

สำหรับการประยุกต์ใช้วิชาชีวสารสนเทศ (bioinformatics) นั้น ขอเอาเรื่อง หิ่งห้อย มา เป็นกรณีศึกษานะครับ

จากข้อมูล หิ่งห้อยทำไมจึงมีแสง จากเว็บ ครูบ้านนอก.คอม

<https://www.kroobannok.com/18791>

ทำให้ทราบว่า หิ่งห้อย สร้างสาร ลูซิเฟอริน (Luciferin) และใช้เอนไซม์ชื่อ ลูซิเฟอเรส (Luciferase) ในการเร่งปฏิกิริยา

หิ่งห้อยทำไมจึงมีแสง

แสงที่เกิดจากหิ่งห้อยเป็นแสงที่ไม่มีความร้อน เราเรียกแสงที่เกิดขึ้นโดยปราศจากความร้อนว่า แสงนวล (Luminescence) แสงในตัว หิ่งห้อยเกิดจากสารลูซิเฟอริน (Luciferin) ซึ่งจะรวมตัวกับออกซิเจนในขณะที่เกิดปฏิกิริยาแสงสว่าง แต่ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีสารลูซิเฟอเรส (Luciferase) อยู่ด้วย ลูซิเฟอเรสทำหน้าที่เป็นตัวช่วย (catalyst) ให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นเท่านั้นปริมาณแสงสว่างที่เกิดจากหิ่งห้อยมีน้อยมาก คือเพียงประมาณ

1 ใน 1,000 ของแสงสว่างจากเทียนไขธรรมดา เราสามารถประดิษฐ์แสงแบบนี้ได้ในห้องทดลอง แต่สารทั้งสองคือ ลูซิเฟอริน และลูซิเฟอเรส ต้องได้มาจากตัวหิ่งห้อยโดยตรง เพราะนักเคมียังไม่สามารถสังเคราะห์สารทั้งสองนี้ได้

สงสัยไหมทำไมหิ่งห้อยถึงมีแสง

หิ่งห้อยมีแสงในตัวเพราะมีสารพิเศษวันนี้ได้คำตอบแล้วว่าทำไมหิ่งห้อยถึงมีแสง แล้วตัวผู้กับตัวเมียอันไหน แสงสวยกว่ากัน หิ่งห้อยนำจืดกับหิ่งห้อยนำกร่อยก็ตัวไม่เท่ากัน

แสงของหิ่งห้อยเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของสาร Luciferin ซึ่งอยู่ในอวัยวะทำแสง ทำปฏิกิริยาโดยใช้ หลอดลม มีเอนไซม์ Luciferase เป็นตัวกระตุ้นและมีสาร Adenosine triphosphate (ATP) เป็นตัวให้พลังงาน สำหรับเรื่องความสวยงามของการกระพริบแสงแล้วผู้จะสวยกว่าเพราะต้องล่อตัวเมียมาผสมพันธุ์

การศึกษาว่า ยีน หรือรหัสพันธุกรรมอะไร ที่ทำหน้าที่สร้างโปรตีน ลูซิเฟอเรส นั้น มีขั้นตอนคร่าว ๆ ดังนี้ (ใช้ภาษาง่าย ๆ สำหรับนิสิตที่ไม่มีพื้นฐานด้านนี้นะครับ)

1. สกัด DNA จากหิ่งห้อย
2. ตัด DNA หิ่งห้อยเป็นชิ้นเล็ก ๆ
3. ใส่ชิ้น DNA เข้าไปในแบคทีเรีย
4. แบคทีเรียเซลล์ไหน ได้ชิ้น DNA ที่มียีนสร้างลูซิเฟอเรสอยู่ และแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนมากจนมองเห็นได้เป็นโคโลนี ถ้าเอาจานเลี้ยงเชื้อไปไว้ในที่มืด แล้วพ่นด้วยสารลูซิเฟอริน จะเรืองแสงได้
5. เอาแบคทีเรียที่มีชิ้น DNA ที่เรืองแสงได้มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณมาก ๆ แล้วสกัด DNA ออกมา นำไปหาลำดับนิวคลีโอไทด์ (ประกอบด้วยเบส 4 ชนิด A G C T)
6. แปลงนิวคลีโอไทด์เป็นโปรตีน โดยใช้โคดอน ที่เป็นรหัส 3 ตัว แทนกรดอะมิโนในโปรตีน (มีกรดอะมิโน 20 ชนิด ประกอบเป็นโปรตีน)

