

การประยุกต์วิธีตรวจหาค่าปริมาตรขนาดละอองสาร Volume Median Diameter (VMD) ของเครื่องพ่นสารเคมีกำจัดแมลง ด้วยวิธีการวัดภาพขนาดละอองผ่านจอมอนิเตอร์

พงศกร มุขพันธ์ ภูเบศร์ ยะอัมพันธ์ และกสิน ศุภปฐม
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ถนนติวานนท์ นนทบุรี 11000

บทคัดย่อ การตรวจหาค่าปริมาตรขนาดละอองสาร Volume Median Diameter (VMD) ของเครื่องพ่นสารเคมีกำจัดแมลงด้วยวิธีการวัดภาพขนาดละอองบนหน้าจอมอนิเตอร์ ได้ถูกประยุกต์และทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ โดยการเก็บตัวอย่างละอองสารเคมีบนสไลด์ที่เคลือบด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ แล้วนำมาทำการตรวจวิเคราะห์โดยใช้กล้องขยายสัญญาณภาพละอองจากไตกล้องจุลทรรศน์ให้ปรากฏที่หน้าจอมอนิเตอร์ ทำการวัดขนาดละอองสารโดยใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่สร้างขึ้นและผ่านการทดสอบการใช้งานได้โดยการสอบเทียบสเกลกับไมโครมิเตอร์มาตรฐาน นำข้อมูลของขนาดละอองที่วัดได้มาวิเคราะห์ เพื่อหาค่า VMD โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (Excel, SPSS) พบว่าค่าเฉลี่ยของ VMD ที่ได้จากการวัดขนาดละอองด้วยวิธีที่ประยุกต์ขึ้นนี้ ไม่มีความแตกต่างกับการวัดขนาดละอองโดยใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่สวมไว้ที่เลนส์ตาของกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย วิธีดังกล่าวเหมาะสมที่จะนำไปใช้ปฏิบัติงานเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการทำงานของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในงานด้านเครื่องพ่นกำจัดแมลงในทางสาธารณสุข

บทนำ

การตรวจหาค่าปริมาตรขนาดละอองสาร (Volume Median Diameter, VMD) เป็นวิธีทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องพ่นสารเคมีวิธีหนึ่งที่ทำให้ทราบถึงศักยภาพของเครื่องพ่นชนิดนั้น ว่าสามารถผลิตละอองได้มีขนาดเหมาะสมเพียงใดในการที่จะใช้ควบคุมแมลงพาหะนำโรคในทางสาธารณสุข โดยเฉพาะแมลงบิน เช่น ยุง และแมลงวัน เป็นต้น ซึ่งเป็นแมลงที่มีความสามารถในการบินอย่างรวดเร็ว การควบคุมตัวเต็มวัยของแมลงดังกล่าวโดยใช้สารเคมีพ่นแบบฟุ้งกระจายไปในอากาศ (space spray) จำเป็นอย่างยิ่งที่เครื่องพ่นกำจัดแมลงจะต้องมีศักยภาพในการผลิตละอองให้มีขนาดเหมาะสมที่จะลอยตัว ฟุ้งกระจายอยู่ใน

อากาศ เพื่อเพิ่มโอกาสที่แมลงจะได้บินสัมผัสกับละอองเคมีที่มากขึ้น หากเครื่องผลิตละอองที่มีขนาดใหญ่เกินไป เม็ดละอองก็จะตกลงสู่พื้นอย่างรวดเร็ว หรือถ้าผลิตละอองขนาดเล็กเกินไป ละอองเคมีก็จะลอยและระเหยไปในอากาศ ทำให้โอกาสในการสัมผัสกับตัวแมลงน้อยลงเป็นผลให้การควบคุมแมลงไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร

ค่า VMD นี้เป็นค่ามัธยฐาน (median) ที่จัดแบ่งขนาดละอองจากเครื่องพ่นผลิตได้ทั้งหมดออกเป็น 2 ส่วนโดยปริมาตร (by volume) เท่าๆ กัน คือ กลุ่มขนาดละอองครึ่งหนึ่งจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter) เล็กกว่าค่า VMD ส่วนอีกครึ่งหนึ่งจะเป็นกลุ่มละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า⁽¹⁾

ค่าดังกล่าวจะแสดงถึงขนาดละอองที่แท้จริง (true size) ที่เครื่องพ่นสามารถผลิตได้ โดยค่า VMD ที่เหมาะสมของเครื่องพ่นเคมีกำจัดแมลง ในทางสาธารณสุขไม่ควรเกิน 30 ไมครอน⁽²⁾

การเก็บละอองโดยใช้กระจกสไลด์ที่เคลือบด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ แล้วนำมาตรวจนับละออง เพื่อหาค่าปริมาณขนาดละอองสารโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย องค์การอนามัยโลกได้เผยแพร่วิธีการวัดขนาดละอองโดยใช้ eyepiece graticule ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดขนาดเม็ดละอองชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นแผ่นตาราง สวมไว้ที่เลนส์ตาของกล้องจุลทรรศน์ แล้วทำการส่องวัดเทียบช่องขนาดละอองที่ขนาดต่างๆ โดยใช้ไมโครมิเตอร์ (micrometer) เป็นตัวสอบเทียบ จากนั้นนำกระจกสไลด์ที่เก็บตัวอย่างมาทำการวัดขนาดละออง (particle sizing) โดยแยกขนาดละอองเป็นกลุ่ม (class) ต่างๆ เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่า VMD ต่อไป อย่างไรก็ตาม จำนวนของละอองมีผลต่อความแปรปรวนในการคำนวณหาค่า VMD ด้วยวิธีดังกล่าว จึงจำเป็นต้องทำการวัดขนาดละอองของสารให้ได้อย่างน้อย 200 ละอองต่อสไลด์เก็บตัวอย่าง^(1, 3) ซึ่งในทางปฏิบัติการวัดขนาดละอองจำนวนมากในกล้องจุลทรรศน์ จากสไลด์เก็บละออง 3 - 5 แผ่น เป็นการอ่านที่ต้องใช้เวลา และความละเอียดอย่างมาก เนื่องจากภาพที่เห็นในกล้องจุลทรรศน์เป็นภาพที่มีขนาดเล็ก ซึ่งทำให้เกิดความไม่สะดวกและทำให้สายตาอ่อนล้าได้ รวมถึงถ้าต้องการวัดค่าขนาดละอองด้วยวิธีดังกล่าวทางห้องปฏิบัติการจำเป็นจะต้องมี eyepiece graticule ไว้ใช้อ่านละออง ฝ่ายศึกษาควบคุมแมลงโดยใช้สารเคมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ซึ่งมีบทบาทหน้าที่หลักในการทดสอบศักยภาพเครื่องพ่นสารเคมีกำจัดแมลง โดยการตรวจหาค่าปริมาณขนาดละออง เพื่อให้ได้เครื่องพ่นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับการควบคุมยุงพาหะนำโรค จึงได้ประยุกต์และทดสอบความถูกต้องของวิธีการตรวจหาค่าปริมาณขนาดละอองสาร (VMD) ของเครื่องพ่นสารเคมีขึ้น โดยใช้กล้อง digital eyepiece microscope ขยายสัญญาณภาพเม็ดละอองสารจากกล้องจุลทรรศน์ สู่จอมอนิเตอร์ แล้วทำการวัดขนาดของละอองโดยใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละอองจำลองที่สร้างขึ้น (hand-drawn graticule) วิธีการดังกล่าวสามารถตรวจวัดขนาดละออง โดยไม่ต้องพ่นผ่านแผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่ติดไว้ที่เลนส์ใกล้ตาของกล้องจุลทรรศน์ (eyepiece graticule) ซึ่งสามารถเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ที่เกี่ยวข้องในงานทดสอบศักยภาพของเครื่องพ่นกำจัดแมลงในทางสาธารณสุข

วัสดุและวิธีการ

การเตรียมแผ่นสไลด์เคลือบด้วยแมกนีเซียมออกไซด์

การเตรียมแผ่นสไลด์เคลือบด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างละอองสาร ดำเนินการโดยนำแผ่นสไลด์ขนาด 25.4×76.2 มิลลิเมตร มาเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าสะอาด แล้วนำมาวางบนแท่นเผาสไลด์ โดยใช้สไลด์จำนวน 4 แผ่นต่อการรมเผา 1 ครั้ง จากนั้นเตรียมชุดแมกนีเซียมออกไซด์ ขนาดความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จับปลายข้างหนึ่งด้วยปากคีบ และจุดไฟที่ปลายอีกข้างหนึ่ง แล้วนำเข้าไปใต้แผ่นสไลด์แผ่นแรกด้านในสุด ให้ต่ำลงมา

