บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะของหัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้ง

เมื่อนำเชื้อไรโซเบียมที่ผสมกับวัสดุพาหะผ่านเข้าเครื่องพ่นแห้ง พบว่าหัวเชื้อที่ได้มีลักษณะเป็นผง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 7-8 มีความชื้นประมาณ 1-3% ซึ่งความชื้นในหัวเชื้อที่ได้ไม่คงที่ในแต่ละครั้งที่ทำการพ่นแห้ง เนื่องจากความชื้นของผงแป้งในขณะที่พ่นแห้งนั้นขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธของอากาศภายนอกด้วย โดยเฉพาะหากความชื้นสัมพัทธในอากาศต่ำ เช่น ช่วงเวลาที่ฝนตกจะไม่สามารถทำการพ่นแห้งได้ ดังนั้นเพื่อให้ตัวอย่างผงเชื้อมีความชื้นสม่ำเสมอและเท่ากันในการทดลอง จึงทำการปรับความชื้นของเชื้อที่ได้เป็น 2 ระดับ คือ 3% และ 5%

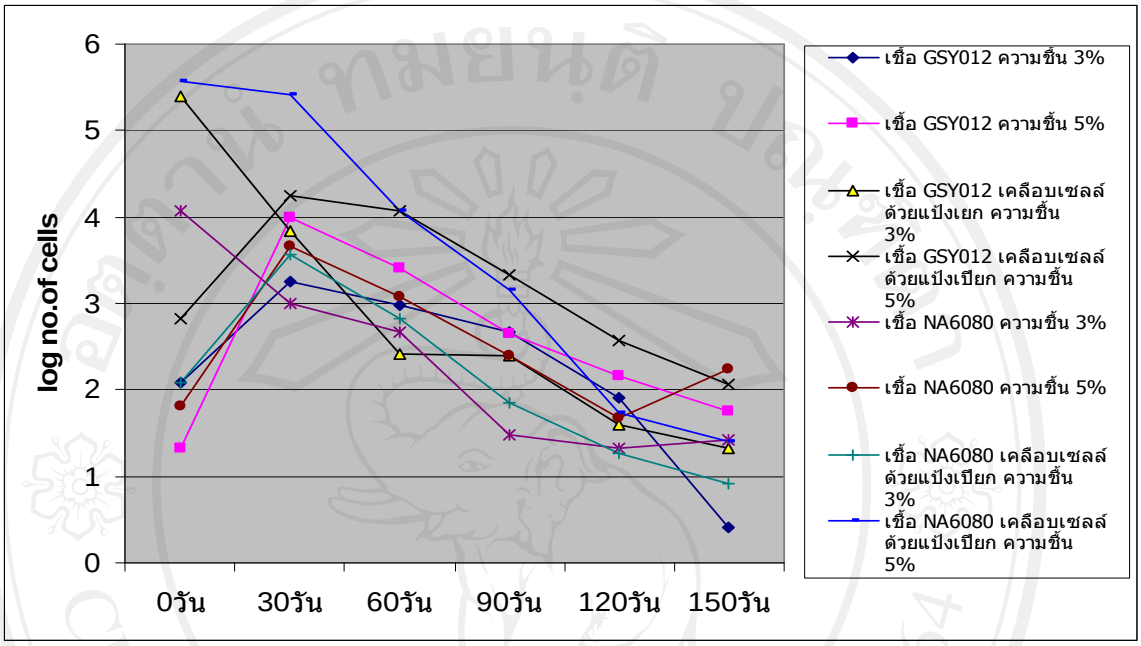
4.2 ศึกษาปริมาณการมีชีวิตรอดของเชื้อไรโซเบียม

เลี้ยงเชื้อไรโซเบียมในอาหารเหลวให้มีปริมาณเชื้อถึง 10^9 เซลล์/มล. นำเชื้อที่ได้ไปพ่นแห้ง ตรวจนับปริมาณเชื้อทันทีที่ 0 วัน หลังจากการพ่นแห้งโดยวิธีการเข้าสร้างปมในพืช (plant infection method) พบว่าเชื้อไรโซเบียมมีจำนวนลดลงประมาณ 10^3-10^8 เซลล์/กรัม ซึ่งมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับเชื้อตั้งต้น การลดลงของจำนวนเชื้ออาจเนื่องมาจากสองสาเหตุหลักคือ การเพิ่มขึ้นของเซลล์ในส่วนที่ไม่สามารถซ่อมแซมตัวเองได้เป็นสาเหตุให้มีการตายเป็นจำนวนมากของเซลล์ภายหลังจากการพ่นแห้ง และปริมาณ moisture content ที่ต่ำมากซึ่งมีผลต่อการเหลือรอดของเซลล์ (Boza, 2004) และจากการทดลองของ Champagne *et al.* (1991) พบว่าการเอาน้ำออกอย่างรวดเร็วและการทำให้เซลล์แห้งส่งผลให้เกิดการแตกของเซลล์ และทำให้อนุภาคที่ได้ภายหลังจากการทำให้แห้งแล้วนั้นเป็นหลุมซึ่งเป็นสาเหตุมาจากการเกิด oxidative degeneration ของโปรตีนและองค์ประกอบภายในเซลล์ส่งผลให้เซลล์จุลินทรีย์ตาย

ซึ่งจากการนับจำนวนเชื้อหลังจากการพ่นแห้งทันที (ที่ 0 วัน) พบว่าจำนวนเชื้อในแต่ละตำรับมีจำนวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 9) โดยตำรับที่ 8 (เชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ใช้ ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะ ความชื้น 5%) มีจำนวนเชื้อสูงสุด คือ 6.31×10^5 เซลล์/กรัม รองลงมา คือหัวเชื้อ ในตำรับที่ 3 (เชื้อ GSY012 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียกใช้ทาลคัมเป็นวัสดุพาหะ ความชื้น 3%) มีจำนวน 2.51×10^5 เซลล์/กรัม และจำนวนเชื้อต่ำสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบในตำรับที่ 2 (เชื้อ GSY012 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ใช้ ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะ ความชื้น 3%) โดยมีจำนวนเชื้อเท่ากับ 21.38 เซลล์/กรัม (ตาราง 9)



รูปที่ 3 จำนวนเชื้อไรโซเบียมในตำรับการทดลองต่าง ๆ ในระยะเวลา 150 วัน

ซึ่งในระยะนี้ชนิดของเชื้อไรโซเบียม ความชื้นของหัวเชื้อ และการเคลือบเซลล์มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางภาคผนวก ข) โดยการเคลือบเซลล์ของเชื้อ GSY012 และเชื้อ NA6080 ด้วยแป้งเปียก ที่ระดับความชื้น 3% และ 5% ทำให้มีการเหลือรอดของเชื้อสูงกว่าในตำรับที่ไม่มีการเคลือบเซลล์ (ตาราง 10) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความชื้น 3% และ 5% พบว่าที่ระยะ 0 วันที่ระดับความชื้น 3% มีการเหลือรอดของเชื้อไรโซเบียมมากกว่าที่ 5% ระหว่างเชื้อไรโซเบียมพบว่า เชื้อ NA6080 มีการเหลือรอดของเชื้อสูงกว่าเชื้อ GSY012 จากการทดลองพบว่าสารเคลือบเซลล์ก็มีส่วนสำคัญที่ทำให้เชื้อมีชีวิตรอดได้ ดังเช่นการทดลองของ Lian (2002) ที่ทำการพ่นแห้งเชื้อ Bifidobacteria โดยการใช้สารเคลือบเซลล์ต่างชนิดกัน คือ เจลาติน กัมอาราบิก และ แป้งเปียก โดยเปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารเคลือบเซลล์ผลการทดลองพบว่าการเคลือบเซลล์ด้วยเจลาติน กัมอาราบิก และ แป้งเปียกมีเปอร์เซ็นต์เหลือรอดสูงกว่าการไม่เคลือบเซลล์ ดังนั้นในการเลือกใช้สารเคลือบเซลล์จึงควรทดสอบความเหมาะสมของเชื้อกับสารเคลือบเซลล์ก่อนที่จะนำมาใช้ในการเคลือบเซลล์

ในการตรวจนับจำนวนเชื้อครั้งที่ 2 ที่ระยะ 30 วันพบว่าเชื้อไรโซเบียมในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 9) โดยตำรับที่มีจำนวนเชื้อสูงสุดคือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตำรับที่ 8 คือหัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%โดยมีจำนวนเชื้อเท่ากับ 2.57×10^5 เซลล์/กรัม และตำรับที่มีจำนวนเชื้อต่ำสุดคือตำรับที่ 5 คือหัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 ความชื้น 3% มีจำนวนเชื้อเท่ากับ 1.00×10^3 เซลล์/กรัม ในระยะนี้พบว่าส่วนมากแล้วจะมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนเชื้อจากระยะ 0 วัน ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งในระยะแรกที่ 0 วันอาจเกิดการพักตัวของเชื้อทำให้จำนวนเชื้อที่ 0 วันมีน้อยกว่าที่ระยะ 30 วัน สอดคล้องกับการทดลองของ Materon and Weaver (1985) ที่ใช้เชื้อ *R. trifolii* 162Y10 โดยใช้พีท ถ่าน และเวอร์มิคิวไลท์เป็นวัสดุพาหะแล้วทำการตรวจนับเชื้อในระยะ 0 ถึง15 สัปดาห์ พบว่าปริมาณเชื้อจะเพิ่มขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากการใส่เชื้อลงในวัสดุพาหะและหลังจากนั้นจะลดปริมาณลงอย่างต่อเนื่อง

