บทที่ 4

ผลการทดลอง

I. การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด และการพัฒนาจนถึงระยะโปรโตคอร์ม

การทดลองที่ 1 การศึกษาหาอายุฝักที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเมล็ดในอาหารเหลว

1.1 การเปลี่ยนแปลงขนาดของเมล็ด และคัพภะ

1.1.1 ความกว้างของเมล็ด

การเปลี่ยนแปลงความกว้างของเมล็ดจากฝักอายุต่างๆ กัน เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง พบว่าเมล็ดโดยทั่วไปจะมีแนวโน้มกว้างเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ในทุกอายุฝัก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุก ๆ สัปดาห์ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 5 หน้า 34 จนกระทั่งคัพภะภายในแต่ละเมล็ดมีการเจริญ และขยายตัวจนดันเปลือกหุ้มเมล็ดให้ฉีกขาดออก ดังภาพที่ 3 หน้า 35 ยกเว้นเมล็ดจากฝักอายุ 10 สัปดาห์ ซึ่งไม่มีคัพภะ ดังภาพที่ 4 หน้า 35 การเปลี่ยนแปลงในลักษณะดังกล่าวนี้ เริ่มพบหลังจากที่เพาะเมล็ดได้ประมาณ 4 สัปดาห์ไปจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองเมื่อเพาะเมล็ดนาน 6 สัปดาห์ ยกเว้นเมล็ดจากฝักอายุ 14 และ 18 สัปดาห์ ซึ่งเมล็ดเกือบทั้งหมดงอกในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ตามลำดับ จึงไม่สามารถวัดความกว้างของเมล็ดได้ ตามรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 1.2 หน้า 41

ผลการวิเคราะห์ความกว้างของเมล็ดเมื่อเพาะได้ 4 สัปดาห์ พบว่า เมล็ดจากฝักอายุ 14 สัปดาห์ มีความกว้างของเมล็ดเฉลี่ย 222±19 ไมครอน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดจากฝักอายุ 18 20 และ 28 สัปดาห์ แต่กว้างกว่าเมล็ดจากฝักอายุ 10 12 16 22 24 และ 26 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) ความกว้างของเมล็ดจากฝักอายุ 18 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกับเมล็ดจากฝักอายุ 16 20 และ 28 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ต่างจากเมล็ดที่มาจากฝักอายุ 10 12 และ 22 - 26 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาถึงความกว้างของเมล็ดจากฝักอายุ 28 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันกับฝักอายุ 16 และ 20 สัปดาห์ แต่แตกต่างจากฝักอายุ 10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 ความกว้างเฉลี่ยของเมล็ดจากฝักอายุต่างกัน เมื่อเพาะในอาหารเหลวตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์

อายุฝัก (สัปดาห์)	ความกว้างเฉลี่ยของเมล็ด (ไมครอน)						
	เริ่มทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4 [1/]	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
10	149±9	153±11	156±9	155±14	155±15^{e}	156±15	157±13
12	148±14	155±17	156±17	156±18	165±25^{e}	171±32	174±31
14	142±13	151±14	169±17	207±15	222±19^{a}	- [2/]	-
16	144±15	153±18	167±24	178±25	203±21^{bcd}	216±30	220±24
18	143±15	156±18	169±18	195±27	218±22^{ab}	242±19	-
20	145±16	156±17	165±20	186±25	210±27^{abc}	247±32	259±21
22	143±19	151±23	158±23	174±32	189±30^{d}	193±29	199±30
24	144±15	156±17	167±21	174±23	190±25^{d}	214±34	223±39
26	143±14	157±19	171±22	193±25	197±23^{cd}	193±25	194±18
28	144±14	154±20	167±23	208±32	213±30^{ab}	215±28	223±36

[1/] อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

[2/] ไม่สามารถวัดขนาดได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3 ระยะที่คัพภะมีการเจริญเติบโตมาก จนดันเปลือกหุ้มเมล็ดฉีกขาดออก

ภาพที่ 4 เมล็ดจากฝักอายุ 10 สัปดาห์ ซึ่งไม่มีคัพภะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

12 และ 22- 26 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความกว้างของเมล็ดจากฝักอายุ 20 สัปดาห์ไม่แตกต่างจากฝักอายุ 16 และ 26 สัปดาห์ แต่แตกต่างจากฝักอายุ 10 12 22 และ 24 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความกว้างของเมล็ดจากฝักอายุ 16 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันกับฝักอายุ 22 - 26 สัปดาห์ แต่กว้างกว่าเมล็ดที่มาจากฝักอายุ 10 และ 12 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความกว้างของเมล็ดจากฝักอายุ 26 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันกับฝักอายุ 22 และ 24 สัปดาห์ แต่กว้างกว่าฝักอายุ 10 และ 12 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความกว้างของเมล็ดจากฝักอายุ 22 และ 24 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กว้างกว่าฝักอายุ 10 และ 12 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความกว้างของเมล็ดจากฝักอายุ 10 และ 12 สัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.1.2 ความยาวของเมล็ด

จากตารางที่ 6 หน้า 37 จะพบว่า เมล็ดจากฝักอายุ 10 สัปดาห์ มีความยาวน้อยกว่าเมล็ดจากฝักอายุตั้งแต่ 12 ถึง 28 สัปดาห์ที่ใช้ทำการทดลองอย่างชัดเจน เมื่อทำการเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง พบว่าความยาวของเมล็ดโดยทั่วไปมีแนวโน้มที่ลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ยกเว้นเมล็ดจากฝักอายุ 10 และ 12 สัปดาห์ ซึ่งความยาวของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ผลการวิเคราะห์ความยาวของเมล็ดเมื่อเพาะได้ 4 สัปดาห์ พบว่า ความยาวของเมล็ดจากฝักอายุ 12 14 16 18 20 24 และ 26 สัปดาห์ ซึ่งมีความยาวเฉลี่ย 612±41 613±41 588±50 602±40 596±34 587±54 และ 608±44 ไมครอนตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยาวกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับเมล็ดจากฝักอายุ 22 และ 28 สัปดาห์ ซึ่งมีความยาวเฉลี่ย 563±50 และ 541±67 ไมครอนตามลำดับ และยาวกว่าเมล็ดจากฝักอายุ 10 สัปดาห์ ซึ่งมีความยาวเฉลี่ย 460±39 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 ความยาวเฉลี่ยของเมล็ดจากฝักอายุต่างกัน เมื่อเพาะในอาหารเหลวตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์

อายุฝัก (สัปดาห์)	ความยาวเฉลี่ยของเมล็ด (ไมครอน)						
	เริ่มทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4 [1/]	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
10	443±36	457±42	455±36	456±43	460±39[c]	462±41	466±38
12	601±39	610±38	612±38	611±36	612±41[a]	610±37	614±40
14	620±43	618±36	618±32	614±38	613±41[a]	- [2/]	-
16	630±38	612±50	604±40	577±66	588±50[a]	572±50	573±54
18	629±45	625±37	626±45	614±38	602±40[a]	568±32	-
20	642±26	637±31	636±30	616±35	596±34[a]	570±37	572±22
22	603±41	588±54	559±61	548±57	563±50[b]	540±59	553±51
24	598±48	598±53	613±55	575±62	587±54[a]	567±56	568±56
26	614±48	614±47	604±49	617±47	608±44[a]	598±52	596±43
28	629±43	592±57	599±64	551±62	541±67[b]	549±58	539±61

[1/] อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

[2/] ไม่สามารถวัดขนาดได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.1.3 ความกว้างของคัพภะ

การเปลี่ยนแปลงความกว้างของคัพภะเมื่อเพาะเมล็ดจากฝักอายุต่าง กัน ในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลงพบว่า เมล็ดโดยทั่วไปมีความกว้างของคัพภะเพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ยกเว้นเมล็ดจากฝักอายุ 10 สัปดาห์ ซึ่งไม่มีคัพภะ และเมื่อคัพภะเจริญเติบโตจนหลุดออกจากเปลือกหุ้มเมล็ด จะมีการเจริญเติบโตเร็วขึ้นกว่าเมื่อยังอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด และพบแนวโน้มว่าคัพภะจากฝักอายุมากว่ามีขนาดใหญ่กว่าคัพภะของฝักอายุน้อยกว่า ยกเว้นเมล็ดจากฝักที่มีอายุตั้งแต่ 20 สัปดาห์ขึ้นไป ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 7 หน้า 39 โดยหลังจากที่เพาะเมล็ดนาน 6 สัปดาห์ ฝักอายุ 18 สัปดาห์ มีความกว้างของคัพภะเฉลี่ย 721±262 ไมครอน กว้างกว่าคัพภะจากฝักอายุ 20 สัปดาห์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่กว้างกว่าฝักอายุ 14 16 และ 22 - 28 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความกว้างของคัพภะจากฝักอายุ 20 สัปดาห์ ไม่แตกต่างจากฝักอายุ 24 และ 28 สัปดาห์ แต่กว้างกว่าคัพภะจากฝักอายุ 14 16 22 และ 26 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความกว้างของคัพภะจากฝักอายุ 14 16 22 และ 26 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.1.4 ความยาวของคัพภะ

การเปลี่ยนแปลงความยาวของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดจากฝักอายุต่าง ๆ กันในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง พบว่า เมล็ดโดยทั่วไปคัพภะจะยาวเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองเช่นเดียวกับการเพิ่มความกว้างของคัพภะ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 8 หน้า 40 โดยหลังจากที่เพาะเมล็ดนาน 6 สัปดาห์ ฝักอายุ 18 และ 20 สัปดาห์ มีคัพภะยาวเฉลี่ย 1,044±230 และ 906±417 ไมครอนตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ยาวกว่าคัพภะจากฝักอายุ 14 16 และ 22 - 28 สัปดาห์ ซึ่งคัพภะยาวเฉลี่ยตั้งแต่ 305±103 ถึง 581±352 ไมครอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คัพภะจากฝักอายุ 24 สัปดาห์ มีความยาวไม่แตกต่างจากคัพภะจากฝักอายุ 14 16 26 และ 28 สัปดาห์ แต่ยาวกว่าคัพภะจากฝักอายุ 22 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความยาวของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 ความกว้างเฉลี่ยของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดจากฝักอายุต่างกันในอาหารเหลว ตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์

อายุฝัก (สัปดาห์)	ความกว้างเฉลี่ยของคัพภะ (ไมครอน)						
	เริ่มทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6 [1/]
10	- [2/]	-	-	-	-	-	-
12	96±6	115±9	131±11	149±15	190±10	206±12	215±9 [3/]
14	95±11	125±13	142±16	197±19	217±21	233±28	250±31 [c]
16	97±12	116±21	142±28	149±33	216±50	248±67	284±96 [c]
18	98±10	127±16	146±19	173±29	280±88	415±141	721±262 [a]
20	100±13	128±17	144±25	171±30	209±51	430±216	525±236 [ab]
22	99±15	120±26	133±28	150±39	177±42	197±68	212±81 [c]
24	100±12	128±16	145±25	152±29	222±111	277±142	389±221 [bc]
26	100±12	131±21	151±26	169±32	215±73	244±116	289±171 [c]
28	98±10	127±20	145±27	187±38	220±55	257±94	338±157 [bc]

1/ อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

2/ เมล็ดไม่มีคัพภะ

3/ ไม่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ เนื่องจากเมล็ดส่วนใหญ่คัพภะยังเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 ความยาวเฉลี่ยของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดจากฝักอายุต่างกันในอาหารเหลว ตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์

อายุฝัก (สัปดาห์)	ความยาวเฉลี่ยของคัพภะ (ไมครอน)						
	เริ่มทดลอง	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6 [1/]
10	- [2/]	-	-	-	-	-	-
12	177±3	202±9	211±15	233±16	271±13	285±13	299±13 [3/]
14	172±18	213±22	237±19	273±22	301±29	334±36	352±45 [bc]
16	173±14	204±24	221±27	229±34	321±75	367±105	413±132 [bc]
18	177±12	207±21	231±23	267±32	428±137	591±185	1044±230 [a]
20	181±13	213±23	229±28	268±46	303±96	685±396	906±417 [a]
22	169±18	189±25	203±28	213±41	264±55	284±95	305±103 [c]
24	183±11	205±18	223±31	225±28	322±169	409±224	581±352 [b]
26	180±11	214±22	233±28	248±46	319±113	367±190	447±289 [bc]
28	179±11	208±22	236±38	280±51	326±82	383±150	473±207 [bc]

1/ อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

2/ เมล็ดไม่มีคัพภะ

3/ ไม่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากเมล็ดส่วนใหญ่คัพภะยังเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คัพภะจากฝักอายุ 14 16 22 26 และ 28 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ด

จากการทดลองพบว่า เมื่อเพาะเมล็ดจากฝักอายุต่าง ๆ ลงในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง คัพภะส่วนมากจะมีการเจริญเติบโตจนกระทั่งดันเปลือกหุ้มเมล็ดให้ฉีกขาด และงอกออกจากเมล็ดเมื่อเพาะเมล็ดได้ 4 สัปดาห์ และจะทะยอยงอกในสัปดาห์ต่อ ๆ มา จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งมีผลให้เปอร์เซนต์งอกของเมล็ดจากฝักอายุต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ยกเว้นเมล็ดจากฝักอายุ 10 สัปดาห์ซึ่งไม่มีคัพภะ และเมล็ดจากฝักอายุ 12 สัปดาห์ ซึ่งคัพภะยังเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์ เมล็ดจึงไม่งอกตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง และเมล็ดจากฝักอายุ 14 และ 18 สัปดาห์ ซึ่งเกือบทุกเมล็ดจะงอกในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ถึง สัปดาห์ที่ 5 และในช่วงสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 6 ตามลำดับ โดยที่เมื่อเพาะเมล็ดนาน 6 สัปดาห์ เมล็ดจากฝักอายุ 14 และ 18 สัปดาห์ มีเปอร์เซนต์งอกในระดับมากที่สุด(เมล็ดงอกมากกว่าร้อยละ 75) เมล็ดจากฝักอายุ 16 20 24 และ 28 สัปดาห์มีเปอร์เซนต์งอกในระดับมาก (เมล็ดงอกประมาณร้อยละ 51 - 75) ในขณะที่เมล็ดจากฝักอายุ 26 สัปดาห์ มีเปอร์เซนต์งอกในระดับปานกลาง(เมล็ดงอกประมาณร้อยละ 25 -50) และเมล็ดจากฝักอายุ 22 สัปดาห์ มีเปอร์เซนต์งอกในระดับน้อย(เมล็ดงอกน้อยกว่าร้อยละ 25) ดังแสดงในตารางที่ 9 หน้า 42

1.3 ขนาด และความสม่ำเสมอของโปรโตคอร์ม

จากการทดลองพบว่า เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงนาน 4 สัปดาห์ จะเริ่มมีการงอกเกิดขึ้น โดยที่เปอร์เซนต์งอกจะแตกต่างกันออกไป ดังที่ได้กล่าวรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 1.2 และพบว่าคัพภะที่งอกก่อนจะมีการเจริญเติบโต และพัฒนาเป็นโปรโตคอร์มที่มีขนาดใหญ่กว่าคัพภะที่งอกในระยะต่อมา แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ขนาดของคัพภะขณะที่งอกของแต่ละเมล็ดของฝักอายุต่าง ๆ มีความแตกต่างกัน ดังภาพที่ 3 หน้า 35 เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า โปรโตคอร์มจากฝักอายุ 18 และ 20 สัปดาห์ มีขนาดเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ดจากฝักอายุต่างกัน เมื่อเพาะในอาหารเหลว

อายุฝัก (สัปดาห์)	การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ดในสัปดาห์ต่าง ๆ					
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
10*	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	> 75	> 75
16	-	-	-	25-50	25-50	51-75
18	-	-	-	25-50	51-75	> 75
20	-	-	-	< 25	51-75	51-75
22	-	-	-	< 25	< 25	< 25
24	-	-	-	< 25	25-50	51-75
26	-	-	-	25-50	25-50	25-50
28	-	-	-	25-50	25-50	51-75

หมายเหตุ * เมล็ดไม่มีคัพภะ

- เมล็ดไม่งอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 ขนาดเฉลี่ยของโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดซึ่งมาจากฝักอายุต่างกัน เมื่อเพาะนาน 6 สัปดาห์

อายุฝัก (สัปดาห์)	โปรโตคอร์ม	
	ความกว้างเฉลี่ย (ไมครอน)	ความยาวเฉลี่ย (ไมครอน)
10*	-	-
12	-	-
14	250 ± 31	352 ± 46
16	357 ± 78	515 ± 100
18	721 ± 266	1,044 ± 233
20	644 ± 183	1,120 ± 310
22	371 ± 98	506 ± 134
24	527 ± 207	797 ± 340
26	462 ± 157	734 ± 277
28	411 ± 158	576 ± 202

หมายเหตุ * เมล็ดไม่มีคัพภะ

- เมล็ดไม่งอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

721±266 X 1,044±233 และ 644±183 X 1,120±310 ไมครอน ตามลำดับ โตกว่าโปรโตคอร์มจากฝักอายุอื่น ๆ ซึ่งมีขนาดเฉลี่ยตั้งแต่ 250±31 X 352±46 ถึง 527±207 X 797±340 ไมครอน เมื่อพิจารณาความสม่ำเสมอของโปรโตคอร์มจะพบว่า โปรโตคอร์มจากฝักอายุ 14 สัปดาห์ มีขนาดสม่ำเสมอมากที่สุด มากกว่าโปรโตคอร์มจากฝักอายุอื่น ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 10 หน้า 43

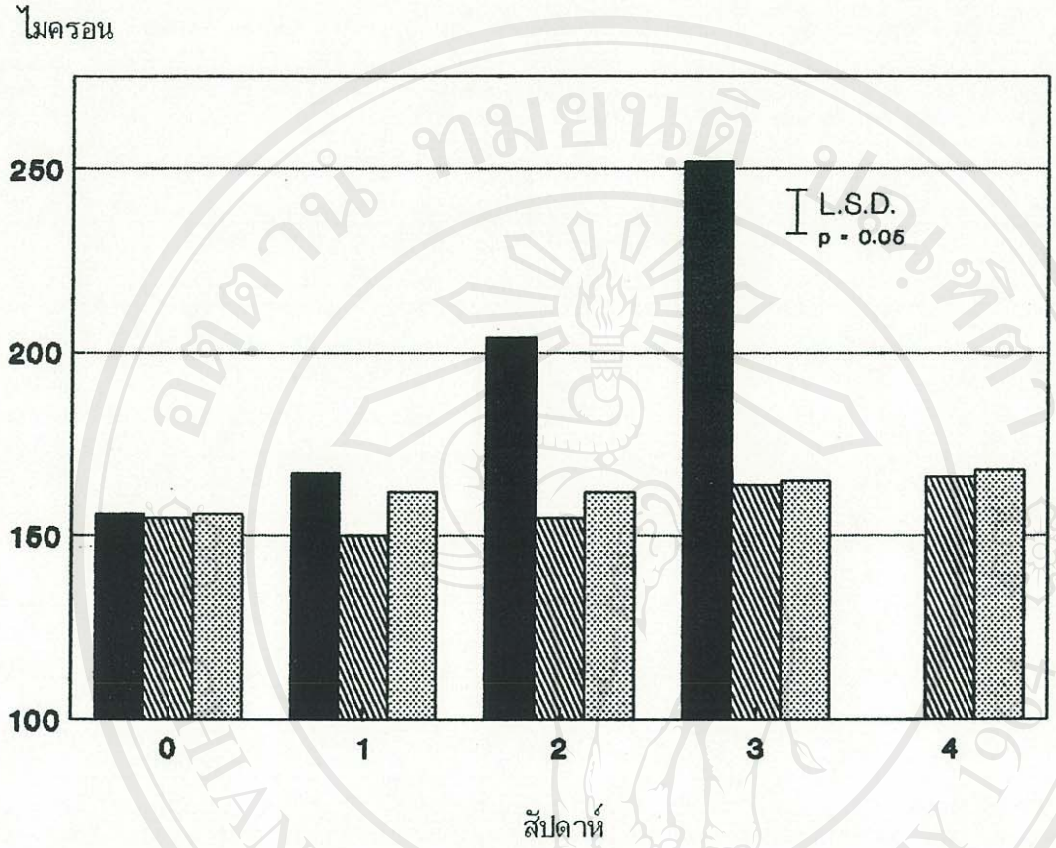
การทดลองที่ 2 การเปรียบเทียบสูตรอาหารที่เหมาะสม ต่อการงอกของเมล็ดในอาหารเหลว

