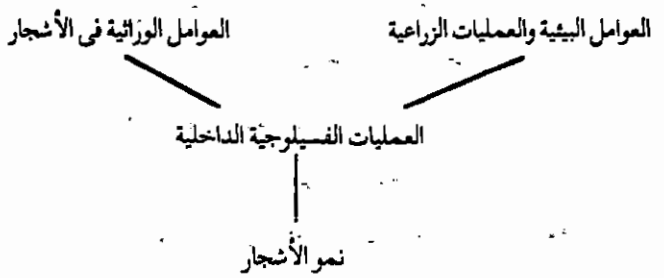
الفصل الخامس
فسيولوجيا النمو

فسيولوجيا نمو الأشجار

Physiology of tree growth

علم فسيولوجيا الأشجار يتناول العمليات البيلوجية التى تتحكم فى نموّ الأشجار. فالعالم الفسيولوجى يقسم الشجرة إلى ثلاثة أجزاء هى الأوراق، الساق والجذور ولكل جزء من هذه الأجزاء دور هام فى حياة الشجرة فالأوراق تقوم بعملية تمثيل الكربوهيدات وكذلك تنظم النمو الهرمونى كذلك تقوم بعمليات النتح. كذلك الساق تدعم التاج وتقوم بتوصيل الماء والأملاح المعدنية.

ونقل الكربوهيدات والهرمونات الممثله فى التاج إلى الأنسجه المختلفه التى تحتاجها سواء جهة الجذور أو العكس. كذلك الجذور تعتبر هامه لكونها تقوم بتثبيت الاشجار وتقوم بعملية امتصاص الماء والأملاح المعدنية من التربة وكذلك تخلق هرمونات معينه بالأضافه إلى أنها تقوم بتخزين الكربوهيدات ويمكن تلخيص ذلك فى الشكل التوضيحى التالى:



والنمو يقصد به الزيادة فى الحجم وهى المحصلة النهائية للعمليات الفسيلوجية نتيجة الأنقسام والتكشف ثم الأستطالة وأخيراً تصل إلى حجمها النهائى أى تصل إلى مرحلة النضج ثم يحدث بعد ذلك تخصيص للأعضاء المتكونه. هذه الأطوار المتسلسله للنمو ترتبط بسلسله من العمليات الفسيلوجيه المنظمه مثل عملية تمثيل الكربوهيدات والنتروجين والدهون وأمتصاص وفقد الماء والهضم من خلال فعل الأنزيمات وكذلك

فى تكون الغذاء مثل النشا وتحويله إلى مركبات ذاتيه وأعادة توزيع الكربوهيدات والهرمونات والماء والأملاح والتمثيل الغذائى (تحويل الغذاء إلى بروتوبلازم جديد جدر خلويه) كذلك تخزين الغذاء.

كذلك تعتبر الشجره بالنسبة لعلماء الفسيلوجى على أنها مزيج من عمليات الميتابولزم البسيطه والمعقدة والتى تبدأ من مرحلة أنبات البذور الصغيره حتى تكون الأعضاء المختلفه ونضج الجزوع ثم تبدأ بعد ذلك فى العجز أو التدهور نتيجة لكبر السن أو الأصابة بالآفات الفطريه أو الحشريه.

خصائص النمو فى الأشجار الخشبيه

Growth Charaacteristics of tress

تبدى الشجره خصائص نمو طبيعية على سبيل المثال النمو الطولى والقطرى فنجد أن طبيعة نمو الساق واستطالة الأفرع وكذلك زيادة قطره تكون مختلفه عن بعضها. فاستطالة الاسطوانه الوعائيه المتفرعه تكون محددة الأنقسام فى خلاياها وتحدث الاستطالة والتمدد للخلايا فى كثير من الأطراف التى يوجد بها المرستيم القمى apical meristem والنمو الذى ينشأ عنه يسمى بالنمو الأولى أو الأبتدائى وهذا يحدث فى كل السيقان والأفرع وأطرف الجذور وهو أيضا يكون اساس فى عملية التفريع. أما النمو القطرى فى السيقان والأفرع يكون ضئيل حيث تكون عملية أنقسام واستطالة الخلايا من طبقة الكامبيوم الواقعة بين القلف والخشب هى المسئولة عن هذه الزيادة.

والأشجار أيضا تبدى لكثير من الخصائص الفردية الهامة فتختلف الأشجار وراثيا فى شكل التاج والحجم النهائى وكذلك طول العمر وطريقة التفريع ومعدل النمو ونظام نمو الأفرع وأصفرار الخريف autumn coliration وغيرها من الأختلافات الملحوظة فى صفات وخصائص النمو التى قد تتواجد بكثرة بين اشجار المناطق الأستوائية واشجار المناطق المعتدله وبين الأشجار المستديمة الخضره والمتساقطة الأوراق وأيضا بين الأنواع المختلفه داخل نفس الجنس ومن الملاحظات المميره هو أختلاف معدل نمو الأجزاء فى الشجره على مدار السنه.

ومن البديهى أن الكثير من الأشجار فى المناطق المعتدله تبدأ جذورها فى الأستطالة

فى الربيع قبل الأفرع أما النمو السنوى للكامبيوم فى المنطقة السفلى من الساق يبدأ متأخرا عن الأثنين.

نمو الأفرع Shoot gowth

نمو الأفرع هو محصلة تمدد البراعم وكذلك أنقسام واستطالة الخلايا والتكشف والنضج. والبرعم هو محور جنينى (ساق جنينيه) embryonic axis ومن الضرورى أن ينمو تلسكوبيا لتكوين الأفرع ويمكن أعتباره جزء من الساق ينمو تلسكوبيا. والبراعم تقسم على اساس موقعهاأو تكوينها أو نشاطها. فهناك براعم طرفيه وجانبيه وبراعم خضريه وزهريه ومختلطه وهناك براعم نشطه وأخرى ساكنه. والبراعم الخضريه تكون نواة صغيره لنمو العقد (الأجزاء بين الساق التى تتواجد عندها ورقه أو اكثر على الفرع)، ومابين العقد والأوراق الغير متمددة أما البراعم الزهرية فتشكل أزهار جنينيه فى حين أن البراعم المختلطه تكون الأزهار والأوراق ومن المظاهر الملحوظة فى نمو الأفرع هو الأختلاف الكبير بين الأنواع فى النمو الموسمى.

واستطالة الأفرع فى بعض الأنواع تحدث فقط خلال من ٢ – ٦ اسابيع خلال الفترات المبكره من النمو الخاليه من الصقيع فى حين أن هناك أجناس تصل فيها هذه المدة لأكثر من عدة شهور وإلى الأن فى الولايات المتحدة نجد أن استطالة الأفرع تبدأ بعد أن تنتهى فترة الصقيع.

وكذلك نجد أن الأختلافات الموسميه فى استطالة الأفرع ترتبط أساسا بالخصائص الوراثية الخاصة بتكوين أجزاء الفرع وهناك ثلاثة نظم لتكوين واستطالة الأفرع:

١ – النمو المحدد Fixed growth

فى بعض الأنواع مثل الصنوبر الأبيض والأحمر White and Red Pine والزان نجد أن الأفرع السنوية تتكون نتيجة لأستطالة البرعم الذى يحمل على الأفرع المتكونة أولا. ونمو أفرع تلك الأنواع تتكون نتيجة تكشف مكونات الفرع فى البرعم خلال عام واحد واستطالة الأجزاء المتكونه داخل الفرع خلال العام التالى. وكذلك نجد أن استطالة الأفرع فى الأجناس ذات النمو المحدد تحدث بسرعه نسبيا وترتبط فقط بالفترات المبكره من المواسم الخاليه من الصقيع. فعلى سبيل المثال استطالة الأفرع فى الصنوبر الأحمر فى

ولاية وسكنسن تكتمل فى أوائل يوليو وأحيانا يكون نمو الأفرع فى الأجناس التى لها نمو محدد معقدا عندما تكون أفرع شاذه فى نهاية الموسم تسمى Lammas نتيجة تفتح البراعم المستمر التى لاينتظر تفتحها حتى العام التالى.

٢- النمو الحر Free growth

بعض الأفرع فى الحور Poplar والشربين birches لاتكون براعم على الأطلاق فى الشتاء. فنمو الأفرع يكون مرتبط بأستطالة الأوراق التى كانت موجوده فى براعم الشتاء (الأوراق المبكرة) كذلك الأوراق التاليه (الأوراق المتأخره) التى تتكون بعد أن تكون بدأت الاستطالة الموسمية للأفرع. والتكوين المستمر للأوراق فى الأنواع التى تبدى النمو الحر فتستمر فى النمو كما هو الحال فى كثير من الحشائش أما استطالة الأفرع بالنمو الحر فيحدث اكبر جزء منه فى فصل الصيف.

النمو المتواصل (النمو المعتمد على تفتح البراعم المتلاحق)

٣- استمراريه تفتح البراعم Recurrently flushing growth

بعض الأنواع مثل الصنوبر الجنوبى والصنوبر الأستوائى والأشجار عريضة الأوراق الأستوائية وشجيرات المناطق المعتدله تنتج أفرع متسلسله وهذه الظاهرة ترتبط بظاهرة استمرارية تفتح واستطالة البراعم على نفس الفرع. على سبيل المثال فى جنوب الولايات المتحدة نجد أن البراعم الشتوية تتفتح فى الربيع وتتحول إلى أفرع بسرعة وبعد ذلك نجد أن البراعم الجديده تتكون بسرعة فى قمة نفس الفرع ثم يحدث استطالة لمكونات هذه الأفرع ولاكنها تكون ضئيلة ولذا فإن الأفرع تستمر فى الأستطاله أى أنه يمكن لأحد البراعم المتفتحه أن يتكون ويستطيل فى نفس موسم النمو.

معظم الأفرع الفرديه يكون بها ثلاث فريعات Flushes ولكن وجد أنه فى الصنوبر سبعة فريعات. والفريعات الموجودة فى أعلى التاج عادة ماتبدى نموا موسميا اكبر من تلك الموجودة فى أسفل التاج والنمو الطولى لهذه الأجناس يستمر اكثر خلال فصل الصيف واستمرار تمدد الأوراق عادة مايرتبط بتمدد السلاميات وقد لايكون هناك أرتباط أحياننا.

أما فى معظم الأنواع المتساقطة الأوراق فنجد أن الأوراق الفردية تتمدد فى فترة

تتراوح من عدة أيام إلى عدة اسابيع وبمقارنة ذلك فى الأوراق الأبريه للصنوبر فإننا نجد أن ذلك يحتاج لفترة طويلة نسبيا خاصة فى الصنوبر الأحمر فإن محور الفرع Caldle عادة مايستطيع فى أوائل يوليو فى حين أن الأوراق الأبريه تستمر فى الأستطالة حتى أخر الصيف.

شكل الشجره Tree Form

وجد أن اشكال العديد من تيجان الأشجار يرتبط بدرجة تثبيط نمو الأفرع السفلى بتلك الموجودة أعلاها على الساق وهذه الخاصية تسمى بالسيادة القيمة apical dominance فعلى سبيل المثال فى كثير من المخروطيات تظهر هذه السيادة القمية حيث نجد أن الساق الرئيسى يستطيل اكثر فى كل عام عن الأفرع الموجودة اسفله وكذلك نجد أن مقدار استطالة الأفرع فى أماكن مختلفه على الأفرع تميل للأنخفاض من قمة الشجره إلى اسفل ونجد أن الأفرع المتصله بالساق (الأفرع الجانبيه الثانوية) تستطيل اكثر من الأفرع الموجودة عليها (الأفرع الثالثيه) والصنوبر من أكثر الأنواع التى يتأثر نموه بظاهرة تثبيط الأفرع وهو عادة مايوصف بأنه ذات نمو قمى.

كذلك شجرة عيد الميلاد Christmastree تنمو وتأخذ شكل متميز وهذا يرجع إلى السيادة القميه وعند إزالة قمم الأفرع السفليه تتمدد ويتكون براعم جديدة على هذه الأفرع وفى النهاية نحصل على شكل مقبول لشجرة عيد الميلاد. أما فى الأشجار المتساقطة الأوراق فنجد أن الكثير منها لايبدى أختلافات فى نمو الأفرع فبدلاً من حدوث ذلك نجد أنه يحدث تفريع متشعب حتى أنه فى بعض الأحيان يكون من الصعب تحديد الساق الرئيسى فى تلك الأشجار المفترشه decurrent of deliquscent حيث نجد أن العديد من الأفرع تستطيل بنفس المعدل. والأشجار المفترشه تأخذ أشكال مميزه فى التيجان فمثلا نجد أن الزان والبلوط يكون التاج فيهما مائل للشكل البيضاوى إلى الأسطوانى فى حين أنه فى الدردار الأمريكى American elm يأخذ شكل الفازه أو الشمسيه Vase or umbrella-shaped crow.

شكل رقم (٤٣)

يوضح مقطع عرضى فى خشب الصنوبر الأبيض حيث يظهر شكل الخشب الميكرو المتأخر

النمو الكمبيومى Cambial growth

التغليظ الذى يحدث فى الأشجار يكون مصدره طبقة الكامبيوم وعندما تنشط هذه الطبقة الرقيقة التى توجد بين الخشب واللحاء فى الساق والأفرع والجذور الرئيسية نجد أن خلايا تلك الطبقة تنقسم مماسيا معطيه خشب للداخل ولحاء للخارج والخلايا المنقسمه من الكامبيوم تتكشف فى سلسلة من المراحل المتعاقبه التى تشمل التكشف والأستطالة ثم النضج وتكوين الجدار الثانوى وحدوث اللجننه وفقد البروتوبلازم وكنتيجة لتسلسل نمو الكامبيوم السنوى تحدث الزيادة فى أقطار الأشجار ويحدث الزيادة فى الخشب اكثر من القلف وذلك لسقوط طبقات من القلف كل عام. وعادة مايحدث تشقق وموت للقلف الخارجى ثم يسقط بعد ذلك.