ตาราง 9 จำนวนเชื้อไรโซเบียม (log no. of cells/กรัม)ในระยะเวลา 0, 30, 60, 90, 120 และ150 วัน จากตำรับการทดลองที่ 1 ถึง 8จากการเตรียมหัวเชื้อในลักษณะต่างๆ

ตำรับ	0วัน	30วัน	60วัน	90วัน	120 วัน	150 วัน
1	2.09 cd	3.25 cd	2.99	2.66	1.91	0.41
2	1.33 d	3.99 bc	3.41	2.65	2.16	1.75
3	5.40 a	3.84 bcd	2.41	2.40	1.59	1.33
4	2.83 c	4.25 b	4.08	3.33	2.57	2.07
5	4.07 b	3.00 d	2.66	1.49	1.33	1.42
6	1.82 d	3.67 bcd	3.08	2.40	1.67	2.24
7	2.08 cd	3.57 bcd	2.83	1.85	1.26	0.91
8	5.58 a	5.41 a	4.08	3.16	1.74	1.41
mean	3.15	3.88	3.19	2.45	1.78	1.44
F-test	**	**	NS	NS	NS	NS
c.v.(%)	17.14	14.19	29.23	31.03	39.18	82.59

หมายเหตุ 1= ทาลคัม + เชื้อ GSY012 ความชื้น 3% 2= ทาลคัม + เชื้อ GSY012 ความชื้น 5% 3 = ทาลคัม + เชื้อ GSY012 + แป้งเปียก ความชื้น 3% 4 = ทาลคัม + เชื้อ GSY012 +แป้งเปียก ความชื้น 5% 5 = ทาลคัม + เชื้อ NA6080 ความชื้น 3% 6 = ทาลคัม + เชื้อ NA6080 ความชื้น 5% 7 = ทาลคัม + เชื้อ NA6080 + แป้งเปียก ความชื้น 3% 8 = ทาลคัม + เชื้อ NA6080 + แป้งเปียก ความชื้น 5%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 10 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อในหัวเชื้อระหว่างชนิดของเชื้อ ความชื้น และการเคลือบเซลล์ที่ระยะ 0 วัน

เชื้อ	ไม่เคลือบเซลล์	เคลือบเซลล์	ค่าเฉลี่ย	DIFF
ความชื้น = 3%				
GSY012	2.09	5.40	3.75	-3.31**
NA6080	4.07	2.08	3.74	1.99**
ความชื้น = 5%				
GSY012	1.33	2.83	2.08	-1.50NS
NA6080	1.82	5.58	3.70	-3.76**
ค่าเฉลี่ย	2.32	3.97	3.15	-1.65

LSD(5%) = 0.94 , LSD (1%) = 1.29

ในระยะนี้นอกจากจะมีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองแล้ว พบว่าความชื้น และสายพันธุ์ของเชื้อไรโซเบียมก็มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนการเคลือบเซลล์และไม่เคลือบเซลล์ไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางภาคผนวก ข) โดยเชื้อ NA6080 มีจำนวนเชื้อสูงกว่าเชื้อ GSY012 ในทั้งสองระดับความชื้น และที่ความชื้น 5% มีจำนวนเชื้อสูงกว่าที่ 3% ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อในหัวเชื้อระหว่างชนิดของเชื้อ ความชื้น และการเคลือบเซลล์ที่ระยะ 30 วัน

เชื้อ	ไม่เคลือบเซลล์	เคลือบเซลล์	ค่าเฉลี่ย	DIFF
ความชื้น = 3%				
GSY012	3.25	3.84	3.54	-0.59 NS
NA6080	3.00	3.57	3.28	-0.57 NS
ความชื้น = 5%				
GSY012	3.99	4.25	4.12	-0.13 NS
NA6080	3.67	5.41	4.54	-1.74 *
ค่าเฉลี่ย	3.48	4.27	3.87	-0.97 NS

LSD (5%) = 0.95, LSD (1%) = 1.31

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ระยะ 60-90 วัน พบว่าจำนวนเชื้อในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 257 - 1.20 $\times 10^4$ เซลล์/กรัม และ 30 - 2.14 $\times 10^4$ เซลล์/กรัม ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ และการเคลือบเซลล์ ส่วนความชื้นของหัวเชื้อพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติระหว่างความชื้น 3% และ 5% (ตารางภาคผนวก ข) โดยพบว่าความชื้น 5% ทำให้มีปริมาณเชื้อสูงกว่าที่ 3% (ตาราง 12 และตาราง 13)

ตาราง 12 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อในหัวเชื้อระหว่างชนิดของเชื้อ ความชื้น และการเคลือบเซลล์ที่ระยะ 60 วัน

เชื้อ	ไม่เคลือบเซลล์	เคลือบเซลล์	ค่าเฉลี่ย	DIFF
ความชื้น = 3%				
GSY012	2.99	2.41	2.70	0.58 NS
NA6080	2.66	2.83	2.75	-0.17 NS
ความชื้น = 5%				
GSY012	3.41	4.08	3.75	-0.67 NS
NA6080	3.08	4.08	3.58	-0.50 NS
ค่าเฉลี่ย	3.03	3.35	3.19	-0.32 NS

LSD(5%) = 1.62, LSD(1%) = 2.23

ในระยะ 120 และ 150 วันจำนวนเชื้อไรโซเบียมในผงหัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้งมีการลดลงอย่างต่อเนื่องและไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18 - 371 เซลล์/กรัม และ 2 - 173 เซลล์/กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 9 และพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างเชื้อสองสายพันธุ์ ความชื้นของหัวเชื้อ และ การเคลือบเซลล์ (ตารางภาคผนวก ข) โดยข้อมูลที่ได้เป็นดังแสดงในตารางที่ 14 และ15

จากการทดลองนับจำนวนเชื้อไรโซเบียมในหัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้งพบว่ามีการลดลงของจำนวนเชื้ออย่างรวดเร็ว ซึ่งการลดลงของปริมาณเชื้อที่เกิดขึ้นนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุทางด้านสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ซึ่งในการทดลองนี้ได้เก็บเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณเชื้อลดลงได้ และนอกจากนี้ยังพบว่าความแตกต่างของจำนวนเชื้อในแต่ละตำรับการทดลองอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำหรือความชื้นในวัสดุพาหะ ซึ่งน้ำเป็นตัวที่ทำให้อุณหภูมิในหัวเชื้อสูงขึ้น และส่งผลให้วัสดุพาหะซึ่งเป็น ทาลคัม ละลายเอาความเป็นด่างออกมามากขึ้น ดังนั้นเมื่อเคลือบเซลล์ไรโซเบียมด้วยแป้งเปียกจึงทำให้เชื้อสามารถทนต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมได้และพบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณการเหลือรอดของเชื้อขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทของอากาศสังเกตจากในวันที่ 0 ที่ทำการตรวจนับปริมาณเชื้อโดยวิธีการ plant infection method ในตำรับที่ 3 ตำรับที่ 5 และตำรับที่ 8 มีปริมาณการเหลือรอดของเชื้อสูงซึ่งอาจเนื่องมาจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้จากการพ่นแห้งก่อนที่จะนำมาปรับความชื้นมีค่าสูงประมาณ 12-15% จึงทำให้มีการเหลือรอดของเชื้อสูง โดยที่ทั้งสามตำรับการทดลองทำการพ่นแห้งในวันที่มีความชื้นสัมพัทค่อนข้างต่ำ (มีฝนตกและอากาศชื้น) ทำให้อุณหภูมิภายในของเครื่องพ่นแห้งไม่คงที่ส่งผลให้เชื้อมีลักษณะชื้นติดกันเป็นก้อน และไม่ได้รับความร้อนเท่าที่ควร แต่เมื่อตรวจนับปริมาณเชื้อในทุกๆ 30 วันพบว่าเชื้อจะมีการลดจำนวนลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงวันที่ 150 จากการทดลองของ Boumahdi (1999) พบว่าเชื้อ Bradyrhizobium จะมีจำนวนเชื้อลดลงแบบเป็นเส้นเว้า (concave survival curves) เมื่อความชื้นสัมพัท (relative humidity;RH) RH $\leq$ 43.6% และจะลดลงแบบเป็นเส้นตรงเมื่อ RH $\leq$ 67.8 % ซึ่งเขายังพบว่า เชื้อที่สามารถทนต่อความแห้งได้ดีที่สุดคือเชื้อ *B. japonicum* รองลงมาคือเชื้อ *B. elkanii* และเชื้อ *S. meliloti* ตามลำดับ

ตาราง 13 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อในหัวเชื้อระหว่างชนิดของเชื้อ ความชื้น และการเคลือบเซลล์ที่ระยะ 90 วัน

