جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار
كلية العلوم / قسم علوم الحياة

اسم المادة: فسلجة الاحياء المجهرية

المستوى الدراسي: الدراسات الأولية

المرحلة: الثالث

عنوان المحاضرة: النمو الميكروبي

مدرس المادة

ا.م.د .عمر محمد حسن

ا.م.د .جمال عبد الرحمن ابراهيم

النمو الميكروبي Microbial Growth

تطلق كلمة النمو في بدائيات النوى عموما وفي بعض المكروبات من حقيقيات النوى للتعبير عن الزيادة في تعداد الخلايا الميكروبية عن العدد الأصلي، الذي بدأت به المزرعة نموها أي أن النمو في البكتيريا يعبر عن التكاثر، ويأتي كنتيجة طبيعية للانقسام الخلوي للخلايا الميكروبية، فيزداد عددها دون ازدياد في حجم أفرادها.

منحني النمو The Growth Curve

يمثل نمو الأحياء الدقيقة بيانياً برسم منحني يوضح العلاقة بين الزمن الكلي للحضن (t) ولوغاريتم عدد الخلايا الناتجة (log b) يتميز هذا المنحنى بوجود أربعة أطوار هي:

1. طور الكمون Lag phase

إن إضافة الميكروبات إلى بيئة جديدة لا يعني مضاعفة عددها فوراً، بسبب الظروف الجديدة المختلفة عن سابقتها. وهذا لا يعني أيضاً أنها ستدخل في مرحلة سكون، فقد أثبتت الدراسات أن الخلية المفردة في هذا الطور تزداد بالحجم، وتكون نشيطة فيزيولوجياً، كما تقوم بتركيب بروتوبلازم جديدة.

إن الخلية الميكروبية في هذه الظروف الجديدة ربما تعاني من عجز في أنزيماتها، وهي بحاجة إلى الوقت لتتلاءم فيه مع هذه البيئة **ولذلك فإننا نقول بأن هذه الخلية كامنة فقط من حيث انقسامها، أي أن النمو يكون معدوماً.**

تختلف مدة هذا الطور بحسب:

- **نوع الميكروب**
- **عمر الميكروب المزروع:** إذا كانت الميكروبات فتية، فإن مدت هذا الطور ستكون أقصر.
- **طبيعة البيئة الجديدة:** تقتصر مدة هذا الطور إذا كانت البيئة ملائمة ولا تحتوي على مواد مثبطة للنمو أو مضادات حيوية.
- **كمية الميكروبات المزروعة:** كلما كانت الكمية كبيرة قصرت مدة هذا الطور أيضاً.

2. الطور اللوغاريتمي Logarithmic phase

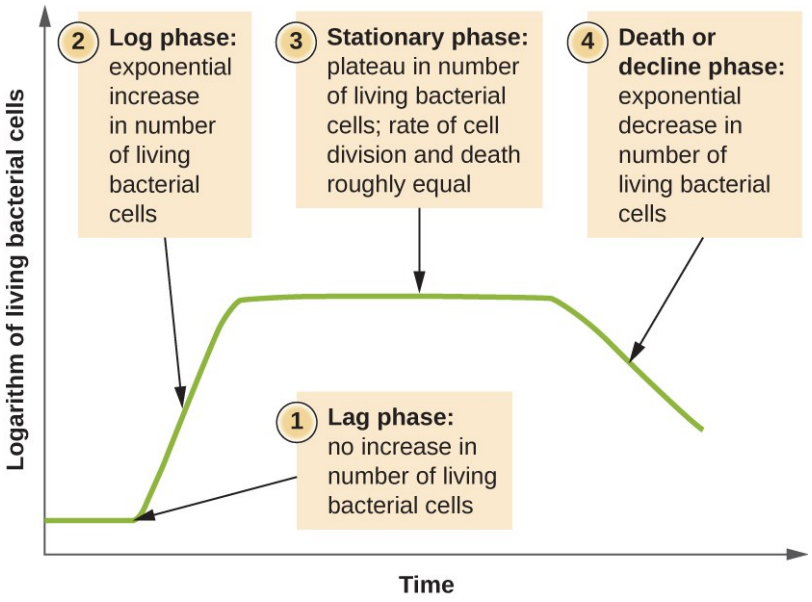
يتسارع النمو الميكروبي في هذا الطور، ويكون معدل النمو ثابتاً يأخذ منحنى النمو شكل الخط المستقيم (عند وضع لوغاريتم عدد الخلايا مقابل الزمن)، كما يبلغ التزايد في عدد الخلايا أقصاه بسبب قصر زمن الانقسام، يضاف لذلك أن الخلايا الميكروبية تكون متشابهة في تركيبها الكيميائي ونشاطها الاستقلابي، وفي بقية صفاتها الفيزيولوجية. ترتبط المدة الزمنية لهذا الطور ببدء الطور الذي يليه.

3. طور الثبات Stationary phase

ينتهي الطور اللوغاريتمي للنمو بعد عدة ساعات، ويبدأ معدل التكاثر بالتناقص حتى يتوازن مع معدل موت الخلايا، بشكل يبقى فيه عدد الخلايا الحية ثابتاً، وبذلك يبدأ طور الثبات. ويعزى حدوث هذا الطور لعدة أسباب لعل أهمها نقص المواد الغذائية وتراكم نواتج النمو السامة الناتجة عن النشاط الخلوي مما يؤدي إلى اختلاف تركيب الوسط. يتوقف طول زمن هذا الطور بالدرجة الأولى على النوع الميكروبي، وعلى حساسيته للظروف المحيطة فكلما زادت الحساسية قصرت فترة الطور.