حلقات النمو السنوى للخشب كما نراها فى القطاع العرضى للسيقان ماهى الانتيجة للتغيرات التى تحدث فى معدلات النمو فى كميات الخشب الناتج سواء كان ذلك خشب مبكر أو خشب متأخر خلال موسم النمو والشكل رقم (٤٣) يوضح قطاع عرضى فى كتله خشبيه ويظهر الفرق واضح بين الخشب الربيعى والخشب الصيفى.

والخشب المتكون مبكرا (خشب مبكر أو خشب ربيعى) تكون خلاياه كبيره نسبيا رقيقه الجدر وأقل كثافة من الخشب المتكون فى آخر الموسم (خشب متأخر أو خشب صيفى) وحلقات النمو تبدو واضحه فى القطاع العرضى للساق وذلك لاختلاف كثافة الخشب المبكر المتكون فى نفس العام عن الخشب المتأخر المجاور له وكذلك عن الذى تكون فى السنوات السابقة وفى المناطق المعتدله تتكون حلقه نمو واحدة كل عام وفى بعض السنوات تتكون اكثر من حلقة خلال نفس العام أو خلال نفس موسم النمو وهذه الحلقات تسمى بالحلقات الكاذبه أو المتعدده كذلك فإن كمون الكامبيوم قد يحدث فى أحد جوانب الشجره كنتيجة لضرر لحق بالتاج أو يحدث ذلك فى الأشجار الكبيره السن فنجد أن الحلقات السنويه المتكونه تكون غير مستمره حيث لاتكتمل الحلقه فى الساق أو فى الفرع ويمكن من القطاعات الميكروسكوبيه معرفة العوامل البيئه التى تعرضت لها الشجرة كتأثير الصقيع وذلك بملاحظة وجود الخلايا الشاذه المنقسمه من الكامبيوم وكذلك الخلايا الغير منتظمه Collapse cells وغياب أو عدم أنتظام خلايا الأشعه ونتيجه للأختلافات فى تكوين حلقات النمو فى هذه الظروف فإن الأعتماد على عد الحلقات السنوية فى تقدير عمر الأشجار لايدل على العمر بصورة دقيقية.

النمو الجذرى Rood growth

نجد أن الصفات الخاصة بجذور الأشجار تتوقف جزئيا على الصفات الوراثية والبيئية التى تكونت أو نمت فيها تلك الجذور والأجزاء النامية من الجذور عادة ماتحتوى على أربعة مناطق معروفه هى:

١ – القلنسوة Rot cap

٢ – لمنطقة المريستيميه The meristematic region

٣ – منطقة الاستطالة The region of cell elongation

٤ – منطقة التكشف والنضج The region of differntiation and maturation

ومعظم الأشكال الشائعة لجذور الأشجار هو الجزر الوتدى كما هو ملحوظ فى البلوط والهكورى hickries أو الجذر الليفى أو الغير متجانس heterorhizic root stystem كما هو الحال فى الصنوبريات.

وعموما لا يمكن تقسيم الجذور وفقا لصفاتها فى بعض الأجناس وذلك لأن الظروف الطبيعية قد تغير من نظام النمو الجذرى حيث أننا نجد فى الأسفندان الأحمر red maple يتكون نظام جذرى ذو قوام مطاطى وكذلك يتكون العديد من الجذور الجنابية فى المستنقعات حيث تنمو الجذور سطحيا وتنمو بعمق فى الأراضى الجافة وقليلا من الأنواع يكون النظام الجذرى فيه ثابتا والنظام الجذرى فى الشجرة يتكون من الجذر الأصلى والعديد من الجذور الجانبية الصغيره التى تعيش لفتره طويلة. وموت الكثير من الجذور الصغيره يحدث عادة خلال الشتاء ويحل محلها جذور أخرى فى موعد لاحق إذا مالم تتغير الظروف البيئه أو تصاب بأى نوع من الأمراض أو الأفات كذلك سقوط الأوراق كلياً من الشجرة قد يؤدى إلى موت سريع لمعظم الشعيرات الجذرية التى تقوم اساسا بعملية الأمتصاص. والسطح الماص للجذور الصغيره المغذيه للعديد من الأنواع يزداد بوجود الشعيرات الجذرية والغالبيه من هذه الجذور تعيش لفترة تختلف من عدة أيام إلى عدة اسابيع وبعد موت الشعيرات الجذرية القديمة يعقب ذلك تكوين شعيرات جديده فى المنطقة التى تلى قمة الجذر ومعدل استطالة الجذور تختلف خلال موسم النمو وفى كثير من الأنواع تحدث تلك الزيادة فى دورات نتيجة للأختلافات فى الظروف البيئيه وكما هو متوقع فإن معدل نمو الجذور يختلف بأختلاف عمق التربه نتيجة للأختلافات فى كمية المياه المتاحة والتهوية والأملاح المعدنية ودرجة الحرارة وخلافه.

أما بالنسبة للنمو الكامبيومى الموسمى فى الجذور فيبدو أنه أقل انتظاما عنه فى السيقان كذلك فإن الحلقات الكاذبة والمتضاعفه تكون شائعة الوجود فى الجذور

أيضا بعض الأشجار تنتج العديد من الجذور المتخصصه مثل الجذور الملتحمه grafted roots والجذور الركبيه knee roots والجذور الميكوريزيه Mycorrhizal roots وعندما تلتحم الاشجار ببعضها فإنه يحدث أنتقال للكربوهيدات وهرمونات النمو والماء والأملاح المعدنية من شجرة إلى أخرى. وأحيانا تبقى القورمه حيه لعدة سنوات لأنها تمد بأحتياجاتها الغذائية من خلال الأشجار التى تلتحتم مع جذورها كذلك نجد أن مبيدات الحشائش التى تحقن داخل الشجره يمكن أن تتحرك من خلال الجذور الملتحمة وتقتل شجرة أخرى من خلال الأنتقال الخلفى back flash بالأضافة إلى ذلك فإن الفطريات الممرضه يمكن أن تنتقل من خلال الجذور الملتحمة فمثلا نجد أن

مرض الدرياز الهولندى وكذلك مرض ذبول البلوط شائعا الانتشار وعادة ما يكون ذلك مرتبطا بألتحام الجذور.

ميكوريزا الجذور Mycorrhizal roots

الميكوريزا عبارة عن فطر ينمو متطفلا على جذور بعض النباتات وبعض أنواع الأشجار الخشبيه حيث يرتبط مع الجذور القصيره ويغلفها بطبقة من الهيفا التى تتحد مع بعضها مكونه شبكه من هيفات الفطر مما يؤدى بدوره إلى زيادة مساحة السطح المعرض للأمتصاص وبالتالى زيادة كفاءة أمتصاص الماء والعناصر الغذائية.

وتلعب الميكوريزا دور كبير فى نمو وتطور النباتات عن طريق العوامل الأتية:

١ – زيادة كمية الماء والعناصر الغذائية المنقوله إلى النبات.

٢ – تشترك فى نقل وتركيب وتنبيه هرمونات النمو للنبات العائل.

٣ – فى الأراضى الرمليه تحتاج النباتات إلى كميات كبيره من الماء بصورة مستمره وقد لوحظ أن عدوى هذه النباتات بفطر الميكوريزا أدى إلى تحسين نموها لحد كبير.

٤ – نجد أن هذا الفطر يعتبر مهم فى مجالس تكنولوجيا الغابات الصناعية لانتاج الأخشاب.

وهناك مجموعتين رئيسيتين من الميكوريزا قسمت على اساس الشكل المورفولوجى للعدوى بالفطر وكذلك وضعه التقسيمى كما يلى:

أولا: الميكوريزا خارجية التغذية Ectomycorrhiza

والعدوى بهذا النوع من الميكوريزا تبدأ بالجراثيم أو الهيفات وأنتشار الفطر يكون فى صورة شبكة من الهيفات فى الريزوسفير (أو مجال الجذور الارضى) الذى يغذى الجذور وهذا الانتشار يزيد من أنتشار ونمو الجذور وهذا يؤدى إلى زيادة السطح المعرض للأمتصاص ونجد أن الهيفا تمتد بين الخلايا الخاصة باللحاء وتكون مايعرف بالـ Hartig-net حيث يحدث بينها وبين الصفيحه الوسيطه نوع من التبادل فى خلايا قشرة الجذور وهذه الظاهرة من الملامح المميزه والرئيسية لفطر الميكوريزا الخارجية التغذية وهذا النوع ممكن أن يظهر بصورة بسيطة التشعب أو كثيفة التشعب داخل الجذور وأحياننا يكون ذلك فى صورة عقد محببة فى الجذور Nodualar-like roots وهذه جميعها

يمكن تميزها بمجرد النظر حيث ترتبط مع أطراف الجذور وتظهر فى صورة نهايات رقيقه جدا وهى تعتبر أقل الأجزاء تشعبا فى الجذور والشكل رقم (٤٤)، (٤٥) يوضحان ذلك وأشكال الجذور بعد العدوى. أيضا وجد أن اكثر من ٢١٠٠ نوع من هذه الفطريات Ectomycorhiza أمكن عزلها من على الأشجار فى أمريكا الشمالية وغالبيتها تتبع الفطريات الراقيه الذى تنتمى إلى Basidomycetes مع وجود أنواع من الـ Ascomycetes ولكن بنسب صغيره أيضا أوضحت الأبحاث العديده أن الفطر ينتج حوالى مليون جرثومه وتكون جاهزه للأنتشار بواسطة الرياح أو المطر (الماء) كذلك تعتبر الأشجار هى العائل الأساسى لهذا الفطر حيث تمده بأحتياجاته الغذائية من كربوهيدات وأحماض أمينية وفيتامينات والعديد من العناصر الأخرى الهامة لأستكمال دورة حياته. أما أن هناك منفعة تبادلية بين الفطر والأشجار وتحت ظروف الغابة الطبيعية نجد العديد من هذه الفطريات المتطفله التى تختلف فى تطفلها تبعا لأنواع الأشجار مثل Populs, Salix, Larix, Quercus. Fagus, Pinus, Abies,.

ثانيا: الميكوريزا الداخلية التغذية Endomycorrhiza

وتمتاز فطريات هذه المجموعة بتخلل الفطر إلى داخل خلايا جذور العائل (بين وداخل خلايا قشره الجذور) ويوجد من هذا الفطر نوعين:

١- نوع يحتوى على هيفات مقسمه وهى من الفطريات الراقيه.

٢- نوع يحتوى على هيفات غير مقسمه وهى أكثر الأنواع شيوعا ويتواجد على نطاق واسع فى العديد من الأشجار الخشبيه ويقع تحت هذه المجموعة أربعة أجناس هى:

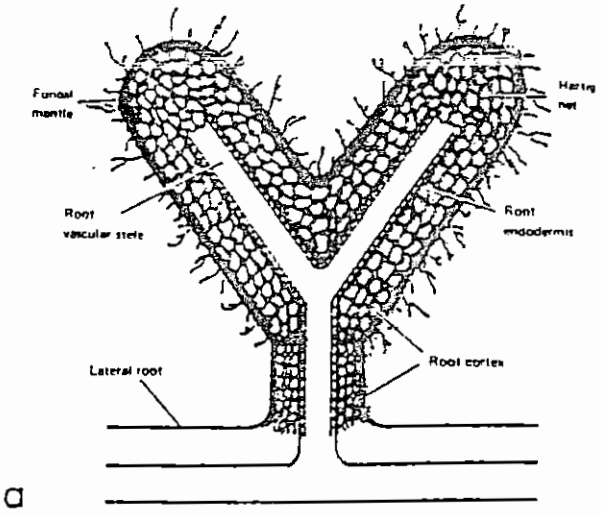
1- Acoulospora

2- Gigaspora

3- Glomus

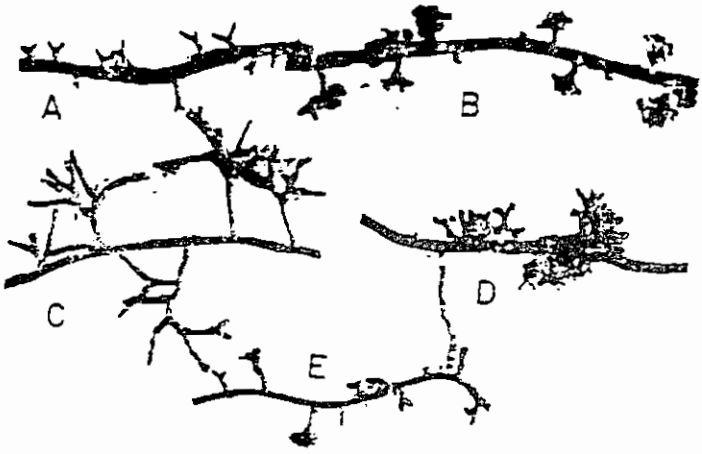
4- sclerocystis

ويلاحظ أن فطريات هذه المجموعه Endomycorrhiza تشغل مساحة كبيره داخل خلايا النبات وأن جدار الجرثومه سميك وتتواجد على سطح الجذور فى الـ



(a) Diagram of a mycorrhizal association showing dichotomy of a short root in pine.

شكل رقم (٤٤)



شكل رقم (٤٥)

Infected short roots of shortleaf pine (*P. echinata* Mill.) seedlings grown in shortleaf pine humus for six months in the greenhouse. Five distinct mycorrhizal associations are often evident on individual seedlings (A, B, C, D, and E). From Marx and Davey (1969).

Rhizosphere وأحيانا فى أنسجه الجذور الدقيقه وهيفات الفطر تخترق جدار الخلية فى طبقة الأيبدرمس وتنمو عبر الخلايا العمودية بالجذر والفطر يتكون من مجموعة من الهيفات ليس لها علاقة بأمتصاص المواد الغذاذية ولكنها تعمل كوسيلة لتوصيل تلك المواد إلى خلايا العائل وأحياننا تتواجد تلك الهيفات فى صورة عناقيد متجمعة وكثيفة تتواجد اساسا داخل الخليه. أيضا قد يتواجد بعض الـ Vesicles وهذه تظهر فى صورة حويصلات أو انتفاخات فى الميسليوم نفسه أو يمكن أن تتواجد بين أو داخل الخليه وهى تعمل اساسا كأعضاء تخزين بصفة مؤقته أو أعضاء تكاثر وقد لا يلاحظ هذا الفطر فى تطفله على العائل نظرا لوجوده داخل خلاياه حيث يهاجم اساسا الخلايا الميرستيميه.

