a	183.2a	96.3cde	68.5def	82.4b	132.8a	123.9ab	141.6a
AxM	145.9	130.1		64.2	46.6				
M	105.1a				88.3b			VxMxF	
A		138.0			55.4				96.7

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. ผลของเชื้อราเวติคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตของสับดูดาในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝน

น้ำหนักผลแห้ง

น้ำหนักผลแห้งเฉลี่ยจากการใส่เชื้อและการใส่ปุ๋ยของทั้ง 2 พื้นที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 9) โดยที่สับดูดาในพื้นที่ชลประทานให้น้ำหนักผลแห้ง (876.5 กรัมต่อต้น) สูงกว่าสับดูดาในพื้นที่อาศัยน้ำฝน (477.3 กรัมต่อต้น) ซึ่งน้ำหนักผลแห้งต่อต้นเพิ่มขึ้นถึง 84 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่เชื้อทำให้น้ำหนักผลแห้งสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อ 41 เปอร์เซ็นต์ (792.8 และ 561.1 กรัมต่อต้น) และการใส่ปุ๋ยที่ 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักผลแห้งสูงสุด เท่ากับ 836.4 กรัมต่อต้น ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอัตรา 50 และ 75 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตไม่แตกต่าง

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา (AxM) แม้ว่าไม่มีความแตกต่างด้านสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่เชื้อในพื้นที่อาศัยน้ำฝนให้น้ำหนักผลใกล้เคียงกับการไม่ใส่เชื้อในพื้นที่ชลประทาน โดยให้น้ำหนักผล 622.0 และ 789.6 กรัมต่อต้น ซึ่งการใส่เชื้อในพื้นที่อาศัยน้ำฝนให้น้ำหนักผลเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่เชื้อถึง 53 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการใส่เชื้อร่วมกับการใส่ปุ๋ยทุกอัตรา มีแนวโน้มที่ให้น้ำหนักผลมากกว่าการไม่ใส่เชื้อร่วมกับการใส่ปุ๋ยทุกอัตรา (ตารางที่ 10)

พื้นที่ปลูกและการใส่ปุ๋ย (AxP) โดยที่สับดูดาที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักผลแห้งสูงสุด เท่ากับ 1176.8 กรัมต่อต้น การใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่กลับทำให้น้ำหนักผลต่ำสุด เท่ากับ 652.7 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่ง Achten *et. al.* (2008) กล่าวไว้ว่า เมื่อสับดูดาได้รับความชื้นสูงหรือได้รับปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงจะทำให้มีน้ำหนักชีวมวลสูง แต่ผลผลิตกลับลดลง ตรงกันข้ามกับสับดูดาที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักผลสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอัตรา 25 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ผลผลิตต่ำสุดไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 566.3, 385.6, 496.1 และ 461.2 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ในพื้นที่ชลประทานให้น้ำหนักผลสูงสุด เท่ากับ 1233.4 กรัมต่อต้น ส่วนการไม่ใส่เชื้อร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักผลต่ำสุด เท่ากับ 226.8 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 น้ำหนักผลแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง และน้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) เมื่อได้รับอิทธิพลจากพื้นที่ปลูก การใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ยเคมีในสับคั่วอายุ 1 ปี

ปัจจัย	น้ำหนักแห้ง		
	ผล (กรัม/ต้น)	เมล็ด (กรัม/ต้น)	100 เมล็ด (กรัม)
พื้นที่ (A)			
ชลประทาน	876.5a	568.8a	59.6
อาศัยน้ำฝน	477.3b	309.2b	60.3
F-test	*	*	ns
เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา(M)			
ใส่เชื้อ	792.8a	512.9a	63.4a
ไม่ใส่เชื้อ	516.1b	354.9b	56.5b
F-test	**	**	*
AxM	ns	ns	ns
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (F) (กิโลกรัมต่อไร่)			
0	606.1b	387.7b	57.6
25	836.4a	546.6a	58.5
50	655.6b	421.3b	62.9
75	609.5b	396.3b	60.8
F-test	*	*	ns
AxF	**	*	ns
MxF	*	**	ns
AxMxF	ns	ns	ns
C.V. (%)	47.8	49.4	13.8

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดังนี้ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% , ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และ ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 10 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนักผลแห้ง (กรัมต่อต้น) ของสับปะรดที่อายุ 1 ปี

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)									
0	903.4	749.9	826.6b ^{1/}	324.3	428.9	385.6c	606.1b	622.9	589.4
25	1233.4	1120.2	1176.8a	641.8	350.4	496.1c	836.4a	937.6	735.3
50	898.0	802.0	850.0b	695.5	226.8	461.2c	655.6b	796.8	514.4
75	819.1	486.2	652.7bc	808.5	324.1	566.3bc	609.5b	813.8	405.2
AxM	963.5	789.6		622.0	332.6				
M	792.8a ^{2/}			561.1b				VxMxF	
A	876.5a			477.3b				676.9	

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

น้ำหนักเมล็ดแห้ง

พื้นที่ชลประทานให้น้ำหนักเมล็ดมากกว่าพื้นที่อาศัยน้ำฝน (568.8 และ 307.2 กรัมต่อต้น) 85 เปอร์เซ็นต์ การใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการไม่ใส่เชื้อให้ผลแตกต่างกัน โดยที่การใส่เชื้อให้น้ำหนักเมล็ด เท่ากับ 521.1 กรัมต่อต้น และการไม่ใส่เชื้อให้น้ำหนักเมล็ด เท่ากับ 354.9 กรัมต่อต้น (47 เปอร์เซ็นต์) การใส่ปุ๋ยที่อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักเมล็ดแห้งสูงสุด เท่ากับ 546.6 กรัมต่อต้น ส่วนการใส่ปุ๋ยที่อัตราอื่นๆ และไม่ใส่ปุ๋ยไม่ทำให้น้ำหนักเมล็ดแห้งแตกต่างกัน (ตารางที่ 9)

จากตารางที่ 11 ปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและการใส่เชื้อ (AxM) พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่การใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในพื้นที่ชลประทานมีแนวโน้มให้น้ำหนักเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือ การไม่ใส่เชื้อในพื้นที่ชลประทาน การใส่เชื้อในพื้นที่อาศัยน้ำฝน และการไม่ใส่เชื้อในพื้นที่อาศัยน้ำฝน (639.7, 497.8, 402.4 และ 211.9 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)

ปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและการใส่ปุ๋ย (AxF) โดยที่สับดำที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานรวมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักผลแห้งสูงสุด เท่ากับ 773.2 กรัมต่อต้น ส่วนสับดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝนรวมกับการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ให้ผลผลิตต่ำสุดไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 245.8, 319.9 และ 303.9 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 11)

ปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อรวมกับการใส่ปุ๋ย พบว่าน้ำหนักเมล็ดที่มากที่สุดอยู่ในสับดำที่ได้รับเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาพร้อมกับการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ 635.0 กรัมต่อต้นและน้ำหนักเมล็ดที่น้อยที่สุด เท่ากับ 249.9 กรัมต่อต้นเมื่อไม่ได้ใส่เชื้อรวมกับการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 11)

ส่วนปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย มีแนวโน้มว่า ในพื้นที่ชลประทาน การใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาพร้อมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดสูงสุด และการไม่ใส่เชื้อพร้อมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักเมล็ดต่ำสุด ส่วนในพื้นที่อาศัยน้ำฝน การใส่เชื้อพร้อมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักเมล็ดสูงสุด และการไม่ใส่เชื้อพร้อมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักเมล็ดต่ำที่สุด (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัมต่อต้น) ของสบู่ดำที่อายุ 1 ปี

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF		MxF	
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ	AxF	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ	AxF		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
0	575.4	483.8	529.6b	203.8	287.9	245.8c	387.7b	389.6abc	385.8abc
25	850.6	695.8	773.2a	419.5	220.4	319.9c	546.6a	635.0a	458.1abc
50	579.4	498.2	538.8b	454.6	153.3	303.9c	421.3b	516.9ab	325.7bc
75	553.4	313.7	433.6bc	531.9	186.3	359.1bc	396.3b	542.7ab	249.9c
AxM	639.7	497.8		402.4	211.9				
M	521.9a				354.9b			VxMxF	
A	568.78a			307.2b				437.9	

