

النمو Growth :-

هو عبارة عن انقسام الخلايا Cell division (زيادة عدد الخلايا) وتوسع الخلايا Cell enlargement (زيادة الحجم) وان كلا العمليتين تتطلبان تمثيل البروتين وهي غير عكسية .
مختصي المحاصيل يعرفون النمو بانه الزيادة في المادة الجافة ، ولهذا فان النضج الفسيولوجي للنبات يقاس عندما تصل المادة الجافة حدها الاقصى ... اي يحدث توقف بالمادة الجافة .

تطور او نشوء (تكشف) Development :-

هي التغيرات المورفولوجية التي تطرأ على النبات مثل ظهور الاوراق والسيقان والازهار والثمار والبذور التي تصاحب النمو . او هو مقدار التغير في النبات باتجاه النضج ويشمل النمو والتمايز .

التمايز Differentiation :- وهي عملية نمو وتخصص مجموعة من الخلايا الى انسجة معينة ، او نمو الاعضاء للكائن الحي .

تحليل النمو Growth analysis :-

هو عبارة عن تحليل العوامل المؤثرة على الحاصل وتكوين النبات ، والذي هو محصلة لتراكم نواتج التمثيل الضوئي بمرور الوقت . وقد درس هذا الجانب العديد من العلماء منهم :-

1- Black ment عام 1919 . 2- Watson عام 1942 - 1952 .

3- Evans عام 1972 . 4- Hunt عام 1978 .

ان الهدف من تحليل النمو هو لمعرفة التفسيرات الفسيولوجية لاختلاف الحاصل النهائي للمادة الجافة .

طرق قياس تحليل النمو Growth analysis :- لأجراء تحليل النمو يتطلب قياسين مهمين في فترات متعاقبة هما :-

1- مساحة الورقة Leaf area . 2- الوزن الجاف Dry weight .

مساحة الورقة Leaf area :- تعتبر المساحة الورقية بشكل عام مقياس لحجم نظام التمثيل الضوئي . وهناك اجزاء اخرى من النبات غير الورقة قادرة على القيام بالتمثيل الضوئي . وقد تسهم هذه الاجزاء الخضراء في زيادة حجم انتاج المادة الجافة الكلية . وهذه الاجزاء هي:-

1- الساق 2- غمد الورقة 3- السفا 4- القنابع Glumes

5- اغلفة الثمار والبذور Husks 6- القرنات Pods

وبعضاً من هذه الاجزاء تقع في الجزء العلوي من النبات ولا تتعرض للتظليل . وقد اعتقد بعض الباحثين بان اغمد الاوراق والنورات الزهرية في الحبوبيات لها كفاءة تمثيل ضوئي يتراوح بين 50 - 100% من كفاءة الاوراق . اما البعض الاخر فقد وجد ان غمد ورقة الشعير تسهم بمقدار يتراوح بين 15- 40% من حاصل الحبوب . وتسهم السنبله في انتاج الحبوب بمقدار يتراوح من 9- 40% من اشكال الشعير عديم السفا والشعير المسفا على التوالي .

ان المادة الجافة التي تدخل في انتاج الحبوب تأتي من عملية التمثيل الضوئي وبصورة كبيرة من بداية مرحلة الطور التكاثري . وفي هذا المجال بين Watson عام 1965 ان المساحة الورقية الموجودة قبل مرحلة التطور التكاثري في الحبوبيات لم تسهم بصورة مباشرة في انتاج الحبوب ولكن التأثير غير المباشر لها لا يمكن اهماله .

ان عملية تحليل النمو تتم بطريقتين :-

أ- اجراء قياسات على فترات طويلة نسبياً وعلى اعداد كبيرة نسبياً من النبات .

ب- اجراء قياسات بفترات قصيرة من 2- 3 يوم وعلى اعداد قليلة من النباتات .

