ISSN 0125-2364

วารสาร

วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 19 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2534

ISSN 0125-2364

วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

ตึก 6 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม
ฉบับที่ 2 เมษายน – มิถุนายน
ฉบับที่ 3 กรกฎาคม – กันยายน
ฉบับที่ 4 ตุลาคม – ธันวาคม

ค่าบำรุง ปีละ 40 บาท ขายปลีกเล่มละ 12 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ที่ปรึกษา	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์	
	รองคณบดีฝ่ายวิชาการ	
บรรณาธิการ	สุวิน	บุศราคำ
บรรณาธิการผู้ช่วย	กรกช	อินทราพิเชฐ
กองบรรณาธิการ	ปฤษณา	กลับอุดม
	ขวัญใจ	ตันสุวรรณ
	พิสิฎฐ์	เจริญสุดใจ
	สุวรรณา	เนียมสนิท
	สุพล	บริพันธ์
	วิชุดา	ไชยศิวามงคล
	สงวน	พงศ์กิจวิทูร
ฝ่ายศิลป์และภาพ	กิเลน	ติณนรเศรษฐ
	ทรงเวทย์	เป้าชัย
ฝ่ายเหรัญญิก	ลักขณา	สุขบาง
ฝ่ายจัดการ	บุญคุ้ม	เหลือล้น
	บุษราภรณ์	หงษ์แก้ว
	สนธนี	วรชินา
	สมศักดิ์	อุ่นจันที
	พยอม	เดชพลมาตย์

บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

ISSN 0125-2084

วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand.

Office

Faculty of Science Library, Building 6, Khon Kaen University.

Objectives

1. To promote and propagate knowledge in all fields of science.
2. To publish results from research and studies by academic staff and students.
3. To be a medium for the exchange of knowledge and ideas among staff, students and those interested from both inside and outside the institute.

Publishing terms

four issues per annual volume
Issue no. 1 January - March
Issue no. 2 April - June
Issue no. 3 July - September
Issue no. 4 October - December

Subscription rate

40 baht per annum. Single issue price 12 baht.

Membership

Membership request can be made by letter or by completing the membership form, with the free paid in the form of a postal order or postal cheque sent to Mrs. Boonkoom Lualon, Managing Committee, Khon Kaen University Post Office, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002.

Advisory Committee Dean, Faculty of Science
Associate Dean for Academic AFFairs

Editor Suwin Busaracome
Associate Editor Korakod Intrapichet
Editorial Board Prisana Klubudom
Kwanjai Tansuwan
Pisit Chareonsudchai
Suwanna Niamsanit
Suphol Boripan
Vichuda Chaisvamonkol
Artis Kilen Tinnoraset
Songwate Bousechai
Treasurer Luckana Sukban
Managing Committee Sangaun Pongkitwitoon
Boonkoom Lualon
Bussaraporn Duangkomnal
Oan Mahamool
Somsak Unjantee
Payom Dejpolmataya

The views and opinions expressed in this journal are those of the authors, and do not necessarily reflect the views and opinions of the editorial board.

บรรณาธิการแถลง

วารสารเป็นศัพท์บัญญัติให้ตรงกันกับคำว่า ' Journal ' ในภาษาอังกฤษ ซึ่งนักนิรุกติศาสตร์ยังสงสัยว่า มีรากศัพท์มาคำว่า ' diurnalis ' ในภาษาลาติน หรือคำว่า ' journal ' ในภาษาฝรั่งเศสกันแน่ ความหมายของรากศัพท์ หมายความว่า " แต่ละวัน " หรือ " อนุทิน " นั่นเอง เดิมทีเดียว สิ่งที่เรียกว่า Journal หมายถึง บัญชีรายวัน หรือ บันทึกรายวัน จนกระทั่งในศตวรรษที่ 17 แห่งคริสตกาล ความหมายจึงเปลี่ยนไป หมายถึง สิ่งตีพิมพ์ที่เผยแพร่เป็นวาระ หรือ วารสารอย่างที่เรารู้จักกันในวันนี้

กล่าวนำมาเช่นนี้ เพราะกองบรรณาธิการต้องการสะท้อนความรู้สึกของบรรณาธิการวารสารต่าง ๆ ในอดีต ที่ปรารถนาจะให้วาระที่วารสารเป็นไปโดยสม่ำเสมอ แต่ในเมื่อไม่มีบทความส่งมา วารสารจึงไม่อาจรักษาความสม่ำเสมอไว้ได้ เพื่อขจัดปัญหานี้ บรรณาธิการได้ไปเรียนปรึกษาคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ในฐานะที่ปรึกษา ท่านให้ข้อคิดว่า น่าจะมีคลังบทความที่จะนำมาตีพิมพ์ได้ จากแนวคิดนี้ทำให้ตั้งแต่ฉบับหน้าเป็นต้นไป เราจะเริ่มปรับทิศทางใหม่ โดยจะมีบทความประเภทวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งเป็นบทความที่ทบทวนสาระที่อยู่ในตำราเรียนและเสนอสาระที่ปรากฏในงานวิจัย พร้อม ๆ กัน บทความประเภทนี้เราหวังว่าจะเป็นบันไดให้ผู้อ่านของเรา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนิสิตนักศึกษาได้ศึกษา เพื่อความก้าวหน้าในการเรียนหรือฝึกอ่านวารสารการวิจัยในเวลาเดียวกัน หรือหากนิสิตนักศึกษาจะเขียนบทความมาตีพิมพ์เราจะยินดียิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบรรดา " ช้างเผือก " เราปรารถนาจะให้วารสารวิทยาศาสตร์ มข. เป็นสนามฝึกซ้อมของเหล่านั้นทั้งโขลงเลยทีเดียว

มารู้จัก " ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย " กันเถอะ

ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย เป็นผลงานสังเคราะห์ทางเคมีกายภาพ เมื่อปี ค.ศ. 1957 ที่ถูกลืมไปแล้ว ปัจจุบัน **ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย** กำลังจะถูกนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทางชีวภาพ

ทีมนักวิจัยสามท่าน แห่ง National Institutes of Health (NIH) คือ Alexander Rich, David Davies และ Gary Felsenfeld ได้สังเคราะห์ **" ดีเอ็นเอ แบบ เกลียวสามสาย "** ขึ้นไม่กีปีหลังการค้นพบ **" ดีเอ็นเอ แบบ เกลียวสองสาย "** ซึ่งเป็นแบบปกติของสิ่งมีชีวิต โดย Watson และ Crick (1953) แต่ **ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย** ได้ถูกลืมละทิ้งมาจนเมื่อ 2-3 ปีนี้ ได้มีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม และคาดกันว่าจะนำ **ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย** มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย อาจใช้เป็นกรรไกรระดับโมเลกุลแทนรีสตริตชั่นเอ็นไซม์ (restriction enzyme) ดีเอ็นเอ ปกติ เพราะสามารถตัดได้ ณ เบส ตำแหน่งเดียว หรือ 2-3 ตำแหน่ง ทำให้ได้ท่อน ดีเอ็นเอ ที่ยาวกว่า ซึ่งเป็นการสะดวกกว่าในการแยก และวิเคราะห์ท่อน ดีเอ็นเอ เหล่านั้น เพื่อการทำ แผนที่ และลำดับเบสของจีน (gene) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จีนโนม (genome) ของคน ซึ่งประกอบขึ้นด้วยหลายพันล้านเบส

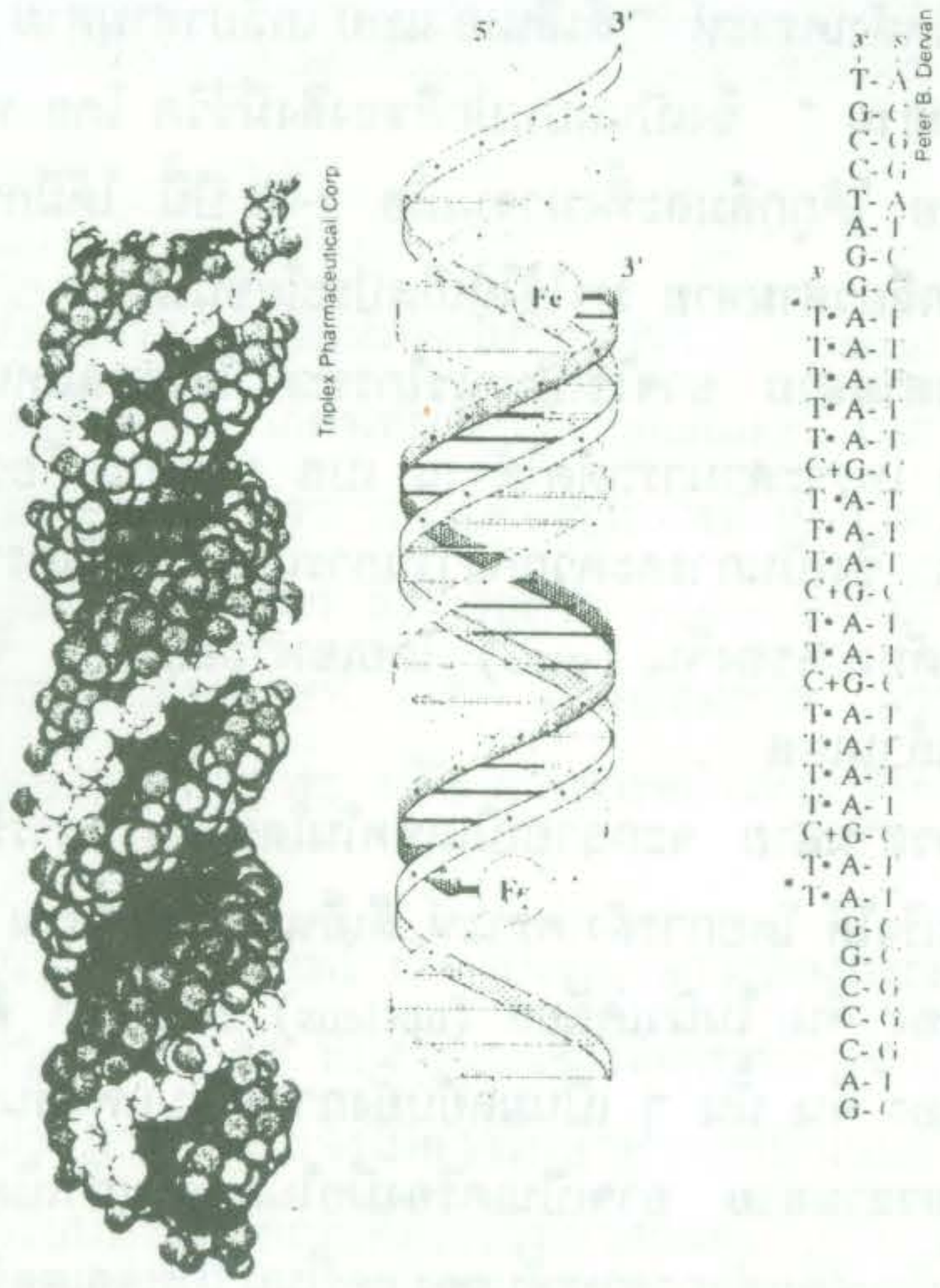
ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย จะกลายเป็นเทคโนโลยีใหม่ในการรักษาโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส เช่น เอดส์ (AIDS) และมะเร็งได้ โดยการสังเคราะห์ **ดีเอ็นเอ สายที่สาม** ขึ้น ณ ตำแหน่งเฉพาะบน **ดีเอ็นเอ เกลียวสองสาย** ของ จีน ในนิวเคลียส (nucleus) ของเซลล์ **ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย** ที่ได้จะขัดขวางการถอดรหัสของ จีน นั้น ๆ เป็นผลยับยั้งการเจริญแพร่พันธุ์ของไวรัส และเซลล์มะเร็ง

ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย อาจเป็นเครื่องมือในการคุมกำเนิดได้ โดยให้ไปขัดขวางการแสดงออกของจีน ของเซลล์ผนังมดลูกต่อการกระตุ้นของ ฮอร์โมน โปรเจสเตอร์โรน (Progesterone hormone) เป็นผลให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของผนังมดลูกเพื่อเตรียมพร้อมในการฝังตัวของคัมภะ (embryo)

อย่างไรก็ตาม ผลที่กล่าวมานี้ยังคงอยู่ในขั้นวิจัยในหลอดทดลอง คาดว่าในเวลาอีกไม่นานการวิจัย **ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย** เทคโนโลยี จะให้ผลสำเร็จได้ในตัวสัตว์จริง

Science. 252, 1991

ซ้าย : แบบจำลองของ **ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย** ที่สังเคราะห์ขึ้นบน จีนมะเร็ง myc gene
ขวา : แบบเขียนของ **ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย**

