

ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยน้ำมันหอมระเหย ต่อเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Effect of Essential Oils Coating on Seed-borne Fungi in Maize Seeds

ปิยฉัตร อัครนุชาต^{1/} สุภามาต ช่างแต่ง^{1/} ปิติพงษ์ โตบันลือภพ^{2/} สุชาดา เวียรศิลป์^{1/3/}
และ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์^{1/3/}

Piyachat Akaranuchat^{1/}, Supamad Changtang^{1/}, Pitipong Thobunluepop^{2/}, Suchada Vearsilp^{1/3/}
and Sa-nguansak Thanapompoonpong^{1/3/}

Abstract: The aim of this study was to determine the efficiency of eugenol, star anise and galanga essential oils in controlling seed-borne fungi of maize seeds. First, the maize seeds were coated with a chitosan-lignosulphonate polymer followed by the essential oils of eugenol, star anise or galanga at various concentrations; 0.5, 1, 1.5 and 2 ml. Then, the coated seeds were stored for 90 days. Finally, the health of the stored, coated seeds was assayed by using the blotter method in which the fungal inhibition percentage was calculated. Of the three essential oils used in this study, eugenol proved to be the most effective antifungal agent against the pathogenic fungi. This study concluded that eugenol essential oil was effective in controlling and eliminating *Aspergillus niger* and *Fusarium* sp. in maize seeds when compared to the chemical captan.

Keywords: Seed coating, plant essential oil, maize seed, seed-borne fungi

^{1/}ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{2/}ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จ. มหาสารคาม 44150

^{3/}สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/}Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

^{2/}Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand

^{3/}Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู โป๊ยกั๊ก และข่า ในการป้องกันกำจัดเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด โดยเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วย chitosan- lignosulphonate polymer และน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู โป๊ยกั๊ก และ ข่า 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิลิตร ตรวจสอบประสิทธิภาพการควบคุมเชื้อรา โดยวิธีเพาะบนกระดาษขึ้น และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การควบคุมเชื้อราระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์มากกว่าน้ำมันหอมระเหยจาก โป๊ยกั๊กและข่าตามลำดับ การทดลองนี้สรุปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสามารถควบคุมเชื้อรา *Aspergillus niger* และ *Fusarium* sp. ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับแคปแทน

คำสำคัญ: การเคลือบเมล็ดพันธุ์ น้ำมันหอมระเหยจากพืช เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์

คำนำ

สาเหตุหลักประการหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลดลงอย่างรวดเร็วเป็นผลมาจากการปนเปื้อนของเชื้อราทั้งในแปลงปลูกและหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเชื้อราดังกล่าวหากเข้าทำลายเมล็ดมักเป็นสาเหตุทำให้เมล็ดเกิดการเสื่อมสภาพเร็วยิ่งขึ้น และเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะปลูกเชื้อราที่ปนเปื้อนมากับเมล็ดพันธุ์จะเข้าทำลายเมล็ด ส่งผลทำให้เมล็ดเน่าเสียหาย ความงอกของเมล็ดลดลง เกิดต้นกล้าผิดปกติมากยิ่งขึ้น ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ เชื้อสาเหตุของโรคที่ติดมากับเมล็ดข้าวโพดที่สำคัญ ได้แก่ เชื้อรา *Sclerospora* spp. และ *Peronosclerospora* spp. สาเหตุโรคน้ำค้ำ เชื้อรา *Bipolaris maydis* สาเหตุโรคใบไหม้ เชื้อรา *Diplodia zeae* สาเหตุโรคฝักเน่า เชื้อรา *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. สาเหตุโรคเมล็ดเน่าในโรงเก็บ (สมบัติ, 2526) นอกจากนี้ยังมีเชื้อราที่เข้าทำลายในแปลงปลูกอีกด้วย เช่น เชื้อรา *Fusarium* sp. ซึ่งเป็นสาเหตุของโรค root and stalk rot, seed rot และ seedling blight ของข้าวโพด (Sutton, 1982; Sanchis et al., 1995) การป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดพันธุ์นั้นโดยส่วนใหญ่ใช้สารเคมีคลุกเมล็ดพันธุ์เพื่อควบคุมโรคในระยะกล้า และฉีดพ่นในแปลงปลูก แต่เนื่องจากสารเคมีหลายชนิดมีพิษตกค้างเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยง ประกอบกับเชื้อราสาเหตุอาจสามารถเกิดการต้านทานต่อสารเคมีฆ่าเชื้อราได้

