

บทคัดย่อ

การพัฒนาสารผสมโพแทสเซียมคลอเรตที่ปลอดภัยจากการระเบิด เพื่อวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้กระตุ้นการออกดอกของลำไย ทดแทนโพแทสเซียมคลอเรตบริสุทธิ์ ใช้วิธีการถ่วงการระเบิดของโพแทสเซียมคลอเรตด้วยสารอนินทรีย์ชนิดต่างๆ และหาระดับที่เหมาะสมที่จะทำให้สารผสมไม่สามารถระเบิดเมื่อถูกแรงกระแทก ตลอดจนไม่สามารถติดไฟ แต่ยังคงคุณสมบัติกระตุ้นการออกดอกของลำไยเทียบเท่าหรือดีกว่าโพแทสเซียมคลอเรตบริสุทธิ์ อีกทั้งศึกษาการจัดการใส่สารและดูแลลำไยเพื่อให้การออกดอกออกผลมีประสิทธิภาพที่สุด เมื่อใช้สารผสมโพแทสเซียมคลอเรตชนิดไม่ระเบิด

การพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบการระเบิดเพื่อใช้ทดแทนเชื้อปะทุไฟฟ้า (electric detonator) ในการสร้างแรงกระแทกมาตรฐานที่จะใช้เป็นเกณฑ์คัดเลือกสูตรของสารผสมโพแทสเซียมคลอเรตที่ปลอดภัย ใช้หลักการตกของวัตถุจากที่สูงมากระทบพื้นโดยแรงดึงดูดของโลกและพบว่าแรงกระแทกที่ 61.3 นิวตันมีค่าเทียบเท่าเชื้อปะทุมาตรฐานเบอร์ 6 และแรงกระแทกที่ 112 นิวตันสามารถทำให้โพแทสเซียมคลอเรตบริสุทธิ์ระเบิดได้ จึงใช้แรงกระแทกที่ 112 นิวตันในการทดสอบการระเบิดของสารผสมทุกสูตรเพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยสูงสุด และใช้เสียงการตกกระทบที่มีระดับความเข้มของเสียงเกิน 17 dB เมื่อวางจุดรับเสียงห่างจากจุดกระทบ 30 เมตร เป็นเกณฑ์วัดการระเบิด

สารอนินทรีย์หลายชนิดที่นิยมใช้เป็นวัตถุระเบิดในการผลิตปุ๋ยเคมีของพืชโดยทั่วไป ทั้งรูปแบบวัสดุที่ละลายน้ำได้ดี และไม่ละลายน้ำที่มีคุณสมบัติถ่วงการระเบิดได้แก่ ปูนขาว ดินเหนียว โซดาไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) บอแรกซ์ ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) สามารถถ่วงการระเบิดของโพแทสเซียมคลอเรต (KClO_3) ได้ดีเมื่อใช้ในปริมาณตั้งแต่ 40 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปยกเว้นปูนขาวที่ใช้เพียง 20 % ก็สามารถถ่วงการระเบิดได้ และสารที่มีคุณสมบัติเสริมการระเบิดได้แก่ ดินประสิว (KNO_3) ซึ่งถ้านำไปผสมในสูตรแล้วจะต้องเพิ่มปริมาณสารถ่วงและลดปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตในสูตรลงจากการที่ NaHCO_3 และ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ เป็นสารถ่วงการระเบิดที่ดี ดังนั้นเมื่อนำไปผสมกับ KClO_3 ในอัตราส่วน 26:12:62 จะได้สารผสมที่ไม่สามารถระเบิดได้เมื่อถูกแรงกระแทก จึงเหมาะสมที่จะใช้ทำเป็นสารชั้นต้นเพื่อเก็บในโรงงานและใช้ผสมสูตรสารเร่งดอกลำไยต่อไป

สารผสมโพแทสเซียมคลอเรตที่ปลอดภัยที่มีส่วนผสมของ KClO_3 กับสารกลุ่มไม่ละลายน้ำ ได้แก่ ไทโรแคลเซียมฟอสเฟต $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, ยิปซัม (CaSO_4), $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, KNO_3 และ Dolomite ในปริมาณ 15, 30, 19, 4, 4 และ 28% ตามลำดับ (สูตร NSM) จะไม่ติดไฟและไม่สามารถระเบิดเมื่อถูกแรงกระแทก นอกจากนั้นการใช้ KClO_3 ผสมกับ ดินเหนียว (สูตร NS) ในอัตราส่วน 25 และ