ก่อนอื่น เอาคำว่า Luciferase ไปค้นในฐานข้อมูล NCBI ดูครับ

โดยเพิ่มคำว่า firefly ที่แปลว่า หิ่งห้อย ลงไปด้วย

โดยไม่ต้องใส่ชื่อวิทยาศาสตร์ของหิ่งห้อย เนื่องจากหิ่งห้อยทั่วโลกมีหลายชนิดมาก เรายัง

ไม่รู้ว่าในฐานข้อมูล มีหิ่งห้อยชนิดไหนบ้าง

NIH National Library of Medicine
National Center for Biotechnology Information

Search NCBI luciferase firefly Search

Results found in 23 databases

Category	Sub-category	Count	
Literature	Bookshelf	124	
	MeSH	1	
	NLM Catalog	7	
	PubMed	4,989	
	PubMed Central	63,285	
	Genes	Gene	1,905
GEO DataSets		1,341	
GEO Profiles		20	
HomoloGene		0	
PopSet		8	
Proteins		Conserved Domains	4
	Identical Protein Groups	91	
	Protein	260,738	
	Protein Family Models	20	
	Structure	46	
	Genomes	Assembly	0
BioCollections		0	
BioProject		50	
BioSample		324	
Genome		1	
Nucleotide		1,711	
SRA		386	
Taxonomy		0	
Clinical	ClinicalTrials.gov	0	
	ClinVar	4	
	dbGaP	0	
	dbSNP	0	
	dbVar	0	
	GTR	0	
	MedGen	0	
	OMIM	5	
	PubChem	BioAssays	3
		Compounds	0
Pathways		0	
Substances		8	

พบว่าฐานข้อมูล Nucleotide ที่เก็บรหัสพันธุกรรม (DNA) ของยีนต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต พบเรื่องที่เกี่ยวข้องกับยีน Luciferase ของหิ่งห้อย (firefly) ทั้งหมด 1,711 เรื่อง ลองดูเรื่องแรกครับ

NCBI Resources How To

Nucleotide Nucleotide luciferase firefly
Create alert Advanced

Species Summary 20 per page Sort by Default order Send to:

Animals (459)
Plants (2)
Fungi (5)
Bacteria (4)
Viruses (4)
Customize ...

Molecule types
genomic DNA/RNA (1,188)
mRNA (73)
Customize ...

Source databases
INSDC (GenBank) (1,703)
RefSeq (7)
Customize ...

Sequence Type
Nucleotide (1,693)
EST (2)
GSS (16)

Genetic compartments
Plasmid (1)

Sequence length
Custom range...

Release date
Custom range...

See [LOC116160065 \(LUCIFERASE\) luciferin 4-monooxygenase](#) in the Gene database
[luciferase reference sequences Transcript\(1\) Protein\(1\)](#)

Items: 1 to 20 of 1711

<< First < Prev Page 1 of 86 Next > Last >>

- [P.pyralis \(firefly\) luciferase gene, complete cds](#)
 1. 2,387 bp linear DNA
Accession: M15077.1 GI: 160793
[PubMed](#) [Taxonomy](#)
[GenBank](#) [FASTA](#) [Graphics](#)
- [V.hilgendorffii luciferase mRNA, complete cds](#)
 2. 1,818 bp linear mRNA
Accession: M25666.1 GI: 162546
[PubMed](#) [Taxonomy](#)
[GenBank](#) [FASTA](#) [Graphics](#)
- [Luciola cruciata luciferase mRNA, complete cds](#)
 3. 1,985 bp linear mRNA
Accession: M26194.1 GI: 159050
[PubMed](#) [Taxonomy](#)
[GenBank](#) [FASTA](#) [Graphics](#)