เชื้อ	ไม่เคลือบเซลล์	เคลือบเซลล์	ค่าเฉลี่ย	DIFF
ความชื้น = 3%				
GSY012	2.66	2.40	2.53	0.20 NS
NA6080	1.49	1.85	1.67	0.36 NS
ความชื้น = 5%				
GSY012	2.65	3.33	2.99	-0.68 NS
NA6080	2.40	3.16	2.78	-0.76 NS
ค่าเฉลี่ย	2.30	2.68	2.49	-0.38 NS

LSD(5%) = 1.32, LSD(1%) = 1.81

จากการทดลองของ Zamora (2005) ที่ทำการเก็บเชื้อ Lactic acid bacteria ที่ได้จากการพ่นแห้งไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 20°C เป็นระยะเวลา 60 วันพบว่าเชื้อที่เก็บที่อุณหภูมิ 5°C มีปริมาณเหลือรอด 67-100% ซึ่งสูงกว่าเชื้อที่เก็บที่ 20°C ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เหลือรอดของเชื้อเพียงแค่ 30 % เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว ระยะการเจริญของเชื้อก็มีผลต่อการเหลือรอดของเชื้อเช่นกัน จากการทดลองของ Corcoran (2004) โดยใช้เชื้อ Lactobacillus rhamnosus GG ในระยะ stationary phase , lag phase

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และ early log phase มาทำการพ่นแห้งพบว่า เชื้อในระยะ stationary phase มีเปอร์เซ็นต์เหลือรอดสูงที่สุดเท่ากับ 50% ส่วนในระยะ lag phase และ early log phase มีเปอร์เซ็นต์เหลือรอดเท่ากับ 2% และ 14% ตามลำดับ

ตาราง 14 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อในหัวเชื้อระหว่างชนิดของเชื้อ ความชื้น และการเคลือบเซลล์ที่ระยะ 120 วัน

เชื้อ	ไม่เคลือบเซลล์	เคลือบเซลล์	ค่าเฉลี่ย	DIFF
ความชื้น = 3%				
GSY012	1.96	1.59	1.75	0.32 NS
NA6080	1.33	1.26	1.29	0.07 NS
ความชื้น = 5%				
GSY012	2.16	2.57	2.36	-0.41 NS
NA6080	1.67	1.74	1.71	-0.07NS
ค่าเฉลี่ย	1.77	1.82	1.79	-0.05

ตาราง 15 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อในหัวเชื้อระหว่างชนิดของเชื้อ ความชื้น และการเคลือบเซลล์ที่ระยะ 150 วัน

เชื้อ	ไม่เคลือบเซลล์	เคลือบเซลล์	ค่าเฉลี่ย	DIFF
ความชื้น = 3%				
GSY012	0.71	1.33	1.02	-0.62NS
NA6080	1.42	0.91	1.16	0.51 NS
ความชื้น = 5%				
GSY012	1.75	2.07	1.91	-0.32 NS
NA6080	2.24	1.41	1.83	0.83 NS
ค่าเฉลี่ย	1.53	1.43	1.48	0.10

4.2.1 การคัดเลือกเชื้อเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมในกระถางทดลอง

ซึ่งจากการทดลองนับจำนวนเชื้อในหัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้งแล้วพบว่าในระยะเวลา 0 วัน จำนวนเชื้อไรโซเบียมในตำรับการทดลองที่ 3 คือ ทาลคัม ที่พ่นแห้งโดยมีเชื้อ GSY012 ซึ่งเคลือบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซลล์ด้วยแป้งเปียกปรับความชื้นเป็น 3% และ ตำรับที่ 8 คือ ทาลคัม ที่มีเชื้อ NA6080 ที่เคลือบเซลล์แป้งเปียก ปรับความชื้นเป็น 5% มีจำนวนสูงสุดจึงถูกนำไปใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป คือ การทดสอบประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองในกระถางทดลอง

4.3 ผลการทดลองทดสอบประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 ในกระถางทดลอง

4.3.1 จำนวนการเข้าสร้างปมของเชื้อไรโซเบียมในระยะ R1 และR6

จากการศึกษาจำนวนการเข้าสร้างปมของเชื้อไรโซเบียมในระยะ R1 พบว่าลักษณะการติดปมมีการกระจายตัวติดอยู่บริเวณรากแก้ว รากแขนง และ รากฝอย โดยพบว่าส่วนมากจะติดอยู่บริเวณรากแก้ว ซึ่งการเข้าสร้างปมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 16) พบการสร้างปมสูงสุดในตำรับที่ 3 คือต้นถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 ที่ใส่หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีทอัตรา 200 กรัม ต่อเมล็ด 5 กิโลกรัม. มีจำนวนปมเท่ากับ 17.33 ปม และพบว่าในตำรับที่ 4 คือต้นถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 ใส่เชื้อ GSY012 ที่เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 3% ที่ได้จากการพ่นแห้ง จำนวน 10^6 เซลล์/เมล็ด (95.05 กรัม / เมล็ด 5 กรัม) มีการสร้างปมใกล้เคียงกับการใช้หัวเชื้อจากผงพีท โดยมีจำนวนปมเท่ากับ 17 ปม ส่วนในตำรับที่ไม่ใส่เชื้อและปุ๋ยเคมี และตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี ไม่พบการสร้างปม

ในระยะ R6 พบว่าจำนวนปมมีมากขึ้นจากระยะ R1 ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วในระยะนี้จะพบว่าปมมีการสลายตัวและเสื่อมสภาพไป แต่กลับพบว่ามีจำนวนปมมากกว่าในระยะออกดอก อาจเนื่องมาจากระยะห่างของการเก็บข้อมูล กล่าวคือการสร้างปมอาจเกิดขึ้นสูงสุดในช่วงถัดจากระยะ R1 คือในช่วงระยะ R2 ถึง R5 และหลังจากนั้น จึงเริ่มสลายตัวเมื่อฝักแก่ในระยะ R6 ดังนั้นในระยะนี้อาจเป็นจำนวนปมที่เหลืออยู่ หลังจากการสลายตัวของปมไปแล้วในบางส่วน พบว่าในตำรับที่ 4 ซึ่งเป็นต้นถั่วที่ใส่หัวเชื้อ GSY012 ที่เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 3% จำนวน 10^6 เซลล์/เมล็ด (95.05กรัม / เมล็ด 5 กรัม) มีจำนวนปมสูงสุดเท่ากับ 172 ปม ซึ่งมีการสร้างปมสูงกว่าในตำรับที่ 3 ที่ใส่หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีทอัตรา 200 กรัม ต่อเมล็ด 15 กก. ซึ่งมีจำนวนปมเท่ากับ 128 ปม ส่วนใน ตำรับที่ 1 ซึ่งไม่ใส่เชื้อไรโซเบียม และปุ๋ยอินทรีย์ในโตรเจน และตำรับที่ 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ(ตาราง19)เมื่อทำการเปรียบเทียบจำนวนปมของเชื้อสองสายพันธุ์กับการใช้หัวเชื้อจากผงพีท พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยการเข้าสร้างปมของเชื้อเท่ากับ 10 ปม ในระยะ R1 และ 112.67 ปม ในระยะ R6 (ตาราง 17 และ 18)

รูปที่ 4 การติดปมของต้นถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 จากการใช้เชื้อไรโซเบียม GSY012 (A) และ NA6080 (B)ในอัตราต่างๆ (10^6-10^3 cells/เมล็ด) เปรียบเทียบกับการใช้เชื้อจากผงพีทในอัตราแนะนำ (P) การใส่ปุ๋ย (F) และ control (C) ในระยะ R6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 16 แสดงจำนวนปมและน้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ เชียงใหม่ 1 จากทดสอบประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 ในกระถางทดลอง ระยะ 34 วันหลังจากการปลูก (R1:ระยะออกดอก)

ตำรับ	จำนวนปม(ปม/ต้น)	น้ำหนักแห้งปม(กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดิน(กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้งราก(กรัม/ต้น)	ปริมาณเอทิลีน (µmole/ต้น/hr)
1	0.00 d	0.000 c	4.79 bc	1.43 b	0.00 b
2	0.00 d	0.000 c	6.92 a	0.56 c	0.00 b
3	17.33 a	0.093 a	5.17 bc	1.65 ab	23.49 a
4	17.00 a	0.091 a	6.05 ab	2.17 a	22.61 a
5	4.33 cd	0.032 b	5.20 abc	1.71 ab	4.53 b
6	1.67 d	0.005 c	5.38 abc	1.52 ab	2.77 b
7	1.33 d	0.005 c	3.91 c	1.53 ab	3.66 b
8	14.00 ab	0.071 a	5.71 ab	1.18 bc	22.10 a
9	8.00 bc	0.039 b	4.46 bc	1.50 ab	5.00 b
10	2.00 cd	0.018 bc	5.52 abc	1.52 ab	4.89 b
11	0.33 d	0.023 bc	1.90 d	1.84 ab	2.39 b
mean	6.06	0.034	5.01	1.51	8.36
F-test	**	**	**	*	**
c.v.%	58.93	41.65	20.50	26.13	49.18