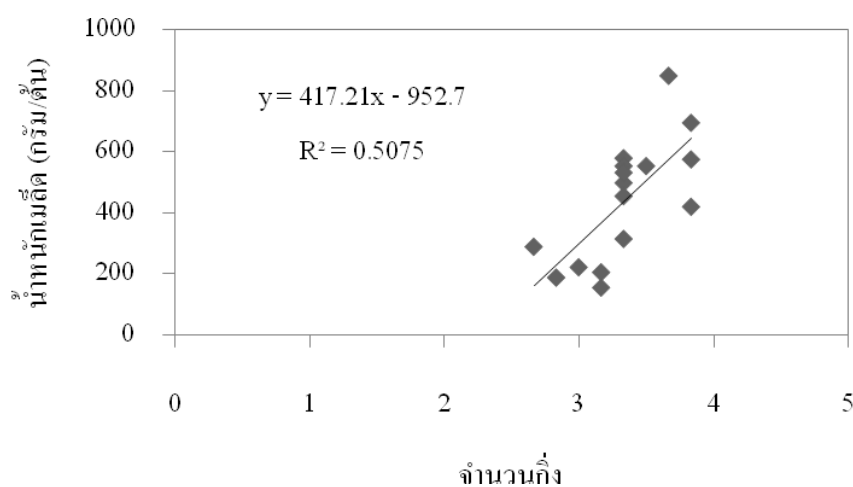
หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สบู่ดำที่ได้รับเชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาให้น้ำหนัก 100 เมล็ดมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับเชื้อ โดยมีน้ำหนักเมล็ด 63.4 และ 56.5 กรัมต่อเมล็ด ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันของน้ำหนัก 100 เมล็ดระหว่าง 2 พื้นที่ และการใส่ปุ๋ยอัตราต่างๆ แต่ก็มีแนวโน้มว่า การใส่ปุ๋ยอัตรา 75 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักเมล็ดสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่ใส่ปุ๋ย (62.9, 60.8, 0.585 และ 57.6 กรัม ตามลำดับ) (ตารางที่ 9)

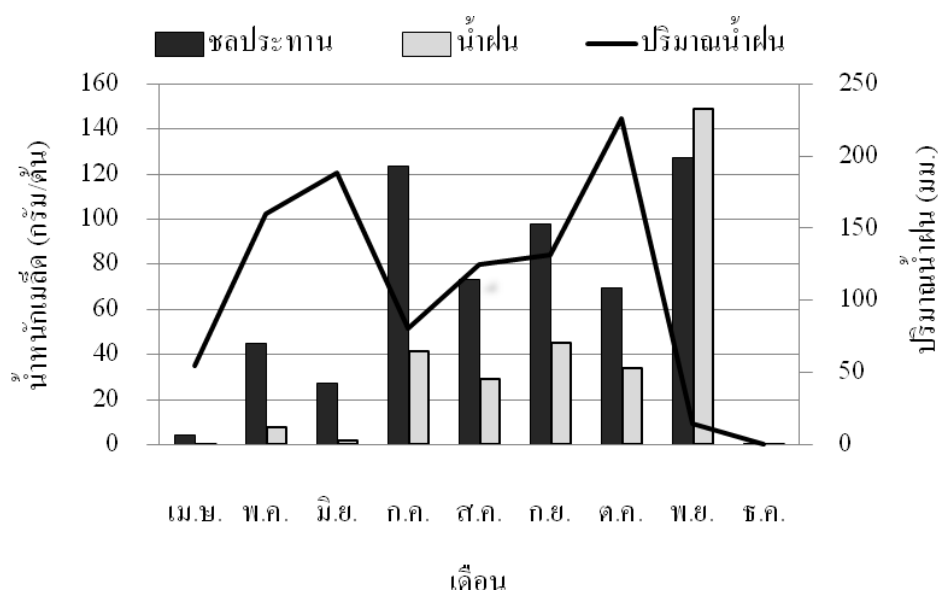
Achten *et. al.* (2008) ได้รายงานไว้ว่า ผลผลิตของสบู่ดำขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน ชนิดของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน พันธุกรรม อายุพืช และการจัดการ (วิธีการปลูก ระยะปลูก การตัดแต่งกิ่ง การใส่ปุ๋ย และการชลประทาน เป็นต้น) จากการทดลองพบว่า การที่สบู่ดำจะให้ผลผลิตสูงต้องมีการชลประทานและการใส่ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสม เนื่องจากสถานที่ทดลองเป็นดินที่ค่อนข้างมีความอุดมสมบูรณ์จึงใช้ปุ๋ยในอัตราต่ำ ถ้าหากเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำน่าจะต้องใช้ปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้น

นอกจากนี้การใช้เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาช่วยให้ผลผลิตสบู่ดำเพิ่มขึ้นได้เช่นเดียวกัน ซึ่งเชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาช่วยให้สบู่ดำมีการแตกกิ่งที่มากกว่าปัจจัยอื่น และผลผลิตสบู่ดำจะติดบริเวณปลายยอดของกิ่ง การแตกกิ่งที่มากกว่าทำให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากภาพที่ 3 ซึ่งจำนวนกิ่งแขนงมีความจะสัมพันธ์โดยตรงกับผลผลิต (อรรถพล, 2550)



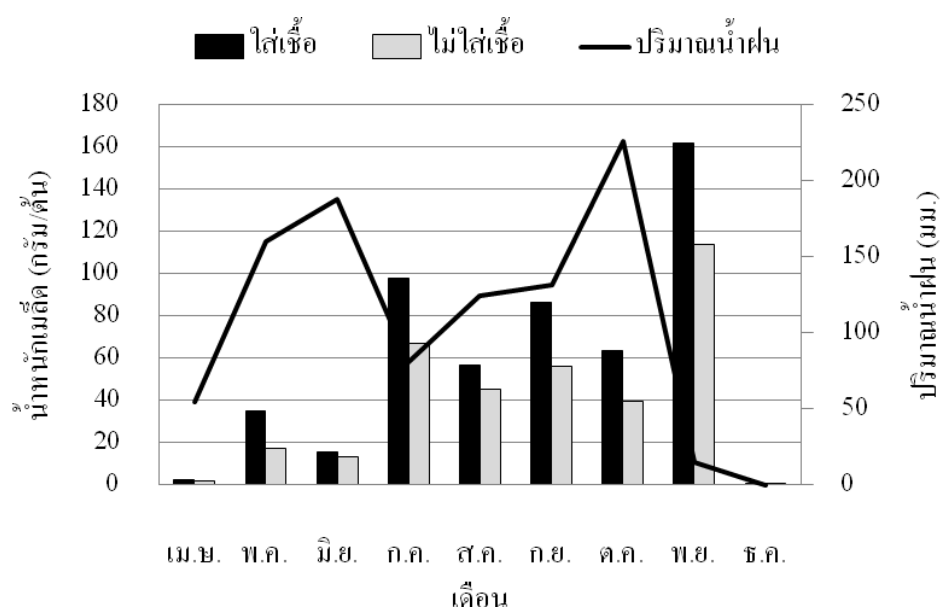
ภาพที่ 4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกิ่งและน้ำหนักเมล็ดของสบู่ดำที่อายุ 1 ปี

เมื่อพิจารณาสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อช่วงเวลาที่สับดำให้ผลผลิต จากภาพที่ 3 พบว่า สับดำในพื้นที่ชลประทานมีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าและเริ่มให้ผลผลิตก่อนสับดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝนและมีผลผลิต (น้ำหนักเมล็ด) สูงมากที่สุดในช่วงเดือนกรกฎาคม และเดือนพฤศจิกายน แต่หลังจากนั้นอุณหภูมิเริ่มลดลงทำให้สับดำไม่ติดดอกไม่ว่าจะมีการให้น้ำมากเพียงใดก็ตามทำให้ในเดือนธันวาคมสับดำมีผลผลิตต่ำมาก ส่วนสับดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝนมีปริมาณผลผลิตต่ำในช่วงแรกเนื่องจากได้รับปริมาณน้ำน้อยกว่าและหลังจากได้รับปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนสับดำจึงได้มีผลผลิตสูงขึ้นและสูงที่สุดในช่วงเดือนพฤศจิกายน



ภาพที่ 5 น้ำหนักเมล็ดรวมของสับดำเฉลี่ยจากพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝนในแต่ละเดือน