ฐานข้อมูล Nucleotide บอกอะไรเราบ้าง

P.pyralis คือ ชื่อวิทยาศาสตร์ของหิ่งห้อย (firefly) P. ย่อมาจากชื่อจีนัส (สกุล)

Photinus (คลิกเข้าไปดูในลิงก์ก็ได้ ถ้าอยากรู้ว่า P. ย่อมาจากอะไร)

luciferase คือชื่อโปรตีนหรือเอนไซม์ที่เรากำลังสนใจ

gene คือ รหัสพันธุกรรมหรือ DNA

complete cds หมายถึง มีโคดอน (codons) ครบสมบูรณ์ทั้งยีน ถ้าเป็นหนังสือก็เต็มเรื่อง ไม่ใช่มีแต่ตัวอย่างหรือทีเซอร์ cds ย่อมาจาก codons หมายถึง รหัส DNA 3 ตัวที่แปลงเป็นกรดอะมิโน 1 ตัวนั่นเอง

[P.pyralis \(firefly\) luciferase gene, complete cds](#)

1. 2,387 bp linear DNA

Accession: M15077.1 GI: 160793

[PubMed](#) [Taxonomy](#)

[GenBank](#) [FASTA](#) [Graphics](#)

2,387 bp หมายถึง ยีนนี้มีทั้งหมด 2,387 คู่เบส (base pairs) และเป็น DNA แบบเส้นตรง (linear)

Accession: M15077.1 เป็นรหัสประจำตัวของยีนนี้ ตัวนี้ใช้บ่อยครับ

GI: มาจาก GenInfo Identifier ไม่ค่อยได้ใช้บ่อย ยังไม่จำเป็นต้องทำความเข้าใจ PubMed ลิงก์ไปยังเปเปอร์ วารสารที่เกี่ยวข้อง

Taxonomy ลิงก์ไปฐานข้อมูลอนุกรมวิธาน ที่เราเคยเรียนแล้วตอนเรื่อง ลิงแสม GenBank เป็นฐานข้อมูลรหัสพันธุกรรม

FASTA อ่านว่า ฟาสต์ เอ เป็นรูปแบบข้อมูล DNA มาตรฐานแบบ Text ที่ใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ทุกระบบปฏิบัติการ Unix Linux MacOS Windows ฯลฯ Graphics เป็นการแสดงแผนผังของยีนนี้ในรูปกราฟิก

[P.pyralis \(firefly\) luciferase gene, complete cds](#)

1. 2,387 bp linear DNA

Accession: M15077.1 GI: 160793

[PubMed](#) [Taxonomy](#)

[GenBank](#) [FASTA](#) [Graphics](#)