***หมายเหตุ** : **1** = Control, **2**=. ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร46-0-0 อัตรา 24 กิโลกรัม/ไร่ **3**=ใส่หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีท อัตรา 200กรัม ต่อเมล็ด 15 กก., **4**= ทาลคัม + เชื้อ GSY012 +แป้งเปียก ความชื้น 3% จำนวน 10^6 เซลล์/เมล็ด (95.05กรัม/เมล็ด 5 กรัม), **5** = ทาลคัม + เชื้อ GSY012 +แป้งเปียก ความชื้น 3% จำนวน 10^5 เซลล์/เมล็ด (10.65กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **6**= ทาลคัม +เชื้อ GSY012 +แป้งเปียก ความชื้น 3%จำนวน10^4 เซลล์/เมล็ด (0.95กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **7**=ทาลคัม + เชื้อGSY012 +แป้งเปียก ความชื้น 3% จำนวน 10^3 เซลล์/เมล็ด (0.1กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **8**= ทาลคัม + เชื้อ NA6080 +แป้งเปียก ความชื้น 5% จำนวน 10^6 เซลล์/เมล็ด (67.5กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **9**= ทาลคัม + เชื้อ NA6080 +แป้งเปียก ความชื้น 5% จำนวน 10^5 เซลล์/เมล็ด (6.5กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **10**=ทาลคัม +เชื้อNA6080 + แป้งเปียก ความชื้น 5% จำนวน 10^4 เซลล์/เมล็ด (0.6กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **11**= ทาลคัม +เชื้อ NA6080 +แป้งเปียก ความชื้น 5% จำนวน 10^3 เซลล์/เมล็ด (0.06กรัม/เมล็ด 5 กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบการใช้หัวเชื้อแบบผงพีทอัตราแนะนำและการใช้หัวเชื้อไรโซเบียมที่ได้จากการพ่นแห้ง ในอัตราแนะนำ ในระยะ R1 ในกระถางทดลอง

ตำรับการทดลอง	จำนวนปม	น้ำหนักปมแห้ง(กรัม)	น้ำหนักต้นแห้ง(กรัม)	น้ำหนักรากแห้ง (กรัม)	ปริมาณเอทิลีน (µmole/ต้น/hr)
3	17.33	0.093 a	5.17	1.65	23.49 a
5	4.33	0.032 b	5.20	1.71	4.53 b
9	8.33	0.039 b	4.46	1.50	5.00 b
mean	10.00	0.054	4.94	1.62	11.00
F-test	NS	**	NS	NS	**
C.V %	51.32	30.03	15.42	20.96	39.34

***หมายเหตุ** 3 = หัวเชื้อแบบผงพีท ใช้ในอัตราแนะนำ 200 กรัม/เมล็ด 15 กรัม, 5 และ 9 = ใช้เชื้อไรโซเบียมจากการพ่นแห้งอัตราแนะนำ 10^5cells/เมล็ด (Fertilizers Act,Canada,April 1986)

การเข้าสร้างปมของเชื้อไรโซเบียมมีจะจำนวนมากหรือน้อยอาจขึ้นอยู่กับจำนวนเชื้อไรโซเบียมที่เหลืออยู่บริเวณรอบๆ เมล็ด ซึ่งหากการงอกของรากเกิดขึ้นช้าอาจส่งผลให้เชื้อไรโซเบียมลดจำนวนลงก่อนที่จะเข้าสู่รากต้นถั่ว ซึ่งประชากรไรโซเบียมในดินมีความสัมพันธ์กับความชื้นของอุณหภูมิดิน ฤดูกาล ซึ่งพบว่าประชากรจะลดลงในช่วงฤดูหนาว มีความแห้งแล้งสูง ความชื้นในดินต่ำ โดยสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Boonkerd and Weaver (1981) ที่ได้ทำการศึกษาเชื้อกลุ่มไรโซเบียมที่สร้างปมในพืช กลุ่มถั่วลิสง และ cowpeas โดยพบว่าที่อุณหภูมิดิน 35°C ในสภาพที่แห้งแล้งสามารถลดจำนวนประชากรไรโซเบียมได้ถึง 316 เซลล์ ภายในเวลา 2 สัปดาห์ และจำนวนการเข้าสร้างปมของไรโซเบียมยังเกี่ยวข้องกับเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ และความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน ซึ่งในช่วง 30 วันหลังปลูกอาจมีการเกิด mineralized ของไนโตรเจน ที่มาจากการใส่ปุ๋ยรองพื้น ซึ่งอาจเพียงพอต่อการใช้ประโยชน์ภายในเซลล์ของไรโซเบียมโดยที่ไม่ต้องเข้าไปอาศัยอยู่ในรากพืชตระกูลถั่ว จากการทดลองของ Thies *et al.* (1991) พบว่าปริมาณ mineralizable N ซึ่งมีปริมาณ 0.007 - 0.044 มก./กรัม/สัปดาห์ จะทำให้เชื้อไรโซเบียมเข้าอาศัยในรากพืชน้อยลงหรือเข้าไปอาศัยในรากพืชแต่ไม่มีการตรึงไนโตรเจน หากมีปริมาณ mineralizable N มากขึ้น เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Gibson and harber(1985) ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของ NO_3 ต่อการเกิดปมและการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลือง โดยใช้เชื้อ *Bradyrhizobium japonicum* (Kirchner) และปลูกในสารละลายปลูกถั่วมีการควบคุมสภาพแวดล้อม และมีการใส่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

NO_3ในสารละลายที่ใช้ปลูกพืช อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.0, 2.0 และ 4.0 mM ผลการทดลองพบว่าการใส่ NO_3 มีผลทำให้การพัฒนาของปมช้าลง โดยพัฒนาช้ามากเมื่อใส่ NO_3 ที่ความเข้มข้น 0.4 mM

4.3.2 น้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของต้นถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ เชียงใหม่ 1

น้ำหนักปมแห้ง

จากการศึกษาน้ำหนักแห้งของปมในระยะ R1 พบว่าต้นถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 ที่ปลูกโดยใส่เชื้อไรโซเบียมจากผงพีท มีน้ำหนักปมเฉลี่ยเท่ากับ 0.093 กรัม และจากการใส่เชื้อที่ได้จากการพ่นแห้งทั้งสองสายพันธุ์ในอัตรา 10^6เซลล์/เมล็ด ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของปมสูงไม่แตกต่างจากการใช้หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีท โดยมีน้ำหนักปมจากการใช้เชื้อ GSY012 และ NA6080 เท่ากับ 0.091 และ 0.071 กรัม ตามลำดับ และพบว่าจำนวนปมลดลงตามจำนวนเซลล์ของไรโซเบียมที่ใส่ต่อต่อเมล็ด (ตาราง 16) จากการใช้หัวเชื้อแบบผงพีทในอัตราแนะนำเปรียบเทียบกับการใช้หัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้งอัตรา10^5 เซลล์/เมล็ด (ตำรับที่ 5 และตำรับที่ 9) ซึ่งเป็นอัตราแนะนำสำหรับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (Fertilizers Act, Canada, April 1986) พบว่าน้ำหนักปมแห้งในตำรับที่ใช้เชื้อจากผงพีทมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าจากการใช้หัวเชื้อจากการพ่นแห้ง และน้ำหนักแห้งของปมจากการใช้เชื้อ NA6080 สูงกว่าเชื้อ GSY012 โดยมีน้ำหนักแห้งปมเท่ากับ 0.39 และ 0.32 กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 17 การสะสมน้ำหนักแห้งของปมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินด้วยเนื่องจากฟอสฟอรัสมีส่วนช่วยในการพัฒนาของปมตลอดจนทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานพื้นฐานของขบวนการต่างๆ ในพืช ในกรณีที่ฟอสฟอรัสไม่เพียงพอจะไปจำกัดการเจริญของราก ขบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลและกลไกอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนทั้งในทางตรงและทางอ้อม ในกรณีนี้น้ำหนักแห้งปมอาจเพิ่มมากกว่านี้หากใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่เหมาะสม Donale (1999) พบว่าการเพิ่มปริมาณ P_2O_5 ทำให้น้ำหนักแห้งของปมเพิ่มขึ้นโดยเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ย P_2O_5 ในอัตรา 0, 125 และ 255 lb/A ทำให้น้ำหนักแห้งปมเพิ่มขึ้น 0.13, 1.06 และ 3.31 มก. ตามลำดับ และ Donale (1999) ยังพบว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่เหมาะสมส่งผลให้ปมเกิดสีชมพูเร็วขึ้น และมีการพัฒนาเร็วขึ้นอีกด้วย

ในระยะ R6 พบว่า ตำรับที่ 4 ซึ่งเป็นปมจากต้นถั่วที่ใส่หัวเชื้อ GSY012 ที่เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 3% จำนวน 10^6 เซลล์/เมล็ด (95.05 กรัม/เมล็ด 5 กรัม) มีน้ำหนักแห้งของปมสูงสุด เท่ากับ 1.47 กรัม น้ำหนักแห้งของปมต่ำสุดพบในตำรับที่ 2 จากการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 0.20 กรัม (ตาราง 1) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อสองชนิด(10^5 เซลล์/เมล็ด) (ตำรับที่ 5 และตำรับที่ 9)โดยเปรียบเทียบกับการใช้หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีทในอัตรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แนะนำ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.51-1.38 กรัม (ตาราง 18)