ส่วนการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะพบว่า ในช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำปริมาณผลผลิตของสับดำที่ได้รับเชื้อและไม่ได้รับเชื้อจะมีความแตกต่างกันมาก เช่นในเดือนพฤษภาคม กรกฎาคมและพฤศจิกายน สับดำที่ได้รับเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะมีผลผลิตมากกว่าสับดำที่ไม่ได้รับเชื้อ ส่วนเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนสูงผลผลิตของเดือนนั้นจะมีความแตกต่างกันน้อยกว่า (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 6 น้ำหนักเมล็ดของสับรุดจากการใส่เชื้อราอีเอ็มคอร์ไรซาและไม่ใส่เชื้อในแต่ละเดือน

3. ผลของเชื้อราเวสทิกูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในใบสับดูดาในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝน

ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดในใบ

สับดูดาในพื้นที่อาศัยน้ำฝนมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบมากกว่าพื้นที่ชลประทาน (3.10 และ 2.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แม้ว่าจะแตกต่างกันทางสถิติแต่เปอร์เซ็นต์ที่ได้ต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การใส่ปุ๋ยไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบพืชแตกต่างกัน ส่วนการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 50 และ 75 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบพืชสูงสุดอย่างไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 3.16 และ 3.11 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณไนโตรเจนในใบ เท่ากับ 2.95 และ 2.82 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12)

จากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและการใส่ปุ๋ย ($A \times F$) พบว่าเมื่อสับดูดาในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนในใบสูงสุด เท่ากับ 3.28 เปอร์เซ็นต์ และสับดูดาในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณไนโตรเจนในใบต่ำสุด เท่ากับ 2.26 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13)

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ย ($M \times F$) พบว่า การใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนในใบสูงที่สุดมีค่า เท่ากับ 3.28 เปอร์เซ็นต์ และการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ยให้ปริมาณไนโตรเจนในใบต่ำสุด เท่ากับ 2.76 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13)

จากผลทดลองพบว่า สับดูดามีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณมากในการเจริญเติบโตซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้น ก็พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะสับดูดาเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตแบบต่อเนื่องทำให้ต้องการธาตุไนโตรเจนซึ่งช่วยในด้านการเจริญเติบโตของพืช

ตารางที่ 12 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในใบสับงูดำที่อายุ 8 เดือน

ปัจจัย	ธาตุอาหารในใบ (เปอร์เซ็นต์)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
พื้นที่ (A)			
ชลประทาน	2.92b ^{1/}	0.39b	2.44a
อาศัยน้ำฝน	3.10a	0.45a	1.91b
F-test	*	*	*
เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา(M)			
ใส่เชื้อ	3.01	0.44	2.43a
ไม่ใส่เชื้อ	3.01	0.39	1.92b
F-test	ns	ns	**
AxM	ns	ns	**
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (F) (กิโลกรัมต่อไร่)			
0	2.83b	0.43a	2.27a
25	2.95b	0.46a	2.20a
50	3.16a	0.44a	2.25a
75	3.11a	0.34b	1.97b
F-test	*	**	**
AxF	*	*	**
MxF	**	ns	**
AxMxF	ns	**	**
C.V. (%)	9.0	28.6	21.2

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% , ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และ ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 13 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อปริมาณไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์) ในใบสับจั่วที่อายุ 8 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)									
0	2.51	2.75	2.26d ^{1/}	3.01	3.04	3.03bc	2.83b	2.76e	2.89de
25	3.04	2.98	3.01bc	2.69	3.10	2.89c	2.95b	2.86de	3.04bcd
50	3.07	3.01	3.04bc	3.22	3.34	3.28a	3.16a	3.15abc	3.18ab
75	3.28	2.75	3.01bc	3.28	3.13	3.21ab	3.11a	3.28a	2.94cde
AxM	2.98	2.87		3.05	3.16				
M	3.01				3.01			VxMxF	
A	2.92b ^{2/}			3.10a				3.01	

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบของสนุ่นดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝนมากกว่าพื้นที่ชลประทาน เท่ากับ 0.45 และ 0.39 เปอร์เซ็นต์ การใส่เชื้อไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อ (0.44 และ 0.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25, 50 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสในใบสูงสุด (ตารางที่ 12) ซึ่งเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะช่วยให้มีการดูดธาตุ ฟอสฟอรัสของสนุ่นดำมากขึ้น (Achten *et al.*, 2008)

การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25, 50 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสใน ใบสูงสุด อย่างไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 0.46, 0.44 และ 0.43 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และการใส่ปุ๋ยเคมี ที่ 75 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสในใบต่ำสุด เท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14)

สนุ่นดำที่ปลูกในทั้งสองพื้นที่ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตราต่างๆ ให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบ แตกต่างกัน โดยที่สนุ่นดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และสนุ่นดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณฟอสฟอรัสในใบสูงสุด 0.52 และ 0.49 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลูกในพื้นที่ ชลประทานร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่และปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใส่ปุ๋ย อัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 14)

เมื่อพิจารณาปฏิกริยาสัมพันธ์ของทั้ง 3 ปัจจัย พบว่า การปลูกสนุ่นดำในพื้นที่ชลประทาน ร่วมกับการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกสนุ่นดำใน พื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ย และการปลูกสนุ่นดำใน พื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มี ปริมาณฟอสฟอรัสในใบไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 0.59, 0.58 และ 0.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วน ปริมาณฟอสฟอรัสในใบที่น้อยที่สุดพบในสนุ่นดำที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใส่เชื้อราวิ เอไมคอร์ไรซาร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ย สนุ่นดำที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใส่เชื้อราวิเอไม คอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ สนุ่นดำที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการไม่ ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และสนุ่นดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัย น้ำฝนร่วมกับการไม่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ 0.34, 0.34, 0.34 และ 0.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอ ไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อปริมาณฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในใบสับจั่วที่อายุ 8 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)								
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF	F	MxF	
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15									
0	0.34c ^{1/}	0.41bc	0.38bcd	0.58a	0.4bc	0.49a	0.43a	0.46	0.41
25	0.59a	0.33c	0.46ab	0.41bc	0.5ab	0.45abc	0.46a	0.50	0.42
50	0.37bc	0.35bc	0.36cd	0.62a	0.41bc	0.52a	0.44a	0.50	0.38
75	0.34c	0.34c	0.34d	0.3c	0.39bc	0.34d	0.34b	0.32	0.37
AxM	0.41	0.36		0.48	0.42				
M	0.44				0.39				VxMxF
A		0.39b ^{2/}			0.45a				0.42

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณของโพแทสเซียมทั้งหมดในใบ

พื้นที่ปลูก การใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาและปุ๋ยทุกอัตรามีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมในใบพืช โดยที่สับุดำในพื้นที่ชลประทานมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในใบสูงกว่าพื้นที่อาศัยน้ำฝน (2.44 และ 1.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) การใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซา ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 2.43 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อไม่ใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในใบเท่ากับ 1.92 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยเคมีที่อัตรา 50 และ 25 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมสูงสุดไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 2.27, 2.26 และ 2.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีที่อัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำสุด เท่ากับ 1.97 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสในใบพืช ซึ่งเกิดจากในดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างสูง (ตารางผนวกที่ 2) และเชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาช่วยในการดูดธาตุโพแทสเซียมทำให้ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบสูงแม้ว่าจะไม่มีการใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 12)

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกร่วมกับการใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซา พบว่า สับุดำที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซา มีปริมาณโพแทสเซียมในใบสูงสุด เท่ากับ 2.55 เปอร์เซ็นต์ สับุดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการไม่ใส่เชื้อ มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำสุด เท่ากับ 1.51 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสับุดำที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานร่วมกับไม่ใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซามีปริมาณโพแทสเซียมในใบไม่แตกต่างจากสับุดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซา เท่ากับ 2.32 และ 2.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี พบว่า สับุดำในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณโพแทสเซียมในใบสูงสุดเท่ากับ 2.57 เปอร์เซ็นต์ และสับุดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำสุด เท่ากับ 1.59 เปอร์เซ็นต์