คลิกลิงก์ FASTA ดูครับ

NCBI Resources How To

Nucleotide Nucleotide Advanced

FASTA

P.pyralis (firefly) luciferase gene, complete cds

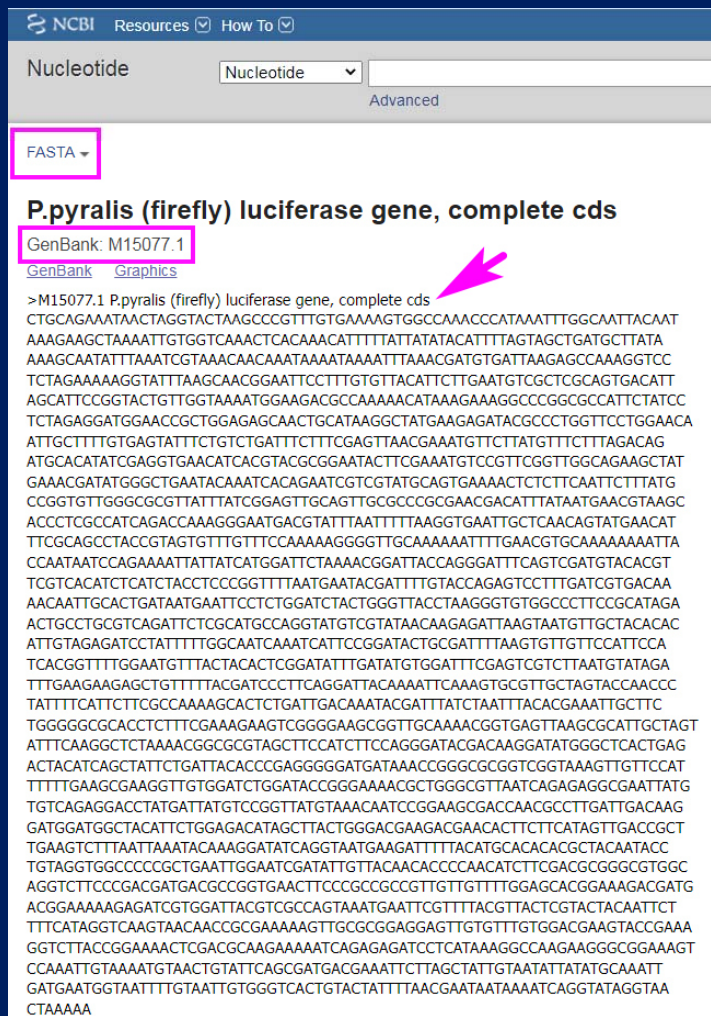
GenBank: M15077.1

[GenBank](#) [Graphics](#)