75 % หรือ KClO_3 ผสมกับ ดินเหนียว และโดโลไมท์ปริมาณ 25, 45 และ 30% ตามลำดับ (สูตร NSD) ก็จัดว่ามีความปลอดภัยเช่นกัน สำหรับสารถ่วงในกลุ่มละลายน้ำนั้นเมื่อใช้ KClO_3 ผสมกับ NaHCO_3 และ KNO_3 ปริมาณ 20, 60 และ 14% ตามลำดับ (สูตร WS) จะได้สารผสมที่ไม่ระเบิด และเมื่อทดสอบย៉างถึงความปลอดภัยของทุกสูตรที่กล่าวมาแล้ว โดยใช้เชื้อปะทุไฟฟ้าเบอร์ 6 พบว่ามีความปลอดภัยเช่นเดียวกับการทดสอบโดยใช้อุปกรณ์ใช้แรงตกกระทบ ถึงแม้ผสมกับกำมะถัน

การทดสอบผลการใช้กระตุ้นการออกดอกของลำไยพันธุ์ดอ พบว่าสารผสมสูตร NSM สามารถกระตุ้นการออกดอกภายใน 39 วัน ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้ KClO_3 บริสุทธิ์ โดยมีเปอร์เซ็นต์ช่อที่ออกดอก 89.8% และติดผล 63 ผลต่อช่อ ซึ่งดีเท่ากับเมื่อใช้ KClO_3 บริสุทธิ์ นอกจากนั้นยังมีคุณภาพผล คือ ขนาดผล , ความหนาเปลือก, ปริมาณน้ำตาล และน้ำหนักรสดี เท่ากับเมื่อใช้ KClO_3 กระตุ้นและเท่ากับผลที่ออกตามธรรมชาติ นอกจากนั้นสารผสมสูตร WS ก็สามารถใช้ได้ผลดีเช่นกัน โดยใช้ได้ทั้งวิธีใส่ทางดิน และพ่นใบ และวิธีใส่โดยการพ่นใบใช้ต้นทุนต่อต้นต่ำกว่าการใส่สารทางดิน

การพัฒนาสูตรสารผสมโพแทสเซียมคลอเรตเพื่อให้ความเหมาะสมกับการผลิตในเชิงพาณิชย์โดยผลิตในรูปแบบเม็ด พบว่าดินเหนียวที่ใช้ผสมกับสารผสมสูตร NSM ในปริมาณ 40 และ 60% ตามลำดับและใช้น้ำเป็นตัวเชื่อม (สูตร NSMP) ทำให้เม็ดสารมีความคงทนและมีเปอร์เซ็นต์การแตกเม็ดเมื่อเขย่าเป็นเวลา 30 นาทีเพียง 5.4% ซึ่งดีกว่าการไม่ใส่ดินเหนียวเป็นตัวยึดเกาะหรือใช้ปริมาณมากกว่านั้น ส่วนสารผสมสูตรละลายน้ำ (WS) สามารถทำเป็นเม็ดได้เช่นเดียวกันโดยใช้น้ำปูนใสเป็นตัวเชื่อม และทำให้เป็นเม็ดโดยการกดผ่านตะแกรงขนาด 0.5 ซม. และทำให้แห้ง สำหรับการนำไปใช้ในสวนลำไยเพื่อกระตุ้นการออกดอก ได้มีการพัฒนาสูตรสารผสมชนิดละลายน้ำมีแร่ธาตุ (WSM) โดยใช้ ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Na_2HPO_4) , แมกนีเซียมซัลเฟต MgSO_4 , และปูนขาว Ca(OH)_2 มาทดแทนสารชนิดไม่ละลายน้ำเพื่อรวมข้อดีของสูตร NSM และ WS เข้าด้วยกัน และนำมาเปรียบเทียบกับสูตรเม็ด (NSMP) และสูตร WS พบว่าสูตร WSM สามารถกระตุ้นให้ลำไยออกดอกนอกฤดูภายใน 30 วัน และลำไยจะออกดอกมากกว่าสูตร NSMP ตลอดจนดอกมีความยาวช่อ และมีการติดผลต่อช่อมากกว่าสูตรเม็ด และสูตรละลายน้ำ (WS) ซึ่งเมื่อใช้วิธีการ regression วิเคราะห์พบว่าปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตที่เหมาะสมกับการกระตุ้นการออกดอกโดยวิธีใส่ทางดินของลำไยพันธุ์ดอที่ดีคือ 8-9 กรัมต่อพื้นที่ได้พุ่ม 1 ตารางเมตร ซึ่งเมื่อกำหนดเป็นปริมาณสารสูตรละลายน้ำมีแร่ธาตุแล้วจะเท่ากับ 53.7 กรัมต่อตารางเมตร

