3. النمو Croissance:

تتحول البادرة الناتجة عن عملية الإنبات تدريجيا إلى نبتة كبيرة نسبيا وتعتبر عملاقة بالنسبة للجنين الذي تسبب في إنباتها (إنشائها)، فكل أعضائها تنمو ويزداد عددها، طواها ووزنها بطريقة غير قابلة للتراجع، فيمس النمو كل الأعضاء منها الجذور السيقان الأوراق وكذلك الأزهار والثمار، فإذا تفحصنا نباتا ما لمدة زمنية كافية تبين الملاحظات بان النبات مركز لتغيرات صنفت من طرف الباحث STEWARY الى نوعين:

- تغيرات كمية: وتتمثل في الزيادة في الطول، زيادة في العرض، زيادة في مساحة الأوراق، زيادة في الوزن والحجم ومجموع هذه التغيرات يمثل النمو.

- تغيرات كيفية (نوعية): تكمن في اكتساب خصائص جديدة ظاهرية ووظيفية والتي نستطيع إدماجها تحت عبارة التمايز différenciation.

1. تعريف النمو:

تعد عملية النمو معقدة جدا، وقد قدم العلماء عددا من التعاريف للنمو ولكل منها محاسنه وعيوبه واهم هذه التعاريف هي:

1- ان التعريف الشائع للنمو هو الزيادة في حجم النبات بواسطة انقسام واستطالة الخلايا وهما عمليتان متداخلتان تتبعهما عملية التمايز والتي تتأثر بالعوامل الوراثية والبيئية.

2- النمو هو الزيادة في الوزن الجاف (تعريف المنتج).

3- النمو هو مضاعفة البروتوبلازم (مضاعفة المادة الحية) حيث تتحول الكاربوهيدرات والدهون إلى مركبات حية وفعالة داخل اغشية الخلايا المكونة حديثا.

ينقسم النمو إلى نوعين حسب الأعضاء المتكونة:

- الاعضاء النباتية محدودة النمو: والتي تصل إلى حجم معين ثم يتوقف نموها وتهرم وتموت كالأوراق والأزهار والثمار.

- الاعضاء النباتية غير محدودة النمو (متواصلة النمو): كالجذور والسيقان مع تفرعاتها التي تنمو بصفة متواصلة انطلاقا من أنسجة دائمة تسمى المرستيمات Méristème.

2. توزيع وأماكن النمو:

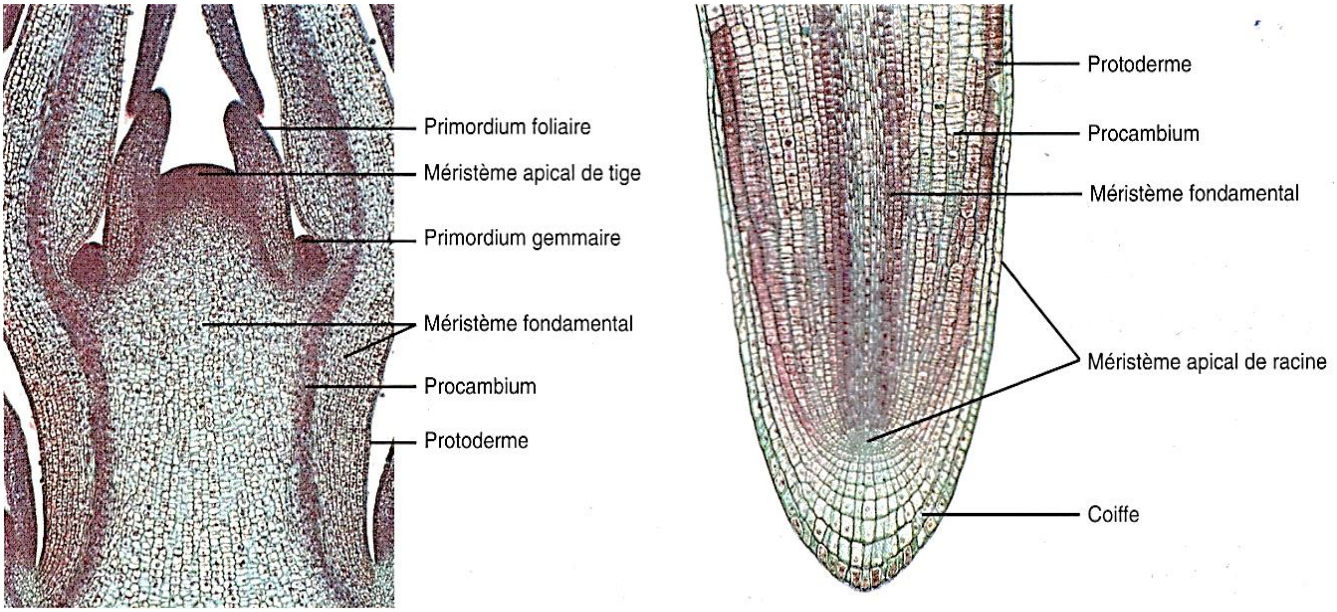
يحدث النمو في أنسجة معينة وفي مناطق محدودة تعرف بالمرستيمات، فالمرستيم هو عبارة عن نسيج يحدث فيه انقسام بعض او كل الخلايا تحت الظروف الملائمة للانقسام المتتالي، فتستطيل الخلايا بعد انقسامها وتتمايز، وبذلك تتكون أنسجة جديدة مختلفة الوظائف، فمنها ما يقوم بعملية التركيب الضوئي ومنها ما يقوم بالامتصاص إلى غير ذلك أي أنسجة متخصصة، واهم المرستيمات التي توجد عند النباتات الراقية نذكر:

- مرستيم قمة الساق والجذر Méristème apical.
- مرستيم الكامبيوم الوعائي (كامبيوم الحزمي) Cambium vasciculaire.

يوجد مرستيم قمة الساق في جميع قمم الساق بداخل البراعم الساكنة bourgeon latent، أما مرستم قمة الجذر فهو يتوزع في كل القمم الجذرية، أما الكامبيوم فلا يوجد إلا في ساق ذوات الفلقتين، كما توجد مرستيمات مؤقتة بين عقدية تسمح باستطالة الأجزاء بين العقد (القمح والذرة)، ومرستيمات داخل العقدة كما في النجيليات، ومرستيمات بين عقدية في قواعد الأوراق، فهذه الأنواع الخلوية تسمح بنوعين من النمو:

ـ يسمي النمو الناتج عن القمة المرستيمية للجذر أو الساق بالنمو الأولي Croissance primaire فهو الذي يسبب الزيادة في طول الساق او الجذر وكذلك تكوين الأوراق وفروع الساق والجذور.

ـ كما يسمى النمو الناتج عن انقسام خلايا الكامبيوم الوعائي النمو الثانوي Croissance secondaire وهو الذي ينتج عنه زيادة في فطر الساق أو الجذر عند النباتات ذوات الفلقتين.



الشكل 1: مقطع لقمة ساق وقمة جذر يوضح توضع المرستيمات

3. المظهر الخلوي للنمو:

نحصل على نمو عضو نباتي بطريقتين:

ـ نمو الخلايا الموجودة سابقا

ـ زيادة عدد الخلايا عن طريق الانقسام الخلوي.

وكلمة النمو هي انسب واصح الاصطلاحات لهذه العملية حيث تنمو كل خلية أثناء هذه العملية بسلسلة من الأطوار حيث يحدث تغيير في أبعاد هذه الخلايا الشيء الذي يؤدي إلى مضاعفة حجمها الأولي بعدة مرات.

فنمو عضو نباتي معين يتمثل في ثلاث عمليات مرتبة حسب ظهورها:

1ـ زيادة في كتلة البروتوبلازم عن طريق الانقسام الخلوي في المرستيمات المتخصصة وهذا ما يسمى بالانقسام الخلوي mitose أو Mérèse.