>M15077.1 P.pyralis (firefly) luciferase gene, complete cds

```
CTGCAGAAATACTAGGTAAGCCCGTTTGTGAAAAGTGGCCAAACCCATAAATTTGGCAATTACAAT
AAAGAAGCTAAAATTGGGTCAAACCTCACAACATTTTTATTATATACATTTTAGTAGCTGATGCTTATA
AAAGCAATATTTAAATCGTAAACAACAAATAAAATAAAATTTAAACGATGTGATTAAGAGCCAAAGGTCC
TCTAGAAAAAGGTATTTAAGCAACGGAATTCCTTTGTGTTACATTCTTGAATGTCGCTCGCAGTGACATT
AGCATTCCGGTACTGTTGGTAAAATGGAAGACGCCAAAAACATAAAGAAAGGCCCGGCCATTCTATCC
TCTAGAGGATGGAACCGCTGGAGAGCAACTGCATAAGGCTATGAAGAGATACGCCCTGGTTCCTGGAACA
ATTGCTTTTGTGAGTATTTCTGTCTGATTTCTTTTCGAGTTAACGAAATGTTCTTATGTTTCTTTAGACAG
ATGCACATATCGAGGTGAACATCACGTACGCGGAATACTTCGAAATGTCCGTTCCGTTGGCAGAAGCTAT
GAAACGATATGGGCTGAATAACAATCACAGAATCGTCGTATGCAGTGAAAACCTCTTCAATTTTATG
CCGGTGTGGGCGCGTTATTTATCGGAGTTGCAGTTGCGCCCGGAACGACATTTATAATGAACGTAAGC
ACCCTCGCCATCAGACCAAGGGAATGACGTATTTAATTTTAAAGTGAATTGCTCAACAGTATGAACAT
TTCGCAGCCTACCGTAGTGTGTTTCCAAAAAGGGTTGCAAAAAATTTGAACGTGCAAAAAAATTA
CCAATAATCCAGAAAATTATTATCATGGATTCTAAAACGGATTACCAGGGATTTTCAGTCGATGTACACGT
TCGTACATCTCATCTACCTCCCGTTTTAATGAATACGATTTTGTACCAGAGTCCTTTGATCGTGACAA
AACAATTGCACTGATAATGAATTCCTCTGGATCTACTGGGTTACCTAAGGGTGTGGCCCTCCGCATAGA
ACTGCCTGCGTCAGATTCTCGCATGCCAGGTATGTCGTATAACAGAGATTAAGTAATGTTGCTACACAC
ATTGTAGAGATCCTATTTTGGCAATCAAATCATTCCGGATACTGCGATTTTAAAGTGTGTTCCATTCCA
TCACGGTTTTGGAATGTTTACTACACTCGGATATTTGATATGTGGATTTTCGAGTCGTTAATGTATAGA
TTTGAAGAAGAGCTGTTTTACGATCCCTTCAGGATTACAAAATCAAAGTGCCTGCTAGTACCAACCC
TATTTTCATTCTTCGCCAAAAGCACTCTGATTGACAAATACGATTTATCTAATTTACACGAAATTGCTTC
TGGGGGCGCACCTCTTTGAAAGAAGTCGGGGAAGCGGTTGCAAAACGGTGAGTTAAGCGCATTGCTAGT
ATTTCAAGGCTCTAAAACGGCGGTAGCTTCCATCTTCCAGGGATACGACAAGGATATGGGCTCACTGAG
ACTACATCAGCTATTCTGATTACACCCGAGGGGATGATAAACCGGGCGCGGTGCGTAAAGTTGTTCCAT
TTTTGAAGCGAAGGTTGTGGATCTGGATACCGGGAAAACGCTGGGCGTTAATCAGAGAGGCGAATTATG
TGTCAGAGGACCTATGATTATGTCCGGTTATGTAACAATCCGGAAGCGACCAACGCCTTGATTGACAAG
GATGGATGGCTACATTCTGGAGACATAGCTTACTGGGACGAAAGACGAACACTTCTTCATAGTTGACCGCT
TGAAGTCTTTAATTAATACAAAGGATATCAGGTAATGAAGATTTTACATGCACACACGCTACAATACC
TGTAAGTGGCCCCGCTGAATTGGAATCGATATTTGTTACAACACCCCAACATCTTCGACGCGGGCGTGGC
AGGTCTTCCCACGATGACGCCGGTGAACCTCCCGCCCGCTTGTGTTTTGGAGCACGGAAGACGATG
ACGGAAAAAGAGATCGTGGATTACGTCGCCAGTAAATGAATTCGTTTTACGTTACTCGTACTACAATTC
TTTCATAGGTCAAGTAACAACCGCGAAAAAGTTGCGCGGAGGAGTTGTGTTTGTGGACGAAGTACCGAAA
GGTCTTACCGAAAACTCGACGCAAGAAAAATCAGAGAGATCCTCATAAAGGCCAAGAAGGGCGGAAAAAT
CCAAATTGAAAATGTAAGTATTTCAGCGATGACGAAATTTAGCTATTGTAATATTATATGCAAAAT
GATGAATGGTAATTTTGAATTTGGGGTCACTGTACTATTTAACGAATAATAAAATCAGGTATAGGTAA
CTAAAAA
```

ข้อมูลรหัสพันธุกรรม ในรูป FASTA format จะประกอบด้วย บรรทัดแรก เป็น Description ใช้บรรยายรายละเอียดเกี่ยวกับยีนนั้น ๆ โดยขึ้นต้นด้วยเครื่องหมายมากกว่า > ตามด้วยรายละเอียดกำกับ จากนั้นขึ้นบรรทัดใหม่ เป็นนิวคลีโอไทด์ AGCT ยาวไป ตัวพิมพ์ใหญ่พิมพ์เล็กก็ได้ จนจบ