2.1 การเปลี่ยนแปลงขนาดของเมล็ด และคัพภะ

2.1.1 ความกว้างของเมล็ด

การเปลี่ยนแปลงความกว้างของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตรต่าง ๆ โดยเติม NAA และ biotin อย่างละ 1 มก/ล peptone 1 ก/ล และน้ำมะพร้าว 100 มล/ล พบว่า เมล็ดโดยทั่วไปมีแนวโน้มความกว้างของเมล็ดเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 และในสัปดาห์ต่อ ๆ มา ยกเว้นเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง ซึ่งเมล็ดเกือบทั้งหมดงอกในสัปดาห์ที่ 4 จึงไม่สามารถวัดความกว้างของเมล็ดได้ ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 1 หน้า 135 โดยที่เมื่อเพาะได้ 3 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง จะมีความกว้างของเมล็ดเฉลี่ย 252±22 ไมครอน กว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Murashige and Skoog(1962) และ Thomale GD(1954) ซึ่งมีความกว้างของเมล็ดเฉลี่ย 165±13 และ 164±22 ไมครอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p=0.05$) แต่ความกว้างของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีธาตุอาหารหลักสูตร MS(1962) และ Thomale GD(1954) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในแผนภาพที่ 1 หน้า 45

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 1 ความกว้างเฉลี่ยของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักแตกต่างกัน นาน 4 สัปดาห์

ธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went (1949)ดัดแปลง

ธาตุอาหารหลักสูตร Thomale GD (1954)

ธาตุอาหารหลักสูตร Murashige and Skoog (1962)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.2 ความยาวของเมล็ด

การเปลี่ยนแปลงความยาวของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตรต่าง ๆ พบว่า ความยาวของเมล็ดโดยทั่วไปมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่สัปดาห์แรก จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองเมื่อเพาะเมล็ดนาน 4 สัปดาห์ ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 2 หน้า 135 โดยพบว่า เมื่อเพาะเมล็ดได้ 3 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง และ Murashige and Skoog(1962) มีความยาวเฉลี่ย 623±33 และ 608±29 ไมครอนตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ยาวกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Thomale GD(1954) ซึ่งมีความยาวเฉลี่ย 576±34 ไมครอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 2 หน้า 47

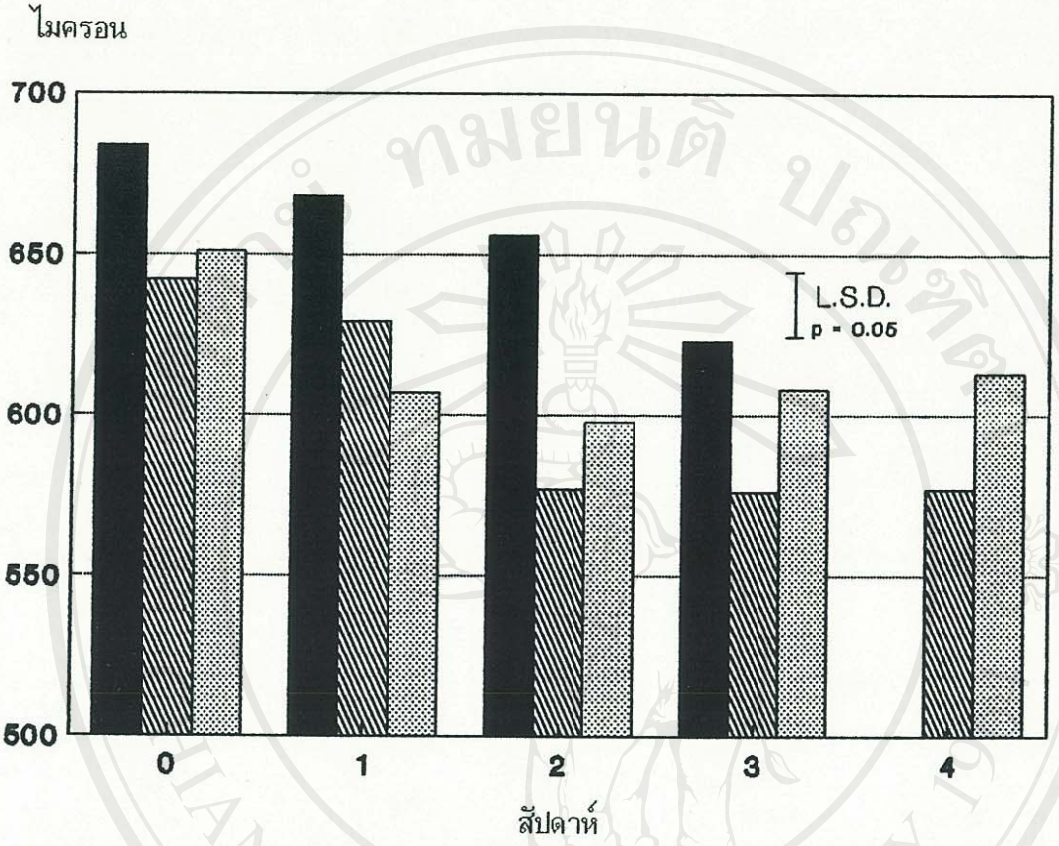
2.1.3 ความกว้างของคัพภะ

การเปลี่ยนแปลงความกว้างของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตรต่าง ๆ พบว่า โดยทั่วไปคัพภะจะกว้างขึ้นในแต่ละสัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 3 หน้า 136 โดยพบว่าเมื่อเพาะเมล็ดนาน 4 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง จะมีคัพภะกว้างเฉลี่ย 301±35 ไมครอน กว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Murashige and Skoog(1962) และ Thomale GD(1954) ซึ่งคัพภะกว้างเฉลี่ย 211±66 และ 181±31 ไมครอนตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในแผนภาพที่ 3 หน้า 48

2.1.4 ความยาวของคัพภะ

การเปลี่ยนแปลงความยาว ของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตรต่าง ๆ พบว่า โดยทั่วไปคัพภะจะยาวเพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง เช่นเดียวกับการเพิ่มความกว้างของคัพภะ ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 4 หน้า 136 โดยเมื่อเพาะเมล็ดนาน 4 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง จะมีคัพภะยาวเฉลี่ย 470±71 ไมครอน ยาวกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Murashige and Skoog(1962) และ Thomale GD(1954) ซึ่งคัพภะมีความยาวเฉลี่ย 305±76 และ 281±46 ไมครอนตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



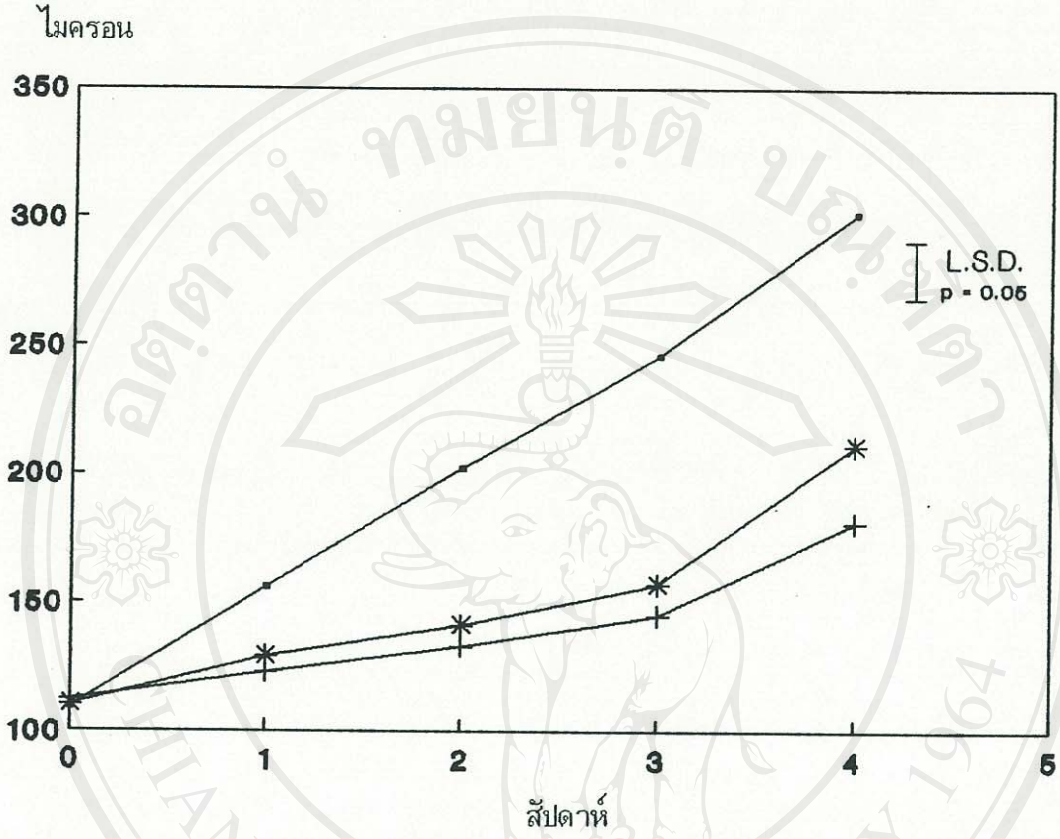
แผนภาพที่ 2 ความยาวเฉลี่ยของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักแตกต่างกัน นาน 4 สัปดาห์

ธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went (1949)ดัดแปลง

ธาตุอาหารหลักสูตร Thomale GD (1954)

ธาตุอาหารหลักสูตร Murashige and Skoog (1962)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



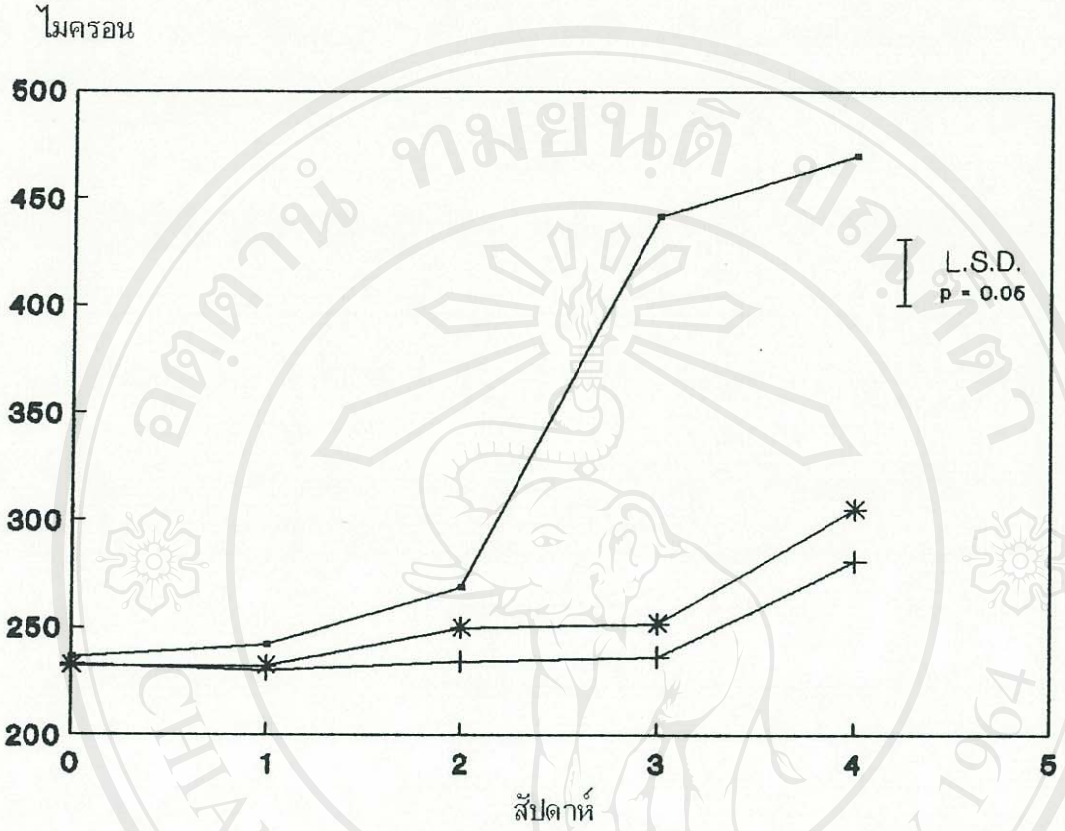
แผนภาพที่ 3 ความกว้างเฉลี่ยของคัพภะเมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักแตกต่างกัน นาน 4 สัปดาห์

■ ธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went (1949)ดัดแปลง

\+ ธาตุอาหารหลักสูตร Thomale GD (1954)

* ธาตุอาหารหลักสูตร Murashige and Skoog (1962)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 4 ความยาวเฉลี่ยของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักแตกต่างกัน นาน 4 สัปดาห์

■ ธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went (1949)ดัดแปลง

\+ ธาตุอาหารหลักสูตร Thomale GD (1954)

* ธาตุอาหารหลักสูตร Murashige and Skoog (1962)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความยาวคัพภะของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Murashige and Skoog (1962) และ Thomale GD(1954) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในแผนภาพที่ 4 หน้า 49

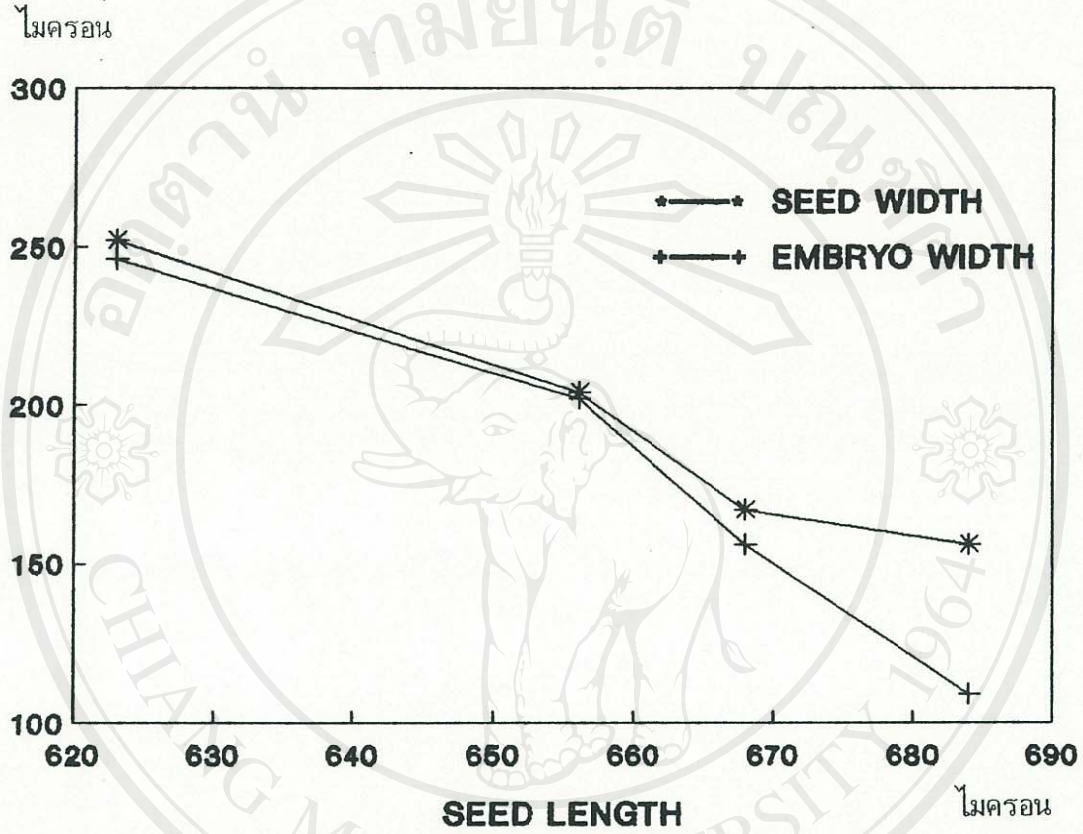
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของเมล็ด ความยาวของเมล็ด ความกว้างของคัพภะ และความยาวของคัพภะในระหว่างการงอก

จากการศึกษาพบว่า ความกว้างของเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงเป็นบวกกับความกว้าง และความยาวของคัพภะที่เพิ่มขึ้น แต่ความยาวของเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงเป็นลบกับความกว้างของเมล็ด และกับความกว้าง และความยาวของคัพภะ ความสัมพันธ์ลักษณะดังกล่าวนี้พบได้ในการเพาะเมล็ดในอาหารเหลวดัดแปลงทั้ง 3 สูตร โดยเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง มีค่าความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของเมล็ด ต่อ ความยาวของเมล็ด ความกว้างของคัพภะ และความยาวของคัพภะ เท่ากับ -0.984 0.964 และ 0.941 ตามลำดับ และค่าความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของเมล็ด ต่อ ความกว้างของคัพภะ และ ความยาวของคัพภะเท่ากับ -0.971 และ -0.946 ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 5 หน้า 51

2.3 การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ด

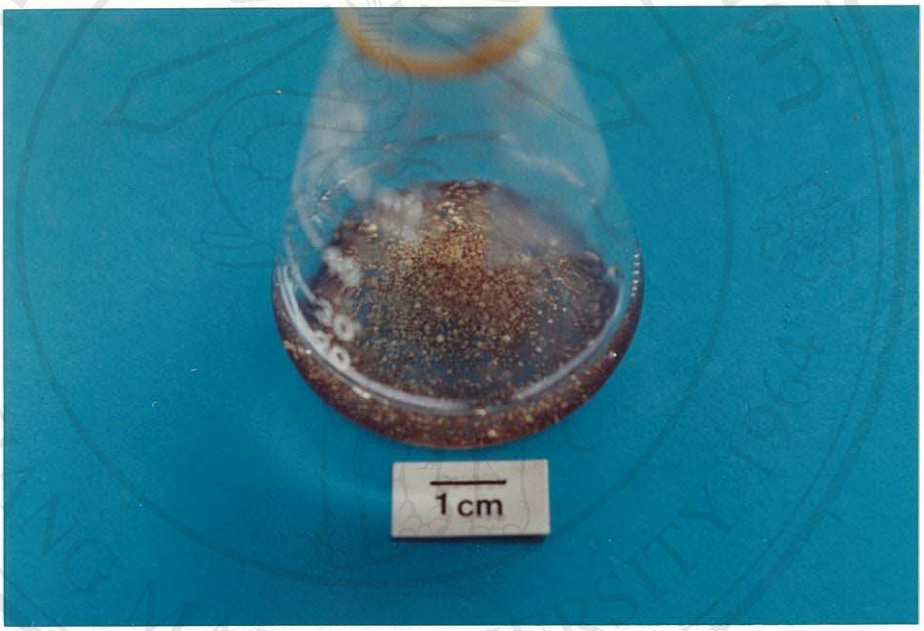
จากการทดลองพบว่า เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตรต่าง ๆ ทั้ง 3 สูตรจะเริ่มงอกเมื่อเพาะนาน 3 ถึง 4 สัปดาห์ โดยที่เมล็ดซึ่งเพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลงนั้นคัพภะส่วนมากงอกออกจากเปลือกหุ้มเมล็ดในสัปดาห์ที่ 4 โดยที่มีเปอร์เซนต์งอกในระดับมากที่สุด(เมล็ดงอกมากกว่าร้อยละ 75) (ภาพที่ 5 หน้า 52) ซึ่งแตกต่างจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Murashige and Skoog(1962) และ Thomale GD(1954) ซึ่งคัพภะบางส่วนเท่านั้นที่งอกจากเปลือกหุ้มเมล็ดโดยมีเปอร์เซนต์งอกในระดับปานกลาง(เมล็ดงอกประมาณร้อยละ 25 - 50) ดังแสดงในตารางที่ 11 หน้า 53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 5 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความยาวของเมล็ด กับความกว้างของเมล็ดและคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5 โปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดอายุ 28 สัปดาห์ ในอาหารเหลว ที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 11 การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวที่มีสูตรธาตุอาหารหลักแตกต่างกัน

สูตรธาตุอาหารหลัก	การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ดในสัปดาห์ต่าง ๆ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
Vacin and Went ดัดแปลง	-	-	-	> 75
Thomale GD	-	-	-	25-50
Murashige and Skoog	-	-	-	25-50

หมายเหตุ - เมล็ดไม่งอก

ตารางที่ 12 ขนาดเฉลี่ยของโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักแตกต่างกัน เมื่อเพาะนาน 4 สัปดาห์