2- زيادة في أبعاد الخلايا الناتجة عن العملية الأولى وتسمى Auxése (Auxos تعني الزيادة Augmentation) وهذه الزيادة لها علاقة مع الهرمونات النباتية وخاصة هرمون Auxine AIA الذي يسمح باستطالة النبات.

3- تمايز (تخصص) الخلايا الشيء الذي يؤدي بها إلى مميزات ظاهرية (مورفولوجية) ووظيفية (فيزيولوجية) مختلفة حسب الأنسجة وتسمى هذه العملية بالتمايز Différenciation.

4. الظواهر الفيزيولوحية لزيادة حجم الخلية (الانقسام الخلوي):

تعتبر الخلايا المرستيمية مركز للنشاط التمثيلي أثناء عملية النمو، ففيها تتمثل مواد كبيرة من المواد السكرية والبروتينية أثناء عملية الانقسام فتستعمل المواد السكرية المتمثلة في السللوز ومواد بكتينية ومواد أخرى كاللجنين لغرض بناء جدران الخلايا الناتجة عن الانقسام ابتداء من الجدار الفاصل بين الخليتين الناتجتين عن الخلية الأم، أما المركبات النيتروجينية الموجودة في البروتوبلازم فتتكون من الأحماض الامينية والاميدات والمكونات المشابهة التي تدخل في تركيب الأحماض النووية ومن المحتمل انتقال هذه المركبات النيتروجينية إلى المرستيمات من طرف الخلايا النامية.

- يستخدم الماء أثناء الانقسام الخلوي في تمييه البروتوبلازم المتكون حديثا وكذلك تزويد الجدران الحديثة وملأ الفجوة.

- أثناء الانقسام يجب توفر العناصر المعدنية الضرورية وذلك لدخولها في بناء المركبات العضوية وفي تنشيط العمليات الكيميائية.

- تنتقل المواد المذابة من خلية مرستيمية إلى أخرى انتقالا نشطا بينما ينتقل الماء في هذه الخلايا بواسطة الضغط الاسموزي والتشرب واحتمال انتقاله كذلك بطريقة نشطة.

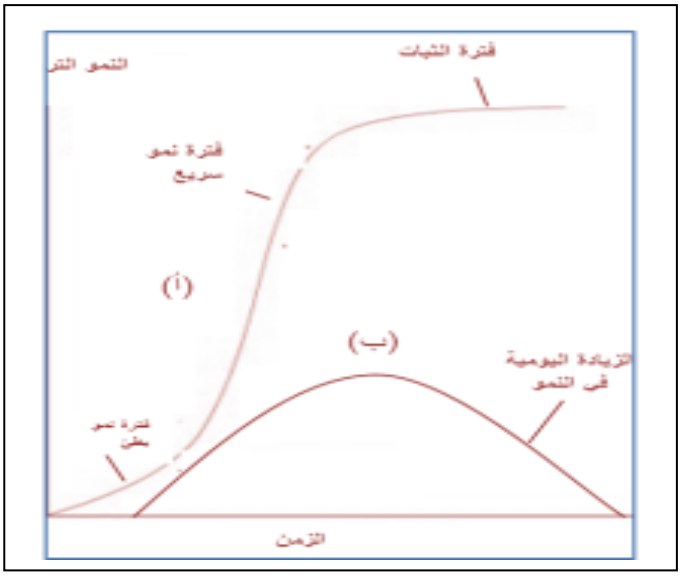
- تعتبر الخلايا المرستيمية مناطق لعمليات تنفسية نشطة وتستهلك كميات كبيرة من المواد العضوية وخاصة المواد الكربوهيدراتية ولوحظت علاقة مباشرة بين معدل الانقسام ومعدل استهلاك الأكسيجين (التنفس) في الأعضاء الفتية أثناء نموها (الأوراق الحديثة) ومعدل تنفس الخلايا المرستيمية أعلى من معدل تنفس الأنسجة المتمايزة (المسنة).