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี พบว่าการใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมสูงสุดไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 2.60, 2.57 และ 2.60 เปอร์เซ็นต์ การไม่ใส่เชื้อราวีโอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมในใบต่ำสุด เท่ากับ 1.84 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15)

ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ของทั้ง 3 ปัจจัย พบว่า การปลูกสับรู่ดำในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณโพแทสเซียมในใบสูงสุด เท่ากับ 2.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมในใบที่น้อยที่สุดพบในสับรู่ดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการไม่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการไม่ใส่ปุ๋ย สับรู่ดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการไม่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ย อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ สับรู่ดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการไม่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และสับรู่ดำที่ปลูกในพื้นที่อาศัยน้ำฝนร่วมกับการไม่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ย อัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ 1.47, 1.48, 1.51 และ 1.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

Auge (2001) รายงานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและรากที่มีต่อการดูดธาตุอาหารและการเจริญเติบโตมีการตอบสนองในด้านบวก การที่เชื้อราไมคอร์ไรซามีเปอร์เซ็นต์การครอบครองรากสูงทำให้เพิ่มความสามารถในการดูดธาตุอาหารที่มีประจุได้มากขึ้น เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส (Marschner and Dell, 1994) และก็ยังชักนำให้มีการดูดและเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่เคลื่อนย้ายได้ดี เช่น ไนโตรเจนในสภาพที่แห้งแล้งอีกด้วย (Liu *et al.*, 2007)

ตารางที่ 15 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อปริมาณโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในใบสับดูดำที่อายุ 8 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)									
0	2.72a ^{1/}	2.41def	2.57a	2.47cde	1.47h	1.97d	2.27a	2.60a	1.94b
25	2.62abc	2.20g	2.41b	2.51bcd	1.48h	2.00c	2.20a	2.57a	1.84c
50	2.55bcd	2.32fg	2.43b	2.65ab	1.51h	2.08c	2.25a	2.60a	1.91bc
75	2.33efg	2.36ef	2.35b	1.06h	1.58h	1.59e	1.97b	1.96b	1.97b
AxM	2.55a ^{2/}	2.32ab		2.31ab	1.511b				
M	2.43a				1.92b			VxMxF	
A		2.44a			1.91b			2.18	

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวดังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ผลของเชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีต่อจำนวนสปอร์ในดิน และความหนาแน่นในการครอบครองรากสปูดำในพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝน

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนสปอร์จากทุกพื้นที่และปุ๋ยทุกอัตราของเชื้อราเวสิคูลาร์ไมคอร์ไรซาในสปูดำที่มีการใส่เชื้อราเวสิคูลาร์ไมคอร์ไรซาและไม่ใส่เชื้อ พบว่า ในดินบริเวณต้นที่มีการใส่เชื้อมีจำนวนสปอร์มากกว่าในดินบริเวณต้นที่ไม่มีการใส่เชื้อรากลงไป (3.2 และ 0.8 สปอร์ต่อดินแห้ง 1 กรัม) ส่วนในพื้นที่ชลประทาน และการที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มให้มีจำนวนสปอร์ในดินมากกว่าพื้นที่อาศัยน้ำฝนและการใส่ปุ๋ยทุกอัตรา (ตารางที่ 16) นอกจากนี้ไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย (ตารางผนวกที่ 17)

ความหนาแน่นในการครอบครองรากสปูดำ พบว่า สปูดำที่ได้รับเชื้อราเวสิคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความหนาแน่นในการครอบครองรากมากกว่าสปูดำที่ไม่ได้รับเชื้อ โดยที่สปูดำที่ได้รับเชื้อราเวสิคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความหนาแน่นในการครอบครองราก เท่ากับ 34.1 เปอร์เซ็นต์ และสปูดำที่ไม่ได้รับเชื้อมีความหนาแน่นในการครอบครองราก เท่ากับ 6.6 เปอร์เซ็นต์ ในด้านพื้นที่ปลูกไม่ทำให้ความหนาแน่นในการครอบครองรากสปูดำแตกต่างกัน (20.7 และ 20.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งความหนาแน่นในการครอบครองรากทั้ง 2 พื้นที่มีความใกล้เคียงกันขัดแย้งกับ Kaya *et al.* (2003) กล่าวว่าความหนาแน่นในการครอบครองรากในสภาพที่ขาดน้ำจะลดลงในเชื้อ *Glomus clarum* ในแดงโม ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการทดลองเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ชลประทานและอาศัยน้ำฝน ซึ่งในปีที่ทำการทดลองมีการกระจายตัวของน้ำฝนตลอดทั้งปีทำให้ดินมีความชื้นเพียงพอต่อการเจริญของสปอร์และสามารถเข้าครอบครองได้ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ไม่ทำให้ความหนาแน่นในการครอบครองรากแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าการไม่ใส่ปุ๋ยหรือใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำ (25 กิโลกรัมต่อไร่) มีความหนาแน่นในการครอบครองรากสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราสูง (50 และ 75 กิโลกรัมต่อไร่) เท่ากับ 22.9, 20.9, 18.1 และ 19.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการทดลอง พบว่า แปลงปลูกสปูดำมีเชื้อราตามธรรมชาติในปริมาณที่น้อยทำให้ความหนาแน่นในการครอบครองรากต่ำ แต่เมื่อมีการใส่เชื้อราเวสิคูลาร์ไมคอร์ไรซาลงไปตั้งแต่ระยะต้นกล้า ก่อนนำลงแปลงปลูกจะเป็นการเพิ่มจำนวนสปอร์ในดินขึ้นและใส่เชื้อให้กับสปูดำตั้งแต่ระยะต้นกล้าทำให้เชื้อรามีความสามารถในการครอบครองรากสปูดำได้ดี

ตารางที่ 16 จำนวนสปอร์และความหนาแน่นของการครอบครองรากสบูดำเมื่อได้รับอิทธิพลจากพื้นที่ปลูก การใส่เชื้อวีเอไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยอัตราต่างๆ ในสบูดำอายุ 1 ปี

ปัจจัย	จำนวนสปอร์ในดิน (สปอร์ต่อดินแห้ง 1 กรัม)	ความหนาแน่นในการครอบครองราก (%)
พื้นที่ (A)		
ชลประทาน	2.0	20.7
อาศัยน้ำฝน	1.9	20.1
F-test	ns	ns
เชื้อวีเอไมคอร์ไรซา(M)		
ใส่เชื้อ	3.2a ^{1/}	34.2a
ไม่ใส่เชื้อ	0.8b	6.6b
F-test	**	**
AxM	ns	ns
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (F)		
(กิโกรัมต่อไร่)		
0	2.0	22.8
25	1.7	20.9
50	1.9	18.1
75	1.9	19.7
F-test	ns	ns
AxF	ns	ns
MxF	ns	ns
AxMxF	ns	ns
CV (%)	72.3	73.8

หมายเหตุ ^{1/}ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สบู่ดำในพื้นที่ชลประทานมีขนาดลำต้น น้ำหนักต้น น้ำหนักผลแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้งสูงกว่าพื้นที่อาศัยน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. สบู่ดำที่ได้รับเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซามีจำนวนกิ่ง น้ำหนักราก น้ำหนักต้น น้ำหนักใบ น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ดมากกว่าสบู่ดำที่ไม่ได้รับเชื้อ
3. การใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้น้ำหนักชีวมวลสูงสุด แต่ให้ผลผลิตต่ำที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงที่สุด
4. สบู่ดำในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใช้เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา ส่งเสริมให้สบู่ดำมีน้ำหนักแห้งรากและน้ำหนักต้นมากที่สุด
5. สบู่ดำที่ปลูกในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 และ 75 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้น้ำหนักมากใบที่สุด และสบู่ดำในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักผลแห้งและน้ำหนักเมล็ดมากที่สุด
6. การปลูกสบู่ดำโดยใช้เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักรากมากที่สุด และการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่มีน้ำหนักแห้งใบมากที่สุดไม่แตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งเสริมให้สบู่ดำมีน้ำหนักแห้งเมล็ดมากที่สุด
7. สบู่ดำในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่มีน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุด สบู่ดำในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่มีน้ำหนักแห้งรากมากที่สุดไม่แตกต่างจากการปลูกสบู่ดำในพื้นที่ชลประทานร่วมกับการไม่ใส่เชื้อราและการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่