สูตรธาตุอาหารหลัก	โปรโตคอร์ม	
	ความกว้างเฉลี่ย (ไมครอน)	ความยาวเฉลี่ย (ไมครอน)
Vacin and Went ดัดแปลง	302 $\pm$ 35	470 $\pm$ 70
Thomale GD	218 $\pm$ 16	339 $\pm$ 27
Murashige and Skoog	291 $\pm$ 29	387 $\pm$ 66

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 ขนาด และความสม่ำเสมอของโปรโตคอร์ม

จากการทดลองพบว่า ขนาดของโปรโตคอร์มที่งอกเมื่อเพาะเมล็ดนาน 4 สัปดาห์ ในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง มีขนาดเฉลี่ย 302±35 X 470±70 ไมครอน ใหญ่กว่าโปรโตคอร์มซึ่งงอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Thomale GD(1954) และ Murashige and Skoog(1962) ซึ่งมีขนาด 218±16 X 339±27 และ 291±29 X 387±66 ไมครอน ตามลำดับ โดยที่โปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Thomale GD (1954) มีความสม่ำเสมอมากกว่าโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีธาตุอาหารหลักสูตร Murashige and Skoog(1962) และ Vacin and Went(1949)ดัดแปลง ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 12 หน้า 53

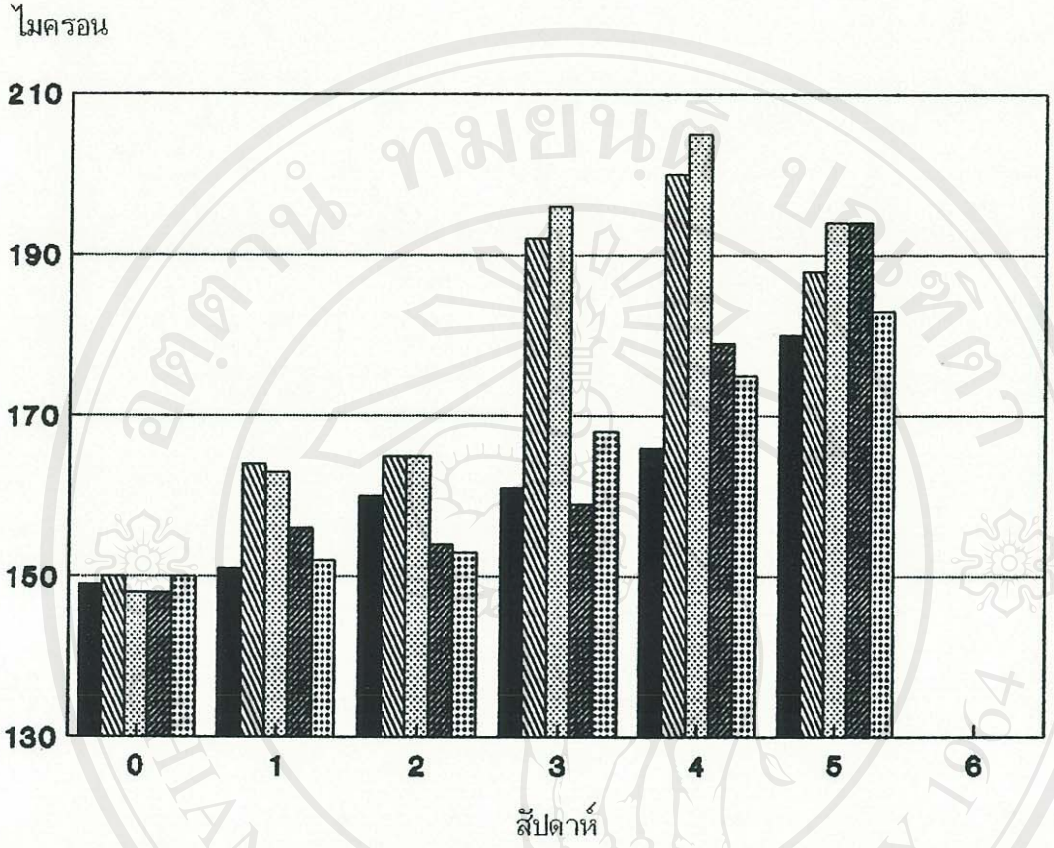
การทดลองที่ 3 การหาระดับของ Peptone ที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดในอาหารเหลว

3.1 การเปลี่ยนแปลงขนาดของเมล็ด และต้นกล้า

3.1.1 ความกว้างของเมล็ด

การเปลี่ยนแปลงความกว้างของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลงที่มีระดับ peptone แตกต่างกัน พบว่า ความกว้างของเมล็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุก ๆ สัปดาห์ ดังแสดงในแผนภาพที่ 6 หน้า 55 โดยพบว่าเมื่อเพาะนาน 5 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 1.0 และ 2.0 ก/ล มีความกว้างของเมล็ดเฉลี่ย 194±11 และ 194±8 ไมครอน ซึ่งกว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0 0.5 และ 3.0 ก/ล ซึ่งมีความกว้างของเมล็ดเฉลี่ย 180±17 188±9 และ 183±11 ไมครอนตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(p=0.05) และความกว้างของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0.5 และ 3.0 ก/ล ไม่มีความแตกต่างกันเช่นเดียวกับความกว้างของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0 และ 3.0 ก/ล ซึ่งไม่แตกต่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 6 ความกว้างเฉลี่ยของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone แตกต่างกัน นาน 6 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความกว้างเมล็ดในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0.5 ก/ล กว้างกว่าที่ระดับ 0 ก/ล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 5 หน้า 137

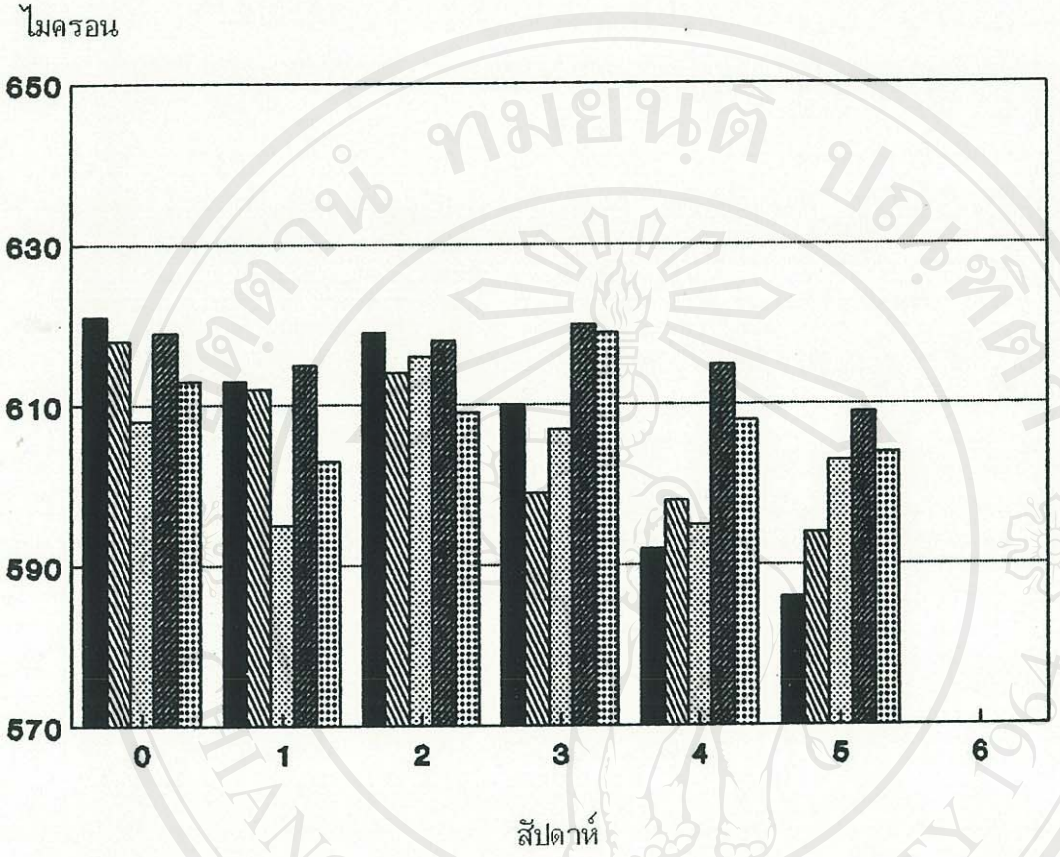
3.1.2 ความยาวของเมล็ด

การเปลี่ยนแปลงความยาวของเมล็ด ที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone แตกต่างกัน พบว่า ความยาวของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่ทุกระดับของ peptone มีแนวโน้มที่ลดลงเล็กน้อยตั้งแต่สัปดาห์แรก จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในแผนภาพที่ 7 หน้า 57 โดยพบว่า เมื่อเพาะเมล็ดนาน 5 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 2.0 ก/ล มีความยาวเฉลี่ย 609±44 ไมครอน ยาวกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0.5 1.0 และ 3.0 ก/ล ซึ่งยาวเฉลี่ย 594±40 603±44 และ 604±44 ไมครอนตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ยาวกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่ไม่เติม peptone ซึ่งยาวเฉลี่ย 586±55 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความยาวเมล็ดในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0 0.5 1.0 และ 3.0 ก/ล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 6 หน้า 137

3.1.3 ความกว้างของคัพภะ

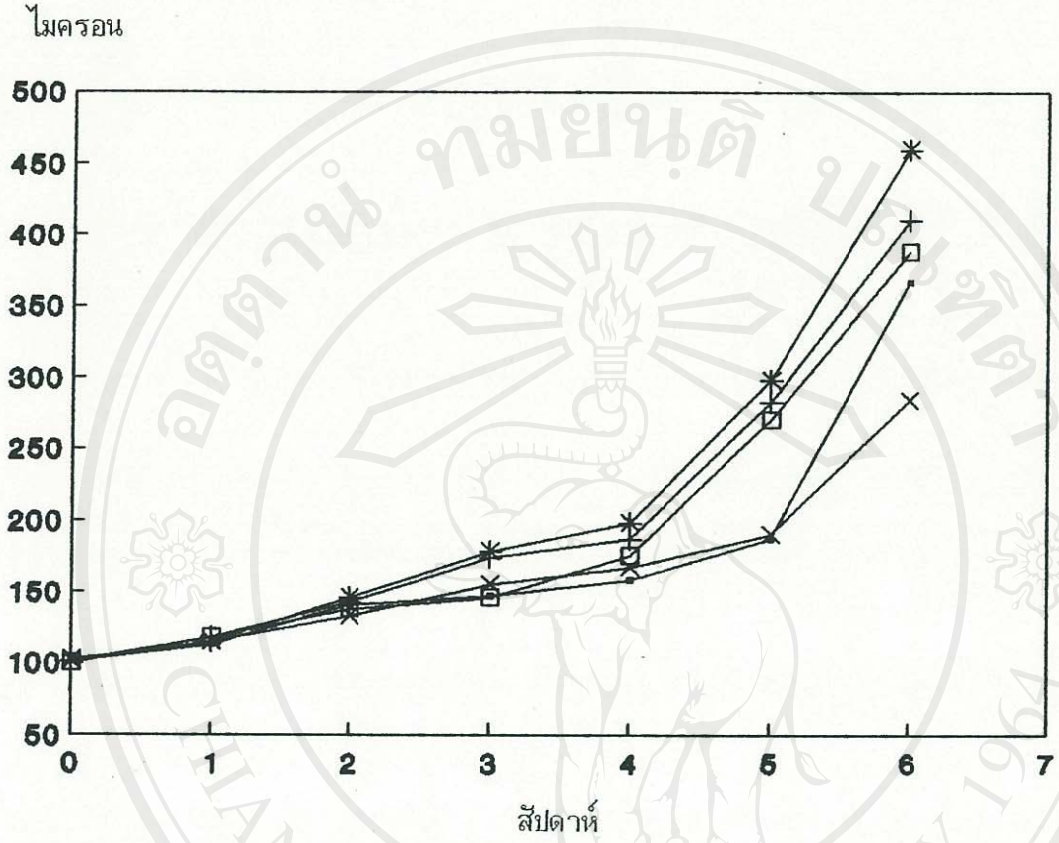
การเปลี่ยนแปลงความกว้างของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีระดับของ peptone แตกต่างกัน พบว่า เมล็ดโดยทั่วไปคัพภะจะกว้างขึ้นในแต่ละสัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในแผนภาพที่ 8 หน้า 58 โดยเมื่อเพาะเมล็ดนาน 6 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 1.0 ก/ล มีความกว้างของคัพภะเฉลี่ย 460±80 ไมครอน ซึ่งกว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0.5 ก/ล โดยมีความกว้างเฉลี่ย 410±116 ไมครอน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่กว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0 2.0 และ 3.0 ก/ล ซึ่งมีคัพภะกว้างเฉลี่ย 367±71 388±98 และ 284±33 ไมครอนตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความกว้างคัพภะของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0 0.5 และ 2.0 ก/ล ไม่มีความแตกต่างกัน แต่กว้างกว่าที่มีระดับ peptone 3.0 ก/ล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 7 หน้า 138

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 7 ความยาวเฉลี่ยของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone แตกต่างกัน นาน 6 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 8 ความกว้างเฉลี่ยของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone แตกต่างกัน นาน 6 สัปดาห์

■ Peptone 0 ก/ล + Peptone 0.5 ก/ล * Peptone 1.0 ก/ล

□ Peptone 2.0 ก/ล x Peptone 3.0 ก/ล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

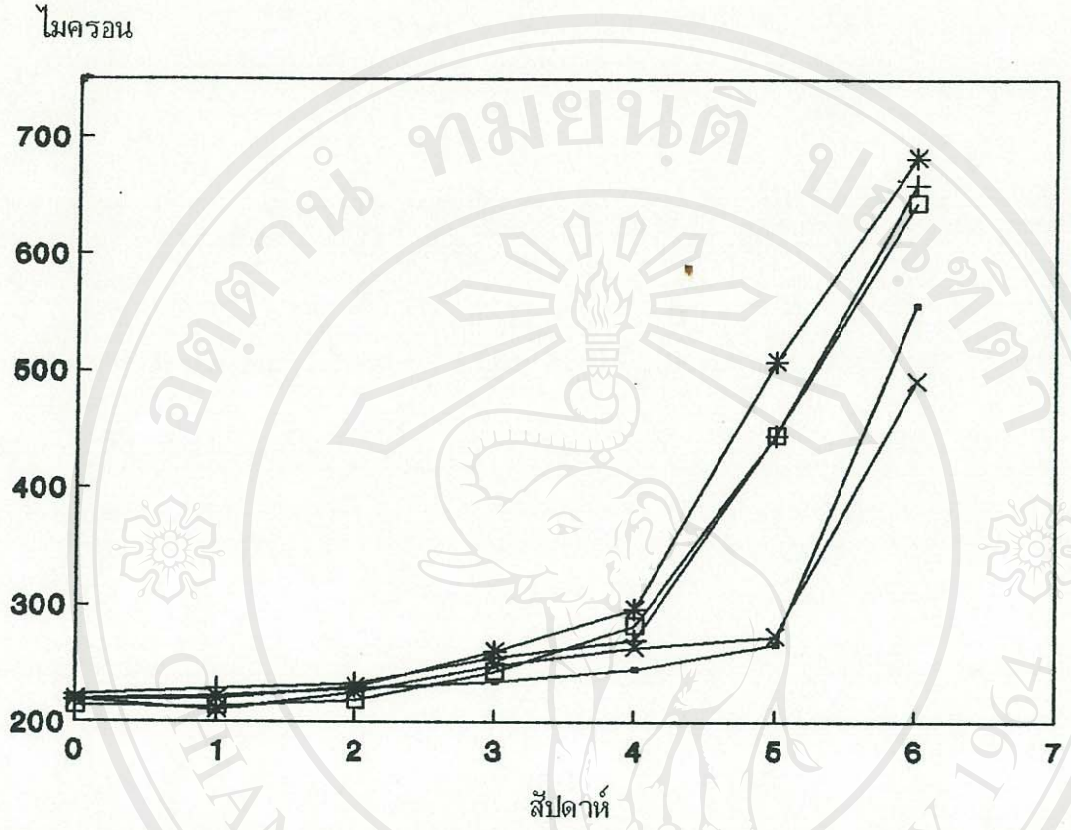
3.1.4 ความยาวของคัพภะ

การเปลี่ยนแปลงความยาวของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตรที่มีระดับของ peptone แตกต่างกัน พบว่า คัพภะจะยาวขึ้นทุกสัปดาห์จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองเช่นเดียวกับการเพิ่มความกว้าง ดังแสดงในแผนภาพที่ 9 หน้า 60 โดยพบว่าเมื่อเพาะเมล็ดนาน 6 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับของ peptone 0.5 1.0 และ 2.0 ก/ล มีความยาวคัพภะเฉลี่ย 660±149 683±82 และ 644±126 ไมครอนตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ยาวกว่าคัพภะของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0 และ 3.0 ก/ล ซึ่งคัพภะยาวเฉลี่ย 556±92 และ 491±71 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คัพภะของเมล็ดที่เพาะในอาหารที่มีระดับ peptone 0 และ 3.0 ก/ล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 8 หน้า 138

3.2 การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ด

จากการทดลองพบว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับของ peptone แตกต่างกันจะเริ่มงอกในช่วงสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 6 โดยที่เมื่อเพาะเมล็ดนาน 5 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับของ peptone 0.5 1.0 และ 2.0 ก/ล มีเปอร์เซนต์งอกในระดับปานกลาง(เมล็ดงอกประมาณร้อยละ 25 - 50) และเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0 และ 3.0 ก/ล มีเปอร์เซนต์งอกในระดับน้อย(เมล็ดงอกน้อยกว่าร้อยละ 25) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเมื่อเพาะเมล็ดนาน 6 สัปดาห์ พบว่า เปอร์เซนต์งอกของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น โดยที่เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0.5 1.0 และ 2.0 ก/ล มีเปอร์เซนต์งอกในระดับมาก(เมล็ดงอกประมาณร้อยละ 51 - 75) ส่วนเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่ไม่เติม peptone มีเปอร์เซนต์งอกในระดับปานกลาง และเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 3.0 ก/ล มีเปอร์เซนต์งอกต่ำที่สุด โดยที่มีเปอร์เซนต์งอกในระดับน้อย (เมล็ดงอกน้อยกว่าร้อยละ 25) ดังแสดงในตารางที่ 13 หน้า 61

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 9 ความยาวเฉลี่ยของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone แตกต่างกัน นาน 6 สัปดาห์

■ Peptone 0 ก/ล + Peptone 0.5 ก/ล * Peptone 1.0 ก/ล

□ Peptone 2.0 ก/ล x Peptone 3.0 ก/ล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 13 การงอกและเปอร์เซนต์งอกของเมล็ดเมื่อเพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone แตกต่างกัน

Peptone (ก/ล)	การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ดในสัปดาห์ต่าง ๆ					
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
0	-	-	-	-	< 25	25-50
0.5	-	-	-	-	25-50	51-75
1.0	-	-	-	-	25-50	51-75
2.0	-	-	-	-	25-50	51-75
3.0	-	-	-	-	< 25	< 25

หมายเหตุ - เมล็ดไม่งอก

ตารางที่ 14 ขนาดเฉลี่ยของโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone แตกต่างกัน เมื่อเพาะนาน 6 สัปดาห์

Peptone (ก/ล)	โปรโตคอร์ม	
	ความกว้างเฉลี่ย (ไมครอน)	ความยาวเฉลี่ย (ไมครอน)
0	368 ± 72	556 ± 93
0.5	435 ± 117	660 ± 151
1.0	460 ± 81	683 ± 83
2.0	388 ± 99	644 ± 128
3.0	284 ± 34	491 ± 72

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 ขนาด และความสม่ำเสมอของโปรโตคอร์ม

จากการทดลองพบว่า ขนาดของโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีระดับ peptone 1.0 ก/ล มีขนาดเฉลี่ย 460±81 X 683±83 ไมครอน ใหญ่กว่าโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0 0.5 2.0 และ 3.0 ก/ล ซึ่งมีขนาดเฉลี่ย 368±72 X 556±93 435±117 X 660±151 388±99 X 644±128 และ 284±34 X 491±72 ไมครอน ตามลำดับ โดยที่โปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 3.0 ก/ล มีความกว้างของโปรโตคอร์มสม่ำเสมอมากที่สุด มากกว่าโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 0 1.0 2.0 และ 0.5 ก/ล ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความยาวของโปรโตคอร์มจะพบว่าโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีระดับ peptone 3.0 ก/ล มีความสม่ำเสมอมากกว่าโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับ peptone 1.0 0 2.0 และ 0.5 ก/ล ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14 หน้า 61