- وأخيرا يتطلب استمرار عملية انقسام الخلايا المرستيمية وجود منضمات النمو المتمثلة في الهرمونات (اكسين، جبرلين ، سيتوكينين ...) وكذلك الإنزيمات ومرافق الإنزيمات التي تتدخل في هذه العملية.

5. مظاهر حركية النمو Cinétique de croissance:

إذا تتبعنا نمو خلية أو مجموعة من الخلايا أو عضو من الأعضاء أو نبات بأكمله خلال دورة حياته خلال فترة محددة فسوف نلاحظ ان معدلات النمو تسير عادة على نمط واحد حيث تكون معدلات النمو منخفضة أولا ثم تزداد مع مضي الوقت الى حد أقصى، ثم تهبط بنفس المعدل تقريبا الى الصفر ويكون هذا هو المسار الطبيعي أيا كانت المعايير المستخدمة في القياسات (طول، وزن أو حجم) وسواء اكتمل النمو في ساعات قليلة أو في بضع سنين.

وعند التعبير عن معدل النمو في صورة منحنى يمثل التغير في النمو الكلي (التراكمي) مع الزمن فان هذا المنحنى يتخذ عادة شكل يشبه الحرف (S) المائل ويسمى المنحنى Sigmoid، أما إذا كان المنحنى يمثل الزيادة الدورية فقط في النمو وليس النمو الكلي فإننا نحصل على منحنى يكاد يكون متماثل على جانبي ذروة تمثل أقصى قيمة لمعدل النمو الذي يكون بطيئا في البداية وفي النهاية، وفي كل منحنى النمو تستطيع ان تميز ثلاثة أطوار هي فترة مبكرة لنمو بطئ تليها فترة وسطى لنمو سريع ثم فترة أخيرة لنمو بطئ (الشكل 10).



الشكل 2: منحنى يوضح الاطوار الثلاثة للنمو أ- النمو التراكمي ب - النمو اليومي

1.5. المعايير المستعملة:

يعبر عن نمو عضو نباتي معين خلال فترة معينة بالمقادير الكمية التالية:

- الزيادة في طول الساق أو الجذر أو أي عضو آخر.
- زيادة مساحة الأعضاء المسطحة كالأوراق.
- الزيادة في قطر العضو.
- الزيادة في حجم الثمار.
- الزيادة في الوزن الطازج أو الجاف.

إذن فتطور الأعضاء النباتية أثناء الزمن يترجم إلى منحنيات للسماح بتسهيل المقارنات حيث تحول النتائج إلى نماذج رياضية بسيطة وهذا ما يسمي بحركية النمو Cinétique de croissance.

2.5. المقاييس المستعملة:

للتمكن من مقارنة نتائج القياسات في الظروف المختلفة لا مقياسين هما:- سرعة النمو- معدل النمو.

- سرعة النمو: أثناء الفترة الزمنية Δt يزيد طول العضو l_1 إلى l_2 فالكسر $\Delta l / \Delta t$ يقيس السرعة المتوسطة للنمو Vm.

$$V = \Delta l / \Delta t$$

إن قيم هذه السرعة المتوسطة تتغير حسب النمو النباتي والحالة الفيزيولوجية للنبات وكذلك حسب الظروف البيئية.

أمثلة: أثناء الفترة الملائمة للنمو تكون الأطوال اليومية للنمو كالتالي: البازلاء 20-40 ملم، القمح 10 -20ملم، العنب 10-30ملم.

- معدل النمو: في اغلب الاحيان سرعة النمو لا تعبر بصفة كافية عن النمو، فمثلا إذا اخذنا نبات طوله 10 ملم ونموه اليومي 10 ملم/اليوم وقارناه بنبات طوله 1000 ملم وله نفس النمو اليومي فيعتبر الثاني اسرع نموا.