8. การปลูกสับปะรดในพื้นที่ชลประทาน เมื่อมีการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด หากไม่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตต่ำสุด การปลูกสับปะรดในพื้นที่อาศัยน้ำฝนเมื่อมีการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด เมื่อไม่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลผลิตต่ำที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. การปลูกสับปะรดในพื้นที่ชลประทานมีการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าในพื้นที่น้ำฝน ซึ่งการทดลองนี้เริ่มในช่วงฤดูแล้งซึ่งมีปริมาณน้ำฝนน้อย สับปะรดในพื้นที่ชลประทานจึงมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่เร็วกว่าพื้นที่อาศัยน้ำฝน แม้ว่าเมื่ออายุครบ 1 ปี สับปะรดทั้ง 2 พื้นที่จะมีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน แต่ในพื้นที่ชลประทานมีการพัฒนาด้านลำต้นได้เร็วกว่าจึงให้ผลผลิตได้เร็วกว่าและให้ปริมาณผลผลิตที่มากกว่า ดังนั้นในการปลูกสับปะรดในพื้นที่อาศัยน้ำฝนจึงไม่ควรปลูกในช่วงฤดูแล้ง เพราะการเจริญเติบโตในระยะแรกช้า ทำให้ผลผลิตที่ได้ช้าอีกด้วย

2. การใช้เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาทำให้สับปะรดมีผลผลิตเพิ่มขึ้นทั้งในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่อาศัยน้ำฝน ซึ่งการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในพื้นที่อาศัยน้ำฝนมีแนวโน้มการให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อในพื้นที่ชลประทาน ดังนั้น การใช้เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในพื้นที่อาศัยน้ำฝนสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของสับปะรดได้

3. การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุด แม้ว่าจะใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นก็ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าต้องการชีวมวลของสับปะรดต้องใส่ปุ๋ยในปริมาณ 75 กิโลกรัมต่อไร่ เพราะทำให้สับปะรดมีชีวมวลสูงสุด

4. การปลูกสับปะรดในพื้นที่ชลประทาน ที่มีการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและไม่ใส่เชื้อ ควรใส่ปุ๋ยอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลผลิตสูงสุด แต่การใส่เชื้อจะให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อ การปลูกสับปะรดในพื้นที่อาศัยน้ำฝน ควรการใส่เชื้อร่วมกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 75 กิโลกรัม ซึ่งมีแนวโน้มว่าให้ผลผลิตสูงสุด แต่การใส่ปุ๋ยในอัตราสูงนั้นอาจจะได้ผลผลิตไม่คุ้มค่าในการลงทุน อาจจะลดปริมาณปุ๋ยลงเหลือ 50 หรือ 25 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันนัก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- โกศล เจริญสม. 2550. การสำรวจศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติในสับดำ. หน้า 49-56 ใน การประชุมวิชาการสับดำแห่งชาติ ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ณัฐวรงค์ สงวนราชทรัพย์. 2530. ชนิดและผลของเชื้อราเวสติกูลา อับสคูลา ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้บางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ดวงใจ วัชรเจริญ. 2546. การผลิตฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน แอซิด (GA_3) โดยเชื้อราเวสติกูลาร์-อับสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาในต้นมะละกอ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธงชัย มาลา. 2541. การตรวจผลทางชีววิทยาของเชื้อราเวสติกูลาร์-อับสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา ที่มีต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในเรือนทดลอง. วารสารเกษตรศาสตร์ 32: 102-108
- ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิพนธ์ แก้วสาหลง. 2547. การเพิ่มปริมาณรากหญ้าแพรกหิน (*Ophiopogon intermedius* D.Don) โดยราอับสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาและแบคทีเรีย (*Agrobacterium rhizogenes*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิพนธ์ วิสารทนนท์. 2550. โรคของต้นสับดำ. หน้า 41-48 ใน การประชุมวิชาการสับดำแห่งชาติ ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พรพิมล อธิปัญญาคม. 2531. ชนิดและการเพิ่มปริมาณเชื้อราเวสติกูลาร์ อับสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา และผลของเชื้อราต่อการเจริญเติบโตของส้ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- พิชิต ราชเบน. 2547. การสร้าง indole-3-acetic acid (IAA) โดยเชื้อราแอสทีคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา (VAMF) ในต้นกล้าส้ม. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพจิตร จันทรวงศ์, วิรศักดิ์ อนันตบุตร, มาลี ประภาวัต, วิไล กาญจนภูมิ และอรพรรณ หวังศิรธรรม. 2525. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมีของสบู่ดำ. ใน การใช้น้ำมันสบู่ดำเติมเครื่องยนต์ดีเซลล์. กองเกษตรเคมี และกองวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ทักษิณี อัดนันทนและจรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รักษ์ พฤษชาติ. 2549. การปลูกและการพัฒนาสบู่ดำเพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล. สำนักพิมพ์นิออน บุก มีเดีย, นนทบุรี.
- ระพีพันธ์ ภาสบุตร และสุชนันต์ สิทธิผลไพบูลย์. 2525. ผลการวิจัยค้นคว้าการใช้น้ำมันสบู่ดำเป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซลล์. กองเกษตรเคมี และกองวิศวกรรม, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- วชิราภรณ์ เรือนแป้น. 2548. การผลิตกรดอินทรีย์และประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตโดยเชื้อราแอสทีคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาที่เจริญร่วมกับข้าวโพด (*Zea mays* L.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วัฒนา เสถียรสสดี, ศรีวนา นิมูลชาติ และเรณู เอี่ยมธนาภรณ์. 2526. การเตรียมน้ำมันสำหรับเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล. โครงการวิจัยพืชเพื่อพลังงานทดแทน และอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วัลชลีย์ หุหลานนท์. 2527. การศึกษาลักษณะทางชีววิทยาของดอกสบู่ดำและการติดผลของสบู่ดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรัณยา จิวกรานนท์. 2545. การสำรวจเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาของทุเรียนและการศึกษา
ประสิทธิภาพของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าทุเรียน
ในเรือนปลูกพืชทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบัติ ชินะวงศ์. 2549. สนุ่ดำ การปลูกและการสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลพลอยได้. สำนักส่งเสริม
และฝึกอบรมกำแพงแสน, นครปฐม.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ และ กฤษณ์ มงคลปัญญา. 2540. ชีววิทยา: ฮอร์โมนพืช.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุกานดา ศิลปชัย. 2549. ผลของเชื้ออะโซโตแบคทีเรีย อะโซสไปริรัม และเชื้อราเวสติกูลาร์ อาร์บัส-
กูลาร์ ไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมต่อการงอกและการเจริญเติบโตของกล้าสนุ่ดำพันธุ์
กำแพงแสนที่ปลูกจากเมล็ดและท่อนพันธุ์. ปัญหาพิเศษปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุเทพ พูลสวัสดิ์. 2531. การจำแนกชนิดของเชื้อราเวสติกูลา-อาร์บัสกูลา ไมคอร์ไรซาของถั่วลิสง
และผลของเชื้อราต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสงในเรือนทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรจิรา ทองสุขมาก. 2546. ผลของเชื้อราเวสติกูลาร์-อาร์บัสกูลาร์ ไมคอร์ไรซา ร่วมกับปุ๋ย
ฟอสเฟตระดับต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.).
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรรถพล รุกขพันธุ์, ลิลลี่ กาวีตะ และรังสฤษฎ์ กาวีตะ. 2550. ผลของการปลูกด้วยเมล็ดและท่อน
พันธุ์ต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของสนุ่ดำสายพันธุ์คัดเลือก. หน้า 16-19 ใน การ
ประชุมวิชาการสนุ่ดำแห่งชาติ ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Achten, W. M. J., L. Verchot, Y. J. Franken, E. Mathijs, V. P. Singh, R. Aerts, B. Muys. 2008.
Jatropha biodiesel production and use. **Biomass and Bioenergy** 32: 1063-1084.