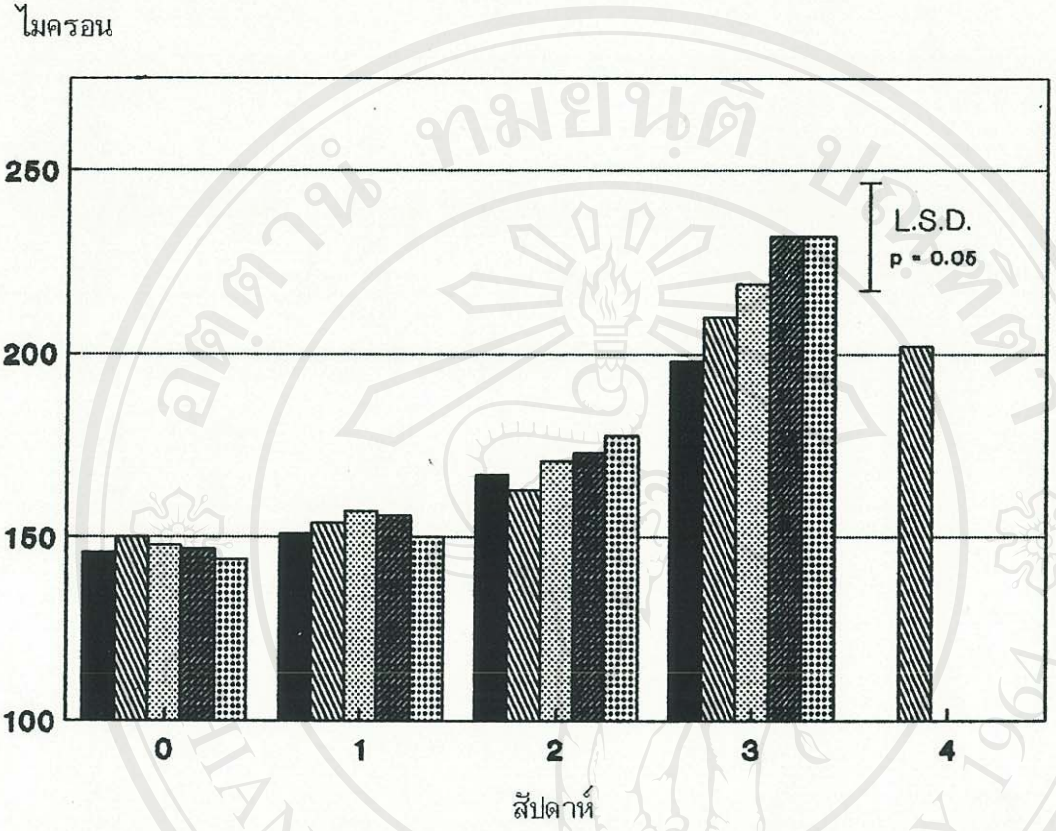
การทดลองที่ 4 การเปรียบเทียบความต้องการแสงในการงอกของเมล็ด ในอาหารเหลว

4.1 การเปลี่ยนแปลงขนาดของเมล็ด และคัพภะ

4.1.1 ความกว้างของเมล็ด

การเปลี่ยนแปลงความกว้างของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง โดยให้เมล็ดได้รับสภาพแสงแตกต่างกัน พบว่า เมล็ดโดยทั่วไปจะมีความกว้างเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลอง และมีแนวโน้มกว้างขึ้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มา ยกเว้นเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอดการทดลอง และเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 2 3 และ 4 สัปดาห์ ซึ่งเมล็ดเกือบทั้งหมดงอกในสัปดาห์ที่ 4 จึงไม่สามารถวัดความกว้างของเมล็ดได้ ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 9 หน้า 139 โดยพบว่าเมื่อเพาะเมล็ดนาน 3 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 1 2 3 และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 10 ความกว้างเฉลี่ยของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลง และจัดให้ได้รับสภาพแสง แตกต่างกัน นาน 4 สัปดาห์

แสงสว่างตลอด
มืดนาน 1 สัปดาห์
มืดนาน 2 สัปดาห์
มืดนาน 3 สัปดาห์
มืดนาน 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4 สัปดาห์ มีความกว้างของเมล็ดเฉลี่ย 210±30 219±23 232±22 และ 232±30 ไมครอน ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 3 และ 4 สัปดาห์ มีความกว้างมากกว่าเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอดซึ่งเมล็ดมีความกว้างเฉลี่ย 198±17 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p=0.05$) ในขณะที่เมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 1 และ 2 สัปดาห์ และสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอดมีความกว้างของเมล็ดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 10 หน้า 63

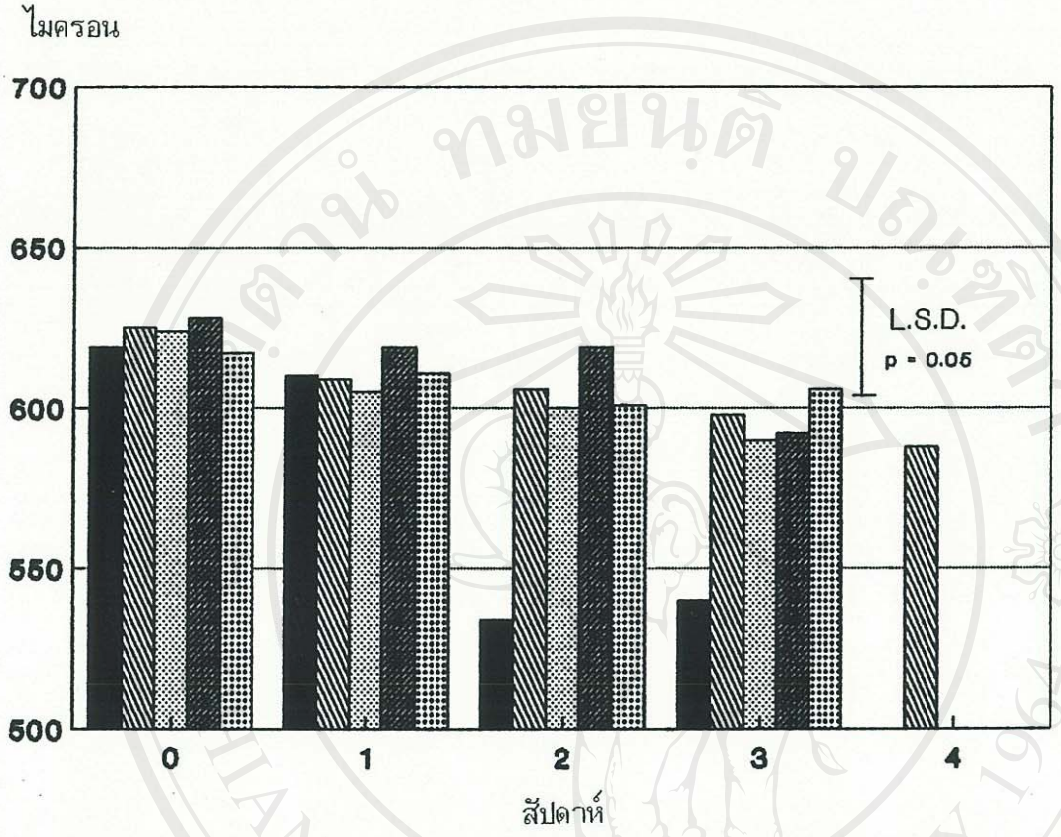
4.1.2 ความยาวของเมล็ด

เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949) ดัดแปลงที่ได้รับสภาพแสงแตกต่างกัน ให้แนวโน้มของความยาวของเมล็ดลดลงตั้งแต่สัปดาห์แรกจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 10 หน้า 139 โดยพบว่า เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวนาน 3 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดเป็นเวลานาน 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ มีความยาวของเมล็ดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความยาวเฉลี่ย 598±54 590±58 592±51 และ 606±44 ไมครอน ตามลำดับ แต่ยาวกว่าเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอด ซึ่งยาวเฉลี่ย 540±55 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 11 หน้า 65

4.1.3 ความกว้างของคัพภะ

การเปลี่ยนแปลงความกว้างของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง และจัดให้ได้รับสภาพแสงแตกต่างกัน พบว่าความกว้างคัพภะของเมล็ดโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 11 หน้า 140 โดยเมื่อเพาะเมล็ดนาน 4 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 4 สัปดาห์ มีความกว้างของคัพภะมากที่สุด โดยที่กว้างเฉลี่ย 467±60 ไมครอน กว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 1 2 และ 3 สัปดาห์ และสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอดซึ่งคัพภะกว้างเฉลี่ย 264±76 334±52 371±46 และ 298±75 ไมครอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 3 สัปดาห์ มีความกว้างของคัพภะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

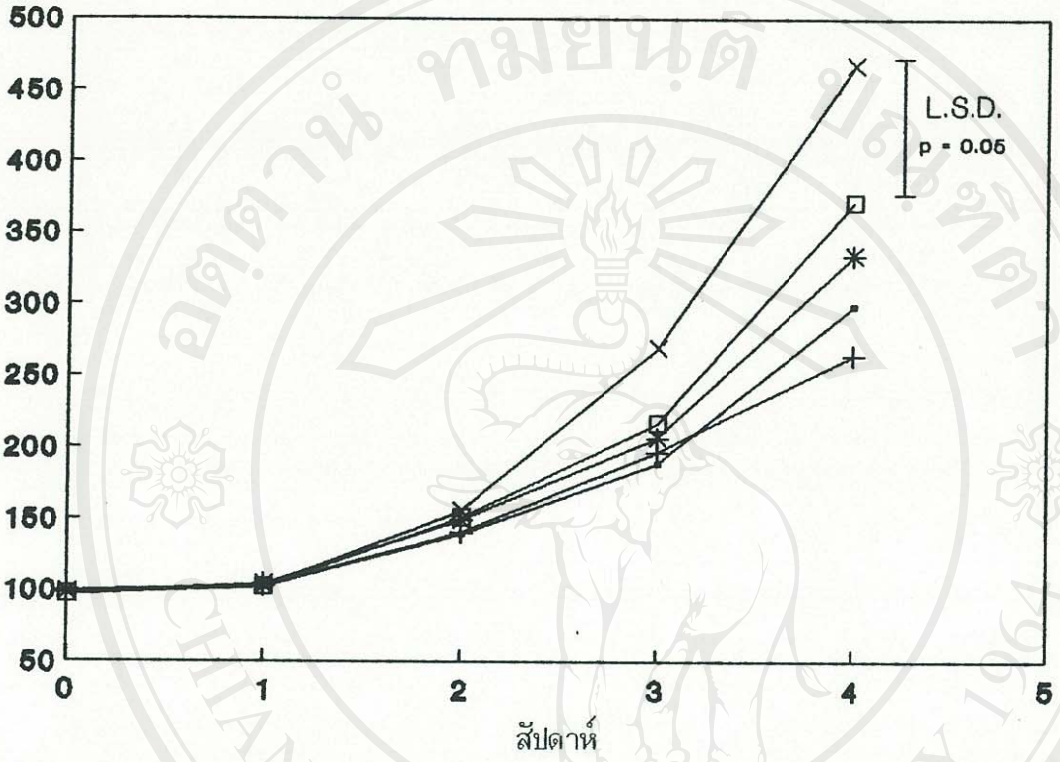


แผนภาพที่ 11 ความยาวเฉลี่ยของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลง และจัดให้ได้รับสภาพแสง แตกต่างกัน นาน 4 สัปดาห์

แสงสว่างตลอด
มืดนาน 1 สัปดาห์
มืดนาน 2 สัปดาห์
มืดนาน 3 สัปดาห์
มืดนาน 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไมครอน



แผนภาพที่ 12 ความกว้างเฉลี่ยของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงและจัดให้ได้รับสภาพแสง แตกต่างกัน นาน 4 สัปดาห์

■ แสงสว่างตลอด + มืดนาน 1 สัปดาห์ * มืดนาน 2 สัปดาห์

□ มืดนาน 3 สัปดาห์ x มืดนาน 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม่แตกต่างจากของคัพภะที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 2 สัปดาห์ และสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอดเวลา แต่กว้างกว่าคัพภะในสภาพมืดนาน 1 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และคัพภะของเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 1 และ 2 สัปดาห์ และสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอด มีความกว้างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 12 หน้า 66

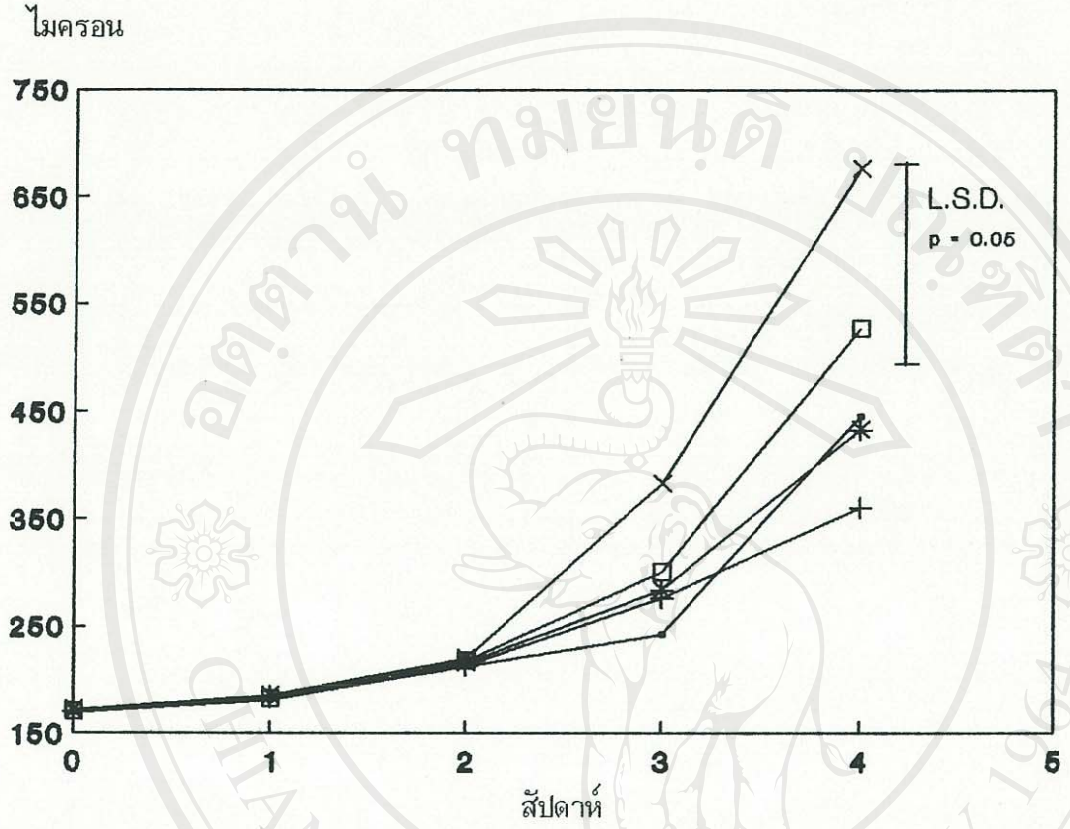
4.1.4 ความยาวของคัพภะ

การเปลี่ยนแปลงความยาวของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลง และจัดให้ได้รับสภาพแสงแตกต่างกัน พบว่าความยาวคัพภะของเมล็ดโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์เช่นเดียวกับความกว้าง ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 12 หน้า 140 โดยเมื่อเพาะเมล็ดนาน 4 สัปดาห์ คัพภะของเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 4 สัปดาห์ มีความยาวเฉลี่ย 676±124 ไมครอน ยาวกว่าคัพภะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 3 สัปดาห์ ซึ่งคัพภะยาวเฉลี่ย 527±71 ไมครอน แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยาวกว่าคัพภะของเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอดและสภาพที่ได้รับความมืดนาน 1 และ 2 สัปดาห์ ซึ่งคัพภะยาวเฉลี่ย 445±158 360±120 และ 433±60 ไมครอนตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความยาวคัพภะของเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 1 2 และ 3 สัปดาห์ และสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 13 หน้า 68

4.2 การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ด

จากการทดลองพบว่า เมล็ดจะเริ่มงอกในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง สัปดาห์ที่ 4 โดยเมื่อเพาะเมล็ดนาน 4 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 3 และ 4 สัปดาห์ และสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอดการทดลอง มีเปอร์เซนต์งอกในระดับมาก (เมล็ดงอกประมาณร้อยละ 51 - 75) มากกว่า เมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 2 และ 1 สัปดาห์ ซึ่งมีเปอร์เซนต์งอกในระดับปานกลาง(เมล็ดงอกประมาณร้อยละ 25 - 50) และในระดับน้อย(เมล็ดงอกน้อยกว่าร้อยละ 25) ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 15 หน้า 69

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 13 ความยาวเฉลี่ยของคันภาะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตรดัดแปลง และจัดให้ได้รับสภาพแสง แตกต่างกัน นาน 4 สัปดาห์

■ แสงสว่างตลอด + มืดนาน 1 สัปดาห์ * มืดนาน 2 สัปดาห์

□ มืดนาน 3 สัปดาห์ x มืดนาน 4 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 15 การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลง และจัดให้ได้รับสภาพแสงแตกต่างกัน

สภาพแสง	การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ดในสัปดาห์ต่าง ๆ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
แสงสว่างตลอด	-	-	-	51-75
มืดนาน 1 สัปดาห์	-	-	-	< 25
มืดนาน 2 สัปดาห์	-	-	-	25-50
มืดนาน 3 สัปดาห์	-	-	-	51-75
มืดนาน 4 สัปดาห์	-	-	-	51-75

หมายเหตุ - เมล็ดไม่งอก

ตารางที่ 16 ขนาดเฉลี่ยของโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่จัดให้ได้รับสภาพแสงแตกต่างกัน เมื่อเพาะนาน 4 สัปดาห์

สภาพแสง	โปรโตคอร์ม	
	ความกว้างเฉลี่ย (ไมครอน)	ความยาวเฉลี่ย (ไมครอน)
แสงสว่างตลอด	298 ± 77	445 ± 160
มืดนาน 1 สัปดาห์	301 ± 66	415 ± 110
มืดนาน 2 สัปดาห์	334 ± 53	433 ± 61
มืดนาน 3 สัปดาห์	371 ± 47	527 ± 72
มืดนาน 4 สัปดาห์	467 ± 61	676 ± 126

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ขนาด และความสม่ำเสมอของโปรโตคอร์ม

จากการทดลองพบว่า โปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 4 สัปดาห์ มีความกว้างเฉลี่ย 467±61 ไมครอน กว้างกว่าโปรโตคอร์มที่งอกในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 1 2 และ 3 สัปดาห์ และสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอดซึ่งกว้างเฉลี่ย 301±66 334±53 371±47 และ 298±77 ไมครอน ตามลำดับ และโปรโตคอร์มที่งอกในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 4 สัปดาห์ มีความยาวเฉลี่ย 676±126 ไมครอน ยาวกว่าในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 1 2 และ 3 สัปดาห์ และสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอด ซึ่งยาวเฉลี่ย 415±110 433±61 527±72 และ 445±160 ไมครอน ตามลำดับ โดยที่ความกว้างของโปรโตคอร์มที่งอกในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 3 สัปดาห์ มีความสม่ำเสมอมากกว่าในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 2 4 และ 1 สัปดาห์ และสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอดตามลำดับ และความยาวของโปรโตคอร์มที่งอกในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 2 สัปดาห์ มีความสม่ำเสมอมากกว่าโปรโตคอร์มที่งอกในสภาพที่ได้รับความมืดนาน 3 1 และ 4 สัปดาห์ และสภาพที่ได้รับแสงสว่างตลอดการทดลอง ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 16 หน้า 69

การทดลองที่ 5 การหาระดับความเป็นกรด-ด่างของอาหารที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดในอาหารเหลว

5.1 การเปลี่ยนแปลงขนาดของเมล็ด และคัพภะ

5.1.1 ความกว้างของเมล็ด

การเปลี่ยนแปลงความกว้างของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลงที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน พบว่า ความกว้างของเมล็ดโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์แรก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มา ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 13 หน้า 141 โดยที่ความกว้างของเมล็ดมีแนวโน้มกว้างขึ้นเมื่อระดับความเป็นกรด-ด่างของอาหารสูงขึ้น โดยพบว่าเมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวนาน 5 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.7 มีความกว้างเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