ومن الصفات الشائعة الاستخدام في تحليل النمو هي الاتي :-

1- معدل نمو المحصول (CGR) Crop Growth Rate :- (غم / م² (من مساحة الارض) / يوم)

هو الزيادة الحاصلة في وزن مجتمع من النباتات بوحدة مساحة الارض ولوحدة الوقت . ويستعمل بصورة واسعة في تحليل نمو المحاصيل الحقلية ويحسب من المعادلة الاتية :-

$$\text{CGR} = \frac{1}{\text{GA}} \cdot \frac{\text{W2} - \text{W1}}{\text{T2} - \text{T1}}$$

GA : مساحة الارض .

W2 : الوزن الجاف في بداية الفترة T2 .

W1 : الوزن الجاف في بداية الفترة T1 .

T2- بداية الفترة الثانية للقياس .

T1- بداية الفترة الاولى للقياس .

2- صافي التمثيل الضوئي (NAR) Net Assimilation Rate : (غم / م² مساحة الورقة) / يوم)

هو الزيادة في صافي نواتج التمثيل الضوئي بوحدة مساحة الاوراق خلال الزمن بعد طرح الفقد نتيجة التنفس وتحسب من المعادلة الاتية :-

$$\text{NAR} = \frac{\text{W2} - \text{W1}}{\text{T2} - \text{T1}} \cdot \frac{\text{Ln LA2} - \text{Ln LA1}}{\text{LA2} - \text{LA1}}$$

$$\text{NAR} = \text{gm/m}^2/\text{day}$$

حيث ان :-

W2 : الوزن الجاف للنبات في بداية الفترة T2 .

W1 : الوزن الجاف للنبات في بداية الفترة T1 .

LA2 : المساحة الورقية للنبات في بداية الفترة T2 .

LA1 : المساحة الورقية للنبات في بداية الفترة T1 .

Ln : اللوغاريتم للأساس الطبيعي .

العوامل المؤثرة في معدل صافي التمثيل الضوئي :-

- 1 - درجة الحرارة
- 2 - الضوء
- 3 - CO₂
- 4 - الماء
- 5 - عمر الورقة
- 6 - العناصر الغذائية المعدنية
- 7 - محتوى الكلوروفيل في الورقة
- 8 - التركيب الوراثي

يستهلك التنفس أكثر من 25% من الطاقة الغذائية المنتجة بعملية التمثيل ولا يمكن تجنب هذا الفقد لأنه وظيفة وفعالية ضرورية للحياة . وتعد عملية التنفس عملية هدم للمواد الغذائية وتحرير للطاقة .



ويعتبر معدل صافي التمثيل الضوئي عاملاً مؤثراً في الحاصل ، لذا على العاملين في القطاع الزراعي ان يفهم أهمية هذا العامل وكيفية ادخاله ضمن برامج الزراعة . وكمثال عن كيفية زيادة التمثيل الضوئي ومعدل صافي التمثيل الضوئي في الحقل هو ازالة النورة الذكورية في الذرة الصفراء لتقليل تضليل الاوراق حيث ان النورة الذكورية مسؤوله عن انتاج حبوب اللقاح ، لذا يمكن تقليل حجمها اثناء النمو او ازلتها Detasseling بعد عملية الاخصاب . وقد اوضحت الدراسات العلمية ان هناك زيادة في حاصل الذرة الصفراء عند ازالة النورة الذكورية تحت ظروف زيادة الكثافة النباتية وقلة خصوبة التربة او الجفاف ، وذلك لان النورة الذكورية تحدد من كمية الضوء النافذ . من خلال نتائج البحوث العلمية وجد ان معدل صافي التمثيل الضوئي للذرة الصفراء يكون بحدوده المثلى عند درجات حرارة تتراوح بين 30-35 م° . وفي محاصيل حقلية اخرى يتم ازالة القمة النامية بعد فترة من نمو النبات للتخلص من السيادة القمية لزيادة التفرعات الجانبية ومن ثم زيادة كفاءة اعتراض وامتصاص الضوء والذي ينعكس ايجابا في زيادة صافي التمثيل الضوئي ولاسيما في نباتات محصولي فول الصويا والحنطة .