The screenshot shows the NCBI Nucleotide search interface. The search term 'FASTA' is entered in the search box. The results show the entry for 'P.pyralis (firefly) luciferase gene, complete cds' with GenBank ID M15077.1. A pink arrow points to the GenBank ID. The full FASTA sequence is displayed below the title.

```
>M15077.1 P.pyralis (firefly) luciferase gene, complete cds
CTGCAGAAATACTAGTACTAAGCCCGTTTGTGAAAGTGCCAAACCCATAAATTTGGCAATTACAAT
AAAGAAGCTAAAATTTGGTCAAACCTCACAACATTTTTATTATATACATTTTAGTAGCTGATGCTTATA
AAAGCAATATTTAAATCGTAAACAAACAAATAAAATTTAAACGATGTGATTAAGAGCCAAAGGTCC
TCTAGAAAAGGTATTTAAGCAACGGAATTCCTTTGTGTTACATTTCTGAATGTCGCTCGCAGTGACATT
AGCATTCCGGTACTGTTGGTAAAATGGAAGACGCCAAAACATAAAGAAAGGCCGGCCGCTTCTATCC
TCTAGAGGATGGAACCGCTGGAGAGCACTGCATAAGGCTATGAAGAGATACGCCCTGGTTCTCGAACA
ATTGCTTTTGTGAGTATTTCTGCTGATTTCTTTGAGTTAACGAAATGTTCTTATGTTCTTTAGACAG
ATGCACATATCGAGGTGAACATCAGTACGCGGAATCTTCAAATGTCGGTTCGGTTGGCAGAAGCTAT
GAAACGATATGGGCTGAATCAAAATCAGAAATCGTATGAGTGAAGTCTCTTCAATCTTTATG
CCGGTGTGGGCGCGTTATTTATCGGAGTTGCAAGTTGCGCCCGCAACGACATTTATAATGAACGTAAGC
ACCCCTCGCCATCAGACCAAGGGGAATGACGTATTTAATTTTAAAGTGAATGCTCAACAGTATGAACAT
TTCGAGCCTACCGTAGTGTGTTTCCAAAAAGGGTTGCAAAAAATTTGAACGTGCAAAAAAATTA
CCAATAATCCAGAAAATATTATCATGGATTCTAAAACGGATTACCAGGGATTTCAAGTATGACACAGT
TCGTCACATCTCATCTACCTCCCGGTTTTAATGAATACGATTTGTACACAGAGTCCCTTTGATCGTGACAA
AACAAATTGCACTGATAATGAATTCCTCTGGATCTACTGGTTACCTAAGGGTGTGGCCCTCCGCATAGA
ACTGCCTCGCTCAGATTCGCAATGCCAGGTATGTCGTATAACAAGAGATTAAGTAAATGTTGCTACACAC
ATTGTAGAGATCCTATTTTGGCAATCAAATCATTCGGGATCTGCGATTTTAAAGTGTGTTCCATTTCCA
TCACGGTTTTGGAAATGTTTACTACACTCGGATTTGATATGGGATTTGAGTCTTAATGATATAGA
TTTTAAGAAGAGCTGTTTTACGATCCCTCAGGATTACAAAATTTCAAAGTGCCTGTAGTACCAACCC
TATTTTCATTTCCGCAAAAGCACTCTGATTGACAAAATACGATTTATCTAATTTACCGAAATGCTTC
TGGGGGCGCACCTCTTTGAAAGAAGTCGGGGAAGCGTTTGCAAAACGGTGAGTTAAGCGCATTGCTAGT
ATTTCAAGGCTCTAAAACCGCGCTAGCTTCCATCTTCCAGGGATACGCAAGGATATGGGCTCACTGAG
ACTACATCAGCTATCTGATTACACCCGAGGGGATGATAAACCGGCGCGTTCGGTAAAGTGTCCAT
TTTTTGAAGCGAAGGTTGTGGATCTGGATACCGGAAAACGCTGGGCTTAATCAGAGAGGCGAATATG
TGTGACAGGACCTATGATTATGTCGGTATGATAAACAACTCCGGAAGCAGCAACGCTTATTGACAAAG
GATGGATGGCTACATTTGAGAGACATAGCTTACTGGACGAAAGCAGCAACACTTCTCATAGTTGACCGCT
TGAAGTCTTTAATTAATAACAAGGATATCAGGTAATGAAGATTTTACATGCACACACGCTACAATACC
TGTAGGTGGCCCCGCTGAATTTGGAATCGATATTGTTACAAACCCCAACATCTTCGACGCGGGCGTGGC
AGGCTTTCCCGACGATGACCGCGGTGAACCTTCCGCGCCGTTGTTGTTTGGAGCAGGAAAGACGATG
ACGGAAAAGAGATCGTGGATTACGTCGCCAGTAAATGAATTCGTTTACGTTACTGCTACTACAATCT
TTTCATAGGTCAAGTAAACACCCGAAAAAGTTGCGCGGAGGAGTTGTTGTTGTTGACGAAAGTACCGAAA
GGTCTTACCGGAAAACCTCGACGCAAGAAAAATCAGAGAGATCTCATAAAGCCAAAGAAAGGGCGGAAAGT
CCAAATTTGAAAATGTAATGATTTACGCGATGACGAAATCTTAGCTATTGTAATATTATATGCAAAAT
GATGAATGGTAATTTGTAATTTGTTGGTCACTGTAATTTTAAACGAATAATAAATCAGGTATAGGTA
CTAAAAA
```


