١

طرق التعبير الكمى عن النمو النباتى

يُعبر العلماء عن النمو النباتى بطريقة كمية باستعمال معادلات رياضية خاصة، تعرف بمعادلات النمو Growth Formulas، أو دلائل النمو Growth Parameters. تفيد هذه المعادلات فى دراسة تأثير المعاملات التجريبية والعوامل البيئية على النمو النباتى، وكذلك فى تحليل الاختلافات بين السلالات وإرجاعها إلى أسبابها الأولية. وتتداخل الدلائل ومعادلات النمو البيولوجية مع قيم أخرى فيزيائية محضة؛ ولذا.. فإننا نناقش الأمر كله جملة واحدة، مع تسلسل التفاصيل أقرب ما يكون إلى المنطق الذى يعين القارئ على استيعاب الموضوع.

معادلات النمو النباتى وما يرتبط بها من قيم فيزيائية وبيولوجية

١ ـ الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على النبات: يرمز لها بالرمز (S)، ويعبر عنها بالسعرات الحرارية Calories.

٢ ـ الطاقة الشمسية النافذة transmitted (التى تسجل تحت النمو الخضرى للنبات): يرمز لها بالرمز (S_t)، ويعبر عنها بالسعرات الحرارية.

٣ ـ المحصول البيولوجى Biological yield :

هو الوزن الجاف لكل الأعضاء النباتية، بما فى ذلك وزن الأجزاء الاقتصادية (أى التى يزرع من أجلها النبات. وهو تقدير للمحصلة النهائية لعمليات البناء الضوئى، والتنفس، وامتصاص العناصر. وبرغم أن وزن المجموع الجذرى هو جزء من المحصول البيولوجى،

إلا أنه يهمل ـ عادة ـ لصعوبة تقديره بدقة. ولذا .. فإن النبات يقطع عند سطح التربة ـ عند النضج أو الحصاد ـ لتقدير وزنه الجاف. ويرمز للمحصول البيولوجى بالرمز (W).

٤ ـ الوزن الجاف ـ لكل الأعضاء النباتية ـ المتراكم خلال فترة زمنية محددة، تم خلالها تقدير كل من (S) ، و(S_t)كمياً (علما بأن الفترة الزمنية المعنية يمكن أن تكون يوما، أو أسبوعاً، أو حتى موسماً زراعياً كاملاً): يرمز لهذه القيمة بالرمز(ΔW ـ دلتا دبليو)، ويمكن أن يعبر عنها بالسعرات الحرارية بضرب الوزن الجاف بالجرام فى ٤٠٠٠، لأن كل جرام من الوزن الجاف يعادل ـ فى المتوسط ـ ٤٠٠٠ سعر حرارى.

٥ ـ كفاءة إعتراض أو استقبال الضوء الساقط Efficiency of Interception : يرمز لها بالرمز (E_i)، وتقدر كنسبة مئوية كما يلى:

$$E_i = \frac{S-S_t}{S} \times 100$$

أو بالمعادلة $E_i = \frac{\text{الطاقة الشمسية الممتصة absorbed ـ الطاقة الشمسية المنعكسة reflected}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على النبات incident}} \times ١٠٠$

فهى الطاقة الشمسية التى استقبلها النبات واحتجزها كنسبة مئوية من الطاقة الشمسية الكلية الساقطة عليه، أو هى حاصل طرح نسبة الطاقة الشمسية النافذة من مئة. وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير للمساحة الورقية.

٦ ـ كفاءة امتصاص الطاقة الشمسية Efficiency of Absorption :

يرمز لها بالرمز (E_a)، وتقدر كنسبة مئوية كما يلى :

$$E_a = \frac{\text{الطاقة الشمسية الممتصة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة ـ الطاقة المنعكسة ـ الطاقة النافذة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times ١٠٠$$

وتعد كفاءة الامتصاص (E_a) بمثابة تقدير جيد لنسبة الطاقة الشمسية الساقطة على النبات، والتى استقبلها واستفاد منها فى عملية البناء الضوئى.