3- معدل النمو النسبي (RGR) (غم غم⁻¹ يوم⁻¹):-
هو زيادة الوزن الجاف في فترات معينة من حياة النبات وعلاقتها بالوزن الاولي للنبات، ويحسب من المعادلة الاتية :-

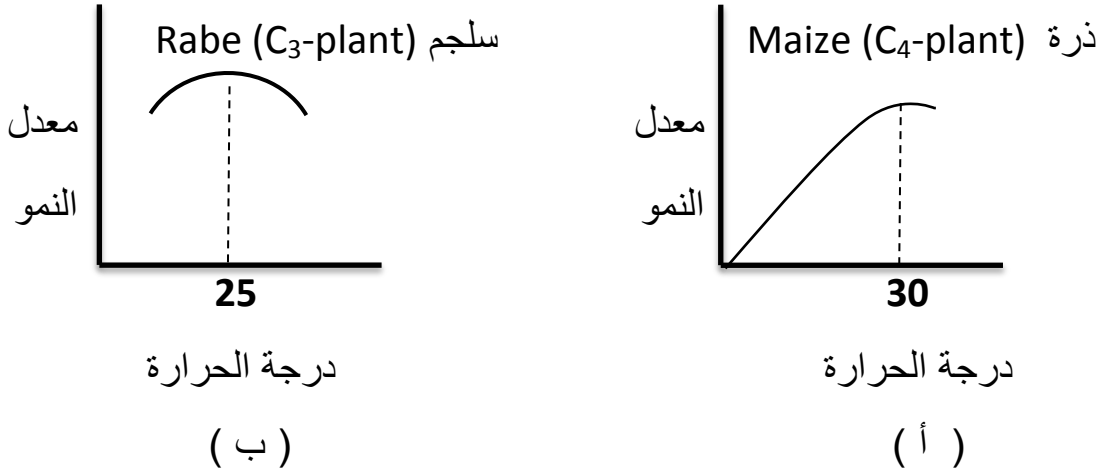
$$\ln W2 - \ln W1$$

$$\text{RGR} = \frac{\ln W2 - \ln W1}{T2 - T1}$$

استعمالات (RGR) :-

1- لمقارنة الاصناف .. ولمقارنات مختلفة .

2- دراسة تأثير درجة الحرارة على نمو المحصول كمقارنة بين الانواع النباتية .



أ- الذرة الصفراء (C₄) يبين المنحني ان معدل النمو في هذا النبات يتصاعد كلما ارتفعت درجة الحرارة ، وهذا يدل على ان نباتاتها تتحمل درجات الحرارة ويوجد إنتاجها تحت هذه الظروف .

ب- السلجم (C₃) يبين المنحني ان انتاجه يزداد الى درجة حرارة معينة ، ونقصانها او زيادتها عن هذا المعدل يتأثر بها الانتاج تبعاً لذلك .

4 - دليل المساحة الورقية (LAL) :-

انتاج المحاصيل عبارة عن استخدام كل الوسائل العلمية لاصطياد الطاقة الشمسية وتحويلها الى غذاء ومواد اخرى ذات استخدامات عديدة . وعادة تصمم استراتيجيات انتاج المحاصيل لأجل اعتراض اكبر كمية ممكنة من الضوء وذلك بتكوين غطاء ارضي كامل من خلال استخدام الكثافة النباتية المثالية وتوزيعها لتشجيع تكون سريع للمساحة الورقية .