การพิมพ์นิวคลีโอไทด์ ไม่ต้องสนใจเรื่องเว้นวรรค ขึ้นบรรทัดใหม่ตรงไหนก็ได้ บรรทัดหนึ่งมีกี่ตัวอักษรก็ได้

สำหรับการ Copy ไปโซวีในรายงาน หรือนำเสนอ จะเห็นว่าในเว็บเป็น font แบบ proportional font ที่มีสัดส่วนความอ้วนผอมของตัวอักษรไม่เท่ากัน ทำให้ดูไม่เป็นระเบียบ

เวลาเอาไปแปะใน Word หรือ PowerPoint ให้เปลี่ยนเป็น monospace font

เช่น Courier หรือ Lucida Console

จะทำให้ตัวอักษรแต่ละบรรทัด เสมอกัน

ดูสบายตาครับ เดี่ยวลองแปะให้ดู

NCBI Resources How To

Nucleotide Nucleotide Advanced

FASTA

P.pyralis (firefly) luciferase gene, complete cds
GenBank: M15077.1
[GenBank](#) [Graphics](#)

>M15077.1 P.pyralis (firefly) luciferase gene, complete cds
CTGCAGAAATACTAGGTAAGCCCGTTTGTGAAAGTGGCCAAACCCATMAATTTGGCAATTACAAT
AAAGAAGCTAAATTTGGTCAAACACCAACATTTTTATTATATACATTTTAGTAGCTGATGCTTATA
AAAGCAATATTTAAATCGTAAACAAACAAATAAAATTTAAACGATGTGATTAAAGAGCCAAAGGTCC
TCTAGAAAAGGTATTTAAGCAACGGAATTCCTTTGTGTTACATTCTTGAATGTCGCTCGCAGTACATT
AGCATTCCGGTACTGTTGGTAAAATGGAAGACGCCAAACATAAAGAAAGGCCCGCCGCTTCTATCC
TCTAGAGGATGGAACCGCTGGAGAGCAACTGCATAAGGCTATGAAGAGATACGCCCTGGTTCTGGAACA
ATTGCTTTTGTGAGTATTTCTGTCTGATTTCTTCGAGTTAACGAAATGTTCTTATGTTCTTTAGACAG
ATGCACATATCGAGGTGAACATCACGTACGCGGAATCTTCCGAAATGTCGTTCCGTTGGCAGAAGCTAT
GAAACGATATGGGCTGAATACAAATCACAGAATCGTATGATGAGTAAACCTCTTCAATCTTTATG
CCGGTGTGGGCGGCTTTTATCGGAGTTGCAAGTTGCGCCCGGCAACGACATTTATAATGAACGTAAGC
ACCCCTCGCCATCAGACCAAGGGAATGACGTATTTAAATTTAAAGGTGAATTGCTCAACAGTAAACAT
TTCCGAGCCTACCGTAGTGTGTTTCCAAAAGGGTTGCAAAAATTTTGAACGTGCAAAAATAA
CCAATAATCCAGAAAATTTATCATGATTCTAAAACGGATTACCAGGGATTTTCAAGTATGATACACGT
TCGTCACATCTCATCTACCTCCGGTTTTAATGAATACGATTTGTACCAAGAGTCTTTGATGCTGACAA