- Alguacil, M., F. Caravaca., P. Diaz-Viancos, J. A. Hernandez and A. Roldan. 2006. Effect of Arbuscular Mycorrhizae and induced drought stress on antioxidant enzyme and nitrate reductase activities in *Junioerus oxycedrus* L. grown in a composted sewage sludge-amended semi-arid soil. **Plant and Soil** 279: 209-218.
- Auge, R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Mycorrhiza** 11: 3-42
- Baruti, I., K. P. S. Gray. 2007. Africa, seed, and Biofuel. **Multidisciplinary Research** 1 (1): 1-6.
- Berta, G., V. Gininazzi-Pearson, G. Gay and G. Torri. 1988. Morphogenetic effect of endo formation on the root system of *Calluna vulgaris* (L.) Hull. **Symbiosis**. 5: 33-44.
- Bhoopander, G., R. Kapoor and K. G. Mukerji. 2007. Improved Tolerance of *Acacia nilitica* to salt stress by Arbuscular Mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* may be partly related to elevated K/N ratio in root and shoot tissue. **Microbial Ecology** 54 (4): 753-760.
- Bloss, H. E. and C. M. Pfeiffer. 1984. Latex content and biomass increase in mycorrhizal guayule (*Parthenium argentatum*) under field condition. **Ann. Appl. Biol.** 104: 175-183.
- Bowen, G. D., M. F. Skinier and D. I. Benege. 1974. Zinc uptake by mycorrhizal and uninfected roots of *Pinus radiata* and *Araucaria cunninghamii*. **Soil. Biol. Biochem.** 6: 141.
- Brundrett, M., L. Melville and L. Peterson. 1994. **Practical Methods in Mycorrhiza Research**. Mycologia publications, Ontario, Canada.
- Christopher, R. B., T. J. Vyn. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis?. **Field Crop Research** 108: 14-31.

- Cliquet, J. B., P. J. Murray and J. Boucaud. 1997. Effect of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum* on the uptake of amino nitrogen by *Lolium perenne*. **New Phytol.** 137: 345-349.
- Cress, W. A., E. D. Throneberry and D. L. Lindsey. 1979. Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and non mycorrhizal tomato roots. **Plant Physiol.** 64: 484-487.
- Delgado, M. and J. L. P E Tejada. 1989. Potential multipurpose agroforestry crops identified for the Mexican Tropic. pp. 166-173 *In* Weckens, G.E., Haq, N., Day, P. eds., **New crop for food and industry.** Chapman and Hall, London,
- Dickson, S., S. E. Smith and F. A. Smith. 1999. Characterization of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Allium porrum* : colonization, plant growth and phosphate uptake. **New Phytol.** 144: 163-172.
- Dueck, T. A., P. Visser, W. H. O. Ernst and H. schurst. 1986. Vesicular-arbuscular mycorrhizae decrease Zn-toxicity to grasses growing in Zn polluted soil. pp. 331-333. *In* G. J. Bethlenfalvay and R. G. Linderman, eds. **Mycorrhizae in Sustainable Agriculture.** American Society of Agronomy Inc., America.
- Foidl, N., G. Foidl, M. Sanchez, M. Mittelbach and S. Hackel. 1996. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. **Bioresource Technology** 58: 77-82.
- Gay, G. and J. C. Debaud. 1987. Genetic study on indole-3-acetic acid production by ectomycorrhizal *Hebeloma* species : inter- and intra-specific variability in homo- and dikaryotic mycetia. **App. Microbiol. and Biotechnol.** 26: 141-146.
- Gerdemann, D. 1964. The effect of mycorrhizal on the growth of maize. *Mycologia* 56: 342-349.

- Gerdemann, J. W. 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. **Ann. Rev. Phytopathol.** 6: 397-481.
- Gush, M. B. 2008. Measurement of water-use by *Jatropha curcas* L. using the heat-pulse velocity technique. **Water SA.** 34 (5): 579-584.
- Hattingh, M. J., L. E. Gray and J. W. Gerdemann. 1973. Uptake and translocation of P32-Labeled phosphate to onion root by endomycorrhizal fungi. **Soil. Sci.** 116: 383.
- Heller, J. 1996. **Physic Nut *Jatropha curcas* L. Promoting the Conservational and use of Underutilized and Neglected Crop.** International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Jones, N. and J. Miller. 1997. ***Jatropha curcas*: a multipurpose speicies for ploblematic site.** Washington DC, USA.
- Katwal, R. P. S., P.L. Soni. 2003. Biofeul: an opportunity for socioeconomic development and cleaner environment. **Indian Forester** 129: 939-949.
- Kaya, C., D. Higgs, H. Kirnak, I. Tas. 2003. Mycorrhizal colonization improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (*Cifrullus lanatus* Thunb.) grown under well-water and water stress condition. **Plant and Soil** 253: 287-292
- Kumar, A. and S. Sharma. 2008. **An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review.** Centre for Rural Development & Technology. Indian Institute of Technology Delhi, Hauz Khas, India.

- Liu, A., C. Plenchette, C. Hamel. 2007. Soil nutrient and water providers : how arbuscular mycorrhizal mycelia support plant performance in a resource-limited world. pp. 37-66. In. Hamel. C. Plenchette, eds. **Mycorrhizae in crop production**. Binghamton. New York.
- Mala, T. 2000a. Selection for the effective species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on soybean root infection and growth enhancement. **Kasetsart J. (Nat. Sci)** 34: 30-39.
- Mala, T. 2000b. The effectiveness of *Entrophospora colombiana* and *Scutellospora sp.* Associated with soybean on phosphate solubilization. **Kasetsart J. (Nat. Sci)** 34 : 464-477.
- Marcshner, H. and B. Dell. 1994. Nutrition uptake in mycorrhiza symbiosis. **Plant and soil**. 159 : 89-102.
- Morton, J. B. and G. L. Benny. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, Glomales, two suborders, Glomaceae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and gigasporaceae, with and emendation Glomaceae. **Mycotoxon** 37: 471-491.
- Mozafar, S., M. Ghorbanli and H. Ebrahimzadeh. 2007. Improved growth of salinity-stress soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. **J Plant Physiol**. 164: 1144-1151.
- NIIR Board of Consultants and Engineer. 2007. **The complete book on Jatropha (biodiesel oil) with ashwandha, stevia, brahmi and jatamansi herbs (cultivation, processing and uses)**. Asia Pacific Business Press Inc.
- Pinochet, J., C. Fernandez, M. C. Jaizme and P. Tenoury. 1997. Micropropagated banana infected with *Meloidogyne javanica* reponds to *Glomus intraradices* and phosphorus. **Hort. Sci.** 32: 101-103.

- Powell, C. L. 1976. Mycorrhizas in hill country soils. II. Effect of several mycorrhizal fungi on clover growth in sterilized soils. **New Zealand J. Agr. Res.** 20: 59-62.
- Rhodes, L. H. and J. W. Gerdemann. 1975. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non mycorrhizal onions. **New Phytol.** 75: 555.
- Riyadh, M. 2002. **The cultivation of *Jatropha curcas* in Egypt.** Undersecretary of State for Forestation, Ministry of Agriculture and Land Reclamation, Egypt.
- Smith, S. E. and V. Gianinazzi-Pearson. 1998. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. **Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** 39: 221-244.
- Siqueira, J. O., G. R. Safir and M. G. Nair. 1991. VA-mycorrhizae and mycorrhiza stimulating isoflavonoid compounds reduce plant herbicide injury. **Plant and Soil.** 134: 233-242.
- Snellgrove, R. C., W. E. Splittstoesser, D. P. Stribley and P. B. Tinker. 1982. The Distribution of carbon and the demand of the fungungal symbiont in leek plants with vesicular arbuscular mycorrhizas. **New Phytol** 92: 75-87.
- Subramanian, K. S., C. Charet, L. M. Dwyer and R. I. Hamilton. 1995. Arbuscular mycorrhizas and water relations in maize under drought stress at tasselling. **New Phytol.** 129: 643-650.
- Tewari, D. N. 2007. **Jatropha and biodiesel.** New Delhi: Ocean book. Ltd., India.
- Torelli, A., L. Acerbi, G. Arcidiacono, G. Berta and C. Branca. 2000. IAA and ZR content in leek (*Allium porrum* L.), as influenced by P nutrition and arbuscular mycorrhizae, in relation to plant development. **Plant and Soil.** 226: 29-35.