255±32 ไมครอน กว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.0 และ 6.5 ซึ่งมีความกว้างเฉลี่ย 244±28 และ 244±25 ไมครอน ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 และ 5.0 ซึ่งมีความกว้างเฉลี่ย 229±23 และ 218±26 ไมครอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(p=0.05) และเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.0 และ 6.5 กว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่กว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 และ 5.5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 14 หน้า 72

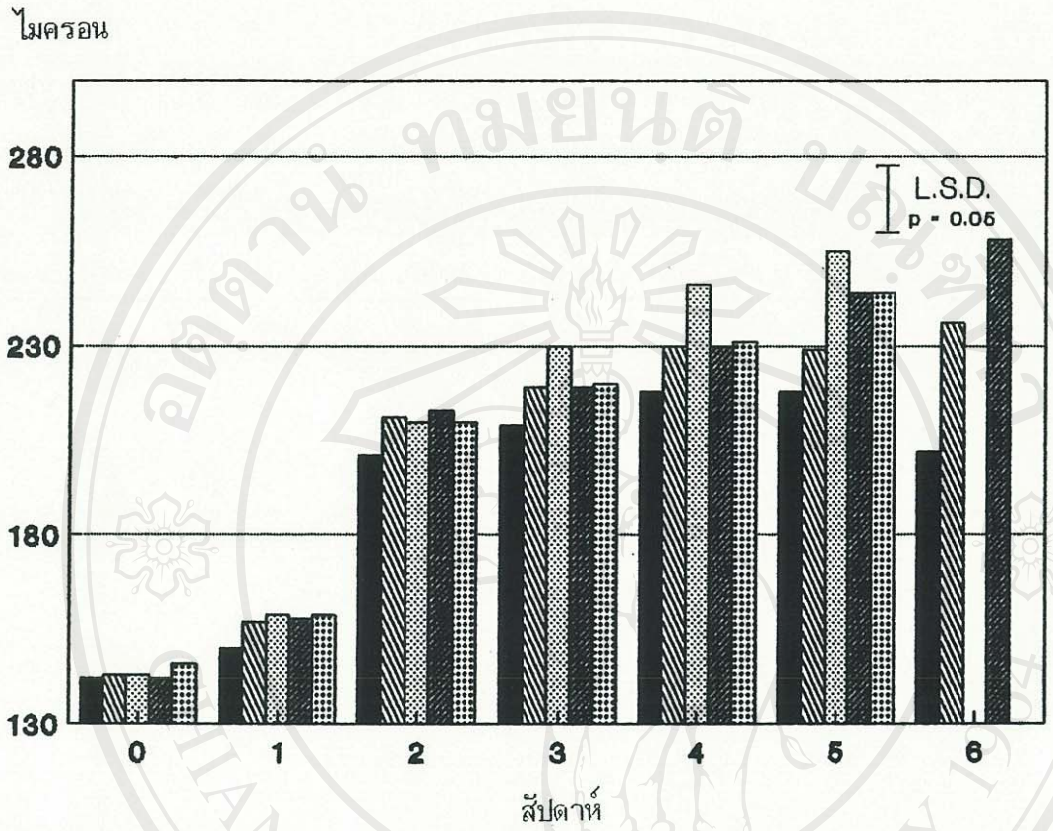
5.1.2 ความยาวของเมล็ด

การเปลี่ยนแปลงความยาวของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตรเดิมที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน พบว่า ความยาวของเมล็ดมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่สัปดาห์แรก และในสัปดาห์ต่อ ๆ มา ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 14 หน้า 141 โดยพบว่าเมื่อเพาะเมล็ดเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.0 มีความยาวเมล็ดเฉลี่ย 619±40 ไมครอน ยาวกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 5.7 และ 6.5 ซึ่งเมล็ดยาวเฉลี่ย 602±40 612±37 และ 611±47 ไมครอน ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยาวกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 ซึ่งมีความยาวเฉลี่ย 593±47 ไมครอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 5.5 5.7 และ 6.5 มีความยาวเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 15 หน้า 73

5.1.3 ความกว้างของคัพภะ

การเปลี่ยนแปลงความกว้างของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันพบว่า คัพภะจะกว้างขึ้นในทุก ๆ สัปดาห์ ดังแสดงค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

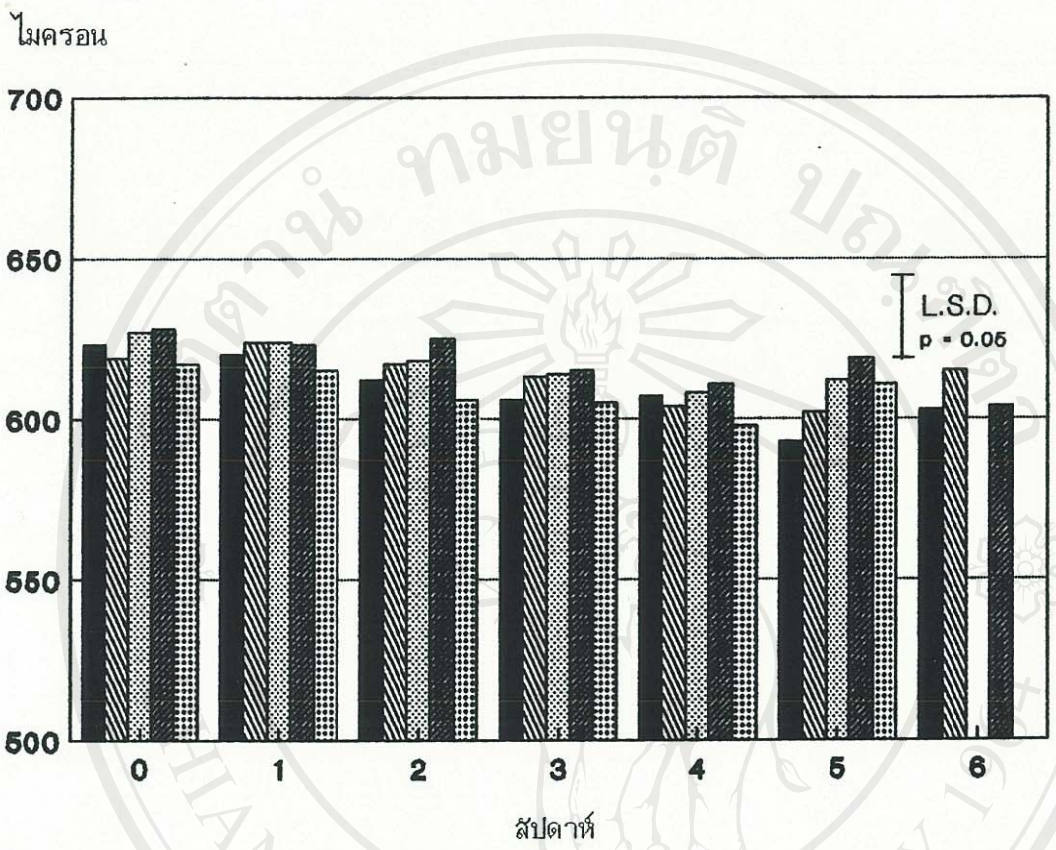


แผนภาพที่ 14 ความกว้างเฉลี่ยของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) แตกต่างกัน นาน 6 สัปดาห์

pH = 5.0 pH = 5.5 pH = 5.7

pH = 6.0 pH = 6.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 15 ความยาวเฉลี่ยของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) แตกต่างกัน นาน 6 สัปดาห์

pH = 5.0 pH = 5.5 pH = 5.7

pH = 6.0 pH = 6.5

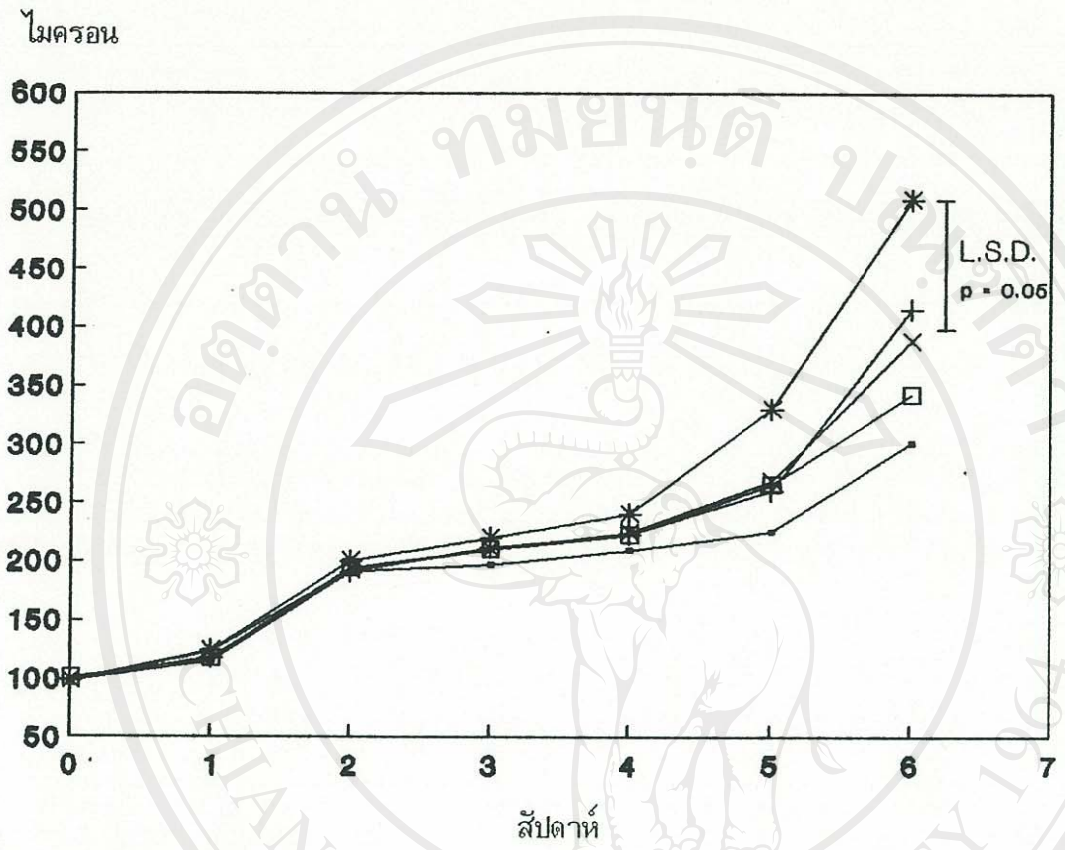
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไว้ในตารางผนวกที่ 15 หน้า 142 โดยพบว่าเมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวนาน 6 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.7 มีคัพภะกว้างเฉลี่ย 509±129 ไมครอน กว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 ซึ่งคัพภะกว้างเฉลี่ย 415±123 ไมครอน แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กว้างกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 6.0 และ 6.5 ซึ่งคัพภะกว้างเฉลี่ย 301±95 342±61 และ 388±65 ไมครอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความกว้างคัพภะของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 5.5 6.0 และ 6.5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 16 หน้า 75

5.1.4 ความยาวของคัพภะ

การเปลี่ยนแปลงความยาวของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน พบว่า คัพภะมีแนวโน้มยาวขึ้นในแต่ละสัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงค่าไว้ในตารางผนวกที่ 16 หน้า 142 โดยเมื่อเพาะเมล็ดนาน 6 สัปดาห์ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.7 มีคัพภะยาวเฉลี่ย 684±137 ไมครอน ยาวกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 และ 6.5 ซึ่งคัพภะยาวเฉลี่ย 565±145 และ 580±81 ไมครอน ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีคัพภะยาวกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.0 และ 6.0 ซึ่งคัพภะยาวเฉลี่ย 410±118 และ 507±88 ไมครอนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.5 มีคัพภะยาวกว่าเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 และ 6.0 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความยาวของคัพภะของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 และ 6.5 ยาวกว่าคัพภะของเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 และ 6.0 มีความยาวคัพภะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงไว้ในแผนภาพที่ 17 หน้า 76

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

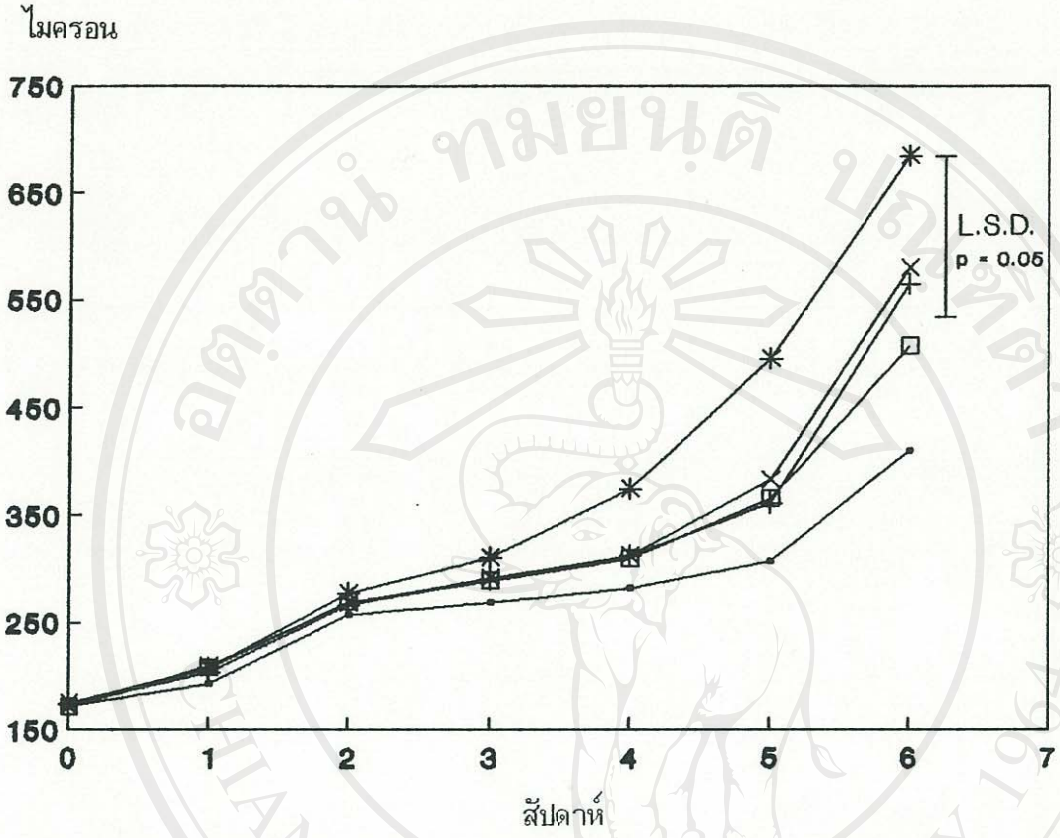


แผนภาพที่ 16 ความกว้างเฉลี่ยของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีระดับความเป็น กรด-ด่าง (pH) แตกต่างกัน นาน 6 สัปดาห์

■ pH = 5.0 + pH = 5.5 * pH = 5.7

□ pH = 6.0 x pH = 6.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



แผนภาพที่ 17 ความยาวเฉลี่ยของคัพภะ เมื่อเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตรดัดแปลงที่มีระดับความเป็น กรด-ด่าง (pH) แตกต่างกัน นาน 6 สัปดาห์

■ pH = 5.0 + pH = 5.5 ✳ pH = 5.7

□ pH = 6.0 x pH = 6.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2 การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ด

จากตารางที่ 17 หน้า 78 พบว่าการเพาะเมล็ดในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went(1949)ดัดแปลงที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน เมล็ดจะเริ่มงอกในช่วงสัปดาห์ที่ 5 โดยที่ในสัปดาห์นี้เมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.7 และ 6.5 มีเปอร์เซนต์งอกในระดับมาก (เมล็ดงอกประมาณร้อยละ 51 - 75) และเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 5.5 และ 6.0 มีเปอร์เซนต์งอกในระดับปานกลาง(เมล็ดงอกร้อยละประมาณ 25 - 50) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเมล็ดที่เพาะในอาหารที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 5.7 6.0 และ 6.5 มีเปอร์เซนต์งอกในระดับมากที่สุด(เมล็ดงอกมากกว่าร้อยละ 75) และเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 มีเปอร์เซนต์งอกในระดับมาก

5.3 ขนาด และความสม่ำเสมอของโปรโตคอร์ม

จากการทดลองพบว่า โปรโตคอร์มที่งอกในอาหารเหลวที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.7 มีขนาดเฉลี่ย 509±132 X 684±139 ไมครอน ใหญ่กว่าโปรโตคอร์มที่งอกในอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 5.5 6.0 และ 6.5 ซึ่งมีขนาดเฉลี่ย 341±81 X 463±94 452±101 X 610±113 355±55 X 529±80 และ 388±66 X 580±82 ไมครอน ตามลำดับ แต่ขนาดของโปรโตคอร์มที่งอกในอาหารเหลวที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.0 มีความสม่ำเสมอมากที่สุด มากกว่าโปรโตคอร์ม ที่งอกในอาหารเหลวที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0 5.5 5.7 และ 6.5 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 18 หน้า 78

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 17 การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ด เมื่อเพาะในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went (1949) ดัดแปลงที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน

ระดับกรด-ด่าง (pH)	การงอก และเปอร์เซนต์งอกของเมล็ดในสัปดาห์ต่าง ๆ					
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
5.0	-	-	-	-	25-50	51-75
5.5	-	-	-	-	25-50	> 75
5.7	-	-	-	-	51-75	> 75
6.0	-	-	-	-	25-50	> 75
6.5	-	-	-	-	51-75	> 75

หมายเหตุ - เมล็ดไม่งอก

ตารางที่ 18 ขนาดของโปรโตคอร์มที่งอกจากเมล็ดที่เพาะในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went (1949) ดัดแปลงที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน เมื่อเพาะนาน 6 สัปดาห์

ระดับกรด-ด่าง (pH)	โปรโตคอร์ม	
	ความกว้างเฉลี่ย (ไมครอน)	ความยาวเฉลี่ย (ไมครอน)
5.0	341 $\pm$ 81	463 $\pm$ 94
5.5	452 $\pm$ 101	610 $\pm$ 113
5.7	509 $\pm$ 132	684 $\pm$ 139
6.0	355 $\pm$ 55	529 $\pm$ 80
6.5	388 $\pm$ 66	580 $\pm$ 82

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

II. การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นต้นกล้าของโปรโตคอร์ม

การทดลองที่ 6 การเปรียบเทียบผลของการเติมถ่าน และกล้วยที่มีต่อการพัฒนาของโปรโตคอร์ม

6.1 การพัฒนาเบื้องต้น และการพัฒนาคลอโรฟิลล์ของโปรโตคอร์ม

จากการทดลองพบว่า โปรโตคอร์มส่วนใหญ่เมื่อย้ายลงเลี้ยงบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรต่าง ๆ จะมีลักษณะของโปรโตคอร์มเปลี่ยนไป กล่าวคือ เมื่อเลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 1 สัปดาห์ โปรโตคอร์มจะมียอดแหลมเกิดขึ้นเพิ่มมากกว่าในระยะที่เริ่มทดลอง ซึ่งจะเป็นส่วนที่จะพัฒนาเป็นยอด และใบจริงของต้นกล้าในระยะต่อมา และพบว่า โปรโตคอร์มบางอันจะเริ่มมี rhizoid-like เกิดขึ้นบริเวณรอบ ๆ ส่วนฐานของโปรโตคอร์มพร้อมทั้งมีการเจริญเติบโตของโปรโตคอร์มให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเมื่อเริ่มทำการทดลองเล็กน้อยการเปลี่ยนแปลงลักษณะดังกล่าวนี้จะพบได้มากขึ้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มา โดยสามารถที่จะพบได้ในอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรต่าง ๆ ทั้งสูตรอาหารพื้นฐาน(BM) และสูตรอาหารพื้นฐานที่เติมกล้วยหอมบด(BM+B) เติมถ่าน (BM+C) และเติมทั้งกล้วยหอมบดและถ่าน(BM+B+C) หลังจากที่โปรโตคอร์มเริ่มมีการพัฒนาเบื้องต้นดังกล่าวแล้ว โปรโตคอร์มจะเริ่มมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวไปพร้อม ๆ กันด้วย โดยที่โปรโตคอร์มจะเริ่มมีการพัฒนาคลอโรฟิลล์จากส่วนยอดของโปรโตคอร์มก่อน จากนั้นจึงเริ่มพัฒนาคลอโรฟิลล์ขึ้นที่ส่วนฐานของโปรโตคอร์ม โดยพบว่า โปรโตคอร์มที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นสูตรพื้นฐาน มีการพัฒนาคลอโรฟิลล์ได้เร็วที่สุดคือโปรโตคอร์มมากกว่าร้อยละ 50 จะพัฒนาคลอโรฟิลล์เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 1 สัปดาห์ ซึ่งแตกต่างจาก โปรโตคอร์มที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมกล้วยหอมบดและ/หรือ ถ่าน คือ โปรโตคอร์มประมาณร้อยละ 10 เท่านั้น ที่พัฒนาคลอโรฟิลล์ในสัปดาห์แรก