ประมาณ 2.5 เซนติเมตร ทำการรมเขม่าให้เคลือบแผ่นสไลด์อย่างสม่ำเสมอ จนสุดแผ่นที่ 4 แล้วจึงนำแผ่นสไลด์ที่ผ่านการเคลือบเม็กลนี้เชื่อมออกไซด์แล้วเก็บไว้ในกล่องสไลด์ (slide box) เพื่อนำไปใช้เก็บตัวอย่างละอองสารเคมีต่อไป

การเก็บตัวอย่างละอองสารเคมีของเครื่องพ่น

ดำเนินการโดยนำแผ่นสไลด์ที่เคลือบเม็กลนี้เชื่อมออกไซด์จำนวน 5 แผ่นไปวางบนขาตั้งสำหรับเก็บละอองสารเคมี ปรับให้หน้าสไลด์ตั้งตรงเพื่อรับละอองที่ฉีดพ่น โดยให้มีระยะห่างจากเครื่องพ่นที่ระยะ 2 เมตร⁽²⁾ สำหรับเครื่องพ่นหมอกควัน (thermal fogger) และที่ระยะ 3 เมตร⁽²⁾ สำหรับเครื่องพ่นฝอยละเอียด (cold fogger) ทำการพ่นสารเคมีไปสู่เป้าหมายภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยใช้เวลาในการเก็บละอองสารเคมีนาน 30 นาที เมื่อครบเวลา ทำการเก็บแผ่นสไลด์ตัวอย่างไว้ในกล่องสไลด์ เพื่อนำไปตรวจวัดขนาดละอองต่อไป โดยแต่ละการทดสอบดำเนินการ 3 ซ้ำ

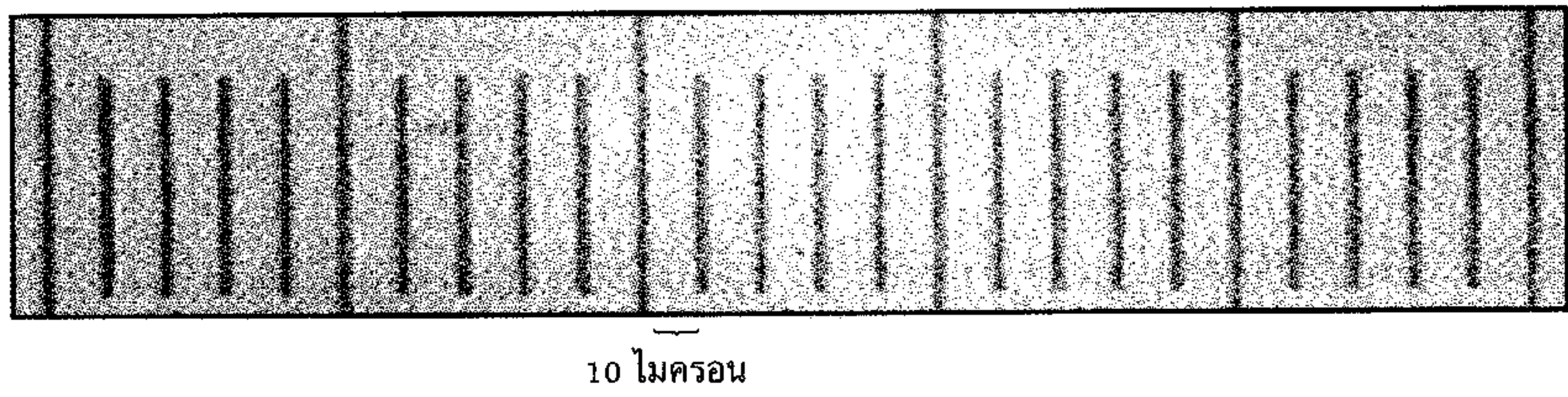
การวัดขนาดละอองโดยใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่สวมไว้ที่เลนส์ตาของกล้องจุลทรรศน์ (Eyepiece graticule)

ดำเนินการสวมแผ่น eyepiece graticule ไว้ที่เลนส์ตาของกล้องจุลทรรศน์แล้วนำ stage micrometer ขนาด 0.01 มิลลิเมตร วางบนแท่นวางสไลด์ใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยใช้กำลังขยาย 10 เท่า ภาพที่ปรากฏในกล้องจุลทรรศน์ 1 ช่องของ micrometer จะมีขนาดเท่ากับ 10 ไมครอน หลังจากนั้นทำการส่องดูภาพใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อการสอบเทียบสเกล eyepiece graticule กับ micrometer โดยการซ้อนทับกันของสเกลใน class 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5 และ 4 ของ eyepiece

graticule จะต้องระบุขนาดเท่ากับ 200.0, 141.4, 100.0, 70.7, 50.0, 35.4, 25.0, 17.7, 12.5 และ 8.8 ไมครอน ของไมโครมิเตอร์ตามลำดับ เมื่อทำการสอบเทียบสเกลเสร็จสิ้นแล้ว นำ micrometer ออกแล้วนำสไลด์ที่ผ่านการเก็บละอองมาวางบนแท่นวางสไลด์ใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อวัดขนาดละออง ทำการเลื่อนสไลด์ให้ขอบซ้ายของละอองอยู่ที่เส้น class 0 ของ eyepiece graticule แล้วดูขอบขวาของละอองว่าถูกจัดอยู่ใน class size ไດ

การวัดภาพขนาดละอองผ่านจอมอนิเตอร์ โดยใช้แผ่นใสตรวจวัดขนาดละอองที่สร้างขึ้น (Hand-drawn graticule)

ดำเนินการเชื่อมต่อกล้อง digital eyepiece microscope ขยายสัญญาณภาพจากใต้กล้องจุลทรรศน์ให้ปรากฏที่หน้าจอมอนิเตอร์ นำ stage micrometer ขนาด 0.01 มิลลิเมตร วางบนแท่นวางสไลด์ใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยใช้กำลังขยาย 10 เท่า ภาพที่ปรากฏบนจอมอนิเตอร์ 1 ช่องของ micrometer จะมีขนาดเท่ากับ 10 ไมครอน (ภาพที่ 1) จากนั้นทำการสร้างแผ่นตรวจวัดขนาดละอองจำลองสำหรับใช้วัดขนาดละอองบนหน้าจอมอนิเตอร์ โดยอาศัยหลักการของ eyepiece graticule (Porton graticules รุ่น NG 2 และ รุ่น NG 12 ที่ใช้สำหรับการวัดขนาดละออง) กล่าวคือ ขนาดของวงกลมแต่ละวง จะเพิ่มขึ้นเป็นแบบก้าวหน้ายกกำลังสอง (root 2 progression)⁽⁴⁾ ซึ่งในการสร้างแผ่นตรวจวัดขนาดละอองจำลองนั้น นำหลักการนี้มาใช้เช่นกัน ดำเนินการโดยใช้ไม้บรรทัดที่มีสเกลวัดระยะตามมาตรฐานสากล ทาบวัดระยะห่างระหว่างเส้นที่ 0 ไมครอน ถึง 200 ไมครอนของภาพสเกล micrometer ที่ปรากฏบนหน้าจอมอนิเตอร์ ทำการจดบันทึกค่าที่วัดได้ไว้ (ค่า A ในตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 micrometer (0.01 มิลลิเมตร) จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 10 เท่า ดึงสัญญาณภาพขึ้นหน้าจอคอมพิวเตอร์ (1 ช่อง = 10 ไมครอน)