٧ ـ كفاءة الاستخدام Efficiency of Utilization:

يرمز لها بالرمز (E_u)، وتقدر كما يلى :

$$E_u = \frac{\text{صافي الطاقة الشمسية التي ثُبّتت في عملية البناء الضوئي}}{\text{الطاقة التي اعترضها أو استقبلها النبات}}$$

$$= \frac{\Delta W \times ٤٠٠٠}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة ـ الطاقة الشمسية النافذة}}$$

أو هى :

$$E_u = \frac{\Delta W \times 4000}{S - S_t}$$

$$= \frac{\Delta W \times 4000}{S \times E_i}$$

وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير للكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate المقدرة على أساس وحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات.

٨ ـ كفاءة التحويل Efficiency of Conversion :

يرمز لها بالرمز (E_c)، وتقدر كما يلى :

$$E_c = E_i \times E_u$$

$$= \frac{W \times 4000}{S}$$

وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير لمعدل النمو المحصولي Crop Growth Rate .

٩ ـ نسبة الانعكاس Percent Reflection:

يرمز لهذه القيمة بالرمز (A)، وتقدر كما يلي :

$$A = \frac{\text{الطاقة الشمسية المعكوسة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times ١٠٠$$

١٠ ـ نسبة النفاذ Percent Transmission:

يرمز لهذه القيمة بالرمز (k)، وتقدر كما يلي:

$$k = \frac{S_t}{S} \times 100$$

١١ ـ معامل انقراض (احتجاز) الضوء Light Extinction Coefficient بواسطة النبات، يعطى الرمز (K).

١٢ ـ المحصول الاقتصادي Economic Yield:

هو العضو النباتي أو الأعضاء النباتية التي يزرع من أجلها المحصول، ويعطى الرمز (EY).

١٣ ـ المساحة الورقية الكلية Total Leaf Area:

هي مجموع مساحة الأوراق التي ينتجها النبات، ويرمز لها بالرمز(L).

١٤ ـ الوزن النوعي للورقة Specific Leaf Weight:

هو الوزن الجاف لوحدة المساحة من الورقة. يرمز لهذه القيمة بالرمز (SLW)، وتقدر بالسنتيمتر المربع لكل جرام من الوزن الجاف من الورقة (cm^2g^{-1})، وهي تعكس سمك الورقة، حيث يزداد السمك كلما ازدادت هذه القيمة.

١٥ ـ فترة بقاء الأوراق على كفاءتها فى عملية البناء الضوئى Leal Area Duration:

تأخذ هذه القيمة الرمز (LAD)، وتقدر كما يلى:

$$LAD = L \times time$$

١٦ ـ المساحة النسبية للأوراق Leaf Area Ratio:

هى نسبة مساحة أوراق النبات (L) إلى وزن النبات الجاف الكلى (W)، ويرمز لها ـ غالباً ـ بالرمز (LAR) ـ وأحياناً ـ بالرمز (F)، وتقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$LAR = \frac{L}{W}$$

$$LAR = \frac{(L_2-L_1)\ (\log_e W_2-W_1)}{(W_2-W_1)\ (\log_e L_2-\log_e L_1)}$$

حيث إن: L_1 و L_2 هما مساحة الأوراق، و W_1 و W_2 هما وزن الأوراق فى بداية ونهاية فترة زمنية من t_1 إلى t_2 ، ويعبر عنها باليوم، أو الأسبوع، أو الشهر... إلخ.

١٧ ـ دليل مساحة الورقة Leaf Area Index:

هو مساحة المسطح الورقى بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات، ويرمز له بالرمز (LAI)، ويقدر بالمعادلة التالية:

$$\text{دليل مساحة الورقة } (LAI) = \frac{\text{مساحة أوراق النبات } (L)}{\text{مساحة الأرض التى يشغلها النبات } (P)}$$

ويعنى بالمسطح الورقى مساحة أحد سطحى الورقة، وليس كليهما.

ويقدر متوسط دليل مساحة الورقة خلال فترة زمنية $(\overline{LAI})$ بالمعادلة التالية:

$$\overline{LAI} = \frac{F_2 - F_1}{\log_e F_2 - \log_e F_1}$$

حيث إن :

F_1، و F_2 هما مساحة الأوراق/ وحدة المساحة من الأرض في بداية ونهاية الفترة الزمنية، على التوالي.