6.2 ความมีชีวิตรอดของโปรโตคอร์ม บนอาหารวุ้นสูตรต่าง ๆ

จากการทดลองพบว่า โปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐาน บางส่วนจะเริ่มเปลี่ยนจากสีขาว เป็นสีเหลือง และสีน้ำตาล และตายในเวลาต่อมาเมื่อเพาะเลี้ยงนาน 1 สัปดาห์และพบมากขึ้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มา ซึ่งแตกต่างจาก โปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมกล้วยหอมบด และ/หรือ ถ่าน ซึ่งจะพบลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 19 การพัฒนาของโปรโตคอร์ม และการเจริญเติบโตของต้นกล้าบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรต่าง ๆ

สูตรอาหาร	การพัฒนา	ระยะเวลาที่เพาะเลี้ยง (สัปดาห์)				
		1	2	3	5	12
BM	โปรโตคอร์ม	+	+	+	o	o
	โปรโตคอร์มปรากฏใบยอด	-	+	+	+	+
	ต้นกล้า 2 ใบ	-	-	+	+	+
	ต้นกล้า 3 ใบ	-	-	-	-	+
	การเกิดราก	-	-	-	+	+
BM+B	โปรโตคอร์ม	+	+	+	+	o
	โปรโตคอร์มปรากฏใบยอด	-	-	+	+	+
	ต้นกล้า 2 ใบ	-	-	+	+	+
	ต้นกล้า 3 ใบ	-	-	-	-	+
	การเกิดราก	-	-	-	+	+
BM+C	โปรโตคอร์ม	+	+	+	+	o
	โปรโตคอร์มปรากฏใบยอด	-	-	+	+	+
	ต้นกล้า 2 ใบ	-	-	+	+	+
	ต้นกล้า 3 ใบ	-	-	-	-	+
	การเกิดราก	-	-	-	+	+
BM+B+C	โปรโตคอร์ม	+	+	+	+	+
	โปรโตคอร์มปรากฏใบยอด	-	-	+	+	+
	ต้นกล้า 2 ใบ	-	-	+	+	+
	ต้นกล้า 3 ใบ	-	-	-	-	+
	การเกิดราก	-	-	-	+	+

- ไม่พบ + พบ o พบ แต่เป็นสีน้ำตาล และตาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังกล่าวเมื่อเพาะเลี้ยงนาน 2 สัปดาห์และพบในจำนวนที่น้อยกว่า โดยที่อาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมถ่าน พบมากกว่า เติมกล้วยหอมบด และสูตรอาหารที่เติมทั้งกล้วยหอมบด และถ่านพบได้น้อยที่สุด กล่าวคือ เมื่อเพาะเลี้ยงได้นาน 5 สัปดาห์ โปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐาน และอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมถ่าน มีชีวิตรอดน้อยที่สุด คือมีชีวิตรอดเฉลี่ยร้อยละ 26±18 และ 30±16 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมกล้วยหอมบด ซึ่งโปรโตคอร์มมีชีวิตรอดเฉลี่ยร้อยละ 53±10 และน้อยกว่าอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมทั้งกล้วยหอมบดและถ่าน ซึ่งโปรโตคอร์ม มีชีวิตรอดมากที่สุด เฉลี่ยร้อยละ 91±3 และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเมื่อเพาะเลี้ยงนาน 12 สัปดาห์ ก็ยังสามารถพบโปรโตคอร์มที่ยังมีชีวิตรอด และอยู่ในระยะที่กำลังพัฒนาคลอโรฟิลล์ ซึ่งพร้อมจะมีการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าต่อไปได้อีก ซึ่งแตกต่างจากอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐาน และอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมกล้วยหอมบด หรือ ถ่านเพียงอย่างเดียว ซึ่งโปรโตคอร์มที่ไม่มีการพัฒนาคลอโรฟิลล์จะตายหมดในสัปดาห์ต่อ ๆ มา หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 5 สัปดาห์

6.3 ผลของการเติมกล้วยหอมบด และถ่านที่มีต่อการพัฒนาของ โปรโตคอร์มและต้นกล้า

จากการทดลองพบว่า โปรโตคอร์มที่มีชีวิตรอดบนอาหารดัดแปลงสูตรพื้นฐาน จะเริ่มปรากฏใบยอดเมื่อเพาะเลี้ยงนาน 2 สัปดาห์ และพัฒนาต่อไปเป็นต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ ในสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งมีการพัฒนาได้เร็วกว่า โปรโตคอร์มที่เพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมกล้วยหอมบด และ/หรือ ถ่าน ซึ่งโปรโตคอร์มที่มีชีวิตรอดจะเริ่มปรากฏใบยอดและพัฒนาเป็นต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ ในสัปดาห์ที่ 3 โดยที่ต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรต่าง ๆ จะเริ่มออกรากในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ถึง สัปดาห์ที่ 5 และมีการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 19 หน้า 80

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

6.4 ผลของการเติมกล้วยหอมบด และถ่านที่มีต่อจำนวนโปรโตคอร์มที่ปรากฏใบยอด และจำนวนต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ และ 3 ใบ

จากการทดลองพบว่า การเติมกล้วยหอมบด และถ่านมีผลต่อจำนวนโปรโตคอร์ม ที่ปรากฏใบยอด จำนวนต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ และ 3 ใบ เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 12 สัปดาห์ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 20 หน้า 83

6.4.1 ผล (main effect) ของกล้วยหอมบด

เมื่อเพาะเลี้ยงโปรโตคอร์มนาน 12 สัปดาห์ บนอาหารวุ้นสูตรดัดแปลงที่เติมกล้วยหอมบด จะพบโปรโตคอร์มที่อยู่ในระยะที่มีใบยอดเฉลี่ย 12±8 โปรโตคอร์มต่อขวด ซึ่งมากกว่าที่พบในสูตรอาหารที่ไม่เติมกล้วย ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 6±3 โปรโตคอร์มต่อขวด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p=0.05$) แต่จะพบต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ ในสูตรอาหารที่ไม่เติมกล้วยมากกว่าในสูตรอาหารที่เติมกล้วย กล่าวคือมีจำนวนเฉลี่ย 11±5 และ 9±4 ต้นต่อขวด ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจะพบต้นกล้าที่มีใบ 3 ใบ ในสูตรอาหารที่เติมกล้วย เฉลี่ย 19±10 ต้นต่อขวด มากกว่าที่พบในสูตรอาหารที่ไม่เติมกล้วยซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 14±9 ต้นต่อขวด ซึ่งก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 21 หน้า 84

6.4.2 ผล (main effect) ของถ่าน

จากตารางที่ 22 หน้า 84 จะพบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงโปรโตคอร์มนาน 12 สัปดาห์ บนอาหารวุ้นดัดแปลงที่เติมถ่าน จะพบโปรโตคอร์มที่อยู่ในระยะที่มีใบยอดเฉลี่ย 6±5 โปรโตคอร์มต่อขวด ซึ่งน้อยกว่าในสูตรอาหารที่ไม่เติมถ่าน ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 12±7 โปรโตคอร์มต่อขวด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p=0.05$) และจะพบต้นกล้าในระยะที่มีใบ 2 ใบ ในสูตรอาหารที่ไม่เติมถ่าน มากกว่าในสูตรอาหารที่เติมถ่าน คือมีจำนวนเฉลี่ย 11±4 และ 9±5 ต้นต่อขวดตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบต้นกล้าที่มีใบ 3 ใบ ในสูตรอาหารที่เติมถ่าน และในสูตรที่ไม่เติมถ่านในจำนวนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีจำนวนเฉลี่ย 17±10 และ 16±9 ต้นต่อขวด ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 20 ผลของกล้วยหอมบด และถ่านที่มีต่อจำนวนโปรโตคอร์มที่ปรากฏใบยอด จำนวนต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ และ 3 ใบ

ถ่าน	กล้วยหอมบด	โปรโตคอร์มที่ปรากฏยอด (โปรโตคอร์ม/ขวด)	ต้นกล้า 2 ใบ (ต้น/ขวด)	ต้นกล้า 3 ใบ (ต้น/ขวด)
ไม่เติม	ไม่เติม	7±4 [b]	9±4	18±11
	เติม	18±4 [a]	12±3	15±8
เติม	ไม่เติม	6±2 [b]	12±7	11±4
	เติม	6±7 [b]	7±1	23±10
			NS	NS

อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 21 ผลของกล้วยหอมบด ที่มีต่อจำนวนโปรโตคอร์มที่ปรากฏใบยอด จำนวนต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ และ 3 ใบ

กล้วยหอมบด	โปรโตคอร์มที่ปรากฏยอด (โปรโตคอร์ม/ขวด)	ต้นกล้า 2 ใบ (ต้น/ขวด)	ต้นกล้า 3 ใบ (ต้น/ขวด)
เติม	12±8 [a]	9±4	19±10
ไม่เติม	6±3 [b]	11±5	14±9
		NS	NS

อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ตารางที่ 22 ผลของถ่าน ที่มีต่อจำนวนโปรโตคอร์มที่ปรากฏใบยอด จำนวนต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ และ 3 ใบ

ถ่าน	โปรโตคอร์มที่ปรากฏยอด (โปรโตคอร์ม/ขวด)	ต้นกล้า 2 ใบ (ต้น/ขวด)	ต้นกล้า 3 ใบ (ต้น/ขวด)
เติม	6±5 [b]	9±5	17±1
ไม่เติม	12±7 [a]	11±4	16±9
		NS	NS

อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6.4.3 ผลร่วม (interaction) ระหว่างกล้วยหอมบด และถ่าน

จากการทดลองพบว่า กล้วยหอมบด และถ่าน มีผลร่วมต่อกันต่อจำนวนของโปรโตคอร์มที่อยู่ในระยะที่มีใบยอด ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) โดยพบว่า อาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมกล้วยเพียงอย่างเดียว มีจำนวนเฉลี่ย 18±4 โปรโตคอร์มต่อขวด มากกว่า อาหารสูตรพื้นฐาน สูตรอาหารที่เติมถ่าน และสูตรอาหารที่เติมทั้งกล้วยและถ่าน ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 7±4 6±2 และ 6±7 โปรโตคอร์มต่อขวด ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p=0.05$) แต่ไม่พบว่ากล้วยหอมบด และถ่าน มีผลร่วมต่อกัน ต่อจำนวนต้นกล้าที่มีใบ 2 และ 3 ใบ อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่า สูตรอาหารที่เติมถ่านเพียงอย่างเดียว ให้ต้นกล้าที่มีใบ 3 ใบน้อยกว่า กล่าวคือต้นกล้ามีการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่มีใบ 3 ใบ เฉลี่ย 11±4 ต้นต่อขวด น้อยกว่าสูตรอาหารที่เติมกล้วยหอมบด และสูตรอาหารพื้นฐาน ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 15±8 และ 18±11 ต้นต่อขวด และน้อยกว่าในสูตรอาหารที่เติมทั้งกล้วยหอมบดและถ่าน ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 23±10 ต้นต่อขวด ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 20 หน้า 83

6.5 ผลของการเติมกล้วยหอมบด และถ่าน ที่มีต่อต้นกล้า

6.5.1 ขนาดทรงพุ่ม

จากการทดลองพบว่า ไม่มีผลร่วมระหว่างกล้วยหอมบด และถ่านต่อขนาดทรงพุ่มของต้นกล้า เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 12 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าการเติมกล้วยหอมบด มีผลให้ต้นกล้ามีขนาดทรงพุ่มโตกว่าในสูตรอาหารที่ไม่เติม และพบว่าสูตรอาหารที่เติมทั้งกล้วยหอมบด และถ่าน ต้นกล้ามีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 19.0±3.0 มม ใหญ่กว่าต้นกล้าในสูตรอาหารพื้นฐานที่เติมกล้วยหอมบดเพียงอย่างเดียว สูตรอาหารพื้นฐาน และสูตรอาหารพื้นฐานที่เติมถ่าน ซึ่งต้นกล้ามีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 16.3±3.8 14.8±5.8 และ 11.5±3.3 มม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 23 หน้า 87

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6.5.2 ความกว้างของใบ

จากการทดลอง พบว่า เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วไม่มีผลร่วมระหว่างกล้วยหอมบด และถ่าน ต่อความกว้างของใบของต้นกล้า แต่อย่างไรก็ตามพบว่า สูตรอาหารพื้นฐานที่เติมทั้งกล้วยหอมบด และถ่าน ต้นกล้ามีความกว้างของใบมากที่สุดเฉลี่ย 5.0±1.0 มม มากกว่าในสูตรอาหารพื้นฐาน สูตรอาหารพื้นฐานที่เติมกล้วยหอมบด หรือถ่านเพียงอย่างเดียว ซึ่งต้นกล้ามีความกว้างของใบเฉลี่ย 4.3±1.0 4.0±1.0 และ 3.8±1.0 มม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 23 หน้า 87

6.5.3 จำนวนราก

จากการทดลองพบว่า กล้วยหอมบด และถ่าน ไม่มีผลร่วมต่อกันต่อจำนวนรากของต้นกล้า แต่ก็พบว่า ต้นกล้าที่เจริญเติบโตบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมทั้งกล้วยหอมบด และถ่าน มีจำนวนรากเฉลี่ย 2.3±0.7 รากต่อต้น มากกว่าต้นกล้าที่เจริญเติบโตบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมกล้วย หรือ ถ่าน เพียงอย่างเดียว และมากกว่าในอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐาน ซึ่งต้นกล้ามีจำนวนรากเฉลี่ย 2.1±0.9 2.0±0.8 และ 1.8±0.5 รากต่อต้น ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 23 หน้า 87

6.5.4 ความยาวราก

จากการทดลองพบว่า กล้วยหอมบด และถ่าน ไม่มีผลร่วมต่อกันต่อความยาวของรากเช่นเดียวกับจำนวนราก แต่ก็มีแนวโน้มที่แสดงว่า การเติมถ่านมีผลให้ความยาวของรากสั้นกว่าไม่เติมถ่าน และการเติมกล้วยมีผลให้รากมีความยาวมากขึ้น โดยพบว่าต้นกล้าที่เจริญบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมกล้วยเพียงอย่างเดียว มีรากยาวที่สุด คือมีความยาวรากเฉลี่ย 10.8±3.0 มม ยาวกว่า สูตรอาหารพื้นฐานที่เติมทั้งกล้วยหอมบด และถ่าน ซึ่งมีรากยาวเฉลี่ยเท่ากับสูตรอาหารพื้นฐาน แต่ยาวกว่าสูตรอาหารพื้นฐานที่เติมถ่านเพียงอย่างเดียว คือมีความยาวรากเฉลี่ย 7.8±3.1 7.8±4.5 และ 5.8±2.9 มม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 23 หน้า 87

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 23 ผลของกล้วยหอมบด และถ่าน ที่มีต่อขนาดเฉลี่ยของทรงพุ่ม ความกว้างของใบ จำนวนราก และความยาวราก

ถ่าน	กล้วยหอมบด	ขนาดทรงพุ่ม (มม)	ความกว้างของใบ (มม)	จำนวนราก (ราก/ต้น)	ความยาวราก (มม)
ไม่เติม	ไม่เติม	14.8±5.8	4.3±1.0	1.8±0.5	7.8±4.5
	เติม	16.3±3.8	4.0±1.0	2.1±0.9	10.8±3.0
เติม	ไม่เติม	11.5±3.3	3.8±1.0	2.0±0.8	5.8±2.9
	เติม	19.0±3.0	5.0±1.0	2.3±0.7	7.8±3.1
		NS	NS	NS	NS

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 6 ลักษณะต้นกล้าที่พัฒนาขึ้นบนอาหารวุ้นสูตรพื้นฐาน และอาหารวุ้นสูตรพื้นฐานที่ดัดแปลงโดยเติมถ่าน และ/หรือ กล้วยหอมบด

ก. อาหารวุ้นสูตรพื้นฐาน

ข. อาหารวุ้นสูตรพื้นฐาน + ถ่าน

ค. อาหารวุ้นสูตรพื้นฐาน + กล้วยหอมบด

ง. อาหารวุ้นสูตรพื้นฐาน + ถ่าน + กล้วยหอมบด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6.6 คุณภาพของต้นกล้า และราก

ต้นกล้าที่ได้จากการเลี้ยงโปรโตคอร์ม บนอาหารวุ้นที่เติมส่วนเพิ่มเติมต่าง ๆ ส่วนมากจะมีสีของใบเป็นสีเขียว แต่ก็พบว่าต้นกล้าที่เพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมถ่านบางต้นจะมีส่วนปลายใบ และขอบใบเป็นสีเขียวอมเหลือง และต้นกล้าที่เจริญบนอาหารวุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐานที่เติมทั้งกล้วยหอมบด และถ่าน บางต้น มีใบสีเขียวอ่อนกว่าที่พบในอาหารวุ้นสูตรพื้นฐานเล็กน้อย ส่วนเนื้อผิวของใบพบว่า ต้นกล้าทุกต้นมีเนื้อผิวของใบเป็นมัน และมีจุดสีม่วงประปรายบริเวณใต้ท้องใบ เช่นเดียวกับที่พบในต้นขนาดใหญ่ที่ปลูกเลี้ยงในสภาพภายนอก และพบว่าต้นกล้าที่มีขนาดใหญ่ ใบจะเริ่มปรากฏลายของใบ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะประจำพันธุ์ของกล้วยไม้รองเท้านารีเหลืองปราจีนตามธรรมชาติ ดังภาพที่ 6 หน้า 88

ลักษณะรากของต้นกล้าส่วนมากจะมีสีขาวปนน้ำตาล มีขนรากปกคลุมอยู่ตลอดความยาวราก ยกเว้นบริเวณส่วนปลายของรากซึ่งมีสีขาว แต่ก็พบว่า รากของต้นกล้าที่เลี้ยงบนสูตรอาหารที่ไม่มีถ่าน จะมีสีขาวปนสีน้ำตาลเข้มมากกว่า ในสูตรอาหารที่มีถ่าน และในสูตรอาหารที่มีกล้วยหอมบด รากจะมีขนรากยาวกว่าในสูตรอาหารที่ไม่มีกล้วยหอมบด

การทดลองที่ 7 การหาระดับน้ำตาล และน้ำมะพร้าวที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของโปรโตคอร์ม

7.1 การพัฒนาเบื้องต้น และการพัฒนาคลอโรฟิลล์ของโปรโตคอร์ม

โปรโตคอร์มจากอาหารเหลว เมื่อย้ายไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นที่มีระดับน้ำตาล และน้ำมะพร้าวแตกต่างกัน จะมียอดแหลมเพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงที่เริ่มย้ายลงเลี้ยงบนอาหารวุ้น โดยจะพบมากขึ้นในช่วงสัปดาห์ต่อ ๆ มา พร้อมทั้งมีการพัฒนาคลอโรฟิลล์เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน กล่าวคือโปรโตคอร์มประมาณร้อยละ 5 ถึง 10 จะเริ่มมีการพัฒนาคลอโรฟิลล์หลังจากเริ่มเลี้ยงนาน 2 สัปดาห์ โปรโตคอร์มบางส่วนจะเริ่มมี rhizoid-like เกิดขึ้นโดยรอบของส่วนฐาน โดยเฉพาะโปรโตคอร์มบนอาหารวุ้นที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และไม่มีน้ำตาลจะพบได้มากที่สุด ในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการเพาะเลี้ยงโปรโตคอร์มมีการเจริญเติบโต และมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเมื่อเริ่มทำการทดลองเล็กน้อย การพัฒนาโดยทั่วไปของโปรโตคอร์มบางส่วนดังกล่าวบนอาหารวุ้นทุกระดับความเข้มข้นของน้ำตาล และน้ำมะพร้าวในช่วงนี้ยังไม่มีความแตกต่างกันชัดเจนนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในระยะต่อมาหลังจากที่ย้ายโปรโตคอร์มได้นาน 3 สัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองพบว่า ขนาดของโปรโตคอร์มที่เลี้ยงบนสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 หรือ 20 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีขนาดใหญ่กว่าที่เลี้ยงบนสูตรอาหารที่ไม่มีน้ำมะพร้าวที่ทุกระดับของน้ำตาล และที่ระดับน้ำมะพร้าวเดียวกันเมื่อระดับน้ำตาลสูงขึ้นขนาดของโปรโตคอร์มมีแนวโน้มที่ใหญ่ขึ้นเล็กน้อย ส่วนการพัฒนาคลอโรฟิลล์ของโปรโตคอร์มมีแนวโน้มดีขึ้นเมื่อระดับน้ำตาลสูงขึ้น แต่มีแนวโน้มด้อยลงเมื่อมีน้ำมะพร้าวร่วมอยู่ด้วย โดยโปรโตคอร์มจะมีสีเขียวอ่อนกว่า ยกเว้นในสูตรอาหารที่ไม่เติมน้ำตาลกล่าวคือโปรโตคอร์มสามารถพัฒนาคลอโรฟิลล์ในสูตรอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 หรือ 20 ได้ดีกว่าในสูตรอาหารที่ไม่เติมทั้งน้ำตาลและน้ำมะพร้าวซึ่งโปรโตคอร์มมีสีเขียวอ่อน ๆ ประมาณร้อยละ 10 เท่านั้น