โดยค่า 200 ไมครอน จะถูกจัดใน class 13 ของแผ่นตรวจวัดขนาดละออง ต่อจากนั้นทำการหารค่าที่วัดได้ ด้วย root 2 (=1.414) เรื่อยไปเป็นลำดับ จนถึงขอบของขนาดละออง class 4 นำค่าที่บันทึกได้ ไปสร้างแผ่นตรวจวัดขนาดละอองจำลอง โดยการลากเส้นด้วยปากกาเขียนแบบลงบนแผ่นใส (สำหรับการเลือกเบอร์ปากกาเขียนแบบนั้น ให้เลือกปากกาที่เมื่อลากเส้นแล้ว ได้เส้นที่มีความหนาเท่ากับเส้นสเกลของ micrometer ที่ปรากฏบนมอนิเตอร์) ทำการลากเส้นตรงแนวตั้งเส้นแรก (0 ไมครอน) ขึ้นมา แล้วทำการวัดระยะห่างระหว่างเส้นแรก ไปจนถึงเส้นขอบของขนาดละอองในแต่ละ class จนครบ (ภาพที่ 2) จากนั้นนำแผ่นใสตรวจวัดขนาดละอองจำลองที่สร้างขึ้นไปทำการสอบเทียบสเกลกับ micrometer โดยการซ้อนทับกันของสเกลใน class 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5 และ 4 ของแผ่นใสตรวจวัดขนาดละอองจำลองที่สร้างขึ้นจะต้องระบุขนาดเท่ากับ 200.0, 141.4, 100.0, 70.7, 50.0, 35.4, 25.0, 17.7, 12.5 และ 8.8 ไมครอน ของภาพ micrometer บนจอมอนิเตอร์ ตามลำดับ (ภาพที่ 3) เมื่อทำการสอบเทียบสเกลเสร็จสิ้นแล้ว นำ micrometer ออก แล้วนำสไลด์ที่ผ่านการเก็บละอองมาวางบนแท่นวางสไลด์ใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อวัดขนาดละออง ภาพละอองจากสไลด์เก็บตัวอย่าง

จะปรากฏบนจอมอนิเตอร์ ทำการทาบบนแผ่นใสตรวจวัดขนาดละอองที่ปรากฏบนจอมอนิเตอร์ โดยการทาบบให้ขอบซ้ายของละอองอยู่ที่เส้น class 0 แล้วดูขอบขวาของละอองว่าถูกจัดอยู่ใน class size ไດ (ภาพที่ 4)

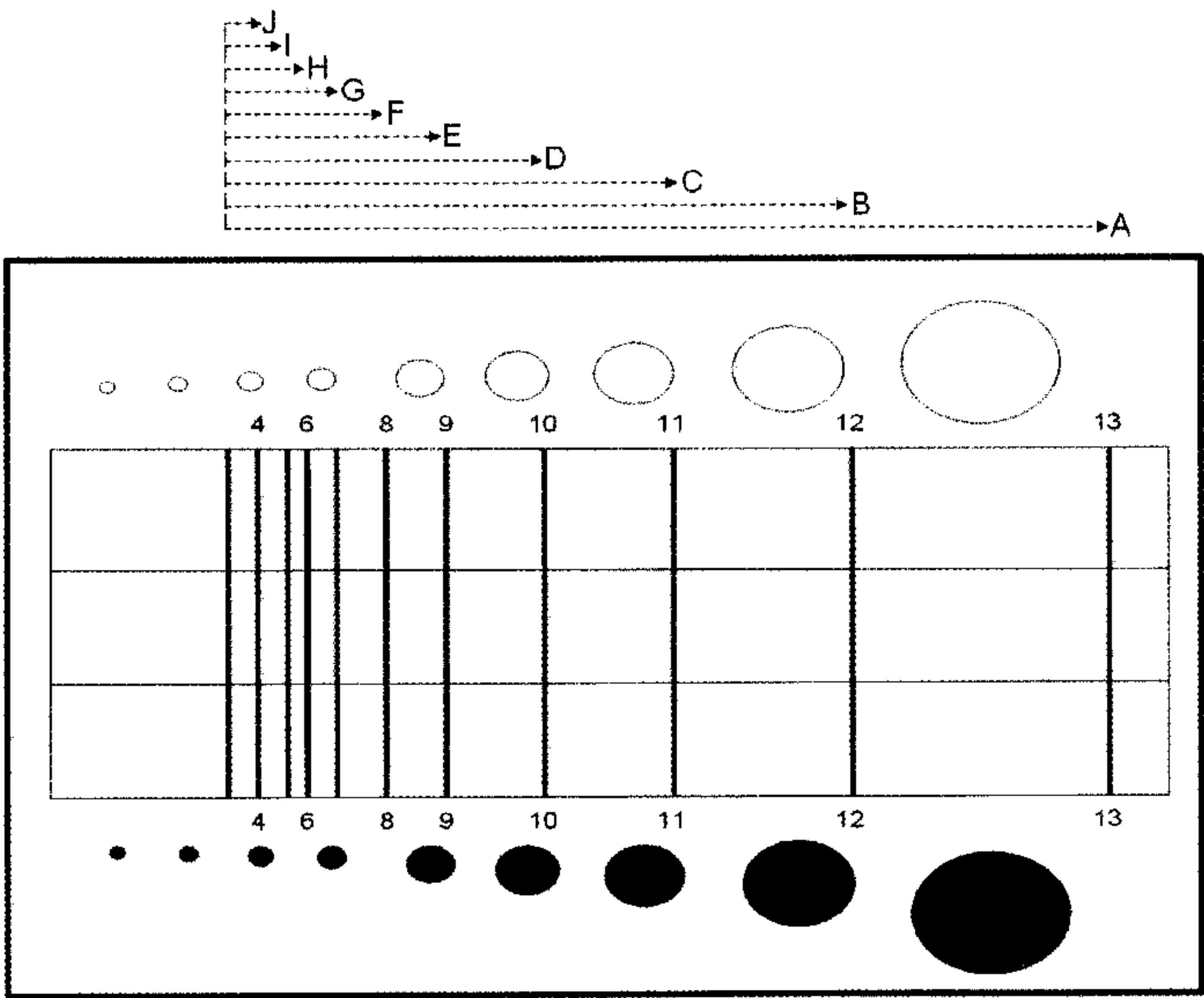
การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดขนาดละออง (Particle sizing) ระหว่างวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายกับวิธีที่ประยุกต์ขึ้น

ดำเนินการนำสไลด์เก็บตัวอย่าง มาทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของละอองสาร เพื่อจำแนกกลุ่มของขนาดละออง (class size) โดยการเพ่งผ่านแผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่ติดไว้ที่เลนส์ใกล้ตาของกล้องจุลทรรศน์ (eyepiece graticule) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ควบคู่ไปพร้อมกับการวัดภาพขนาดละอองที่ปรากฏบนจอมอนิเตอร์ ซึ่งเป็นภาพละอองเดียวกันกับใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่สร้างขึ้น (hand-drawn graticule) ซึ่งเป็นวิธีที่ประยุกต์ขึ้น ทำการวัดขนาดละอองให้ได้อย่างน้อย 200 ละอองต่อสไลด์เก็บตัวอย่าง นำข้อมูลกลุ่มของขนาดละออง (class size) ที่บันทึกได้จากการวัดขนาดละอองของทั้งสองวิธี ไปคำนวณหาค่า VMD รวมถึงวิเคราะห์หาความแตกต่างและความสอดคล้องของผลการตรวจวัดขนาดละอองจากทั้งสองวิธีต่อไป