(สืบศักดิ์, 2540) ทำให้มีการค้นหาวิธีในการป้องกันกำจัดโดยหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี การใช้สารสกัดจากพืชเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้ โดยมีรายงานว่า สารสกัดจากพืชสมุนไพรหลายชนิด เช่น ตะไคร้ อบเชย กานพลู ขิง ข่า และ โป๊ยกั๊ก สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ (Patkar et al., 1993; Sinha et al., 1993; Mishra and Dubey, 1994; Hammer et al., 1999; Marin et al., 2004; Souza et al., 2005) เกษม และ จำรัส (2529) ได้ศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ด้วยสารสกัดจากกานพลู พบว่า สารสกัดจากกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ที่ทุกระดับความเข้มข้น และมีแนวโน้มว่า กานพลู สามารถยับยั้งการเจริญของรา *Aspergillus flavus* และ *A. fumigatus* ได้ดีที่สุดในระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 2,000 ppm ขึ้นไป ต่อมา Thobunluepop et al. (2007) พบว่าสาร eugenol ซึ่งสกัดจากกานพลูนั้นมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ระหว่างการเก็บรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพทัดเทียมกับการใช้สารเคมี แคปแทน ในการคลุกเมล็ดพันธุ์ โดยเฉพาะในเชื้อรา *Nigrospora oryzae*, *Biopolaris oryzae*, *Fusarium moniliforme*, *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani*, *Curvularia* sp., *Aspergillus flavus* และ *A. niger* Nguetack et al. (2004) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากไทม์ โป๊ยกั๊ก และอบเชย

ความเข้มข้นตั้งแต่ 500 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. ochraceus* และ *F. moniliforme* ได้อย่างสมบูรณ์ สอดคล้องกับ ธารทิพย์ (2540) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดที่สกัดด้วย ethanol จากข้าว ทองพันชั่ง และว่านน้ำ พบว่าสารสกัดจากข้าว ที่ความเข้มข้น 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการออกของสปอร์ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ มยุรี (2549) ได้ทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยต่อเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยในระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium moniliforme* และ *Bipolaris oryzae* ได้ผลดี โดยมีค่าการยับยั้งการเจริญอยู่ระหว่าง 98.22-100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพร และสารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้เคลือบเมล็ดในการป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด เพื่อเป็นแนวทางในการใช้สารสกัดจากพืชในการควบคุมโรคพืชทดแทนหรือลดการใช้สารเคมี

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการเตรียมสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

1. การเตรียมสารผสม chitosan-lignosulphonate polymer (CLP) โดยนำ chitosan (3 เปอร์เซ็นต์) 3 กรัม ละลายใน 1 เปอร์เซ็นต์ acetic acid 100 มิลลิลิตร แล้ว

นำสารละลายที่ได้ไป ผสมกับ 1 เปอร์เซ็นต์ sodium-lignosulphonate (sodium-lignosulphonate 1 กรัม + น้ำ 100 มิลลิลิตร) ในอัตรา 9:1 (ดัดแปลงจาก Thobunluepop, 2008)

2. การเตรียมสารผสม CLP ผสมกับสารสกัดจากพืช และ แคปแทน (CT) และนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมาคลุกกับสารผสมแต่ละชนิด