- Trappe, J. M. and N. C. Schenck. 1982. Taxonomy of the fungi forming endomycorrhizae. A vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonales), pp 1-9 *In* N.C. Schenck, eds. **Methods and Principles of mycorrhizal Research**. The American Phytopathological Society, USA.
- Wu, Q. S. and R. X. Xia. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of Citrus under well-water and water stress conditions. **Plant Physiol.** 139 : 417-425.
- Yao, M. K., R. J. Tweddell and H. Desilets. 2002. Effect of two vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated potato plantlets and on the extent of disease caused by *Rhizoctonia solani*. **Mycorrhiza** 12(5):235-242.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สภาพภูมิอากาศในเดือนมกราคมถึงธันวาคม ในปี พ.ศ. 2551

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ปริมาณการระเหย ของน้ำ (มิลลิเมตร)	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	
		สูงสุด	ต่ำสุด		สูงสุด	ต่ำสุด
ม.ค.	0	31.4	19.7	124.4	95	43
ก.พ.	42.8	31.9	22.4	119.6	94	48
มี.ค.	0.7	34.3	23.3	158.9	94	43
เม.ย.	54.6	35.3	24.3	153.1	94	48
พ.ค.	160	33.9	23.7	153.0	93	53
มิ.ย.	188	34.0	24.0	141.5	93	52
ก.ค.	81	34.4	23.9	143.4	93	53
ส.ค.	124.6	33.7	23.6	145.8	94	51
ก.ย.	131.3	32.8	24.0	135.9	94	56
ต.ค.	225.7	32.4	23.7	115.4	95	59
พ.ย.	14.7	29.9	21.6	128.3	95	54
ธ.ค.	0	28.8	18.1	115.9	96	48

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยา กำแพงแสน (2551)

ตารางผนวกที่ 2 ค่าวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนทำการทดลอง

รายการวิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ความเป็นกรด-ด่าง (pH ดิน:น้ำ, 1:1)	7.09
ค่าการนำไฟฟ้าหรือค่าความเค็มของดิน (เดซิเมนต่อเมตร)	0.83
ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์)	1.829
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	79.36
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	166.5
ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	1663.7
ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	211.6

ที่มา: วิเคราะห์ โดย ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (2550)

ตารางผนวกที่ 3 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวิเอโมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความสูง (เซนติเมตร) ของสนุ่นดำที่อายุ 1 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)									
0	57.8	53.9	55.9	43.5	40.8	42.2	49.0	50.7	47.4
25	60.0	54.0	57.0	39.5	39.0	39.3	48.1	49.8	46.5
50	46.6	48.7	47.6	40.8	28.0	34.4	41.0	43.7	38.3
75	54.8	50.0	52.4	39.2	33.8	36.5	44.5	47.0	41.9
AxM	54.8	51.6		40.8	35.4				
M		47.8		43.5				VxMxF	
A	53.2			38.1				45.7	

ตารางผนวกที่ 4 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความสูง (เซนติเมตร) ของสนุ่นดำที่อายุ 4 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15									
(กิโลกรัมต่อไร่)									
0	88.7	97.5	93.1	61.7	56.0	58.8	75.9	75.2	76.8
25	92.2	85.2	88.7	51.0	53.3	52.2	70.4	71.6	69.3
50	86.1	73.5	79.8	54.8	37.7	46.3	63.0	70.5	55.6
75	83.2	71.3	77.3	49.8	46.5	48.2	62.7	66.5	58.9
AxM	87.5	81.9		54.3	48.4				
M	70.9				65.1			VxMxF	
A	84.7			51.4				68.0	

ตารางผนวกที่ 5 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความสูง (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 8 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)									
0	155.0	154.1	154.5	79.8	110.5	95.2	124.9	117.4	132.3
25	142.7	163.0	152.8	116.0	115.5	115.8	134.3	129.3	139.3
50	139.9	150.2	145.0	128.2	85.3	106.8	125.9	134.0	117.8
75	159.8	147.0	153.4	117.0	121.5	119.3	136.3	138.4	134.3
AxM	149.4	153.6		110.3	108.2				
M	129.8				130.9			VxMxF	
A	151.5			109.2				130.3	

ตารางผนวกที่ 6 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความสูง (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 12 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF		MxF	
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโกลกรัมต่อไร่)	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ	AxF	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ	AxF		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
0	158.7	168.5	163.6	169.9	151.7	160.8	150.7	164.3	160.1
25	178.7	181.0	179.9	152.7	146.3	149.5	164.8	165.7	163.7
50	176.5	165.3	170.9	157.8	121.0	139.4	155.1	170.9	143.1
75	165.8	169.5	167.7	166.7	160.5	163.6	164.6	166.25	165.0
AxM	169.9	165.3		151.7	143.6				
M	160.8				150.7			VxMxF	
A		169.9			147.7			158.8	

ตารางผนวกที่ 7 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของสนุ่นดำที่อายุ 1 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	15-15-15								
	(กิโกรัมต่อไร่)								
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
0	10.0	4.2	7.1	15.2	1.5	8.3	7.7	12.6	2.8
25	11.8	9.3	10.5	16.5	6.3	11.4	10.9	14.1	7.8
50	15.3	4.5	9.9	4.7	9.0	6.8	8.4	9.9	6.8
75	8.5	12.2	10.3	11.0	6.3	8.7	9.5	9.8	9.3
AxM	11.4	7.5		11.8	5.8				
M	11.6				6.7			VxMxF	
A		9.5			8.8			9.1	

ตารางผนวกที่ 8 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของสนุ่นดำที่อายุ 4 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)									
0	73.1	61.3	67.2	47.4	39.2	43.3	55.2	60.3	50.2
25	70.1	62.1	66.1	34.0	44.0	39.0	52.5	52.0	53.0
50	64.8	62.6	63.7	37.4	24.2	30.8	47.3	51.1	43.4
75	70.5	49.3	59.9	38.9	34.3	36.6	48.3	54.7	41.8
AxM	69.6	58.8		39.4	35.4				
M	54.5				47.1			VxMxF	
A	64.2			37.4				50.8	

ตารางผนวกที่ 9 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของสนุ่นดำที่อายุ 8 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF		MxF	
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)									
0	163.3	107.3	135.3	117.5	71.2	94.3	114.8	140.4	89.2
25	142.8	122.4	132.6	104.1	38.8	71.5	102.0	123.4	80.6
50	142.6	166.8	154.7	75.5	50.1	62.8	108.7	109.0	108.4
75	115.1	168.8	141.9	81.2	42.2	61.7	101.8	98.1	105.5
AxM	140.9	141.3		94.6	50.6				
M	117.8				95.2			VxMxF	
A	141.1			72.6				106.8	

ตารางผนวกที่ 10 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของสนุ่นดำที่อายุ 12 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF				
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF						
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)												
0	144.6	123.0	133.8	113.8	96.8	105.3	119.5	129.2	109.9			
25	141.8	124.8	133.3	112.4	126.8	119.6	126.4	127.1	125.8			
50	145.8	145.4	145.6	128.4	70.2	99.3	122.4	137.1	107.8			
75	134.6	103.7	119.1	129.4	107.7	118.5	118.8	132.0	105.7			
AxM	141.7	124.2		121.0	100.3							
M	131.4				112.3			VxMxF				
A	132.9			110.7				121.8				

ตารางผนวกที่ 11 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 1 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF		MxF	
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโกรัมต่อไร่)									
0	2.7	2.9	2.8	2.5	2.3	2.4	2.6	2.6	2.6
25	2.8	2.6	2.7	2.6	2.5	2.6	2.6	2.7	2.6
50	2.8	2.9	2.9	2.5	2.3	2.4	2.6	2.6	2.6
75	2.7	2.5	2.6	2.8	2.3	2.5	2.6	2.7	2.4
AxM	2.7	2.7		2.6	2.4				
M	2.7				2.6			VxMxF	
A	2.8			2.5				2.6	

ตารางผนวกที่ 12 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของสับรู่ดำที่อายุ 4 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF		MxF	
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15									
(กิโลกรัมต่อไร่)	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
0	3.4	3.3	3.4	2.9	2.7	2.8	3.1	3.1	3.0
25	3.4	3.3	3.3	2.8	2.9	2.8	3.1	3.1	3.1
50	3.4	3.2	3.3	2.9	2.2	2.6	2.9	3.2	2.7
75	3.3	2.9	3.1	2.9	2.5	2.7	2.9	3.2	2.7
AxM	3.8	3.2		2.9	2.6				
M	3.1				2.9			VxMxF	
A		3.3			2.7			3.0	