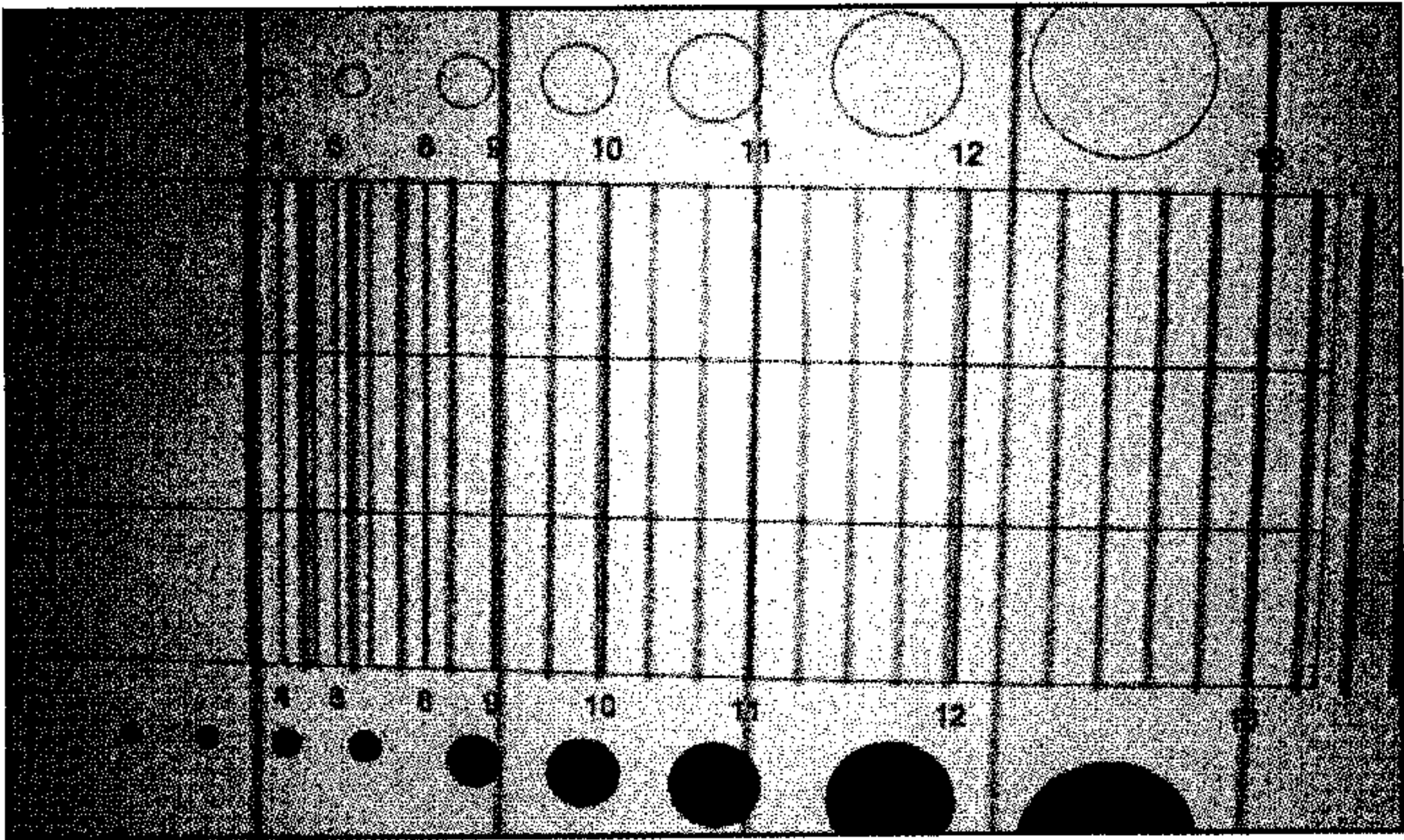
ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของขนาดละอองในแต่ละ class ของ graticule กับระยะห่างระหว่างเส้นแต่ละเส้นที่จะถูกนำไปใช้สร้างแผ่นตรวจวัดขนาดละออง

Class	ขนาดละออง (ไมครอน)	ระยะห่างระหว่างเส้นตรง สำหรับวาด graticule (เซนติเมตร)
4	$(12.5 / 1.414) = 8.8$	$(I/1.414) = J$
5	$(17.7 / 1.414) = 12.5$	$(H/1.414) = I$
6	$(25.0 / 1.414) = 17.7$	$(G/1.414) = H$
7	$(35.4 / 1.414) = 25.0$	$(F/1.414) = G$
8	$(50.0 / 1.414) = 35.4$	$(E/1.414) = F$
9	$(70.7 / 1.414) = 50.0$	$(D/1.414) = E$
10	$(100.0 / 1.414) = 70.7$	$(C/1.414) = D$
11	$(141.4 / 1.414) = 100.0$	$(B/1.414) = C$
12	$(200.0 / 1.414) = 141.4$	$(A/1.414) = B$
13	200.0	A*

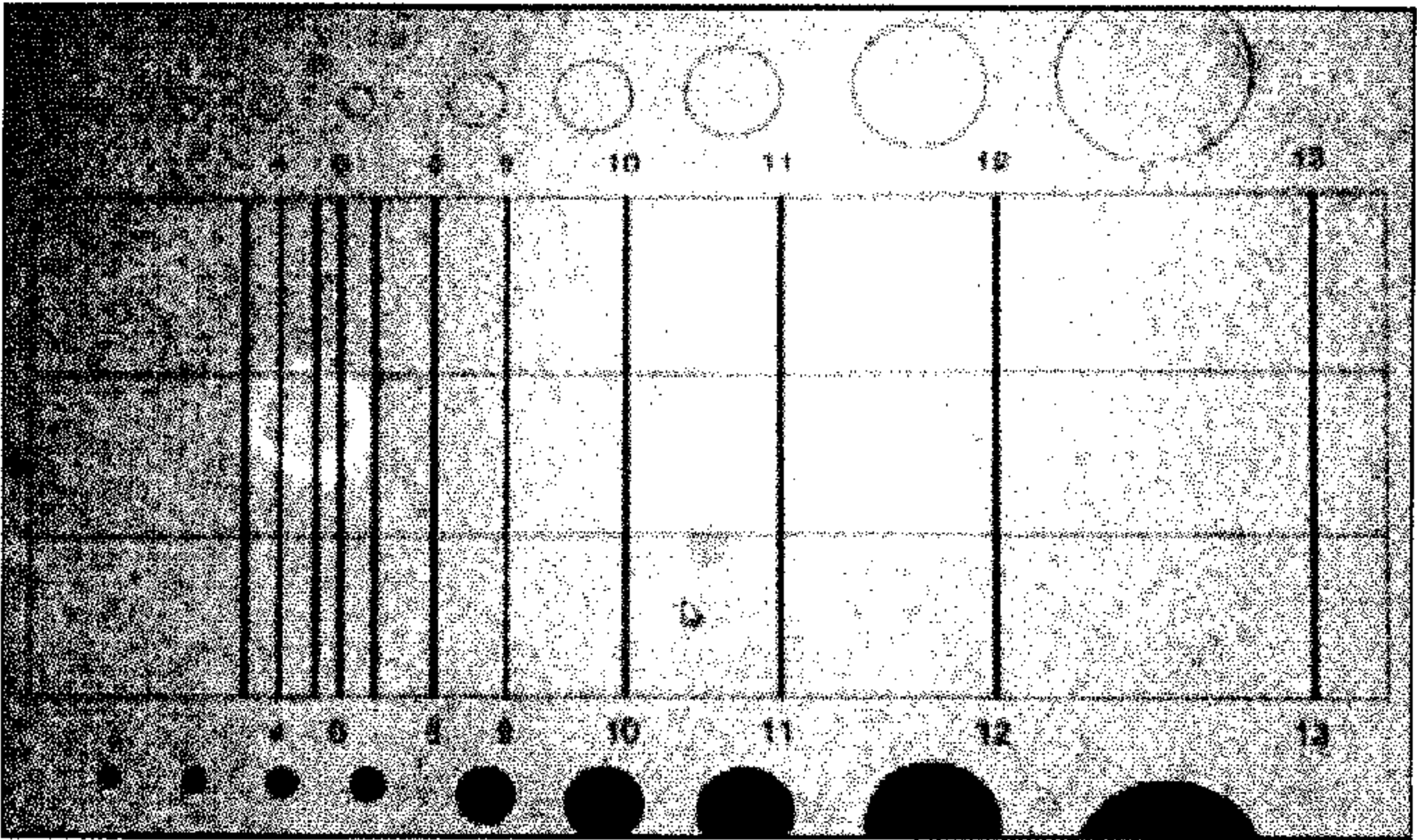
*A = ระยะห่าง (เซนติเมตร) จากเส้น class 0 ถึง class 13 ขนาดละอองเท่ากับ 200.0 ไมครอน (ดูภาพที่ 2 ประกอบ)
B = ระยะห่าง (เซนติเมตร) จากเส้น class 0 ถึง class 12 ขนาดละอองเท่ากับ $(200.0/1.414) = 141.4$ ไมครอน
C = ระยะห่าง (เซนติเมตร) จากเส้น class 0 ถึง class 11 ขนาดละอองเท่ากับ $(141.4/1.414) = 100.0$ ไมครอน
D = ระยะห่าง (เซนติเมตร) จากเส้น class 0 ถึง class 10 ขนาดละอองเท่ากับ $(100.0/1.414) = 70.7$ ไมครอน
E = ระยะห่าง (เซนติเมตร) จากเส้น class 0 ถึง class 9 ขนาดละอองเท่ากับ $(70.7/1.414) = 50.0$ ไมครอน
F = ระยะห่าง (เซนติเมตร) จากเส้น class 0 ถึง class 8 ขนาดละอองเท่ากับ $(50.0/1.414) = 35.4$ ไมครอน
G = ระยะห่าง (เซนติเมตร) จากเส้น class 0 ถึง class 7 ขนาดละอองเท่ากับ $(35.4/1.414) = 25.0$ ไมครอน
H = ระยะห่าง (เซนติเมตร) จากเส้น class 0 ถึง class 6 ขนาดละอองเท่ากับ $(25.0/1.414) = 17.7$ ไมครอน
I = ระยะห่าง (เซนติเมตร) จากเส้น class 0 ถึง class 5 ขนาดละอองเท่ากับ $(17.7/1.414) = 12.5$ ไมครอน
J = ระยะห่าง (เซนติเมตร) จากเส้น class 0 ถึง class 4 ขนาดละอองเท่ากับ $(12.5/1.414) = 8.8$ ไมครอน