4. طور الهبوط Decline phase

يلي طور الثبات ويسمى بطور الموت أيضاً، لأن معدل موت الخلايا الميكروبية يكون كبيراً، بسبب نفاذ المواد الغذائية، وتراكم المواد المثبطة للنمو. تختلف المدة الزمنية لهذا الطور باختلاف النوع الميكروبي، فبينما نجد أن خلايا بعض المكورات سالبة غرام تموت خلال 72 ساعة أو أقل، نجد أن بعض الخلايا في أنواع أخرى تبقى حيّة فترة تتراوح بين أشهر إلى عدة سنوات.



المفهوم الرياضي للنمو: معدل النمو وزمن الانقسام

لقد أوضحنا سابقاً أن تكاثر الخلية الميكروبية يعني انقسامها إلى خليتين، فإذا بدأنا بخلية واحدة، فإننا نعبر عن عدد الخلايا الناتجة بالمتوالية الهندسية:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 2^2 \rightarrow 2^3 \rightarrow 2^4 \rightarrow 2^5 \rightarrow \ldots\ldots 2^n.$$

حيث 2^n هي عدد الخلايا الناتجة بعد مرور عدد (n) من الأجيال. ويدعى الزمن اللازم لتكوين الخلية وشروعها في الانقسام بزمن الانقسام Generation Time

ويختلف هذا الزمن باختلاف النوع الميكروبي فيتراوح في بعضها من عدة دقائق مثل *E. coli* (15–35) دقيقة، إلى عدة ساعات في بعضها الأخر كما في *Mycobacterium tuberculosis* (12–20) ساعة، كما يختلف باختلاف الظروف البيئية (تركيب الوسط الغذائي، الظروف الفيزيائية)، فالبكتريا قادرة على النمو في ظروف مختلفة، ولكن النمو الأفضل يتطلب ظروفاً مثلى محددة وخاصة بكل نوع.

ففي الظروف المثلى نستطيع تحديد زمن الانقسام لمزرعة ميكروبية ما، ثم حساب نموها بعلاقة رياضية بسيطة. يحسب زمن انقسام خلية ميكروبية واحدة إما باستعمال المجهر أو بزراعة عدد معين من الميكروبات في وسط سائل ملائم وحضنها في ظروف مناسبة مدة 24 ساعة (وقد تكون أقل أو أكثر) ومن ثم حساب العدد النهائي للمكروبات بتقدير الكثافة الضوئية بجهاز قياس العكر، حيث تزداد هذه الكثافة بازدياد تعكر الوسط الدال على ازدياد الميكروبات ويلاحظ هنا القيام بتجربة حضن للوسط السائل المغذي دون أية ميكروبات، ليستعمل كشاهد Blank في ظروف حضن العينة المدروسة نفسها.

يمكن حساب عمر الجيل ومعدل النمو وفق معادلة معينة ويتطلب ذلك معرفة عدد الخلايا المزروعة في البداية وعدد الخلايا الناتجة في نهاية الزرع، فمثلا لو زرعنا خلية بكتيرية واحدة في وسط زرعي وتحت ظروف نمو مناسبة فإنها ستتضاعف بعد مرور مدة عمر الجيل فيصبح عدد الخلايا في الجيل الثاني 2 والثالث 4 والرابع 8 وهكذا وبهذا يتضاعف العدد في كل جيل.

فلو فرضنا ان أ = عدد الخلايا المزروعة في البداية (في الوقت صفر)

ب = عدد الخلايا بعد مرور فترة زمنية معينة

ن = المدة اللازمة لإنهاء التجربة

ج = عمر الجيل

ع = عدد الأجيال

لو = لوغارتم 10

فلو بدأنا الزرع بخلية واحدة فان العدد النهائي للبكتريا (ب) في نهاية التجربة بعد مرور فترة زمنية (ن) سيكون:

ب = 1 × $2^{ع}$

حيث ع يمثل عدد الاجيال

وإذا بدانا الزرع بعدد خلايا قدره (أ) فان المعادلة ستكون

ب = أ ×$2^{ع}$ ولو اخذنا لوغارتم الطرفين يكون

لو ب = لو أ + ع لو 2

ع = (لو ب – لو أ) ÷ لو 2

وبما ان لو 2 = 0.301 اذن تصبح المعادلة:

ع = (لو ب – لو أ) ÷0.301

ع = 3.3 لو (ب ÷ أ) وبهذا نستطيع حساب عدد الاجيال

عمر الجيل يساوي المدة الزمنية التي يستغرقها الجيل الواحد

ولهذا فان عمر الجيل ج هو ج = ن ÷ ع

وبالتعويض في المعادلة تصبح ج = ن ÷ 3.3 لو (ب ÷ أ)

المراجع

السعد، مها رؤوف. مبادئ فسلجة الأحياء المجهرية. دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل، العراق. 1982.

Kim, B.H. and Gadd G.M. Bacterial Physiology and Metabolism. Cambridge University Press, New York, USA. 2008.

Moat, A.G. J.; Foster, W. and Spector M.P. Microbial Physiology, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc., Publications, New York, USA. 2002.

Watson, D. Microbiology and Microbial Physiology. White Word Publications, New York, USA. 2018.