وهذا الفطر لاينتشر بواسطة الرياح كما هو الحال فى الفطر السابق حيث ينتج كمية كبيرة من الأجسام الثمريه وإنتشار هذا الفطر يتم بواسطة التحام الجذور وأنتقال المياه أو بواسطة الحشرات والحيوانات. أيضا يمتاز هذا النوع من الفطريات بأن جرائيمه يمكنها أن تظل حية لعدة سنوات فى الأرض فى حالة عدم توفر العائل المناسب.

دور الميكوريزا فى تغذية الأشجار:

ينحصر هذا الدور اساسا فى علاقة الميكوريزا بالتغذية وأنتقال الأيونات المختلفة وتوصيلها إلى الأشجار وقد لوحظ أن هذا الدور ينحصر اساسا فى أمتصاص عنصر الفوسفور من الأرض ولو أنه فى بعض الأبحاث وجد أن معدل امتصاص الفوسفات الذائب كان منخفض بالرغم من وجود فطر الميكوريزا Hayman and Moss 1972 حيث تم اضافة مشع P^{32} إلى الأرض مع تسجيل نسبة الفوسفور الذائب فى الأرض ولوحظ من النتائج فى كلا الحالتين أن النباتات المحتوية على ميكوريزا والأخرى الغير محتوية على هذا الفطر أستغلت جزء صغير من الفوسفور الذائب فى الأرض بينما النباتات المحتوية على الفطر فقد أحتوت الأجزاء النباتيه فيها على نسبة أعلى من الفسفور لمشع وعموما معظم الأبحاث أختلفت فى أيجاد العلاقه بين النشاط النوعى للفوسفات فى النباتات التى تحتوى على ميكوريزا والنباتات التى لاتحتوى على هذا الفطر فى حين أن كل الأبحاث أتفقت فى أن مصادر الفوسفات الغير ذائبه تكون غير مستغله بواسطة فطريات الميكوريزا.

النمو التكاثرى Reproductive growth

تكوين البذور والثمار يأتى بعد أطوار متلاحقه تشمل أنتاج الأوراق ونمو الأفرع ثم ظهور الأزهار وأنتاج حبوب اللقاح والأخصاب ثم نمو نضج الثمار والبذور. وعدم أنتاج البذور أو الثمار يرجع فى الغالب لعدم حدوث أحدى هذه المراحل الأساسية أو وجود خلل فى بعض منها، كذلك نجد أن النمو التكاثرى لبعض الأشجار يكون منتظم ويكون أيضا غير منتظم فظاهرة المعاومه biennal bearing تعتبر مثالا واضحا للتنبوء بالنمو التكاثرى فبعض الأصناف تحمل أزهار ومحصول وفير من الثمار فى عام واحد ويقل أو ينعدم هذا المحصول فى السنة التالية حتى أنه داخل الجنس الواحد أن نوعين يمكن أن يختلفا فى نظام النمو التكاثرى فى السنة الواحدة فمثلا فى حالة الأسفندان السكرى Sugarmaple نجده يميل لأنتاج محصول بذرى وفير على فترات مختلفه فى حين أن الأسفندان الأحمر والأسفندان الفضى ينتجان محصول بذرى وفير سنويا.

أيضا فقد لوحظ أنه عند مايحدث أثمار وتكوين محصول بذرى وفير نجد أن نمو الأفرع والنمو الكامبيومى ينخفض خلال نفس العام أو خلال عام الأزهار وهذا الأنخفاض قد يصل لأكثر من النصف فى السنوات التى تعقب المحصول الوفير للثمار حيث يحد تثبيط لنمو الأفرع بواسطة النمو التكاثرى وهذا مالوحظ فى اشجار الغابات. فمثلا وجد أن أفرع البلسم فير فى الأشجار المزهره يكون تقريبا نصف ماهو ملحوظ فى الأشجار الغير مزهره والأكثر من ذلك نجد أن أفرع الأشجار المزهره تنتج أوراق أبريه أقل فى السنوات التى يزداد فيها أنتاج بذور وفيره فى كل من المخروطيات والأشجار عريضة الأوراق وهذا أيضا مرتبط بأنخفاض النمو القطرى. ففى خلال سنوات أنتاج محصول بذرى وفير نجد أن سمك حلقات النمو فى الزان تكون تقريبا ١/٢ الموجودة فى السنوات التى حدث فيها أنتاج منخفض من البذور. كذلك لوحظ أن أنتاج البذور بوفره يخفض النمو القطرى لسنتين متعاقبتين. مثل هذه الملاحظات تدل على أن النمو التكاثرى يستهلك المواد الغذائية اللازمة وعندما تعقد الثمار فإنها تستهلك الكربوهيدات المتوافره والتى يفتقر إليها النمو الخضرى بعد ذلك. ومن هنا فإن التنافس الداخلى بين العمليات الميتابولزميه تكون بين الأنسجه التكاثريه والخضريه وعادة ماتكون الأنسجه الخضريه غير قادره على منافسة الأنسجه التكاثريه بنجاح.

التكاثر الخضرى Vegetative Propagation

معظم مجاميع الأشجار تتكاثر بالبذور أما التكاثر الخضرى من خلال ماينتج من القورمه من سرطانات أو خلفات تكون هامه فى بعض أنواع الأشجار. فأنتاج السرطانات Sprouts يكون أهم وسيله للتكاثر الخضرى فى الأشجار عريضه الأوراق خصوصا البلوط والشربين وبالرغم من أن أنتاج السرطانات يكون أقل حدوثا فى المخرطويات عن الأشجار العريضة فإن القليل من المخروطيات تنتج سرطانات مثل السيكوايا red wood والسرو bald cypres والصنوبر قصير الأوراق Pitch pine, Short leaf pind ويجب التفرقه بين خلفات القورمه وسرطانات الجذور Suckers حيث نجد أن الخلفات Stump sucker تنشأ من أنتفاخات على الجذور وتنمو من خلال براعم تتكون مبكراً وتبقى مطمورة وتنمو مع نمو الكامبيوم أما سرطانات الجذور فإنها تنشأ من البراعم المتكونه حديثا على الجذور. والتكاثر بواسطة سرطانات الجذور يتم فى قليل من الأنواع عريضة الأوراق وذلك عند حدوث خلل فى أزهار المجاميع الشجرية أو نتيجة لعمليات القطع أو الحريق.

والتكاثر بواسطة السرطانات الجذرية يعد أفضل وسيلة فى اشجار الأسبن aspen كذلك يصلح التكاثر الخضرى بالسرطانات الجذرية فى الزان والـ Sweet gum والـ black locust والـ Sassafras.

بعض العمليات الفسيلوجيه الهامة وبعض الأحوال الفسيلوجيه المعينه

Some important physiological Processes and conditions

من المعروف أن نمو الأشجار بصفه عامة يتوقف على تفاعل عدد كبير من العمليات الفسيولوجيه Processes والعوامل Conditions الخاصه على الوضع التالى:

أولا: أهم العمليات الفسيولوجيه:

١- التمثيل الضوئى Photosynthesis

وهو عبارة عن تمثيل الكربوهيدات من الماء وثانى اكسيد الكربون ويتكون فى الخلايا الكلورفيليه للاشجار ويكون الغذاء الأساسى اللازم لكل العمليات الأخرى.

٢- الأيض النتروجينى Nitrogen metabolism

وهو عبارة عن أدماج النتروجين الغير عضوى inorganic nitrogen فى المركبات المختلفه التى تتكون فى النبات وتكون فى النهاية البروتينات والبروتوبلازم نفسه أى العمليات فى النهاية عبارة عن عملية إدماج النتروجين الغير عضوى الموجود فى النبات لتمثيل البروتينات والبروتوبلازم فى الخلايا الحية للأشجار.

٣- التمثيل أو التحويل الدهنى Fat metabolism

وهو عبارة عن تمثيل أو تركيب الدهون والمواد المختلفه المتعلقه بها مثل الأسترات.

٤- عملية التنفس Respiration

وهى عبارة عن أكسدة الغذاء فى الخلايا الحية لأطلاق الطاقة المستعمله فى عمليات التمثيل وأمتصاص الغذاء أو الطاقه اللازمه للعمليات التى تقتضى أو تحتاج إلى طاقة فى عملها.

٥- عملية التمثيل Assimllation

وهى عبارة عن عملية تحويل الغذاء إلى بروتوبلازم حديث وإلى جدر خلويه وإلى كافه المواد الأخرى اللازمه للنمو بالنسبه للأشجار وهذه العملية تعتبر من العمليات الأساسية لدراسة النمو.

٦- عملية تجميع الغذاء Accumulation of food

وهذه العملية عبارة عن عملية تخزين الغذاء فى البذور وفى التركيبات الخشبية الأخرى فى الأشجار.

٧- عملية تجميع الأملاح Accumulation of salt

وهى عبارة عن تركيز الأملاح فى الخلايا وفى الأنسجه عن طريق عمليات ميكانيكية ناقلة نشطة مستقله على حساب الطاقه الأيضيه Metabolic energy

٨-عمليات الهضم Digestion

عبارة عن تحويل الغذاء عن طريق فعل الأنزيمات إلى المواد الغذائية المعقده والغير قابله للذوبان مثل النشا الذى يتحول إلى صور بسيطه أو أشكال مبسطه قابلة للذوبان أو

فى اشكال زائبه يمكن نقلها واستعمالها فى عمليات التنفس وغيرها من العمليات الأخرى.

٩- الأمتصاص Absorption

وهى عبارة عن أمتصاص أو أخذ الماء والأملاح من الأرض وثانى أكسيد الكربون من الجو.

١٠- عملية الأنتقال Trans location

وهى عبارة عن حركة الماء والغذاء والمواد الغذائية والهرمونات من مكان إلى اخر فى الأشجار.

١١- عملية النتح Trans piration

وهى عبارة عن عملية فقد الماء من الأشجار فى صورة بخار ماء.

١٢- عملية النمو growth

عبارة عن الزيادة الثابته فى الحجم الذى ينشأ من تفاعل العمليات المختلفه التى سبق ذكرها.

١٣- عملية التكاثر Reproduction

عبارة عن أنتاج البذور والثمار والأزهار وفيما يختص بالاشجار الخشبيه بصفه عامة سواء كانت من ناحية أنتاج الفاكهة أو أنتاج البذور فهذه العملية تنشأ نتيجة للتفاعل بين عدد من العمليات الفسيلوجية.

١٤- التكاثر الخضرى Vegetaive reproduction

وهو يلعب دور مهم للغاية فى بعض الأصناف خصوص التى يصعب تكاثرها بالبذور نتيجة لصعوبة تكوين البدرة أو لأن البذرة قد تفقد حيويتها بعد فترة بسيطة أو لحفظ الصنف من التهجينات الطبيعية التى قد تحدث إذا أكثر بالبذور كما هو الحال فى اشجار الحور.

بالنسبة للأحوال الفسيولوجيه فنذكر على سبيل المثال الأحوال الأتية:

١- كمية وكفاءة الكلوروفيل Amount and efficiency of chlorophyll

من المعروف أن مادة الكلورفيل تختلف فى كفائتها على حسب التركيب الكيماوى لها وهذه الحالة يكون لها أنعكاس واضح على العمليات الفسيولوجية الثابتة.

٢- نوع وكمية السكريات الموجودة والتحولات بين أشكال السكريات المختلطة :

Kinds and amounts of Carbohydrates present and thier interconversion

من المعروف أن هناك ١٣ - ١٤ سكر فالتحول مابين الصور المختلفة يكون له أنعكاس على حالة بشكل واضح. على سبيل المثال عملية تحويل النشا إلى سكريات أحادية والعكس.

٣- نوع وكمية المركبات النتروجينيه:

Kinds and amounts of nitrogen compourats

المهم فى هذه الحالة هو مايطلق عليه نسبة الكربوهيدات إلى النتروجين C/N ratio وهى لها علاقه كبيره بحالة نمو الأشجار.

٤- نوع وكمية المركبات النباتية الأخرى مثل الدهون ومشتقاتها والهرمونات وغيرها.

٥- الأحوال البروتوبلازميه Protoplasmic characteristics

الصفات البروتوبلازميه حديثا من الأحوال الأساسية فمثلا فى حالة النباتات أو الأصناف التى لها طاقه على مقاومة العطش والجفاف والبروده يقال أن السبب فى أنها تتميز بهذه القدره يرجع إلى بعض الصفات أو الأحوال البروتوبلازميه التى يتميز بها هذا الصنف أو هذا الجنس.

٦- نفاذية الجدر الخلويه Osmotic pressure cell sap

وهذه تتعلق بأخذ المواد الغذائية أو المعدنية وأيضا بنقل المواد الغذائية وأيضا لها علاقه حديثه بين قدرة النباتات لتحمل الصقيع أو البرد أو الجفاف.

٧- خاصية الأنتفاخ Turgidity of cells

فقد خاصية الأنتفاخ دليل على توقف النمو وهذا يؤثر تأثير مباشر على معدل العمليات الفسيولوجية.

فترات النمو فى الأشجار growth periodicity

نمو الشجره يشمل عمليات كيماوية حيويه معقده ومتعدده والتى تتم مباشره فيها معدل هذه العمليات الفرديه يختلف مع الوقت وكنتيجة للتغيرات البيئه المختلفه فإن الأشجار يوجد بها أو تتعرض إلى أختلافات يومية diurnal وموسمية Seasonal وطول فترة حياتها Life time.