ภาพที่ 2 แผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่สร้างขึ้น (hand-drawn graticule) โดยการลากเส้นลงแผ่นใสจากการคำนวณระยะห่างที่ใกล้ (ใหญ่) ที่สุด A เซนติเมตร (200 ไมครอน = class 13) แล้วหารด้วยค่าคงที่ $\sqrt{2}$ ($=1.414$) ลงมาตามลำดับจนถึงระยะใกล้ (เล็ก) ที่สุด J เซนติเมตร (8.8 ไมครอน = class 4)



ภาพที่ 3 การสอบเทียบแผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่สร้างขึ้น (hand-drawn graticule) โดยการนำไปเทียบกับขนาดกับ micrometer ที่ตั้งสัญญาณภาพ ขึ้นหน้าจอคอมพิวเตอร์ (1 ช่อง = 10 ไมครอน)



ภาพที่ 4 การประเมินขนาดละออง (Particle sizing) โดยใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่สร้างขึ้น (hand-drawn graticule) จากภาพ ละอองที่เห็นจะถูกจัดอยู่ใน class 7

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สะสมของปริมาตรของ
ละอองสารแต่ละขนาด

สร้างตารางคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์สะสม
ของปริมาตรของละอองสารแต่ละขนาด⁽⁵⁾ โดยใช้
โปรแกรม Microsoft Excel (ตารางที่ 2) โดยแต่ละ
คอลัมน์จะแสดงถึงค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. Graticule size class number = การ
จัดกลุ่มของขนาดละอองของ graticule
2. Size (ไมครอน) = ค่าขนาดละอองใน
แต่ละกลุ่ม (เริ่มจากขนาดละอองที่ใหญ่ที่สุด 200
ไมครอน ลดลงมาเป็นขั้นแบบ root 2 progres-
sion)
3. MgO Spread factor = ค่าสัมประสิทธิ์ใน
การแผ่กระจายของละออง เมื่อละอองตกกระทบลง
บนแมกนีเซียมออกไซด์ที่เคลือบบนกระจกสไลด์
(ละอองที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวจะมีขนาดใหญ่กว่า
ปกติจึงไม่ใช่ขนาดละอองที่แท้จริง ต้องทำการปรับ
ค่าด้วย spread factor ซึ่งละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า

20 ไมครอนจะถูกคูณด้วย 0.86, ละอองที่มีขนาด
15 – 20 ไมครอนจะถูกคูณด้วย 0.80 และละอองที่
มีขนาด 10 – 15 ไมครอนจะถูกคูณด้วย 0.75 ส่วน
ละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ไม่ต้องทำการ
ปรับค่า)^(1, 6)

4. True size (ไมครอน) = ค่าขนาดละออง
ที่แท้จริง หลังการปรับค่าด้วยค่าสัมประสิทธิ์ในการ
แผ่กระจายของละออง (คอลัมน์ 2 × คอลัมน์ 3)
5. Number of drops in class = จำนวน
ละอองที่นับได้จากการอ่านสไลด์ตัวอย่าง (อย่างน้อย
200 ละออง)
6. Drop volume (ไมครอน 3) = ปริมาตร
ของ 1 ละอองในแต่ละ class คำนวณได้จากสูตร
ปริมาตรทรงกลม $\pi/6 d^3$ [$\pi/6 \times$ (คอลัมน์ 4)³]
7. Total volume in class (ไมครอน 3) =
ปริมาตรรวมของทุกละอองในแต่ละ class (คอลัมน์
5 × คอลัมน์ 6)

8. Percentage of total volume in class (%) = ร้อยละของปริมาตรรวมทุกละอองในแต่ละ Class [(คอลัมน์ 7 × 100)/ปริมาตรรวมทั้งหมดของทุก class]

9. Accumulated percentage of total volume in class (%) = ร้อยละสะสมของปริมาตรรวมทุกละอองในแต่ละ Class

ตารางที่ 2 แบบคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์สะสมของปริมาตรของละอองสารแต่ละขนาดโดยใช้การคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Graticule size class number	Size	MgO Spread factor	True size	Number of drops in class	Drop volume in class	Total volume in class	% Total volume in class	Σ% Total volume in class
Units	(µm)		(µm)		(µm ³)	(µm ³)	(%)	(%)
4	8.8	1.00	8.80	51	357	18212	6.16	6.16
5	12.5	0.75	9.38	89	432	38427	12.99	19.15
6	17.7	0.80	14.16	34	1488	50582	17.10	36.26
7	25.0	0.86	21.50	22	5208	114570	38.74	75.00
8	35.4	0.86	30.44	5	14786	73928	25.00	100.00
9	50.0	0.86	43.00	0	41662	0	0.00	10.00
10	70.7	0.86	60.80	0	117784	0	0.00	100.00
11	100.0	0.86	86.00	0	333593	0	0.00	100.00
12	141.4	0.86	121.60	0	942269	0	0.00	100.00
13	200.0	0.86	172.00	0	2666347	0	0.00	100.00
Total				201	Total volume (All class)	295718	100.00	

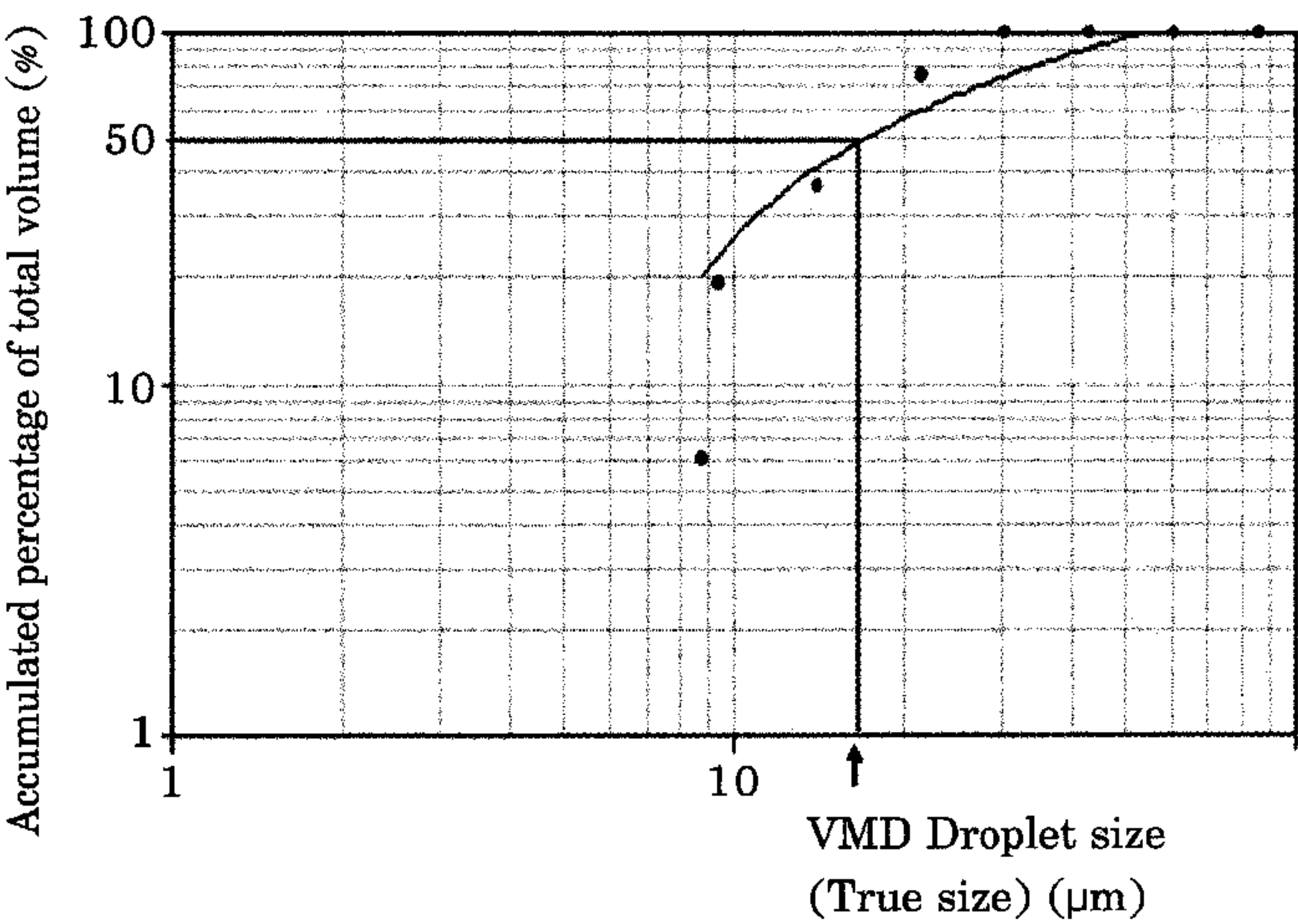
การวิเคราะห์ข้อมูล

การหาค่าปริมาตรขนาดละอองสาร (VMD)