ويصل البناء الضوئي - عادة - إلى أكبر معدل له (بالنسبة للنبات ككل) عندما تصل قيمة دليل مساحة الورقة إلى ٥,٠ أو أكثر. ويتأثر ذلك بنظام ترتيب وتوزيع الأوراق على النبات. ومما تجدر ملاحظته أن الأوراق السفلية التي لا يصل إليها ضوء كاف قد تستهلك من الغذاء - أثناء تنفسها - كمية أكبر من تلك التي يمكنها تصنيعها.

١٨ - معدل النمو النسبي للورقة Relative Leaf Growth Rate:

هو مقدار الزيادة في المساحة الورقية في وحدة الزمن، ويرمز له بالرمز (RLGR)، ويقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$RLGR = \frac{\Delta L}{L \times time}$$

$$= (\log_e L_2 - \log_e L_1) / (t_2 - t_1)$$

حيث ΔL (تُقرأ دلتا إل) هو التغير في المساحة الورقية في وحدة الزمن، والـ"time" هو هذه الوحدة الزمنية، و (L) المساحة الورقية الأصلية. وتلك هي القيم اللازمة لحساب معدل النمو النسبي للورقة حسب المعادلة الأولى.

أما في المعادلة الثانية.. فإن L_1، و L_2 تمثلان المساحة الكلية للأوراق في أوقات t_1 ، وt_2 قبل وبعد فترة زمنية معينة، وتقدر الفترة الزمنية باليوم، أو الأسبوع، أو الشهر... إلخ. (يلاحظ أن اللوغاريتم للأساس e وليس للأساس ١٠).

١٩ ـ معدل النمو النسبى Relative Growth Rate:

هو الوزن الجاف المتراكم للنبات لكل وحدة من الوزن الأصلى خلال وحدة زمنية معينة، ويرمز له ـ غالبا ـ بالرمز (RGR) ـ وأحيانا ـ بالرمز (r)، ويقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$RGR = \frac{\Delta W}{W \times time}$$

$$= (\log_e W_2 - \log_e W_1)/ (t_2 - t_1)$$

حيث إن :

ΔW: (تقرأ دلتا دبليو) هو التغير فى الوزن الجاف للنبات فى وحدة الزمن.

time: وحدة الزمن.

W_1: الوزن الجاف للنبات فى وقت معين t_1 ، و W_2 : الوزن الجاف فى وقت آخر t_2 بعد انقضاء فترة زمنية معينة.

وقد يستبدل الوزن الجاف للنبات بأى مقياس آخر، كطول النبات مثلاً.

٢٠ ـ معدل النمو المحصولى Crop Growth Rate:

هو الوزن الجاف للنبات المتراكم فى وحدة زمنية معينة لكل وحدة من مساحة الأرض، ويرمز له بالرمز (CGR)، ويقدر بالمعادلة التالية :

$$CGR = \frac{\Delta W}{P \times time}$$

حيث إن P هى وحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات.

كما أن :

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

٢١ ـ الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate:

هى الوزن الجاف المتراكم لكل وحدة مساحة ورقية فى وحدة الزمن. وهى ليست مقياساً دقيقاً لمدى كفاءة عملية البناء الضوئى، ولكنها مقياس للزيادة فى الوزن الجاف للنبات، والتى هى محصلة الفرق بين البناء الضوئى والتنفس، ويرمز لها ـ غالبا ـ بالرمز (NAR) ـ وأحيانا ـ بالرمز (E)، وتقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$NAR = \frac{\Delta W}{L \times time}$$

$$= \frac{(W_2 - W_1)(\log_e L_2 - \log_e L_1)}{(L_2 - L_1)(t_2 - t_1)}$$

وقد سبقت الإشارة إلى مدلولات جميع الرموز المستخدمة فى المعادلتين.

وقد يعبر عن (L) بمقاييس أخرى، مثل وزن الأوراق، أو محتواها من النتيروجين، أو البروتين، ويعطى ذلك قيما مختلفة للكفاءة التمثيلية. ولذا.. فإنها قد تعطى الرمز (E) عند استعمال مساحة الأوراق، والرمز(E_W) عند استعمال وزن الأوراق... إلخ.

كذلك فإن :

$$NAR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \times \frac{\log_e F_2 - \log_e F_1}{F_2 - F_1}$$

حيث إن :

W = الوزن الجاف/ وحدة المساحة من الأرض.

F = المساحة الورقية/ وحدة المساحة من الأرض.