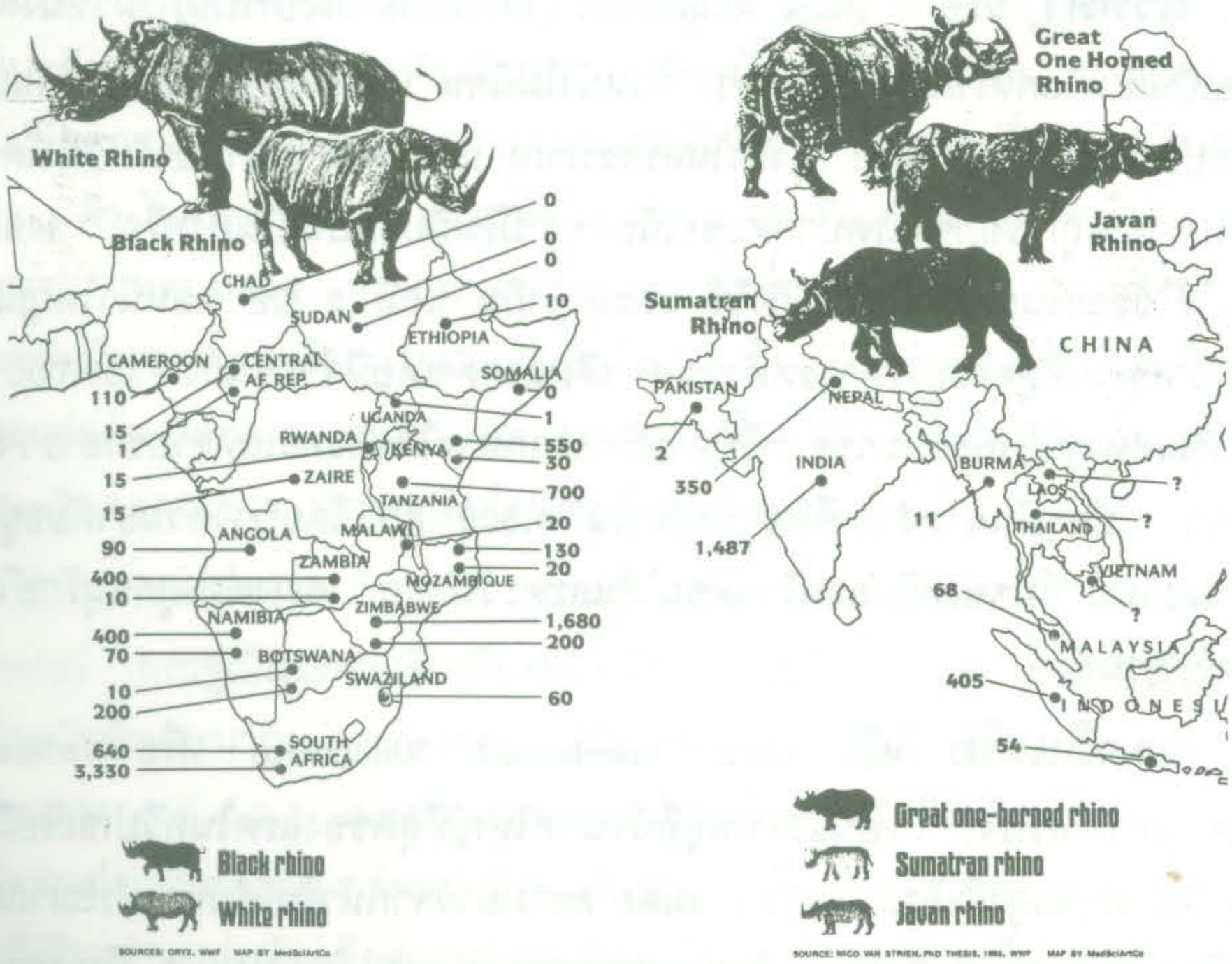


ว.วิทย. มข. 19 (4) : 187 - 192

แรด : หนึ่งในสัตว์ป่าที่ใกล้สูญพันธุ์จากโลก

* เพ็ญประภา เพชรบูรณิน

แรด (Rhinoceros) เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดใหญ่ ซึ่งจัดอยู่ในจำพวกสัตว์มีกีบคือมีเล็บ 3 เล็บ ทั้งเท้าหน้าและเท้าหลัง ลำตัวแรดมีลักษณะหนาทึบ เป็นสัตว์ที่กินพืช เป็นอาหาร (Herbivorus) และมีกระเพาะเดียว (Single stomach) ผิวหนังหนาหยาบ บางพันธุ์จะมีผิวหนังย่นพับแยกเป็นส่วน ๆ คล้ายใส่เสื้อเกราะ บางพันธุ์มีขนขึ้นปกคลุมผิวหนัง ลักษณะเด่นที่สุด ของสัตว์วงศ์เดียวกับแรด (Family Rhinocerotidae) คือ การมีนอที่ส่วนบนของจมูกอาจมีนอเดียวหรือสองนอ โดยที่นอเกิดจากส่วนของขนมาอัดตัวกันจนแน่น ตำแหน่งของนอหน้าอยู่ส่วนบนของ กระดูก Nasal Bone นอหลังอยู่ส่วนบนของกระดูก Frontal Bone แต่ไม่มีส่วนใดเชื่อมโยงกับกระดูกของกระโหลกศีรษะเลย นอแรดสามารถ งอกยาวขึ้นได้ ตามอายุและถ้านอหลุดจะสามารถงอกใหม่ได้



* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จำนวนแรดในปัจจุบันทั่วโลกมีประมาณ 11,000 ตัว แบ่งออกเป็น 4 Genus 5 species เท่านั้น ดังนี้

1. แรดขาว หรือ White Rhinoceros เป็นแรดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดหรือเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมบนบกที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับสองรองจากช้าง มีน้ำหนักปกติ 2.3-3.6 ตัน สูงถึง หัวไหล่ 1.6-2.0 เมตร ความยาวหัวถึงโคนหาง 3.6-5.0 เมตร แรดขาวไม่ได้มีผิวหนังสีขาว แต่เป็นสีเทา สันนิษฐานว่าคำว่า White น่าจะเปลี่ยนเสียงมาจากคำว่า Wide (กว้าง) ที่ใช้เรียกแรดชนิดนี้โดยชาวดัชท์ที่มาตั้งถิ่นฐานในทวีปอาฟริกา โดยเป็นคำที่อธิบายลักษณะริมฝีปากบนเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสกว้าง ไม่มีติ่งหรือจงอยเหมือนในแรดพันธุ์อื่น มีหน้าผากราดมนและหูยาวกว่าแรดดำ ผิวหนังไม่มีขน มีนอ 2 นอ นอหน้ายาว บางนอยาวถึง 3 ฟุต นอหลังสั้นและป้อมอาศัยตามทุ่งโล่งของทวีปอาฟริกา แรดขาวแบ่งออกเป็น 2 Subspecies คือ แรดขาวทางเหนือของอาฟริกาอาศัยอยู่ตั้งแต่ประเทศชาด ถึงประเทศซูดาน ในปี ค.ศ.1980 พบมีประชากรประมาณ 1,000 ตัว แต่จากการถูกล่าอย่างมาก ปัจจุบันเหลืออยู่เพียง 17 ตัวในอุทยานแห่งชาติกาแรมบา ทางภาคตะวันออก-เฉียงเหนือของประเทศ แซร์ภายใต้การอารักขาอย่างเข้มงวด แรดขาวทางใต้ของอาฟริกาแตกต่างจากแรดขาวทางเหนือคือการมีหน้าผากเว้าหักเข้าข้างใน เดิมมีอยู่เป็นจำนวนมากแต่หลังจากปี ค.ศ.1890 ซึ่งเป็นช่วงที่ชาว ยุโรปเข้าไปในอาฟริกากันมาก แรดขาวได้ถูกฆ่าอย่างมากมายจนใกล้สูญพันธุ์ ปัจจุบันมีเหลืออยู่น้อยกว่า 4,000 ตัว โดยกระจายอยู่ตามเขตอนุรักษ์และสวนสัตว์ทั่วโลก

2. แรดดำ หรือ Black Rhinoceros (**Diceros bicornis**) ผิวหนังสีดำกว่าแรดขาวเล็กน้อยคือเป็นสีเทาแก่หรือน้ำตาลปนเทา ผิวหนังไม่มีขน แรดดำมีขนาดเล็กกว่าแรดขาว คือมีน้ำหนัก เฉลี่ยประมาณ 1.52 ตัน สูงถึงไหล่ประมาณ 1.6 เมตร ความยาวหัวถึงโดนหาง 3.3 เมตร แรดดำบางครั้งถูกเรียกว่าแรดปากตะขอเนื่องจากมีริมฝีปากบนเป็นติ่งหรือ จงอยแหลมเล็กน้อยยืดหดตัว ได้ใช้ช่วยในการจับใบไม้ กิ่งไม้ และหญ้ากิน นอมี 2 นอ นอหน้าใหญ่และยาวกว่านอหลัง นิสัยดุร้ายมากที่สุดในบรรดาแรดทั้งหมด เดิมแรดดำเคยมีจำนวนถึง 100,000 ตัว แพร่กระจายอยู่ ตั้งแต่ทุ่งหญ้าสะวันนาของทวีปอาฟริกาจากทางใต้ของทะเลทรายซาฮาร่าจนถึงทางใต้ของทวีปอาฟริกา ปัจจุบันคาดว่าเหลืออยู่ประมาณ 4,500 ตัว โดยบางส่วนอาศัยอยู่ตามหุบเขาต้นน้ำลำธาร และในป่าทึมของทวีปอาฟริกาตอนใต้และตะวันออก บางส่วนถูกอนุรักษ์ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า หรือสวนสัตว์

3. แรดอินเดีย หรือ Great one-horned Rhinoceros หรือ IndianRhinoceros (**Rhinoceros unicornis**) เป็นแรดพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของแรดในทวีปเอเชียมีน้ำหนักตัวประมาณ 2-3 ตัน ความสูงถึงไหล่ 1.1-2.0 เมตร ความยาวจากหัวถึงโค่นหางประมาณ 2.1-4.2 เมตร มีนอเพียงนอเดียวทั้งตัวผู้และตัวเมียยาวประมาณ 1 ฟุต ผิวหนังหนา มีรอยนูนเป็นปุ่มปมไม่มีขนและมีลักษณะย่นพับตามส่วนต่าง ๆ ของลำตัวคล้ายกับการใส่เสื้อเกราะแรดอินเดียมีส่วนย่น

พับทับพาดแนวสันหลัง 2 ตำแหน่ง คือส่วนหลังของไหล่และส่วนสะโพก มีริม ฝีปากบนยื่นยาวกว่าริมฝีปากล่าง เพื่อช่วยในการกิน ใบไม้ กิ่งไม้ และหญ้าเช่นกัน แรดอินเดีย เคยพบมากทางตอนเหนือของประเทศ อินเดีย และเนปาล แต่ในต้นศตวรรษที่ 20 พบมีเหลือเพียง 200-300 ตัว อยู่ตามเชิงเขาหิมาลัย ประเทศเนปาล ทางเหนือของเบงกอลและอัสสัม ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าที่คาเซอแรงกา (Kaziranga) และมาแนส (Manas) ในแคว้นอัสสัมของอินเดียพบว่ามีแรดอินเดียถึง 1,200 ตัว นอกจากนี้ยังมีแรดอินเดียที่อยู่ในความดูแลของ กษัตริย์เนปาลจำนวน 350 ตัวในอุทยานแห่งชาติชิตวัน (Chitwan).

4. แรดไทย หรือ แรดชวา (Javan Rhinoceros) ที่มีชื่อทางวิทยา ศาสตร์ว่า **Rhinoceros sondicus** มีลักษณะคล้าย Great one-horned Rhinoceros แต่ขนาดเล็กกว่าเล็กน้อย คือ มีน้ำหนักประมาณ 1.5-2.0 ตัน ความสูงถึงไหล่ 1.60-1.75 เมตร ความยาวจากหัวถึงโคนหาง 3.0 - 3.2 เมตร ผิวหนังหนามีสีเทาออกดำ มีขนแข็งขึ้นห่าง ๆ หรือไม่มีขน แต่เป็นปุ่มปมอยู่ทั่วไป ปุ่มปมมีขนาด เล็กกว่าแรดอินเดีย ผิวหนังมีรอยย่นพับข้ามพาดแนวสันหลังอยู่ 3 ตำแหน่ง คือ ส่วนหน้าของไหล่ ส่วนหลังของไหล่และส่วนบนของสะโพกตัวผู้มีนอยาวเพียงนอเดียวโดยเฉลี่ยยาวประมาณ 15 ซม. ส่วนตัวเมียจะมีเพียงส่วนที่นูนขึ้นมาเล็กน้อยเท่านั้นหรืออาจเป็นนอที่สั้นมาก ๆ มีริมฝีปากบนยื่นยาว ออกมาเป็นจงอย ซึ่งมีประโยชน์มากในการช่วยจับยึดใบไม้ กิ่งไม้หรือหญ้าเข้าปาก แรดชวาชอบอาศัยอยู่ตามป่าทึบ เช่น ป่าดิบชื้นที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์หรือตามป่าทึบริมฝั่งทะเล เนื่องจากเป็นสัตว์ ขี้ร้อนจึงชอบนอนแช่ปลัก เช่นเดียวกับวัวควาย ที่อยู่อาศัยจึงมักต้องอยู่ใกล้ ๆ แหล่งน้ำ ในอดีตเคยพบแรดออกหากินเป็นฝูง แต่ปัจจุบันพบตัวเดียวโดด ๆ หรือเป็นคู่ในช่วงผสมพันธุ์ แต่ไม่มีฤดูผสมพันธุ์ที่แน่นอนสามารถผสมพันธุ์ได้ตลอดปี ระยะตั้งท้องประมาณ 16 เดือน ตกลูกครั้งละ 1 ตัว ในศตวรรษที่ 19 พบแรดชวาแพร่กระจายตั้งแต่อินเดียบังคลาเทศ พม่า ไทย ลาว เขมร เวียดนาม แหลมมลายู เกาะสุมาตรา และชวาแต่จากการถูกล่า และการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย ปัจจุบันมีรายงานพบน้อยมากบนแผ่นดินใหญ่ อาจมีหลงเหลืออยู่บ้างบนเทือกเขาตะนาวศรี และป่าลึกรอยต่อจังหวัดพังงา ระนอง และสุราษฎร์ธานี นอกจากนั้นพบอยู่ในเขตสงวนยูจองคูลอน (Ujong Kulon) บนเกาะชวา ประเทศอินโดนีเซียมีประมาณ 50 ตัว

5. แรดสองนอ หรือ กระซู่ หรือ Sumatran Rhinoceros (**Dicerorhinus sumatrensis**) กระซู่เป็นแรดเอเชียเพียงชนิดเดียวเท่านั้นที่มี 2 นอ และเป็นแรดที่มี ขนาดเล็กที่สุด มีน้ำหนักตัวประมาณ 900-1000 กิโลกรัม ความสูงถึงไหล่ 1.0-1.5 เมตร ความยาวจากหัวถึงโคนหาง 2.4-2.8 เมตร นอกจากกระซู่จะมีขนาดเล็กที่สุดในวงศ์ของแรดแล้ว ยังจัดเป็นแรดที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดด้วย ผิวหนังมีรอยพับย่นเช่นเดียวกับแรดเอเชียพันธุ์อื่น ๆ แต่รอยพับย่นของหนังจะมีเพียงตำแหน่งเดียวคือส่วนหลังของไหล่เท่านั้น มีขนขึ้นปกคลุมทั่วตัว โดยเฉพาะในตัวที่อายุน้อยและขนจะลดน้อยลงเมื่ออายุมากขึ้น ผิวหนังของกระซู่จะมีสีเทา คล้ายสีขี้เถ้า และผิวหนัง

จะบางกว่าแรดพันธุ์อื่น ๆ ตลอดจนจะราบเรียบกว่าไม่มีปุ่มปมเหมือนแรดอินเดียและแรดชวา ริมฝีปากบนมีจงอยเล็ก ๆ ยื่นยาวออกมาช่วยจับกินใบไม้ กิ่งไม้และหญ้า นอมี 2 นอ นอหน้ามีขนาดใหญ่และยาวกว่านอหลัง ตัวเมียมีนอสั้นกว่าตัวผู้ โดยเฉพาะนอหลังยาวเป็นเพียงส่วนนูน ๆ เท่านั้น กระซู่อาศัยอยู่ตามป่าดิบเขาที่มีหนามรกทึบ อาจลงมาอยู่ในป่าที่ราบต่ำในตอนปลายฤดูฝนบ้าง โดยอยู่ใกล้แหล่งน้ำหรือปลัก เขตแพร่กระจายของกระซู่มีตั้งแต่แคว้นอัสสัม ในประเทศอินเดีย บังคลาเทศ พม่า ไทย เวียตนาม มลายู สุมาตรา และบอร์เนียว คาดว่าปัจจุบันเหลือกระซู่อยู่เพียง 500-900 ตัว โดยส่วนใหญ่พบที่สุมาตรา ในมาเลเซีย พบประมาณ 50-80 ตัว บางส่วนพบในพม่า และสันนิษฐานว่าอาจมีเหลืออยู่บ้างในเขตรอยต่อระหว่างไทยกับอินโดไชนา

สถานการณ์ของแรดในทศวรรษนี้

แรดทั้งในทวีปอาฟริกา และเอเชียต่างประสบชะตากรรมเช่นเดียวกันคือ การถูกไล่ล่าจนใกล้สูญพันธุ์ ด้วยเหตุผลต่าง ๆ หลายประการ อาทิเช่น จากความเชื่อผิด ๆ ของคนโดยเฉพาะชาวจีน ที่เชื่อว่าส่วนต่าง ๆ ของแรดมีคุณสมบัติเป็นยารักษาโรคที่ดี และยังเชื่อว่ามีสรรพคุณ ในการรักษาที่กว้างขวาง เช่น ใช้บรรเทาอาการปวดศีรษะ, รักษาโรคหัวใจ, โรคผิวหนัง แล้วยังสามารถทำความสะอาดตับและตับอ่อนได้อีกด้วย อวัยวะส่วนต่าง ๆ ของแรดจึงขายได้ในราคาสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ นอแรดจะมีราคาแพงที่สุดเมื่อเทียบกับอวัยวะส่วนอื่น ๆ คือราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 3,800 ดอลลาร์สหรัฐ ด้วยราคาที่สูงจึงเป็นสิ่งจูงใจให้มีการล่าแรดมาขายกันในตลาดมืดมากขึ้น จากจำนวนนอแรดที่พบขายในปี ค.ศ.1970 สามารถใช้ประมาณว่ามีแรดถูกฆ่าเพื่อเอานอประมาณปีละ 8,000 ตัว (Jackson, 1987) พบว่าในเยเมนเหนือ นักล่าแม้จะต้องเสี่ยงภัยจากการถูกยิงของฝ่ายเจ้าหน้าที่ แต่การได้มาซึ่งนอแรดเพียงนอเดียว เมื่อขายได้ก็สามารถทำเงินรายได้ให้เท่ากับรายได้จากการทำงานหากินปกติถึง 1 ปี เพราะนอกจากใช้ทำยาแล้ว ในอาฟริกานอแรดยังสามารถนำมาแกะสลักเป็นกริชขนาดเล็กมีชื่อพื้นเมืองเรียกว่า แจมไบอัส (Jambias) อันเป็นที่นิยมในหลายประเทศของ อาฟริกาอีกด้วย

ริมแม่น้ำแซมเบซิ ในประเทศซิมบับเวการต่อสู้ระหว่างเจ้าหน้าที่ของรัฐกับนักล่าสัตว์เกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้งแม้ว่าหลายครั้งจะมีการจบชีวิตของนักล่าสัตว์เหล่านั้นก็ตาม นักล่าสัตว์ในปัจจุบันจึงพัฒนาในการใช้อาวุธที่ทันสมัยมากขึ้นโดยอาวุธเหล่านี้ถูกส่งไปที่อาฟริกา โดยชาติที่พัฒนาแล้วในขณะที่กำลังป้องกันของฝ่ายเจ้าหน้าที่ดูจะไม่เพียงพอแม้จะใช้มาตรการที่รุนแรงเข้าช่วยก็ตาม เคนยาเป็นประเทศแรกที่ใช้มาตรการรุนแรงกับนักล่าระหว่างต้นปี 1970 นักล่าจึงเคลื่อนย้ายลงใต้ มุ่งสู่ประเทศเทนซาเนียและประเทศแซมเบียซึ่งยังคงเป็นแหล่งที่มีแรดอาศัยอยู่มากพอสมควร แรดใน

ประเทศอูกานดาก็ประสบเคราะห์กรรมเช่นเดียวกันในสมัยที่ อีดี อามิน ปกครองประเทศ เนื่องจากการปกป้องเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าประสบความล้มเหลวอย่างรุนแรง ในเวลาเดียวกันแรดในประเทศซูดาน, ชาดและประเทศในอาฟริกากลางส่วนใหญ่ ก็ถูกล่าอย่างมากเช่นกัน

ในเอเชีย ชะตากรรมของแรดก็ไม่แตกต่างไปจากในอาฟริกาเท่าใดนัก เช่น ในอินเดีย พบว่าระหว่างปี ค.ศ.1982-1985 มีแรดอินเดียถูกยิงตายไม่น้อยกว่า 233 ตัว แม้แต่กระซู่ที่มักมีแหล่งที่อยู่ที่หลบซ่อนตามป่าทึบก็ยังถูกล่าอย่างมาก ซึ่งนอกจากการถูกล่าแล้วยังพบว่ามีสาเหตุการตายของแรดอีกประการคือ การตายด้วยโรคแอนแทรกซ์ ดังปรากฏจากการตายของแรดชวา 5 ตัวที่ยูกอง คูลอน (Ujong kulon) บนเกาะชวา ประเทศอินโดนีเซียการจัดการของฝ่ายเจ้าหน้าที่ทั้งอาฟริกาและเอเชียในบางกรณีดังการเคลื่อนย้ายแรดจากแหล่งที่ถูกบุกรุกไล่ล่า หรือเกิดโรคระบาดไปสู่แหล่งที่อยู่ใหม่ที่คาดว่าจะมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เช่นในอินเดียมีการย้ายแรดจากแคว้นอัสสัมไปที่ดัชวา ที่อยู่ใกล้เขตแดนของประเทศเนปาล ซึ่งมีการล่าน้อยกว่า หรือในประเทศอินโดนีเซียมีการย้ายแรดชวาจากเกาะชวาไปยังเกาะอื่น ๆ เช่น สุมาตรา เพื่อหลีกเลี่ยงไปจากโรคระบาดเป็นต้น ในเคนยาก็มีการเคลื่อนย้ายแรดจากทุ่งสะวันนาทางใต้ของเคนยาเพื่อหนีการล่าไปสู่อุทยานแห่งชาติแนโรบิที่มียามรักษาการอย่างแน่นหนา แต่การเคลื่อนย้ายแรดซึ่งเป็นสัตว์ขนาดใหญ่นั้นไม่ใช่สิ่งที่กระทำได้โดยง่ายปัญหาของการวางยาสลบเป็นเรื่องที่ต้องระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง เพราะอาจเป็นการฆ่าแรดโดยบังเอิญก็เป็นได้ การศึกษาชนิดและขนาดของยาสลบที่จะใช้กับแรดแต่ละตัวจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง นอกจากนั้นยังมีปัญหาของการปรับตัวของแรดในแหล่งที่อยู่ใหม่ที่ไม่คุ้นเคย โอกาสการอยู่รอดของเผ่าพันธุ์แรดจึงเป็นเรื่องที่น่าวิตกเป็นอย่างยิ่ง ประกอบกับการที่แรดมีอัตราการผสมพันธุ์ต่ำมากคือในเวลา 10 ปี แรดตัวเมีย 1 ตัวจะให้ลูกได้เพียง 2 ตัวเท่านั้น (สมิต,2527) แหล่งค้าสัตว์ป่าที่สำคัญของโลกได้แก่ ไทเป (ไต้หวัน), โอซาก้า (ญี่ปุ่น), สิงคโปร์, ไทย โดยมีลูกค้าที่สำคัญคือ ฮ่องกง, มาเก๊า, เกาหลีใต้, เยเมน และสาธารณรัฐอาหรับอีมีเรส ดังนั้นจำนวนแรดที่เพิ่มขึ้นจึงไม่ทันกับจำนวนแรดที่ถูกฆ่าในแต่ละชั่วอายุ แม้ว่าจะมีหลายแหล่งที่ประสบความสำเร็จในการขยายพันธุ์และเพาะเลี้ยงแรด เช่น ในอุทยานแห่งชาติชิตาวัน ประเทศเนปาล รวมทั้งในประเทศอินโดนีเซีย, มาเลเซีย, อังกฤษ และ อเมริกา

ปัจจุบันได้มีองค์การระหว่างประเทศหลายองค์การที่พยายามใช้มาตรการต่าง ๆ เพื่อลดการทำลายชีวิตสัตว์ป่า เช่น CITES ซึ่งมีสมาชิกจากประเทศต่าง ๆ มากกว่า 100 ประเทศได้ประกาศต่อต้านสินค้าจากส่วนต่าง ๆ ของแรด แต่กระนั้นก็ตาม การล่าก็ยังคงไม่หมดหรือเบาบางลงไป ทั้งนี้สาเหตุสำคัญก็คือตราบใดยังคงมีความต้องการสินค้าจากส่วนต่างๆของแรดอยู่ การล่าก็จะยังคงมีอยู่เช่นกัน ดังนั้นหนทางดีที่สุดที่จะรักษาเผ่าพันธุ์ของแรด รวมทั้งสัตว์ป่าอื่น ๆ ของโลกก็คือการหยุดความต้องการในการล่าสัตว์ป่าโดยสิ้นเชิงนั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

ผ่อง เล่งอี้ และคณะ .2521 สัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่าคุ้มครอง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรสยามการพิมพ์

วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม .2530 พจนานุกรมสัตว์และพืชในเมืองไทย. กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์บำรุงสาส์น

สมิต ยิ้มมงคล. 2527 ชีวิตสัตว์ป่า. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน (เอกสารโรเนียว)

Bridges, W. 1948 Wild Animal of the World. Garden City Publihing Compant, INC, New York.

Jackson, P.1987 'The Rhino's Fatal Flaw : Lust for horns may prevent the world's five living species from surving into the next century' .International Wildlife, Vol.17, No.1 (Jan.- Feb. 87) 4-11

Sunquist,F. 1987 'My close call with a Rhino : In the wilds of Nepal one of our roving editors comes face-to face with a hottempered killer' International wildlife, Vol.17, No.4 (Jul-Aug. 87) 16-17.

❑❑❑❑❑❑

ว.วิทย. มข. 19 (3) : 193 - 199

อโวกาโดรและจำนวนอโวกาโดร

Avogadro and Avogadro Number

สุวิน บุศราคำ *

อาจจะกล่าวได้ว่า ที่สุดแห่งความไพศาลของจำนวนทางกายภาพอันเป็นค่าคงที่ ที่มุนษย์เรารู้จักกันนั้น คือ จำนวนอโวกาโดร มีค่าประมาณ 6.02×10^{23} หรือ 6 แสนล้านล้าน จำนวนนี้มากเสียจนเกือบเกินการคิดคำนึงหรือเป็นอจินไตย์ ถ้าหากว่ามีเงินเท่ากับจำนวนอโวกาโดรในหน่วยเป็นสตางค์ นำมาแจกจ่ายพลโลกทั้งหมดจะได้คนหนึ่ง ๆ ไม่น้อยกว่าพันล้านบาท จำนวนอโวกาโดรนี้เรียกขานตามนามนักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาเลียน ซึ่งขอเรียนให้ทราบเสียก่อนว่า อโวกาโดรเองก็ไม่เคยรู้จักจำนวนอันไพศาลนี้และมิใช่ผู้ค้นพบอีกเหมือนกันทำไมจึงเรียกจำนวนนี้ตามนามของท่าน และจำนวนนี้หามาได้อย่างไร เป็นหน้าที่ของบทความนี้ จะนำมากล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

นักวิทยาศาสตร์ชื่ออโวกาโดร

รูปที่ 1 อโวกาโดร

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อโวกาโดร นามเต็มของท่าน คือ ลอเลนโซ โรมาโน อมีดีโอ คาร์โล อโวกาโดร ดิ ควอรีกัว อิ ดิ เคอร์รีโต (Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro di e di Quaregua e di Cerreto) มีบรรดาศักดิ์เคานต์ (Count) เกิดเมื่อ 9 สิงหาคม ค.ศ. 1776 ณ เมืองทูริน (Turin) ซึ่งตั้งอยู่บนฝั่งแม่น้ำโป ในภาคเหนือของประเทศอิตาลีในปัจจุบัน ตระกูลของอโวกาโดร มีเชื้อสายขุนนางที่ปกครองเมืองนี้มาตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 16 ครอบครัวของท่านเป็นทนายฝ่ายศาสนาจักร์ ด้วยเหตุนี้เอง อโวกาโดร จึงถูกบังคับให้เรียนนิติศาสตร์ในมหาวิทยาลัยทูริน จนจบปริญญาตรี เมื่ออายุเพียง 16 ปี แล้วเรียนต่อปริญญาเอกทางศาสนนิติอีก 4 ปี เมื่อสำเร็จการศึกษา ได้ประกอบอาชีพเดียวกันกับบรรพบุรุษมาระยะหนึ่ง จึงหันมาสนใจทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ กล่าวกันว่า อโวกาโดร นอกจากจะเป็นคนเรียนเก่งแล้ว ยังเป็นคนสมถะ สงบ มัธยัทและรักการศึกษาเล่าเรียน เป็นอย่างมาก ท่านเพียรศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง จนกระทั่งได้รับเชิญจากมหาวิทยาลัยทูรินให้เป็นอาจารย์สอนคณิตศาสตร์ จนในที่สุดได้รับการแต่งตั้งเป็นประธาน วิทยาการสายคณิตศาสตร์ฟิสิกส์ของมหาวิทยาลัยแห่งนั้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นตำแหน่งอันทรงเกียรต มาก ไม่เคยมีชาวอิตาเลียนคนใดได้รับตำแหน่งนี้มาก่อนเลย ท่านอยู่ในตำแหน่งนี้ไม่นานนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ ออกัสติน คอชี (Augustin) ก็ช่วงชิงไปด้วยเหตุผลทางการเมือง แต่ในเวลาต่อมาท่านก็ได้รับตำแหน่งนี้คืน และอยู่ในตำแหน่งนี้ จนสิ้นอายุขัย เมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม ค.ศ. 1856 ณ เมืองที่ท่านเกิดนั้นเอง

การศึกษาทางวิทยาศาสตร์

อโวกาโดรตระหนักดีว่า การศึกษากฎหมายเป็นหนทางแห่งการประกอบอาชีพตามวงศ์สกุล แต่การสนใจทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องส่วนตัวของท่านเองโดยแท้ ท่านติดตามผลงานของนักวิทยาศาสตร์ ร่วมสมัยของท่านโดยตลอด อาทิเช่น ผลงานของจอห์น ดาลตัน ชาวอังกฤษผู้ถือเป็นบิดาของทฤษฎีอะตอมและผลงานของเกย์-ลัสแซค ชาวฝรั่งเศส ผู้ค้นพบกฎการรวมตัวกันของก๊าซโดยปริมาตร เป็นต้น อโวกาโดรสนใจงานของเกย์-ลัสแซคเป็นอย่างมาก และใช้เป็นพื้นฐานการสร้างสมมุติฐานของเขา

กฎการรวมตัวกันของก๊าซโดยปริมาตรของเกย์-ลัสแซค ซึ่งกล่าวว่า เมื่อก๊าซทำปฏิกิริยาเคมีกัน ณ อุณหภูมิและความกดดันคงที่ มันจะทำปฏิกิริยาด้วยสัดส่วนปริมาตรคงที่และปริมาตรของผลผลิตที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนจำนวนน้อย ๆ กับปริมาตรสารตั้งต้น ตัวอย่างเช่น ณ อุณหภูมิและความกดดันคงที่ เมื่อนำก๊าซไฮโดรเจน H_2มาทำปฏิกิริยากับก๊าซไนโตรเจน N_2 เกิดเป็นก๊าซแอมโมเนีย NH_3 ดังสมการ

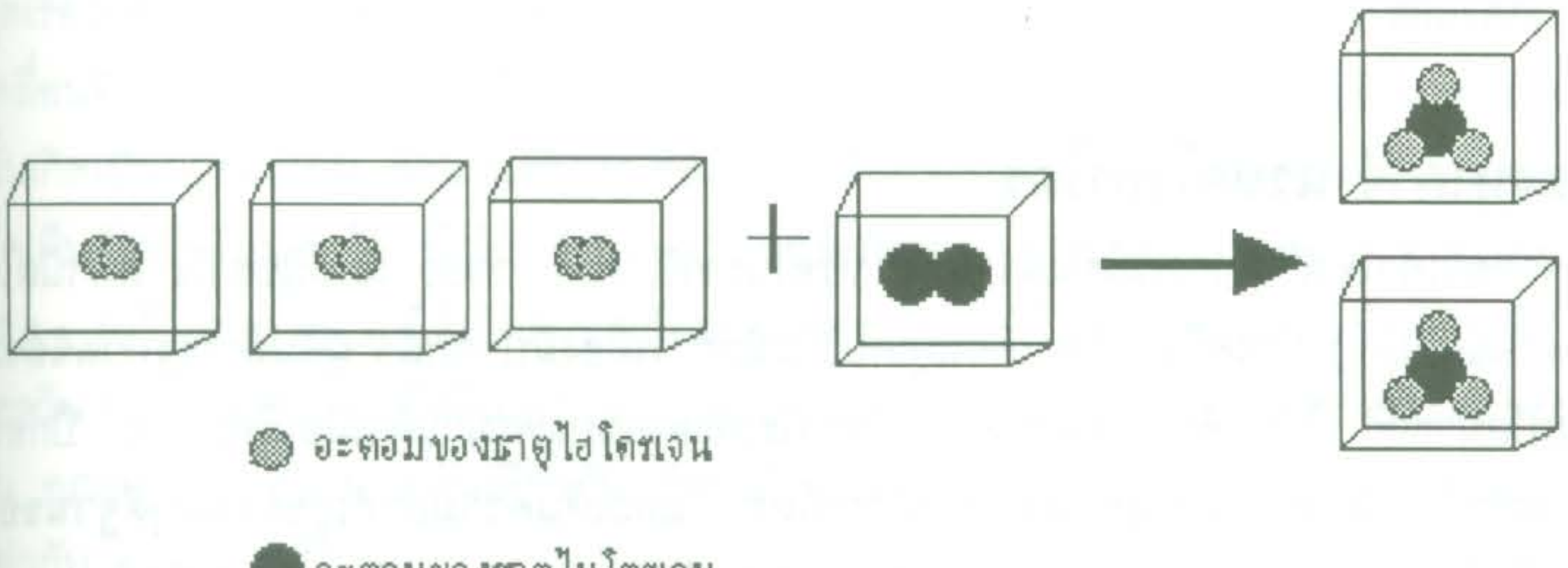
$$^{3}H_{2(g)} + {}^{}N_{2(g)} \text{ -----> } {}^{2}NH_{3(g)}$$

ถ้าใช้ก๊าซไฮโดรเจน 3 ปริมาตร จะใช้ก๊าซไนโตรเจน 1 ปริมาตร จะทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย 2 ปริมาตร อัตราส่วนของ $H_2 : N_2 : NH_3$ จะเป็นอัตราส่วนลงตัวน้อย ๆ คือ 3 : 1 : 2

จากการศึกษาผลงานของเกย์-ลัสแซค เช่นนี้ อโวกาโดรมีความคิดต่อไปว่า ก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดจากการรวมตัวกันระหว่างอะตอมของธาตุ น่าจะอยู่ในลักษณะที่เป็นหน่วยรวม ๆ ระหว่างอะตอมของสารตั้งต้น ดังนั้น ท่านจึงบัญญัติคำว่า " โมเลกุล " ซึ่งมีรากมาจากภาษาฝรั่งเศสแปลว่า " กลุ่มก้อน " ขึ้นมาใช้เป็นครั้งแรก ท่านเองเคยโต้แย้งกับจอห์น ดาลตันว่า น้ำ (H_2O) ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนกับธาตุออกซิเจนด้วยอัตราส่วนจำนวนอะตอม 2 : 1 หาใช่ 1 : 1 เหมือนที่จอห์น ดาลตันกล่าวไว้ไม่

สมมุติฐานของอโวกาโดร

อโวกาโดรศึกษาผลงานของเกย์-ลัสแซคและเกิดแนวความคิดเกี่ยวกับโมเลกุลขึ้นมา ทำให้อโวกาโดรมั่นใจว่า ณ อุณหภูมิและความกดดันคงที่ ก๊าซต่าง ๆ ที่มีปริมาตรเท่ากัน มีจำนวนอนุภาคหรือโมเลกุลเท่ากันด้วย ความข้อนี้ในปัจจุบันรู้จักกันในนามสมมุติฐานของอโวกาโดร (Avogadro 's hypothesis) ภาพในจินตนาการของอโวกาโดร เกี่ยวกับปฏิกิริยาการเกิดแอมโมเนียที่ท่านเองยกมาอ้างในคำอธิบายผลงานของท่าน ซึ่งได้จากการศึกษากฎของเกย์-ลัสแซคน่าจะเป็นดังรูปที่ 2 ข้างล่างนี้



รูปที่ 2 ภาพแสดงกฎของเกย์-ลัสแซคตามแนวความคิดของอโวกาโดรที่ว่าจำนวนโมเลกุลของก๊าซต่าง ๆ ในปริมาตรเท่ากัน ณ อุณหภูมิและความกดดันเดียวกันย่อมเท่ากัน ในรูปลูกบาศก์ให้เป็นปริมาตรเท่ากัน อะตอมของธาตุต่าง ๆ จับกันเป็นโมเลกุลของก๊าซต่าง ๆ

อโวกาโดรตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานของท่านในปี ค.ศ.1811 เมื่อถูกถามให้ประมาณจำนวนโมเลกุล ณ ปริมาตรต่าง ๆ อโวกาโดรไม่อาจจะตอบได้ชัดเจนเพียงแต่พูดอย่างกว้าง ๆ ว่า " มากมายเหลือเกิน " จอห์น ดาลตัน บิดาแห่งทฤษฎีอะตอมได้กล่าวถึงผลงานของอโวกาโดรว่า " ปราศจากเหตุผลและไร้สาระ " ในเมื่อเป็นเช่นนี้ ผลงานของอโวกาโดรในส่วนที่เกี่ยวกับจำนวนอโวกาโดร จึงไม่เป็นที่รู้จักของชาวโลกตราบสิ้นอายุขัยของท่าน แม้มหาชนร่วมปิติภูมิของท่านก็หาได้รู้จักนามของท่านไม่ จะมีบ้างก็แต่ผู้คงแก่เรียนชาวฝรั่งเศส ในแวดวงวิทยาศาสตร์ที่เพียรพยายามหาน้ำหนักอะตอมของธาตุและหาสูตรเคมีของสารต่าง ๆ ที่รับรู้ว่า อโวกาโดรเป็นผู้เสนอสูตรเคมีของน้ำ H_2O, แอมโมเนีย NH_3, คาร์บอนโมนอกไซด์ CO, กรดเกลือ HCl และสารประกอบอื่น ๆ อีกหลายชนิด แม้ท่านเขียนตำราขนาดเขื่องเกี่ยวกับเรื่องการหาสูตรของสารต่าง ๆ แต่ก็หาได้มีใครสักกี่คนในบ้านเกิดเมืองนอนของท่านจะสนใจ นอกเสียจากปัญญาชนในแผ่นดินอื่น เช่น อังเดร แอมแปร์ (Angre Ampere) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสผู้ค้นพบความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้ากับทิศทางสนามแม่เหล็กและไมเคิล ฟาราเดย์ (Micheal Faraday) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ผู้ค้นพบกฎการแยกสารด้วยไฟฟ้า มีผู้วิจารณ์ผลงานของท่านหลังจากที่ท่านถึงแก่กรรมไปแล้วว่า " หากมีข้อมูลเพียงพอแล้ว ท่านอโวกาโดรจะใช้ข้อมูลนั้นได้โดยปราศจากความ คลาดเคลื่อนทีเดียว " กล่าวโดยสรุปก็คือ อโวกาโดร อำลาโลกไปโดยมิได้ทันจะเห็นความงอกงามของพฤษกพรรณทางปัญญาที่ท่านให้ไว้กับโลกนี้ หรือบางทีอโวกาโดรเองอาจจะคาดไม่ถึงว่านามของท่านจะกลายเป็นชื่อของสมมุติฐานที่ปรากฏในตำรา พื้นฐานทาฟิสิกส์และเคมีแทบทุกเล่มในโลกปัจจุบัน ข้อสมมุติฐานที่ท่านเสนอไว้ก็ผ่านการพิสูจน์จากผลการทดลองแล้ว จนถือได้ว่ามีความถูกต้องเป็นกฎทางวิทยาศาสตร์แล้ว

การทดลองหาค่าจำนวนอโวกาโดร

หลังจากอโวกาโดรถึงแก่กรรมไปแล้ว 3 ปี หรือในราวปี ค.ศ. 1850 แคนนิซซาโร สทานิสโล (Cannizzaro Stanizlao) นักเคมีชาวอิตาเลี่ยนผู้เคยเป็นนักการเมืองฝีปากกล้า ผู้ล้มล้างรัฐบาลฉ้อฉลของเมืองเมเปิลมาแล้ว ได้มาค้นพบผลงานของอโวกาโดรที่เคยเผยแพร่มาแล้วเมื่อเกือบ 50 ปีก่อน เกิดความประทับใจผลงานการหาสูตรเคมีของอโวกาโดร และเห็นความสำคัญของสมมุติฐานของอโวกาโดรจนถึงกับลงทุนคัดลอกผลงานของอโวกาโดรแจกจ่ายในการประชุมทางวิชาการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้โลกได้หันกลับมาให้ความสนใจงานของอโวกาโดรอีกครั้งหนึ่ง ความเพียรพยายามที่หาจำนวนอัน " มากมายเหลือเกิน " ตามคำของอโวกาโดรจึงเกิดขึ้นตั้งแต่กลางคริสตศตวรรษที่ 19 เป็นต้นมา แต่เนื่องจากอุปสรรคในด้านอุปกรณ์ ทำให้การหาค่าน้ำหนักอะตอมของธาตุต่าง ๆ ยังไม่ใคร่ถูกต้องนัก ค่าจำนวนอโวกาโดรที่ได้จึงคลาดเคลื่อนมาก แม้กระนั้นก็ดี ในช่วงเวลานี้ มีการทดลองที่ทำให้เกิดแวความคิดเกี่ยวกับค่าของโมล (mole) เกิดขึ้น กล่าวคือ เกิดความเข้าใจว่า บรรดาก๊าซทั้งปวง

มีปริมาตร 22.4 ลิตร ที่อุณหภูมิ 273 องศาเคลวิน ความกดดัน 760 มิลลิเมตรปรอท จะมีน้ำหนัก 1 กรัมโมเลกุล เรียกว่า 1 โมล เช่น ก๊าซคลอรีน ปริมาตร 22.4 ลิตร ที่อุณหภูมิ 273 องศาเคลวิน ความกดดัน 760 มิลลิเมตรปรอทหนัก 70.10 กรัม หรือ 1 โมลของก๊าซคลอรีน เป็นต้น เมื่อนำสมมุติฐานของอโวกาโดรมาอธิบาย จึงกล่าวได้ว่าก๊าซทุกชนิดที่มีปริมาตร 22.4 ลิตร ที่อุณหภูมิ 273 องศาเคลวิน ความกดดัน 760 มิลลิเมตรปรอท จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน หรือเท่ากับจำนวนอโวกาโดรนั้นเอง ส่วนการหาค่าจำนวนอโวกาโดรที่ถูกต้องนั้น ต้องรอจนกระทั่งต้นคริสตศตวรรษที่ 20 การหาค่าจำนวนอโวกาโดรจึงนับว่ามีความถูกต้องน่าเชื่อถือ

นับแต่ปี ค.ศ. 1900 จนถึงปัจจุบัน มีวิธีหาค่าจำนวนอโวกาโดรราว 50 วิธีด้วยกัน แต่ที่นำมาเสนอ ณ ที่นี้เพียง 2 วิธีที่เป็นที่ยอมรับกันว่า เป็นวิธีที่ดีและเป็นรากฐานของการหาค่าจำนวนอโวกาโดรที่มีความถูกต้องที่สุดในปัจจุบัน

<u>วิธีที่</u> 1 ศึกษาการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

วิธีนี้ ศึกษาโดยลอร์ดเออร์เนส รูเทอร์ฟอร์ด (Lord Ernest Rutherford) ใน ปี ค.ศ. 1909 โดยอาศัยความจริงที่ว่า ธาตุเรเดียม Ra เมื่อสลายตัวจะให้อนุภาคอัลฟา (a-particle) กับก๊าซเรดอน Rn ดังสมการ

$$Ra \longrightarrow Rn + a$$

อนุภาคอัลฟาหรือ อีกนัยหนึ่งคือ ไอออนของก๊าซฮีเลียม He นั่นเอง เมื่อให้อนุภาคอัลฟาตกกระทบบนจอซึ่งทำฉาบด้วยสาร ZnS หรือ CdS มันจะเกิดเป็นจุดเรืองแสง ที่สามารถนับจำนวนได้เกิดขึ้น จุดเรืองแสงเหล่านั้นมีค่าเท่ากับจำนวนของอนุภาคอัลฟาที่ตกกระทบ ครั้นปล่อยให้อนุภาคอัลฟาเคลื่อนที่ทะลุผ่านของแข็งชนิดใดชนิดหนึ่ง ไอออนของก๊าซฮีเลียม จะไปดึงอิเล็กตรอนจากของแข็งนั้นเกิดเป็นก๊าซฮีเลียม จำนวนอะตอมของก๊าซฮีเลียมจะเท่ากับจำนวนอะตอมของอนุภาคอัลฟา เมื่อจัดเก็บก๊าซฮีเลียมเข้าไว้ นำไปหาปริมาตร ลอร์ดเออร์เนส รูเทอร์ฟอร์ดพบว่า อนุภาคอัลฟาเกิดขึ้น 11.6×10^{20} อนุภาค ทำให้เกิดก๊าซฮีเลียมปริมาตร 43×10^{-6} ลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 273 องศาเคลวิน ความกดดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ดังนั้น เมื่อคิดจำนวน 22.4×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรของก๊าซฮีเลียม ณ อุณหภูมิและความกดดันเดียวกัน ก็จะได้ 6.04×10^{23} อนุภาค ดังนั้นค่าจำนวนอโวกาโดรจึงเท่ากับ 6.04×10^{23}

<u>วิธีที่</u> 2 โดยการแยกสารด้วยไฟฟ้า

วิธีนี้ อาศัยความรู้ที่ว่า ไฟฟ้าปริมาณ 1 ฟาราเดย์ หรือ 96500 คูลอมป์ จะแยกสารออกมาได้ 1 กรัมสมมูล หรือปริมาณไฟฟ้าจำนวนนี้ สามารถแยกก๊าซไฮโดรเจนออกจากกรดเจือจางได้ 22.4 ลิตร ที่อุณหภูมิ 273 องศาเคลวิน ความกดดัน 760 มิลลิเมตรปรอทหรือ 1 กรัมพอดี นั่น

หมายความว่า ปริมาณไฟฟ้า 96500 คูลอมป์นี้ ใช้ไปเพื่อการทำให้ไอออนของธาตุไฮโดรเจน จำนวน N อะตอมกลายเป็น ก๊าซไฮโดรเจนเท่ากับ N อะตอมเช่นกัน ดังนั้น จำนวนประจุไฟฟ้าของไอออนของธาตุไฮโดรเจนทั้งหมดซึ่งเท่ากับ Ne เมื่อ e คือ ค่าประจุของอิเล็กตรอน 1 อนุภาค หรือเขียนเป็นสมการจะได้

$$Ne = 96500 \text{ คูลอมป์}$$

ดังนั้น ถ้าหาค่าประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอนได้ ก็จะหาค่า N ซึ่งเป็นจำนวนอโวกาโดรได้

ในปี ค.ศ. 1909 ศาสตราจารย์ โรเบริต มิลลิแกน (Robert Millikan) ได้ทดลองเพื่อหาค่าประจุของอิเล็กตรอน โดยการทดลองหาประจุอิเล็กตรอนบนละอองน้ำมันอันเป็นที่รู้จักกันดีว่า " การทดลองละอองน้ำมันของมิลลิแกน (Millikan 's oil drop experiment) " ได้ค่าประจุของอิเล็กตรอน 1 อนุภาค เท่ากับ 1.6×10^{-19} คูลอมป์ ดังนั้น เมื่อแทนค่า e ลงไปในสมการข้างบนจะหาค่า N ซึ่งเป็นจำนวนอโวกาโดรได้

$$N = \frac{96500}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.03 \times 10^{23}$$

สรุป

ที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นการเล่าถึงชีวิตของนักวิทยาศาสตร์คนหนึ่ง คือ อโวกาโดร แม้ว่าจะสร้างสมมุติฐานจากรากฐานความคิดของคนอื่น โดยอาศัยข้อมูลที่ผู้อื่นทดลองศึกษากันมาแล้วมาประมวลขึ้นใหม่ โดยตนเองมิได้มีการทดลองแต่อย่างใดทั้งสิ้น นอกเสียจากเป็นการใช้วิจารณาญาณอย่างชาญฉลาดเท่านั้น แต่การยกย่องให้เกียรติแก่ผู้ที่ศึกษามาก่อน อันเป็นประเพณีดีงามของวงการวิทยาศาสตร์ ก็ทำให้ชื่อเสียงของท่าน แม้ตัวเองไม่มีโอกาสจะได้รับรู้ แต่เกียรติคุณย่อมปรากฏในโลกวิทยาศาสตร์ได้ตลอดกาลนานเช่นกัน สมมุติฐานของอโวกาโดรในปัจจุบัน หลังจากมีการทดลองทดสอบแล้ว ยืนยันว่า บรรดาก๊าซทั้งปวง ที่มีปริมาตรเท่ากัน คือ 22.4 ลิตร ณ อุณหภูมิและความกด ดันมาตรฐาน หรือ อณหภูมิ 273 องศาเคลวินและ ความกดดัน 760 มิลลิเมตรปรอท จะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับ 6.02×10^{23} โมเลกุล หรือที่เรียกกันในปัจจุบันว่า 1 อโวกาโดร ค่าของจำนวนอโวกาโดรสามารถหาได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ หลายวิธีด้วยกัน แต่ละวิธีได้ค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งในปัจจุบันค่าที่นับว่าถูกต้องเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน คือ 6.02210×10^{23}

เอกสารอ้างอิง

1. Asimov, A. (1964). *Asimov's Biographical Encyclopedia of Science and Technology.* p. 177, NewYork : Doublehouse.
2. Partington, J.R. (1964). *A History of Chemistry.* Vol. 4, p. 213 - 217, 421 - 2. London: Macmillan.
3. Rock, P.A. and George, G.A. (1974). *Chemistry : Priciples and Applcations.* Philadelphia : W.A. Saunders.
4. Tabor, D. (1991). *Gases, liquids and solids and other states of matter.* Cambridge University Press.

ว.วิทย. มข. 19 : 200 - 207

โมโนโคลนอล แอนติบอดี เทคโนโลยี 2 : เทคนิคการตรวจหาไฮบริโดม่า และประโยชน์ของโมโนโคลนอล แอนติบอดี

Monoclonal Antibody Technology II : Screening Techniques for Hybridoma and the Usefulness of Monoclonal Antibody

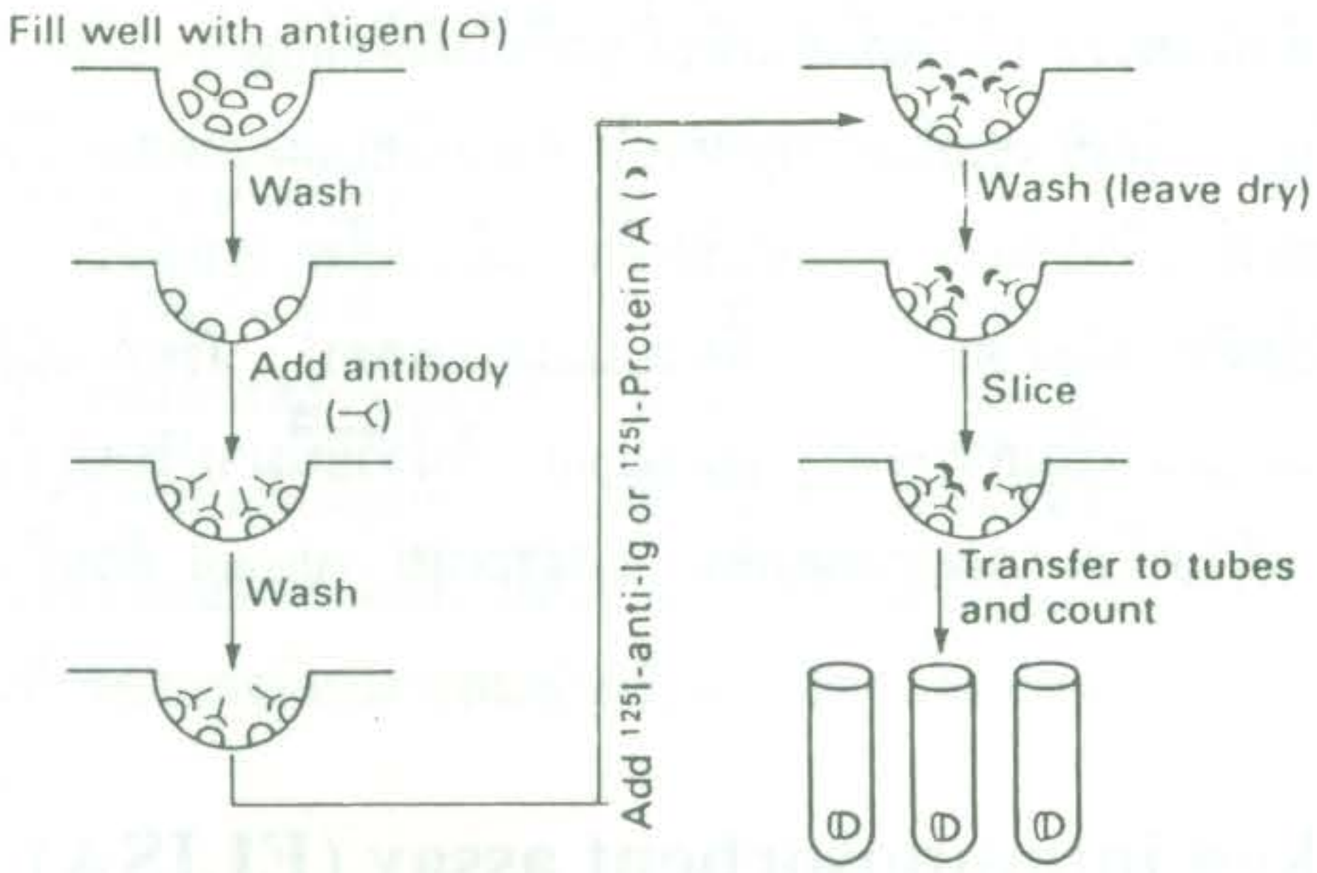
กรกช อินทราพิเชฐ *

ในการผลิต Hybridoma นั้น การตรวจหา (screening) antibody ด้วยวิธีที่เหมาะสมเป็นส่วนสำคัญยิ่งอย่างหนึ่ง โดยหลักการแล้วการตรวจหาด้วยวิธีใด ๆ ที่สามารถบ่งชี้ (identify) antibody ที่มีความเจาะจง (specificity) ที่ต้องการก็อาจใช้ได้ แต่ในทางปฏิบัติการตรวจหามีความจำกัดมากในเชิงความเชื่อถือได้ ความรวดเร็ว ราคา และแรงงาน การทดสอบ (assay) หา hybridoma ที่ต้องการจึงอาจจำเป็นต้องกระทำในระหว่างการเพาะเลี้ยงจำนวนหลายร้อยการทดสอบ การตรวจหา การขยายเซลล์ และการเพาะเลี้ยงขนาดใหญ่ (large-scale culture) ของ hybridoma มิเช่นนั้นแล้วการผลิตอาจล้มเหลวได้ การทดสอบเพื่อการตรวจหาควรมีการลองกระทำจนได้วิธีที่ดีก่อนทำการรวมเซลล์ [fusion - ดูตอนที่ 1 วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 19 (2) หน้า 10-15, 2534] เนื่องจากถ้าเกิดมีปัญหาขึ้นภายหลังแล้วจะไม่มีเวลาเพียงพอที่จะขจัดปัญหาเหล่านั้นได้ง่ายทันเวลาการทดสอบอาจทำได้โดยใช้เลือดจากสัตว์ทดลองที่ถูกกระตุ้นภูมิคุ้มกันแล้วด้วย antigen (immunization)ที่ใช้ศึกษาเป็นแหล่ง antibody " **โดยความจริงแล้วการตรวจหา ควรกระทำให้ใกล้เคียงที่สุดเท่าที่จะเป็นได้กับการใช้ monoclonal antibody** " การจำแนกชนิดต่าง ๆ ของ antibody ก็มีความจำเป็นต้องรู้ก่อนเพราะจะมีผลกระทบอย่างยิ่งต่อการศึกษา และการประยุกต์ใช้ antibody ที่ต้องการชนิดต่าง ๆ ของ antibody มีดังนี้คือ (1) IgG แยกเป็น IgG_1, IgG_2, IgG_{2a}, IgG_{2b}, IgG_3 และ IgG_4 (2) IgM (3) IgA แยกเป็น IgA_1, และ IgA_2 (4) IgD และ (5) IgE ในประวัติการผลิต hybridoma เพื่อผลิต monoclonal antibody ครั้งแรกโดย Kohler และ Milstein ในปี ค.ศ.1975[1] นั้นได้ใช้การตรวจหาวิธี Cellularassay โดยการทำให้เม็ดเลือดแดงแตก (RBClysis test) ในการผลิต hybridoma โดยทั่วไปแล้วมีวิธีการตรวจหา antibody ได้หลายวิธีแล้วแต่ antigen ที่ศึกษา วิธีตรวจหาที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นการตรวจหาหลายวิธีที่เลือกใช้ได้[2,3] ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการใช้ monoclonal antibody นั้น ๆ

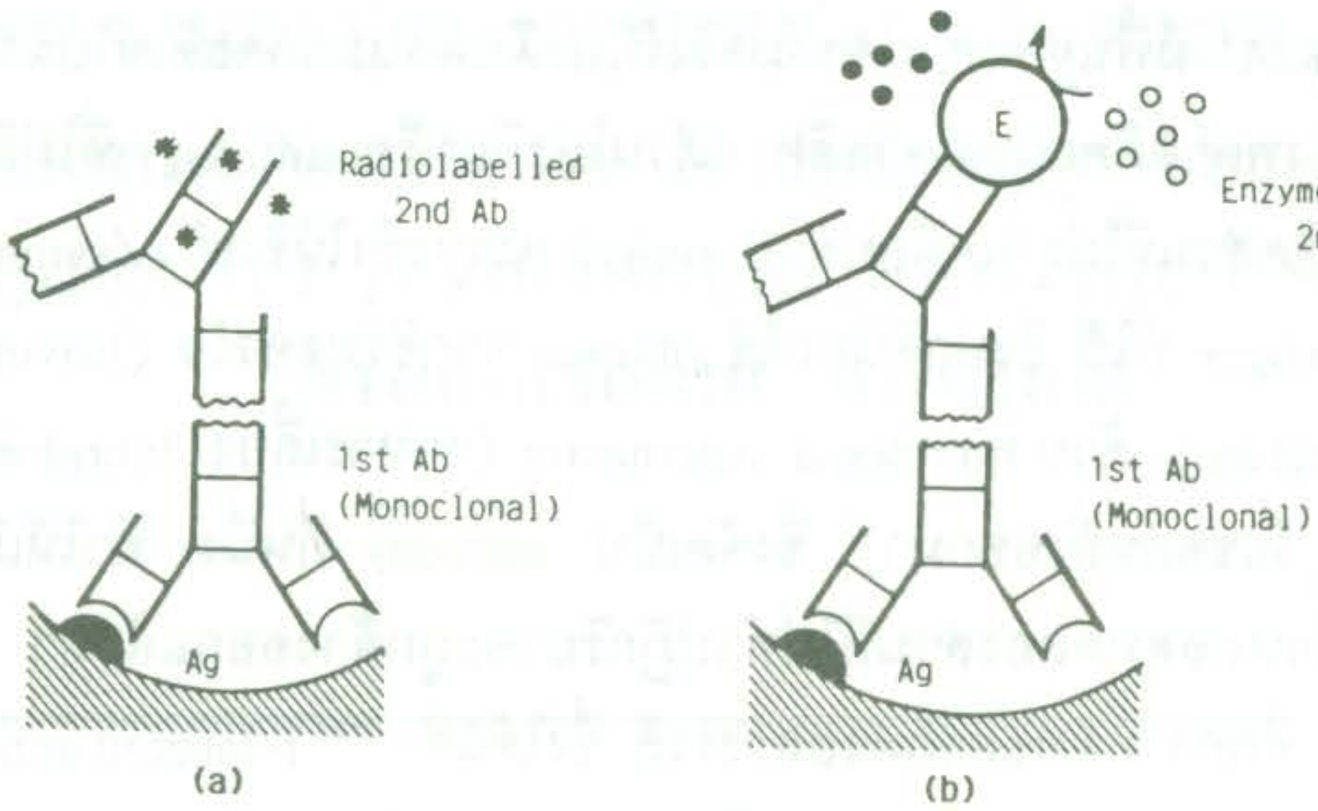
* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1. Solid-phase radioimmunoassay (RIA) of soluble protein antigens

Solid-phaseRIA[4] มีพื้นฐานจากความจริงที่โปรตีนส่วนมากจะติดกับผิว polyvinyl ของพลาสติคเช่นหลอดทดลองพลาสติคแผ่นพลาสติค ส่วนโปรตีนหรือ antigen ที่ไม่ติดกับพลาสติคจะถูกล้างออกและผิวพลาสติคส่วนที่ไม่ถูกเคลือบด้วย antigen จะถูกทำให้อิ่มตัว (saturated) ด้วยโปรตีนชนิดอื่นที่ไม่สัมพันธ์กับ antigen ที่ใช้ ซึ่งปกตินิยมใช้ albumin จากซีรั่มของวัว (Bovine serum albumin: BSA) จากนั้นก็บ่ม (incubate) ด้วย hybridoma supernatant (อาหารเลี้ยง hybridoma ส่วนน้ำเลี้ยงที่ไม่มีเซลล์แต่มี antibody ที่เซลล์หลั่งออกมา) ซึ่งจัดเป็น antibody ที่หนึ่ง ทำให้เกิดเป็น antigen-antibody complex บนผิวหลอดทดลองส่วนที่ไม่ทำปฏิกริยาจะถูกล้างออกแล้วหา antigen-antibody complex โดยใช้ antibody ที่สอง ที่ติดฉลากด้วยสารรังสี ซึ่งได้แก่ ^{125}I-labeled anti-immunoglobulin หรือใช้ ^{125}I-labeled staphylococcal protein A หรือ proteinG หลังจากล้างแผ่นพลาสติคครั้งสุดท้ายแล้ว จึงทำการวัดปริมาณรังสีของ ^{125}I ได้โดยใช้ automatic gamma spectrometer ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 (a) หรือจากการทำ auto radiography บนแผ่นฟิล์ม X-ray อย่างไรก็ตาม antibody ที่สองควรเป็นชนิดบริสุทธิ์ (affinity purified) เพราะถ้าเป็นชนิดไม่บริสุทธิ์แล้วจะจับกับ antibody ที่หนึ่งได้น้อยกว่า 10 % และการใช้ protein A หรือ proteinG เป็นการยืนยันได้ว่าจะสามารถแยก antibody ที่หนึ่งที่ต้องการให้บริสุทธิ์ได้ด้วยวิธี affinity chromatography โดยใช้ proteinA- หรือ protein G-conjugated matrix แต่ protein A และ protein G ไม่จับกับ IgM, IgA, IgD และ IgE ของหนู mouse และ IgG_1 และ IgG_{2b} ของหนู rat[3] ดังนั้นจึงใช้โปรตีนทั้งสองชนิดนี้ตรวจหา Ig เหล่านี้ไม่ได้



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการทดสอบ antibody โดยวิธี Solid-phase radioimmunoassay (RIA) เพื่อหา Hybridoma ที่ต้องการ



รูปที่ 2 แสดงปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในการตรวจหา Hybridoma

(a) ปฏิกริยาของ Antibody ที่สองที่ติดฉลากด้วยสารรังสี ในวิธี RIA

(b) ปฏิกริยาของ Antibody ที่สองที่ติดฉลากด้วยน้ำย่อย ในวิธี ELISA

2. Solid-phase radioimmunoassay for cell surface and viral antigens

โดยพื้นฐานแล้วการตรวจวิธีนี้คล้ายกับวิธีแรกมาก ข้อแตกต่างที่สำคัญคือ ถ้าใช้เซลล์มีชีวิตเป็น antigen เซลล์เหล่านั้นควรเก็บไว้ในที่เย็นเพื่อป้องกันไม่ให้ antigen-antibo dycomplex รวมกลุ่มกัน (capping) จนเป็นผลให้ถูกกำจัดเข้าเซลล์และหลุดหายไปควรเคลือบแผ่นทดสอบที่ใช้ในการทดสอบก่อน เพื่อให้ตำแหน่งปฏิกริยาของโปรตีนบนแผ่นทดสอบอิ่มตัว แล้วเคลือบเซลล์หรือ antigen ที่เป็นไวรัสบนแผ่นทดสอบได้โดยให้ยึดติดกันโดยตรงเช่น เลี้ยงบนแผ่นทดสอบ หรือทำให้ติดแผ่นทดสอบด้วย glutaraldehyde ถ้า antigen เป็นสารพวก glycolipid ก็นำวิธีนี้มาปรับปรุงใช้ได้โดยการละลาย glycolipid ด้วย ethanol แล้วเคลือบบนแผ่นทดสอบ และระเหย ethanol ด้วยก๊าซไนโตรเจนและดูดด้วยสูญญากาศ

3. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

การตรวจวิธีนี้ anti-immunoglobulin ซึ่งเป็น antibody ที่สองถูกทำให้ยึดติด (conjugated) กับน้ำย่อย ปกติใช้น้ำย่อยPeroxidase, Alkaline phosphatase หรือ *B*-galactosidase[4] การเตรียมการทดสอบคล้ายกับวิธีแรก คือให้ antigen ที่ต้องการเคลือบบนผิวแผ่นทดสอบก่อน แล้วทำให้ผิว

พลาสติคนั้นอิ่มตัวด้วย BSA บ่มกับ antibody ที่หนึ่งจาก hybridoma supernatant แล้วบ่มด้วย enzyme conjugated anti-immunoglobulin ตามด้วย substrate[5] ของน้ำย่อยชนิดนั้น ๆ เพื่อทำให้เกิดสี (Color development) ดังรูปที่ 2 (b) substrate ที่นิยมใช้ได้แก่ p-nitrophenylphosphate สำหรับ alkaline phosphatase ใช้ o-nitrophenyl *B-D*-Galactopyranoside สำหรับ *B*-galactosidase และใช้ o-phenylenediamine สำหรับ horseradish peroxidase เป็นต้น สีที่เกิดสามารถสังเกตุได้ด้วยตาเปล่าหรือวัดด้วยเครื่องตรวจวัดสี (spectrophotometer) ถ้าใช้ alkaline phosphatase วัดสีที่คลื่นแสง 405 นาโมมีเตอร์ ถ้าเป็น *B*-galactosidase วัดสีที่คลื่นแสง 420 นาโมมีเตอร์ และ peroxidase วัดที่คลื่นแสง 620 นาโมมีเตอร์

ระบบ Biotin-avidin/streptavidin ก็เป็นที่นิยมใช้ Biotin เป็นไวตามินที่ละลายได้ด้วยน้ำและทำปฏิกริยากับ glycoprotein จากไข่ขาวที่เรียกว่า 'avidin' และจากเชื้อ **Streptomyces avidinii** ที่เรียกว่า 'Streptavidin' ในการตรวจนั้นภายหลังบ่ม antigen กับ antibody ที่หนึ่ง แล้วบ่มกับ biotin anti-immunoglobulinconjugate ตามด้วย avidin- หรือ streptavidin enzymeconjugate ซึ่งน้ำย่อยจะเป็นชนิดใดชนิดหนึ่งดังกล่าวข้างต้น แล้วทำให้เกิดสีด้วย substrate ของน้ำย่อยชนิดนั้น ๆ การตรวจด้วยระบบ biotin-avidin/streptavidin นี้มีข้อดีคือ ให้ค่าการจับอย่างไม่เจาะจง (non-specific binding) ต่ำ

ELISA เป็นการตรวจอย่างอุดมคติ (ideal) กับ antigen ที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ แต่ยังไม่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางสำหรับทดสอบกับ antigen จากผิวเซลล์ เนื่องจากยังมีปัญหาจากน้ำย่อยภายในเซลล์ (endogenousenzyme) ที่ศึกษาสามารถให้ผลลวงได้ และแม้ว่า สัญญาณ (signal) จากสีที่เกิดจะมากกว่าพื้นเบื้องหลัง (background) แต่พื้นเบื้องหลังนั้นก็ยังไม่ต่ำหรือสม่ำเสมอเท่ากับการตรวจหาด้วยวิธี RIA ดังนั้นในกรณีผลิต antibody ต่อโปรตีนจากเยื่อเซลล์ (membrane) ที่มีปริมาณต่ำจึงควรใช้ RIA เพราะสามารถแยกระหว่าง ผลบวกกับผลลบได้ชัดเจนดีกว่า

4. Immunofluorescent assay

การตรวจวิธีนี้เหมาะสำหรับการตรวจหา antibody ต่อโครงสร้างในระดับต่ำกว่าเซลล์ (subcellular) ความไวของการตรวจคล้ายกับ RIA และ ELISA ในการเตรียมนั้นให้ antigen ซึ่งเป็นเซลล์ที่ทำปฏิกริยากับ hybridoma supernatant ในที่เย็น เช่นบนน้ำแข็ง แล้วให้ทำปฏิกริยากับ fluorescein-conjugated anti-immunoglobulinantibody[6] หลังการล้างครั้งสุดท้ายแล้ว ตรวจหาเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีแหล่งแสง และที่กรองแสงที่เหมาะสมสำหรับสารเรืองแสงหรือตรวจหาด้วยเครื่อง Fluorescence-activated cell sorter

5. Cellular assay

Antibody ต่อ antigen จากผิวเซลล์ นอกจากจะตรวจได้ด้วยวิธี solid phase RIA แล้ว ยังสามารถตรวจหาได้หลายวิธีดังนี้

5.1 Direct hemagglutination assay

การตรวจวิธีนี้ใช้เมื่อ antigen เป็น membrane ของเม็ดเลือดแดง ปฏิกริยาระหว่าง antigen กับ antibody จะทำให้เม็ดเลือดแดงรวมกลุ่มกันโดยตรง

5.2 Rosetting assay

Rosetting หรือลักษณะกลุ่มดอกไม้เกิดจากปฏิกริยาระหว่างเม็ดเลือดแดงที่เคลือบด้วย anti-immunoglobulin หรือ proteinA กับ เม็ดเลือดขาวชนิด lymphocyte ที่เคลือบด้วย antibody ที่หนึ่ง หรือ hybridoma supernatant ที่ต้องการศึกษา การตรวจวิธีนี้มีความไวมากในการตรวจหา antibody ที่ติดอยู่กับเซลล์[7,8] ที่เรียกว่า Cell-bound antibody ซึ่งก็คือ antibody ที่ไม่ถูกปล่อยออกนอกเซลล์ อย่างไรก็ตาม immunoglobulin เดิมมีอยู่แล้วบนผิว lymphocyte ต้องถูกกำจัดโดยการเคลือบด้วย antibody ที่ต้องการศึกษาก่อน rosette สามารถแยกออกจากเม็ดเลือดแดงที่รวมกลุ่ม (aggregation) กันได้โดยการย้อม lymphocyte ด้วย methyl violet 0.1 %

5.3 Cytotoxicity assay

การตรวจวิธีนี้ทำได้โดยให้ hybridoma supernatant ทำปฏิกริยากับเซลล์ที่มี antigen ที่ต้องการศึกษา แล้วให้ทำปฏิกริยากับ complement จากกระต่าย หรือจากหนูตะเภา (complement° คือกลุ่มโปรตีนในซีรั่มที่ไม่ใช่ immunoglobulin และมีผลทำให้เม็ดเลือดแดงแตก-lysis) การตรวจด้วย complement นี้เรียกว่า 'Complement fixation' ประกอบด้วย (1) antigen-antibody complex (2) indicator system ซึ่งก็คือเม็ดเลือดแดง (3) antibody ต่อเม็ดเลือดแดง และ (4) complement ระดับการแตกของเม็ดเลือดแดงวัดได้จากความเข้มของสีแดงของ hemoglobin ที่ถูกปล่อยสู่ของเหลวโดยใช้เครื่องวัดสี (spectrophotometer) หรือโดยการย้อมเซลล์ด้วย tryphan blue 0.2 % หรือย้อมด้วย acridine orange กับ ethidium bromide แล้วตรวจดูด้วยตาเปล่า[10,11]

6. Screening by immunoprecipitation and polyacrylamide gel electrophoresis

การตรวจวิธีนี้นำเข้ามาใช้โดย Brown และ คณะ[12]เป็นการตรวจที่มีลำดับตรงกันข้ามกับการตรวจเพื่อหา antibody เนื่องจากเป็นการตรวจหา antigen ก่อนหา antibody (ปกติตรวจหา antibody ก่อน) ลำดับแรกต้องตรวจหา hybridoma ที่ผลิต antibody ชนิด IgG โดยทดสอบจากความสามารถของ antibody ในการแข่งขันกับ protein A ในการทำปฏิกริยากับ ^{125}I-IgG หรือโดยให้ antibody ทำปฏิกริยากับ anti-IgG โดย ELISA จากนั้นจึงใช้ hybridoma supernatant ที่มี IgG ตกตะกอน ^{125}I-labeledantigen แยกตะกอนของ antigen-antibodycomplex ออกด้วย protein A-bearingstaphylococci หรือด้วย proteinA-Sepharose แล้วแยก ^{125}I-labeled antigen ออกจากของผสมทั้งหมดด้วยความร้อนเช่นต้มในน้ำเดือด2-3 นาที แล้ววิเคราะห์หา ^{125}I-labeled antigen ด้วย SDS-PAGE (Sodium dodecyl sulphate polyacrylamide gel electrophoresis) ตามด้วย autoradiography บนแผ่นฟิล์ม X-ray

7. Biological assay

การตรวจหา antibody วิธีนี้ปกติเป็นการตรวจที่ใช้เวลาและแรงงานมาก ส่วนมากจึงมักเลี่ยงการใช้วิธีนี้แต่เป็นวิธีที่เหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้เมื่อต้องการผลิต antibody ต่อ antigen ที่เป็นโปรตีน หรือ hormonereceptor การตรวจหากระทำได้โดยตรวจจากความสามารถของ antibody ในการยับยั้งปฏิกริยาระหว่าง hormone กับ receptor

สรุป ได้ว่ากลวิธีตรวจหา monoclonal antibody นั้น มีความสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการผลิต monoclonal antibody ที่ต้องการ การตรวจควรกระทำตามวัตถุประสงค์ของการใช้ monoclonal antibody แต่ละอย่าง การตัดสินเลือกวิธีที่เหมาะสมจึงเป็นกลวิธีที่จำเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วมักเป็นธรรมเนียมที่จะตรวจหา hybridoma ที่ผลิต antibody ที่ต้องการโดยการทดสอบปฏิกริยาระหว่าง antigen กับ antibody อย่างง่าย ๆ เช่น ELISA แล้วเพาะเลี้ยง hybridoma ต่อจนในที่สุดได้ hybridoma ที่เป็น monoclone (ผลิต monoclonal antibody ชนิดเดียว) แล้วจึงตรวจหา antigen ทางชีวเคมี เพราะในทางปฏิบัติไม่เป็นการง่ายที่จะตรวจหาทั้ง antigen และ antibody ไปพร้อม ๆ กัน แต่สามารถทำได้ ถ้าใช้แรงงานอย่างมาก ยิ่งกว่านั้น monoclonal antibody ชนิดหนึ่ง ๆ ไม่สามารถใช้ได้ในทุกวัตถุประสงค์

ประโยชน์ของ Monoclonal antibody

Monoclonal antibody มีประโยชน์มากมาย อาจใช้เสมือนเป็นสารเคมี (chemical reagent) ทั่วไปเหมือนสารชีวภาพอื่น ๆ หรือใช้เป็นตัวตรวจหา (probe) antigen ที่กำลังศึกษาซึ่งอาจจะเป็นเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส โปรตีนจากแบคทีเรีย ไวรัส เซลล์ พยาธิ์ และ สารพันธุกรรมซึ่งได้แก่ ดีเอ็นเอ (Deoxyribonucleic acid, DNA) และอาร์เอ็นเอ (Ribonucleic acid, RNA) เช่น ใช้ในการวินิจฉัย (Diagnostic) หาเชื้อโรคและพยาธิต่าง ๆ ใช้หาตรวจเพื่อบ่งชี้ตำแหน่ง (Identification) และหาโครงสร้าง (Conformation) ของสารชีวภาพภายในเซลล์ ในอวัยวะหรือในระหว่างมีกิจกรรมและปฏิกริยา และใช้ตรวจหา antigen ของการถ่ายอวัยวะ (organ transplantation) และของมะเร็ง[13]

ได้มีการใช้ monoclonal antibody ในการตรวจหาโครงสร้างโมเลกุลและการเลื่อนขยับของการผ่าเหล่า (genetic drift) ของ เชื้อไข้หวัดใหญ่ซึ่งเป็นเชื้อไวรัส[14,15] (Influenza virus) หาโครงสร้างของโปรตีนของไวรัส Herpes simplex type 1 และ type 2[16] ของไวรัส Sinbis[17] และ ของไวรัสหัด[18] (Measles virus)

นอกจากนี้ยังได้มีการใช้ Monoclonal antibody ศึกษาพยาธิ์บางชนิดที่มีวงจรชีวิตซับซ้อนและยากแก่การศึกษาโดยวิธีปกติ เช่น ได้มีการผลิต monoclonal antibody ต่อตัวอ่อนระยะ Sporosoite

ของเชื้อมาเลเรีย[19,20] Monoclonal antibody ที่มีคุณสมบัติต่อต้านเชื้อโรคและพยาธิเหล่านี้อาจนำมาใช้ในการทำ ให้ antigen บริสุทธิ์เพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตวัคซีนได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง :

1. Kohler, G. and C. Milstein. Continuous cultures of fused cells secreting antibody of predefinedspecificity. Nature. 1975. 256 : 495-497.
2. Campbell, A.M. Monoclonal antibody technology. Elsevier, Amsterdam. 1984. pp. 265.
3. Goding, J.W. Monoclonal antibodies : Principles and practice. Academic Press, London. 1986. pp. 315.
4. Catt, K.J. and G. Tregear. Solid-phase radioimmunoassay in antibody-coated tubes. Science. 1967. 158 : 1570-1572.
5. Heitzmann, H. and F.W. Richanrds. Use of the avidin-biotin complexfor specific stainingof biological membranes in electron microscopy. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1974. 71 : 3537-3541.
6. Coons, A.H. The beginings of immunofluorescence. J. Immunol. 1961. 87: 499-503.
7. Parish, C.R. and I.F.C.Mckenzie. A sensitive rosetting methodfor detecting subpopulations of lymphocytes which react with alloantisera. J. Immunol. Meth. 1978. 20 : 173-183.
8. Sandrin, M.S., T.A. Potter, G.M. Morgan, and I.F.C. McKenzie. Detection of mouse alloantibodies by rosetting with protein A-coatedsheep red blood cells. Transplantation. 1978. 26 : 126-130.
9. Muller-Eberhard, H.J. Complement. Ann. Rev. Biochem. 1975. 44 : 697-724.
10. Lee, S.-K.,J. Singh, and R.B.Taylor. Subclasses of T cells with different sensitivities to cytotoxic antibody in the presence of anesthetics. Eur. J. Immunol. 1975. 5 : 259-262.
11. Parks, D.R., V.M.Bryan,V.T. Oi, and L.A. Herzenberg. Antigen-specific identificatian and cloning of hybridomas with a fluorescence-activated cell sortor. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1979. 76 : 1962-1966.
12. Brown,J.P., P.W. Wright, C.E. Hart, R.G. Woodbury, K.E. Hellstrom, and I. Hellstrom. Protein antigens of normal and malignant human cells identified by immuno-

precipitation with monoclonal antibodies. J. Bio. Chem. 1980. 255 : 4980-4983.

13. Yelton, D.E. and D. Scharff. Monoclonal antibodies: A powerful tool in biology and medicine. Ann. Rev. biochem. 1981. 50: 657-680.

14. Koprowski, H., W. Gerhard, and C.M. Croce. Production of antibodies against influenza virus by somatic cell hybrid between mouse myeloma and primed spleen cells. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 1977. 74: 2985-2988.

15. Webster,R. G. and W.G. Laver. Determination of the number ofnon-overlapping antigenic areas on Hong Kong (H3N2) influenza virus hemagglutinin with monoclonal epidemiological significance. Virology. 1980. 104: 135-148.

16. Zweig,M., C.J. Heilmon, Jr., H. Rabin, R.F. Hopkins, III, R.H. Neubour, and B. Hampar. Production ofmonoclonal antibodies against nucleocapsid proteins of Herpes Simplex virus type 1 and type 2. J. Virology. 1979. 32: 676-678.

17. Roehring, J.T., J.A. Corser, and M.J. Schlesinger. Isolationand characterization of hybrid cell lines producing monoclonal antibodies directed against the structural proteins of Sinbis virus. Virology. 1980. 101: 41-49.

18. McFarin, D.E., W.J.Bellini, E.S. Mingioli, T.N. Behar, and A. Trudgett. Monospecific antibody to the haemagglutinin of measles virus. J. Genet. Virol. 1980. 48: 425-429.

19. Protocnjak, P., N.Yoshida, R.S. Nussenzweig, and V. Nussenzweig. Monovalent fragments (Fab) of monoclonal antibodiestoa sperozoite surface antigen (Pb 44) protect mice against malarial infection. J. Exp. Med. 1980. 151: 1504-1513.

20. Yoshida, N., R.S. Nussenzweig, P. Protocnjak, V. Nussenzweig, and M. Aikawa. Hybridom a produces protective antibodies directed against the sporozoite stage of malaraia parasite. Science. 1980. 207: 71-73.

ว.วิทย. มข.19 : 208 - 214

PHEROMONE TRAPPING OF *HELIOTHIS ARMIGERA* AT PALMERSTON NORTH, NEW ZEALAND

Nathawut Thanee[1]
Peter G.Fenemore[2]

ABSTRACT

In Palmerston North, New Zealand during growing seasons of 1985-1986 *Heliothis armigera* moths were first caught by pheromone traps in December and the number reached a peak in March and were absent by late April. Daily maximum temperature, minimum night temperature, wind velocity and rainfall during the observation period showed no significant correlation with catches of moths (p = 0.37, 0.08, 0.09, 0.10 respectively).

บทคัดย่อ

การใช้กับดักฟีโรโมน จับหนอนเจาะสมอฝ้าย *(Heliothis armigera)* ในแปลงทดลองเมืองพาลเมอร์สตันนอร์ท ประเทศนิวซีแลนด์ ระหว่างฤดูเพาะปลูกในปี พ.ศ.2528-2529 พบว่าจับตัวเต็มวัยหนอนเจาะสมอฝ้ายได้ครั้งแรกในเดือนธันวาคม และจับได้มากที่สุดในเดือนมีนาคม จนจับไม่ได้เลยในปลายเดือนเมษายน ปัจจัยทางกายภาพคืออุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุดความเร็วลมและปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับจำนวนตัวเต็มวัยที่จับได้(p = 0.37, 0.08, 0.09, 0.10 ตามลำดับ)

---

1. Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

2. Department of Plant Health, Faculty of Agricultural and Horticultural Sciences, Massey Univerity, Palmerston North, New Zealand

INTRODUCTION

Heliothis armigera occurs on a wide range of wild and cultivated plants in New Zealand, and is known as tomato fruitworm or corn earworm because it is recorded as a major pest on tomatoes and sweetcorn (Helson, 1972). It is of minor importance on capsicums, peas, pumpkins, legume seed crops, beans, lupin,conifer seedlings, marrow, clover, lucerne, peanuts, linen flax, tobacco, strawberry, oats, carrot, onion (flowers), citrus (blossoms) and a great number of ornamental herbaceous plants (Valentine, 1975).

H.armigera is found throughout New Zealand especially the North Island, and its southerly distribution is probably maintained by summer migrants. Migration of moths is highly affected by environmental conditions. Temperature plays an important role in migration of moths as they prefer warm conditions. Wind appears to operate as an inhibiting factor for flight. Rain is not regarded as an important factor inhibiting flight but cold rain, even without much wind, is nearly always a sign that very few moths will fly (Gaskin, 1964,1970).

MATERIALS AND METHODS

The trial was conducted in a field area of Massey University land during spring and summer seasons, of 1985-86. Plots (5x5 m) of the four host plants selected from different plant families were established in a Latin square design in spring of each year. The four host plants were sweetcorn (Zea mays) (NK 51036), tomato *(Lycopersicon esculentum)* (Castlehy 1204) lucerne *(Medicago sativa)* (Goatid WL 318), and aster *(Callistephus chinensis)* (Powder Puffs MXD 87)

Four pheromone traps were operated from December 25, 1985 to April 30, 1986 in the trial area. Each trap was made of cylindrical plastic drain pipe, 30 cm long and 15 cm diameter supported by 2 stakes approximately 1 m above ground level and tightened by wire. One trap was set in each corner of the field trial area. To avoid any bias of wind direction, 2 traps were orientated N-S and the other two E-W. The pheromone laminates were purchased from SIRATAC Ltd., New South Wales,Australia. One Pheromone laminate was hung centrally inside each trap by a thin wire. Each trap tube was lined inside with insect trapping grease (Tanglefoot supplied by DSIR, Auckland) spread on a polythene film liner which was renewed every 3 days.

Pheromone laminates were replaced every 3 weeks. Moths caught were removed daily, identified to species and the numbers recorded.

Some factors affecting the numbers of moths caught by traps are peak responsive of period moths, wind velocity temperature, atmospheric pressure, rain, light intensity, air currents, fog and nocturnal skylight (Hartstack *et al.*, 1979; Kehat *et at.*, 1980). Environmental factors considered in interpreting the present trap catches were maximum day temperature, minimum night temperature, wind velocity, and rainfall. These data were obtained from the DSIR Meteorological Station, Palmerston North which was situated less than 1 km from the trial area.

Statistical values calculated were correlation coefficients between numbers of moths and environmental factors (based on daily weather and 3 days trap data) and analysis of variance to test the significance of differences.

RESULT

Between December 25, 1985 and April 30, 1986, 306 *Heliothis* moths were caught by the 4 pheromone traps; all were *H.armigera* males. The first moth was caught on December 29, 1985 and the last on April 25, 1986. The percentage of moths caught from December to April was 1.3, 14.1, 24.5, 44.1 and 16.0 for each month respectively with a clear peak in March (Table 1) There was no difference in the numbers of moths caught from pheromone traps orientated E-W compared to N-S. The mean values of moths caught per night, daytime temperature, night time minimum temperature,wind velocity and rainfall during the trapping period were 2.4, 21.9°C, 10.7 km/h and 2.9 mm/day respectively. Minimum teperature at night showed the mot effect on numbers of moths caught ($r = 0.1247$, $p = 0.08$) and maximum temperature in daytime showed the least effect ($r = -0.0304$, $p = 0.37$) but no environmental factor showed significant correlation with moth catches (Table 2).The relationships between numbers of moths caught and maximum temperature, minimum temperature, wind velocity and rainfall are shown in Figure 1.

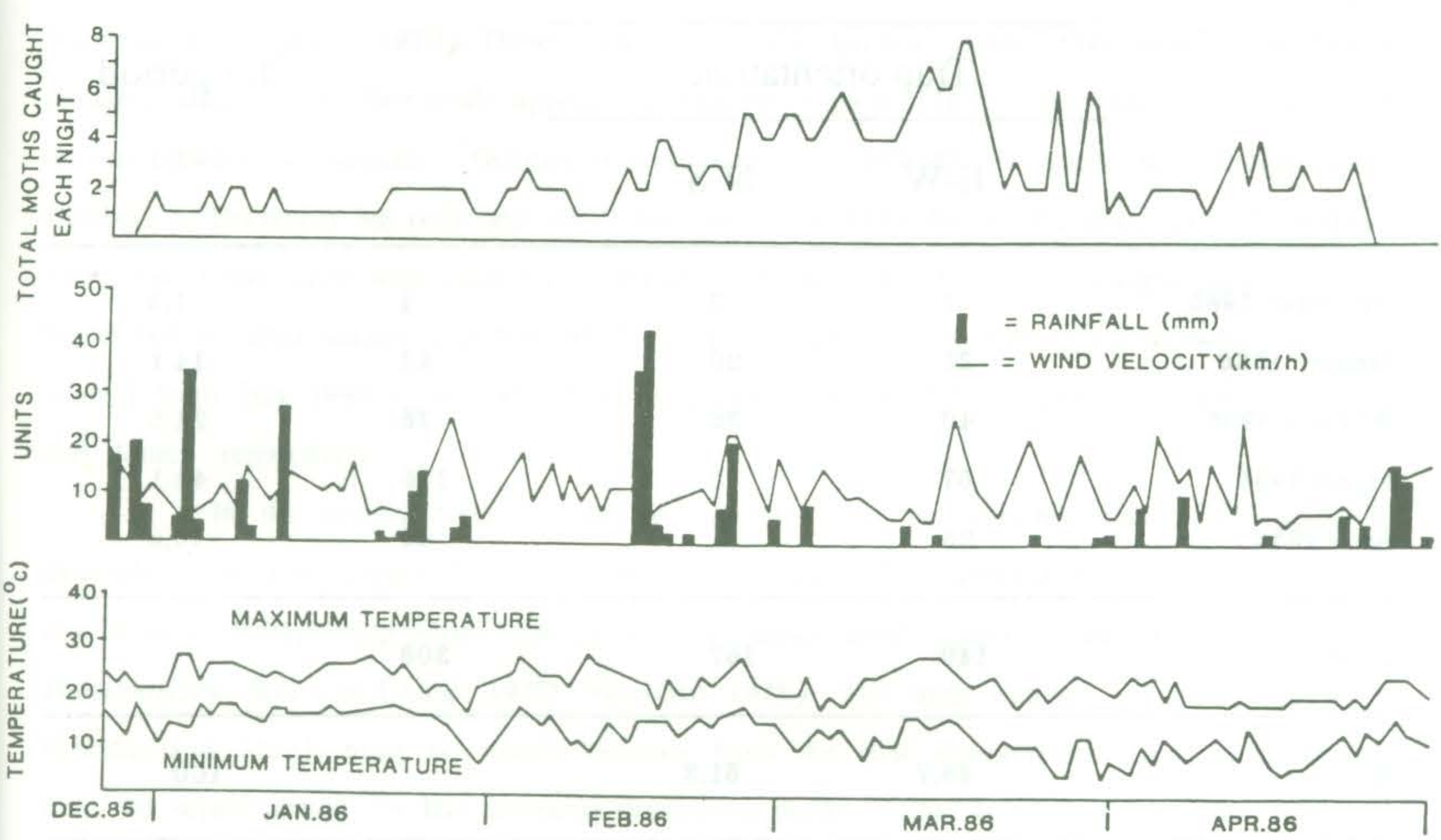


Figure 1 Relationship between numbers of H.armigera moths caught in pheromone traps and temperature, wind velocity and rainfall at palmerston North betwen December 25, 1985 and April 30, 1986.

It may be concluded that at Palmerston North between December 1985 and April 1986, numbers of moths caught was highest in March but that for individual days there was no significant effect of temperature, wind velocity or rainfall on trap catches.

Table 1 Pheromone traps catches of *H.armigera* moths in experimental plot area between December 1985 and April 1986

Period	Numbers of moths caught		Total	% of total
	Trap orientation			for period
	E-W	N-S		
December 1985	1	3	4	1.3
January 1986	23	20	43	14.1
February 1986	40	35	75	24.5
March 1986	57	78	135	44.1
April 1986	28	21	49	16.0
Total	149	157	306	
%	48.7	51.3		100

Table 2 Correlation coefficients (r) and probability (P) between environmental factors and pheromone trap catches of *H.armigera*.

	Moths caught per night	Maximum day T (°C)	Minimum night T(°C)	Wind velocity (km/h)	Rainfall (mm/day)
Moths caught per night		-0.0304 (p=0.37)	0.1247 (p=0.08)	0.1211 (p=0.09)	-0.1154 (p=0.10)
Mean	2.4	21.9	12.6	10.7	2.9
SD	1.759	2.903	3.8	4.962	7.311

DISCUSSION

The pattern of pheromone trap catches with few moths in December and rising to a peak in March was similar to the results from light traps run at Massey University in 1966-1969 (Gaskin, 1970; Spitzer, 1970). These authors reported that few moths (<10) were caught before January, although the first moth appeared in October. Gaskin (1970) also showed variation of catches between two seasons (October to September). In 1966-67, five moths were caught during October to December but only one moth was caught in 1967-68 in the same period. Gaskin's data showed that most were caught in February and March but none were caught during May to September in either season. Cumber(1951) also ran a light trap in Nelson (north-western South Island) from July 1949 to July 1950 but caught only 3, 3, and 7 H.armigera in January, February and March respectively.

In the present study it can be suggested that the very few moths (4) caught in December may have emerged from overwintering pupae. The number during this period may be low because of diapausing pupae from the previous season and/or pupal parasitism by the fungus, *Paecilomyces farinosus* (Alma, 1977; Valentine, 1975). The large number of moths caught in February and March must be mostly progeny from the first seasonal generation of larvae but may be supplemented by late emerging diapausing pupae. Other factors affecting the high trap catches in this period could be 1) optimum temperatures for moth activity, 2) the availability of food for adults in the from of suitable flowers, and 3) the various host plants providing attractive oviposition sites. Moths appearing in April may be from a second generation which mature and then produce a partial third generation of larvae many of which succumb to cold weather in late April and May. This pattern agrees with published descriptions of seasonal development in New Zealand (Valentine, 1975).

Mean daily maximum temperature, minimum night temperature, wind velocity and rainfall during the observation period were 21.9°c, 12.6°c, 10.68 km/h and 2.9 mm/day respectively (Table 2). Although individual meteorological parameters showed no significant correlation with catches of moths (see Table 2), more moths were caught when the minimum night temperature was greater than 10 °c, wind velocity was less than 20 km/h and ther was less than 8 mm rainfall (Figure 1). Gaskin (1964) set a light trap in Wellington during two summer seasons of 1962-64 and reported that factors affecting the flight of Noctuid moths in general were

temperature, wind speed and rain. Other studies have shown that the flight of moths after dark is more dependent on temperature than on other factors. Gaskin(1964) concluded that strong wind appears to operate as an inhibiting factor, but cold rain even without nuch wind is nearly always a sign that very few moths will be flying. Hartstack et al (1979) also showed that low teperature at night (<12.8°c) inhibits overall *Heliothis* moth activity including the courtship response and flight of male moths to pheromone traps. He considered that rain had little direct effect upon trap function, although heavy rain at night may hinder moth flight thus decrease trap catches.

REFERENCES

Alma, P.J. 1977. Forest and timber insects in New Zealand : *Heliothis armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) *Forest Research Institute.* No 9.

Cumber, R.A.1951. Flight records of Lepidoptera taken with a modified Rothamsted light trap operated at Paiaka. *New Zealand Journal of Science and Technology.* 33B: 187-190.

Gaskin, D.E.1964. Light-trapping for Lepidoptera in Wellington during two summer seasons: 1962-63 and 1963-64. *New Zealand Entomologist.* 3(3) : 28-32.

Gaskin, D.E. 1970. Analysis of light trap catches of Lepidoptera from Palmerston North, New Zealand in 1966-68. *New Zealand Journal of Science.* 13 : 482-499.

Hartstack, A.W.; D.E. Hendricks; J.D. Lopez; E.A. Stadelbacher; J.R. Phillips and K.A.Witz. 1979. Adult sampling. p. 105-131. *In Economic threshold and sampling of Heliothis species on cotton plants.* Southern Co-operative Series, Bulletin No.231

Helson, G.A.H. 1972. Corn earworm. *New Zealand Journal of Agricultural Science.* 124(1):39.

Kehat, M.; S.Gothilf; E.Dunkelblum and S. Greenberg. 1980. Field evaluation of female sex pheromone components of the cotton bollworm, *Heliothis armigera. Entomologia Experimentalis et Applicata.* 27(2) : 188-193.

Spitzer, K. 1970. Observations on adult activity of Noctuidae (Lepidoptera) during winter in the Manawatu, New Zealand. *New Zealand Journal of Science.* 13(2):185-190.

Valentine, E.W.1975. Tomato fruitworm, *Heliothis armigera* Huebner, life-cycle. *DSIR Information Series.* No. 105/9.

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา 33/17-18 ถ.หน้าเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น โทร.(043) 236344

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลง วารสาร " วิทยาศาสตร์ มข. "

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้า หรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน

2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวม หรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังตือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ

3. บทความแสดงข้อคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชนในด้านวิชการ เรื่องแปล ข่าววิชาการ ย่อความจากงานวิจัยค้นคว้าหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ ต้องพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดีด หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ มีช่วงห่างระยะบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสั้น) โดยใช้กระดาษด้านเดียว ความยาวไม่เกิน 10 หน้า ส่งต้นฉบับ 2 ชุด การส่งต้นฉบับพร้อมดิสเก็ต จะได้รับคำขอบคุณเป็นพิเศษ

2. ต้นฉบับ จะพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับเท่านั้นโดยไม่ส่งคืน ผู้เขียนควรทำสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตัวเอง 1 ฉบับ

3. ต้นฉบับ ต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และการใช้ภาษา รวมทั้งมีความสมบูรณในรูปแบบพร้อมที่จะนำลงตีพิมพ์ได้

4. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ไม่ยาวเกินไป และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น

5. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ พร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน

6. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วน หรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้น ให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้ และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน

7. ในกรณีของบทความวิจัย ต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์

8. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็น เพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ใจความ เฉพาะตอนในบทควงาม ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถ ให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย

9. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตาราง หรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่าย ให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสการ์ด การใช้ภาพสีต้องได้รับความเห็นชอบจากบรรณาธิการก่อนภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจน และมีขนาดที่เหมาะสม

10. เอกสารอ้างอิง หรือ เขียนตามแบบสากลนิยม

ส่งต้นฉบับมาที่

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อภินันทนาการสำหรับผู้เขียน

เรื่องที่ได้รับการตีพมิพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

สารบัญ

ข่าววิทยาศาสตร์

มารู้จัก " ดีเอ็นเอ เกลียวสามสาย " กันเถอะ 185 – 186

แรด : หนึ่งในสัตว์ป่าที่ใกล้สูญพันธุ์จากโลก

.....เพ็ญประภา เพชรบูรณิน 187 – 192

อโวกาโดรและจำนวนอโวกาโดร

.....สุวิน บุศราคำ 193 – 199

โมโนโคลนอล แอนติบอดี เทคโนโลยี 2
เทคนิคการตรวจหาไฮบริโดม่า และประโยชน์ของ
โมโนโคลนอน แอนติบอดี

.....กรกช อินทราพิเชฐ 200 – 207

Pheromone trapping of Heliothis Armigera
At Palmerston North, New Zealand

.....Nathawut Thanee, Peter G.Fenemore 208 – 214