การใช้สารผสมสูตรละลายน้ำ (WS) พ่นใบลำไยโดยใช้ความเข้มข้น 10,000 ส่วนในล้าน หรือ 2 ก.ก. ละลายในน้ำ 200 ลิตร สามารถทำให้ลำไยออกดอกได้ดีเท่ากับเมื่อใช้โพแทสเซียมคลอเรตพ่นในความเข้มข้น 2,000 ส่วนในล้าน แต่พบอาการใบร่วงและขอบใบแห้ง และพบว่าการ

ใส่ปุ๋ย NPK 15-15-15 ในระยะที่ช่อดอกยาวประมาณ 10 ซม. จะช่วยให้การติดผลมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อใช้สารผสมสูตรละลายน้ำที่มีหรือไม่มีแร่ธาตุผสมที่เตรียมจากสารชั้นต้น (WSM1 และ WS1) พบว่าในในระดับความเข้มข้น 15,000 และ 10,000 ส่วนในล้านตามลำดับ พบว่าลำไยจะไม่ตอบสนองต่อการกระตุ้นการออกดอก (ออกดอกเพียง 7.1 และ 2.1% ของจำนวนต้นที่ทดลองตามลำดับ) ซึ่งน่าจะมาจากอิทธิพลของบอแรกซ์ที่ใช้ผสมในสูตรสารชั้นต้น และความไม่สมดุลย์ของแร่ธาตุต่างๆที่ใช้ผสมในสูตร ดังนั้นเมื่อลดปริมาณ $MgSO_4$ ลง 1% และเพิ่ม Na_3PO_4 อีก 2.8% ในสูตร WSM2 หรือตัด $Na_2B_4O_7$ ออกจากสูตร WS1 พบว่าเมื่อใช้พ่นที่ความเข้มข้น 5,000 ส่วนในล้าน จะทำให้ลำไยออกดอกได้ดีและมีช่อดอกที่สมบูรณ์

สารผสมโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ปลอดภัยสูตรละลายน้ำมีแร่ธาตุ (WSM1) สามารถใช้ละลายน้ำในปริมาณ 1 ก.ก. ต่อน้ำ 200 ลิตร (5,000 ส่วนในล้าน) และพ่นใบลำไยหลังการเก็บเกี่ยวผลเพื่อเร่งการแตกใบและเพิ่มความสมบูรณ์ของใบ โดยพบว่าต้นลำไยที่ถูกพ่นใบจะมีใบใหม่ที่มีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น 29% ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่พ่นใบอย่างมีนัยสำคัญ ตลอดจนใบลำไยจะมีความสมบูรณ์ ใบสีเขียวเข้ม และมีเส้นใบหนา แตกต่างจากใบใหม่ของกลุ่มที่ไม่พ่นใบอย่างชัดเจน