น้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน

การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 ในระยะ R1จะมีสูงในตำรับที่ 2 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูตร 46-0-0 อัตรา 24 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินในตำรับที่ 2 มากกว่าตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.92 กรัม และการสะสมของน้ำหนักแห้งสูงรองลงมาคือ ตำรับที่ 4 ซึ่งเป็นตำรับที่ใส่หัวเชื้อไรโซเบียมจากเชื้อ GSY012 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 3% ในอัตรา 10^6 เซลล์/เมล็ด (95.05กรัม/เมล็ด 5 กรัม)ที่ได้จากการพ่นแห้ง และตำรับที่ 8 ใส่หัวเชื้อไรโซเบียม จากเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5% ในอัตรา 10^6 เซลล์/เมล็ด (67.5 กรัม/เมล็ด 5 กรัม) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของการสะสมน้ำหนักแห้งเท่ากับ 6.05 กรัม และ 5.71 กรัม ตามลำดับ (ตาราง 16)

ในตำรับที่มีการใส่เชื้อในปริมาณ อัตรา 10^6 เซลล์/เมล็ด ในทั้งสองตำรับ (ตำรับที่ 4 และตำรับที่8) มีการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่เชื้อในปริมาณที่ลดลงไปตั้งแต่ อัตรา 10^5 ถึง 10^3 เซลล์/เมล็ด รวมทั้งในตำรับที่ 3 ซึ่งใช้หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีท ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.17 กรัม (ตาราง16)

จากการใส่เชื้อจากหัวเชื้อแบบผงพีทในอัตราแนะนำ (10^5 เซลล์/เมล็ด) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หัวเชื้อจากการพ่นแห้งที่อัตรา 10^5 เซลล์/เมล็ด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตาราง 17)

การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินในระยะ R6 มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 18) โดยพบค่าเฉลี่ยสูงสุดในตำรับการทดลองที่ 2 ซึ่งใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน เท่ากับ 19.08 กรัม และ ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนนั้นจะไปส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อน ใบ และ กิ่งก้าน และไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลด์ กรดนิวคลิอิก และเอนไซม์ต่างๆในพืช (ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, 2544) ส่งผลให้มีการสะสมของน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดินสูง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Lemaire (2007)โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่างๆ ลงไปในพืชหลายชนิดแล้วหาการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินพบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสมจะส่งผลให้การสะสมของน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดินสูงขึ้น ส่วนในตำรับที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินต่ำสุดคือ ตำรับที่ 1 ซึ่งไม่ใส่เชื้อไรโซเบียมและไม่ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน

เมื่อเปรียบเทียบใส่เชื้อสองสายพันธุ์ที่ได้จากการพ่นแห้งพบว่า น้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ 1 ซึ่งไม่ใส่เชื้อไรโซเบียม สอดคล้องกับการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของ Yahia (2005) ที่ทำการทดลองใส่เชื้อ *Rhizobium* sp. KYGT207 ลงในข้าวสาลี (*Triticum durum* var.Waha) แล้วส่งผลให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงเท่ากับ 113.2 มก./ต้น ซึ่งสูงกว่า control ที่ไม่ใส่เชื้อโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.9 มก. /ต้น

จากการใส่หัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้งทั้งสองสายพันธุ์ในจำนวน 10^5เซลล์/เมล็ด (ตำรับที่ 5 และตำรับที่ 9) เปรียบเทียบกับการใส่หัวเชื้อไรโซเบียมชนิดผงพีทตามอัตราแนะนำ พบว่าไม่มีความแตกต่างในทางสถิติของการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินระหว่างการใส่เชื้อ GSY012 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียกความชื้น 3% เชื้อNA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5% และการใส่เชื้อจากผงพีทตามอัตราแนะนำ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12.07-12.68 กรัม ดังแสดงในตาราง 17

น้ำหนักแห้งราก

การสะสมน้ำหนักแห้งของรากในระยะ R1 พบสูงที่สุดในตำรับที่ 4 เท่ากับ 2.17 กรัม ซึ่งสูงกว่าในตำรับที่ 1 ที่เป็น control ตำรับที่ 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน และตำรับที่ 3 ที่ใช้หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีท ดังแสดงในตาราง 16

น้ำหนักแห้งของรากจากการใช้เชื้อไรโซเบียมจากผงพีทในอัตราแนะนำเปรียบเทียบกับการใช้ผงเชื้อจากการพ่นแห้งพบว่าไม่มีความแตกต่างในทางสถิติซึ่งดังแสดงในตารางที่ 17

จากการศึกษาพบว่าน้ำหนักแห้งของรากในระยะ R6 ในตำรับที่ 2 ซึ่งใช้ปุ๋ยเคมี มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.02 กรัม ส่วนใน ตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมพบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของรากมีสูงกว่าในตำรับที่ 1ซึ่งเป็นcontrol อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Yahia (2005) ที่ทำการทดลองใส่เชื้อ *Rhizobium* sp. KYGT207 ลงในข้าวสาลี (*Triticum durum* var.Waha) แล้วส่งผลให้การสะสมน้ำหนักแห้งของรากสูงเท่ากับ 72.3 มก. /ต้น ซึ่งสูงกว่า control ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 46.4 มก. /ต้น

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเชื้อสองสายพันธุ์ที่ได้จากการพ่นแห้งจำนวน 10^5 เซลล์/เมล็ด (ตำรับที่ 5 เชื้อ GSY012 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 3% และตำรับที่ 9 เชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%) และจากการใช้เชื้อจากผงพีทอัตราแนะนำพบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.13-3.61 กรัม (ตาราง 17)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.3 กิจกรรมการตรึงไนโรเจน (ปริมาณเอทิลีน : C_2H_4)

ทำการเปรียบเทียบปริมาณการตรึงไนโตรเจนโดยใช้หลักการ ARA พบว่า การเกิดก๊าซ C_2H_4 ของต้นถั่วเหลืองฝักสดในระยะ R1 ในตำรับการทดลองที่ 3 ตำรับที่ 4 และตำรับที่ 8 มีการเกิดขึ้นของเอทิลีนสูงสุด คือ 23.49 22.61 และ22.10 μmole/ชม./ต้น ตามลำดับ (ตาราง 19) โดยพบว่าในตำรับที่มีการเกิดเอทิลีนสูงสุดมีน้ำหนักแห้งของปมสูงสุดเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Timothy (1989) ซึ่งพบว่า ARA มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งของปมที่ $R^2 = 0.83$ โดยเขาได้ทดลองชั่งน้ำหนักปมเปรียบเทียบกับการเกิดเอทิลีนพบว่าการเกิดเอทิลีนมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งของปม และจากการศึกษาระหว่างหัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้งกับหัวเชื้อจากผงพีทพบว่า ในหัวเชื้อจากการพ่นแห้งที่ใช้ในอัตรา 10^6 เซลล์/เมล็ด ในทั้งสองสายพันธุ์ มีปริมาณเอทิลีนเกิดขึ้นต่ำกว่าการใช้ผงพีทในอัตราแนะนำ

ตาราง 18 เปรียบเทียบการใช้หัวเชื้อแบบผงพีทและการใช้หัวเชื้อไรโซเบียมที่ได้จากการพ่นแห้งในอัตราการใส่ต่อเมล็ดที่เท่ากันในระยะ R6 ในกระถางทดลอง

ตำรับ	จำนวนปม	น้ำหนักแห้งปม (กรัม)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งราก (กรัม)	น้ำหนักเมล็ด กรัม)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
3	128	1.38	12.12	3.13	30.74	3.88	0.08	1.08
5	87	1.14	12.07	3.13	29.93	4.07	0.06	1.03
9	123	0.51	12.68	3.61	29.28	3.97	0.06	0.89
mean	112.67	1.00	12.29	3.29	29.98	3.98	0.068	1.00
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V %	44.57	44.71	13.13	12.10	3.58	16.02	12.05	22.75

***หมายเหตุ** หัวเชื้อแบบผงพีท ใช้ในอัตราแนะนำ 200 กรัม/เมล็ด 15 กก. และใช้เชื้อไรโซเบียมจากการพ่นแห้งอัตราแนะนำ 10^5cells/เมล็ด (Fertilizers Act,Canada,April 1986)

จากการใส่หัวเชื้อไรโซเบียมแบบผงพีทที่อัตราแนะนำ กับการใส่หัวเชื้อจากการพ่นแห้งที่อัตราแนะนำ (10^5 เซลล์/เมล็ด) (ตำรับที่ 5 และตำรับที่ 9) พบว่าการเกิดเอทิลีนจากการใช้เชื้อจากผงพีทเกิดขึ้นสูงที่สุดส่วนการใช้เชื้อจากการพ่นแห้งทั้งสองสายพันธุ์ในอัตราแนะนำไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตาราง 17)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.4 จำนวนฝัก