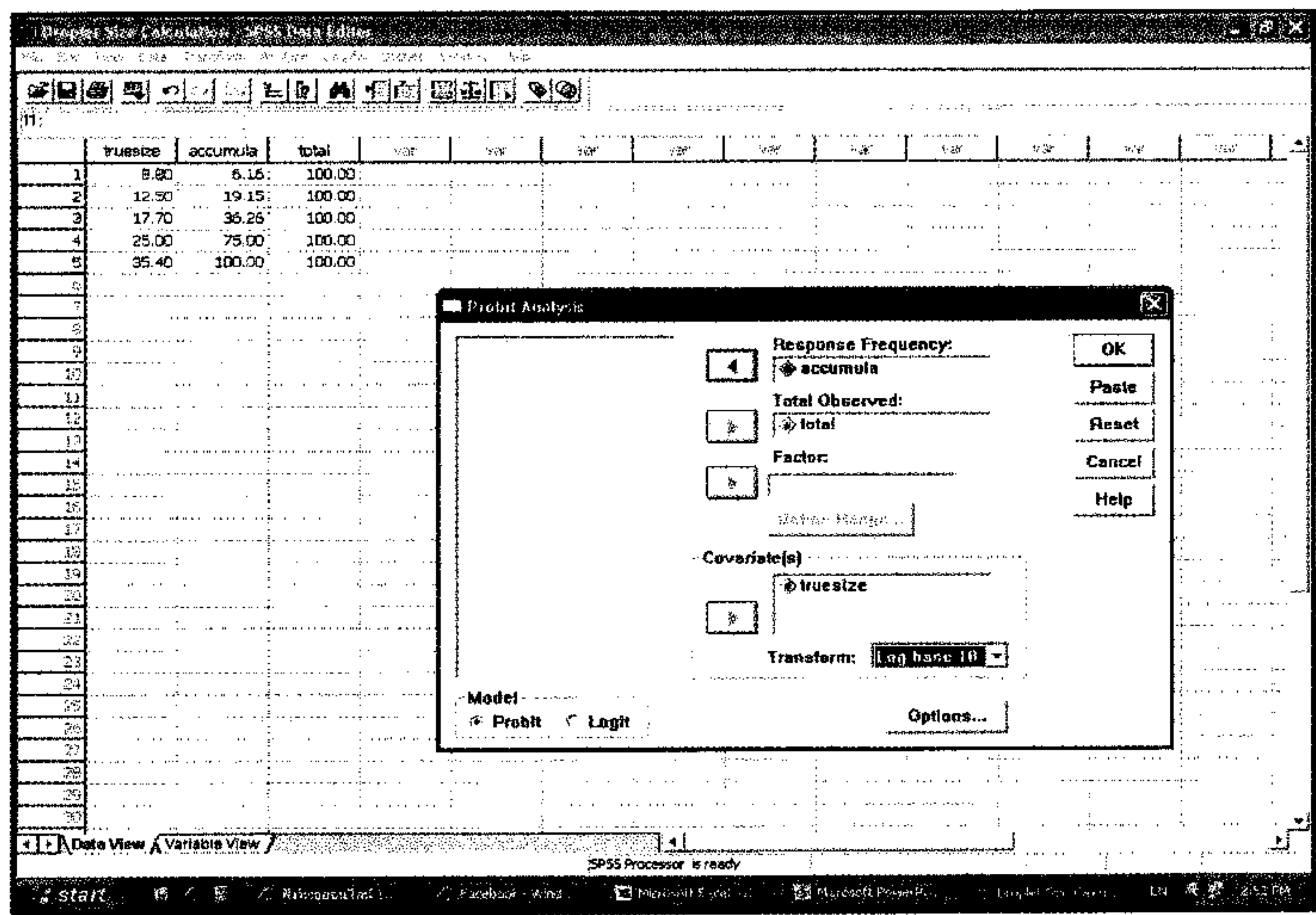
การหาค่า VMD โดยการนำค่าขนาดละอองที่แท้จริง (True size) และค่าเปอร์เซ็นต์สะสมของปริมาตรรวมของละอองสารแต่ละขนาด (Accumulated percentage of total volume in class) นำมาพล็อตลงในกระดาษกราฟ Log แล้วอ่านค่าจุดตัดที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 5) ซึ่งค่าที่ได้นี้จะเป็ค่าปริมาตรขนาดละอองสาร (Volume Median Diameter, VMD) ของเครื่องพ่นสารเคมี หรือสามารถคำนวณค่า VMD โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบโพรบิท (Probit analysis)^(7, 8)

ในโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยเปิดโปรแกรม SPSS ซึ่งจะปรากฏหน้าต่าง data view ทำการพิมพ์หัวคอลัมน์ สำหรับลงข้อมูลต่างๆ ดังนี้ คอลัมน์ที่ 1 พิมพ์ “truesize” สำหรับใส่ข้อมูลขนาดละอองที่แท้จริง (truesize), คอลัมน์ที่ 2 พิมพ์ “accumula” สำหรับใส่ข้อมูลเปอร์เซ็นต์สะสมของปริมาตรรวมของละอองสารแต่ละขนาด (Accumulated percentage of total volume in class) และคอลัมน์ที่ 3 พิมพ์ “total” สำหรับใส่ข้อมูลผลรวมเปอร์เซ็นต์สะสมของปริมาตรรวมของละอองสารทั้งหมด (100 เปอร์เซ็นต์) เมื่อ