نمو الأشجار فى الجزع يكون عادة سريع للغاية فى أول موسم النمو بعد أنتهاء فترة الصقيع وهى الفتره التى تتعرض لها كثير من المناطق الجبلية والداخلية فى الشرق العربى وفى المنطقة المعتدلة من العالم وعند منتصف فصل الصيف فإن النمو القمى أما أن يتوقف تماما أو يبطئ بشكل واضح حتى أن البعض يعتبر أن النمو القمى قد توقف نهائيا وعموما فإن الأشجار بصفه عامه تنمو بسرعه فى أول حياتها أو خلال المرحلة الأولى من عمرها وتبطئ نسبيا مع تقدم العمر. والنمو القمى والنمو القطرى للشجرة عادة يبدأ وينتهى فى مواعيد مختلفه والمعروف أن النمو القطرى عادة يستمر متأخر إلى نهاية فصل الصيف بالمقارنه بالنمو القمى الذى كما سبق أن ذكرنا يتوقف فى منتصف فصل الصيف.

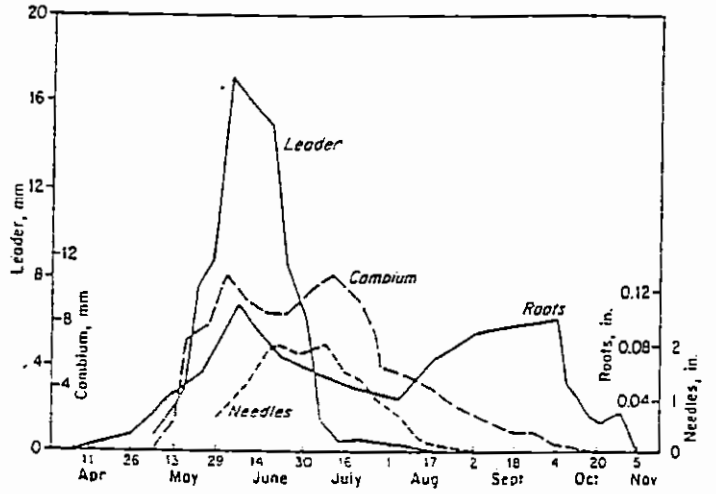
أما الجذور فالمعروف أنها تنمو بصفة أطول أو بمعنى آخر لها موسم نمو أطول عن النمو القمى والقطرى للأشجار وقد أوضح بعض الباحثين أنه فى جنوب الولايات المتحدة الأمريكية وهى المنطقة التى يمكن أعتبارها مشابهة لبعض مناطق شرق البحر الأبيض المتوسط بأن الجذور تستمر فى نموها بصفة دائمة على طول فصل الشتاء أو بمعنى آخر لاتتوقف عن النمو والشكل رقم (٤٦) يوضح تلك الأختلافات الفصلية فى نمو كل من الساق الأصلى والكامبيوم والفروع والجذور لاشجار صنوبر عمرها ١٠ سنوات.

التغيرات اليومية للنمو القمى فى الاشجار

Diurnal periodicity in height growth

من المعروف أن نمو جذوع الأشجار يحدث خلال الليل اكثر من حدوثه خلال النهار إلا أنه خلال الأيام ذات الليالى الباردة فإن كمية النمو فى هذه الليالى

تقل عن كمية النمو القمى بالنهار. وقد وجد بعض العلماء أن كمية النمو القمى لنوع من أصناف الصنوبر يبلغ متوسطه حوالى ٥,٩٣ مليمتر فى الليلة الواحدة و ٤,٧٧ مليمتر فى النهار خلال موسم النمو وهى نسبة تعدل ٤ : ٣ وتعتبر نسبه واضحه ذات فرق جوهرى وقد تبين نفس النطاق على نفس النسبه للأنواع من الاشجار الخشبيه فى مناطق مختلفه بأمريكا وقد وجد Reed 1939 على بعض الأشجار النامية فى أحدى ولايات أمريكا الشمالية لنوعين من الصنوبر أن متوسط النمو كان كما يظهر فى الجدول رقم (٤).



. Seasonal course of growth in height, diameter, needle length, and root length of 10-year-old white pine in southern New Hampshire. (*After Kienholz*, 1934.)

شكل رقم (٤٦)

Species	Average day growth jnches	Average night growth jnches
Pitch Pine	1.64	3.21
Short leaf Pind	1.27	2.13

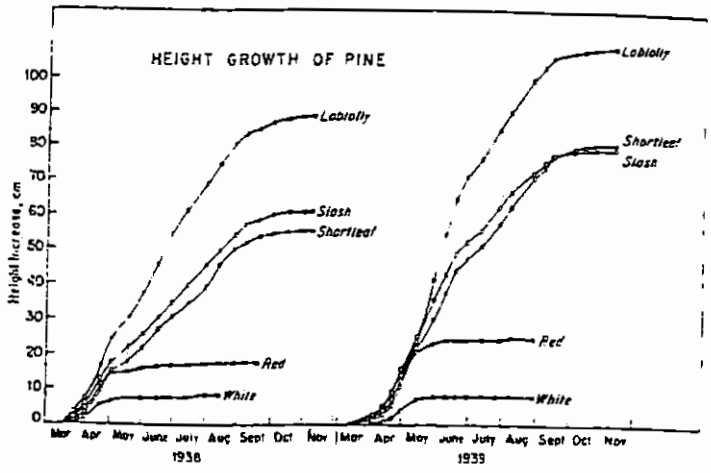
جدول رقم (٤)

من هذا الجدول يتضح أن هناك تلازم بين النمو الليلى وبين كمية النمو اليومى الذى يتكون وكذلك هناك تلازم بين كمية النمو الطولى وبين درجات الحرارة .

التغيرات الفصليه للنمو Seasonal periodiclty of growth

نجد أن كثير من الأصناف يسلك مسلكا معينا معروف للنمو خلال فصل النمو. فعاده يرصد النمو القمى على حاله نمو متجمع Cumulative growth وترصد النتيجة فى شكل خطوط بيانيه مع شهور السنه بالنسبه للأشجار المختلفه فى المنطقه المعتدله نجد أن المسلك واحد للأصناف المختلفه إلا أن النتيجة النهائية تختلف حسب ومعدل النمو الطولى.

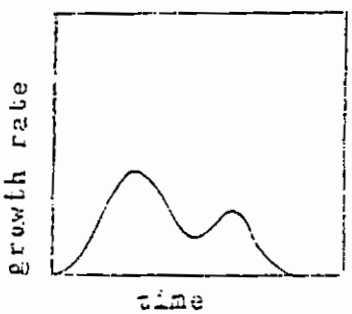
النمـو عادة يبدأ بطئ أولا فى مختلف الأصناف ثم يزداد معدله بعد ذلك وفى النهاية يهدأ أو يقل بشكل واضح خلال فتـرة الصيـف أو عنـد منتصـف الصيـف تقريبا ولكن معدله يختلف بأختلاف الأصناف ولكن لو أخذنا أى صنف على حاله فرديه نجد أن شكل المنحى يأخذ شكل حرف S كـما هو واضح فى الشكـل رقم (٤٧) الذى يوضـح شكل منحى النمو لخمسة أصناف من الصنوبر خلال موسمين من النمو.



Height growth of pines in North Carolina during two growing seasons. (From Kramer, 1943.)

شكل رقم (٤٧)

أما ظاهرة معاودة النمو Recurrence of growth فتشاهد فى بعض أشجار الفاكهة وبعض الشجار الخشبيه وهذه تحدث لعوامل وراثية أو عوامل بيئية تودى إلى استعادة النمو إلى حالة أكثر من الكامله فى بعض الأحيان قبل أن تأخذ فى التناقص ثم التوقف تماما واسباب هذه الظاهره غير معروف أنما يمكن أن يعذى إلى العوامل الوراثية والبيئية معا وشكل منحنى النمو فى هذه الحالة يكون كما هو موضح فى الشكل رقم (٤٨) الذى يوضح تلك الحالة.



The recurrence of growth

شكل رقم (٤٨)

النمو القمى لأنواع الأشجار الخشبيه المختلفه بالرغم من الأختلافات التى قد تلاحظ بالنسبة لطول فترة النمو أو بالنسبة لميعاد بدأ النمو وأنتهائه إلا أن شكل أو سلوك النمو القمى يكون تقريبا متشابه من سنة إلى أخرى بالرغم من الأختلافات التى تحدث من سنة إلى أخرى فى الأحوال الجوية المحيطة بالنباتات وقد وجد بعض الباحثين (Finn, Tyron 1937) أن قمة منحنى النمو لبعض أصناف الأشجار المخروطية وأنواع الأشجار ذات الورق العريض تحدث فى نفس الوقت لعدد متتالى من السنوات دون حدوث تغير جوهرى فى هذا المجال وقد ظهر أن هناك أتجاه إلى الاختلاف فى الأنواع التى تمتاز بأن لها فصل نمو طويل إذا ماقورنت بالأنواع التى لها فصل نمو قصير نسبيا ووجد بعض الباحثين خصوصا (Kramer 1943) أن مظهر النمو لأنواع مختلفة من الأشجار المخروطية والأشجار ذات الورق العريض كان واحد خلال سنتين متتاليتين وذلك فى

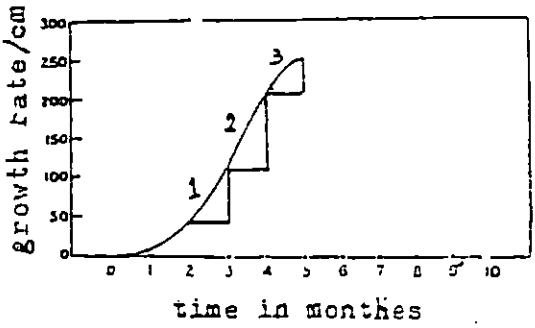
النطاق البيئى الطبيعـى له. معظم الدراسات التى أجريت فى هذا المجال أجريت على اشجار خشبية فى طـور البادرات أو أشجار خشبية فى طور البادرات أو الأشجار الصغيره فى السن وطبيعى أن أجراء الأبحـاث على الأشجار فى مثل هذا السن له مميزات هو أن مثل هذه النباتات يمكن بسهولة نقلها من مكـان إلى اخـر وسهـولة قياسـها وأن التغيـرات التى تحدث فى النمـو على اختلاف مراحل النمـو تكون واضحه ويمكن قياسـها بسهولـه وصعوبة قياس التغيـرات فى النمو التى تحدث فى الأشجار الكبيـره إلا أن هنا يمكن أن يتساءل الشخـص هل طبيعة النمو فى مراحل البادرات أو فى الأشجار الصغيرة نسبيا young trees من ٢ – ١٠ سنوات هو نفـس السلوك فى الأشجـار الكبيره أو يختلف وقد شاهـد البعض أن ميعاد أو طول فتـرة النمو تختلـف من النـوع الواحد بالنسبة للأعمار فطاقة النباتات الصغيره اكبر من حيث أمكانية الاستمرار فى النمـو لفترة اكبر من الاشجار البالغـه. هذا بالنسـبة لطبيعة النمو فى الأشجار هناك عوامل تحدد درجة النمو القـمى أو النمـو الطولـى فمن المعروف أن نقـص المياه فى التـربة وهذا ناشئ عن قلة المطر أو الرى أو العوامل البيئيه الغير مناسبة التى قد تحدث قد تؤثر أيضا على نمو الأشجار الخشبيه وتؤدى إلى توقف النمو قبل الميعاد الطبيعى له وأمكن أيضا أثبات أنه بتوفير العوامل البيئيه وتحسنها مثل الرى والتسميد والعزيق وإزالة الحشائش التى تنافس الأشجار القائمة تؤدى إلى زيادة طول موسم النمو وزيادة كمية النمو الطولى أيضا فى الأشجار الخشبيه.

معدل النمو القمى Rate of height growth

معدلات النمو القمى لأنواع الأشجار المختلفه (يشمل نمو الساق الأصلى والأفرع) وهى عبارة عن النموات القميه المحصوره فى الساق الأصلى للشجره وأيضا فى الفروع الجانبيه الموجوده على الشجره فنجد أن معدلات النمو هذه تختلف بالنسبه للأنواع أولا وثانيا بالنسبه لعمر الشجره وثالثا بالنسبه لموقع الفرع خلال حياة الشجره الطبيعى.

فمظهـر النمو بالنسـبه للاشجـار خلال عمـر الشجره يبدأ فى أول الأمر بفتره تزايد واضـح خـلال فتره قصيره من عمر الشجره (عمر البادره) وهذه الفتره تسمى الـ acceleration (1) ثـم تأتى فتره الـ Fast growth (2) وبـعد ذلك يحـدث هبـوط فى معدل النمو إلى أن يتوقف تماما decline (3) وهذه الفتره يكون فيها النمو مهمل أو

يكون غير جوهـرى كما فى شكل رقم (٤٩) وقد أمكن لبعض العلماء أن يحقق هذا الكلام على الأشجار خلال فتره طويله من عمرها مثل العالم (Baker 1950) فقد وجد فى بعض الدراسات أن هناك اختلافات واضحه بين الأنواع المختلفه خلال فترة البادرات أو الأشجار الحديثه.



شكل رقم (٤٩)

وبالنسبة للأصناف الصنوبرية فقد أجريت دراسة على معدلات النمو خلال ٨ سنوات فى الولايات المتحده ووجد أن الصنف السريع منها كان متوسط أرتفاعه ١٨ قدم يليه الصنف المتوسط النمو ١٢,٥ قدم ثم الصنف البطئ النمو مثل الـ Red Pine فكان معدل النمو ٢,٣ قدم.