يمثل دليل المساحة الورقية (LAI) النسبة بين مساحة الاوراق الى مساحة الارض التي يشغلها المحصول . ويمكن حسابه من المعادلة الاتية :-

المساحة الورقية للنبات

$$LAI = \frac{\text{مساحة الاوراق التي يشغلها النبات}}{\text{مساحة الارض التي يشغلها النبات}}$$

مساحة الارض التي يشغلها النبات

كذلك يمكن قياس دليل المساحة الورقية لأكثر من فترة من خلال المعادلة الاتية:-

$$LAI = \frac{1}{GA} \cdot \frac{LA2 + LA1}{2}$$

LA2: المساحة الورقية للفترة الثانية .

LA1: المساحة الورقية للفترة الاولى .

GA: مساحة الارض التي يشغلها النبات (Ground Area) .

5- نسبة المساحة الورقية (سم² غم⁻¹) (LAR) Leaf Area Ratio :- تمثل النسبة بين مساحة الاوراق الى المادة الجافة الكلية للنبات ويتم تقديرها من المعادلة التالية (Hunt ، 1982):

المساحة الورقية للنبات (سم² نبات⁻¹)

$$\text{نسبة المساحة الورقية (LAR)} = \frac{\text{المساحة الورقية للنبات (سم² نبات⁻¹)}}{\text{الوزن الجاف للنبات (غم نبات⁻¹)}}$$

الوزن الجاف للنبات (غم نبات⁻¹)

6 – مساحة الورقة النوعية (سم² غم⁻¹) (SLA) Specific Leaf Area :- تم تقديرها من المعادلة التالية حسب ما ذكره (Hunt ، 1982).

مساحة الاوراق (سم² نبات⁻¹)

مساحة الورقة النوعية (SLA) =

الوزن الجاف للأوراق (غم نبات⁻¹)

7 - وزن الورقة النوعي SLW .

8 - مدة بقاء المساحة الورقية LAD .

9 - مدة بقاء الكتلة الحية BMD .

ان دليل المساحة الورقية المساوية الى واحد يمكن اعتراض جميع الضوء الساقط نظرياً الا ان هذا نادر الحدوث بسبب سمك الورقة . ان دليل المساحة الورقية 3 - 5 ضروري لا نتاج اعلى مادة جافة .

وقد تتطلب محاصيل العلف مثل الحشائش ذات الاوراق العمودية دليل مساحة ورقية من 8 - 10 تحت الظروف الملائمة لاعتراض الضوء ويختلف دليل مساحة الاوراق وتوزيعه الفعلي كثيراً بين الانواع اعتماداً على مساحة الاوراق .

يمكن التعبير عن LAI في المحاصيل محدودة النمو في بداية مرحلة التطور التكاثري اما في المحاصيل غير محدودة النمو فقد يستخدم الحد الاعلى من دليل المساحة الورقية LAI .

دليل المساحة الورقية الامثل (OLA) Optimum leaf area :- هي المساحة الورقية التي يتم عندها انتاج اعلى حد من المادة الجافة . ولكل محصول دليل مساحة ورقية امثل يتراوح عادة بين 2.5 - 5 ولأغلب المحاصيل . ويكون انتاج المادة الجافة اقل عند دليل مساحة ورقية اقل من الحد الامثل وذلك لعدم اعتراض الضوء كلياً من قبل الاوراق فيكون معدل صافي التمثيل الضوئي اقل من الحد الاعلى .

اما عند دليل مساحة ورقية فوق الحد الامثل فان انتاج المادة الجافة يكون اقل ايضاً نتيجة تظليل الاوراق السفلى من قبل الاوراق العلوية فينخفض معدل صافي التمثيل الضوئي . وان المساحة الورقية تعتمد على المسافات بين النباتات وعلى نوع النبات او الصنف .

ان مفهوم دليل المساحة الورقية الامثل قد لا يكون ذا معنى او لا يفيد اذا استخدم لتفسير اختلافات الحاصل لان الحاصل الاقتصادي يعتمد على حجم المصب وقابليته على سحب المواد الغذائية وكذلك على انتقال المواد الغذائية ولكن قد يفيد في الحالات الاتية :-

1- في المحاصيل التي يكون الهدف من زراعتها الحصول على حاصل حبوب فان LAI الامثل ينبغي ان يترافق مع مرحلة تطور النبات (في المحاصيل محدودة النمو ينبغي ان يترافق مع بداية مرحلة التطور التكاثري) اما في المحاصيل العلفية فان الوصول لدليل مساحة ورقية امثل قد يكون دليلاً لموعد الحش .

2- يمكن توقع حصول اكبر انتاج للمادة الجافة عند تزامن مساحة ورقية مثلى مع ظروف ملائمة لعملية التمثيل الضوئي ، مثل اليوم الطويل او عند ازالة الشد او الاجهاد الرطوبي من التربة وكذلك عند توفر كلاهما .

3- قد يعطي مؤشراً للنقطة التي يحصل فيها اعلى معدل لصافي التمثيل الضوئي
Net assimilation Rate (NAR) .

4- قد يعطي مؤشراً بان مساحة الاوراق المحسوبة قادرة على استلام وتوظيف اكبر قدر ممكن من الاشعة الساقطة .

دليل المساحة الورقية تحت الظروف الحقلية :-

يمكن نظرياً تحقيق زيادة في الحاصل بزيادة دليل مساحة الاوراق لحد 4 في الذرة الصفراء وعدم تحقيق اي زيادة في الحاصل بعد دليل مساحة ورقية فوق (4.7) . وقد وجد ان هناك علاقة بين دليل مساحة الاوراق في وقت ابتداء مرحلة النمو التكاثري وحاصل الحبوب في الذرة الصفراء ، وكان دليل مساحة الاوراق 3.3 فعلاً عند تزامنه مع فترة ملئ الحبوب ولفترة 155 يوماً .

3- دليل المساحة الورقية الحرج Critical leaf area index :-

وهي النقطة التي يتم عندها اعتراض 95% من الطاقة الضوئية الساقطة على مساحة من الارض عند الظهيرة .

4- طول فترة بقاء المساحة الورقية (LAD) Leaf area duration :-

وهي تعبير عن طول الفترة الزمنية التي تكون فيها المساحة الورقية فعالة خلال فترة نمو المحصول . قد تكون دالة مساحة الاوراق لحقل الذرة الصفراء وقت التزهير 4.5 ، غير ان المفيد معرفة مدى بقاء هذه المساحة فعالة في عملية التمثيل الضوئي . وقد وجد انها ذات علاقة عالية مع الحاصل في بعض المحاصيل مثل الحنطة .

ورقة العلم:- هي الورقة الاخيرة في النبات والتي تتكون قبل حصول الاخصاب بفترة قصيرة جداً .

اهميتها للنبات :-

1- احتوائها على الكلوروفيل المهم في عملية التمثيل الضوئي .

2- تزويد السنبله بالمواد الغذائية لمليء الحبوب.

المحددات الفسيولوجية لنمو المحصول Physiological Determinants of Group Growth :-

ان العوامل المحددة لإنتاجية (حاصل النبات) هي عوامل محددة لصافي التمثيل الضوئي . وقد حدد Charles Edward خمسة محددات فسلجيه لنمو المحصول هي :-

1 - الكفاءة التي تستخدم فيها الطاقة الضوئية في انتاج مادة جافة جديدة $J^{-1}(\text{drymatter})g$.

2 - مقدار الطاقة الضوئية المستلمة بواسطة المحصول خلال 24 ساعة (نهار / ليل) $J(\text{Light energy})m^{-2} d^{-1}$ اي مقدار Photosynthetic Active Radiation (PAR) .

3 - التوزيع اليومي للمادة الجافة الجديدة المنتجة .

4 - معدل الفقد اليومي في المادة الجافة المنتجة $(gm^{-2} d^{-1}) (tha^{-1} d^{-1})$.

5 - المدة او الفترة (يوم) Duration لإنتاج المحصول الاقتصادي المطلوب .