لكن لمقارنة جيدة يجب حساب معدل النمو والرجوع الى الطول الاولي l_0 وهذا المعدل يعبر عنه بـ R.

$$R = V/l_0 \times 100$$

$$R = \Delta l/\Delta t \times 1/l_0 \times 100$$

فإذا اعتبرنا ان $\Delta t = 1$ تصبح العلاقه:

$$R = \Delta l/l_0 \times 100$$

6. دورية النمو Périodicité de croissance:

تخضع ظاهرة النمو إلى دورتين:

1- دورية يومية: تعني كل النباتات حيث يكون النمو في أقصاه بعد طلوع الشمس وأدناه آخر النهار وأثناء الليل، فلهذه الدورية ارتباط وثيق بالإضاءة التي تعتبر أساس عملية التمثيل الضوئي وكذلك الحرارة والرطوبة وكل هذه العوامل تؤثر على فتح الثغور.

2- دورية فصلية: يخص هذا النباتات المعمرة بصفة خاصة يختلف نمو النباتات طوال السنة فهناك أوقات يكون فيها النمو أكثر نشاطا مقابل أوقات أين يكون فيها ضئيلا جدا وذلك عند النوعين من المرستيمات وبالتالي يخضع النمو ليصبح دورية متلائمة مع فصول السنة.

7. العوامل المؤثرة على النمو:

تتحكم فى النمو عوامل عديدة يمكن تقسيمها إلى:

1.7. عوامل داخلية:

1.1.7. عوامل غذائية:

تساهم العوامل الغذائية بطريقة مباشرة فى تخليق المواد العضوية المختلفة التى يبنى منها النبات أنسجته، وهذه المركبات العضوية المعقدة تتكون نتيجة سلسلة من التفاعلات الكيميائية من مواد غير عضوية بسيطة، مثل CO_2 الذى يمتصه النبات من الهواء الجوي، ومثل الماء والعناصر المغذية التى يمتصها النبات من التربة حيث لوحظ أن هذه العناصر الممتصة تلعب دوراً مهماً فى حياة النبات وترجع أهمية تلك العناصر إلى أنها:

1- تدخل فى تركيب مكونات الخلايا والإنزيمات ومركبات الطاقة بالخلية.

2- تلعب دوراً مهماً فى عمليات التحولات الغذائية والحفاظ على أسموزية الخلايا.

ويعتبر العنصر المغذى ضرورياً وأساسياً فى تغذية النبات إذا لم يستطع النبات أن يكمل دورة حياته فى غياب هذا العنصر وأيضاً إذا لم يمكن لأي عنصر آخر أن يحل محل هذا العنصر أو أن النبات يكون فى حاجة شديدة لهذا العنصر وأن يشاركه فى هذا الاحتياج العديد من النباتات الأخرى، وكذلك لابد لهذا العنصر أن يكون تأثيره مباشر على النبات وله دور هام فى عمليات البناء والهدم، وتنقسم العناصر من حيث درجة احتياجها للنبات إلى عناصر أساسية كبرى وهذه يحتاجها النبات بكميات كبيرة وعناصر أساسية صغرى يحتاجها النبات ولكن بكميات قليلة، ونقص أى عنصر غذائى فى الوسط الغذائى للنبات قد يؤدى إلى ظهور أعراض مرضية مميزة لهذا العنصر.

2.1.7. عوامل هرمونية:

تتحكم الهرمونات فى سرعة نمو الأعضاء المختلفة للنبات، حيث تساعد الهرمونات المنشطة في تنشيط النمو الخضرى والنمو الزهرى وكافة العمليات الحيوية مثل البناء الضوئى والنشاط الإنزيمى، بينما تساهم المثبطات كالـ ABA في تثبيط على عمليات النمو ونقص المحتوى من صبغات البناء الضوئى كما أنها تسبب سكون البراعم.

3.1.7. عوامل وراثية:

تتحكم العوامل الوراثية فى شكل وحجم النباتات، ويحدد التركيب الوراثى للنبات طبيعة ومدى التأثير الذى تحدثه به العوامل الغذائية والهرمونية، ومما يجب ملاحظته التداخل الموجود بين هذه المجموعات الثلاثة فشدة الضوء مثلاً يمكن أن تؤثر على النمو عن الطريق الغذائى كما يمكن أن تؤثر عليه عن الطريق الهرمونى.

2.7. عوامل خارجية:

يتعرض النبات بصفة مستمرة إلى تغيرات متعددة ناتجة عن تغيرات بيئية غير حية التي يكاد يعتمد كل منهما على الآخر، وتعتبر البيئة الأب التربوي لكل نبات فتلعب دورا لا يمكن الاستغناء عنه في نمو النبات، بينما يلعب العامل الوراثي دورا في انتقال الخصائص النباتية من جيل لآخر، ويعتبر نمو أي كائن وتفاعلاته نتيجة للتأثير المنسق المتبادل بين العوامل الوراثية والظروف البيئية على العمليات الفيزيولوجية الداخلية لتلك الكائنات، فمن بين العوامل البيئية المؤثرة على النمو نذكر:

- درجة حرارة التربة والجو والطاقة الإشعاعية أو الإضاءة.
- الماء والمواد الذائبة في محلول التربة.
- الغازات المتواجدة في التربة والجو.

1- الحرارة: يزداد نمو النبات ليصل إلى الحد الأقصى بزيادة درجة الحرارة من الدرجات القليلة فوق الصفر على شرط أن تتوفر العوامل البيئية الأخرى، ويصل النمو إلى نهايته القصوى تحت درجات 20 - 30°م ثم يقل النمو تدريجيا بحيث يقارب معدله الصفر عند درجة حرارة 45°م.

وتنقسم النباتات حسب هذا العامل إلى قسمين:

- نباتات شتوية: يكون النمو عندها ابتداء من 0°م (الفول).
- نباتات صيفية: لا تنمو إلا عندما ترتفع درجة الحرارة نسبيا عن الصفر (الطماطم ، الفلفل).

ومن الاضرار الناتجة عن درجة الحرارة المرتفعة ما يلي:

- تتسبب في زيادة معدل النتح مع نقص ملحوظ فى الماء الممتص مما يؤدى إلى نقص المحتوى المائى فى الأنسجة ويؤدى إلى موت بعض أجزاء النبات وفى الحالات الشديدة يموت النبات.
- ارتفاع درجة الحرارة يزيد من معدل الهدم (التنفس) بما لا يتناسب مع الزيادة الناتجة فى معدل البناء فينقص النمو ويتقزم النبات وباستمرار الحالة يموت النبات.
- درجة حرارة التربة قد تصل فى بعض المناطق إلى 70°م مما يؤدى إلى قتل سيقان النباتات الصغيرة الملاصقة للتربة وبذلك يموت النبات كلية نتيجة لفقد البروتوبلازم لكافة أنشطته الحيوية.

- الأنسجة التى تحتوي على نسبة أقل من الماء تقاوم درجات الحرارة المرتفعة بدرجة أكبر من الأنسجة ذات المحتوى العالى من الماء ولذلك فإن البذور أكثر مقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة جدا دون أن تفقد حيويتها.
- بعض الأنسجة تقاوم درجة الحرارة المرتفعة بسبب إحاطتها بطبقات حماية مثل الفلين.

أما الاضرار الناتجة عن درجة البرودة الشديدة فتتمثل فيما يلي:

- يقل المحتوى المائى بدرجة كبيرة فى الأنسجة النباتية وذلك لنقص معدل الامتصاص.
- التجمد يؤدى إلى موت النبات كلية حيث يتجمد الماء داخل الخلايا والمسافات البينية بين الخلايا ويتجمد فى صورة بلورات تؤدى إلى تمزيق الجدر الخلوية ويسبق ذلك جفاف البروتوبلازم.

2- الإضاءة: يختلف تأثير الضوء على النمو باختلاف شدته ونوعيته وكذلك الفترة التي يتعرض فيها النبات إلى الإضاءة ويؤثر الضوء على التمثيل الضوئي وتخليق الكلوروفيل وعلى فتح وغلق الثغور وعلى امتصاص الأملاح.

ويتمثل تأثير شدة الاضاءة فيما يلي:

- نمو النبات وخاصة فى مراحله الأولى يتناسب عكسياً مع شدة الإضاءة.
- نمو النبات فى مراحله المتوسطة وخاصة بعد مرور 7 أسابيع على الأقل يحتاج لإضاءة متوسطة.
- أحسن نمو للأوراق وتكوين الأزهار والثمار يحتاج لإضاءة شديدة.
- نباتات الظل تختلف عن النباتات الطبيعية حيث يتأخر نموها عند تعرضها لشدة إضاءة عالية.
- الإضاءة الشديدة تؤدى إلى زيادة معدل النتح وبالتالى نقص المحتوى المائى فى الأنسجة وبذلك يتأخر ويتوقف انقسام الخلايا واستطالتها.
- الإضاءة المنخفضة ينتج عنها تأخر نمو النباتات وذلك بسبب نقص فى عملية البناء الضوئى.

كما تؤثر فترة الاضاءة على النمو وذلك:

- عند تعريض نباتات النهار القصير لنهار طويل فإنها تنمو خضرياً بطريقة غير محدودة، ولكن تحت ظروف النهار القصير فإن النمو الخضرى يكون محدوداً جداً وذلك بسبب تخصص خلايا القمة النامية لإعطاء النمو الزهرى.
- عند تعريض نباتات النهار الطويل لظروف نهار قصير فإنها تعطى نباتات قصيرة خضريا.

3- الماء: تتحكم الآثار المتعارضة لعمليات النتح والامتصاص على عمليات النمو فكلما تفوق معدل النتح على معدل امتصاص الماء لمدة كافية تتناقص كمية الماء داخل النبات مما يؤثر على نموه.

نقص الماء فى الخلايا يقلل من سرعة نموها، كما يؤدى نقص الماء فى الوسط المحيط بالنبات إلى ذبول النبات ونقص نموه وأيضاً نقص واضح فى عمليات التحول الغذائى ونقص امتصاص وانتقال الذائبات فى النبات، بينما توفر الماء يعمل على زيادة ضغط الامتلاء ويساعد على تمدد جدر الخلايا وبالتالى زيادتها فى الحجم، كما يساعد على سهولة إتمام العمليات الحيوية والتحولات الغذائية وزيادة نشاط الإنزيمات والعمليات الأيضية المختلفة، كما يؤدى توفر الماء فى الوسط المحيط بالنمو على سرعة امتصاص وانتقال الذائبات.

4- التربة:

- فى الظروف الطبيعية لا يتجاوز الضغط الأسموزي لمحلول التربة عن 1 ضغط جوى.
- فى بعض الحالات عند استخدام ماء به نسبة عالية من الأملاح فى ري النباتات قد يصل الضغط الأسموزي لمحلول التربة إلى 10 ضغط جوى مما يؤدى إلى نقص واضح فى امتصاص الماء وبالتالى تأخر نمو النبات.
- بالإضافة إلى ارتفاع أسموزية محلول التربة وتأثيره المثبط على نمو النبات فإن نمو النبات يتأخر أيضاً بدرجة أكبر بسبب سمية بعض العناصر المذابة فى محلول التربة مثل Na Cl والتي تحد كثيراً من نمو النبات.
- فى الأراضى ذات التربة الجافة والناعمة عند زيادة نسبة الرطوبة يلاحظ نقص فى التهوية ويزداد تركيز CO_2 بينما ينخفض تركيز O_2.
- وجد أن التهوية تؤدى إلى نمو أحسن وزيادة فى المجموع الجذرى والخضرى بينما يتأخر النمو بنقص التهوية.
- يرجع النقص فى نمو النبات تحت ظروف سوء التهوية إلى النقص الواضح فى امتصاص الماء وامتصاص العناصر المغذية.
- نقص O_2 فى التربة هو العامل الأكثر تأثيراً بينما زيادة تركيز CO_2 ليس له تأثير يذكر.