จากการศึกษาพบว่าจำนวนฝักไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ($P \leq 0.05$) (ตาราง 19) โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนฝักอยู่ระหว่าง 31 - 40.33 ฝัก

4.3.5 น้ำหนักแห้งฝัก

จากการศึกษาการใช้หัวเชื้อไรโซเบียมสองสายพันธุ์ที่ได้จากการพ่นแห้งโดยใช้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ตั้งแต่10^6-10^3 เซลล์/เมล็ด โดยเปรียบเทียบกับการใช้หัวเชื้อจากผงพีทในอัตราแนะนำ (ตำรับที่3) และจากการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน(ตำรับที่ 2) พบว่าการสะสมน้ำหนักแห้งของฝักไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14.75- 20.37 กรัม (ตาราง 19) น้ำหนักแห้งฝักไม่สัมพันธ์กับจำนวนฝักเนื่องจากบางฝักมีขนาดเล็กและลีบไม่มีเมล็ด

4.3.6 น้ำหนักเมล็ด

การตอบสนองของถั่วเหลืองฝักสดต่อการคลุกเชื้อไรโซเบียมโดยอาศัยผลผลิตน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยจากการใช้เชื้อไรโซเบียมจากผงพีทและการพ่นแห้ง ปรากฏว่าในตำรับที่ 4 จากการใส่เชื้อ GSY012 ที่เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 3% จำนวน 10^6 เซลล์/เมล็ด (95.05 กรัม/เมล็ด 5 กรัม) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 32.05 กรัม (ตาราง 19) ซึ่งการใส่เชื้อไรโซเบียมทำให้น้ำหนักเมล็ดรวมมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากการตอบสนองต่อธาตุอาหารพืชในดินของไรโซเบียม จากรายงานของ Anon (1993) การเพิ่มปุ๋ยฟอสเฟตลงไปเพื่อเพิ่มธาตุฟอสฟอรัสทำให้พืชตระกูลถั่วมีการตอบสนองต่อการคลุกเชื้อเพิ่มขึ้น จากการทดลองในทุกตำรับใส่ปุ๋ยรองพื้นในอัตรา 0-9-6 กก./ไร่ ซึ่งอาจเป็นเพราะในดินที่ใช้ในการปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ (52 ppm) เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่จำกัดการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสด ดังนั้นเมื่อ available P ในดินมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจึงได้รับผลผลิตจากการใช้เชื้อไรโซเบียมเพิ่มขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตของถั่วมากขึ้นตาม และจากการทดลองของ Yuming (2003) ซึ่งใช้เชื้อ *Bradyrhizobium japonicum* กับต้นถั่วเหลืองพบว่าน้ำหนักเมล็ดรวมสูงกว่าในตำรับที่ไม่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.51 $mgha^{-1}$ และ 4.44 $mgha^{-1}$ ตามลำดับ และจากการทดลองพบว่าตำรับที่มีน้ำหนักเมล็ดรวมต่ำสุดคือตำรับที่ 1 ซึ่งไม่ใส่เชื้อไรโซเบียมและไม่ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน

จากการเปรียบเทียบระหว่างการใช้เชื้อไรโซเบียมสองสายพันธุ์ที่ได้จากการพ่นแห้งจำนวน 10^5cells/เมล็ด (ตำรับที่ 5 เชื้อ GSY012 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 3% และตำรับที่ 9 เชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%) และการใช้หัวเชื้อแบบผงพีทอัตราแนะนำ พบว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29.98-30.74 กรัม (ตาราง 18)

4.3.7 ปริมาณการสะสมธาตุอาหารของส่วนที่อยู่เหนือดิน (Total N, P และ K)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณ total N ในส่วนที่อยู่เหนือดิน พบว่าในตำรับที่ 8 ซึ่งใส่เชื้อ NA 6080 ที่เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียกความชื้น 5% มีการสะสมของไนโตรเจนสูงสุดเท่ากับ 4.46% (ตาราง 16) ในตำรับที่มีการสะสมไนโตรเจนต่ำสุดพบใน ตำรับที่ 1 ซึ่งไม่ใส่เชื้อไรโซเบียมและไม่ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน และในตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมที่ได้จากการพ่นแห้งในปริมาณต่ำสุด (10^3 เซลล์/เมล็ด) ในตำรับที่ 7 และตำรับที่ 11 โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Tahsin (2006) ที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไนเตรทในอัตรา 70 กก./ไร่ เปรียบเทียบกับการใช้เชื้อ *B.japonicum* ที่ผลิตทางการค้าตามอัตราแนะนำ พบว่าการใส่เชื้อไรโซเบียมมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงกว่าโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.4 mg g^{-1} ส่วนในตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเท่ากับ 20.2 mg g^{-1} ซึ่งนอกจากนี้แล้ว Koutroubas *et al*. (1998) ได้รายงานว่าเปอร์เซนต์ของไนโตรเจนที่สะสมในต้นพืชตระกูลถั่วในระยะvegetative จะสูงขึ้นเมื่อมีการใส่เชื้อไรโซเบียม ดังนั้นการใช้เชื้อไรโซเบียมจึงมีประโยชน์ในแง่ของการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การสะสมไนโตรเจนในส่วนที่อยู่เหนือดินของพืชตระกูลถั่ว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเชื้อสองชนิดที่ได้จากการพ่นแห้งกับการใส่หัวเชื้อแบบผงพีทพบว่าการสะสมของไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 % (ตาราง 18) และการสะสมของไนโตรเจนในต้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ให้กับต้นพืชอีกด้วย ดังเช่นการทดลองของ Donale (1999) พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 4,980 lb/A และ 1,0710 lb/A ให้กับต้นถั่วอัลฟาฟา ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชเท่ากับ 3.8 % และ 4.3 % ตามลำดับ

ปริมาณ Total P พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ตาราง 19) และจากการเปรียบเทียบระหว่างการใช้หัวเชื้อแบบผงพีทและการใช้หัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้งพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.06- 0.08 % (ตาราง 18)

ปริมาณ Total K จากการวิเคราะห์ในส่วนที่อยู่เหนือดินพบว่าตำรับที่ 4 ซึ่งใช้เชื้อ GSY012 จากการพ่นแห้งในอัตรา 10^6 เซลล์/เมล็ด มีเปอร์เซ็นต์ของโพแทสเซียมสูงสุดเท่ากับ 1.69 % สูงกว่าตำรับที่ 2 ซึ่งใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน (ตาราง 19) และจากการเปรียบระหว่างการใช้เชื้อไรโซเบียมที่ได้จากการพ่นแห้งทั้งสองสายพันธุ์กับการใช้หัวเชื้อแบบผงพีทพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ1.00 % ดังแสดงในตาราง 18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 19 แสดงจำนวนปมและน้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ เชียงใหม่ 1 จากการทดลองปลูกในกระถางในกระถาง ระยะ R6 (ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต)โดยใช้หัวเชื้อไรโซเบียมตำรับที่ 5 และ ตำรับที่ 8 โดยการเรียงลำดับปริมาณเชื้อจาก 10^6 เซลล์/เมล็ด ถึง 10^3 เซลล์/เมล็ด เปรียบเทียบกับการใช้หัวเชื้อจากผงพีท และ การใส่ปุ๋ยเคมี

ตำรับ	จำนวนปม (ปม)	น้ำหนักแห้งปม(กรัม)	น้ำหนักแห้งต้น(กรัม)	น้ำหนักแห้งราก(กรัม)	น้ำหนักแห้งฝัก(กรัม)	จำนวนฝัก	น้ำหนักเมล็ด (กรัม)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
1	6.67 e	0.28 de	9.14 d	2.67 d	17.13	37.00	27.87 d	3.69	0.079	0.88 c
2	2.67 e	0.20 e	19.08 a	7.02 a	14.75	39.33	30.74 abc	4.19	0.077	1.49 ab
3	128.00 ab	1.38 ab	12.12 bcd	3.13 cd	20.37	34.67	30.74 abc	3.88	0.077	1.08 c
4	172.00 a	1.47 a	14.13 b	3.71 bcd	17.85	37.67	32.05 a	3.81	0.057	1.69 a
5	87.00 bc	1.14 abc	12.07 bcd	3.13 cd	17.30	32.67	29.93 bcd	4.07	0.063	1.03 c
6	27.00 de	0.57 cde	12.50 bc	3.60 bcd	18.76	37.67	28.67 d	3.90	0.067	0.97 c
7	25.67 de	0.56 cde	13.82 b	4.74 b	19.33	31.00	31.22 ab	3.61	0.077	1.21 bc
8	123.00 ab	1.03 abcd	12.95 bc	2.93 d	18.56	34.33	30.59 abc	4.46	0.063	1.24 bc
9	123.00 ab	0.51 cde	12.68 bc	3.61 bcd	19.54	40.33	29.27 bcd	3.97	0.063	0.89 c
10	78.00 bcd	0.63 bcde	13.02 bc	4.11 bcd	16.34	35.33	31.02 ab	4.04	0.063	1.09 c
11	36.00 cde	0.96 abcd	10.15 cd	4.52 bc	15.59	34.00	32.65 bc	3.65	0.063	0.90 c
mean	73.64	0.79	12.88	3.92	17.76	35.81	30.25	3.93	0.068	1.13
F-test	**	**	**	**	NS	NS	*	NS	NS	**
c.v.%	44.91	56.46	14.65	22.44	20.67	14.20	4.45	11.18	14.41	19.11