AACAAATTGCACTGATAATGAATTCCTCTGGATCTACTGGTTACCTAAGGGTGTGGCCCTTCGCATAGA
ACTGCCTGCGTCAGATTCTCGCATGCCAGGTATGTCGTATAACAAGAGATTAAGTAAATGTTGCTACAC
ATTGTAGAGATCCATTTTTGGCAATCAAATCATTCCGGTACTGCGATTTAAGTGTGTTCCATTTCCA
TCACGGTTTTGGAATGTTTACTACACTCGGATATTTGATATGGAATTCGAGTCTGCTTAATGATAGA
TTTGAAGAAGAGCTGTTTTACGATCCCTTCAAGATTACAAAATTTCAAAGTGGCTGTAGTACCAACCC
TATTTTCATTTCCGCAAAAGCACTCTGATTGACAAATACGATTTATCTAATTTACAGAAATTTGCTT
TGGGGGCGCACCTCTTTGAAAAGAGTGGGGGAAGCGGTTGCAAAACGGTGAATTAAGCGCATTGCTAGT
ATTTCAAGGCTCTAAAACCGCGCTAGCTTCCATCTTCCAGGGATACGACAAAGGATATGGGCTCACTGAG
ACTACATCAGCTATTCTGATTACCCGAGGGGATGATAAACCGGGCGGTCGGTAAAGTTGTTCCAT
TTTTTGAAGCGAAGTTGTGGATCTGGATACCGGAAAACGCTGGGCGTTAATCAGAGCGGAATATG
TGTCAGAGGACCTATGATTATGTCGGTTTATGAAACAAATCCGGAAAGCACCACCGCTTATTGACAGA
GATGGATGGTACATTCGGAGACATAGCTTACTGGGACGAAGCAGAACACTTCTCATAGTTGACCGCT
TGAAGCTTTAATTAACAAGGATATCAGGTAATGAAGATTTTACATGCACACGCTACAATACC
TGTAGGTGGCCCCGCTGAATTTGGAATCGATATTGTTCAACACCCCAACATCTTCGACGGCGGCTGGC
AGGTCTTCCCGACGATGACCGCGGTGAACCTCCCGCCGCGTTGTTGTTTGGAGCAGGAAAGACGATG
ACGGAAAAGAGATCGTGGATTACGTGCCAGTAATGAATTCGTTTACGTTACTCTACTACAATCT
TTTCATAGGTCAAGTAACAACCCGCAAAAAGTTGCGCGGAGGAGTTGTGTTGTGGACGAAGTACCAGAA
GGTCTTACCGGAAAACCTCGACGCAAGAAAATCAGAGAGATCTCATAAAGGCCAAGAAAGGGCGGAAAGT
CCAAATTTGAAAATGTAACGTATTCAGCGATGACGAAATCTTAGCTATTGTAATATATATGCAAAAT
GATGAATGGTAATTTGTAATTTGGGTCCTGACTATTTTAAACGAATAATAAATCAGGTATAGGTA
CTAAAA

อันนี้เอามาแปะใน MS Word โดยใช้ font Lucida Console ขนาด 10 points หรือจะใช้ Courier New ก็ได้ แล้วแต่ชอบครับ จะเห็นว่าตรงเป๊ะ ไม่โย้ไปเย้มา
ตอนนี้ รหัสพันธุกรรมของยีนที่ทำให้หิ่งห้อยมีแสง ก็อยู่บนหน้ากระดาษเราแล้ว พรุ่งนี้มา
วิเคราะห์กันต่อครับ