รูปแบบของการจัดการใส่สารผสมสูตรที่ปลอดภัยและการดูแลจัดการหลังใส่สารฯ นับว่ามีความสำคัญ โดยลำไยที่ได้รับการใส่สารมีแร่ธาตุละลายน้ำโดยวิธีการราดดิน มีการออกดอกไม่ค่อยดีและออกช่อใบมากถ้าใส่ปุ๋ย NPK 15-15-15 หลังจากใส่สารฯ 1 สัปดาห์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มที่ไม่ใส่ปุ๋ยเสริมที่พบว่ามีความหนาแน่นการออกดอกมากกว่า ช่อดอกอวบกว่า มีความสม่ำเสมอของช่อดอกมากกว่า และช่อดอกมีแขนงมากกว่า นอกจากนั้นสารผสมสูตรละลายน้ำมีแร่ธาตุยังสามารถใช้พ่นใบโดยใช้ละลายน้ำ 15,000 ส่วนในล้าน (3 ก.ก. ละลายน้ำ 200 ลิตร) และใช้พ่นใบของลำไยดื้อสารที่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์บริสุทธิ์ ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 แล้วไม่ยอมออกดอกหรือออกดอกน้อย ให้กลับมาออกดอกได้ตามปกติ และมีคะแนนการออกดอกและความสมบูรณ์ของดอกที่อยู่ในเกณฑ์ดี ในการเพิ่มประสิทธิภาพการออกดอกของลำไยนอกฤดูการที่ใส่สารกระตุ้นการออกดอกของลำไยเป็นปีที่ 2 พบว่าเมื่อพ่นสารสูตรละลายน้ำมีแร่ธาตุ เพื่อบำรุงใบและใบใหม่แก่แล้ว การพ่นใบด้วยสารสูตรละลายน้ำในอัตราละลาย 3 ก.ก. ต่อน้ำ 200 ลิตร โดยพ่นกระตุ้นใบ 2 ครั้ง แล้วใส่สารผสมสูตรเดียวกันในอัตรา 53.7 กรัมต่อพื้นที่ได้พุ่ม 1 ตารางเมตร พร้อมกับปุ๋ย NPK 8-24-24 หลังจากใส่สารทางดินไปแล้ว 3 สัปดาห์ ส่งผลให้ลำไยออกดอกดีมาก ช่อดอกสมบูรณ์ และออกดอกสม่ำเสมอ ซึ่งแตกต่างจากลำไยที่ใส่สารทางดินอย่างเดียวที่พ่นสารบำรุงใบสูตรละลายน้ำแล้วอย่างมีนัยสำคัญ และลำไยที่ดูแลโดยวิธีดังกล่าวนี้จะมีใบและต้นสมบูรณ์แตกต่างจากลำไยที่ใส่สารโพแทสเซียมคลอไรด์บริสุทธิ์หรือกลุ่มที่ไม่ใส่สารอย่างชัดเจน

เกษตรกรชาวสวนลำไยมีทัศนคติต่อการใช้สารเร่งดอกลำไยสูตรละลายน้ำมีแร่ธาตุในระดับที่ดี คือเห็นว่าจะสามารถกระตุ้นการออกดอกและความสมบูรณ์ของใบได้ดีกว่าโพแทสเซียมคลอไรด์บริสุทธิ์และขอรูปแบบของสารชนิดละลายน้ำและใช้ราดดินมากที่สุด รองลงมาคือแบบเม็ด และแบบผงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เกษตรกรมีความต้องการใช้สารผสมสูตรละลายน้ำมีแร่ธาตุต่อไปถึงแม้จะใช้ค่าใช้จ่ายต่อต้นมากกว่าโพแทสเซียมคลอไรด์บริสุทธิ์ โดยที่เกษตรกรไม่ทราบถึงอันตรายจากการระเบิดของโพแทสเซียมคลอไรด์ชัดเจน จึงต้องมีการให้ความรู้ด้านนี้โดยเร็วที่สุดโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

Development of Potassium Chlorate Based Safety Longan Flowering Stimulant and the Suitable Forms for Farmer Application

Abstract

The development of method for producing potassium chlorate based safety Longan Flowering stimulant (SLFS) was carried out in order to find the alternative way to use potassium chlorate (KClO_3) more safety. The method was based on adding some materials to reduce the sensitivity of KClO_3 . The effectiveness of flowering due to SLFS stimulation and related management technique were also studied.

Equipment for detection the sensitivity of explosion was designed and compared to the shock force generated by an electric detonator. The momentum due to the crush of heavy material which fall by gravitation to the hard floor was used to replace the detonator. It was used for detecting explosion of all materials under this study. It was found that force at 61.3 Newton was equivalent to the shock force that generated by no.6 electric detonator. By increasing the momentum up to 112 Newton, pure KClO_3 was totally and strongly exploded. In order to investigate explosion carefully, sound was detected at 30 meters far apart from the origin and recorded in the cassette. The signal analyzer equipment was used for the measurement of sound intensity level of over 17 dB to represent explosion.

Materials that normally use for making chemical fertilizer were grouped as water soluble and non-water soluble. Materials for reducing explosive property (REM) was found to be slake lime (Ca(OH)_2), clay, baking soda (NaHCO_3) and borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) when included in mixture of more than 40%. However, Ca(OH)_2 seemed to be superior to the other since the level in mixture can be reduced to 20%. However, explosion support materials such as potassium nitrate (KNO_3) required more REM and less KClO_3 when including KNO_3 in the mixture. Since NaHCO_3 and $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ were good water soluble REM, mixture of KClO_3 , NaHCO_3 and $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ may be safe for keeping in mixing plants than pure KClO_3 . The ratio of 62:12:26, respectively, was found effective, and this starting material (SM) can be easily used for further preparation.