كذلك نجد أن معدلات النمو تختلف أيضا على الأجزاء المختلفه من الجذع فوجد بعض البحاث أن الساق الأصلى فى الصنوبر الأبيض والصنوبر الأحمـر تبدأ فى النمو مبكرا وتستمر فى النمو لفتره متأخره وتعطى قدرا من الطول اكثر من الفروع الجانبيه ومن المعروف أن الفروع القميه على الشجره أو القريبه من قمة الشجه تبدأ فى النمو مبكرا وتستطيل اكثر من الفروع السفلى على نفس الشجره وقد وجد أن البراعم الناشئه حول قاعدة الشجره تبدأ فى الظهور مبكرا عن البراعم الطبيعيه وتنمو بسرعة اكبر ولها فصل نمو أطول من الفروع أو النباتات التى تنشأ بالبادرات. بالنسبه للأمثله أو الدراسات التى عملت على طبيعة أو معدلات النمو القمى للأشجار فهى عديده وليس هنا مجال لحصرها أنما لها علاقه واضحه لأنها ترتبط أرتباط وثيق بالحجم بعد تقدير معدلات النمو

للأقطار التى تكونها الشجره الواحدة عند سن معين خلال السنة الواحدة من عمرها وهذا من الأهمية بمكان فى الأشجار الخشبية التى يقصد من زراعتها الحصول على الأخشاب لأستغلالها فى الأعمال الصناعية فيمكن من ذلك التنبوء فى المنطقة الواحدة بكميات النمو القمى الذى تقوم به الفروع وحساب المحصول المتوقع بعد فتره زمنيه معينه. بالنسبة لمعدلات النمو الطولى السريعه هناك أمثله عديده فى النباتات الأستوائيه وتحت الأستوائيه فمن المعروف أن نبات الـBamboo (Arundo donax) ونبات الـ Reed وهى مجموعة الحشائش النباتية التى تنمو فى المستنقعات لها استغلال أقتصادى وفى بعض المناطق يبلغ طول الـ Bamboo حوالى ٢٠ متر فى الكميرون ونيجيرا وقد وجد أيضا أن هذا النبات يكون نمو قمى فى جنوب الصين خلال ٤ سنوات حوالى ٢٠ متر.

ومن الأمثله العديده عن سرعة معدل النمو فى الأشجار الخشبيه فقد وجد (Bradley 1922) فى المناطقالاستوائيه نوع من الـ Albizzia moduccana وجد أنه خلال ٧ سنوات من وقت أنباته وصل إلى أرتفاع قدره ٨٦ قدم وقطر قدره ١٠ بوصه أما بالنسبه للاشجار المخروطيه التى تنمو فى المناطق المعتدله البارده فنجد أن معدل النمو فيها تحت الظروف الطبيعية والبيئه المناسبه حوالى ١/٤ قدم فى الطول فى السنه الواحده وأحياننا أقل من ذلك .

النمو القطرى Diameter growth

كما نعلم فإن الأشجار الخشبيه بصفة خاصة يلازم النمو الطولى فيها النمو القطرى الواضح الذى يتم كما سبق أن ذكرنا خلال فصل نمو معين. بالنسبه للأشجار الخشبيه فمعروف أن النمو القطرى له قيمة خاصة لأن سمك الحلقه السنويه والنسب التى يتكون منها الخشب الربيعى أو المبكر إلى الخشب الصيفى أو المتأخر فى كل حلقه سنويه لها تأثير هام على كمية ونوع الخشب الناتج والنمو القطرى مثل النمو القمى فى الأشجار له تفاوته فى النمو من ناحية النمو اليومى والنمو الموسمى إلا أنه يبدو أن النمو القطرى له حساسية اكثر للظروف البيئية المحيطة بالأشجار فهو من ثم يتأثر مثلا بكمية الأمطار التى تسقط أو الرطوبة الأرضية التى تقل تبعا لقلة الأمطار وبخصوصية الأرض وبأرتفاع أو انخفاض درجات الحرارة.

مثل هذه الأحوال الغير مناسبة قد تؤثر على النمو الطولى ولكن ليست بدرجة التأثير على النمو القطرى ويقال أن درجة التأثير للعوامل البيئية على النمو القطرى للأشجار ظاهرة أمكن الاستفاده منها فى دراسة الأختلافات التى تحدث فى المناخ خصوصا الأمطار وقلتها فى الأحقاب الزمنيه التى مرت بالأشجار الخشبية النامية فى منطقة ما خصوصا فى الأشجار المعمره أو الأشجار بطيئه النمو مثل Sequaia وغيرها من الأشجار المخروطيه هذا العلم الذى يشرح هذه العلاقه يسمى Dendrochronology فمثلا تحت الظروف الطبيعية نجد أن الدورات المناخيه Climatic cycles التى تتكون فى الطبيعة والتى لها أثر كبير جدا على حالات الاستزراع فلو أمكن للمختص أن يتنبأ بهذه الأحوال يستطيع معرفة المدة التى تتكون فيها مثل هذه الدورات لتفادى الحالات الغير طبيعية وبذلك يمكن معرفة الحالات التى حدثت خلال الأحقاب الزمنيه السابقه.

الاختلافات اليوميه فى النمو القطرى

Diurnal periodicity in diameter growth

هناك دراسات عديده أجريت على النمو القطرى للأشجار الخشبيه وقد بينت تلك الدراسات أن هذه الاختلافات اليوميه فى النمو القطرى للشجره أو الجذع تحدث بصفه منتظمه. جزء نتيجة للتغيرات الحجميه التى تنشأ عن التغير فى كمية الماء بالأرض وبالتالى فى الأشجار نفسها.

خلال النهار يحدث أن كمية النتح تكون على اشدها أو على درجة كبيره فينشأ عن ذلك فقد كبير من كمية المياه اكثر من الكمية الممتصه ومن ثم فيحدث انكماش وخلال الليل يحدث استعاضة نتيجة لضعف النتح وكثرة أمتصاص المياه فيحدث أنتفاخ فى الأشجار هذه الملاحظة تحققت فى كثير من الأبحاث واشهر العلماء اللذين أهتموا بدراسة هذه التغيرات هو العالم (Mac Duogal 1938) وعموما مدى هذه التغيرات يؤثر بدرجة واضحة على نوع الخشب فمن الملاحظ أن هذه التغيرات تكون أقصاها فى الأشجار المخروطية الـSoft wood مثل الصنوبريات وهذه الملاحظة أيضا وجدت أنها لاتتم بدرجة واضحه فى الأشجار ذات الورق العريض hard wood.

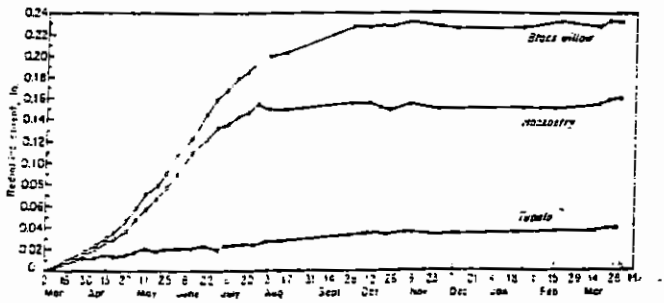
بالنسبه للأنكماش والأنتفاخ الموسمى.

وجد أيضا أنه يحدث فى الأشجار الخشبيه نظرا لأن المياه أو المحتوى المائى فى جذوع الاشجار يقل عادة خلال الصيف ويزداد خلال الشتاء ونتيجة لذلك فإن الأنعكاسات أو التأثيرات تحدث فى النمو القطرى.

الأختلافات الموسمية أو الفصليه فى النمو القطرى

Seasonal periodicity in diameter growth

النمو القطرى خلال موسم معين من مواسم النمو يتبع فى شكله الشكل السينى. وعموما فإن طول فصل النمو الذى يتم خلاله النمو القطرى يختلف بأختلاف النوع ويختلف أيضا بأختلاف خط العرض Latitude لأن هذا له علاقه بدرجات الحراره فهى تقل بزياده خط العرض وأيضا بطول الفتره الضوئيه خلال موسم النمو ولكن بصفه عامة نجد أن طول موسم النمو القطرى اكثر من طول موسم النمو الطولى وهناك دراسات كثيره أجريت على طول فتره النمو فى الأشجار الخشبيه ووجد أنها تختلف من ٧٠ – ٢٠٠ يوم تقريباً فى الولايات المتحده أو من ٨ – ٢٠ اسبوع فى المناطق الباردة الشماليه أى تقل الفتره بزياده بخط العرض والشكل رقم (٥٠) يوضح مدى الأختلافات فى النمو القطرى لثلاثة اشجار عريضة الأوراق أثناء موسم النمو.



Differences in radial growth and length of growing season of three species of hardwood in southern Louisiana. (*From Eggler*, 1955.)

شكل رقم (٥٠)

علاقة النمو القطرى بالبيئه

Environament in relation to diameter growth

من المشاهد أن كمية النمو القطرى تبدو أنها تستمر أو تنشأ وتتم على حساب كمية المادة الغذائية الممثله وتتأثر بدرجة واضحه بالعوامل البيئيه خصوصا كمية المياه وكما سبق أن ذكرنا أن النقص فى القطر الناشئ عن انكماش الخلايا يؤدى إلى تفاوت فى كمية الاختلافات التى تحدث فى النمو القطرى وقد تستمر هذه الحاله خلال فترات الجفاف التى قد تستمر اسابيع طويله أو من أسابيع إلى سنين معدوده.

بالنسبه لهذه العلاقه فقد وجد Mac Dougal أن هناك علاقه وثيقة بين كمية الرطوبه التى يمكن أن يمتصها النبات أو الشجره والزيادة فى القطر وعندما روى شجره من الأشجار المستديمة الخضره وكانت هذه لشجره من اشجار الـOak وجد تأثير ذلك واضح خلال ساعتين من الرى بعد منع الرى عن هذه الشجره لمدة ٣ اسابيع ولكن يعزى التأثير الذى حدث بعد هذه الفتره الطويله من العطش وخلال ساعتين فقط إلى أعادة انتفاخ الأنسجه اكثر منها استعادة حقيقه للنمو.

بالنسبه لبدء النمو القطرى وتفوقه فى الأنواع المختلفه:

فقد وجد أن هذه الاختلافات المتوقعه بين الأنواع ملحوظه وقد أجريت عليها دراسات عديدة إلا أن مدى توزيع الاختلافات فى النطاق الواحد للأصناف المختلفه أقل حدوثا أو أقل من الأختلافات التى تحدث فى النمو الطولى أو القمى.

معدل النمو القطرى Rate of Diameter growth

أيضا النمو القطرى يختلف بدرجة واضحه بالنسبه للصنف أو بالنسبه للسن وبالنسبه للمنطقه أو الموقع ففى بعض الأصناف سريعة النمو، وجد أنه خلال فصل نمو واحد كان معدل النمو حوالى ٠,٦ بوصه بينما فى الأصناف البطيئه النمو كان معدل النمو خلال نفس الفصل هو ٠,٠٥ بوصه وتقع الأصناف المتوسطة فيما بين هذين النطاقين.

كذلك من أبحاث Parham 1941 وجد فى أحد أنواع اللبخ أن متوسط القطر عند أرتفاع الصدر لشجره عمرها ٣ سنوات كان ٧ بوصه فى السنة هذا يبين أن الأصناف تختلف أختلاف واضح وأن مثل هذا النوع السابق الأشارة إليه الذى ينمو فى

المناطق تحت الاستوائية أو المعتدله حيث يتوفر النمو معظم أيام السنه أو خلال ٣٠٠ يوم أو اكثر تقريبا يمكن للاشجار أن تستمر فى نموها على طول هذه الفتره فيتوقف النمو القطرى من ذلك على العوامل الأتية:

١- طبيعة النمو نفسه.

٢- عمر الأشجار. فالأشجار الصغيره فى السن يكون لها طاقة نمو اكبر.

٣- الظروف البيئية المحيطة بالصنف أو النوع نفسه.

شكل جذوع الأشجار Forms of tree stems

جذوع الأشجار بصفة عامة تتجه إلى أن تنمو مثل الشكل الأسطوانى فى المنطقة الموجودة اسفل التيجان وتميل إلى الشكل المخروطى داخل التاج نفسه إلا أنه يلاحظ أن جذوع الأشجار الكامله قد تختلف من شكل القطع الناقص paraboloid إلى الشكل الـ Neiloid.

الأختلافات البينيه التى تحدث فى جذوع الأشجار تنشأ عن الأختلافات فى النمو القطرى على الأرتفاعات المختلفه على جذع الشجره وإذا عمل قطاع فنجد أن الحلقات السنوية تزداد فى السمك من قاعدة التاج إلى اسفل الشجره وتشاهد هذه الحاله عادة فى الأشجار التى يسمح لها بمساحات كبيره حولها أو يعطى لها حرية النمو مثل هذه الحاله توجد فى الأشجار الموجوده بحاله فرديه تقريبا. وأتساع الحلقات السنوية فى السمك من أعلى إلى أسفل يزيد من طاقة الأشجار على تحمل العوامل الجوية الموجوده بالمنطقة ولكن نجد فى حالة الأشجار المزدحمه أو الأشجار المطموسه فإننا نجد أن الحلقات السنوية تستمر كما هى أو تضيق فى سمكها من قاعدة التاج إلى اسفل إلا أنها تزداد قرب القاعدة وينشأ ذلك نتيجة لتزاحم الأشجار بجوار بعضها ووجد أن المنطقة التى يزداد فيها النمو القطرى تحت التاج تنتقل إلى أعلى أو فى الأتجاه القمى كلما زادات الشجره فى الطول وتؤدى هذه الظاهرة إلى ميل الشجره نفسها إلى أن تحافظ على الشكل الأسطوانى اكثر من الشكل القمى. أما المساهمه التى تستطيع أن تقوم بها الفروع الفرديه بالنسبة لنمو الجزع الأصلى فى الشجره الواحدة فنجد أنها تختلف أختلاف كبير تبعا لموقع هذه الفروع على الساق الأصلى للشجره فوجد فى نوع من أنواع الموجوده على مسافه اسفل

القمه أو ا ـل قمة الشجره بقدر يساوى ١٥٪ من أجمالى طول الشجره ساعدت أو اسهمت بمعظم النمو فى حجم الساق الأصلى ومن هنا وجد أن الفروع فى هذه المنطقة يجب أن تتركز بدرجة كبيره حتى يمكن أنتاج جذع أو أنتاج نمو كبير وسليم فى الأشجار. كذلك وجد أن الفروع السفلى لم تسهم بشئ على الاطلاق بالنسبة لنمو الساق الأصلى ويستثنى من ذلك الحالات التى وجد فيها الفرع السفلى يحمل عدد كبير من الفريعات ووجد أيضا أن معظم المادة الممثله فى الفروع السفلى (البعيدة عن الضوء) تستهلكها هذه الفروع لنموها وقد تستعمل فى بعض الأحيان من الغذاء الممثل فى الفروع التى تعلوها.

العلاقه بين النمو القمى والنمو القطرى فى الأشجار

Relation between height growth and diameter growth

من المعروف أن الأشجار الخشبيه تنمو فى القطر لمدة أطول من النمو القمى. فى معظم الأصناف نجد أن النمو القطرى للجزء السفلى من الجزع يبدأ عادة متأخرا ويستمر لمدة أطول إذا ماقورن بالنمو القمى إلا أنه فى بعض الأصناف فإننا نجد أن النمو القطرى للجزء السفلى من جزوع الاشجار يبدأ تقريبا فى نفس الوقت الذى يبدأ فيه النمو الرأسى أو الطولى. أو بعده بفتره بسيطه يمكن أهمالها. ونجد أن هذه الصفة ليست ثابته تماما ففى بعض الأصناف نجد أن النمو القطرى قرب قاعده الشجره لايبدأ على الأطلاق إلا بعد أن يصل النمو الطولى فى الشجره إلى أقصاه وهذا يدل على أن العلاقه بين النمو القطرى والنمو الطولى مازالت تعتمد على صفات قد تكون وراثيه أو فرديه تتعلق بالصنف نفسه.

وفى كلا القسمين المعروفين فى الأشجار سواء كانت مخروطية أو ذات ورق عريض فإن الكامبيوم يتأثر أو ينشط للنمو فى حالة النشاط المريستيمى بواسطة المواد المنشطه للنمو التى توجد طبيعيا فى الأشجار وقد أثبت العلماء منذ أزمنه طويلة من أواخر القرن الماضى أو ضحوا أعتماد النشاط الكمبيومى على طبيعة المواد الهرمونيه التى تنتقل من قمم الفروع فى الأشجار إلى مناطق الكامبيوم حيث يبدأ النشاط فى النمو القطرى. فيما بعد حاول بعض العلماء أن ينشطوا الكامبيوم بواسطة بعض المواد الهرمونية النباتية النقية المصنعه ووجد أن نمو الكامبيوم أمكن تنشيطه أو التأثير عليه بواسطة الهرمون الذى يتكون

فى الأوراق الحديثه ويؤدى إلى نشاط الخلايا فى جذوع الأشجار ومن أمثلة هذه المواد I.A.A كل هذه الأبحاث تؤكد أن هناك علاقه بين كمية المواد الهرمونيه وتفتح البراعم القميه فيها والنمو القطرى فى الأشجار ووجد أنه فى كثير من الأصناف بأن إزالة البراعم أو تقليمها أو إزالة الأوراق أدت بصفة قاطعه إلى توقف النشاط الكمبيومى فى الأشجار المعامله. كذلك وجد أن إزالة القلف فى أى منطقة على الجذع أدى إلى عدم نقل المواد الغذائيه والمواد الهرمونيه من البراعم أو من مناطق النمو إلى أسفل مما أدى إلى توقف نشاط الكمبيوم تحت الحلقه التى أجريت على الجذع أو الفرع.

التعمير فى الأشجار Aging of trees

الأشجار الخشبيه مثل بقية الكائنات الحية تبدى مظاهر الشيخوخة أو العجز فمن خلال النمو المبكر نجد أن الأشجار تنتقل من الطور الشاب Juvenile إلى الطور اليافع أو البالغ adult stage والطور الشاب يختلف بشده من الطور البالغ فى سلوك النمو والقدرة على الأزهار وسهولة أنتاج الجذور من خلال العقل والتركيب التشريحى للساق وأنتاج الأوراق وشكل الأوراق والعديد من الخصائص الأخرى.

كذلك نجد أن طول الفتره الشابه يختلف بين الأنواع حيث يتراوح من عدة شهور إلى العديد من السنوات وربما يكون أنسب دليل لمعرفة طور البلوغ هو تكوين الأزهار فى الأشجار الخشبيه حيث أن الأشجار الشابه لاتزهر عادة. وبمجرد أن تكون الأشجار قادره على أنتاج الأزهار نجد أن بعضا منها يبقى لعدة سنوات دون أن يزهر بسبب النمو التكاثرى الذى يحدث فيه أختلافات عديدة قد يكون سببها الظروف البيئية الخارجية أو العوامل الفسيولوجية الداخليه.

ومن الظواهر الملحوظه فى نمو الأشجار هو حدوث أختلاف فى طول عمر الأنواع المختلفه Longevity وربما تكون الصنوبريات هى أكثر الأشجار تعميرا فبعض هذه الأشجار يصل إلى عمر ٤٠٠٠ سنة وبعض أنواع السيكويا تصل إلى ٣٠٠٠ سنه وبعض أنواع العرعر Junipers تصل إلى ٢٠٠٠ سنة والبلوط يصل إلى ١٥٠٠ سنة والأسفندان السكرى يعمر حتى ٥٠٠ سنه أما شجرة الشربين الرمادى gray birch نجد أنها لاتعمر لأكثر من ٤٠ سنة.

ويبدأ هرم infirmities الأشجار الكبيره بأنخفاض معدل العمليات الحيوية بداخلها ومن ثم يبطئ النمو وألتآم الجروح وأنخفاض مقاومتها للأصابه بالأمراض الفطرية والحشرية.

ايضا تكوين خشب القلب يرتبط بزيادة العمر. ففى الأشجار الصغيره يكون الخشب العصارى نسبه اكبر من خشب القلب الذى يتكون من خلايا ميته نسبيا حيث أن نسبة الخلايا الحية فيه لاتتعدى ١٠ ٪. وعندما تصل الأشجار إلى السن أو العمر الحرج Critical age والذى يختلف بأختلاف الأنواع والظروف البيئية فإن خشب القلب يتكون من تحول الخلايا الحية فى قلب الساق والتى تموت وتصبح غير نشطة فسيلوجيا مكونه بذلك خشب القلب وبمجرد تكوينه فأنه يستمر فى التكوين داخل الحلقات السنوية والتغيرات المصاحبة لتكوين هذا الخشب تشمل موت الأشعه الخشبيه، تغير لون الخشب كنتيجة لترسيب الصبغات والتانينات والزيوت والصموغ والراتنجات والأملاح. ويصاحب ذلك أنخفاض المعدل الميتابولزمى للخلايا ويحدث تغير فى كثافة الخشب والمحتوى الرطوبى.

التعمير فى الأشجار وخصائص النمو

Aging and Growth Chatacteristcs

بدءً من مرحلة البادرة وحتى وصول الأشجار لمرحلة التدهور فإنه يمكن للمختص قياس مقدار الزيادة فى نمو الفرع سنويا لعدة أعوام متتاليه.

بعض الأشجار مثل شجرة شعر البنت ginkgo واللاركس تنتج نسبه كبيره من الأفرع القصيره والأفرع الطويلة حسب العمر. فى حالة شعر البنت نجد أن شكل التاج يتغير بسبب التغير فى السن حيث تكون الشجره ذات نمو قمى (مخروطيه) وهى صغيرة السن ثم تتحول إلى الشكل البيضاوى عندما تكبر أو تصير كبيرة فى السن. وعند أنخفاض معدل نمو الشجره كما يحدث للأشجار الكبيره فإن حجم الأوراق يصبح أصغر وتبدأ الأفرع فى الموت تدريجيا.

أيضا التدهور الكامبيومى يزيد مع زيادة العمر وتميل حلقات النمو لأن تصبح ضيقه وعموما فإن نظام تكوين حلقات النمو السنويه الضيقه ممكن أن يتغير من عام لآخر

بسبب الظروف البيئيه خاصة الأختلافات فى كمية الأمطار. كذلك نجد أن الأشجار المعمره تميل لتكوين حلقات غير مستمره كثيره وأيضا حلقات مفقوده missing rings كلما أتجهنا إلى اسفل جذع الشجره.

كذلك نجد أن معدل نمو الجذور ينخفض فى حالة الاشجار المسنه أيضا القدره على أنتاج أجزاء خضرية (تصلح للتكاثر الخضرى مثل العقل لاتنتج جذور) يحدث لها تدهور سريع عندما تصل الأشجار إلى العمر الحرج. لذا يجب الأخذ فى الأعتبار لأى شخص يقوم بعملية التكاثر الخضرى أن يستخدم عقل تؤخذ من اشجار صغيره السن نسبيا وليست من اشجار مسنه حتى تكون الخصائص المرغوبه للنوع مؤكده.

الأحتياجات الداخليه للنمو Internal Requirements for growth

للمحافظة على حياة الأشجار لابد أن يكون النمو قوى وجيد وهذا لايتحقق الا بوجود مخزون كاف من الكربوهيدات والماء والأملاح ومنظمات النمو الهرمونيه. التحكم الداخلى فى النمو فى الأنسجه الخضريه والتكاثريه يرتبط على الأعتماد المتبادل بين الجذور والأفرع كمصادر للمواد الضرورية التى تتحكم فى النمو. وعلى مدى عمر الشجره فإن الشجره تعطى الأوراق والجذور وتتصل هذه الأعضاء ببعضها من خلال قنوات ومسالك تزداد طولاً مع العمر ومن خلالها يتم نقل العناصر المطلوبة للنمو وهذا يتطلب أتزان وتلازم فى معدلات العمليات الفسيولوجية المختلفه.

الكربوهيدرات Carbohydrates

يمثل السكر المحول حوالى ٢/٣ المادة الجافه فى الأشجار وزيادة الوزن الجاف فى الأشجار يعتمد على التحكم فى التمثيل الغذائى وكافئه عمليات التمثيل التى تحدث فى الأنسجه الخضرية. ونظرا لأن الكربوهيدرات هى منتجات مباشره لعمليات التمثيل الضوئى ويتم تمثيل المواد البروتينيه والدهنيه منها لذا تعتبر هذه المواد هامة فى نمو النباتات الخشبيه.

وعلى الرغم من أن الكربوهيدرات يتم تمثيلها فى الأوراق فإن كميات صغيرة منها يمكن أن تنتج من الأجزاء الأخرى للاشجار مثل الأفرع والأزهار والثمار. ومن الضرورى أن نتذكر أن الأشجار ليس لديها أكتفاء ذاتى فى أنتاج واستخدام الغذاء وهناك العديد من

الأمثله التى يمكن أن نسوقها بشأن نقل الكربوهيدرات بين الأشجار الخشبية، على سبيل المثال فإن معظم الأشجار تحصل على الكزبوهيدرات من الأشجار المجاورة من خلال الجذور الملتحمه. كذلك فإن عملية التطفل من أجل الحصول على الكربوهيدرات بالتراكم حيث أنه يمكن للنباتات الزهرية المتطفله أن تتطفل على عوائلها من الأشجار.

عملية التمثيل الضوئى photosynthesis

فى عملية التمثيل الضوئى يتم تصنيع السكريات البسيطه من ثانى اكسيد الكربون والماء فى الأنسجه النباتيه المحتوية على الكلوروفيل المعرضه للضوء. وهذه العملية تعد من العمليات الهامة جداً فى الأشجار وهى تحدث فقط فى الأنسجه الخضراء. لأن الكلوروفيل يلعب دور هام فى أمتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيماويه. وعملية التمثيل الكلوروفيللى يمكن تمثيلها بالمعادلة الأتية:

$$6Co_2 + 6H_2o \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

فى الأشجار أن السكر يتم تحويله إلى نشا عندما تتراكم كميات كبيره منه والنشا يتحول إلى سكر عندما تنخفض كميات السكر وعند درجات الحرارة المنخفضه. والسكروز يعد من السكريات المحوله السائدة فى الأشجار كذلك فإن الجلكوز والفركتوز شائعا التواجد وهناك العديد من السكريات الأخرى تتواجد ولكنها تكون بكميات قليلة عادة.

استخدام الغذاء Utilization of foods

نسبه كبيره من حصيله الكربوهيدرات تنتقل إلى العديد من الأفرع وأطراف الجذور وعلى أمتداد طبقة الكامبيوم حيث يتحول فيها إلى بروتوبلازم جديد وجدر خلويه للأنسجه الخضريه والتكاثريه.

أيضا كمية كبيرة من الكربوهيدرات تستهلك فى عمليات التنفس وأنتاج الطاقه اللازمه لعمليات التمثيل والنمو الباقى يتراكم فى الأنسجه ويتم استهلاكه تباعاً على مراحل مختلفه.

النمو الخضرى Vegetaive growth

وجد أن النمو الخضرى يستخدم كل من الكربوهيدات المنتجه والمخزنه فى النمو سواء كان ذلك نمو قمى أو نمو قطرى ونظرا لأن الأجزاء المختلفه من الشجره تنمو بمعدلات متفاوته على مدار العام لذا نجد تفاوت أيضا فى استخدام الكربوهيدات على أمتداد الشجره. فمثلا استطالة الأفرع فى معظم الأنواع يلزمها كميات من الغذاء تستهلك فى فترة أقصر من تلك التى تحدث بالنسبة للنمو الكبيمومى لنفس الشجره.

كذلك نجد أن كمية الغذاء التى تستخدم فى النمو الخضرى تختلف بين الأنواع من سنه إلى أخرى وذلك نظرا للأختلافات الكبيره فى كمية الغذاء التى تنتقل إلى الأنسجه التكاثريه. فنجد أنه خلال السنوات البذرية أى التى تنتج فيها الأشجار كميات كبيره من البذور فإن كمية كبيره من الغذاء المخزن تنتقل من الأنسجة الخضريه إلى الأنسجة التكاثريه. أيضا فإن تفتح البراعم واستطالة الأفرع يرتبط أرتباطا كبيرا بأستهلاك كميات كبيره من المواد الكربوهيدراتيه. فعند تفتح البراعم فى الربيع فإن الكربوهيدرات تتحرك لأعلى فى الأفرع الناميه من خلال اللحاء النشط. واستهلاك الكربوهيدرات الموسمى الملحوظ المخزن فى الأنسجه يتم أنتقاله من الأنسجه المجاوره عندما تبدأ الأفرع فى النمو.

وعموما فإن معظم الأبحاث قد أوضحت أن نمو الأفرع يستهلك الكربوهيدرات المخزنه بصفه رئيسيه على عكس النمو الكامبيومى حيث أنه يعتمد على الكربوهيدرات الممثله حديثا. وقد وجد أن هناك أختلاف بين الأنواع فى نمو الأفرع وأيضا بين الأعمار داخل نفس النوع وأيضا بين الأفرع المختلفه على نفس الشجره. أيضا من الضرورى التفرقه بين استخدام الكربوهيدرات فى استطالة الورقه واستطالة السلاميات حيث أن تلك الأعضاء تكون مستقله out of the phase وأحيانا يستنفذا نسبة مختلفه من الكربوهيدرات حديثه التجهيز وأيضا المخزنه من قبل.

والكربوهيدرات تستخدم فى أنتاج خلايا كامبيوميه جديده وتكوين ونمو اللحاء والخشب وكل من الكربوهيدرات المخزنه والحديثه التكوين تستخدما فى النمو الكامبيومى والأخيره أكثر أهمية فى هذا الشأن. وعموما فإن النمو الكامبيومى يبدو أنه مرتبط اكثر بمعدل تحويل الكربوهيدرات إلى أنسجه حديثه اكثر منه فى كمية الغذاء المتاح فمثلا نجد أن النمو الكامبيومى يمكن أن يتأثر بسرعه بحدوث جفاف فى نهاية الصيف بالرغم من وجود مخزون وفير من الكربوهيدرات.

النمو التكاثرى Reproductive growth

من المعروف أن أنتاج محصول بذرى وفير يستنفذ كميات كبيره من الكربوهيدرات. والأنسجه التكاثريه الناميه تكون قادره على تحويل الغذاء من الأنسجه الخضرية لصالحها. وتحرك الكربوهيدرات داخل الأزهار والثمار والبذور فى كثير من اشجار المحاصيل البستانيه واشجار الغابات قد أمكن ملاحظته ومن الصعب تقدير الكميات النسبيه المستخدمه فى النمو الخضرى والتكاثرى لأنهم يختلفان بشدة بين الأشجار وأيضا من عام إلى آخر خصوصا عندما يكون المحصول البذرى غير منتظم.

التنفس Respiration

من المعروف أن عملية التنفس هى العملية التى يتم فيها اكسدة الغذاء وينتج عن ذلك أنطلاق الطاقة التى تحدث فى الخلايا الحية خلال النهار والليل وخلال فصل الكمون والنمو لذا فإن نسبة كبيره من الحصيلة الكلية للغذاء المنتج يستهلك فى هذه العملية.

والعديد من الباحثين قدروا الفقد الذى يحدث للكربوهيدرات نتيجة للتنفس وذلك فى وقت النهار خلال موسم النمو ومقارنه ذلك بمعدل أنتاج الغذاء طوال نفس الفتره. وعموما فإن الكميات الحقيقيه المفقوده أو المستهلكه فى عملية التنفس لابد من تقديرها خلال موسم النمو وخلال الليل.

معدل التنفس يختلف بشده بين الأنواع وبين الأنسجه وأيضا بأختلاف الوقت والعوامل الداخلية الهامة التى تحكم عملية التنفس هى عمر النسيج والتركيب الضوئى والغازى فى الجو والأضرار الناتجه عن السموم الحيويه ولقد أوضحت الأبحاث أن حوالى

٦٠ ٪ من صافى عملية التمثيل الضوئى فى الزان يفقد خلال عملية التنفس فى الجذور والسيقان والأفرع والأوراق وبالتالى فإن الكميه المتاحه الباقيه وهى تعادل ٤٠ ٪ فقط توجهه أو تستخدم فى عمليات النمو. وكمية الفقد فى تنفس الأشجار تختلف مع العمر حيث أن ٤٠ ٪ الغذاء الكربوهيدراتى تستلهك فى عمليات التنفس لأشجار عمرها ٢٥ سنه، ٥٠ ٪ لأشجار عمرها ٨٥ سنه وفى ظروف الحرارة المرتفعة فى الغابات الأستوائية نجد أن الفقد فى الغذاء بالتنفس يزداد فمثلا فى الغابات الأستوائية المطيره فى ساحل العاج نجد أن التنفس يستهلك حوالى ٣/٤ المادة الجافه المنتجه.

عملية تجميع الغذاء Accumlation

النشا الذى يتكون بعملية تكثيف العديد من جزيئات الجلكوز وهو الصورة الأساسية للكربوهيدرات فى السيقان. نجد أن الخلايا المتجهه راسيا والخلايا البرانشيميه المتكونه جانبيا والتى تكون الأشعة الخشبية تكون هى المسئولة عن تخزين النشا. ويتراكم النشا فى برانشيما القلف والخلايا الألبومينيه albuminous cells والتى تتوزع فى مختلف النظم.

كذلك نجدأن عصارة الخشب فى بعض لأنواع تحتوى على كميات كبيره من السكريات فى الوقت الذى تكون فيه بقية العناصر ضئيلة منه. ومن أمثلة الأنواع التى تحتوى عصارتها على السكريات الأسفندان السكرى Sugar maple والذى يستخلص من سيقان الأشجار عبر صنابير سنويا لأنتاج عصير الأسفندان. وهذا النوع من الأشجار تحتوى عصارته على سكريات يصل تركيزها ٢ – ٣ ٪ وأن كان هناك بعض الأشجار تعطى محصول أعلى حيث يكون تركيز السكريات فيه من ٨ – ١٠ ٪.

والسكريات التى تتواجد لأنتاج الكربوهيدرات هى النشا والسكروز والسكريات السداسيه وهى تتراكم خلال نهاية الصيف. ومعظم النشا يتحول إلى سكر فى بداية الشتاء.

أيضا من الضرورى التفرقه بين الكمية الكليه وتركيز الكربوهيدرات فى الأجزاء المختلفه من الشجره. فتوزيع الكربوهيدرات يعبر عنه غالبا بنسبه مئويه من الوزن الجاف للأنسجه المختلفه وأن كانت تلك البيانات تكون غير داله على التركيز لأن تركيز الكربوهيدرات غالبا مايكون مرتفعا فى الأنسجه التى بها نسبه منخفضه من المادة الجافه

الكليه فى الأشجار فعلى سبيل المثال نجد أن تركيز الكربوهيدرات عادة مايكون أعلى فى الجذور عن السيقان وبالرغم من أن هناك اشجار تقوم سيقانها بتخزين الكربوهيدرات بصورة رئيسية فى هذه السيقان.

والكربوهيدرات تتركز فى الخلايا الحية فى السيقان ولكن عند حساب الوزن الجاف فى السيقان على اساس الخلايا الحية والخلايا الميته الغير محتويه على كربوهيدرات وهذه نسبتها فى الغالب تكون أعلى وهذا يعطى تقدير أقل لنسبة الكربوهيدرات إذا حسبت على اساس الوزن الجاف. كذلك نجد أن تركيز الكربوهيدرات فى القلف غالبا مايكون مرتفع ولكن فى كثير من الأنواع نجد أن الكمية الكلية للكربوهيدرات فى القلف أقل منها فى الخشب.

أهمية الماء لنمو الاشجار الخشبيه Water for tree growth

أهمية الماء بالنسبة لنمو الأشجار من الأشياء المؤكده فى كثير من المناطق فى العالم حيث نجد أن الماء يتحكم بلاشك فى النمو وحيوية الأشجار ويعتبر العامل المحدد تقريبا لتوزيع الغابات فى العالم ومن النادر أن نجد أن رطوبة التربة تكون مناسبة خلال موسم النمو . والفقد أو النقص الشديد فى النمو كل عام ينتج عن نقص الماء المتاح لجذور الأشجار ونظرا لكل العوامل السابق ذكرها نجد أنه من الصعوبة حساب الكميات المتأرجحه فى نقص النمو فى الأشجار. وذلك لغياب البيانات المتاحه بالنسبه لكميات المياه الموجوده فى متناول جذور الأشجار. كذلك ماهو مقدار الزيادة فى نمو الأشجار إذا مدت بكمية مناسبه من الماء خلال موسم النمو.

والماء يعتبر العامل الاساسى والمحدد لنمو الأشجار للاسباب التالية:

١- يعد المكون الرئيسى للبروتوبلازم حيث يكون المحتوى المائى للأنسجه النباتيه حوالى من ٨٠ - ٩٠ ٪ من الوزن الأخضر.

٢- يعد عاملاً هاماً فى التفاعلات الحيويه فى الأشجار. فهو مصدر هام لعملية التمثيل الضوئى وغيرها من العمليات الهامة التى تحدث فى الأشجار الخشبيه.

٣- يعتبر الماء مذيبا للمواد الضروريه للنمو والتى تنتقل داخل الأشجار مثل الأملاح وغيرها.

٤ – مهم للحفاظ على أنتفاخ الخلايا turgidity سواء فى الساق أو الأوراق وأيضا مهم لأستطالة الخلايا ونموها.

مصادر الماء بالنسبة للأشجار Sources of water

معظم الماء الذى تحصل عليه الأشجار يكون عن طريق التربه ولكن بعضها يحصل عليه من الجو المحيط أو من الأشجار المجاوره أو من الجذور المتلاصقه معاً. وفى بعض المناطق الجافه تقوم الأشجار بأمتصاص الندى والضباب بواسطة الأوراق.

فقد الماء Loss of water

تعتبر الأشجار مهيأه لفقد الماء بكميات كبيره. وأول الأجزاء التى يفقد من خلالها الماء هى الأوراق وذلك من خلال الثغور، والثغور هى مسام ميكروسكربيه يحاط كل منها بخليتين حارستين ويتراوح الثغر من ١٠ – ٢٠ ميكرون فى الطول ويتواجد من ١٠,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ ثغر/ سم^{٢} من سطح الورقه.

وفى معظم أوراق الأشجار عريضة الأوراق نجد أن الثغور تتواجد فقط على السطح السفلى ولكن هناك أجناس قليله مثل الحور و الصفصاف تتواجد فيها الثغور على سطحى للورقه. وبالأضافه إلى أن الثغور يخرج عن طريقها الماء فإنها تعد كذلك المسلك الذى يعبر منه غاز ثانى اكسيد الكربون فى عملية التمثيل الضوئى.

النتح Transpiration

هو فقد الماء من الأشجار فى صورة بخار .. وهذه العملية تعتبر اساسية ويتحكم النبات فى فقد الماء من خلال الثغور وعملية النتح تحدث على مرحلتين فى الأوراق:

١ – التبخير من الجدر الرطبه للخلايا الوسطيه داخل الفراغات بين الخلويه .

٢ – أنتشار بخار الماء من الفراغات بين الخلويه إلى الهواء الخارجى.

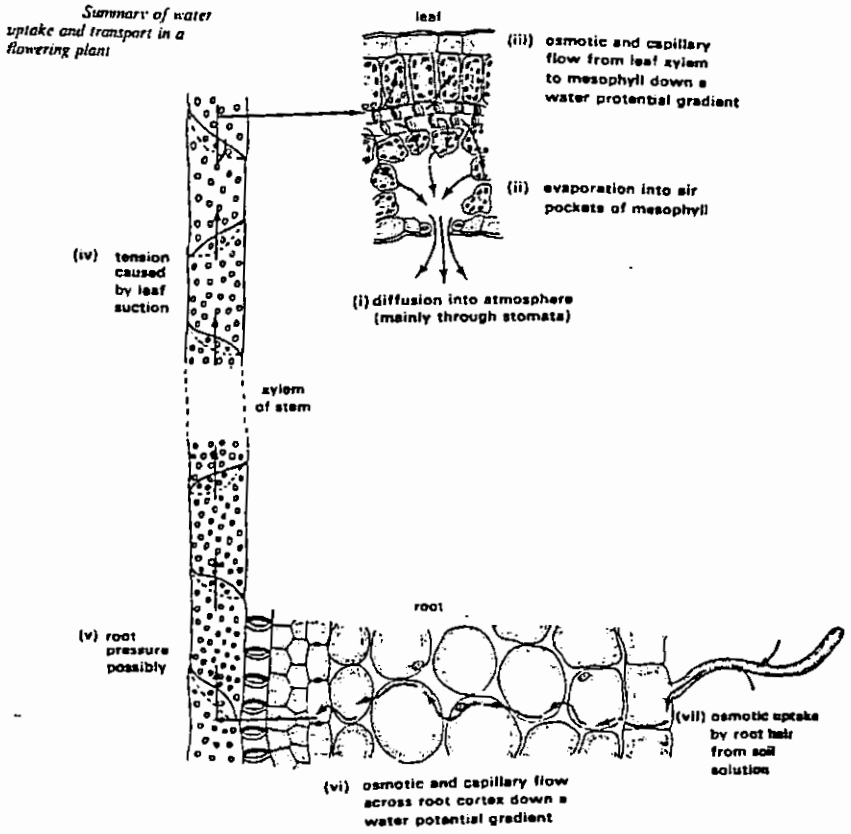
كذلك نجد أن هناك كميات قليلة من الماء تفقد مباشره من خلال طبقة البشره فى الأوراق وهذا يعتمد أساسا على سمك طبقة الكيوتين الموجوده على سطح الورقه. أيضا هناك كميات قليله جدا تفقد من الماء من خلال العديسات الموجوده على الأفرع فى الأشجار المتساقطه الأوراق فى فصل الشتاء. والعديسات هى فتحات صغيره تتواجد فى قلف الأشجار وهى تسمح بالانتشار الغازى بين النباتات والجو.

وكميات الماء المأخوذة بواسطة الأشجار والمفقودة خلال عملية النتح تكون كبيره ولاعجب من أن كثيراً من الأشجار تفقد عدة براميل من الماء يوميا فى حين أن معدل فقد الماء يزداد زيادة تختلف حسب نوع الشجره والموقع والعمر ودرجة أنتشار الجذور. أيضا معدل النتح يختلف بشدة باختلاف العوامل البيئيه مثل رطوبة التربه، الرطوبه الجويه، الكثافه الضوئيه، شدة الرياح ودرجة الحرارة. وبالاضافة إلى ذلك فإن هناك أحوال أخرى داخل النبات مثل المساحة الورقية ودرجة تعرضها للجو. فالاشجار تختلف معنوياً فى عدد الأوراق التى تنتجها. ففى المخروطيات نجد أن الأوراق تكون أكثر من أوراق الاشجار عريضه الأوراق فى الأعمار المختلفه. ففى الوقت الذى تتواجد فيه على الشجره الواحدة من المخروطيات الملايين من الأوراق نجد أن أوراق الشجره الواحده فى الأشجار عريضة الأوراق يكون عددها عشرات الالأف. وقد أوضحت أحدى الدراسات أن شجره الشوح Spruce والتى عمرها ٣٦ سنة بها اكثر من ٥ مليون ورقه أبريه وعموما فإن حجم الأوراق وعددها يتناسب عكسيا.

أمتصاص وتوصيل الماء Absorption and Conduction of water

يزداد سطح الجزور الماصه للماء فى العديد من الأشجار بزياده تكوين الشعيرات الجذرية وهى عبارة عن وحدات أنبوبيه تنشأ خلف أطراف الجذور الحيه. ومعظم هذه الشعيرات الجذريه تعيش لمدة أيام إلى اسابيع قليله. ومنطقة الشعيرات الجذريه تهاجر من مكانها لأنه بموت الجذيرات الكبيره نجد أن الشعيرات الجذريه الجديده تتكون بعد منطقة الأستطالة. وفى القليل من الأنواع نجد أن الشعيرات الجذريه المسنه تستمر لمدة طويله ولكنها تكون غير كافه لأمتصاص الماء.

وعندما يحدث زياده فى عمر المجموع الجذرى تزيد مساحة السطح الكلى المغطى بالمواد الشمعيه والدهنيه والتى يطلق عليها سوبرين Subrin وقليل جداًمن الجذور حديثة التكوين تكون غير مسوبرة. كذلك يعتقد أن الجزء المسوبر من الجذور لايقوم بأمتصاص الماء وأن كان هذا غير صحيح بالضرورى. ففى أحدى الدراسات أوضحت النتائج أن أقل من ٥ ٪ من كمية الماء الممتص بواسطة جذور الأشجار تمت من خلال الجذور المسوبره. والكميات التى تمتص بواسطة الجذور المسوبره تدخل من خلال العديسات أو من الشقوق Crevices أو الفتحات الموجوده حول منطقة تفرع الجذور أو من الفتحات الموجوده فى الجذور الجانبيه الميته.



شكل رقم (٥١)

بعد امتصاص الماء من خلال الجذيرات فإنه يمضى خلال انسجه الجذر المختلفه (الأبيدرمس، القشره، البريسيكيل) قبل أنتقاله راسيا خلال العناصر الوعائيه التى تقوم بنقل الماء والتى يطلق عليها الأوعية الخشبيه وفى الأشجار العريضه الأوراق المساميه

الحلقيه الناضجه مثل البلوط نجد أن حركة الماء لأعلى تكون قاصره على اسطوانه رقيقه من الخشب العصارى وفى الغالب تكون الحلقه السنويه الخارجيه. وفى حالة الأشجار المساميه المنتشره مثل الأسنفدان والحور وأيضا فى كثير من المخروطيات نجد أن الماء يسلك لعدة حلقات من الخشب العصارى. والأنحراف (الميل) عن السلك الأفقى لأعلى شائع فى الأشجار وفى كثير من الأنواع يحدث أنتقال للماء بطريقه حلزونيه فى الألياف الحلزونيه فى الأشجار. أيضا معروف أن خشب القلب لايقوم بتوصيل الماء. وعندما يصل الماء الى منطقة التاج فأنه يدخل إلى الأفرع وفى النهاية يدخل الأوراق من خلال نظام شبكى معقد العروق الورقيه ثم يحدث له تبخير عن طريق الفراغات بين الخلويه فى الورقه ثم ينتشر إلى الجو الخارجى من خلال الثغور والشكل السابق رقم (٥١) يوضح خطوات أمتصاص الماء وأنتقاله إلى الأجزاء المختلفه فى الشجره حتى يتم فقده عن طريق فتحة الثغر إلى الجو الخارجى.

تأثير نقص الماء Development of water deficits

يؤثر الجفاف على النمو عن طريق أحداث نقص للماء فى الأنسجه. ونقص الماء الداخلى يحكمه المعدل النسبى الممتص وكذلك الماء المفقود بواسطة النتح وكذلك أعادة توزيعه داخليا. خلال النهار نجد أن كثيراً من الماء يفقد من الأوراق عن طريق النتح اكثر عن ذا الذى يمتص بواسطة الجذور بسبب مقاومه حركة الماء داخل الشجره. ونقص الماء الداخلى غالبا مايختفى بتعريضه بأمتصاص معدل اكبر من الماء خلال الليل حيث تقفل الثغور وينعدم النتح تقريبا.

ونظرا لهذه الأسباب السابقة نجد أن محتوى الأوراق من الماء يختلف يوميا فأعلى محتوى مائى يكون فى الصباح الباكر ثم يبدأ المحتوى الرطوبى للأوراق فى الأنخفاض بعد ذلك حتى يصل إلى أقل مستوى له فى أول فتره الظهيره ثم يبدأ بعد ذلك فى الزيادة تدريجيا.

كذلك نجد أن المحتوى الرطوبى لسيقان الأشجار يختلف على مدار اليوم وأيضا على مدار موسم النمو فنجد أن أعلى محتوى رطوبى لسيقان الأشجار يكون خلال فصل الربيع وأحياننا يكون فى الوقت الذى تبدأ فيه البراعم فى التفتح. وعندما تتفتح البراعم ويبدأ ظهور الأوراق نجد أن النتح يبدأ فى استنزاف الماء من الساق خلال فصل الصيف.

ويعوض الماء المفقود بأمتصاص الجذور للماء ويكون المستوى العام للماء خلال موسم النمو متزن مع الماء المأخوذ من الساق حتى يصل إلى أقل محتوى رطوبى فى الساق وغالبا مايكون ذلك قبل سقوط الأوراق مباشره.

ويمكن تلخيص اسباب نقص الماء فى الأشجار فى النقاط الأتية:

١- الزيادة فى معدل النتح.

٢- بطء امتصاص الماء من التربه الجافه أو البارده أو سيئه التهوية.

٣- تداخل العاملين السابقين.

الفتحات الثغريه Stomatal aperture

من العوامل التى تستجيب بسرعة لنقص الماء فى الأوراق هو أنغلاق الثغور. فعند جفاف الخلايا الحارسه فإن الثغر يقفل وغالباً خلال الأطوار الأولى من الجفاف وتستمر الخلايا الحارسه فى ذلك حتى قبل ذبول الأوراق. كذلك نجد أنه حتى فى الأحوال التى تكون فيها التربه رطبه فإن الثغور تغلق بصورة مؤقته خلال فترة نصف النهار وذلك لتقليل معدل النتح الذى يزيد عن معدل أمتصاص الماء خلال تلك الفتره من النهار.

الأنكماش والتمدد Shrinkage and Swelling

العديد من الأنسجه والأعضاء فى الأشجار تنكمش قليلا خلال فترة النهار عادة وعندما يزيد معدل عملية النتح عن عملية أمتصاص الماء. ثم يعاد تمدد تلك الخلايا فى الليل عندما تستعيض الشجره الماء المفقود بالأمتصاص ويقل معدل النتح.

كذلك نجد أنه يحدث انكماش للساق بعد الظهر خاصة فى الأشجار الناميه فى أراضى تروى جيداً ولقد أتضح أن الأنكماش والأنتفاخ مرتبطان بالعوامل الجويه التى تؤثر على حركة الثغور فى أوراق الأشجار.

ولقد لوحظ منذ زمن بعيد الأنكماش اليومى والأنكماش الموسمى فى سيقان الأشجار الخشبيه ووجد أنه يزداد خلال فصل الجفاف، إيضا يحدث الانكماش فى مخاريط الصنوبر وغيره من ثمار الأشجار الخشبيه.

تثبيط النمو growth inhibition

يؤدى الجفاف إلى تثبيط نمو الأفرع وكذلك النمو القطرى خلال السنوات التى يحدث بها جفاف ولكن التأثير يكون أكثر خلال العام أو الأعوام التالية. وتختلف درجة تثبيط النمو حسب شدة وطول فترة الجفاف وأيضا خصائص نمو الأشجار. وخلال أعوام الجفاف فإن الأشجار تكون حلقات خشبيه ضيقه وتتجه إلى استئناف أو استعادة النشاط الكامبيومى مرة اخرى كالاستجابة للمطر الذى يلى فترة جفاف شديدة فى موسم النمو والنتيجة تكون الحلقات الكاذبة او المتعددة والتى تتكون خلال نفس العام.

وبالاضافة الى تأثير عمليات التثبيط على سمك حلقات النمو فإن الجفاف فى الصيف يؤثر ايضا على العلاقة بين الخشب المبكر و الخشب المتأخر. فالاشجار تستجيب لجفاف الصيف المبكر فى أنتاج خلايا الخشب المتأخر صغيره الحجم وبعد ذلك فإن استمرار الجفاف يقصر من الفتره التى يتكون فيها الخشب المتأخر. وأعراض الجفاف الشديد تتمثل فى الأضرار الظاهرية مثل أحتراق حواف الأوراق Scorch أو موت نهايات الأفراع أو مايطلق عليه بالموت الخلفى dieback وتشقق السيقان Stem cracking أو موت الأشجار.

منظمات النمو الهرمونى Hormonal growth Regulators

تقوم الأشجار بتخليق عدد من هرمونات النمو النباتى التى تتواجد فى الخلايا والأنسجه والأعضاء النباتيه المختلفه وذلك لتنفيذ وظائف النمو والتكشف المختلفه. وهناك خمس مجاميع هرمونيه تقوم بتلك الوظائف وهى:

١ – الأوكسينات	auxins
٢ – الجبرلينات	gibberellins
٣ – الستيوكينين	cytokinins
٤ – الأيثيلين	ethylene
٥ – مثبطات النمو	growth inhibitors

وكل من هذه المواد يتحكم فى عملية حيويه معينه داخل النبات. ولقد عرف عن هذه المواد أنها تؤثر فى عدة أحوال من النمو والتكشف والتى تشمل أقسام الخلايا، تمدد الخلايا وأيضا تكشفها. ومن خصائص هرمونات النمو أنها تقوم بدورها المنظم عندما تتواجد بتركيزات منخفضه. ولقد أوضحت كثير من الأدله أن عمليات النمو المتعددة تتناسق وتتفق Coordinated بتداخل أثنين أو أكثر من هرمونات النمو النباتية اكثر منها فى تأثير كل هرمون على حدة. وقد يؤثر هرمون على آخر وقد يحدث تضاد لهذه الهرمونات فى تثبيط النمو الذى يتأثر بالعوامل الخارجية مثل كثافة الضوء، وطول النهار، الماء، درجة الحرارة. وهناك كثير من الأمثله على أهمية تأثير الهرمونات بالعمليات الحيوية داخل النبات نذكر منها الأمثلة الأتية:

١- الكمون Dormancy

يلزم لأنبات الكثير من البذور أحتياجات بيئيه معينه مثل البرودة والضوء. ومثبطات النمو الهرمونى abscisic acid تتواجد فى كثير من البذور التى لها طور سكون فسيلوجى. وعندما تبدأ البذور فى الأنبات نجد أن مستويات (ABA) تنخفض ومستوى الجبرلين (مشجع للنمو) يزداد. وسكون البذور غالبا مايمكن كسره بإضافه الجبرلين.

ومن العمليات التطبيقية فى أنبات البذور أضافة هذه الهرمونات للبذور لتنشيطها دون الحاجة إلى أجراء عمليات الكمر البارد. وسكون البراعم يمكن كسره فى الحقل وذلك بتعريض تلك البراعم لدرجات حرارة منخفضه لعدة ساعات فى الشتاء. وبعد التحرر من الكمون فإن البراعم تحتاج إلى درجات حرارة مرتفعه لفتره محدودة قبل بداية النمو الطبيعى وعموما كمون البراعم وتنشيطها تتحكم فيه العلاقة الداخليه بين مثبطات النمو والمواد المنشطه داخل أنسجة النبات.

فخلال فترة سكون البراعم يكون هناك أتزان بين منظمات النمو وهذا الأتزان يتأرجح لصالح المثبطات مثل ABA بحيث يكون سائداً على مشجعات النمو (الأكسينات، الجبرلينات) وعلى النقيض من ذلك فإن نشاط البراعم يكون مرتبط بزيادة مشجعات النمو أو أنخفاض مثبطات النمو أو انخفاض كلاهما.

٢- نمو الأفرع Shoot growth

نجد أن كل الجبرلينات والأكسينات تنظم استطالة الأفرع، فالجبرلينات تلعب دور متميز. حيث أن استطالة السلاميات يكوم متلازم مع مستوى الجبرلينات الداخليه. أيضا وجد أن أضافه الجبريينات يتسبب عنه استطالة الأفرع وتقل كذلك تأثير معوقات النمو.

٣- النمو الكامبيومى Cambial growth

الهرمونات النباتيه تنظم العديد من مراحل النمو الكامبيومى وهذه تشمل عملية أنقسام الخلايا الكمبيوميه لأنتاج خشب ولحاء. وزيادة حجم نواتج الأنقسام الكمبيومى وتغليظ الجدر الخلويه لنواتج الأنقسام الكمبيومى. وبداية تكوين الخشب المتأخر تعتبر هي نهاية النمو الكمبيومى الموسمى. كذلك هناك علاقه وطيدة بين نمو الأفرع فى الربيع وبداية نشاط النمو الكمبيومى الموسمى فالهرمونات المنشطه للنمو والتى تنتج فى البراعم المتمدده تنتقل إلى اسفل فى الأفرع الجانبيه والساق الرئيسى وذلك لتنشيط الكامبيوم وحثه على أنتاج أنسجة الخشب واللحاء.

٤- النمو التكاثرى Reproductive growth

بداية تكوين ونمو الأزهار والثمار والبذور يحكمها سلسلة من الهرمونات المسئوله عن ذلك وعلى الرغم من التأثير المنظم للهرمونات فى النمو التكاثرى (يكون محفز Synergistic) فإن العديد من الهرمونات الفرديه تبدو فى أن لها أدوراً هامه فى المراحل المختلفه فى دورة التكاثر.