7.2 ความมีชีวิตรอดของโปรโตคอร์ม

หลังจากย้ายโปรโตคอร์มลงเลี้ยงบนอาหารวุ้นนาน 2 สัปดาห์ จะเริ่มพบว่ามีโปรโตคอร์มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และตาย ยกเว้นในสูตรอาหารที่ไม่เติมน้ำตาล ทุกระดับของน้ำมะพร้าว และมีแนวโน้มว่าโปรโตคอร์มตายเพิ่มขึ้นเมื่อระดับน้ำตาลสูงขึ้น แต่การเติมน้ำมะพร้าวทุกระดับจะช่วยให้โปรโตคอร์มมีชีวิตรอดเพิ่มมากขึ้น แนวโน้มในลักษณะดังกล่าวนี้พบได้ชัดเจนยิ่งขึ้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มา จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง โดยที่หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 12 สัปดาห์พบว่า โปรโตคอร์มที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นที่ไม่เติมน้ำตาลมีชีวิตรอดสูงที่สุด โดยที่ในสูตรอาหารที่ไม่เติมน้ำมะพร้าว เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 มีชีวิตรอดเฉลี่ยร้อยละ 95±0 90±0 และ 79±3 ตามลำดับ เมื่อเพาะเลี้ยงโปรโตคอร์มบนอาหารที่เติมน้ำตาลสูงขึ้นร่วมกับน้ำมะพร้าวที่ระดับต่าง ๆ กัน ส่งผลให้ความมีชีวิตรอดของโปรโตคอร์มแตกต่างกันออกไปดังนี้คือ ในอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 0 10 และ 20 โปรโตคอร์มมีชีวิตรอดเฉลี่ยร้อยละ 41±13 83±9 และ 63±5 ตามลำดับ ส่วนในอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 0 10 และ 20 โปรโตคอร์มมีชีวิตรอดเฉลี่ยร้อยละ 19±10 65±15 และ 35±10 ตามลำดับ และในอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 0 10 และ 20 โปรโตคอร์มมีชีวิตรอดเฉลี่ยเพียงร้อยละ 11±5 44±9 และ 41±13

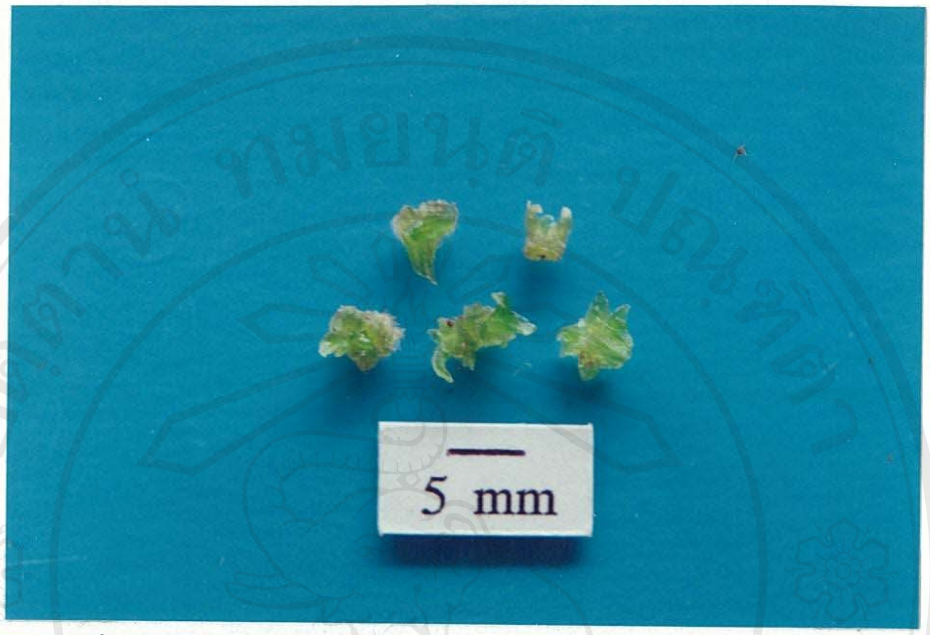
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามลำดับ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 24 หน้า 93 โปรโตคอร์มที่มีชีวิตรอดนี้บางส่วนได้พัฒนาเป็นต้นกล้า และ/หรือบางส่วนยังคงเป็นโปรโตคอร์มอยู่เช่นเดิม และอาจรวมทั้งมีโปรโตคอร์มและ/หรือต้นกล้าที่มีลักษณะผิดปกติรวมอยู่ด้วย

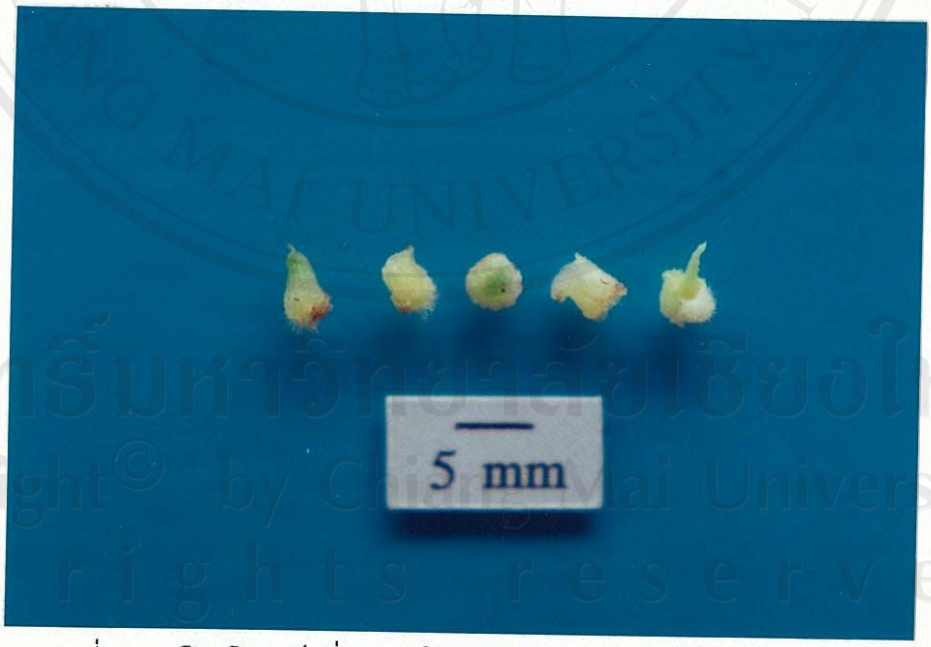
7.3 ความผิดปกติของโปรโตคอร์ม และต้นกล้า

หลังจากที่เพาะเลี้ยงโปรโตคอร์มนาน 3 สัปดาห์ จะเริ่มพบความผิดปกติของโปรโตคอร์มเกิดขึ้นคือ มีลักษณะฉ่ำน้ำ โดยที่พบในอาหารวุ้นที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 และไม่มีน้ำตาล และไม่พบในอาหารอื่น ๆ ลักษณะ และระดับความรุนแรงของอาการฉ่ำน้ำจะเพิ่มมากขึ้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มา และพบมากขึ้นในอาหารอื่น ๆ ที่มีความเข้มข้นของน้ำมะพร้าวและน้ำตาลแตกต่างกันออกไป โดยจะพบโปรโตคอร์ม ปะปนกับโปรโตคอร์มที่มีการพัฒนาเป็นโปรโตคอร์มที่มีใบยอดขนาดเล็กเป็นกระจุก มีลักษณะฉ่ำน้ำ มีสีเขียวเข้ม และมีลักษณะใส (ภาพที่ 7 หน้า 92) ในอาหารที่ไม่เติมน้ำตาล ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และน้อยลงเมื่อมีน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 หรือเมื่อระดับน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นเป็นร้อยละ 1 และ 2 และยังพบโปรโตคอร์มลักษณะดังกล่าวนี้ด้วยในอาหารที่เติมน้ำตาลเพียงอย่างเดียวร้อยละ 1 และ 2 และไม่พบเลยในอาหารที่เติมน้ำตาลเพียงอย่างเดียวร้อยละ 3 และในสูตรอาหารที่ไม่เติมทั้งน้ำตาลและน้ำมะพร้าว มีแนวโน้มที่ชัดเจนว่าเมื่อระดับน้ำตาลสูงขึ้นและมีน้ำมะพร้าวอาการผิดปกติของโปรโตคอร์มจะมีลักษณะแตกต่างไป โดยจะพบโปรโตคอร์มที่มีขนาดใหญ่ มีสีขาวอมเขียว และมีลักษณะทึบ (ภาพที่ 8 หน้า 92) เพิ่มมากขึ้นในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 และในสูตรอาหารที่มีน้ำตาลร้อยละ 2 และ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 ค่าสังเกตปริมาณของโปรโตคอร์มในลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวในอาหารที่เติมน้ำตาลอย่างเดียวร้อยละ 1 และ 2 มีประมาณร้อยละ 19 ± 9 และ 8 ± 5 ตามลำดับ ในอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 ร่วมกับน้ำตาลร้อยละ 0 1 2 และ 3 มีประมาณร้อยละ 100 ± 0 18 ± 5 13 ± 5 และ 33 ± 10 ตามลำดับ และในอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 ร่วมกับน้ำตาลร้อยละ 0 1 2 และ 3 มีประมาณร้อยละ 69 ± 6 30 ± 14 40 ± 12 และ 38 ± 15 ตามลำดับ (ตารางที่ 24 หน้า 93)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 7 โปรโตคอร์มที่มีใบยอดขนาดเล็กเป็นกระจุก มีลักษณะฉ่ำน้ำ ใส และมีสีเขียวเข้ม



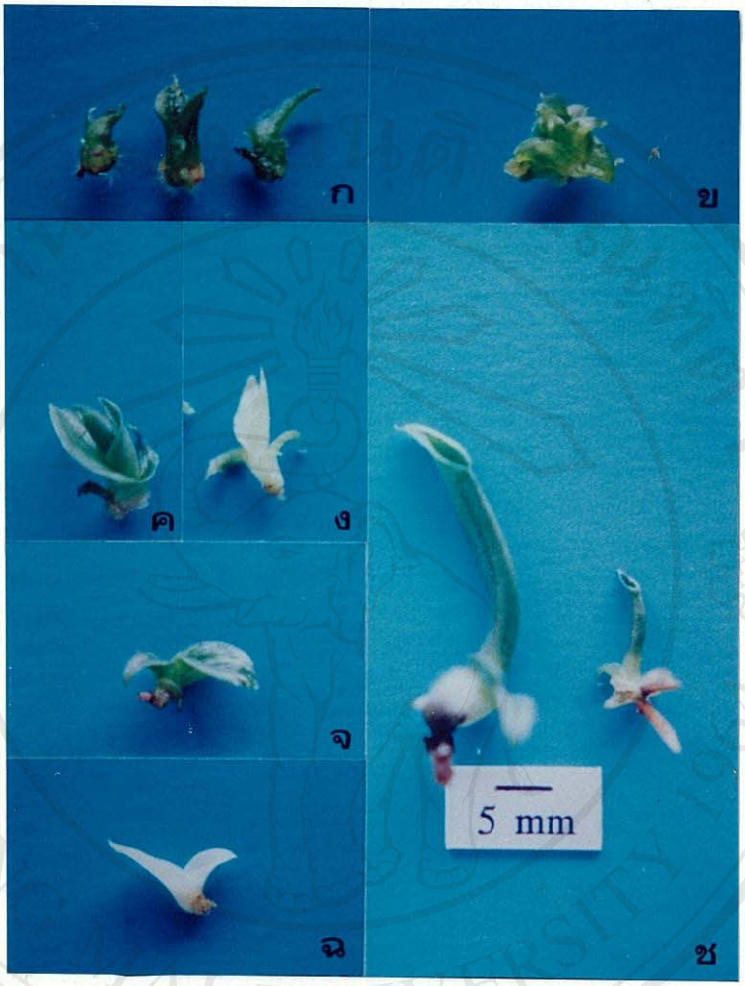
ภาพที่ 8 โปรโตคอร์มที่มีขนาดใหญ่ มีลักษณะทึบ และมีสีขาวอมเขียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 24 ผลของระดับน้ำตาล และน้ำมะพร้าวที่มีต่อความมีชีวิตรอดของโปรโตคอร์ม และความผิดปกติของโปรโตคอร์ม และต้นกล้า

น้ำตาล %	น้ำมะพร้าว %	ความมีชีวิตรอดของโปรโตคอร์ม (%)	ความผิดปกติของโปรโตคอร์ม (%)	ความผิดปกติของต้นกล้า (%)
0	0	95±0	-	-
	10	90±0	100±0	-
	20	79±3	69±6	25±4
1	0	41±13	19±9	70±8
	10	83±9	18±5	40±14
	20	63±5	30±14	18±10
2	0	19±10	8±5	13±5
	10	65±15	13±5	15±6
	20	35±10	40±12	18±10
3	0	11±5	-	6±5
	10	44±9	33±10	8±10
	20	41±13	38±15	13±5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 9 ต้นกล้าที่มีลักษณะผิดปกติแบบต่าง ๆ

ก. ต้นกล้าที่มีแผ่นใบไม่ขยายออก และมีผิวหยาบ

ข. ต้นกล้าที่มีใบยอดแตกออกเป็นกระจุก

ค. ต้นกล้าที่มีผิวใบเป็นร่อง ยอดและแผ่นใบบิดเบี้ยว

ง. ต้นกล้าที่มีใบยอดแตกออกเป็นเส้นเล็ก ๆ

จ. ต้นกล้าที่มีผิวใบด่าง

ฉ. ต้นกล้าที่ไม่มีการพัฒนาคลอโรฟิลล์

ช. ต้นกล้าที่มีใบยอดม้วนเป็นหลอด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้นกล้าที่พัฒนาขึ้นส่วนหนึ่งมีลักษณะที่ผิดไปจากต้นกล้าปกติ ซึ่งพบได้หลายลักษณะ เช่น ต้นกล้าที่มีแผ่นใบไม่ขยายออกและมีผิวหยาบ ต้นกล้าที่มีใบยอดแตกออกเป็นกระจุก ต้นกล้าที่มีผิวใบเป็นร่อง ยอด และแผ่นใบบิดเบี้ยว ต้นกล้าที่มีใบยอดแตกออกเป็นเส้นเล็ก ๆ ต้นกล้าที่มีผิวใบด่าง ต้นกล้าที่ไม่มีการพัฒนาคลอโรฟิลล์ และต้นกล้าที่มีใบยอดม้วนเป็นหลอดยาว เป็นต้น (ภาพที่ 9 หน้า 94) ลักษณะผิดปกติต่าง ๆ ดังกล่าวจะพบได้ทั่วไปในทุกสูตรอาหารที่โปรโตคอร์มมีการพัฒนาเป็นต้นกล้า โดยมีแนวโน้มว่าอาการผิดปกติต่าง ๆ จะพบได้น้อยลงเมื่อระดับน้ำตาลสูงขึ้น ทุกระดับน้ำมะพร้าว โดยที่ในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลอย่างเดียวร้อยละ 1 2 และ 3 มีประมาณร้อยละ 70±8 13±5 และ 6±5 ตามลำดับ ในอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 ร่วมกับน้ำตาลร้อยละ 1 2 และ 3 มีประมาณร้อยละ 40±14 15±6 และ 8±10 ตามลำดับ และในสูตรอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 เพียงอย่างเดียว หรือร่วมกับน้ำตาลร้อยละ 1 2 และ 3 มีประมาณร้อยละ 25±4 18±10 18±10 และ 13±5 ตามลำดับ (ตารางที่ 24 หน้า 93)

7.4 ผลของการเติมน้ำตาล และน้ำมะพร้าวที่มีต่อการพัฒนาของต้นกล้า

หลังจากย้ายโปรโตคอร์มไปเลี้ยงบนอาหารวุ้นที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลและน้ำมะพร้าวที่ระดับต่าง ๆ นาน 3 สัปดาห์ โปรโตคอร์มจะเริ่มปรากฏใบยอด และพัฒนาเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ในเวลาต่อมา ยกเว้นในสูตรอาหารที่ไม่เติมทั้งน้ำตาล และน้ำมะพร้าว ซึ่งตลอดระยะเวลาที่เพาะเลี้ยงนาน 12 สัปดาห์ โปรโตคอร์มประมาณร้อยละ 5 เท่านั้นที่มียอดแหลมขนาดเล็ก และมีการพัฒนาคลอโรฟิลล์ขึ้น แต่ก็ไม่สามารถพัฒนาเป็นต้นกล้าได้ โปรโตคอร์มที่มีชีวิตรอดจะพัฒนาเป็นต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 5 สัปดาห์ ยกเว้นในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 ซึ่งจะพัฒนาหลังจากเพาะเลี้ยงนาน 6 สัปดาห์ และในสูตรอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 เพียงอย่างเดียว ซึ่งตลอดระยะเวลาเพาะเลี้ยง โปรโตคอร์มทั้งหมดแสดงอาการผิดปกติ ดังกล่าวแล้วในหัวข้อที่ 7.3 ต้นกล้าที่เจริญขึ้นสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่มีใบ 3 ใบได้หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 8 - 10 สัปดาห์ ยกเว้นในสูตรอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 เพียงอย่างเดียว และในสูตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 ซึ่งไม่ปรากฏต้นกล้าที่มีใบ 3 ใบ ต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบบางส่วนจะเริ่มออกราก โดยมีแนวโน้มว่าต้นกล้าสามารถออกรากได้ดีเมื่อระดับน้ำตาลสูงขึ้น และออกรากช้าลงเมื่อมีน้ำมะพร้าวร่วมอยู่ด้วย กล่าวคือ ในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลเพียงอย่างเดียวร้อยละ 2 และ 3 ต้นกล้าเริ่มออกรากในสัปดาห์ที่ 8 และ 5 ตามลำดับ ในสูตรอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 ร่วมกับน้ำตาลร้อยละ 2 และ 3 เริ่มออกรากในสัปดาห์ที่ 7 และ 8 ตามลำดับ และในสูตรอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 ร่วมกับน้ำตาลร้อยละ 1 2 และ 3 เริ่มออกรากในสัปดาห์ที่ 6 9 และ 8 ตามลำดับ ซึ่งต่างจากสูตรอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 เพียงอย่างเดียว และในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 เพียงอย่างเดียว หรือร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 ซึ่งต้นกล้าไม่ออกรากตลอดระยะเวลาเพาะเลี้ยง

7.5 ผลของการเติมน้ำตาล และน้ำมะพร้าวที่มีต่อจำนวนต้นกล้าที่มีใบ 1 ใบ 2 ใบ และ 3 ใบ และจำนวนต้นกล้าที่ออกราก

จากการทดลองพบว่า การเติมน้ำตาล และน้ำมะพร้าว มีผลต่อจำนวนต้นกล้าที่มีใบ 1 ใบ 2 ใบ และ 3 ใบ และจำนวนต้นกล้าที่ออกราก เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 12 สัปดาห์ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 27 หน้า 100