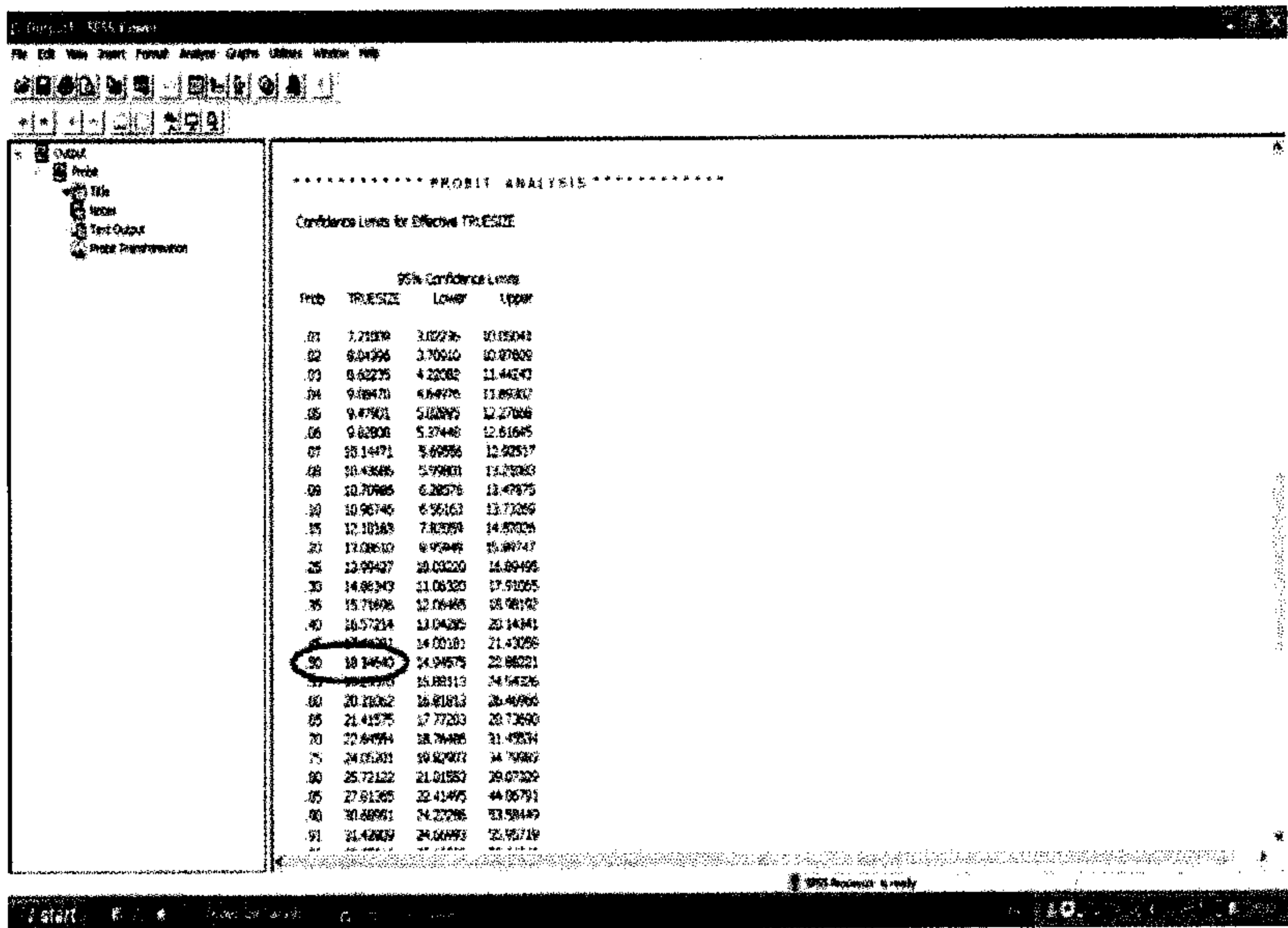
ลงข้อมูลครบถ้วนแล้ว ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเลือก Analyze/Regression/ Probit ซึ่งหน้าต่าง Probit Analysis จะปรากฏขึ้น ทำการเลือกข้อมูล “truesize” ใส่ช่อง Covariate (s), “accumula” ใส่ช่อง Response Frequency: และ “total” ใส่ช่อง Total Observed: สำหรับในช่อง Transform: ให้เปลี่ยนเป็น Logbase10 (ภาพที่ 6) เสร็จสิ้นแล้วกด OK โปรแกรมจะทำการคำนวณ และปรากฏหน้าต่าง Output ออกมาให้ดูค่า Prob 50 ซึ่งค่านี้จะแสดงค่าขนาดปริมาตรละอองสาร (VMD) ของเครื่องพ่น (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 5 การหาค่า VMD โดยการนำค่าขนาดละอองที่แท้จริง (True size) และค่าเปอร์เซ็นต์สะสมของปริมาตรรวมของละอองสารแต่ละขนาด (Accumulated percentage of total volume in class) นำมาพล็อตลงในกระดาษกราฟ Log แล้วอ่านค่าจุดตัดที่ 50 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 6 การป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม SPSS เพื่อหาค่าขนาดปริมาตรละอองสารของเครื่องพ่น



ภาพที่ 7 ค่าขนาดปริมาตรละอองสารของเครื่องพ่นที่คำนวณได้โดยโปรแกรม SPSS

การทดสอบความใช้งานได้ของวิธีที่ประยุกต์ขึ้น
(Method validation)

ดำเนินการทดสอบความแตกต่างและความสอดคล้องของค่า VMD ที่ได้จากการวัดขนาดละอองสารจากสองวิธี โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เลือกวิธีการวิเคราะห์แบบ Pair t-test และค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson’s Correlation) ตามลำดับ

ผล

จากการศึกษาเปรียบเทียบค่า VMD ที่ได้จากการวัดขนาดละอองสาร (particle sizing) ระหว่างการใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่ติดไว้ที่เลนส์ใกล้ตาของกล้องจุลทรรศน์ (eyepiece graticule) กับการวัดขนาดภาพละอองใต้กล้องที่ปรากฏบนจอมอนิเตอร์ โดยใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่สร้างขึ้น (hand-drawn graticule) พบว่าค่า VMD ที่ได้จากวัดขนาดละอองทั้งสองวิธี มีค่าเท่ากันในทุกสไลด์เก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่า VMD ที่คำนวณได้จากการเก็บตัวอย่างละอองจากเครื่องพ่นหมอกควัน (ที่ระยะ 2 เมตร) และเครื่องพ่นฝอยละเอียด (ที่ระยะ 3 เมตร) โดยการทดสอบเก็บละออง 3 ซ้ำ (replication) ครั้งละ 5 สไลด์ตัวอย่าง (slide) โดยเปรียบเทียบวิธีการวัดขนาดละอองโดยใช้ eyepiece graticule กับแผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่สร้างขึ้น (hand-drawn graticule)

ค่า VMD				
ชนิดเครื่องพ่น	เครื่องพ่นหมอกควัน		เครื่องพ่นฝอยละเอียด	
วิธีวัดขนาดละออง	Eyepiece graticule	Hand-drawn graticule	Eyepiece graticule	Hand-drawn graticule
Rep 1 / Slide 1	26.3	26.3	17.5	17.5
Rep 1 / Slide 2	28.4	28.4	17.6	17.6
Rep 1 / Slide 3	27.1	27.1	17.8	17.8
Rep 1 / Slide 4	26.7	26.7	18.7	18.7
Rep 1 / Slide 5	29.1	29.1	17.5	17.5
Rep 2 / Slide 1	27.5	27.5	17.8	17.8
Rep 2 / Slide 2	29.2	29.2	18.3	18.3
Rep 2 / Slide 3	28.2	28.2	18.7	18.7
Rep 2 / Slide 4	29.3	29.3	19.8	19.8
Rep 2 / Slide 5	28.5	28.5	19.2	19.2
Rep 3 / Slide 1	28.3	28.3	18.9	18.9
Rep 3 / Slide 2	28.7	28.7	20.3	20.3
Rep 3 / Slide 3	28.1	28.1	19.0	19.0
Rep 3 / Slide 4	26.3	26.3	18.8	18.8
Rep 3 / Slide 5	29.0	29.0	18.5	18.5

การทดสอบความแตกต่างและความ
สอดคล้องของค่า VMD ที่วัดได้จากการวัดขนาด
ละอองจากสองวิธี พบว่าโปรแกรมสำเร็จรูป

ไม่สามารถคำนวณค่า t และค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน
(Pearson’s Correlation) ได้เนื่องจากค่า
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error of
the difference) ของข้อมูลทั้งสองวิธีมีค่าเป็นศูนย์

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบวิธีการตรวจวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของละอองสารเคมี (Particle sizing) ระหว่างวิธีเพ่งผ่านแผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่ติดไว้ที่เลนส์ใกล้ตาของกล้องจุลทรรศน์ (Eyepiece graticule) กับวิธีขยายสัญญาณภาพให้ปรากฏที่จอมอนิเตอร์ แล้วใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่สร้างขึ้น (Hand-drawn graticule)

วิธีการวัดขนาดละออง	Eyepiece graticule	Hand-drawn graticule
อุปกรณ์ที่ใช้		
กล้องจุลทรรศน์	✓	✓
Stage micrometer	✓	✓
Eyepiece graticule (ราคา 7,xxx บาท)	✓	✗
Hand-drawn graticule (สร้างขึ้นเอง)	✗	✓
จอมอนิเตอร์ (จากคอมพิวเตอร์/โน้ตบุ๊ก)	✗	✓
กล้อง Digital eyepiece microscope (ราคาตั้งแต่ 2,xxx บาทขึ้นไป)	✗	✓
ความสะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติงาน		
การเตรียมแผ่นตรวจวัดขนาดละออง (graticule)	สวมเข้าที่เลนส์ตา	วาดแผ่นใสตามขนาดของจอมอนิเตอร์ที่ใช้งาน
การวัดขนาดละอองสาร	ใช้สายตาเพ่งวัดขนาดละอองใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยการเลื่อนสไลด์ให้ขอบละอองตรงกับเส้น class size 0 ของ eyepiece graticule	วัดภาพขนาดละอองที่ปรากฏบนจอมอนิเตอร์ โดยการทาบแผ่นใสให้ขอบละอองตรงกับเส้น class size 0 ของ hand-drawn graticule
ความถูกต้อง / แม่นยำ	ภาพละอองใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่วัดขนาดด้วย eyepiece graticule กับภาพละอองบนจอมอนิเตอร์ที่วัดขนาดด้วย hand-drawn graticule เป็นภาพเดียวกันและขนาดละอองที่วัดได้ ถูกจัดอยู่ใน class size ที่ตรงกัน (ที่กำลังขยายและขนาดจอมอนิเตอร์คงที่)	

วิจารณ์

จากผลการศึกษาวิธีการตรวจหาค่าปริมาตรขนาดละอองสาร (VMD) ของเครื่องพ่นสารเคมีกำจัดแมลง ด้วยวิธีการวัดภาพขนาดละอองผ่านจอมอนิเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีที่ประยุกต์ขึ้น เปรียบเทียบกับวิธีการวัดขนาดละอองโดยใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละออง ที่ติดไว้ที่เลนส์ใกล้ตาของกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อทดสอบความถูกต้องของวิธีที่ประยุกต์ขึ้นนั้น พบว่าค่า VMD ที่คำนวณได้จากการวัดขนาดละอองของทั้งสองวิธี มีค่าเท่ากันในทุกสไลด์เก็บตัวอย่าง ดังนั้นค่าความแตกต่างของผลการวัดจากทั้งสองวิธี จึงมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ ไม่สามารถคำนวณค่าสถิติ t เพื่อหาความแตกต่าง และค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันเพื่อหาความสัมพันธ์ของผลการวัดจากทั้งสองวิธีได้

การที่ไม่พบความแตกต่างของผลการวัดจากวิธีทั้งสอง เนื่องจากภาพละอองที่ปรากฏบนจอมอนิเตอร์เป็นละอองเดียวกันกับละอองที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ รวมถึงการวัดขนาดภาพละอองบนมอนิเตอร์ด้วย hand-drawn graticule นั้น เป็นการวัดขนาดโดยใช้เครื่องมือที่ถูกจำลองขึ้นจากการขยายสัดส่วนที่เป็นค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์ของสเกลในแผ่น eyepiece graticule (จากหลักการที่ว่าขนาดของวงกลมแต่ละวง จะเพิ่มขึ้นเป็นแบบก้าวหน้า ยกกำลังสอง) โดยใช้ค่าสเกลมาตรฐานของ micrometer ที่ถูกขยายสัญญาณภาพ ภายใต้กำลังขยายเดียวกัน เป็นเครื่องมือในการยืนยันความถูกต้อง ของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น ซึ่งในการปฏิบัติงาน micrometer จะถูกใช้เป็นเครื่องมือมาตรฐาน สำหรับการสอบเทียบเครื่องมือทุกครั้งก่อนการใช้งาน เพื่อพิสูจน์ว่าภาพที่เห็นในกล้องจุลทรรศน์ หรือบนจอมอนิเตอร์นั้น มีกำลังขยายที่ถูกต้องสำหรับการวัดขนาดละออง โดยใช้ eyepiece graticule หรือ hand-drawn

graticule ตามลำดับ รวมถึงจากคุณสมบัติในการผลิตละอองของเครื่องพ่น ซึ่งจะมีการผลิตละอองที่มีการกระจายตัวในขนาดต่างๆ กัน (particle sizing distribution) ด้วยการวัดขนาดละอองทั้งสองวิธีดังกล่าว ข้อมูลที่ได้นั้น จะถูกจัดเป็นช่วงกลุ่มของขนาดละออง (range of class size) ไม่ใช่ค่าที่เป็นตัวเลข ที่ระบุขนาดไมครอนที่แน่นอน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ค่าของ VMD ที่อ่านได้จากทั้งสองวิธีจะไม่มี ความแตกต่างกันหรือกล่าวได้ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ (perfect correlation)

จะเห็นได้ว่าวิธีการวัดขนาดละอองทั้งสองนี้ ให้ผลการทดสอบที่ไม่แตกต่างกัน หากแต่ในทางปฏิบัติ การตรวจวัดขนาดละอองสาร ให้ได้อย่างน้อย 200 ละอองต่อสไลด์ จากการเก็บตัวอย่างจากสไลด์เก็บละออง 3 - 5 แผ่น ด้วยการเพ่งสายตาผ่าน eyepiece graticule ใต้กล้องจุลทรรศน์ เป็นการอ่านที่ต้องใช้เวลา และความละเอียดอย่างมาก เนื่องจากภาพที่เห็นในกล้องจุลทรรศน์เป็นภาพที่มีขนาดเล็ก ซึ่งทำให้เกิดความไม่สะดวก และทำให้สายตาสลัดได้ หากทางห้องปฏิบัติการมีกล้องขยายสัญญาณภาพและคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กหรือจอมอนิเตอร์ทั่วไป ที่สามารถเชื่อมต่อดึงสัญญาณภาพจากใต้กล้องจุลทรรศน์ได้ แล้วทำการสร้าง hand-drawn graticule จากหลักการของ eyepiece graticule ขึ้นมาเพียงครั้งเดียว โดยการเทียบจากสัดส่วนจอมอนิเตอร์ที่ใช้สำหรับการอ่านละอองเป็นประจำ ก็สามารถใช้งานได้ตลอดโดยไม่จำเป็นต้องต้องมีอุปกรณ์ eyepiece graticule เนื่องจากก่อนการใช้งาน hand-drawn graticule จะต้องถูกสอบเทียบสเกลวัดกับ micrometer ทุกครั้ง หากได้ค่าที่ตรงกันแสดงว่าเครื่องมือวัดนั้นสามารถนำไปใช้งานในการเปรียบเทียบวิธีการวัดขนาดละอองทั้ง 2 ได้ (ตารางที่ 4)

สรุป

วิธีการวัดภาพขนาดละอองบนหน้าจอ มอนิเตอร์ โดยใช้แผ่นตรวจวัดขนาดละอองที่ ประยุกต์ขึ้นนี้ (hand-drawn graticule) มีประสิทธิภาพเหมาะสม ที่จะนำไปใช้สำหรับการ ตรวจหาค่าปริมาตรขนาดละอองสาร (VMD) ของเครื่องพ่นสารเคมีกำจัดแมลง วิธีการดังกล่าว สามารถตรวจวัดขนาดละออง โดยไม่ต้องเพ่งผ่าน แผ่น eyepiece graticule ซึ่งทำให้สายตาอ่อนล้า ดังเช่นที่ผ่านมา และยังสามารเพิ่มความสะดวก รวดเร็วในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ที่เกี่ยวข้อง ในงานทดสอบศักยภาพของเครื่องพ่นกำจัดแมลง ในทางสาธารณสุขได้คล่องตัวยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายบุญส่ง ทรัพย์ประมวล และนายนราศักดิ์ สันฐิติพงศ์ ทีมงานทดสอบ ศักยภาพเครื่องพ่นและสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ ในงานสาธารณสุข ฝ่ายศึกษาควบคุมแมลงโดยใช้ สารเคมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรม วิทยาศาสตร์การแพทย์

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Space spray application of insecticides for vector and

public health pest control, A practitioner’s guide. 2003.

2. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. รายละเอียด คุณลักษณะเฉพาะของเครื่องพ่นสารเคมี ; 2552.

3. Thornhill EW. A summary of methods for testing pesticide application equipment. Tropical Pest Management 1982 ; 28(4) : 335-46.

4. PYSER-SGI LIMITED. Eyepiece reticles; [cited 2012 October 10]. Available from: URL : <http://www.pyser-sgi.com/ftpfiles/Graticules/PDF/EyepieceReticles.pdf>.

5. Dobson H, King W. Pesticide application: Mastering and Monitoring. In: Ian F Grant, Colin CD Tingle, editors. Ecological monitoring methods for the assessment of pesticide impact in the tropics. The University of Greenwich; 2002. p. 95-114.

6. May KR. The Measurement of airborne droplets by the magnesium oxide method. J Scien instrum 1950 ; 27(5) : 128-30.

7. Finney DJ, editors. Probit Analysis 3rd Ed. Cambridge University Press, UK; 1971.

8. Richard M, Chester M. Himel. Standard- ization of field methods for Determination of insecticide spray droplet size [annual report]. Department of Entomology, University of Georgia; 1977.

An Applied Method for Estimating the Volume Median Diameter (VMD) of Droplet Generator: Sizing of Particle Image on Monitor Screen

Pongsakron Mukkhun Phubeth Ya-umphan and Kasin Suphathom

National Institute of Health, Department of Medical Sciences, Tiwanond Road, Nonthaburi 11000, Thailand.

ABSTRACT The method for estimating the volume median diameter (VMD) of droplet generator, by sizing of particle image on monitor screen, has been applied and validated. The magnesium oxide-coated slide samples were analyzed by using eyepiece microscope camera to output a digital image to a monitor. Hand-drawn graticule, which was drawn and calibrated by comparing the stage micrometer scale, was used for measuring size of droplets. Data of droplet size classification was organized as an input file of the statistics software (Excel, SPSS), to reach volume median diameter. This method gives similar results and offers several advantages over conventional visual microscopic method. It's a good tool, less time consuming, for the operators who work for public health pesticide applicators

Key words : pesticide applicator, volume median diameter (VMD), droplet size, particle sizing