Non soluble SLFS (NSM) consisted of KClO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaSO_4 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, KNO_3 and dolomite by the ratio of 15: 30: 19: 4: 4: 28, respectively. It resisted to the shock even though sulfur was additional mixed with. The NSM mixture was also not combustible. Other non soluble forms consisted of 25% KClO_3 and 75% clay or 25% KClO_3 and 45% dolomite plus 30% clay were also good. For water soluble mixture (WS), the combination of 20% KClO_3 , 66% NaHCO_3 and 14% KNO_3 was chosen. The confirmation of explosion sensitivity of all SLFS forms was eventually conducted by using electric detonators. All formulas were found resistance to the shock.

The investigation of flowering stimulant effects was conducted using E-daw Longan trees. The results showed that NSM group flowered more profusely (89.8%) within 39 days, which did not differ from using pure KClO_3 . Number of fruits per panicle was not significantly different from those used pure KClO_3 . Moreover, fruit quality such as diameter, skin thickness, sugar content and weight of fruit of NSM group was not different from control and KClO_3 groups. The application methods of both on soil and leaves spraying gave similar results. Cost of application per tree was at the minimum when using spray method.

The commercial scale method for producing SLFS was furthermore developed in order to produce SLFS as pellets and increase the soluble minerals content. Clay was used by 40% as a binder for making pellets and mixed with 60% NSM mixture. The loss due to loose binding of pellets was lower than those excluded clay as a binder. However, for making pellets from WS mixture, slake lime water was used as a binder. In order to increase water soluble mineral contents (WSM mixture), Na_2HPO_4 and MgSO_4 was used to replace $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ and dolomite.

The application of WS, WSM and NSM pellets (NSMP) on Longan trees was performed. The results showed that WSM group flowered within 30 days and got better flowering score than the NSMP and WS groups. The suitable level of application was estimated by the regression method and found that rate at $8\text{--}9 \text{ g/m}^2$ KClO_3 equivalent or 53.7 g/m^2 canopy cover area of WSM promoted good flowering.

The use of WS mixture at the concentration of 10,000 PPM or 2 kg/200 liters of water was as good as KClO_3 in spraying leaves for flowering, but these mixtures

caused leaves to burn and dropped. However, the application of NPK 15-15-15 fertilizer at panicle growing stage (10 cm-long) significantly increased number of fruit per panicle compared to non fertilizer application. Nevertheless, when WS and WSM which were prepared from SM were used by spraying, fewer flowering response was detected. It might be due to the effect of boron or the imbalance of minerals in the mixtures. As seen, this WS mixture consisted of borax. Consequently, after removing borax from WS, or increasing P and reducing Mg levels in WSM, good flowering response was seen, although the concentration was reduced to 5000 PPM.

Water soluble SLFS which contained minerals (WSM) can be used for stimulating shoot growth and increase leaves area. After fruits harvest for 1 month, WSM mixture was sprayed at 5000 PPM dissolve rate, and leaves length and width were measured at the mature leaves stage. It was found that leaves area was significantly increased compared to non-sprayed group. Leaves color was found more deep green than the non-sprayed group. The leaves veins were found thicker in the sprayed group.

The management of Longan trees was important. The application of NPK 15-15-15 after 1 week of the WSM application depressed flower emergence significantly compared to those non-fertilizer application. Moreover, early application of NPK 15-15-15 significantly promoted leaf flushing prior to the panicles shoots. When WSM was sprayed to KClO_3 -resisted Longan trees at the concentration of 15,000 PPM and following by soil application of the same mixture, flowering of these trees was recovered. The most effective ways of flowering was seen when WSM was sprayed on the mature leaves for 2 times, and following by soil application at the rate of 53.7 g/m^2 canopy cover area. The NPK 8-24-24 fertilizer was applied at 1 week prior to the flower emergence. This management supported flowering very effectively. Panicles were produced directly from bud with regular flowering throughout the trees. Moreover, the length, thickness and branch in panicles were significantly different from those applied only on soil.

Finally, farmers in Chiangmai and Lumpoon provinces who have insufficient knowledge of using KClO_3 were trained and introduced SLFS for their own use. After a period of study, they have accepted that the use of SLFS showed better results in the second year application compared to pure KClO_3 . Although cost of application per tree

was higher than using KClO_3 , farmers preferred to continue using SLFS since good responses of flowering and trees condition were obviously seen.