ตารางผนวกที่ 13 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของสนบุ๋มดำที่อายุ 8 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF		MxF	
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)									
0	5.3	5.6	5.4	4.3	4.6	4.4	4.9	4.8	5.1
25	5.1	5.3	5.2	4.7	5.3	5.0	5.1	4.9	5.3
50	5.3	5.2	5.3	4.7	3.5	4.1	4.7	4.9	4.4
75	4.9	4.6	4.8	4.5	4.4	4.5	4.6	4.7	4.5
AxM	5.2	5.2		4.6	4.4				
M	4.9				4.8			VxMxF	
A		5.2			4.5			4.8	

ตารางผนวกที่ 14 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของสับรุดำที่อายุ 12 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF		MxF	
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโกรัมต่อไร่)									
0	6.2	5.9	6.1	5.4	4.9	5.1	5.6	5.8	5.4
25	6.1	5.7	5.9	5.5	5.8	5.7	5.8	5.8	5.8
50	5.8	6.3	6.1	5.8	4.3	5.1	5.6	5.8	5.3
75	5.9	5.6	5.8	5.1	5.5	5.3	5.5	5.5	5.5
AxM	6.0	5.9		5.5	5.1				
M	5.7				5.5			VxMxF	
A	5.9			5.3				5.6	

ตารางผนวกที่ 15 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อจำนวนกิ่ง ของสับรุด้าที่อายุ 12 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF		MxF	
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโกรัมต่อไร่)									
0	3.8	3.3	3.6	3.2	2.7	2.9	3.3	3.5	3
25	3.7	3.5	3.6	3.8	3.0	3.4	3.5	3.8	3.3
50	3.3	3.2	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2
75	3.5	3.2	3.3	3.3	2.8	3.1	3.2	3.4	3.0
AxM	3.6	3.3		3.4	2.9				
M	3.5				3.1			VxMxF	
A	3.4			3.2				3.3	

ตารางผนวกที่ 16 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของสนุ่นดำ

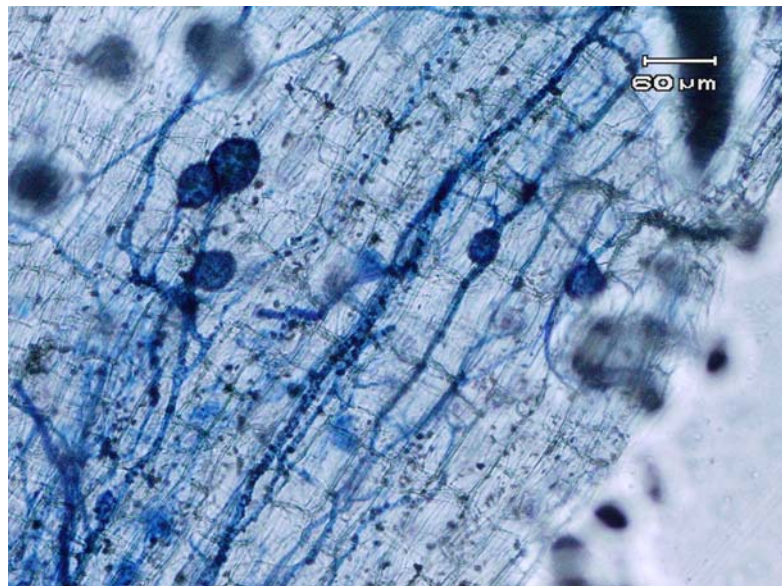
ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	(กิโกรัมต่อไร่)								
15-15-15	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
0	61.7	53.3	57.5	64.8	50.7	57.7	57.6	63.2	52.0
25	59.3	58.7	59.0	60.0	56.0	58.0	58.5	59.7	57.3
50	65.7	56.0	60.8	66.0	64.1	65.0	62.9	65.8	60.0
75	62.7	59.3	61.0	67.1	54.0	60.5	60.8	64.9	56.6
AxM	62.3	56.8		64.5	56.2				
M	63.4				56.5			VxMxF	
A		59.6			60.3			59.6	

ตารางผนวกที่ 17 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อจำนวนสปอร์ในดิน (สปอร์ต่อดินแห้ง 1 กรัม) ของสบู่ดำที่อายุ 12 เดือน

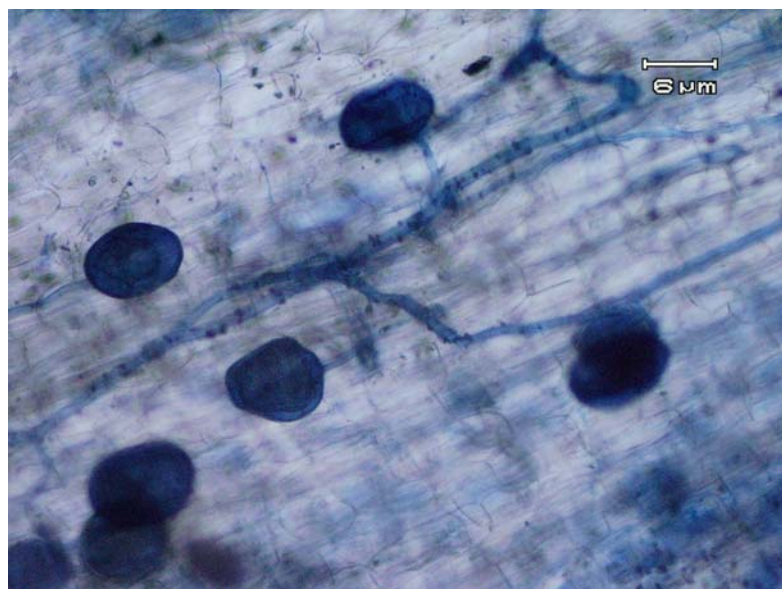
ปุ๋ยเคมี (F) 15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
0	3.6	0.7	2.2	3.2	0.6	1.9	2.0	3.4	0.7
25	2.6	1.4	2.0	2.7	0.5	1.6	1.8	2.7	0.9
50	3.2	0.9	2.1	3.0	0.7	1.9	1.9	3.1	0.8
75	3.2	0.5	1.8	3.6	0.7	2.2	1.9	3.4	0.6
AxM	3.2	0.9		3.1	0.6				
M	3.2				0.7			VxMxF	
A	2.0			1.9				1.9	

ตารางผนวกที่ 18 อิทธิพลของพื้นที่ปลูก (A) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (M) และการใส่ปุ๋ยเคมี (F) ต่อความหนาแน่นของการครอบครองราก (เปอร์เซ็นต์) สบู่ดำ ที่อายุ 12 เดือน

ปุ๋ยเคมี (F)	พื้นที่ (A)						F	MxF	
	ชลประทาน		AxF	อาศัยน้ำฝน		AxF			
	ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ		ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ			ใส่เชื้อ	ไม่ใส่เชื้อ
15-15-15 (กิโลกรัมต่อไร่)									
0	38.1	4.3	21.2	37.3	11.7	24.5	22.8	37.7	8.0
25	35.3	6.7	21.0	34.9	6.7	20.8	20.9	35.1	6.7
50	33.3	5.5	19.4	29.9	3.5	16.8	18.1	31.6	4.5
75	35.2	7.5	21.4	29.4	63.6	18.0	19.7	32.3	7.1
AxM	35.5	6.0		32.9	7.1				
M	34.2				6.6			VxMxF	
A	20.7			20.1				20.4	



ภาพผนวกที่ 1 การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในรากสนุ่นดำ



ภาพผนวกที่ 2 เส้นใยรากภายในรากและโครงสร้างเวสิเคิลของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในรากสนุ่นดำ

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวกมลรัตน์ วินิจสกุลไทย
วัน เดือน ปี ที่เกิด	24 มีนาคม 2527
สถานที่เกิด	อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่งานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	1. ผลงานวิจัยเรื่อง การเพิ่มศักยภาพการผลิตเกษตรอินทรีย์ด้วยเทคโนโลยีตามมาตรฐานสากลในพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี อ่างทอง และชัยนาท 2. เสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 5 เรื่อง ผลของเชื้อราเวสิคูลาร์ อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา : <i>Glomus aggregatum</i> ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและการให้น้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสบู่ดำ
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2550-2551) ทุนวิจัยจากบริษัท Protetor Nutrition (Thailand) Co., Ltd. (พ.ศ. 2551-2552)