7.5.1 ผล (main effect) ของน้ำตาล

จากตารางที่ 25 หน้า 97 พบว่า หลังจากเพาะเลี้ยงนาน 12 สัปดาห์ บนอาหารวุ้นที่มีระดับน้ำตาลร้อยละ 1 และ 2 จะมีการพัฒนาเป็นต้นกล้าที่มีใบ 1 ใบเฉลี่ย 12.6±8.5 และ 12.0±8.4 ต้นต่อขวดตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p=0.05$) แต่ที่ระดับน้ำตาลร้อยละ 1 มีมากกว่าในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 และในสูตรอาหารที่ไม่เติมน้ำตาลซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 9.4±4.2 และ 0.6±2.0 ต้นต่อขวดตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่แตกต่างจากในสูตรอาหารที่ไม่เติมน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบต้นกล้าที่มีใบ 2 ใบ ในอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 และ 3 เฉลี่ย 9.2±4.3 และ 9.8±3.5 ต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 25 ผลของระดับน้ำตาล ที่มีต่อจำนวนต้นกล้าที่มีใบ 1 , 2 และ 3 ใบ และจำนวนเฉลี่ยของต้นกล้าที่ออกราก

น้ำตาล %	ต้นกล้า 1 ใบ ต้น/ขวด	ต้นกล้า 2 ใบ ต้น/ขวด	ต้นกล้า 3 ใบ ต้น/ขวด	ต้นกล้าที่ออกราก ต้น/ขวด
0	0.6±2.0 ^{c}	1.4±3.0 ^{c}	0.1±0.3	- ^{b}
1	12.6±8.5 ^{a}	9.2±4.3 ^{ab}	1.2±2.1	0.3±0.8 ^{b}
2	12.0±8.4 ^{ab}	7.2±4.3 ^{b}	0.8±1.5	1.2±1.5 ^{a}
3	9.4±4.2 ^{b}	9.8±3.5 ^{a}	0.5±0.9	1.8±1.5 ^{a}
	NS			

อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ตารางที่ 26 ผลของระดับน้ำมะพร้าว ที่มีต่อจำนวนต้นกล้าที่มีใบ 1 , 2 และ 3 ใบ และจำนวนเฉลี่ยของต้นกล้าที่ออกราก

น้ำมะพร้าว %	ต้นกล้า 1 ใบ ต้น/ขวด	ต้นกล้า 2 ใบ ต้น/ขวด	ต้นกล้า 3 ใบ ต้น/ขวด	ต้นกล้าที่ออกราก ต้น/ขวด
0	4.7±4.3 ^{c}	5.1±4.3 ^{b}	0.5±1.3	0.8±1.5
10	13.8±10.3 ^{a}	9.2±6.1 ^{a}	0.8±1.3	0.9±1.4
20	7.4±4.8 ^{b}	6.4±3.4 ^{b}	0.6±1.6	0.8±1.0
			NS	NS

อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อขวดตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่ระดับน้ำตาลร้อยละ 3 มีมากกว่าในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 และในสูตรอาหารที่ไม่เติมน้ำตาลซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 7.2±4.3 และ 1.4±3.0 ต้นต่อขวดตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่แตกต่างจากในสูตรที่ไม่เติมน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการเติมน้ำตาลไม่มีผลทำให้มีความแตกต่างกันทางสถิติต่อจำนวนต้นกล้าที่มี 3 ใบ แต่ก็มีแนวโน้มว่าการเติมน้ำตาลช่วยให้ต้นกล้าเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่มี 3 ใบ ได้มากขึ้น นอกจากนี้ระดับน้ำตาลยังมีผลให้มีจำนวนต้นกล้าที่ออกรากต่อขวดแตกต่างกัน โดยที่ในอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 และ 2 มีจำนวนเฉลี่ย 1.8±1.5 และ 1.2±1.5 ต้นต่อขวดตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 และในสูตรที่ไม่เติมน้ำตาลซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 0.3±0.8 และ 0 ต้นต่อขวด ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7.5.2 ผล (main effect) ของน้ำมะพร้าว

จากตารางที่ 26 หน้า 97 พบว่า หลังจากการย้ายไปเพาะเลี้ยงนาน 12 สัปดาห์ บนอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 โปรโตคอร์มมีการพัฒนาเป็นต้นกล้าที่มีใบ 1 ใบเฉลี่ย 13.8±10.3 ต้นต่อขวด มากกว่าในสูตรอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 และไม่เติม ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 7.4±4.8 และ 4.7±4.3 ต้นต่อขวด ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p=0.05$) มีการพัฒนาเป็นต้นกล้าที่มี 2 ใบบนอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 เฉลี่ย 9.2±6.1 ต้นต่อขวด มากกว่าที่เกิดบนอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 และไม่เติม ซึ่งมีจำนวนเฉลี่ย 6.4±3.4 และ 5.1±4.3 ต้นต่อขวดตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระดับน้ำมะพร้าวไม่มีผลให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อจำนวนต้นกล้าที่มี 3 ใบ และจำนวนต้นกล้าที่ออกราก อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าการเติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 ช่วยให้มีการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่มี 3 ใบ และมีจำนวนต้นกล้าที่ออกราก มากกว่าในสูตรอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 และในสูตรอาหารที่ไม่เติมน้ำมะพร้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

7.5.3 ผลร่วม (interaction) ระหว่างน้ำตาล และน้ำมะพร้าว

จากการทดลองพบว่า น้ำตาล และน้ำมะพร้าวมีผลร่วมต่อกันต่อจำนวนต้นกล้าที่มีใบ 1 และ 2 ใบ และต่อจำนวนต้นกล้าที่ออกรากให้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.05$) ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 27 หน้า 100 มีแนวโน้มว่าระดับน้ำตาลที่สูงขึ้นเมื่อไม่เติมน้ำมะพร้าวส่งผลให้มีจำนวนต้นกล้าที่มี 1 ใบ มากขึ้น และเพิ่มมากขึ้นเมื่อเติมร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 และ 10 ตามลำดับ ยกเว้นในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 และ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 ซึ่งมีจำนวนต้นกล้าที่มี 1 ใบ ไม่แตกต่างจากในสูตรที่ไม่เติมน้ำมะพร้าว โดยที่ในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 และ 2 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 มีต้นกล้าที่มี 1 ใบเฉลี่ย 22.0±2.4 และ 21.5±7.9 ต้นต่อขวด มากกว่าในสูตรอาหารอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แนวโน้มในลักษณะดังกล่าวต่อจำนวนต้นกล้าที่มี 2 ใบ มีลักษณะที่แตกต่างออกไปเล็กน้อยคือ เมื่อเติมน้ำตาลร้อยละ 2 และ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 ส่งผลให้มีจำนวนต้นกล้าที่มี 2 ใบ น้อยลงกว่าในสูตรอาหารที่ไม่เติมน้ำมะพร้าวที่ระดับน้ำตาลเดียวกัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 และ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 มีจำนวนต้นกล้าที่มี 2 ใบเฉลี่ย 13.0±4.0 และ 12.5±3.4 ต้นต่อขวด ตามลำดับ มากกว่าในสูตรอาหารอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างจากในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 ที่ระดับน้ำมะพร้าวเท่ากันซึ่งให้จำนวนต้นกล้าที่มี 2 ใบ เฉลี่ย 11.3±3.0 ต้นต่อขวด และในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 และสูตรที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 เพียงอย่างเดียว ซึ่งมี 9.0±1.2 และ 9.0±3.8 ต้นต่อขวดตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แต่พบว่าน้ำตาลและน้ำมะพร้าว ไม่มีผลร่วมต่อจำนวนต้นกล้าที่มี 3 ใบ อย่างไรก็ตามสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 มีแนวโน้มให้จำนวนต้นกล้าที่มี 3 ใบเฉลี่ย 1.8±2.1 ต้น มากกว่าในสูตรอาหารอื่น ๆ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 27 หน้า 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 27 ผลของระดับน้ำตาล และน้ำมะพร้าวที่มีต่อจำนวนต้นกล้าที่มีใบ 1 , 2 และ 3 ใบ และจำนวนเฉลี่ยของต้นกล้าที่ออกราก

น้ำตาล %	น้ำมะพร้าว %	ต้นกล้า 1 ใบ ต้น/ขวด	ต้นกล้า 2 ใบ ต้น/ขวด	ต้นกล้า 3 ใบ ต้น/ขวด	ต้นกล้าที่ออกราก ต้น/ขวด
0	0	- ^{d}	- ^{d}	-	- ^{c}
	10	- ^{d}	- ^{d}	-	- ^{c}
	20	1.8±3.5 ^{d}	4.3±4.2 ^{de}	0.3±0.5	- ^{c}
1	0	3.3±3.9 ^{cd}	5.5±3.4 ^{cd}	1.5±2.4	- ^{c}
	10	22.0±2.4 ^{a}	13.0±4.0 ^{a}	0.5±1.0	- ^{c}
	20	12.5±2.9 ^{b}	9.0±1.2 ^{abc}	1.5±3.0	1.0±1.2 ^{bc}
2	0	7.3±1.9 ^{bc}	5.8±3.3 ^{cd}	-	0.3±0.5 ^{c}
	10	21.5±7.9 ^{a}	11.3±3.0 ^{ab}	1.8±2.1	2.0±1.8 ^{ab}
	20	7.3±3.2 ^{bc}	4.5±3.7 ^{d}	0.8±1.5	1.3±1.5 ^{bc}
3	0	8.3±3.9 ^{bc}	9.0±3.8 ^{abc}	0.5±1.0	3.0±1.6 ^{a}
	10	11.8±5.6 ^{b}	12.5±3.4 ^{a}	1.0±1.2	1.8±1.3 ^{ab}
	20	8.3±2.9 ^{bc}	8.0±1.6 ^{bcd}	-	0.8±0.5 ^{bc}

NS

อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้พบว่าระดับน้ำตาลที่สูงขึ้นเมื่อไม่มีน้ำมะพร้าว ช่วยให้มีจำนวนต้นกล้าที่ออกรากต่อขวดเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 เพียงอย่างเดียวมีจำนวนต้นกล้าที่ออกรากเฉลี่ย 3.0±1.6 ต้นต่อขวด มากกว่าในสูตรอาหารอื่นแต่ไม่มีความแตกต่างจากในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 และ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 ซึ่งมีจำนวนต้นที่ออกรากเฉลี่ย 2.0±1.8 และ 1.8±1.3 ต้น ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการเติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 ในสูตรอาหารที่มีน้ำตาลร้อยละ 3 จะส่งผลให้มีจำนวนต้นกล้าที่ออกรากลดลง ต่างไปจากสูตรอาหารที่มีน้ำตาลร้อยละ 2 ซึ่งพบว่าการเติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 ช่วยให้มีจำนวนต้นกล้าที่ออกรากเพิ่มมากขึ้นกว่าในสูตรที่เติมน้ำตาลเพียงอย่างเดียว

7.6 ผลของการเติมน้ำตาล และน้ำมะพร้าวที่มีต่อต้นกล้า

จากผลการทดลองพบว่าน้ำตาล และน้ำมะพร้าวมีผลต่อขนาดทรงพุ่ม ความกว้างของใบ จำนวนและความยาวของรากของต้นกล้า เมื่อเพาะเลี้ยงนาน 12 สัปดาห์ ให้แตกต่างกันไป ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 30 หน้า 104

7.6.1 ผล (main effect) ของน้ำตาล

จากตารางที่ 28 หน้า 103 ขนาดทรงพุ่มของต้นกล้าในอาหารที่เติมน้ำตาลทุกระดับ ใหญ่กว่าในอาหารที่ไม่เติมน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p=0.05$) โดยที่ในอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 2 และ 3 มีทรงพุ่มเฉลี่ย 5.9±1.9 5.0±1.2 และ 5.4±1.2 มม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ใหญ่กว่าในอาหารที่ไม่เติมน้ำตาลซึ่งมีทรงพุ่มเฉลี่ย 1.4±2.1 มม ซึ่งส่งผลในลักษณะเดียวกันต่อความกว้างของใบ โดยพบว่าในอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 2 และ 3 มีความกว้างของใบเฉลี่ย 3.1±1.3 3.0±1.0 และ 3.0±0.8 มม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่กว้างกว่าใบของต้นกล้าจากอาหารที่ไม่เติมน้ำตาล ซึ่งมีความกว้างเฉลี่ย 0.7±1.0 มม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าในอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 ส่งผลให้ต้นกล้าที่ออกราก มีจำนวนรากเฉลี่ยต่อต้น และความยาวราก มากกว่าในอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 และ 1 และในสูตรอาหารที่ไม่เติมน้ำตาลตามลำดับ โดยที่ต้นจากอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 มีจำนวนรากเฉลี่ย 0.9±0.4 รากต่อต้น และมีความยาวรากเฉลี่ย 2.3±2.1 มม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

7.6.2 ผล (main effect) ของน้ำมะพร้าว

จากตารางที่ 29 หน้า 103 พบว่าการเติมน้ำมะพร้าวในอาหารช่วยให้ต้นกล้ามีทรงพุ่มเฉลี่ยใหญ่กว่าที่ได้จากอาหารที่ไม่เติมน้ำมะพร้าว โดยที่การเติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 ทรงพุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีทรงพุ่มเฉลี่ย 4.5±2.8 และ 5.3±1.8 มม ตามลำดับ ใหญ่กว่าต้นจากอาหารที่ไม่เติมน้ำมะพร้าวซึ่งมีทรงพุ่มเฉลี่ย 3.4±2.3 มม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p=0.05$) นอกจากนี้การเติมน้ำมะพร้าวยังส่งผลให้ต้นกล้ามีแผ่นใบกว้างกว่าในอาหารที่ไม่เติม โดยที่ในอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 มีแผ่นใบกว้างเฉลี่ย 3.2±1.1 มม กว้างกว่าที่ได้จากอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และในอาหารที่ไม่เติม ซึ่งมีความกว้างเฉลี่ย 2.6±1.7 และ 1.5±1.0 มม ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเติมน้ำมะพร้าวไม่มีผลให้ต้นกล้ามีจำนวน และความยาวรากแตกต่างไปจากอาหารที่ไม่เติมน้ำมะพร้าวแต่อย่างใด แม้จะพบว่าต้นกล้าที่เจริญเติบโตบนอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 มีจำนวนรากเฉลี่ยเท่ากันเท่ากับ 0.4±0.5 รากต่อต้น และมีความยาวรากเฉลี่ย 1.2±2.1 และ 1.2±1.4 มม ตามลำดับ มากกว่าในอาหารที่ไม่เติมน้ำมะพร้าวก็ตาม

7.6.3 ผลร่วม (interaction) ระหว่างน้ำตาล และน้ำมะพร้าว

จากการทดลองพบว่า น้ำตาล และน้ำมะพร้าว มีผลร่วมกันต่อขนาดทรงพุ่ม และความกว้างของใบ ดังแสดงค่าไว้ในตารางที่ 30 หน้า 104 แต่ไม่มีผลร่วมต่อจำนวน และความยาวรากของต้นกล้า โดยที่มีแนวโน้มว่าการเติมน้ำมะพร้าวช่วยให้ต้นกล้ามีขนาดทรงพุ่ม และความกว้างของใบมากขึ้นกว่าในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลเพียงอย่างเดียวเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับน้ำตาลเดียวกัน โดยที่ในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 มีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 6.9±2.4 มม โตกว่าในสูตรอาหารอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างจากสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 2 และ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 ซึ่งมีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 6.5±1.3 6.2±0.8 5.5±0.6 และ 5.8±0.8 มม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าต้นกล้าในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 1 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 28 ผลของระดับน้ำตาล ที่มีต่อขนาดเฉลี่ยของทรงพุ่ม ความกว้างของใบ จำนวน และความยาวเฉลี่ยของรากของต้นกล้า

น้ำตาล %	ขนาดทรงพุ่ม มม	ความกว้างใบ มม	จำนวนราก ราก/ต้น	ความยาวราก มม
0	1.4±2.1 ^{b}	0.7±1.0 ^{b}	- ^{c}	- ^{b}
1	5.9±1.9 ^{a}	3.1±1.3 ^{a}	0.2±0.4 ^{c}	0.5±1.3 ^{b}
2	5.0±1.2 ^{a}	3.0±1.0 ^{a}	0.5±0.5 ^{b}	1.1±1.3 ^{b}
3	5.4±1.2 ^{a}	3.0±0.8 ^{a}	0.9±0.4 ^{a}	2.3±2.1 ^{a}

อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ตารางที่ 29 ผลของระดับน้ำมะพร้าว ที่มีต่อขนาดเฉลี่ยทรงพุ่ม ความกว้างของใบ จำนวน และความยาวเฉลี่ยของรากของต้นกล้า

น้ำมะพร้าว %	ขนาดทรงพุ่ม มม	ความกว้างใบ มม	จำนวนราก ราก/ต้น	ความยาวราก มม
0	3.4±2.3 ^{b}	1.5±1.0 ^{c}	0.3±0.5	0.6±1.1
10	4.5±2.8 ^{a}	2.6±1.7 ^{b}	0.4±0.5	1.2±2.1
20	5.3±1.8 ^{a}	3.2±1.1 ^{a}	0.4±0.5	1.2±1.4
			NS	NS

อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 30 ผลของระดับน้ำตาล และน้ำมะพร้าวที่มีต่อขนาดเฉลี่ยของทรงพุ่ม ความกว้างของใบจำนวน และความยาวเฉลี่ยของรากของต้นกล้า

น้ำตาล %	น้ำมะพร้าว %	ขนาดทรงพุ่ม มม	ความกว้างใบ มม	จำนวนราก ราก/ต้น	ความยาวราก มม
0	0	- ^{d}	- ^{d}	-	-
	10	- ^{d}	- ^{d}	-	-
	20	4.1±0.8 ^{c}	2.1±0.4 ^{c}	-	-
1	0	4.3±1.1 ^{c}	1.6±0.4 ^{c}	-	-
	10	6.5±1.3 ^{ab}	3.6±0.8 ^{a}	-	-
	20	6.9±2.4 ^{a}	3.9±1.1 ^{a}	0.5±0.6	1.6±1.9
2	0	4.3±0.5 ^{c}	2.0±0.2 ^{c}	0.3±0.5	0.3±0.5
	10	6.2±0.8 ^{ab}	3.5±1.2 ^{a}	0.8±0.5	2.0±1.4
	20	4.4±1.3 ^{c}	3.4±0.5 ^{ab}	0.5±0.6	1.1±1.3
3	0	5.0±1.9 ^{bc}	2.5±0.3 ^{bc}	1.1±0.2	2.3±1.1
	10	5.5±0.6 ^{abc}	3.3±0.2 ^{ab}	0.8±0.5	2.6±3.6
	20	5.8±0.8 ^{abc}	3.4±1.3 ^{ab}	0.8±0.5	2.0±1.4
				NS	NS

อักษรที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากการวิเคราะห์ผลแบบ LSD เมื่อเปรียบเทียบตัวเลขในสดมภ์เดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

10 และ 20 และในสูตรที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 มีความกว้างของใบเฉลี่ย 3.6±0.8 3.9±1.1 และ 3.5±1.2 มม กว้างกว่าในสูตรอาหารอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความกว้างของใบของต้นกล้าในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลร้อยละ 2 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 และในสูตรที่เติมน้ำตาลร้อยละ 3 ร่วมกับน้ำมะพร้าวร้อยละ 10 และ 20 ซึ่งมีความกว้างของใบเฉลี่ย 3.4±0.5 3.3±0.2 และ 3.4±1.3 มม ตามลำดับ

7.7 คุณภาพของต้นกล้า

ต้นกล้าที่พัฒนาขึ้นบนอาหารที่เลี้ยงส่วนมากมีใบสีเขียว และมีเนื้อผิวของใบเป็นมัน แต่ต้นกล้าบนอาหารที่มีน้ำมะพร้าวร่วมอยู่ด้วยดูอวบอ้วนกว่าในสูตรอาหารที่เติมน้ำตาลเพียงอย่างเดียว และบางส่วนจะมีสีของใบอ่อนกว่าต้นกล้าโดยทั่วไป (ภาพที่ 10 หน้า 106) นอกจากนี้ยังพบต้นกล้าที่มีหลายยอดซึ่งเกิดขึ้นจากโปรโตคอร์มเพียงเม็ดเดียวด้วย โดยจะพบได้ตั้งแต่ 2 - 5 ยอดต่อต้น(ภาพที่ 11 หน้า 106) ต้นกล้าในลักษณะดังกล่าวนี้ สามารถพบได้ทั่วไปในสูตรอาหารที่มีการพัฒนาของโปรโตคอร์มเป็นต้นกล้า ยกเว้นในสูตรอาหารที่เติมน้ำมะพร้าวร้อยละ 20 เพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 10 การพัฒนาเป็นต้นกล้าบนอาหารที่มีระดับน้ำตาล และน้ำมะพร้าว แตกต่างกัน

ภาพที่ 11 ต้นกล้าที่มีหลายยอด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved