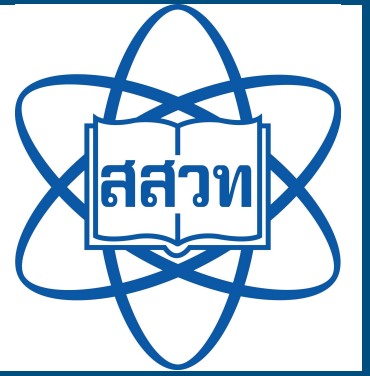




ข้อเสนอ

การเพิ่มประสิทธิภาพ PCR เพื่อการคัดกรอง COVID-19 แบบก้าวกระโดด

ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิ้มปิ๋นงศ์

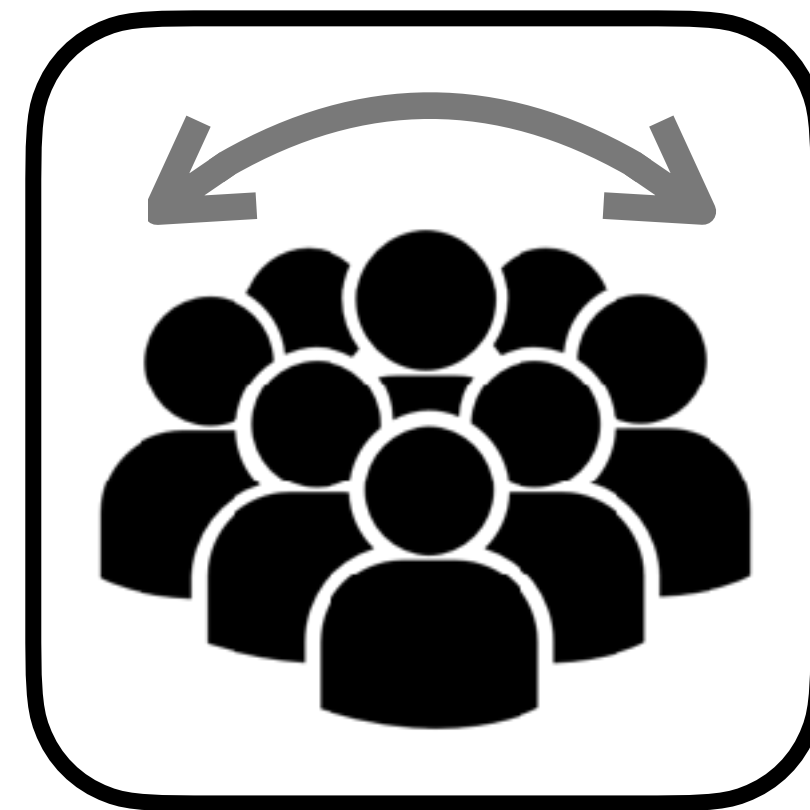
ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ

COVID-19 อาจอยู่กับคนไทยไปอีกยาว



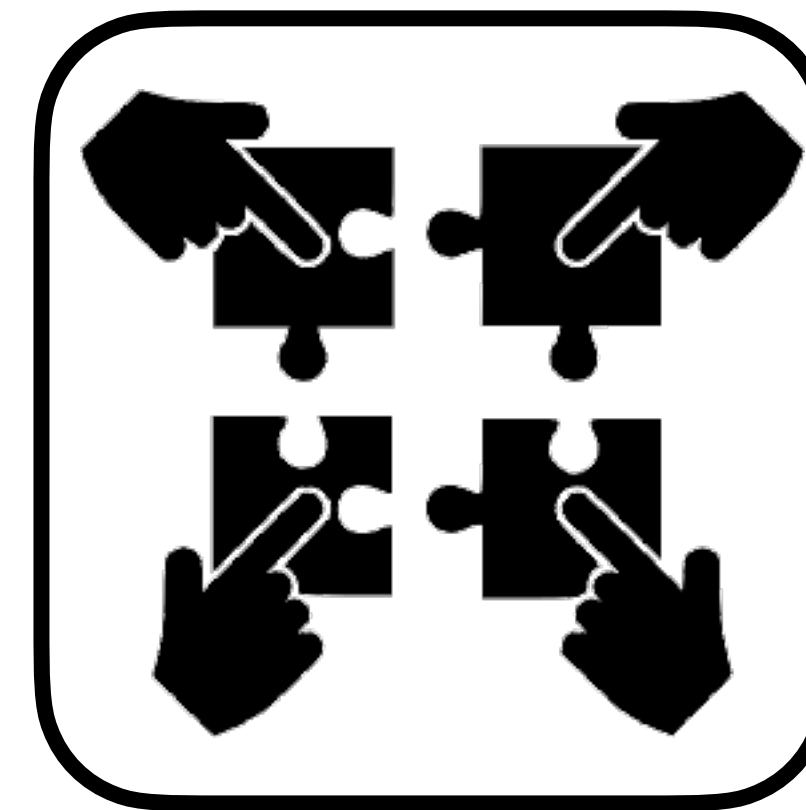
ขาดวัคซีน

อาจใช้เวลาเป็นปี
ในการผลิตและแจกจ่าย
ให้ทั่วถึง



คนมีภูมิคุ้มกัน มีไม่มากพอ

ประมาณการว่า
การระบาดในไทยจะหยุด
ถ้าคนมีภูมิคุ้มกัน
ประมาณ 20-40 ล้านคน



ขาดความร่วมมือ

รัฐและประชาชน
ต้องร่วมมือกัน
เพื่อให้การระบาดเกิดช้าที่สุด



ไม่รู้ว่าใครเป็น

ผู้ติดเชื้อที่แสดงอาการ
มีน้อยกว่า 10%
ทำให้สามารถแพร่เชื้อต่อได้



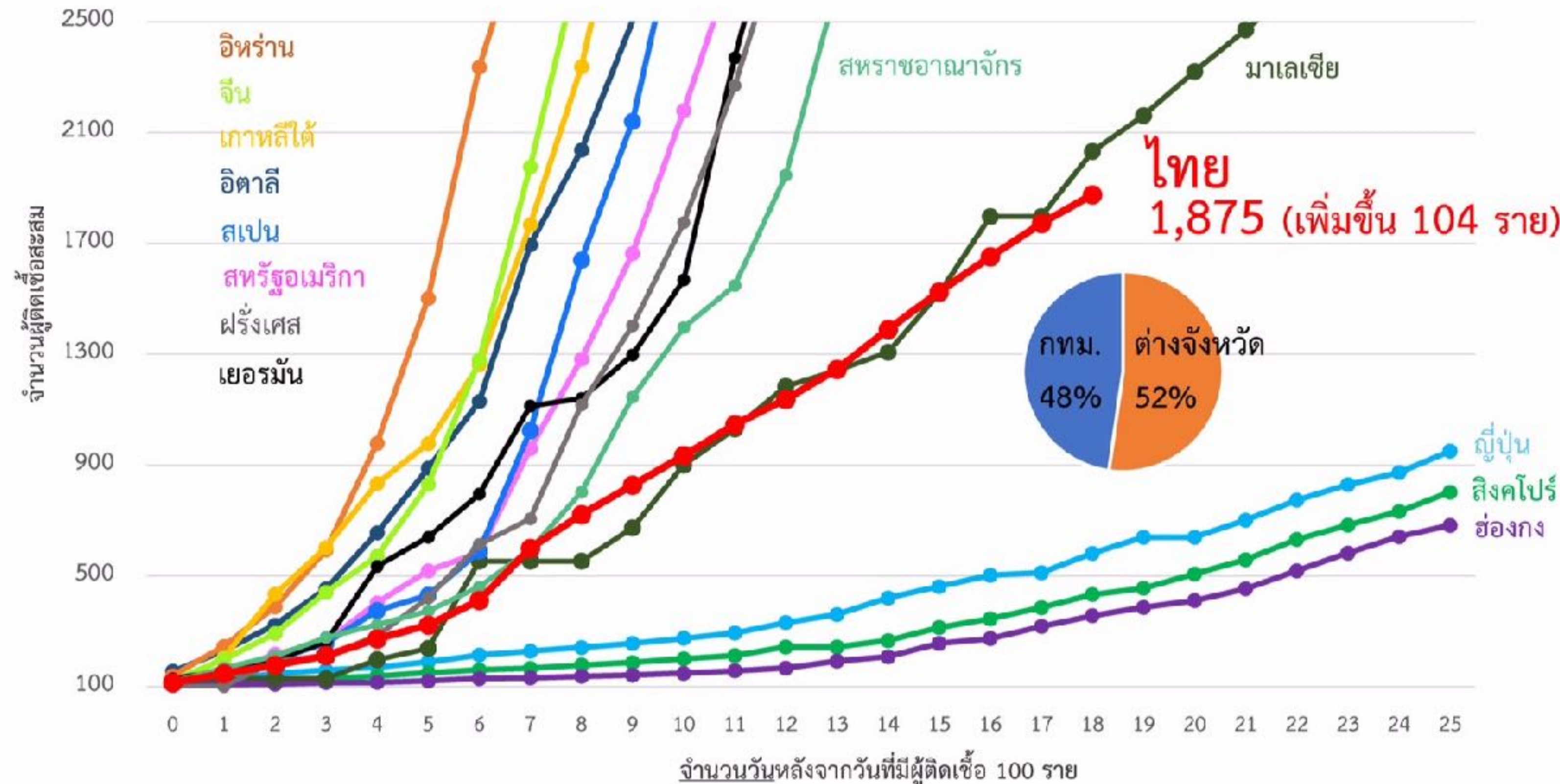
ทำไมไม่รู้ว่าใครเป็น

MHESI
กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation



จำนวนผู้ติดเชื้อนับจากวันที่มีผู้ติดเชื้อถึง 100 ราย (ของไทยเริ่มจากวันที่ 15 มี.ค. 63)

สถานการณ์วันที่ 2 เมษายน 2563



แหล่งข้อมูล: สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.), กรมควบคุมโรค, Johns Hopkins University, องค์การอนามัยโลก (WHO)

จำนวนผู้ป่วยของไทย เพิ่มขึ้น
ด้วยจำนวนเท่าๆ กันทุกวัน
เพราะโรคหยุดระบาด
หรือ
เราตรวจได้จำกัดในแต่ละวัน?

รู้ไหม ใครติดเชื้อ? ความสามารถในการตรวจ COVID-19 ต่อวัน เป็น **ปัญหาคอขวด**

จำนวนครั้งการตรวจ COVID-19 ในประเทศไทย				
วันที่	ตรวจได้ ต่อวัน	ติดเชื้อ	%ติดเชื้อ ต่อ ผลตรวจ	รวมผลตรวจ สะสม
27 มีนาคม	303	91	30.03%	6719
26 มีนาคม	714	111	15.55%	5841
25 มีนาคม	464	107	23.06%	5285
24 มีนาคม	591	106	17.94%	4754
23 มีนาคม	643	122	18.97%	4125
22 มีนาคม	462	188	40.69%	3886
21 มีนาคม	412	89	21.60%	3766
20 มีนาคม	545	50	9.17%	3505
19 มีนาคม	356	60	16.85%	3109
18 มีนาคม	344	35	10.17%	2893
17 มีนาคม	95	30	31.58%	2626
16 มีนาคม	669	33	4.93%	2220

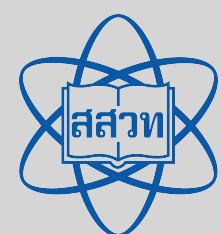
เราคิดว่า

คนไทยอาจติดเชื้อ 30,000 - 300,000 คน
แต่ในความเป็นจริง อาจมีประชากรติดเชื้อ
มากกว่า **1,000,000** คน !?!



จำเป็นต้อง**เพิ่มประสิทธิภาพ**
การคัดกรองอย่างน้อย 3 เท่า

ห้องปฏิบัติการ
ในประเทศไทย ตรวจเชื้อ COVID-19
รวมกันได้เพียง < 1,000 คน/วัน



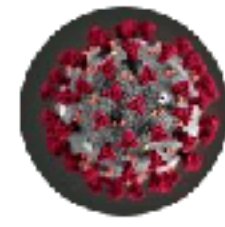
เพิ่มประสิทธิภาพได้ : สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ทำได้แล้ว



• Live
Coronavirus pandemic



• Live
How markets are reacting



Sign Up
CNN's coronavirus newsletter

11:08 a.m. ET, March 31, 2020

German scientists have developed a coronavirus testing method that could increase test capacity tenfold

From CNN's Fred Pleitgen in Berlin

German scientists have developed a method that could dramatically increase the capacity to test for coronavirus, the Science Ministry of the German State of Hessen says.

The new method allows for several samples to be evaluated at once, the Ministry wrote in a press release, adding that this will allow for an “increase in the test capacity in Germany from about 40,000 tests per day to about 200,000 to 400,000 tests per day without any loss of quality in the diagnostics.”

Normally, the various swabs taken during current tests from the mouth and nose area and all separately evaluated. With the new method, scientists put several of the probes into a single, special solution and test them with the so-called PCR method, which directly detects the SARS-CoV-2 genome. If the total result is negative, then it is clear that the separate swabs are all negative, the press release says and adds, “if the result is positive, then all the swabs have to be evaluated separately.”

'200,000 tests a day': Germany pushes to expand coronavirus testing

The Local
news@thelocal.de
@thelocalgermany

27 March 2020
11:32 CET+01:00

coronavirus

health

living in germany

Share this article



A woman receiving a nasal swab at a drive-in for coronavirus testing in Munich. Germany's Interior Ministry is pushing for more people to do the tests themselves in future. Photo: DPA

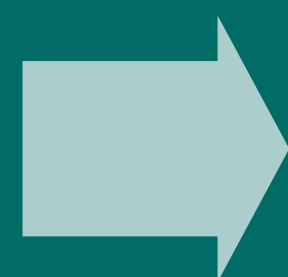
สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน
สามารถเพิ่ม การคัดกรองจาก
40,000 ตัวอย่างต่อวัน เป็น
200,000-400,000 ต่อวัน
โดยมีคุณภาพทัดเทียมแบบเดิม

จาก

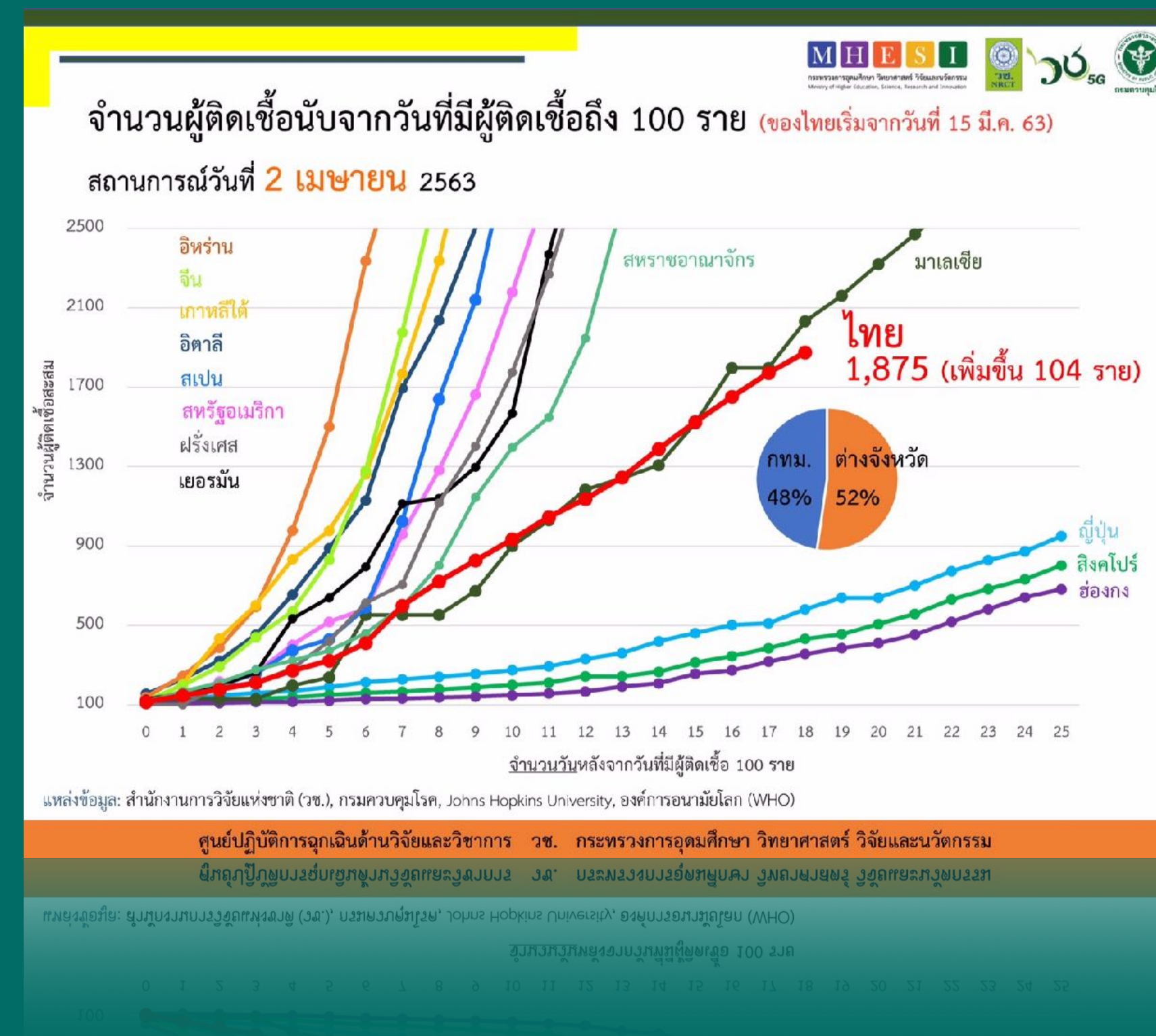
โจทย์คณิตศาสตร์



หาลูกที่น้ำหนักมากกว่าลูกอื่นอย่างไร
ให้ชั่งน้อยครั้งที่ที่สุด???

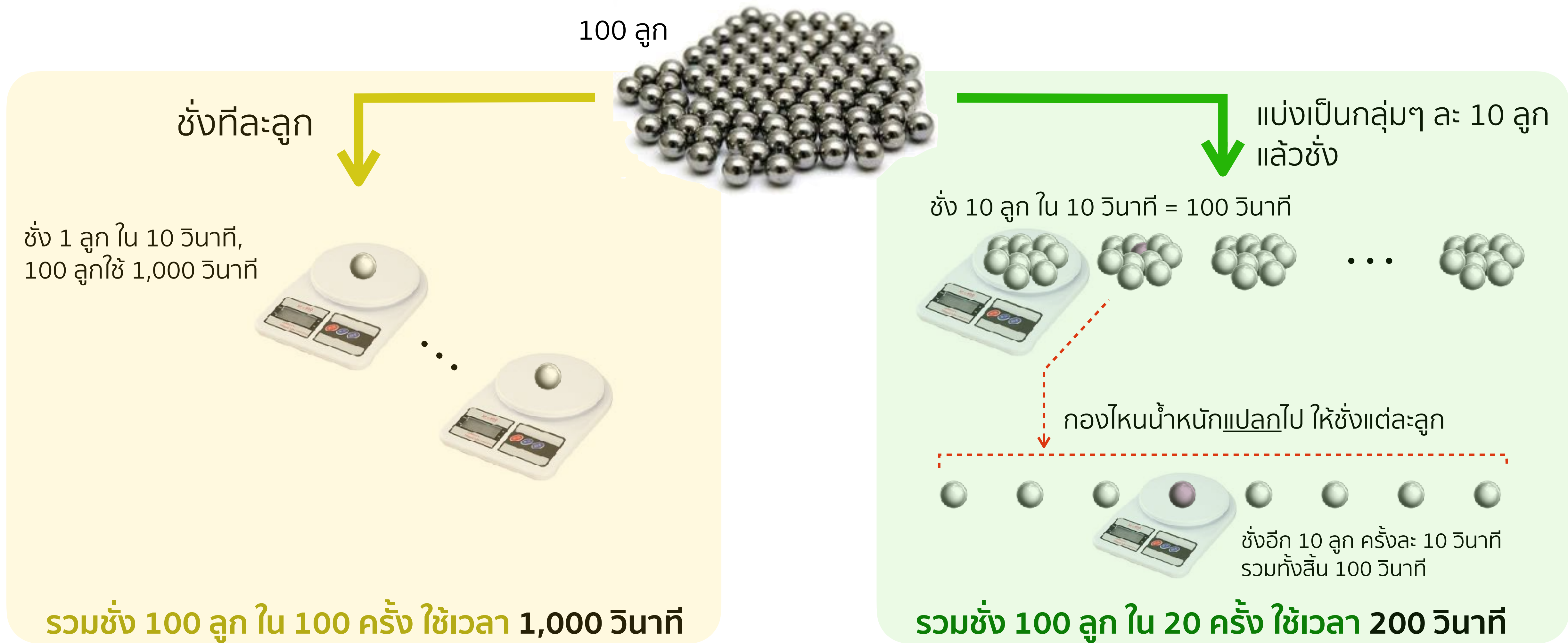


สู่... ทางออกระดับชาติ



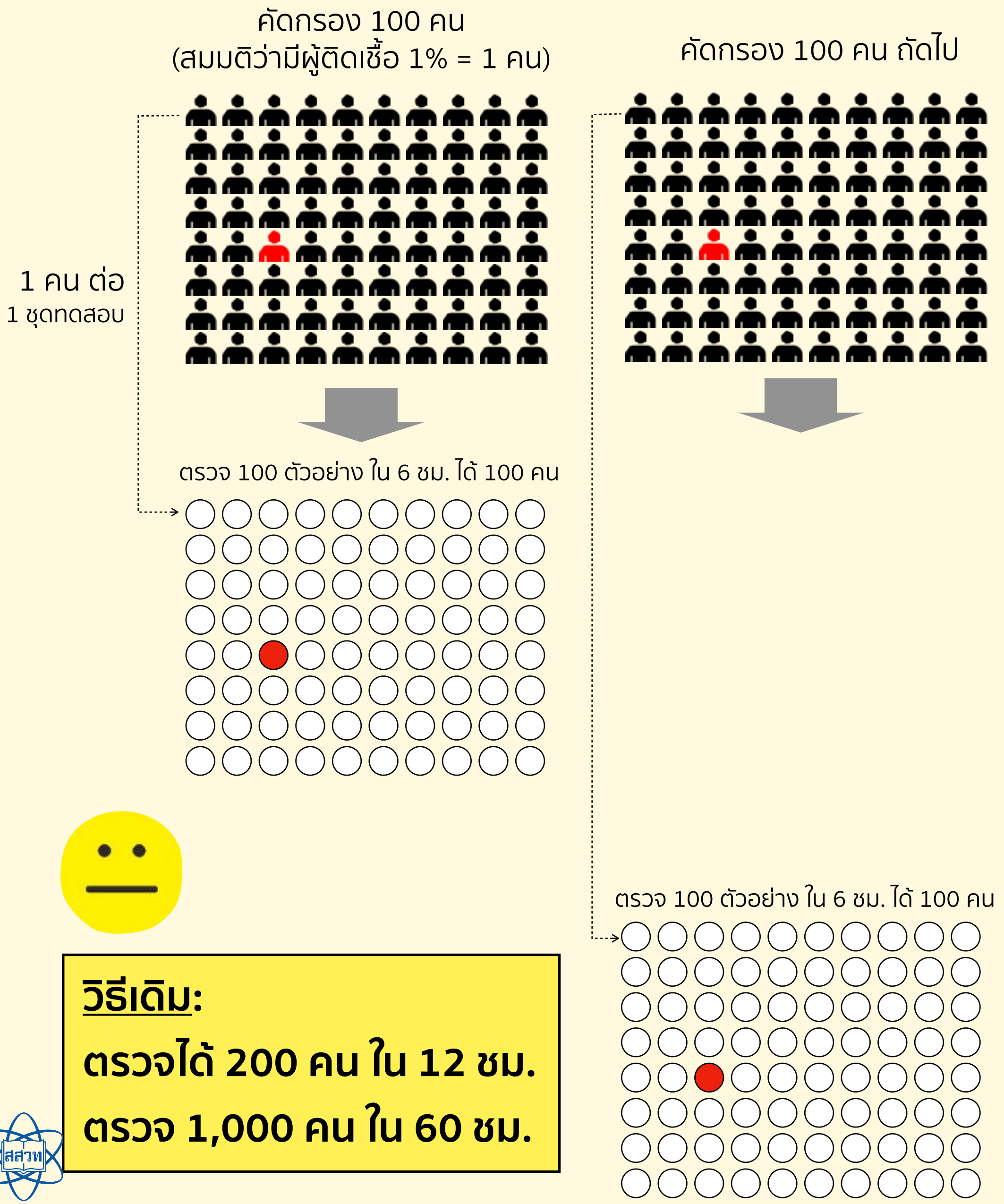
ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน คัดลูกเหล็กที่น้ำหนักไม่ได้มาตรฐาน ออกจากกองได้อย่างไร

ให้ใช้การทดสอบ**น้อยครั้งที่สุด**

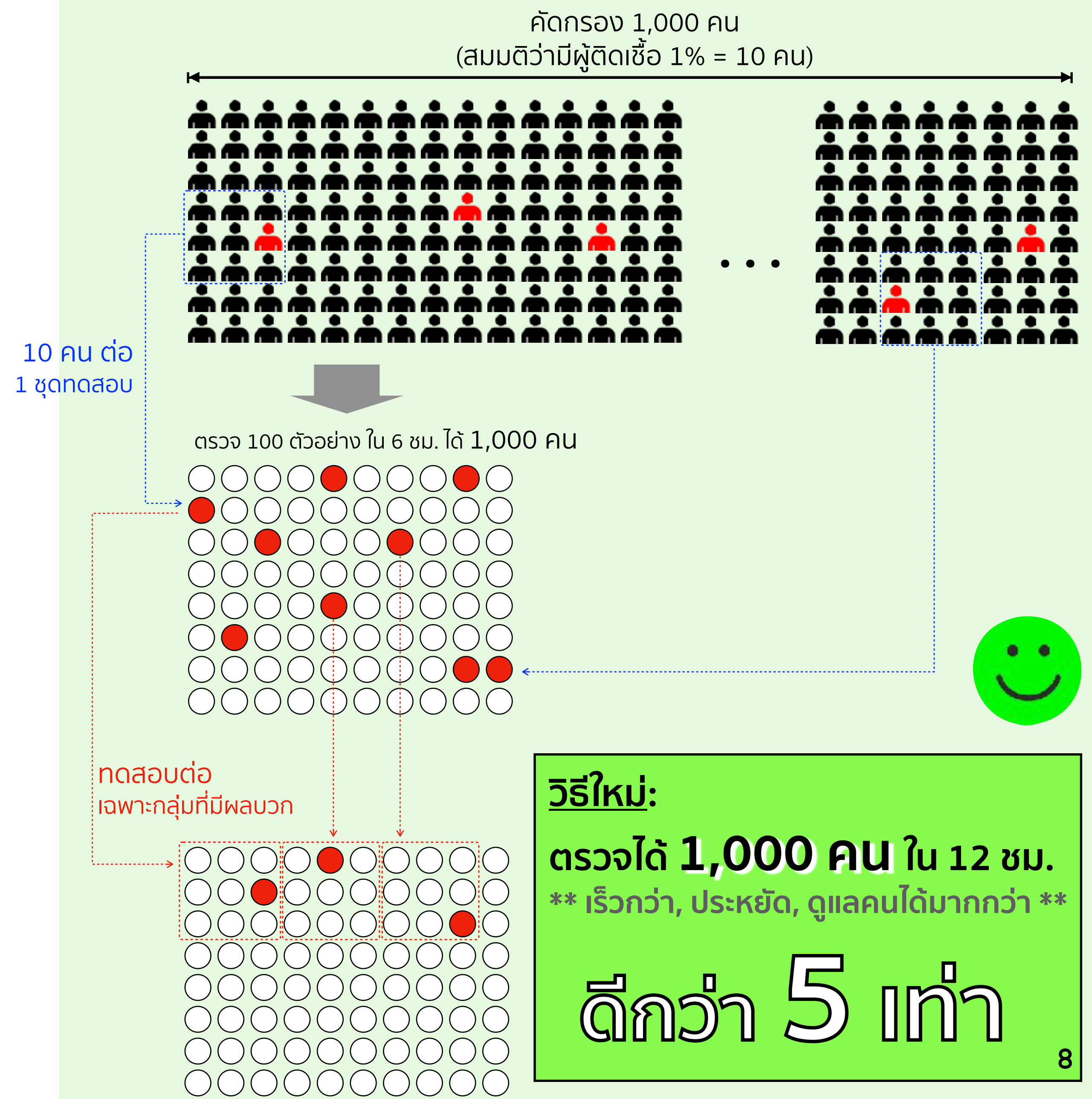


ประสิทธิภาพ ต่างกัน 5 เท่า

วิธีเดิม: ตรวจแยก 1 คน ต่อ 1 ชุดทดสอบ



วิธีใหม่: รวมตรวจ ต่อ 1 ชุดทดสอบ





ควรแบ่งเป็นกลุ่มละกี่คน → แก้อิทธิพลคณิตศาสตร์อย่างง่าย

สมมติให้ จำนวนตัวอย่างจากคนที่รอตรวจ = x
จำนวนตัวอย่างที่จะนำเชื่อมารวมเป็น 1 กลุ่ม = c
โอกาสในการเจอเชื้อ = p



การตรวจชั้นแรกจะใช้การตรวจ $\frac{x}{c}$ ครั้ง

แต่ละกลุ่มจะมีโอกาสตรวจพบเชื้อ pc

จาก $\frac{x}{c}$ กลุ่ม → กลุ่มตามความน่าจะเป็นที่จะต้องตรวจ = $\frac{x}{c} * pc$
 $= xp$

แต่ละกลุ่มเกิดจากการรวมตัวอย่าง c ตัว จึงต้องตรวจอีก xcp ครั้ง

รวมครั้งที่ตรวจใน 2 ชั้น = $\frac{x}{c} + xcp = x \left(\frac{1}{c} + cp \right)$

∴ จำนวนครั้งที่ตรวจ $n = x \left(\frac{1}{c} + cp \right)$

ต้องหาค่า c ที่ทำให้ค่าในวงเล็บน้อยที่สุด สำหรับค่า p ต่างๆ

หมายเหตุ: 1. ปัจจุบัน $n = x$

2. หากนับรวมโอกาสการตรวจพบเชื้อมากกว่าหนึ่งในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งมีโอกาสเกิดมากขึ้นในกรณีที่ p สูงๆ การประมาณค่า "โอกาสตรวจพบเชื้อในกลุ่มว่าเป็น pc " ควรแทนด้วย $1 - (1-p)^c$ ซึ่งจะเพิ่มศักยภาพในการตรวจขึ้นอีกเล็กน้อย แต่ผลลัพธ์ไม่เปลี่ยนแปลง
(credit: Manaschai Kunaseth และ Chatavut)

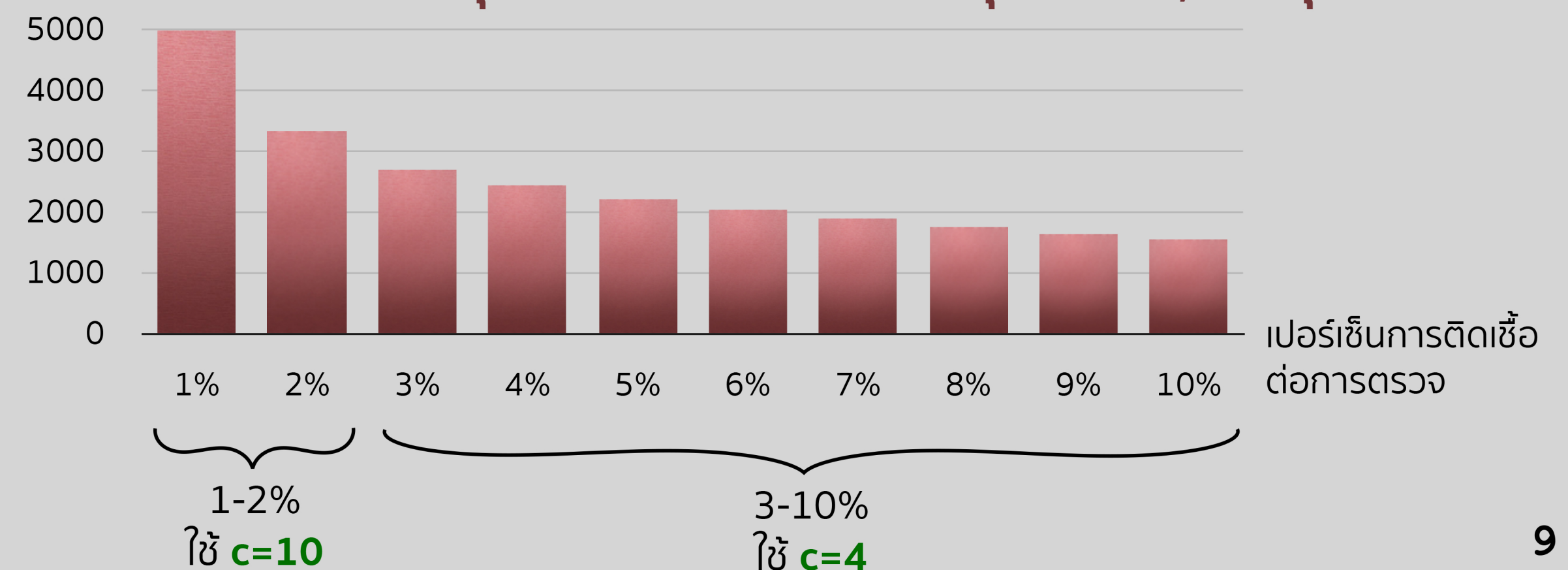
Example : ศักยภาพในการตรวจของชุดทดสอบ

ตารางแสดงค่าจำนวนตัวอย่างที่ตรวจได้ (x) เมื่อสามารถตรวจได้ $n=1,000$ ครั้ง

โอกาส ติดเชื้อ (p)	จำนวนตัวอย่างที่จะนำเชื่อมารวมเป็น 1 กลุ่ม (c)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1%	1923	2752	3448	4000	4412	4698	4878	4972	5000
2%	1852	2542	3030	3333	3488	3535	3509	3435	3333
3%	1786	2362	2703	2857	2885	2834	2740	2624	2500
4%	1724	2206	2439	2500	2459	2365	2247	2123	2000
5%	1667	2069	2222	2222	2143	2029	1905	1782	1667
6%	1613	1948	2041	2000	1899	1777	1653	1536	1429
7%	1563	1840	1887	1818	1705	1580	1460	1349	1250
8%	1515	1744	1754	1667	1546	1423	1307	1203	1111
9%	1471	1657	1639	1538	1415	1294	1183	1086	1000
10%	1429	1579	1538	1429	1304	1186	1081	989	909

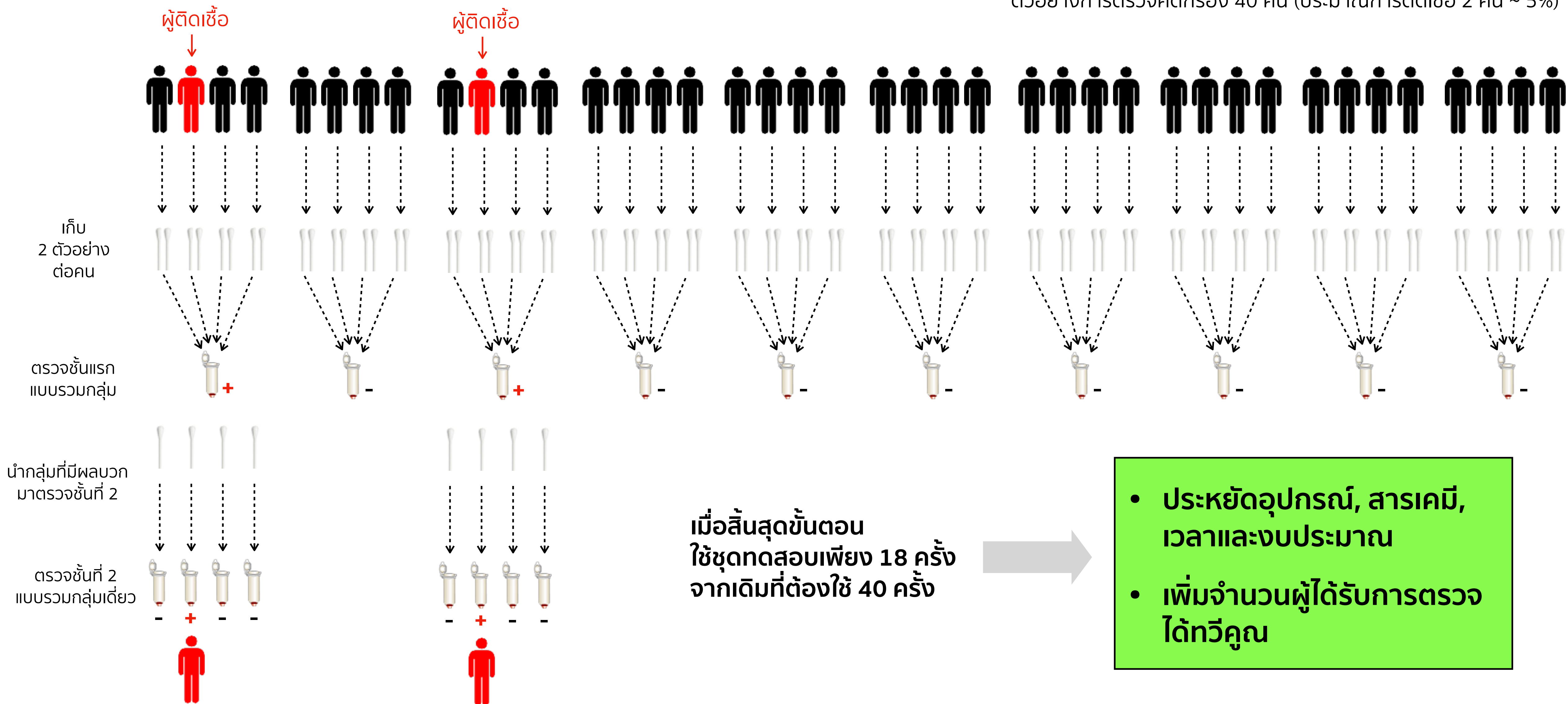
ค่า c ที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละ p ได้ highlight ด้วยสีแดง

จำนวนคนในกลุ่มเสี่ยงที่ตรวจได้ในการใช้ชุดตรวจ 1,000 ชุด



ตัวอย่าง : กระบวนการรวมตัวอย่างทดสอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคัดกรองฯ

ตัวอย่างการตรวจคัดกรอง 40 คน (ประมาณการติดเชื้อ 2 คน ~ 5%)



บทสรุป : การเพิ่มประสิทธิภาพโดยการรวมตัวอย่างทดสอบ

- เก็บตัวอย่างเชื้อ (swab) 2 ตัวอย่างต่อคน
- ประสิทธิภาพ % ติดเชื้อต่อการตรวจ ให้ใกล้เคียงความจริงที่สุด เช่น
 - ถ้ามี 1-2% จัดให้รวม 10 ตัวอย่างทดสอบ
 - ถ้ามี 3-10% จัดให้รวม 4 ตัวอย่างทดสอบ
- ควรจัดให้มีห้องปฏิบัติการทดสอบนำร่อง เพื่อทำการทดลองหาเงื่อนไขที่ดีที่สุด โดยใช้หลักการรวมกลุ่มตัวอย่าง
- ประหยัดอุปกรณ์, สารเคมี, เวลาและงบประมาณ
- เพิ่มความสามารถในการตรวจ
ช่วยคนไทยได้มากขึ้น



จากนิทานเดิมพันข่าวสารหนึ่งเมล็ดเพิ่มทวีคูณ สู่คำอธิบาย R_0 (R-naught) ของโควิด-19 / ทำไมการ์ดอย่าตก



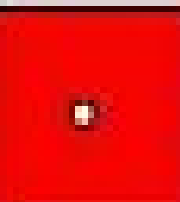
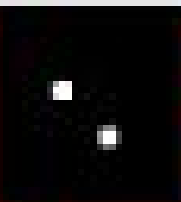
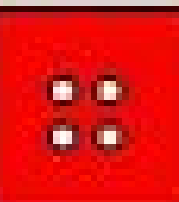
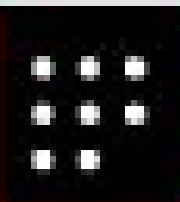
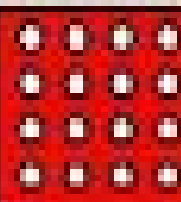
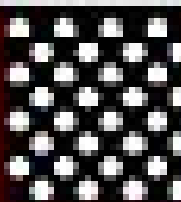
วันนี้มาดูคณิตศาสตร์มัธยมต้นเรื่องเลขยกกำลังกันบ้าง เรื่องนี้คงเป็นยาขมของหลายคนเพราะในชั้นเรียนอาจจะมั่วแต่เมา มันแก้สมการตัวแปรกันจนไม่ได้ดูพลังที่แท้จริงของมัน นิทานเลขยกกำลังที่ผมชอบคือเรื่องกษัตริย์กฤษณะกับพัล (ขอปรับเปลี่ยนนิดหน่อยให้เข้ากับเรื่องที่จะเทียบต่อไปครับ)

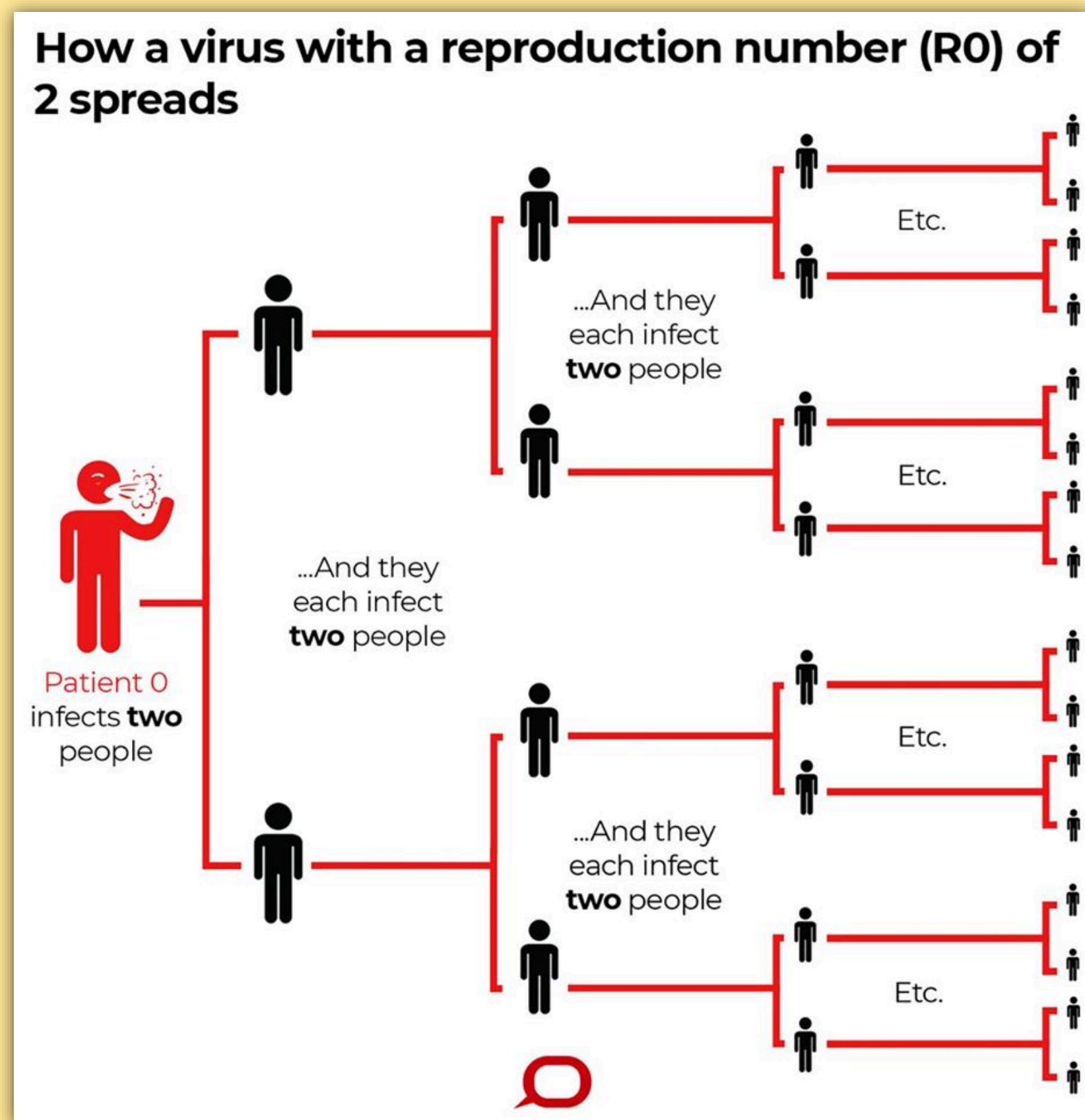
เรื่องมีอยู่ว่าในราว ค.ศ. 1800 กษัตริย์กฤษณะชอบหมากรุกเป็นชีวิตจิตใจและเป็นมือชั้นเทพ ได้ยินชื่อเสียงว่าพัลเป็นนักปราชญ์ที่เก่งหมากรุกในแดนไกล จึงได้ส่งทหารไปเชื้อเชิญพัลมาประลองกัน พัลทราบมานานแล้วว่ากษัตริย์กฤษณะเก่งหมากรุกชนิดหาตัวจับได้ยาก จึงรีบรับคำท้าและเดินทางมาประลองตามคำเชิญ เมื่อมาถึง กษัตริย์กฤษณะดีใจมากและเห็นแก่ความตั้งใจของพัลที่เดินทางมาไกล จึงให้พัลสามารถขอรางวัลเติมพันหากชนะ พัลคิดสักพัก ก็บอกว่า อันที่จริงได้มาเล่นหมากรุกกับท่านก็เป็นเกียรติอย่างยิ่งแล้ว หากชนะขอรางวัลเป็นข้าวสารก็แล้วกัน โดยขอว่าให้ผ่อนจ่าย โดยในสัปดาห์แรกให้ให้รางวัลเขาเป็นข้าวสาร 1 เมล็ด วางในตารางที่ 1 ของกระดานหมากรุก สัปดาห์ต่อมาวางข้าวสาร 2 เมล็ด ในตารางที่ 2 สัปดาห์ต่อมาวางข้าวสาร 4 เมล็ด ในตารางที่ 3 และในสัปดาห์ต่อไปก็เพิ่มเป็นสองเท่าของสัปดาห์ก่อนหน้านี้ ไปเรื่อยๆ จนครบ 64 ตารางหมากรุก แล้วจึงค่อยจัดส่งให้ กษัตริย์กฤษณะตอบรับแถมยังหัวเราะชอบใจแล้วบอกว่าท่านพัลช่างมักน้อยจริงๆ ทั้งคู่จึงเริ่มเล่นหมากรุกโดยมีเสนาบดีน้อยใหญ่เป็นกองเชียร์ ผลปรากฏว่าพัลชนะ ซึ่งกษัตริย์กฤษณะ ณ นานานั้น รู้ลึกเพียงเสียเชิง หาว่าไม่ว่าในอีกไม่กี่สัปดาห์จะหมดตัว และ ไม่มีทางที่จะหาข้าวมาเติมตารางหมากรุกได้ครบ อีกด้วย



เรื่องนี้เป็นเรื่องของเลขยกกำลัง ซึ่งหากคำนวณจำนวนเมล็ดข้าวที่ทวีคูณขึ้นเรื่อยๆ จะพบว่าแรกๆ จะยังไม่เท่าไร แต่หลังจากนั้นจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว ที่เรียกกันว่า Exponential Growth คือ 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, ... ตารางสุดท้ายหากคุณไปเรื่อยๆ จะจบที่ 2^{64} หรือ 18,446,744,073,709,551,616 เมล็ด ซึ่งเยอะกว่าข้าวในจักรวาล (จริงๆ แล้วแถวๆ กลางๆ กระดานก็ไม่มีข้าวในจักรวาลจะเต็มละ) แปลว่า กษัตริย์กฤษณะ จะหมดตัวราวๆ สัปดาห์ที่ 30-

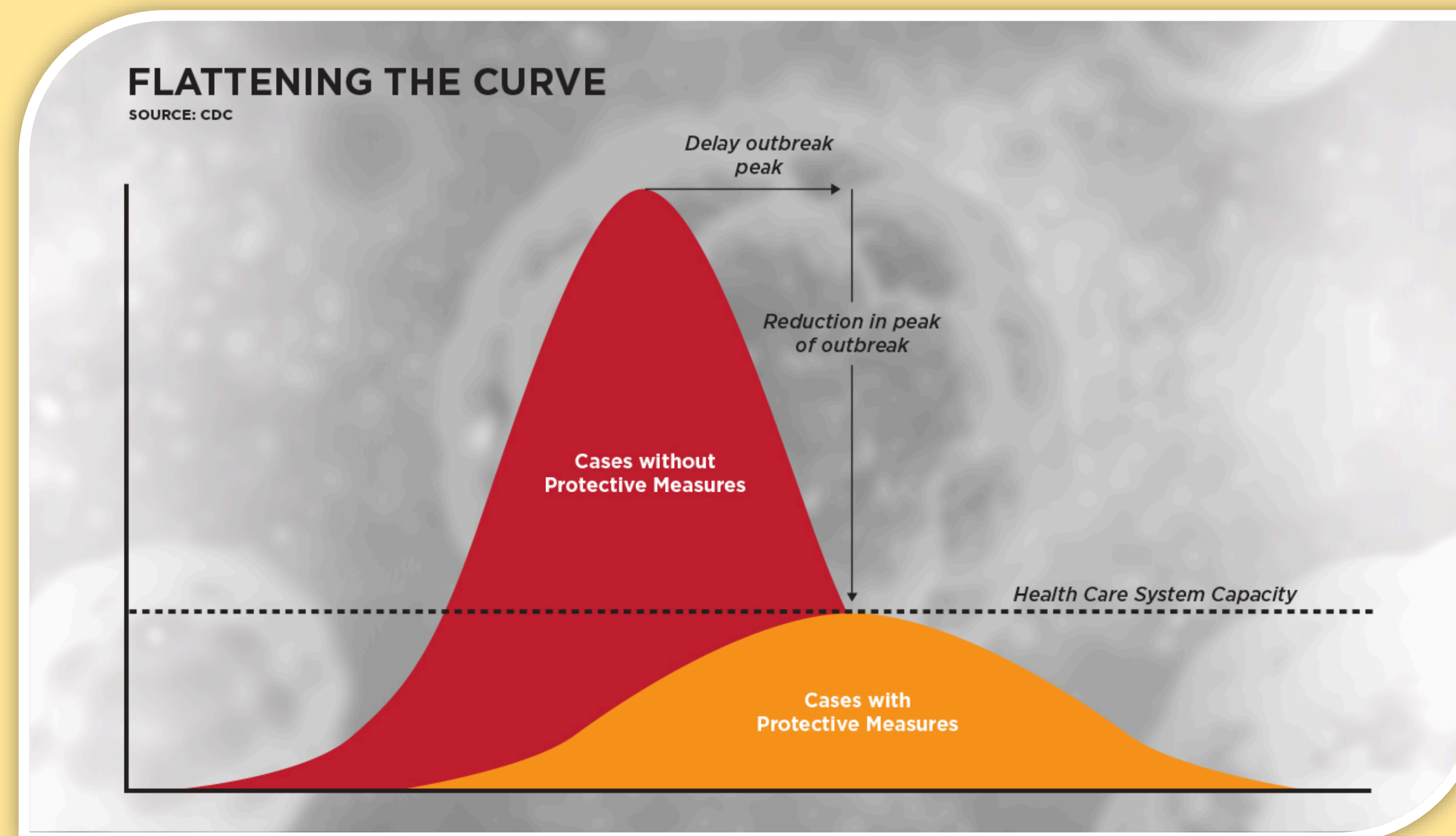
40

							128
256	512	1,024	2,048	4,096	8,192	16,384	32,768
64K	128K	256K	512K	1M	2M	4M	8M
16M	32M	64M	128M	256M	512M	1G	2G
4G	8G	16G	32G	64G	128G	256G	512G



คราวนี้มาดูเรื่องโควิด-19 กันบ้าง การระบาดของโรคก็หลักการเดียวกันครับ ใช้การทวีคูณของข่าวสารแทนการทวีคูณของคนติดโรคได้เลย โดยคนหนึ่งคน ตลอดช่วงการเป็นโรค (ประมาณ 1-2 สัปดาห์) ให้ประมาณว่าจะไปติดคนอื่นอีกกี่คน เรียกว่า R0 ซึ่ง ได้ประมาณกันไว้ว่าถ้าใช้ชีวิตตามปกติ R0 ของโรคนี้ อยู่ที่ 2.4 แปลว่าโดยเฉลี่ยคนเป็นโรคคนนึงจะไปติดให้คนอื่นเป็นต่ออีก 2.4 คน ใน 1-2 สัปดาห์ ดังนั้น ถ้าเราคิดประมาณว่า $R0 = 2.0$ และระยะเวลาของการเป็นโรคคือ 1 สัปดาห์ การเพิ่มของคนเป็นโรคก็เหมือนการเพิ่มของเมล็ดข่าวสารในแต่ละสัปดาห์เป๊ะ นั่นคือถ้าเราดูจากตารางในสัปดาห์ที่ 27 นับจากวันที่มีคนติดเชื้อคนแรกเข้ามาในประเทศ คนจะเป็นโควิด-19 อยู่ 64 ล้านคน คือเป็นทั้งประเทศ ดังนั้น เป็นหน้าที่ของเราที่จะต้องร่วมมือกับนโยบายของรัฐ ไม่ว่าจะเป็นการ ไม่สังสรรค์ ช่วยกันล้างมือบ่อยๆ สวมหน้ากากอนามัย work from home และ Social distancing และหากใครกำลังเป็นโควิด-19 หรือ สงสัยว่าจำเป็นต้องเก็บตัวไม่แพร่เชื้อต่อ ทั้งหมดนี้เพื่อให้ R0 ต่ำที่สุดเท่าที่จะต่ำได้ ซึ่งถ้าทำให้ค่า R0 ต่ำกว่า 1.0 ได้คือผู้ติดเชื้อลดลงเรื่อยๆ

ดังนั้น เป็นหน้าที่ของเราที่จะต้องร่วมมือกับนโยบายของรัฐ ไม่ว่าจะเป็นการ ไม่สังสรรค์ ช่วยกันล้างมือบ่อยๆ สวมหน้ากากอนามัย work from home และ Social distancing และหากใครกำลังเป็นโควิด-19 หรือสงสัยว่าเป็นต้องเก็บตัวไม่แพร่เชื้อต่อ ทั้งหมดนี้เพื่อให้ R_0 ต่ำที่สุดเท่าที่จะต่ำได้ ซึ่งถ้าทำให้ค่า R_0 ต่ำกว่า 1.0 ได้คือผู้ติดเชื้อลดลงเรื่อยๆ



ดังนั้น เราไม่สามารถให้การวัดกลับไปที่ค่า R_0 เป็นสองหรือสูงกว่าได้ ...ไม่เช่นนั้น ท้ายสุดคือ เป็นกันทั้งประเทศครับ



ขอขอบคุณ

บันทึกในโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

กระทรวงศึกษาธิการ