ويستدل مما تقدم بيانه أن :

معدل النمو النسبى (RGR) = الكفاءة التمثيلية (NAR) × المساحة النسبية

للأوراق (LAR).

معدل النمو المحصولى (CGR) = الكفاءة التمثيلية (NAR) × دليل مساحة الورقة (LAI).

٢٢ ـ دليل الحصاد Harvest Index :

يطلق على دليل الحصاد أحيانا الأسماء: معامل الفاعلية Coefficient of Effectiveness ومعامل انتقال الغذاء إلى الأجزاء الاقتصادية للنبات (معامل الهجرة)-Migration Coeffi cient، وهو المحصول الاقتصادى كنسبة مئوية من الوزن الجاف الكلى للنبات، ويرمز له بالرمز (HI)، ويقدر بالمعادلة التالية :

$$HI = \frac{EY}{W} \times 100$$

حيث إن :

EY = المحصول الاقتصادى (الجزء النباتى الذى يزرع من أجله المحصول).

W = المحصول البيولوجى (الوزن الجاف الكلى للنبات) (عن Thorne ١٩٦٠، وWallace وآخرين ١٩٧٢، و Evans ١٩٧٢، و Bleasdale ١٩٧٣، و Leopold & Kriedmann، ١٩٧٥ و Malash١٩٧٩ ، و Stoskopf١٩٨١، و Kalloo ١٩٨٨).

٢٣ ـ القوة النسبية للأعضاء الاقتصادية من النبات على جذب الغذاء إليها Relative Sink Strength: يرمز إليها بالرمز (RSS)، وهى قيمة اقترحها Scully & Wallace (١٩٩٠) من دراساتهم على الفاصوليا الجافة، وتقدر كما يلى:

$$RSS = \frac{\text{معدل نمو البذور (المحصول الاقتصادى)}}{\text{معدل الزيادة فى المحصول البيولوجى}}$$

وفى الفاصوليا .. تدل قيم الـ RSS المساوية للواحد الصحيح ـ أو التى تزيد عليه ـ على

تمتع البذور بقدرة عالية على جذب الغذاء إليها وتخزينه فيها، وقدرة عالية للنبات على نقل هذا الغذاء المجهز إليها. ويمكن استبدال البذور فى المعادلة بأى عضو نباتى اقتصادى آخر ـ كالجذور أو الدرنات مثلا ـ حسب المحصول.

٢٤ ـ درجة الإنتاجية Productivity Score:

هى حاصل جمع كل من: المحصول الاقتصادى، والمحصول البيولوجى، ودليل الحصاد. تعد درجة الإنتاجية مقياساً واحداً لمقارنة التباينات بين التراكيب الوراثية فى المحصول، وعند مقارنة تأثير بعض المعاملات (عن Stoskopf ١٩٨١).

أهمية دلائل النمو

دليل الحصاد

أهم ما يتميز به دليل الحصاد أنه قيمة واقعية عملية؛ فهو يمثل المحصول الاقتصادى (الذى يزرع من أجله المحصول) كنسبة مئوية من المحصول البيولوجى (الوزن الجاف الكلى للنبات الذى يمثل محصلة عمليات البناء الضوئى، والتنفس، وامتصاص العناصر). ولقد كان دليل الحصاد المرتفع هو السبب الرئيسى وراء الزيادة الكبيرة التى تحققت فى محاصيل الحبوب.

إن الاختلافات فى الصفات المورفولوجية التى تؤثر فى دليل الحصاد تؤثر كذلك ـ عادة ـ فى صفات أخرى. فمثلاً.. كان دليل الحصاد المرتفع فى محاصيل الحبوب ذوات موسم النمو البارد مرتبطاً بالإزهار المبكر، والأوراق والسيقان القصيرة، حيث يكون توجيه الغذاء المجهز إلى الجزء الاقتصادى من النبات مبكراً، وبنسبة أعلى مما يوجه إلى الحبوب فى الأصناف ذات الأوراق والسيقان الكبيرة الحجم. ولكن يجب أن نتذكر أن المحصول الاقتصادى يتأثر بالمحصول البيولوجى مثلما يتأثر بدليل الحصاد.

يزيد دليل الحصاد فى البطاطس على ٠,٨؛ وبذا.. فإن قيمته عالية إلى درجة قد يكون