***หมายเหตุ** 1 = **1** = Control, **2**=. ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร46-0-0 อัตรา 24 กก./ไร่ **3**=ใส่หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีทอัตรา 200กรัม ต่อเมล็ด 15 กก., **4**= ทาลคัม + เชื้อ GSY012 +แป้งเปียก ความชื้น 3% จำนวน 10^6 เซลล์/เมล็ด (95.05กรัม/เมล็ด 5 กรัม), **5** = ทาลคัม + เชื้อ GSY012 +แป้งเปียก ความชื้น 3% จำนวน 10^5 เซลล์/เมล็ด (10.65กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **6**= ทาลคัม +เชื้อ GSY012 +แป้งเปียก ความชื้น 3%จำนวน10^4 เซลล์/เมล็ด (0.95กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **7**=ทาลคัม + เชื้อGSY012 +แป้งเปียก ความชื้น 3% จำนวน 10^3 เซลล์/เมล็ด (0.1กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **8**= ทาลคัม + เชื้อ NA6080 +แป้งเปียก ความชื้น 5% จำนวน 10^6 เซลล์/เมล็ด (67.5กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **9**= ทาลคัม + เชื้อ NA6080 +แป้งเปียก ความชื้น 5% จำนวน 10^5 เซลล์/เมล็ด (6.5กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **10**=ทาลคัม +เชื้อNA6080 +แป้งเปียก ความชื้น 5% จำนวน 10^4 เซลล์/เมล็ด (0.6กรัม/เมล็ด 5 กรัม) **11**= ทาลคัม +เชื้อ NA6080 +แป้งเปียก ความชื้น 5% จำนวน 10^3 เซลล์/เมล็ด (0.06กรัม/เมล็ด 5 กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.8 การคัดเลือกเชื้อเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมในแปลงทดลอง

ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 1 ในกระถางทดลองกล่าวได้โดยสรุปว่าหัวเชื้อไรโซเบียมทั้งสองสายพันธุ์ที่ได้จากการพ่นแห้ง และหัวเชื้อแบบผงพีทที่ใช้ในอัตราแนะนำไม่มีความแตกต่างกัน แต่เนื่องจากที่ระยะ 30 วันหลังจากการพ่นแห้งปริมาณเชื้อ *B. japonicum* NA6080 ที่เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียกความชื้น 5% มีปริมาณการเหลือรอดสูงกว่าโดยมีจำนวนเชื้อเท่ากับ 2.57×10^5 เซลล์/กรัม ส่วนเชื้อ *B. elkanii* GSY012 ที่เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 3% มีเชื้อเหลืออยู่เพียง 6.92×10^3 เซลล์/กรัม ซึ่งเมื่อนำมาใช้จะต้องใช้หัวเชื้อต่อเมล็ดในปริมาณสูง และหัวเชื้อที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อการทดลองในแปลง จึงคัดเลือกเอาเชื้อ *B .japonicum* NA6080 ที่เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5% มาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในแปลงทดลองต่อไป โดยการเลือกเชื้อในตำรับที่ 8 นี้สอดคล้องกับการทดลองของ Hungria *et al.* (2004) ซึ่งพบว่าเชื้อ *B. japonicum* มีอัตราการตรึงไนโตรเจนที่สูงกว่า และให้ผลผลิตสูงกว่า *B .elkanii* ในแปลงทดลอง

4.4 ผลการทดลองทดสอบประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์สจ 5 ในแปลงทดลอง

4.4.1 จำนวนการเข้าสร้างปมของเชื้อไรโซเบียม

จากการทดสอบประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมในระยะ R1 (ประมาณ 30 วันหลังปลูก) ในสภาพไร่นาพบว่าการใช้หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีทในอัตราแนะนำ (ตำรับที่ 3) มีการสร้างปมมากกว่าเมื่อเทียบกับการใส่เชื้อ NA6080 ที่เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5% จากการพ่นแห้งที่ระดับ 10^5 เซลล์/เมล็ด ($P\leq 0.05$) โดยจำนวนปมจากการใช้เชื้อไรโซเบียมจากผงพีทเท่ากับ 127.33 ปม และจากการใช้เชื้อจากการพ่นแห้งที่10^5 เซลล์/เมล็ด เท่ากับ 124.33 ปม ซึ่งการเข้าสร้างปมของเชื้อไรโซเบียมแปรผันตามปริมาณเชื้อที่ใส่ต่อเมล็ด การสร้างปมต่ำสุดพบในตำรับที่ 2 ซึ่งใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน (ตาราง 20) พบการสร้างปมน้อยในตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยไม่ใส่เชื้อ และในตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกถั่วเหลืองมีจำนวนเชื้อไรโซเบียมตามธรรมชาติน้อย และอีกเหตุผลหนึ่งอาจเป็นเพราะความไม่เหมาะสมของสภาพแวดล้อมในการเข้าสร้างปมในพืช เช่น ปริมาณไนโตรเจนในดินที่มีสูงมีผลต่อการติดปม จากการศึกษาของ Tsai *et al* (1993) ศึกษาผลของการปลูกถั่ว *Phaseolus vulgaris* ร่วมกับการปลูกข้าวโพดซึ่งมีการใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 0, 30 และ 60 กก. N/ha พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าวโพดในอัตราสูงยับยั้งการเกิดปมที่รากแขนง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการใช้หัวเชื้อไรโซเบียมจากการพ่นแห้งพบว่าแม้ในการใช้จำนวนเชื้อต่อเมล็ดต่ำ (10^3 เซลล์/เมล็ด) ก็พบว่ามีการสร้างปมซึ่งแสดงให้เห็นว่าเชื้อที่ได้มีประสิทธิภาพเพียงพอแก่การเข้าสร้างปมได้

4.4.2 น้ำหนักแห้งปม

การสะสมน้ำหนักแห้งปมจะแปรผันตามจำนวนเชื้อที่ใส่ต่อเมล็ด พบว่าเมื่อใส่เชื้อในอัตรา 10^5 เซลล์/เมล็ด ส่งผลให้มีการสะสมน้ำหนักแห้งปมสูงที่สุดเท่ากับ 2.53 กรัม(ตำรับที่ 4) และรองลงมาในตำรับที่ใช้เชื้อจากผงพีทในอัตราแนะนำโดยมีน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2.39 กรัม (ตำรับที่ 3)

4.4.3 การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดิน และ ราก

จากการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในระยะ R1 ทำให้มีการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงที่สุดเท่ากับ 21.15 กรัม (ตาราง 20) เช่นเดียวกันกับในระยะ R6 ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนส่งผลให้การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงสุดเท่ากับ 775 กรัม (ตาราง 21) โดยพบว่าน้ำหนักแห้งแปรผันตามปริมาณเชื้อที่ใส่ต่อเมล็ด และจากการใส่เชื้อจากผงพีทในตำรับที่ 3 มีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงกว่าเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้ง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.84 กรัม และ 12.38 กรัม ตามลำดับในระยะ R1 แต่ในระยะ R6 พบว่าการใช้หัวเชื้อไรโซเบียม NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5% จากการพ่นแห้งที่ 10^5 เซลล์/เมล็ด ซึ่งเป็นอัตราแนะนำสำหรับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นสูงกว่าการใช้หัวเชื้อจากผงพีทอัตราแนะนำโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 684 กรัม และ 602 กรัม ตามลำดับ (ตาราง 18) ส่วนปริมาณของเชื้อจากการพ่นแห้งที่ใส่ต่อเมล็ด (10^3-10^5 เซลล์/เมล็ด) ไม่มีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งในระยะ R1 และ R6 (ตาราง 20 และ 21) และการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนที่อยู่เหนือดินต่ำสุดพบในตำรับที่ 1 ซึ่งไม่ใส่เชื้อไรโซเบียม และปุ๋ยเคมีไนโตรเจน

จากการชั่งน้ำหนักเมล็ดแห้งจำนวน 100 เมล็ดในระยะ R6 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.07 กรัม – 30.56 กรัม ค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุดพบในตำรับที่ 5 จากการใช้หัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้ง โดยใส่เชื้อในปริมาณ 10^4 เซลล์ต่อเมล็ด (ตารางที่ 21)

การสะสมน้ำหนักของส่วนที่อยู่เหนือดินสูงสุดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้น อาจเนื่องมาจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลด์ กรดนิวคลิอิก และเอนไซม์ในพืช และยังส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อน ใบและกิ่งก้าน จึงทำให้มีการสะสมของน้ำหนักแห้งสูง (ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, 2544) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ จีราภรณ์ (2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวง พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้น้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดินเพิ่มขึ้นจากตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยและไม่มีการใส่เชื้อไรโซเบียม