2.1 ตวงน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้ง 3 ชนิด คือ โป๊ยกั๊ก (star anis essential oil: SO), ข่า (galangal essential oil: GO) และ กานพลู (eugenol essential oil: EO) ปริมาตร 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปผสมลงในสารผสม CLP ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจำนวน 1 กิโลกรัม มาคลุกในสารผสมแต่ละความเข้มข้น ให้เข้ากัน

2.2 เตรียม CT จำนวน 1, 2, 3 และ 4 กรัม ผสมในสารผสม CLP ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจำนวน 1 กิโลกรัม มาคลุกในสารผสมแต่ละความเข้มข้นให้เข้ากัน

3. ทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีและสารสกัดจากสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ในการควบคุมเชื้อรา โดยการนำเมล็ดที่ผ่านการคลุกเมล็ดแล้วมาตรวจสอบหาเชื้อรา โดยวิธีการเพาะเลี้ยงบนกระดาษขึ้น (Blotter method) (ISTA, 2006) นำเมล็ดที่เพาะนี้ไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำไปตรวจหาชนิดและปริมาณเชื้อราที่เจริญบนเมล็ดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นับจำนวนเมล็ดที่ติดเชื้อรา คำนวณเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อ และเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง จากสูตร

เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อ (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่ติดเชื้อ}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \times 100$$

เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (\%)} = \frac{\text{เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ติดเชื้อสูงสุดควบคุม} - \text{เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ติดเชื้อตัวอย่าง}}{\text{เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ติดเชื้อสูงสุดควบคุม}} \times 100$$

4. ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารในการควบคุมเชื้อราเป็นระยะเวลา 90 วัน โดยสุ่มตัวอย่างมาทดสอบทุก ๆ 30 วัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราบนเมล็ดที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหย พบเชื้อรา 5 ชนิด คือ *A. flavus*, *A. niger*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp. โดยมีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อเฉลี่ยเท่ากับ 86.94, 96.67, 64.44, 36.11 และ 19.72 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด พบว่า EO ทุกระดับความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา *Fusarium* sp. โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 74 – 82 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง Velluti *et al.* (2003, 2004), Thobunluepop *et al.* (2007) และมยุรี (2549) ที่พบว่ากานพลูสามารถยับยั้งเชื้อราดังกล่าวได้ และการเคลือบเมล็ดด้วยสารสกัดจากกานพลูที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 1.0 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม ขึ้นไปมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา *A. flavus* และ *A. niger* โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 63-68 เปอร์เซ็นต์ และ 87-91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของเกษม และ จำรัส (2529) และ Sinha *et al.* (1993) เนื่องจากกานพลูมีสาร eugenol เป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นสารจำพวก phenolic compound ที่ประกอบไปด้วยกลุ่ม hydroxyl (OH group) ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา โดยจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ แต่จะพบว่าหลังจากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้เป็นระยะเวลา 90 วัน มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราลดลง (ภาพที่ 1 A และ B)

ผลการศึกษายังพบว่า SO ทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 65-73 เปอร์เซ็นต์ และ 52-76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) และ SO ที่ระดับ

ความเข้มข้น 1.5 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม เป็นต้นไปสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp. และมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 70-72 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Nguefrack *et al.* (2004) เมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า SO จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Fusarium* sp. และ *Rhizopus* sp. ลดลง (ภาพที่ 1 C และ E) ระยะในการเก็บรักษาทำให้ SO สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *A. niger* ได้ในระดับต่ำ โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 23-40 เปอร์เซ็นต์ และ 4-6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) และไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillium* sp. (ภาพที่ 1D)

นอกจากนี้ยังพบว่าการคลุกเมล็ดด้วย GO ในทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillium* sp. แต่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *A. niger* ได้ 33-40 เปอร์เซ็นต์ และ 16-20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดเป็นเวลา 90 วันแล้วพบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*, *Fusarium* sp. และ *Rhizopus* sp. ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1 D) ซึ่ง Han and Floros (1999) และ Thobunluepop (2009) กล่าวว่าประสิทธิภาพของสารสกัดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราจะลดลงหากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อความคงตัวของสารสกัด

สรุป

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *A. niger* และ *Fusarium* sp. เมื่อเปรียบเทียบกับ แคปแทน รองลงมาได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากใบยี่เก สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp. ได้ ดังนั้น กานพลูจึงน่าจะเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถนำมาใช้ทดแทนสารเคมีกำจัดเชื้อราได้

Table 1 Effect of essential oils coating against pathogenic fungi inhibition in maize seed.

Treatments	Concentration per kg seed	Percent of fungi inhibition ^{1/}				
		<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Rhizopus</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.
CLP		11.88 g	11.79 gh	39.98 fg	60.30 bcd	72.87 cdef
CLP+ CT	1.0 g	82.74 b	93.90 abc	76.01 b	91.21 a	95.56 a
CLP+ CT	2.0 g	91.92 ab	97.10 ab	92.03 a	89.74 a	95.20 a
CLP+ CT	3.0 g	91.59 ab	97.41 ab	91.24 a	91.82 a	90.71 ab
CLP+ CT	4.0 g	95.58 a	97.99 a	91.76 a	91.31 a	98.33 a
CLP+ EO	0.5 ml	49.95 d	64.96 e	47.28 def	69.41 bcd	78.77 bc
CLP+ EO	1.0 ml	66.87 c	86.80 d	32.12 g	53.98 cd	81.93 bc
CLP+ EO	1.5 ml	62.59 c	89.73 cd	49.17 def	53.27 d	77.45 cd
CLP+ EO	2.0 ml	68.00 c	91.15 bcd	44.79 ef	54.44 bcd	74.26 cde
CLP+ SO	0.5 ml	22.92 f	3.69 i	76.05 b	70.01 bcd	47.84 g
CLP+ SO	1.0 ml	32.15 ef	5.69 hi	73.56 b	64.95 bcd	50.63 g
CLP+ SO	1.5 ml	39.71 e	5.33 i	56.64 cd	65.67 bcd	70.08 cdef
CLP+ SO	2.0 ml	33.20 e	3.69 i	52.33 cde	73.37 ab	71.63 cdef
CLP+ GO	0.5 ml	33.32 e	20.04 f	60.57 c	55.10 bcd	73.43 cdef
CLP+ GO	1.0 ml	40.25 e	16.24 fg	45.62 ef	72.90 abc	60.41 fg
CLP+ GO	1.5 ml	38.61 e	17.34 fg	53.77 cde	54.06 cd	64.46 ef
CLP+ GO	2.0 ml	39.42 e	15.40 fg	46.44 def	64.67 bcd	51.69 g
CV (%)		22.58	16.22	22.49	34.21	21.65

^{1/}Means in column followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

CLP = chitosan-lignosulphonate polymer

CT = captan

EO = eugenol essential oil

SO = star anis essential oil

GO = galangal essential oil

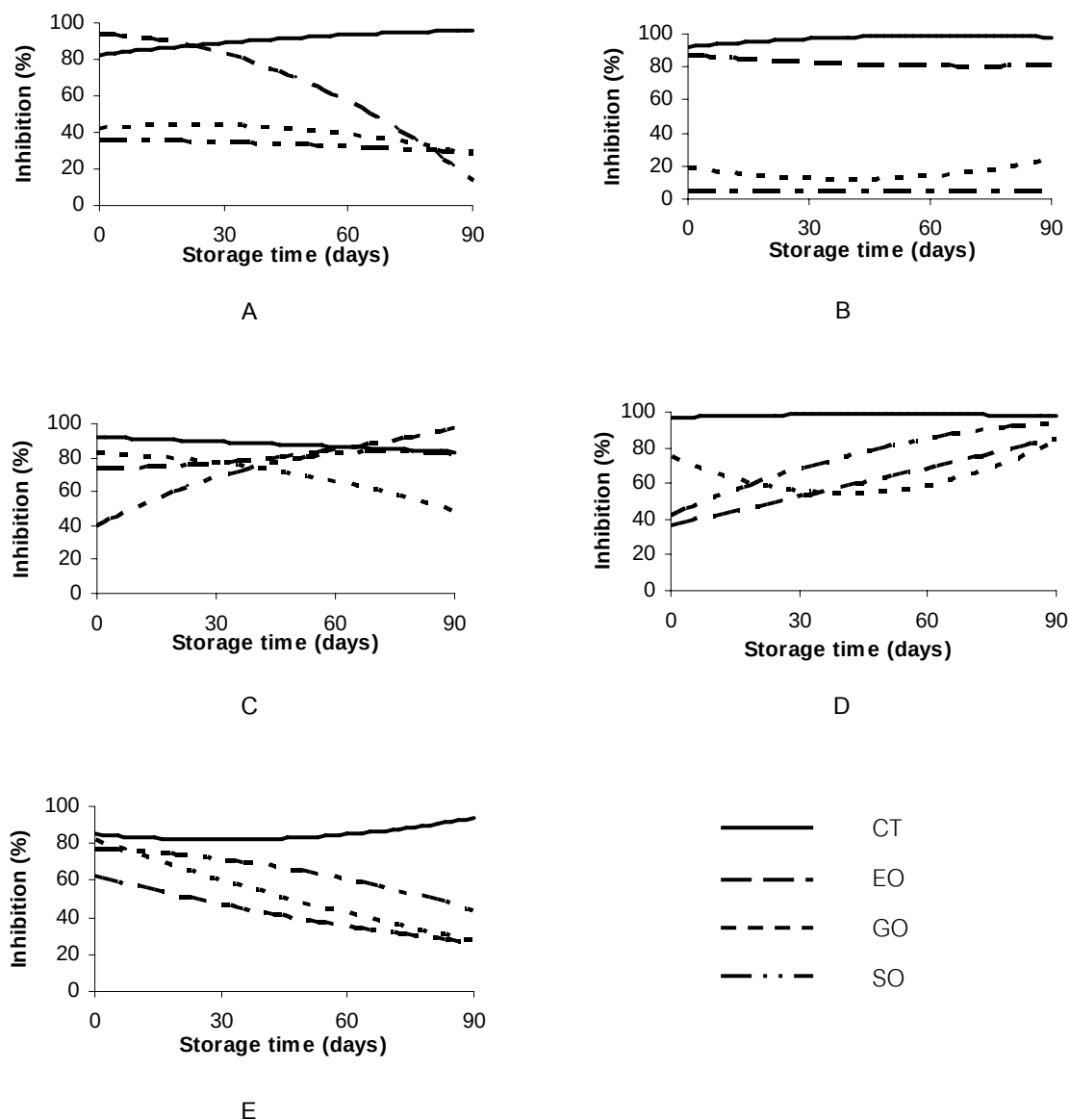


Figure 1 Inhibitory effect of various seed coating substances on *Aspergillus flavus* (A), *Aspergillus niger* (B), *Fusarium sp.* (C), *Penicillium sp.*(D) and *Rhizopus sp.* (E) after storage for 90 days.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการ IRPUS ปี พ.ศ. 2550 บริษัท Syngenta Seeds Limited และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เกษม สร้อยทอง และ จำรัส คู่ณรงค์นันท์กุล. 2529. การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus* spp. ด้วยสารสกัดจากกานพลู. วารสารโรคพืช 6 (1-2): 1-6.
- ธารทิพย์ ภาสบุตร. 2540. ผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดที่มีต่อเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 85 หน้า.
- มยุรี ปละอุด. 2549. ผลของน้ำมันหอมระเหยต่อเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 163 หน้า.
- สมบัติ ศรีชูวงศ์. 2526. เชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วแดง และการป้องกันกำจัดด้วยสารเคมี. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 38 หน้า.
- สืบศักดิ์ สนธิรัตน์. 2540. การจัดการโรคพืช. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 141 หน้า.
- Hammer, K.A., C.F. Carson and T.V. Riley. 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. Journal of Applied Microbiology 86: 985-990.
- Han, J.H. And J. Floros. 1999. Modeling antimicrobial activity loss of potassium sorbate against Bake's yeast after heat process to develop

antimicrobial food packaging materials. Food Science Biotechnology 8: 11-14.

- International Seed Testing Association (ISTA). 2006. International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology. The International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland. 540 pp.
- Marin, S., A. Velluti, A.J. Ramos and V. Sanchis. 2004. Effect of essential oils on zearalenone and deoxynivalenol production by *Fusarium graminearum* in non-sterilized maize grain. Food Microbiology 21(3): 313-318.
- Mishra, A.K. and N.K. Dubey. 1994. Evaluation of some essential oils for their toxicity against fungi causing deterioration of stored food commodities. Applied and Environmental Microbiology 60(4): 1101-1105.
- Nguefack, J., V. Leth, P.H. Amvam Zollo and S.B. Mathur. 2004. Evaluation of five essential oils from aromatic plants of Cameroon for controlling food spoilage and mycotoxin producing fungi. International Journal of Food Microbiology 94: 329-334.
- Patkar, K.L., C.M. Usha, H.S. Shetty, N. Paster and J. Lacey. 1993. Effect of spice essential oils on growth and aflatoxin B₁ production by *Aspergillus flavus*. Letters in Applied Microbiology 17: 49-51.
- Sanchis, V., M. Abadías, L. Oncins, N. Sala, I. Viñas and R. Canela. 1995. Fumonisin B₁ and B₂ and toxigenic *Fusarium* strains in feeds from the Spanish market. International Journal of Food Microbiology 27: 37-44.
- Sinha, K.K., A.K. Sinha and G. Prasad. 1993. The effect of clove and cinnamon oils on growth of an aflatoxin production by *Aspergillus flavus*. Letters in Applied Microbiology 16: 114-117.

- Souza, E.L., E.O. Lima, K.R.L. Freire and C.P. Sousa. 2005. Inhibitory action of some essential oils and phytochemicals on the growth of various moulds isolated from foods. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48(2): 245-250.
- Sutton, J.C., 1982. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 4: 195-209.
- Thobunluepop, P., C. Jatisatienr, A. Jatisatienr, E. Pawelzik and S. Vearasilp. 2007. Comparison of the inhibitory effect of captan, chitosan-lignosulphonate polymer and eugenol coated seeds against rice seed borne fungi. pp. 500. *In*: E. Tielkes (ed.). *Utilisation of Diversity in Land Use Systems: Sustainable and Organic Approaches to Meet Human Needs: International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development*. Book of abstracts. Tropentag 2007. Cuvillier Verlag Göttingen.
- Thobunluepop, P. 2008. Characterization of a botanical fungicide from Thai origin and its efficiency in rice production. Ph. D. Thesis. University of Göttingen, Germany. 156 pp.
- Thobunluepop, P. 2009. The inhibitory effect of the various seed coating substances against rice seed borne fungi and their shelf-life during storage. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 12(16): 1102-1110.
- Velluti, A., V. Sanchis, A.J. Ramos and S. Marin. 2003. Inhibitory effect of cinnamon, clove, lemon grass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B1 production by *Fusarium proliferatum* in maize grain. *International Journal of Food Microbiology* 89: 145-154.
- Velluti, A., S. Marín, P. Gonzalez, A.J. Ramos and V. Sanchis. 2004. Initial screening for inhibitory activity of essential oils on growth of *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum* and *F. graminearum* on maize-based agar media. *Food Microbiology* 21: 649-656.
-