ตาราง 20 การทดลองทดสอบประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์สจ 5 ในแปลงทดลองในระยะ R1

ตำรับ	จำนวนปม(ปม)	น้ำหนักแห้งปม(กรัม)	น้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดิน(กรัม)	น้ำหนักแห้งราก (กรัม)	ปริมาณเอทิลีน (µmole/ต้น/hr)
1	1.67 d	0.28 c	8.35 c	3.05 b	0.11 b
2	1.33 d	0.01 c	21.15 a	6.93 a	0.30 b
3	127.33 a	2.39 a	13.84 b	3.39 b	1.54 a
4	124.33ab	2.53 a	12.38 bc	3.83 b	1.86 a
5	92.00 b	1.75 b	10.65 bc	2.30 b	0.85 ab
6	58.33 c	0.57 c	10.61 bc	3.55 b	0.09 b
mean	67.5	1.27	12.83	4.01	0.79
F-test	**	**	**	**	**
c.v.%	27.77	26.19	19.64	22.59	75.39

***หมายเหตุ**; ตำรับที่ 1= control, ตำรับที่ 2 = ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 24 กก. /ไร่, ตำรับที่ 3 = ใส่เชื้อไรโซเบียมผงพีทอัตราแนะนำ (200กรัม/เมล็ด 15 กก.), ตำรับที่ 4= หัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%จำนวน 10^5 cells/เมล็ด (47.28กรัม/เมล็ด20กรัม), ตำรับที่ 5= หัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%จำนวน 10^4 cells/เมล็ด (4.73กรัม/เมล็ด20กรัม), ตำรับที่ 6 = หัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%จำนวน 10^4 cells/เมล็ด (0.47กรัม/เมล็ด20กรัม)

การสะสมน้ำหนักแห้งของรากในระยะ R1 สูงสุดพบในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน (ตำรับที่ 2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.93 กรัม ส่วนในตำรับที่เหลือไม่มีความแตกต่างกัน

การสะสมน้ำหนักแห้งของต้นถั่วเหลืองในทั้งสองระยะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการใส่เชื้อไรโซเบียมต่อเมล็ดเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.4 ปริมาณ เอทิลีน

การเกิดเอทิลีนจากการใช้หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีทในตำรับที่ 3 และตำรับที่ 4 จากการใช้เชื้อ NA 6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5% อัตรา 10^5 เซลล์/เมล็ด มีการเกิดเอทิลีนสูง เท่ากับ 1.54 และ 1.86 μmole/ต้น/hr และเมื่อลดจำนวนเซลล์ต่อเมล็ดลง ส่งผลให้การสร้างปมลดลงทำให้น้ำหนักแห้งของปมลดลง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าปริมาณเอทิลีนที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งของปม โดยในตำรับที่ใช้เชื้อจากผงพีทมีน้ำหนักแห้งปมสูงเท่ากับ 2.39 กรัม และเช่นเดียวกันกับตำรับที่ 4 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งปมเท่ากับ 2.53 กรัม

4.4.5 น้ำหนักเมล็ด

จากการเก็บตัวอย่างเมล็ดในแปลงขนาด 2×4 ตารางเมตร พบว่าน้ำหนักเมล็ดรวมสูงสุดมาจากการใช้หัวเชื้อไรโซเบียมที่ได้จากผงพีท ส่วนการใส่เชื้อที่ได้จากการพ่นแห้งในอัตรา 10^5 และ 10^3 เซลล์ต่อเมล็ดไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 21)

จากการชั่งน้ำหนักเมล็ดแห้งจำนวน 100 เมล็ดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.07 กรัม – 30.56 กรัม ค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุดพบในตำรับที่ 5 จากการใช้หัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้ง โดยใส่เชื้อในปริมาณ 10^4 เซลล์ต่อเมล็ด (ตารางที่ 21) จากการชั่งน้ำหนักเมล็ดแห้งจำนวน 100 เมล็ดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.07 กรัม – 30.56 กรัม ค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุดพบในตำรับที่ 5 จากการใช้หัวเชื้อที่ได้จากการพ่นแห้ง โดยใส่เชื้อในปริมาณ 10^4 เซลล์ต่อเมล็ด (ตารางที่ 21)

4.4.6 ปริมาณการสะสมธาตุอาหารของส่วนที่อยู่เหนือดิน (Total N, P และ K)

ที่ระยะ R6 จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในลำต้นรวมกับส่วนใบ พบว่าระหว่างการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในตำรับที่ 2 การใส่เชื้อจากผงพีทอัตราแนะนำในตำรับที่ 3 และ การใส่เชื้อจากหัวเชื้อไรโซเบียม NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5% ที่ได้จากการพ่นแห้ง ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ในปริมาณการสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 1.41-2.50 กก. N/ไร่ ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.05-0.06 กก. P /ไร่ และปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมอยู่ในช่วง 2.30-3.24 กก. K /ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 22

การดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมจากการพ่นแห้งอัตรา 10^5 cells/เมล็ด มีการสะสมไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุดโดยมีค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับ 9.45 กก. N/ไร่ ตำรับที่มีการสะสมไนโตรเจนในเมล็ดต่ำสุด คือตำรับที่ 1 ซึ่งไม่ใส่เชื้อไรโซเบียมและไม่ใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าเท่ากับ 4.94 กก. N/ไร่ (ตาราง 22)

ตาราง 21 การทดลองทดสอบประสิทธิภาพการเข้าสร้างปมและการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์สจ 5 ในแปลงทดลองในระยะ R6

ตำรับ	น้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดิน(กรัม/8 ม^2)	น้ำหนักแห้ง100 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักแห้งเมล็ดรวม (กรัม/8 ม^2)
1	501 c	29.36	370.07 c
2	775 a	29.45	535.37 ab
3	602 bc	30.56	542.10 a
4	684 ab	29.79	531.41 ab
5	745 ab	28.07	424.18 bc
6	681 ab	28.94	519.04 ab
mean	664.83	29.36	487.03
F-test	*	NS	*
c.v.%	12.56	4.74	13.22

***หมายเหตุ**; ตำรับที่ 1= control, ตำรับที่ 2 = ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 24 กก./ไร่, ตำรับที่ 3 = ใส่เชื้อไรโซเบียมผงพีทอัตราแนะนำ (200กรัม/เมล็ด 15 กก.), ตำรับที่ 4= หัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%จำนวน 10^5 cells/เมล็ด (47.28กรัม/เมล็ด20กรัม), ตำรับที่ 5= หัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%จำนวน 10^4 cells/เมล็ด (4.73กรัม/เมล็ด20กรัม), ตำรับที่ 6 = หัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%จำนวน 10^4 cells/เมล็ด (0.47กรัม/เมล็ด20กรัม)

ในส่วนของการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.3-0.5 กก. P /ไร่

การดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมในเมล็ดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าการใช้หัวเชื้อไรโซเบียมจากผงพีท มีการดูดใช้โพแทสเซียมสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 22 แสดงปริมาณธาตุอาหารในต้นถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ สจ.5 จากการทดลองปลูกในแปลงโดยใช้หัวเชื้อไรโซเบียมจากการพ่นแห้งโดยการเรียงลำดับปริมาณเชื้อจาก 10^5 เซลล์/เมล็ด ถึง 10^3 เซลล์/เมล็ด เปรียบเทียบกับการใช้หัวเชื้อจากผงพีท และ การใส่ปุ๋ยเคมี

ตำรับ	N uptake (กก. N/ไร่)		P uptake (กก. P/ไร่)		K uptake(กก. K/ไร่)	
	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด
1	1.41	4.94 d	0.05	0.04	2.30	1.69 c
2	2.50	7.62 b	0.06	0.05	3.21	2.47 b
3	1.86	8.27 b	0.06	0.05	2.89	2.83 a
4	2.22	9.45 a	0.05	0.04	2.89	2.41 b
5	1.76	6.32 c	0.05	0.03	3.19	1.89 c
6	2.12	7.61 b	0.06	0.05	3.24	2.31 b
mean	1.98	7.37	0.05	0.04	3.00	2.26
F-test	NS	**	NS	NS	NS	**
c.v.%	22.92	6.41	35.44	31.69	15.80	7.52

***หมายเหตุ**; ตำรับที่ 1= control, ตำรับที่ 2 = ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 24 กก./ไร่, ตำรับที่ 3 = ใส่เชื้อไรโซเบียมผงพีทอัตราแนะนำ(200กรัม/เมล็ด 15 กก.), ตำรับที่ 4= หัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%จำนวน 10^5 cells/เมล็ด(47.28กรัม/เมล็ด20กรัม), ตำรับที่ 5= หัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5% จำนวน 10^4 cells/เมล็ด(4.73กรัม/เมล็ด20กรัม),,ตำรับที่ 6 = หัวเชื้อจากการพ่นแห้งโดยใช้ทาลคัม เป็นวัสดุพาหะที่มีเชื้อ NA6080 เคลือบเซลล์ด้วยแป้งเปียก ความชื้น 5%จำนวน 10^4 cells/เมล็ด(0.47กรัม/เมล็ด20กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved