الفصل الثالث

علاقة النبات بالرى

إن الهدف الأساسى للرى كما حددناه سابقاً هو إضافة الماء للأرض بغرض المحافظة على المحتوى الرطوبى بدرجة كافية لنمو النبات، وهذا يستدعى الإحاطة بكثير من الظواهر التى تحدث داخل النبات وعلاقتها بالماء وكذلك مدى إستجابة النبات للرى عند مستويات مختلفة الرطوبة الأرضية كل ذلك يمكن إعتباره إجابة لتساؤلنا لماذا نروى النبات ؟ وماهو الحد الرطوبى الذى نروى عنده ، وفى واقع الأمر فإن كثيراً من كتب ومراجع فسيولوجيا النبات تتناول بالدراسة الإجابة عن السؤال الأول . أما السؤال الثانى فقد كان محل جدال شديد بين المشتغلين بالرى الزراعى ونحاول أن نبرز هنا بعضاً من الجوانب الرئيسية لعلاقة النبات بالرى لما لها من أهمية خصوصا لهؤلاء الذين لم تتح لهم ظروفهم الإلمام بهذه النواحى .

دور فى حياة النبات Roles of plant Water

لاترجع أهمية الماء للنبات إلى أنه يكون نسبة مرتفعة قد تزيد عن ٩٠٪ من وزن الأنسجة الحية لأجزاء النشطة أو تنخفض إلى حوالى ٥٪ كما فى بعض البذور ولكن إلى أنه يلعب بجانب ذلك الأدوار الرئيسية التالية فى حياة النبات .

١ - يعتبر الماء مكونا بنائيا Structural constituent تحتفظ به الخلايا بقوى الضغط الأسموزى والتشرب Osmotic and imbibitional forces . كما يعتبر

مسئولا عن اكتساب النبات للخواص الطبيعيه البناء كالانتصاب والنضارة نتيجة لامتلاء خلاياه بالماء .

٢ - يؤثر الماء فى تميؤ الانزيمات Hydration وبالتالى فى النشاط الميتابوليزمى للنبات .

٣ - يقوم الماء بدور المذيب للمواد الداخلة فى التفاعلات الحيوية بالنبات والتى لاتتم إلا فى بيئه مائية وتقل سرعة هذه التفاعلات كثيراً بانخفاض المحتوى الرطوبى .

٤ - نتيجة لارتفاع الحرارة النوعية للماء وكذا حرارة التبخير فان الماء يعتبر عاملا منظماً لتلافى أضرار إرتفاع أو إنخفاض درجه حراره الجو على النبات كما أن لفقده بالنتح تأثير مبرد على الأوراق المعرضة لحرارة الشمس .

٥ - يعتبر الماء وسطاً لإنتقال المواد من مناطق الإمداد (الأوعيه أو الخلايا) إلى مناطق الاستهلاك (البروتوبلازم) وليس ذلك عن طريق أنسجة الخشب أو اللحاء فحسب ولكن من خليه إلى أخرى .

٦ - يدخل الماء فى كثير من التفاعلات الميتابوليزمية (Reactant) كما فى عملية التمثيل الضوئى Photosynthesis وكذلك يمكن إعتباره ناتجا للتفاعل (Product) كما فى عمليه البلمرة Polymerization .

وبالرغم من الأهمية البالغة للماء فان الكمية التى يحتاجها النبات لنشاطه الحيوى لاتتعدى ٥ ٪ مما يقوم فعلا بامتصاصه بينما يفقد الباقى بالنتح . وعلى سبيل المثال فان نبات الذرة الذى يحتوى على ١٨٧٢ جراماً من الماء ضرورية لتكوينه وإمتلاء خلاياه وكوسط لإنتشار مكوناته الذائبة ، ٢٥٠ جراماً ضرورية

التفاعلات التي يشترك فيها الماء ، نجد أنه يفقد فى عملية النتح ٢٠٢١٠٦ جراما من الماء وبمعنى آخر فان النبات يستهلك ١ ٪ فقط من الماء المار خلاله، ومع ذلك فانه إذ عجز النبات عن تعويض مايفقده بالنتح فقدت الخلايا حيويتها وبطل النمو وقد ينتهى الحال بموت النبات .

امتصاص الماء The absorption of water

يتم إمتصاص النبات لإحتياجاته المائية من الارض عن طريق الجذور ولو أنه فى بعض الأحيان قد يحصل النبات على جزء من هذه الإحتياجات عن طريق أجزائه الهوائية فوق سطح الارض ونظراً لان ذلك المصدر يمد النبات بقدر ضئيل من إحتياجاته المائية الكليه لذا فانه قليل الأهميه بالنسبة لمعظم المحاصيل المزرعة ويتم إمتصاص معظم الماء والأملاح المعدنية فى الأطراف النهائيه من الجذور فى منطقة الشعيرات الجذرية ، كما يرتفع معدل إمتصاص الماء فى منطقة أستطالة الخلايا عما فى القلنسوة والمنطقة المرستيمية، بينما يتم إمتصاص الأملاح المعدنية فى المنطقة المرستيمية من الجذر . ومع أن الجذور الحديثة تكون سطوح الإمتصاص الرئيسية للحوليات Annuals إلا أنها تكون نسبة ضئيلة من السطح الكلى لمعظم النباتات المستديمة Perennial . وفى الجو الجاف وفى الشتاء فانه قليلا ماتتكون جذور غير مسوبرة Unsuberized ، ويتم حينئذ معظم الإمتصاص من الجذور المسوبرة الأقل نفاذية للماء إلا أن كبر مساحة هذه السطوح يزيد من أهميتها كسطوح لامتصاص الماء وتتميز جذور النباتات الحولية بقدرتها على الامتداد السريع إلى مناطق بالارض لم تستغلها من قبل . هذه القدرة هى التى تمكن النبات من البقاء دون حاجة إلى مياه الرى أو الأمطار لفترة ما . وفى

الحقيقة فانه كما سبق أن بينا يبطء حركة الماء وقدرته على الانتقال كثيرا عندما ينخفض محتوى الارض الرطوبي ولذا فان إمتداد الجـــذور وتفرعها المستمر يتبعها يؤدي إلى إرتياد مناطق جديدة تمكن النبات من إمتصاصه للماء وتعويض ما يفقده بالنتح.

ويتحرك الماء إلى جذور النبات وخلالها ومن ثم إلى الأوراق تبعاً لنفس القاعدة العامة والسابق شرحها إلا وهي أن الماء يتحرك من حيث جهده مرتفع إلى حيث جهده منخفض . وينشأ الانخفاض فى جهد الماء داخل النبات عما هو خارجه إما نتيجة لزيادة تركيز المواد الذائبة وتجمعها بالأنابيب الخشبية الموجودة بمنطقة الامتصاص بالجذور فى النباتات التى تنتج ببطء أو نتيجـــة لحالة الشد Tension الناشئة فى انظام الهيدروديناميكى للنبات التى تنتج بسرعه . وتسمى العملية الأولى بعملية الامتصاص النشيط Active absorption وغالباً ما لا تتعدى الكمية الممتصة بها عن ٥ ٪ من الاحتياجات الكلية للنبات السريعة النتح ما يجعلها تعتبر مسئولة عن إمتصاص الماء عما يزيد الشد الرطوبى بالأرض عن ١ أو ٢ ضغط جوى . أما العملية الثانية والتى تسمى بإمتصـــاص السلبى Passive absorption فيعزى إليها إمتصاص معظم الاحتياجات المائية للنبات ولما كان معدل فقد الماء بالنتح عادة مايزيد عن معدل إمتصاصه فى النباتات التى تنتح بسرعة لذا فانه علاوة على الإنخفاض فى جهد الماء داخل النبات عما هو خارجه فان مقاومة خلايا الجذور لسريان الماء خلالها تؤدى إلى زيادة فرق الجهد حتى لو كان النبات نامياً فى أرض رطبة .

ويعتمد إمتصاص الماء بالجذور على وجود معدل مستمر وكاف من الماء ينتقل من الأرض للجذور . وحيث أن انخفاض المحتوى الرطوبى للتربة يؤدى إلى

زيادة مقاومة الأرض لتوصيل الماء وبالتالى وجود فرق عظيم فى الجهد بين سطوح الامتصاص والأرض لذلك فقد أقترح إنتقال الماء فى صورة بخار فى المسافات القصيرة بين سطوح الحبيبات والجذور دون إنتقال المواد الذائبة ، ومع ذلك فإن إنتقال الماء فى هذه الصورة لايتعدى ١٠ ٪ من إحتياجات النبات . ولقد توصل من الحسابات النظرية إلى أن قوة الشد عند السطح الخارجى فهى الجذور لا ترتفع كثيراً حتى تصبح ذا قيمة محسوسة فى الوسط الخارجى فهى توازى ٣٠ ضغط جوى عند نقطة اتصال الأرض والجذور بينما تكون ١٥ ضغط جوى على بعد ٣ سم منها . أما إن كان الشد عند سطوح إتصال الأرض بالجذور يوازى ٧ ضغط جوى فهو حوالى ٥ ضغط جوى على بعد ٣ سم منا . ولقد بين Gardner أن معدل إمتصاص الجذور للماء بالنسبة لوحدة الطول يتناسب طرديا مع معدل النتح الكلى وعكسياً مع الطول المؤثر للجذور كما بينت حساباته أنه عند توتر قدره ٢٠ ضغط جوى لسطوح الامتصاص فإن النباتات تذبل عند توتر رطوبى قدره ١٢ ، ٧ ضغط جوى فى وجود معدل إمتصاص قدره ١ ، ٠ ، ٥ ، ٠ سم ٣ / سم جذر طولى / يوم على التوالى وكذلك بينت أبحاثه أهمية معامل التوصيل الهيدروليكى للأراضى المختلفة فى إعاقة حركة الماء للجذور عندما يزيد التوتر الرطوبى عن ٦ ، ٠ ضغط جوى ، أما عند شد رطوبى أقل من ذلك فان منظم الإعاقة تحدث داخل النبات .

العوامل المؤثرة على نمو وانتشار الجذور :

Factors affecting root growrh and distribution

يتأثر امتصاص الماء بمجموعة من العوامل النباتية . ونظراً لأهمية الدور الذى تلعبه الجذور فى عملية الامتصاص فإن دراسة العوامل المؤثرة على

نموها وإنتشارها تساعد كثيراً على رفع كفاءة استغلالنا لمياه الرى أما العوامل البيئية فجانب تأثيرها على نمو وإنتشار الجذور فإنهـــا تؤثر كذلك على عملية امتصاصها للماء وهذه العوامل تشمل مدى توفر الماء الميسر للنبات وتركيز المحلول الأرضى والتهوية والحرارة وغيرها .

١ ـ الاختلافات الوراثية Genetic Variability

تتوقف الكمية الكلية التى يمكن للنبات الاستفادة بها من الماء الموجود بالأرض على خواصها المرتبطة بالماء وعمق امتداد الجذور وكذلك مدى انتشار كثافة المجموع الجذرى . ولقد سبق أن بينا ارتباط كمية الماء الميسر بالأرض بخواص القوام والبناء والتوزيع الحجمى للمسام والمادة العضوية . وقد لا يمكن من السهل تغيير هذه الخواص بما يسمح بزيادة هذا المدى من الماء الميسر ولذا فإن محاولة الإستفادة بكل الماء الميسر بانتظام قد تكون أكثر فاعلية . ويلعب المجموع الجذرى بامتداده وتعمقه وتشعبه الدور الأساسى فى هذه الحالة .

وتختلف النباتات فى صفات مجموعها الجذرى نتيجة لعوامل وراثية . فبعض النباتات مثل البصل والبطاطس تكون جذورا غير كثيفة وبالتالى فإنها قد لا تستطيع استغلال الماء الموجود فى منطقة نمو جذورها بكفاءة عالية . بينما يمتاز الكثير من نباتات الأعلاف النجيلية والذرة الرفيعة بمجموع جذرى شعرى كثيف . وقد تكون الجذور سطحية كما هو الحال فى بعض محاصيل الخضر ، وقد تتعمق خلال الأرض كما هو الحال فى البرسيم الحجازى وكثير من أشجار الفاكهة . كما تختلف النباتات الحولية عن النباتات المستديمة فى صفات مجموعهـــا الجذرى وعلاقته بالاستفادة من الماء الموجود بالأرض . فالنباتات الحولية تنتشر جذورها وتتعمق لاستغلال بسرعة لاستهلاك ما يسر من الماء بالأرض ، بينما النباتات المستديمة ذات

المجموع الجذرى العميق تميل إلى تكوين نموات حديثة من الشعيرات الجذرية الدقيقة لامتصاص الماء . وبين الجدول رقم (٥) المدى الذى يمكن لجذور بعض المحاصيل التامة النمو التعمق إليه بأرض متجانسة عميقة وجيدة الصرف وذلك نتيجة لاختلاف صفاتها الوراثية .

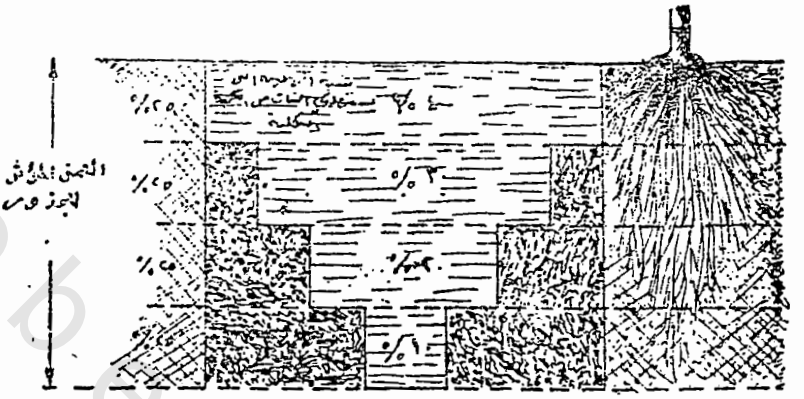
جدول ـ ٥ ـ عمق منطقة نمو الجذور لبعض المحاصيل التامة النمو بأرض متجانسة عميقة القطاع وجيدة الصرف

المحصول	عمق الجذور بالسنتيمترات	المحصول	عمق الجذور بالسنتيمترات
برسيم حجازى	١٥٠-٣٠٠	ذرة	١٢٠-١٥٠
بسلة	٩٠ - ١٢٠	طاطم	٨ - ٣٠٠
بصل	٣٠	عنب	١٢٠-١٨٠
بطاطس	٩٠ - ١٢٠	فواكه متساقطة الاوراق	٨٠ - ٢٤٠
بطيخ	١١٠-١٢٠	فول	٩٠ - ١٢٠
بنجر السكر	١٨٠-١٢٠	قصب السكر	١٥٠-٣٠٠
جزر	٦٠ - ٩٠	قطن	١٢٠ - ١٨
خرشوف	١٨٠-١٢٠	موالح	٢٠ - ١٨٠
خس	٣٠ - ٤٥	نجيليات الاعلاف	٩٠ - ١٢٠

ونظراً للاختلافات الوراثية فى عادة نمو جذور النباتات فانه يجب عند تعميم نظم الرى أخذها فى الاعتبار فقد ينمو الجذر الرئيسى لبعض النباتات ويتعمق لاسفل فى أول موسم النمو ثم يتبع ذلك بتفريع عرضى قرب السطح وعلى هذا

أن الضرورى توفير الرطوبة لمثل هذه الجذور السطحية . وكذلك الحال عندما تنمو الجذور الليفية لنبات الذرة والحبوب فلابد من المحافظة على الرطوبة فى متناول الجذور . كما أن عمليات الرى للأصناف والسلالات الجديدة لمحصول ما قد تختلف تبعاً لاختلاف طبيعة جذورها وعادة نموها وفى الحقيقة فانه يجب العناية بتربية النباتات لاستنباط سلالات منها تتميز بقدرتها على الاستفادة بالماء والعناصر الغذائية بكفاءة عالية وكذا مقاومتها للجفاف دون تأثير فى صفاتها . وسوف نرى مستقبلا كيف تختلف إستجابة النباتات الرى عند مستويات رطوبة أرضية مختلفة تبعاً لعادة نمو جذورها .

وكما يتضح من الجدول السابق فان هناك مدى واسع لنمو الجذور لدرجة يصعب معها تحديد العمق الذى يمكنها الوصول إليه إذ يتوقف ذلك أيضاً على الظروف الأرضية والبيئة المحيطة : وعلى هذا فان معرفة نظـــام توزيع الجذور مع العمق يعتبر أكثر أهمية من وجهة الرى عن مجرد معرفتنا للعمق الممكن للجذور الوصول إليه وتشير معظم الدراسات التى أجراها Weaver إلى أن العمق المؤثر لمعظم جذور المحاصيل هو ٥٠ سم أو أقل، وحتى عندما يتوفر القطاع العميق المتجانس فان نمو الجذور عادة مايقل مع العمق . أى أن معظم انتشار الجذور يتركز من السطح هذا ويمكن دراسة توزيع الجذور عن طريق إمتصاصها للماء والعناصر الغذائية من الاعماق المختلفه . ولقد وجد أن الامتصاص يقل كثيراً مع العمق للذرة والقطن والفول السودانى ومعظم الخضراوات سطحية الجذور . وكقاعدة عامة فان نسبة ما تستهلكه النباتات من الماء الميسر بقطاع الارض تبلغ ٤٠ ، ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠ فى المائة متدرجة من السطح إلى نهاية المنطقة المؤثرة للجذور على التوالى كما هو موضح بالشكل رقم (٣٠) كما وجد أن المسافة الأفقية التى تنتشرها الجذور تعتبر



شكل ٣٠ ـ نسبة استهلاك الماء المتيسر من منطقة الجذور

مهمة فى علاقة المحتوى الرطوبى بالنبات حيث يزداد إمتصاص الماء من المناطق القريبة للنبات عن تلك البعيدة عنه . وعلى هذا فيجب تشجيع إمتداد الجذور عرضياً مع تعمقها حتى الاستفادة بدرجة كبيرة من المصادر المائية المتاحة .

ب ـ الرطوبة الارضية : Moisture content

تهدف عملية الرى إلى تهيئة الرطوبة الارضية اللازمة لتكوين المجموع الجذرى وسطوح الامتصاص ليتمكن النبات بذلك من الحصول على المصادر المائية والغذائية الضرورية له . وفى الواقع فان مسألة تشعب وإمتداد وتعمق وكثافة المجموع الجذرى تدل لاتكون بالحاجة الأساسية للنبات طالما يمكنه الحصول على إحتياجاته المائية والغذائية بسهولة وكذا تثبيت نفسه بالأرض . وقد يمكن لكثير من النباتات أن تنمو بقطاعات أرضية ضحلة طالما توفرت لها الخصوبة والإحتياجات المائية ، كما أنه يمكن تنمية النباتات فى مزارع مائية . غير أنه فى كثير من الأحيان يصعب على النباتات أن تنمو تحت ظروف محددة لنمو جذورها وتشعبها وتعمقها خصوصاً عندما يصعب تهيئة الغذاء والماء بدرجة كافية .

وتعتبر الرطوبة الأرضية عاملاً محدداً لنمو الجذور عندما تكون الارض مشبعة بالماء أو ينخفض محتواها الرطوبي عن الحد الأول المستديم فبالرغم من إمكانية الجذور على الانتشار بأرض جافة إذا ما كان جزء منها نامياً في أرض رطبة إلا أن قدرة هذا يستدعي المحافظة على بقاء المحتوى الرطوبي في منطقة نمو الجذور أعلاه من عند الحد الأول المستديم . وقد يمكن للنباتات التي تنمو جذورها بمنطقة جافة الاستفادة من هذه الظاهرة إذا ما كانت لها القدرة على أختراق هذه الطبقة الجافة إلى أن تبلغ ظروف أخرى أكثر ملائمة نتيجة للأمطار أو الري أو أن تكون لبعض النباتات القدرة على إمتصاص جذورها للعناصر الغذائية حتى عند نموها بأرض جافة .

وكثيراً ما تتحدد خواص المجموع الجذري بطريقة وقت وكمية مياه الري المضافة . فعندما تكون الارض رطبة لفترة طويلة أثناء المراحل الأولى لنمو النبات فان ذلك يشجع على تكوين مجموع جذري سطحي . وقد يقاسي النبات من العطش في المراحل المتقدمة من نموه نتيجة لعدم تعمق جذوره بدرجة كافية إلا إذا قصرت الفترة بين الريات . وعلى العكس من ذلك فقد يؤدي الجفاف النسبي للطبقة السطحية من الارض وكذلك عند إطالة الفترة بين الريات في المراحل الأولى من النمو إلى دفع النبات لتعميق جذوره بالارض وإنتشارها مما يكون له أكبر الأثر في قدرتها على تحمل ظروف الجفاف عندما يتقدم النبات في العمر وفي الواقع فان نوع تغطيش النباتات لتشجيع جذورها على النمو والتعمق يعتبر من المواضيع التي يكثر حولها النقاش . والمعروف أن إستطالة الجذور وتفرعها تقل مع زيادة توتر الرطوبي بالأرض ، فهل تتوقف إذا ما حدد نمو الجذور

نتيجة لتعطيشها القرب من السطح أن يزداد نموها وتفرعها بالأعماق المتوفره بها الرطوبة الأرضية الملائمة ؟ والحقيقه فان معلوماتنا لا تكفى للاجابة على هـــذا التساؤل بشكل قاطع . فقد وجد weaver أن جذور الذرة النامية بأرض خصبة ولا تعانى من نقص الرطوبة تقل فى تفرعها وتعمقها عن تلك النامية بأرض غنية مسمدة وذات محتوى رطوبى أقل . وفى الجانب الآخر فقد وجد Nakayama و Van Bavel عدم إختلاف كميات المياه التى استهلكتها الذرة الرفيعة من ١٢٠ إلى ١٨٠ سم بالأرض التى لم تروى وتلك التى رويت خمس مرات . وكذلك وجد Russell و Danielson تساوى كميات المياه المستهلكة من عمق ٦ - ١٥٠ سم فى نهاية موسم نمو نباتات الذرة بالقطع التى لم تروى أو التى حصلت على ٥٠٨ سم ، ٣٥ سم ماء . ولقد ذكر Slater Taylor بأنه لايجب تعطيش النباتات بدعوى أن ذلك سيدفع الجذور إلى التعمق بحثا عن الماء إذ أن نمو الجذور والمجموع الخضرى يتأخر فى أى فترة ينخفض فيها المحتوى الرطوبى بمنطقة نمو الجـــذور ومن المسلم به أن إنخفاض المحتوى الرطوبى يعمل على الإقلال من نشاط الجذور وكذلك قدرة الأرض على توصيل المياه للجذور ، وعلى هذا فيجب العمل على تشجيع نموات جديدة للجذور بالخدمة الملائمة والرى وتهيئة ظروف بيئية سليمة حتى تتمكن الجذور الحديثة النشطة من الامتداد والإنتشار خلال الأرض صعودا وراء الماء . وعادة ما تتأثر الأجزاء الهوائية للنبات عند إنخفاض المحتوى الرطوبى بالأرض بدرجة أشد من الجذور وبمعنى آخر فإن الأجزاء الهوائية تفقد ماءها Dehydrate أكثر من الجذور وبالنسبة للنبات ككل فإن معدل الإنخفاض فى نمو الأجزاء الهوائية يزيد عن معدله للجذور بانخفاض الرطوبة الأرضية .

وكما تؤثر ظروف الجفاف أو إنخفاض المحتوى الرطوبى على نمو الجـــذور

وإمتصاصها للماء فإن إرتفاع الرطوبة الأرضية قد يؤدى إلى تأثيرات
ويعتبر مستوى الماء الأرضى عاملا هاما فى التأثير على صفات المجموع
فقد يؤدى الإرتفاع المؤقت فى هذا المستوى إلى موت كثير من الجذور
مما يؤثر على المحصول . كذلك يؤدى إنخفاض هذا المستوى إلى إجهاد
قد يصعب على الجذور الأصلية للنبات تحمله إلى أن تتكون نموات جديدة
وبمعنى آخر فإن تذبذب مستوى الماء الأرضى يعتبر أكثر خطورة على النبات
مما لو كانت جذوره ناميه بالقرب من مستوى ماء أرضى قريب أو بعيد . وتختلف
النباتات فى مدى تحملها للتذبذب فى مستوى الماء الأرضى . فنبات القطن مثلا
يتأثر بحرمة الخضرى وعدد اللوز كثيراً عندما يرتفع منسوب الماء الأرضى وتموت
الجذور المغمورة بالماء . بينما لا يتأثر البرسيم الحجازى بالغمر لفترة تصل إلى
٤ أيام . وفى الواقع فإن تأثر الجذور أو النبات عموما يرجع إلى إختلاف فى
الظروف الهوائية الأرضية وكذا الأمراض نتيجة لارتفاع المحتوى الرطوبى .

ويحدد عمق مستوى الماء المدى الذى يمكن للجذور الوصول اليه . فى أرض
جيدة الصرف أمكن لنبات الذره أن تنشر جذوره إلى عمق متزين، بينما فى أرض
عضوية Peat يعد مستوى الماء الأرضى بها ٧٥ سم عن السطح تفرعت الجذور
جانبيا وعجزت عن التعمق لأكثر من ٤٥ سم فوق مستوى الماء الأرضى لتشبع
هذه المنطقة بالماء . وهذا بلا شك يحد من الاستفاده بالمصادر الغذائية الموجوده
بالأرض ويؤثر بالتالى على المحصول مما يستدعى العناية بالصرف وأختيار نباتات
ذات مجموع جذرى ملائم لظروف الرطوبة الأرضية السائده .

ج ـ التهوية : Aération

تعتبر أوكسجين الهواء الأراضى ضروريا لعمليات التنفس ونمو الجذور، وقد يكون العامل المحدد لنشاط المجموع الجذرى هو عدم توفره بدرجة كافية أو زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون بالأرض . وغالبا ما تكون سرعة عملية تبادل الهواء الأرضى مع الهواء الجوى أو عملية إنتشار الغازات من وإلى المجموع الجذرى أكثر أهمية لنشاطه الحيوى من مجرد التركيز الفعلى للاوكسجين أو ثانى أكسيد الكربون .

ونتيجة للعلاقة الوثيقة بين الرطوبة والتهوية بالأرض فان إضافة كميات مختلفة من مياه الرى أو الأمطار تؤدى إلى تغير فى هذه العلاقة ينعكس أثره أيضا على نظام نمو ونشاط الجذور . وقد لوحظ وجود علاقة بين الشد الرطوبى والتهوية عند تأثيرهما على نمو بادرات الذرة . فعندما لا يكون الأوكسجين هو العامل المحدد للنمو فان معدل أستطالة الجذير ينخفض بزيادة التوتر الرطوبى من ١ إلى ١٢ ضغط جوى ، وكان النمو أكثر حساسية للشد الرطوبى فيما بين ١ ـ ٣ ضغط جوى . كما تحتاج بادرات الذرة لبلوغ أقصى نموها عند توتر رطوبى منخفض إلى تركيز من الأوكسجين قدره ١٠،٥ ٪ على الأقل . وتختلف النباتات فى درجة تحملها لسوء التهوية وتشبع الأرض بالماء . فبينما يتحمل الأرز ظروف الغمر نجد أن نباتات الدخان تعتبر شديدة الحساسية للتهوية الجيدة .

د ـ الحرارة Temperature .

تتميز عملية نمو النبات بكونها نتيجة لكثير من الظواهر الطبيعية والكيماوية والفسيولوجية المعقدة والتى تتأثر بالحرارة بدرجات متفاوتة . فالطاقة الحركية للانظمة الجزئية ، التمدد خصوصا للغازات ، التغير فى اللزوجة ، ومعدل الانتشار ،

سرعة التفاعلات الكيماوية والانزيمية ، الاتزان كلها ظواهر تحدث داخل النباتات وتتأثر بالحرارة . وفى كثير من الحالات التى درس فيها تأثير الحرارة على النمو عرضت النباتات لدرجات مختلفة من الحرارة بطريقة يصعب معها الحكم عما إذا كانت النتيجة المتحصل عليها راجعة إلى تأثير الحرارة على المجموع الجذرى أم المجموع الخضرى .

ويتأثر نمو الجذور بحرارة الأرض حيث يزيد إرتفاع الحرارة لحد ما من سرعة أنقسام الخلايا وإستطالتها . ولو أن مدى هذا التأثير يختلف باختلاف الصفات الوراثية للنبات . فتجليات الاعلاف يزداد معدل نمو جذورها فى الربيع والخريف وقد يقل أو يقف نموها فى فصل الصيف وقد يكون ذلك راجعا لنقص فى الكربوهيدرات وليس لارتفاع درجة الحرارة بالأرض وفى التجارب التى أجريت على نبات القمح وجد أن إنبات البذور ونمو البادرات كان سريعا بين درجتى ٤ ، ٢٨ مئوية ، بينما كان المجموع الجذرى أكبر ما يكون بين درجتى ١٢ ، ١٦ مئوية . كذلك بينت التجارب أن نبات الذره يكون كمية كبيره من جذوره عند درجة حراره ٢٤ مئوية . أما القطن فتؤثر درجة الحراره تكسيا على نمو جذور بادراته لأعلى من ٣٤,٥ مئوية ولا تتأثر بين درجتى ٢٤ ، ٣٣ مئوية بينما ينخفض النمو بدرجة محسوسه عند درجة ١٨ مئوية وقد يكون ذلك راجعا إلى تأثير الحراره المنخفضة نسبيا على إنبات البذور . وتعتبر درجة الحراره الملائمة لنمو جذور الفول فيما بين ٢٢ ، ١٦ مئوية ، أما البطاطس فتعتبر درجة حراره ١٨ مئوية أكثر ملائمة لنمو النبات وبالتالى المدرنات ووفره المحصول . وعموما فان درجة الحراره الملائمة لجذور معظم المحاصيل النامية بالمنطقة المعتدلة Temperate region تتراوح فيما بين ١٨ ، ٢٥ مئوية . وبلا شك فان

درجة الحرارة هذه أقل من درجة حرارة الجو السائدة واللازمة للنمو الخضري وهذه قاعدة عامة إذ أن درجة الحرارة اللازمة لنمو الجذور تقل عن تلك اللازمة للمجموع الخضري كما أن النباتات النامية في المنطقة الباردة نوعاً تمتاز بأن جذورها تنمو في درجة حرارة أقل بكثير من تلك النباتات النامية بالمناطق الحارة . وعلى كل فإن درجة حرارة الأرض تعتبر أكثر أهمية من درجة حرارة الجو بالنسبة لمدى ملائمة نبات ما للظروف الجوية السائدة .

وتؤثر درجة الحرارة على معدل امتصاص الماء ، إذ يقل الامتصاص بانخفاض حرارة الأرض والماء والجذور ، ويقل معدل الامتصاص بدرجة أكبر للنباتات النامية عند حرارة مرتفعة نسبياً نتيجة لتأثير البرودة بلازم والفاقية واللزوجة بانخفاض الحرارة . ولقد وجد أن الانخفاض الذي يحدث في حرارة المزارع المائية أي إلى انخفاض تدريجي لمعدل امتصاص الطماطم والفول وعباد الشمس للماء ، بينما أدى الانخفاض المفاجيء لدرجة الحرارة من ٢٥ إلى ٥ مئوية إلى ذبول النباتات ولم تستعد حيويتها إلا بعد عدة أيام . وكان نبات الفول أكثرها تأثراً وأقلها استعادة لحيويته .

وعموماً فإن جذور معظم النباتات النامية في المنطقة المعتدلة تقل نشاطها نسبياً في فترة من فصل الشتاء ، وقد يكون هذا راجعاً للأثير المباشر لانخفاض الحرارة نسبياً على نمو الجذور وكذلك التأثير الغير مباشر لنقص معدل إمداد الجذور بالكربوهيدرات نتيجة لنقص في عملية التمثيل وبطء عملية انتقال الكربوهيدرات للجذور . كما تؤثر درجة الحرارة المنخفضة في معدل إمتصاص الجذور الماء نتيجة لزيادة مقاومة الجذور لحركة الماء خلالها . وعندما ينخفض معدل الامتصاص عن معدل النتح فإنه تظهر على النباتات أعراض الذبول ويتأثر بالتالي نمو الجذور

ونظراً لأهمية الحرارة للنبات فى مراحل نموه المختلفة وضرورة توفر المدى الملائم منها لنمو الجذور فإنه يجب إتباع أساليب خاصة فى الزراعه والخدمة لرفع كفاءة الأرض الانتاجية وإلافى التأثير الضار للحرارة . فزراعة نباتات ملائمة للظروف الجويه السائدة قد يستدعى الاهتمام بتربية النباتات واختيار الاصناف الملائمة منها . كذلك تحدد الظروف الجوية السائدة وتأثيرها على درجة حرارة الأرض والهواء موقع الزراعة من حيث الميل والاتجاه فالنباتات التى تتأثر بالحرارة المنخفضة تزرع فى الجهة الغربية من الخطوط وكذلك فى الجهة الجنوبية وحيث تتوفر أشعة الشمس لفترة أطول وبكثافة أشد . والتقليل تأثير أرتفاع الحرارة بالصيف يغطى سطح الأرض ببقايا النباتات أو تزرع نباتات خاصة للتظليل . ويعتبر الرى عاملا هاماً ملطفاً لتأثير إرتفاع الحرارة أما عمليات العزيق والحرث والصرف الجيد فكلها تشجع على رفع درجة حرارة الأرض .

هـ - اندماج الأرض Soil compaction:

قد يؤدى الاستمرار فى إستخدام الآلات الزراعيه الحديثة عمليات الخدمة إلى زيادة إندماج الأرض خصوصاً عند استعمال الآلات الثقيلة منها عند درجات رطوبة غير ملائمة . ويؤدى إندماج الأرض إلى بطء نفاذيتها للماء وكذلك زيادة المقاومة الميكانيكية واعاقة Impedance نمو الجذور وبطء معدل انتشار الأوكسجين . ونتيجة لإندماج الأرض ترتفع كثافتها الظاهرية ويصعب على الجذور الانتشار خلالها . والشكل رقم (٣١) يمثل صعوبة نمو جذور نبات الذرة بأرض مندمجة كثافتها الظاهرية ١,٥ جم / سم٣ وانتشاره جانبياً فى الطبقة الغير مندمجة (كثافتها ١,٣ جم / سم٣) كذلك وجد أن نمو جذور بادرات الذرة أنخفض بصورة خطية مع زيادة الكثافة الظاهرية للارض من ٩٤ , جم/سم٣ إلى ١,٣٠ جم /سم٣ . وفى التجارب التى أجريت على نمو جذور عباد الشمس

شكل ٣١ - تأثير إندماج الأرض على نمو جذور الحبة

والفضة وجد أنه لم يمكنها أختراق الرمل عندما زادت كثافته الظاهرية عن ١٫٧٥ جم / سم^3 وتتراوح القيمة الحرجة للكثافة الظاهرية بالأراضي الطينية من ١٫٤٦ جم/ سم^3 إلى ١٫٦٣ جم/سم^3. وتعزى عدم قدرة الجذور على إختراق الأرض ذات الكثافة الظاهرية المرتفعة إلى صغر حجم المسام (إذ أن الجذور يمكنها أن تخترق مسام أكبر من أقطارها قليلا) فضلا عن نقص الأوكسجين بها . كما يؤثر نظام وشكل المسام فى قدرة الجذور على إختراقها .

ويرجع تأثير الكثافة والمقاومة وما يرتبط بهما من صفات على نمو الجذور إلى أن هذه الجذور تبذل قدراً من الطاقة الغلب على صلابة الأرض وشدة إندماجها وبالتالى فإنها تفقد جزءاً من طاقتها كان من الواجب توجيهه للنمو . وترجع أهمية الرى عموماً إلى أنه يهيء فى كثير من الأحيان الظروف الملائمة لاقلال من تأثير الصلابة عن نمو الجذور . كما قد يؤدى فى بعض الأحيان إلى تفتت حبيبات الأرض المركبة وتشتتها وإعادة ترزيمها بحيث تكون قشرة

متصلبة Crust غير جافها كما هو الحال فى الاراضى الجيرية الفقيرة فى المـــادة العضوية . وفى هذه الحالة فانه يجب إتباع أساليب خاصة فى الزراعة والرى للتغلب على هذه الظاهرة ولقد وجد أن بعض الاندماج حول الجذور يساعدها على الاستفادة من العناصر الغذائية والإستفادة الرابحة إضافتها ، وقد ذلك على أساس تحسين الاتصال بين الجذور والمحلول الارضى .

هذا وقد يمكن تلافى التأثير الضار لإندماج الأرض على نمو الجذور بتقسيمها عند درجة رطوبة مناسبة وحرث هذه الطبقات المدمجة أو تكسيرها و استخدام نباتات ذات مجموع جذرى شعرى كسيادة أخضر وقد يفيد تعريض مثل هذه الأراضى لفترات من الابتلال والجفاف لتحسين خواصها .

و ـ الخصوبة Fertility

تؤثر الخصوبة وموقف العناصر الغذائية بالأرض فى نمو الجذور كما تؤثر فى نمو أجزاء النبات الأخرى . ويؤدى نقص الخصوبة فى الطبقات السطحية إلى عدم قدرة الجذور على التعمق حتى وإن سمحت الظروف الطبيعية الأخرى بذلك كما يؤدى التسميد فى مثل هذه الحالة إلى رفع مقدرة الجذور التعمقية وبالتالى إستفادتها من المصادر المائية والغذائية المتاحة بالقطاع . ويمكن للنباتات المختلفة بتسميدها التغلب على الظروف السيئة لنموها بالقطاع كاندماج الارض إذا أمكن لها اختراق مثل هذه الطبقات مع زيادة الخصوبة .

ومن حيث إستجابة نمو المجموع الجذرى للعناصر الغذائية المختلفة فلم يتم ذلك مايستحقه من الدراسة علاوة على التضارب فى الآراء . وعموما فان المجموع الخضرى للنبات يتأثر بدرجة أشد من مجموعه الجذرى نتيجة لنقص الأزوت ، وتؤدى زيادة الأزوت إلى خفض نسبة المجموع الجذرى إلى المجموع الخضرى

وقد يكون ذلك راجعاً لاستهلاك المواد الكربوهيدراتية فى تكوين نموات خضرية وبالتالى قلة ما ينقل منها للجذور . كما وجد أن إضافة الأزوت تقلل من معدل إستطالة الجذور وتزيد من سمكها وهذا نتيجة لقلة الانقسام والإستطالة ، بينما لوحظ فى حالة نقص الأزوت إستطالة جذور القمح نتيجة لاستطالة الخلايا . وفى مجموعة أخرى من التجارب التى أجريت على علاقة الرى والتسميد بنبات القمح وجد أن زيادة الأزوت عند مستويات رطوبه مختلفة أدت إلى زيادة وزن الجذور وزيادة إنتشارها فى قطاع الأرض . وبالنسبة للذرة فقد وجد أن تثبيط نشاط الجذور على عمق ٦١ - ٦٦ سم كان راجعاً للأزوت بغض النظر عن موضع إضافته . كذلك لوحظ زيادة وزن جذور الذرة وعمقها نتيجة التسميد الأزوتى فى بدء الموسم بينما لم يوجد فرق عند نضج النبات . وتستجيب جذور فول الصويا للتسميد الأزوتى والفوسفاتى .

وبالنسبة لعنصر الفوسفور فلم يقل نفس الدرجة من الدراسة مثل الأزوت ولكن يوجد نفس التضارب فى الآراء وفى تجارب المزارع المائية وجد أن نسبة المجموع الجذرى إلى الخضرى تختص بزيادة تركيز الفوسفور مع عدم تشجيع التركيز العالى له على تكوين الجذور ويختلف تأثير الفوسفور فى النباتات المختلفة إذ لوحظ تكوين الشعيرات الجذرية بكثرة على جذور نبات الشعير نتيجة لإضافته ولم يلاحظ ذلك فى القمح . وقد يشجع وجود الفوسفور مع الأزوت على سرعة تكوين وتفريع جذور الذرة بينما يقل تأثيره إذا أضيف بمفرده ، أما إضافة الأزوت بمفرده فلم يكن لها أثر .

الا معلوماتنا عن تأثير البوتاسيوم على نمو الجذور فتعتبر كذلك محدودة . ولقد درس تأثيره على بعض النجيليات فلم تحدث إستجابة . وعموما إن إضافة مخلوط من هذه العناصر الثلاث إلى الأرض يشجع على زيادة نمو الجذور وعمقها

وهناك حاجة ضرورية لدراسة تأثير العناصر الدقيقة على نمو الجـــذور . فبالرغم من أهميتها للنمو والنشاط الحيـــوى للنبات إلا أن الدور الذى تلعبه فى علاقتها بنشاط الجذور والإمتصاص ما زال يفتقر إلى الكثير من المعلومات ، خصوصا وأن بعض مصادر مياه الرى أو الأراضى تحتوى على تركيزات ولو أنها منخفضة إلا أنها تحد من نشاط النبات . هذا ولا يخفى تأثير مياه الأنهـــار وما تحمله من نواتج التجويه على استمرار خصوبة الأراضى وإمدادهـا بالعناصر الغذائية .

ز ـ الملوحة والقلوية : Salinity and alkalinity

تمثل الملوحة والقلوية مشاكل رئيسية فى الإنتاج الزراعى بأراضى المناطق الجافة ونصف جافه وينعكس جزء من هذا التأثير على نمو المجموع الجـــذرى للنباتات . فقد تنمو جذور القطن وتتعمق بأرض منخفضة الملوحة بينما يقل نموها وقد تموت بأرض شديدة الملوحة وفى بعض التجارب التى أجريت على نمو وإختراق جذور نباتات مختلفة لطبقات أرضية تتراوح ملوحتها بين صفر ، ٢٥ و./. وجد أن قليلا من جذور الفول أمكنها إختراق الطبقة المحتوية على ١ و./. كلوريد الصوديوم ، بينما تأثرت جذور الذره عند تركيز قدره ٢ و./. أما جذور البرسيم الحجازى والقطن فقد أمكنها النمو فى جميع الطبقات كذلك تشير بعض التجارب الأخرى إلى أنه بالرغم من قدره تحمل جذور البرسيم الحجازى على النمو فى أرض ملحية يرتفع بها تركيز الصوديوم إلا أن كثافة إنتشار الجذور كانت أقل من تلك الخاصة فى أرض عاديه . وقد يؤدى تجمع الصوديوم فى جذور النبات إلى خلل فى وظائفه خصوصا فيما يتعلق بامتصاص الماء ، هذا ويختلف تأثير التركيز النسبى للصوديوم بالأرض على نمو الجذور . فقد وجد أن جذور بادرات الفجل بلغت أقصى إستطالتها عندما كان الصوديوم يمثل ١٠ ./ فى أرض مشبعـــة

بالكالسيوم ثم أنخفض معدل النمو بزيادة النسبة عن ذلك وأستغلت النتائج المتحصل عليها بهذه الاختبارات الحيويه للكشف عن الاراضى الملحيـــة والقلوية . وفى مجموعه أخرى من التجارب على جذور بادرات البسلة أدت زيادة نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم إلى قصر أطوالها وأنخفض نموها بدرجة ملحوظة عند وصول هذه النسبة إلى ٦٠٪ .

وإذا أستعرضنا ماسبق ذكره عند الكلام عن طاقة الماء بالأرض نجد أن زيادة تركيز الأملاح سوف تؤدى إلى الاقلال من جهد المـــاء نتيجة لارتفاع جهده الاسموزى فيصبح عاملا محدداً ليسر الماء بالأرض وفى الحقيقة فان أمتصاص الجذور للاملاح سوف يرفع من الضغط الأسموزى داخل النبات حتى ٦،٥ ضغط جوى على الأقل وعلى هذا فان الفرق فى الجهد بين الماء الأرضى والماء بالنبات سوف يبقى تقريبا ثابتا ولحد ما فى مجال تركيز محسوس . وهناك تضارب فى الدور الذى يؤدى إليه تجمع الأملاح بخلايا النبات فقط يبطء ذلك من نموها أو يؤثر على نفاذيتها للماء ونشاطها لميتابوليزمى .

وبلا شك فان أحد أهداف الرى هو تخفيف تركيز الأملاح بالأرض أو غسيلها وسوف نتناول ذلك بشىء من التفصيل مستقبلا . كما أن مثل هذه الأراضى الملحية تحتاج لعناية خاصة عند ريها لتشجيع نمو الجذور وزيادة مقدرتها لامتصاص المـــاء .

ح - عمليات الخدمة والزراعة : Cultural practices

إن المتبع لكثير من العمليات الزراعيه ليجدها فى كثير من الأحيان مرتبطة ومؤثرة على نمو الجذور فتمهيد الأرض وإعداد مرقد البذرة ، الدورة الزراعية

تسميد الأرض ، مقاومة الحشائش ، الرى والصرف ، مسافات الزراعة ، ترك الارض بوراً فى جزء من السنة كل ذلك يؤدى فى النهاية إلى تحسين فى طرق إجراء العمليات الزراعية مثلى إستخدام الآلات أو الكيماويات يجب تقييمها أساساً بالنسبة لتأثيرها على الجذور .

وهناك بعض العمليات الزراعية التى تؤثر مباشرة على المجموع الجذرى بغض النظر عن التغيرات البيئة التى تحدثها هذه العمليات . فالعزق والتسميد قد ينتج عنها ضرراً لجزء من المجموع الجذرى ولاسيما فى المراحل الأولى من النمو نتيجة لتقطيع جزء من الجذور أو تكبيش الأسمدة بالقرب منها وبالتالى زيادة تركيز الاملاح . ويمكن تلافى هذه الأضرار بزيادة الخصوبة والعناية بالرى . كذلك تؤثر إزالة جزء من المجموع الخضرى كتطويش الذرة أو إسقاط الأوراق Defoliation على المجموع الجذرى فيقل تكوين الجذور الحديثة وأستطالتها وإنتقال الأكسوت والكربوهيدرات وبالتالى تقصير نمو الجذور . ويتوقف تأثير هذه العمليات على حالة النبات عند الحش Foliage removal والفترة بين الحشات والظروف الجوية السائدة قبل وبعد الحش وفى كثير من الاحيان يبطء نشاط الجذور عقب الحش كما أن إزالة الأجزاء الزهرية للنبات أحيانا مايزيد من معدل نمو الجذور ولقد وجد أن الحش المبكر المتقارب لبرسيم الحجازى أدى إلى أخير نمو الجذور وإنخفاض وزنها مما أثر فى محصول الأجزاء الخضرية بينما أدى حش النباتات عند أكتمال التزهير أو بعده إلى زيادة وزن الجذور . وعلى ما فان إزالة جزء من المجموع الخضرى تؤدى إلى إنخفاض أو بطء نمو الجذور عقب الحش مباشرة ثم يتبع ذلك تكوين نموات حديثة بالقرب من السطح وعلى ذلك فيجب العناية بزيادة خصوبة الطبقة السطحية وكذا الرى عقب الحش مباشرة .

تأثر العمليات الفسيولوجية بالتوازن المائى

Physiological processes as affected by water balance

يؤثر المحتوى الرطوبى بالأرض على كثير من الظواهر الفسيولوجية للنبات ، ويتوقف مدى تأثر ونمو صفات محصول ما على مقدار مايعانيه النبـــات نتيجة لزيادة النقر الرطوبى بالأرض وفى الحقيقة يعتبر التوازن المائى الداخلى للنبات Internal water balance وامتلاء الخلايا بالماء Turgidity ظاهرة وثيقة بالسرعة التى تحدث بها الظواهر الفسيولوجية التى تحدد صفات المحصول كماً ونوعاً ويتحدد هذا التوازن المائى بالمدل النسبى لإمتصاص النبات الماء وفقده له وغاية ما تهدف إليه عملية الرى هو المحافظة هذا التوازن المائى بالدرجة التى تسمح لنا بالحصول على أكبر قدر من المحصول على بالصفات المرغوبة . ونظراً لأهمية هذا التوازن المائى فسوف نتناول فيما يلى تأثير نقص المحتوى الرطوبى على بعض مظاهر النشاط الفسيولوجى للنبات .

أ ـ فتح الثغور والنتح

Stomatal opening and transpiration

تتأثر ظاهرة فتح الثغور أكثر من غيرها بانخفاض المحتوى الرطوبى . وعندما يقل امتلاء الخلايا قليلا فان ذلك يشجع على فتح الثغور ولكن بزيادة هذا الانخفاض فى ضغط الامتلاء Turger pressure يقل إتساع فتحـــة الثغر . والمشاهد أن الثغور بأوراق التفاح والموالح تضيق فتحاتها قبل أن يصل محتوى الأرض الرطوبى إلى الذبول المستديم بوقت كاف كما أنه بزيادة النقص فى المحتوى الرطوبى فان الثغور عادة تغلق مبكراً عن اليوم السابق ، وقد يقتصر فتحها الفترة

قصيرة بالصباح . وترجع أهمية تلافى ظاهرة غلق الثغور إلى تأثيرها على الإقلال من ثانى اكسيد الكربون الضرورى لعملية التمثيل الضوئى . وقد تعتبر ظاهرة قفل الثغور هذه مهمة للإقلال من فقد الماء بالنتح . وعلى هذا فيجب الموازنة بين مزايا كل التمثيل الضوئى والمحافظة على الماء.

ويعتمد معدل النتح بدرجة كبيرة معدل إمتصاص النبات للماء كما يتأثر بدوره بغلق الثغور والعوامل المسببة له . ومن التجارب التى أجريت على عباد الشمس وجد أن معدل النتح قد تأثر عندما أنخفضت كمية الماء المتيسر إلى الثلث تقريباً وكان معدل نتح نبات الشوفان أكبر ما يمكن عند السعة الحقلية وأنخفض كثيراً عند الذبول المستديم . وتشير نتائج كثير من الابحاث إلى أنخفاض معدل النتح كثيراً بانخفاض المحتوى الرطوبى وذلك قبل أن تظهر على الاشجار أعراض نقص الرطوبة الأرضية . ويزداد معدل النقص فى نتح أشجار الموالح بزيادة الشد الرطوبى عن ٣٠ ضغط جوى ، كما أن لأصول الموالح تأثير على معدل النتح ، فعندما يتوفر المحتوى الرطوبى بالارض يزداد معدل النتح فى أوراق البرتقال الشموتى المطعم على ليمون ـ أو عن المطعم على لارنج بينما يحدث العكس بنقص المحتوى الرطوبى بالأرض . كذلك وجد أن معدل النتح فى لوبيا العلف وفول الصويا ينخفض عند الذبول إلى ١/٢ من قيمته عند توفر الرطوبة بالأرض .

ب ـ التمثيل الضوئى Photosynthesis

يحدث فى أثناء عملية التمثيل الضوئى تبادل للغازات بين الورقة والجو المحيط بها ومن المحتمل أن يتأثر هذا التبادل بمقدار فتحة الثغر . ولذا فقد درست العلاقة بين التمثيل الضوئى وسلوك الثغور دراسة وافية فى نبات الذرة . فلم يوجد

إرتباط وثيق بينهما إذ تتم عملية التمثيل الضوئى بكفاءة عالية حتى وإن بدت الثغور مغلقة . وهذا ما حدث أيضا فى أوراق التفاح والطماطم، وبمعنى آخر فإن العلاقة بين معدل التمثيل الضوئى وفتحة الثغر ليست وثيقة بالدرجة الموجودة بين معدل النتح وفتحة الثغر . ففى التجارب التى أجريت على أشجار التفاح النامية بأرض مروية وأخرى جافة انخفض معدل النتح إلى الربع ومعدل التمثيل الضوئى إلى النصف من قيمته للأرض المروية نتيجة للجفاف .

وفى الواقع تتأثر عملية التمثيل الضوئى بنقص المحتوى الرطوبى وليس بقدرة الثغور على السماح للغازات بالتبادل خلالها إذ إنخفض معدل التمثيل الضوئى بالأوراق مع نقص محتواها الرطوبى . وتختلف النباتات فى مدى تأثير المحتوى الرطوبى على معدل التمثيل الضوئى. فإذا ما انخفض المحتوى الرطوبى إلى مايقرب الذبول المستديم إنخفض معدل التمثيل الضوئى بدرجة محسوسة ثم تستعيد الخلايا إمتلاءها بعد الرى بفترة قصيرة ولكن يصعب أن تعود النباتات إلى معدل تمثيلها الطبيعى قبل مضى فترة قد تطول إلى أسبوع . وكما أن إنخفاض المحتوى الرطوبى يؤثر فى عملية التمثيل الضوئى فكذلك يؤدى غمر الأرض بالماء إلى إنخفاض معدله ، وقد يستمر هذا التأثير إلى فترة قد تصل إلى أسبوعين بعد صرف الماء الزائد كما هو الحال بأشجار التفاح .

وعموما يمكن القول بأن عملية التمثيل الضوئى تتأثر بمحتوى الأرض الرطوبى ويتوقف ذلك على درجة تأثرت الكلوروبلاست والأنظمة البروتوبلازمية فضلا عن التأثير على قدرة الغازات على الانتشار خلال الثغور .

حـ ـ التنفس Respiration

تعتبر ظاهرة التنفس من الظواهر الفسيولوجية المهمة ذات الصلة الوثيقة

بالمحتوى الرطوبى . ونتيجة التنفس فانه يتم أكسدة نواتج عملية التمثيل الضوئى وانفراد طاقة وثانى أكسيد الكربون. وفى الحالات التى يستمر فيها ازدياد معدل التنفس عن معدل التمثيل الضوئى لفترة طويلة فإن النبات يعانى من نقص فى نموه الخضرى وقد يموت . ولهذا كانت دراسة العوامل البيئية المؤثرة على عاملين الظاهرين من الأهمية بمكان خصوصا فيما يتعلق بكمية وصفات المحصول . وللاحظ أن معدل تنفس البذور يزداد بزيادة المحتوى الرطوبى وبما لا ينطبق ذلك على الأوراق . فأشجار التفاح يزداد معدل تنفسها بمقدار ٦٢ ٪ قبل أن تذبل أوراقها نتيجة لنقص محتوى الأرض الرطوبى ؛ وكذلك يزداد معدل تنفس نبات الذرة عندما يعانى من نقص فى المحتوى الرطوبى .

ولهذا كان من الضرورى المحافظة على الرطوبة الأرضية والظروف البيئية الملائمة للاقلال من عملية التنفس وزيادة التمثيل الضوئى . فالرى بالرش يحدد إرتفاع درجة حرارة الجو يساعد على إنتفاء خلايا الأوراق وفتح ثغورها وبالتالى الحد من النقص فى عملية التمثيل الضوئى . كما يساعد الرى بالرش مع للطيف الحرارة الجو على الاقلال من عملية التنفس وبالتالى زيادة النمو . وقد يفيد فى كثير من الأحيان سقوط رخات من المطر ولو بدرجة غير محسوسة لإحداث تغيير لمحتوى الأرض الرطوبى فى المحافظة على التوازن المائى داخل النبات . كما ترجع أهمية الندى أساسا إلى المحافظة على التوازن المائى داخل النبات بالدرجة الملائمة لنموه ونشاطه الحيوى .

د ـ بعض التغيرات فى التركيب الكيميائى للنبات :

Chemical changes in plants

تأثر كثير من التفاعلات الحيوية بالنبات بدرجة متفاوتة نتيجة لنقص

المحتوى الرطوبى وعادة ما يتبع ذلك تغير فى تركيبه الكيميائى . فالنباتات التى تعانى من نقص فى محتواها الرطوبى تنخفض بها نسبة النشا إلى السكر نتيجة للتحلل المائى للنشا ، ويحدث ذلك غالبا فى كثير من المحاصيل ومن أمثلتها التفاح ، القطن الطماطم ، الفول . كذلك فانه غالبا ما يؤدى نقص المحتوى الرطوبى إلى زيادة النيتروجين بالنبات ولكن بدرجة تتوقف على عمره إذ تزداد نسبة النيتروجين بنبات القمح إذا ما عرض أثناء نضجه إلى نقص فى الرطوبة الأرضية ويؤدى تعريض نباتات الدخان لنقص فى المحتوى الرطوبى إلى زيادة تركيز النيتروجين الكلى والنيكوتين بها بينما ينخفض محتواها من السكر وتتحسن اكية ورائحة أوراقها . كما يؤدى نقص المحتوى الرطوبى إلى تغيرات فى ميتابوليزم النبات وإنتقال المكونات داخله فيقل إمتصاص الطماطم للنيتروجين والفوسفور ويتبع ذلك عادة إنتقال هذه العناصر من الأوراق إلى السيقان ، كما تزداد نسبة الليبيدات فى نبات فول الصويا .

تأثير المحتوى الرطوبى على مراحل النمو المختلفة:

Effect of soil moisture content on different stages of growth

تعتبر ظاهرة النمو من أعقد الظواهر الفسيولوجية ، ومع ذلك فليس هناك تعريف محدد لها ولو أن أبسطها هو الزيادة فى الحجم . ويفضل الكثيرون تعريف النمو بأنه عملية انقسام الخلايا وكبر حجمها . ولما كان كبر حجم الخلايا واستطالتها يرتبط إرتباطا وثيقا بضغط الامتلاء لذلك كانت هذه الظاهرة أكثر تأثرا بنقص المحتوى الرطوبى عن ظاهرة الانقسام : والنتيجة الاولية لذلك هى بطء استطالة الساق وصغر حجم الأوراق . ويؤثر المحتوى الرطوبى على النمو بدرجات مختلفة تبعا لمرحلة النمو . ولذلك كان من

الضرورى دراسة هذه العلاقات لتوفير الرطوبة الأرضية بالقدر الملائم لكل مرحلة منها .

١ ـ الانبات Germination

لما كانت عملية إمتصاص الماء تعتبر من أولى أوجه النشاط التى تقوم بها البذور أثناء عملية الانبات لذا فمن البديهى أن يؤثر مدى توفر هذا الماء على الانبات ونمو البادرات . والمعروف أن لبعض البذور قدرة كبيرة على التشرب Imbibition حتى عند وضعها فى محاليل ذات تركيزات مرتفعة غير أن قليلا جدا من البذور يمكنها أن تنبت عندما ينخفض المحتوى الرطوبى بالأرض عن الذبول المستديم . ولقد قام Doneen & MacGillivray بدراسة مستفيضة عن تأثير المحتوى الرطوبى على إنبات بعض بذور الخضر فى أرض طمية رملية خفيفة سعتها الحقلية ١٥,٧ ٪ والذبول المستديم ٨,٦ ٪ ، ويبين الجدول رقم (٥) النتائج المتحصل عليها .

من هذه النتائج يتضح لنا أن بذور النباتات تختلف فى قدرتها على الانبات عند درجات رطوبة مختلفة ولقد قسمت النتائج المتحصل عليها من البذور إلى أربعة مجموعات تبعا لقدرتها على الانبات قرب الذبول المستديم . فبذور الكرنب وعباد الشمس والطماطم التى تعتبر ضمن المجموعة الأولى ، يمكنها الانبات فى درجات أرطوبة المنخفضة ، فيما بذور الكرفس والتى تمثل المجموعة الرابعة تحتاج لإنباتها إلى رطوبة مرتفعة قد تكون أعلى من السعة الحقلية ، كما تأثرت نسبة الانبات كبيرا عندما تنخفض الرطوبة عن السعة الحقلية . كذلك وجد من الدراسة أن القدر اللازم للانبات تقصر زيادة المحتوى الرطوبى بالأرض ،

جدول - و - تأثير المحتوى الرطوبي بالأرض على أنبات بعض بذور الخضر
في أرض طمية رملية خفيفة (F. C. = ١٥,٧٪ ، P:W P. = ٨,٦٪)

أصناف البذور	النسبة المئوية للانبات بالطرق القياسية	النسبة المئوية للانبات عند محتوى رطوبي قيمته										
		٧٪	٨٪	٩٪	١٠٪	١١٪	١٢٪	١٤٪	١٦٪	١٨٪
المجموعة الأولى:										
كرنب Copenhagen Market	٩٣	صفر	٨٠	٩٤	٩٥	٩٢	٩٣	٩٣	٩٩	٨٦
عباد شمس Dwarf	—	صفر	٧٣	٨٩	٩٠	٩٠	٩٢	٩٢	٩٣	٨٢
لفت Purple Top White Globe	٩٢	صفر	٧٢	٨٩	٨٨	٩١	٩١	٨٧	٩٠	٨٧
فجل Scarlet Globe	٩٥	صفر	٦٤	٩٤	٨٩	٩٥	٩٢	٩٥	٩٤	٩٠
قرع صيفي Zucchini	٩٨	صفر	٣١	٩٨	٩٨	٩٩	٩٩	٩٩	٩٨	٩٧
ذرة سكرية Golden Bantam	٩٥	٢٪	٣٥	٩٠	٩٥	٩٣	٩٣	٨٩	٩٣	٩٥

أصناف البذور	النسبة المئوية للانبات بالطرق المعتادة	النسبة المئوية للانبات عند محتوى رطوبى قيمته								
		٧٪	٨٪	٩٪	١٠٪	١١٪	١٢٪	١٤٪	١٦	١٨٪
المجموعة الثالثة										
خس Hanson	٩٣	صفر	صفر	٢٩	٦٥	٨١	٩١	٩١	٩٠	٨٨
فرل ليما Baby Potato	٨٨	صفر	صفر	٢٣	٧٩	٨٩	٨٦	٨٦	٨٩	٩١
بسلة Laxton's Progress	٩١	صفر	٣	١٩	٦٣	٨٦	٨٧	٨٩	٨٦	٩٠
بنجر Detroit Dark Red(Seedballs)	٩١	صفر	٣	٤	٥٢	٨٢	٩٠	٩١	٩٣	٩٢
المجموعة الرابعة										
كرنس	٨٠	صفر	صفر	صفر	صفر	٢٩	٤٣	٦٢	٧٣	٨٢

أصناف البذور	النسبة المئوية للانبات بالطرق القياسية	النسبة المئوية للانبات عند محتوى رطوبى قيمته								
		٧٪	٨٪	٩٪	١٠٪	١١٪	١٢٪	١٤٪	١٦٪	١٨٪
بطيخ Striped Klondike	٨٦	١	٣٩	٨٢	٨٣	٨٣	٨٤	٨٧	٨٥	٨٥
طماطم Essar	٢٧	صفر	٣١	٧٩	٨٨	٩٥	٩٣	٩٥	٩١	٩٣
قرع شتوى Hubbard	٩٩	١	٢٢	٨٦	٩٤	٩٣	٩٦	٩٦	٩٥	٩٦
فلفل Pickling Wax	٨٩	صفر	١٩	٧٥	٧٥	٧٣	٧٦	٧٩	٨٠	٧٤
خيار short Colorado	٩٠	صفر	صفر	٨٤	٩٧	٩٩	٩٨	٩٨	٩٩	٩٨
بصل Yellow sweet spanish	٩٦	صفر	صفر	٧٥	٩٠	٩١	٩٠	٩١	٩١	٩١
سبانخ Virollay	٨٧	صفر	صفر	٧٤	٩٠	٩٣	٩٤	٩٤	٩٥	٨٥
المجموعة الثانية :										
جزر Imperator	٩١	صفر	٣	٥٧	٧٥	٨٧	٧٦	٧٨	٧٧	٧٨
فاصوليا Stringless Greenpob	٨٢	صفر	صفر	٥٧	٨٠	٨٦	٩٢	٨٩	٨٨	٨٩
سبانخ New Zealand(seed balls)	—	—	٤	٤٢	٦٤	٧٦	٨١	٩٣	٨٠	٦١

obeikandl.com

وهذا يؤكد أن مرحلة الانبات تتأثر بقدرة البذور على التشرب والتي تتحدد بدورها بمدى توفر الرطوبة الارضية .

وفي التجارب التي أجريت على إنبات بذور البرسيم الحجازي في بيئات صناعية محتوية على محاليل كلوريد الصوديوم ومانيتول ذات ضغوط أسموزية مختلفة وجد أن معدل إمتصاص البذور للماء وكذلك معدل الإنبات تد إنخفض بزيادة الضغط الأسموزي للمحاليل سواء أكانت محاليل كلوريد الصوديوم أو المانيتول . ولقد أدى رفع الضغط الأسموزي للمحاليل المحتوية على كلوريد الصوديوم إلى ١٥ ضغط جوي إلى عدم إنبات البذور بينما كانت نسبة الإنبات ٨٤٪ عند ضغط أسموزي قدره ٧ ضغط جوي . أما في المحاليل المحتوية على المانيتول فإن نسبة الانبات كانت ٥٧٪ عندما إرتفع الضغط الأسموزي إلى ١٥٪ ضغط جوي وهذا يدل على أن التأثير الضار لتركيز المرتفع من كلوريد الصوديوم قد يكون راجعا أيضا لامتصاص البذور لكميات كبيرة من أيون الكلوريد أثناء إنباتها .

هذه التجارب السابقة تشير إلى ضرورة توفر تركيز منخفض من الاملاح أثناء مرحلة الانبات حيث تؤدى زيادة تركيز الأملاح إلى الحد من صلاحية الماء للاستعمال رغم توفره بكمية مناسبة . هذا وتختلف قدرة البذور على تحمل التركيزات المختلفة من الأملاح بالمحلول الارضى . فبذور الشعير مثلا يمكن أن تصل نسبة إنباتها إلى ٥٠٪ عندما يكون الضغط الأسموزي للمحلول الأرضي ٢٠ ضغط جوي بينما تحصل على نفس نسبة الانبات لكل من البرسيم الحجازي والبنجر والفاصوليا الحمراء عند ضغط أسموزية قدرها ٩،٠ ، ٥،٨ ، ١،٦ ضغط

جرى على التوالى . ومن هذه المعلومات نرى أن البنجر يعتبر حساسا للملوحة فى مرحلة الانبات رغم قدرته على التحمل فيما بعد ، بينما تظهر وضوح قدرة الشعير على تحمل الملوحة فى مراحل نموه المختلفة .

ب ـ تكشف البادرات Emergence

تكمل عملية تكشف البادرات وظهورها عملية الانبات لضمان عدد النباتات المنزرعة بمساحة معينة . وبينما تعتبر عملية الانبات فى حد ذاتها غير حساسة نسبيا لظروف الرطوبة الأرضية العادية إلا أن تكشف البادرات وانبثاقها يعتبر شديد الحساسية للمحتوى الرطوبى والظروف البيئية الأخرى ويؤثر الشد الرطوبى وكذا الضغط الأسموزى على النسبة المئوية للتكشف ومعدله وقد يؤدى كبس الأرض بعد ما حول البذور إلى التغلب على تأثير الرطوبة المنخفضة والغير ملائمة للانبات والتكشف إذ يسهل ذلك من حركة الماء للجذور الحديثة فى المراحل الأولى لحياة البادرات . وتعتبر صلابة الأرض وإندماجها من العوامل المحددة لظهور البادرات وإعاقة نموها ، كما أن زيادة الشد الرطوبى بالأرض يقلل من معدل إمداد البادرات بالماء ويزيد من صلابة القشرة السطحية ويعيق بذلك إنبثاق البادرات . وتعتبر هذه الظاهرة من العوامل المسئولة عن إنخفاض نسبة تكشف البادرات بالأراضى الجيرية كما يتضح ذلك من شكل رقم (٣٢) .

وتتميز فترة ظهور البادرات بزيادة معدل التنفس والنشاط الكيموحيوى وعلى هذا فإن هذه الظاهرة تتأثر بدرجة الحرارة والتهوية .

جـ ـ النمو الخضرى Vegetative growth

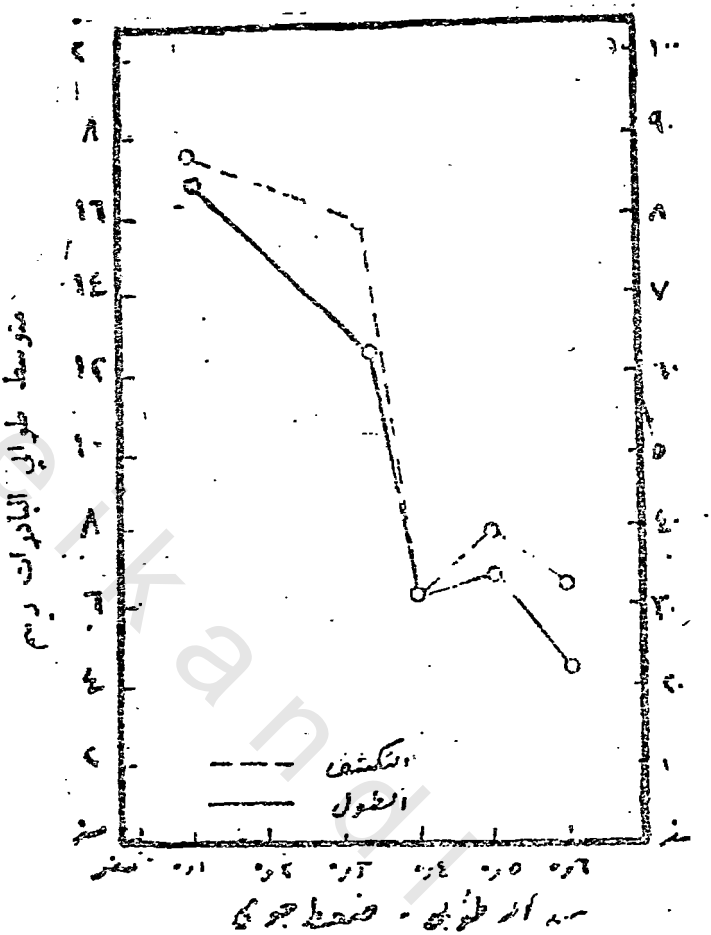
يتحدد نمو المجموع الخضرى شأنه فى ذلك شأن المجموع الجذرى للنباتات بعوامل وراثية وأخرى بيئية تؤثر على العمليات الكيموحيوية والفسيولوجية به

حجمها بالليل . ومع تقدم زيادة الشد الرطوبى تزداد النهار فى الانكماش بدرجة تتناسب مع شدة ذبول النبات .

وكما يحدث هذا التنافس بين الثمار والاوراق بكثير من النباتات فإن للقمة النامية Shoot growing tip الأسبقية عما عداها من الأجزاء التى قبلها فى الحصول على الماء ، كما تضحى الأوراق المتقدمة فى عمرها بالماء فى سبيل النموات والأوراق الحديثة . ولما كانت الأوراق النامية فى الظل لاتستطيع عند جفاف الأرض أن تخفض من جهد مائها بنفس الدرجة التى تتمكن بها تلك الغير مظللة لذا فإنها تكون أكثر تأثرا بظروف الجفاف مما يعجل بموتها .

ويتأثر معدل إنقسام الخلايا واستطالتها بالعجز الداخلى للماء ، علما بأن استطالة الخلايا أكثر تأثرا بذلك . أما وزن المادة الجافة بالنبات فإنه يتحدد نتيجة لمحصلة عمليتى التمثيل الضوئى والتنفس فبينما تؤدى العملية الأولى إلى تكوين المواد الكربوهيدراتية نجد أن العملية الثانية تؤدى إلى هدم هذه المواد بحيث تتوقف كمية المادة الجافة المتكونة بالنباتات على محصلتيهما . ولقد إستخدم اصطلاح معدل البناء الصافى Net assimilation rate ، كمقياس للنمو وهو عبارة عن معدل الزيادة فى الوزن الجاف بالنسبة لوحدة مساحة سطح الورقة . وعلى هذا فمعدل النمو يمكن التعبير عنه بضرب قيمة المساحة الورقية الكلية فى معدل البناء الصافى . أى أن عملية النمو تتأثر بالمساحة الكلية لسطح الأوراق والتى يتم بها تكوين المادة الجافة فى هذه الأوراق .

ولقد قام Heath & Clory بجمع ومراجعة الأبحاث والمشاهدات المتعلقة بهذا الموضوع . وتشير معظمها إلى أنه فى مرحلة النمو الخضرى يكون معدل البناء الصافى ثابتا لكل أنواع النباتات والظروف الجوية السائدة وعلى هذا فإن الاختلاف فى النمو الخضرى مقدراً على أساس الوزن الجاف يرجع أساساً إلى إختلاف المساحة



شكل (٣٢) . علاقة الشد الرطوبى للتربة السطحية بالأراضى الجيرية عند الانبات بنسبة تكشف بادرات القمح وأطوالها

ويلعب الماء دورا رئيسيا فى هذه الأحوال بتأثير على هذه العمليات الداخلية .

ولقد رأينا كيف يؤثر اتوازن المائى الداخلى على كثير من الظواهر الفسيولوجية . كذلك عندما يزداد معدل فقد الماء بالنتح عن معدل إمتصاصه بالجذور فإن أجزاء النبات الواحد تتنافس فيما بينها للحصول على الماء حيث تكون الغلبة فى إتجاه زيادة لليل الهيدروليكى . ففى القطن يحدث التنافس بين الأوراق والثمار فتنكمش بالنهار حيث يبدو على النبات الذبول ثم تستعيد

الورقية . ومن هنا يتضح لنا أهمية الظروف البيئية المؤثره على المساحة الورقية لما لذلك من تأثير على المحصول. وفى التجارب التى أجراها Morion and Watson على تأثير الرى والتسميد على أوراق بنجر السكر المبينة نتائجها بالجدول رقم (٦) يتضح لنا مدى إستجابة النباتات النيتروجين والرى فتزداد المساحه الورقيه ومعدل البناء الصافى للنباتات النامية فى أرض مضاف لها نيتروجين ولا تعانى من نقص فى محتواها الرطوبى . أما النباتات النامية فى أرض غير مسمدة وتعانى من نقص فى محتواها الرطوبى فمن الواضح أن المساحه الورقيه وكذلك معدل البناء الصافى قد تأثرا كثيراً تحت هذه الظروف وبحساب معدل النمو تحت الظروف السابقه نجد أنه يزداد مع الرى والتسميد ويقل فى غيابها .

جدول ٦ تأثير الرى والتسميد على نمو أوراق

بنجر السكر (صف Hilleshog)

المعاملة	عدد الأوراق المتكونة بكل نبات	متوسط عدد الخلايا بكل ورقة	متوسط مساحة الأوراق بكل نبات - سم٢	معدل النماء الصافى (فى اليوم من مرحلة النمو)
بدون إضافة نيتروجين للأرض والنباتات تركت لتذبل قبل الرى	٣٢٫٠	٣١٫٠	٩٧٢	٠٫٣٢٣
بدون إضافة نيتروجين للأرض مع بقاء الأرض رطبة	٢٨٫٣	٣١٫٩	٧١٠	٠٫٢٩٧
إضافة جرام نيتروجين فى صورة سلفات نشادر إلى ٥٫١٠ كيلو جرام من الأرض وتركت نباتات لتذبل قبل الرى	٣٧٫٠	٦٠٫٩	١٥٤٠	٠٫٢٤٣
إضافة جرام نيتروجين فى صورة سلفات نشادر إلى ٥٫١٩٠ كيلو جرام من الأرض مع بقائها رطبة	٤٠٫٠	٧٥٫٤	٢٠٦٨	٠٫٤٢١

د ـ النمو التكاثرى Reproductive growth

يؤدى إنخفاض المحتوى الرطوبى بالأرض فى مرحلة الازدهار والتلقيح Flowering and pollination إلى أضرار بالغة بالمحصول لايسهل تعويضها نظراً لقصر هذه الفترة بالنسبة لمراحل النمو الخضرى أو نضج الثمار . كما تتميز مرحلة الازهار والتلقيح بارتباطها بزيادة استهلاك النبات للماء مما قد ينتج عنه نقص داخلى له وذلك عندما يتعذر وجود الماء الميسر فى الوسط الخارجى بالمعدل اللازم لاستهلاك النبات .

ويتأثر محصول الذرة كثيراً بالنقص الرطوبى خلال هذه المرحلة ، وبطول فترة الجفاف . فلقد انخفض بمقدار ١٢٪ ، ٥٠٪ عندما إمتدت فترة نقص المحتوى الرطوبى من يومين إلى ستة أيام على التوالى . وبالنسبة لتأثير النقص الرطوبى فى مرحلة الازدهار والتلقيح مقارناً بفترة النمو الخضرى وتكوين الكيزان فلقد انخفض المحصول بمقدار ٥٠٪ ، ٢٥٪ ، ٢١٪ على التوالى .

هذا يؤثر المحتوى الرطوبى بدرجة أقل فى مرحلة تكوين الثمار ونضجها Fruit development . ويؤدى نقص المحتوى الرطوبى إلى صغر حجم الثمار وبالتالى إنخفاض المحصول الكلى كما هو الحال فى ثمار التفاح والخوخ ، بينما يتحسن لون وحجم وشكل الثمار بتوفر المحتوى الرطوبى لأشجار التفاح والمشمش والخوخ والبرقوق والكمثرى . ويحتاج القمح فى الطور اللبنى milk stage إلى توفر الرطوبة الارضية لتمتلىء الحبوب ويمنع ضمورها عند النضج ، كما يؤدى إنخفاض المحتوى الرطوبى إلى قصر أطوال ألياف القطن وإنخفاض دليل الحبوب وانثيلة ومحتوى البذور من الزيت .

استخدام النباتات كدلائل لتقدير الحاجة للرى

Use of plants as indicators of water need

أصبح من الواضح الآن الارتباط المباشر لنمو النبات بالتوازن المائى بأنسجته وعلى هذا فإذا ما أمكن قياس هذا التوازن الداخلى بطريقة سهلة ومبسطة فإن الشد الرطوبى بالنبات يمكن إستخدامه عندئذ لتقدير حاجة النبات الرى . ونستطيع الإستدلال على حاجة النبات للرى بالآتى :

١ - ملاحظة التغيرات الظاهرية التى تحدث للنبات قبل أن يتأثر نموه وتذبل أوراقه . ويعتبر تغير لون النبات واتجاه أوراقه وإدماته Ezudation من الظواهر المستخدمة لهذا الغرض . فأوراق الفول ، القطن ، الفول السودانى يتغير لونها فيصبح أخضراً مزرقاً إلى أخضر غامق بإستنفاذ المـــاء الميسر . ونتيجة لضغط الامتلاء تتغير أشكال أوراق النبات كما فى البقوليات والخيليات . وقد أمكن رى نباتات الذرة الرفيعة بنجاح باستخـــدام تغير زاوية الأوراق مع النبات كدليل لحاجة للرى . أما الإدماء من أجزاء النبات المقطوعة والذى يعتمد مباشرة على الضغط الجذرى Root pressure فيعتبر إستخدامه من الطرق السهلة والشائعة الاستعمال . وينصح برى نباتات القطن قبل أن يقف إدماؤها بصورة مستديمة .

ونظراً لسهولة هذه الطريقة وعدم إحتياجها لأجهزة خاصة فإنه ينصح بتربية أصناف من النباتات تكون أكثر حساسية للتغيرات المائية من غيرها وتمتاز مثل هذه النباتات عن غيرها بكبر نسبة المجموع الخضرى إلى الجذرى ، وقد يمكن تحقيق ذلك بإستخدام منشطات النمو الخضرى ، تقليم الجذور ، تقليل حيز انتشار الجذور ، تضييق مسافات الزراعة ، الإقلال من الماء الميسر بالأرض بخلطها بالرمل .

٢ - قياس معـــدلات النمو لبعض أجزاء النبات . وقد يكون من الصعب

اختيار النمو كدليل للحاجة للرى، نظراً لبطئه وكونه ظاهرة معقدة تتأثر بكثير من العوامل البيئية والظروف الجوية المحيطة بجانب تأثره بالماء. ولهـــذا فيستحسن إستخدام منحنى نمو Growth curve لذلك الجزء من النبات المستخدم كدليل تحت الظروف المحلية والتى تعطى أقصى محصول. وقد ثبت طريقة قياس معدلات النمو لثمار الليمون والبرتقال والتفاح والخـــوخ والبرقوق ودرنات البطاطس ولوز القطن وكذا استطالة سيقانه وأوراقه. كما استخدم قياس سمك الأوراق كدليل لتقدير حاجة الأناناس للرى. أما النخيل البلح فقد أمكن تقـــدير ذلك بقياس أطوال أوراقه. ويتأثر نمو السيقان لبعض أنواع النباتات بالنقص الرطوبى. ويمكن استغلال هـــذه الظاهرة فى معرفة حاجتها الرى كما فى الطماطم وبنجر السكر، والعنب وقصب السكر، والقطن والخـــوخ. كما تتأثر إستطالة قصب السكر بالمحتوى الرطوبى إذ ينخفض نموه كثيراً بارتفاع الشد الرطوبى عن ٢ ضغط جوى. كذلك فإن طول السلامية الموجودة أسفل القمة النامية لنبات القطن يعتبر شديد الحساسية لزيادة التوتر الرطوبى، ولهذا فقد استخدم كدليل على حاجته الرى.

٣ - قياس المحتوى المائى للنبات، وقد يكون ذلك بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. فيستخدم المحتوى المائى النسبى للتعبير عن اتوازن المائى الداخلى وتمتاز هذه الطريقة بسهولتها وارتباطها بجهد الماء بالنبات وكذا نموه. غير أن هـــذا التقدير عرضه للتذبذبات اليومية فى الجهد الرطوبى بالنبات وكذا الاختلاف نتيجة لجزء النبات الذى سيجرى عليه التقدير مما يصعب الاعتماد على هذه الطريقة لتقدير الحاجة الرى تحت ظروف جوية وأرضية متباينة. ومن الطرق الغـــير مباشرة قياس معدلات النتح وفتحات الثغور وهذه تحتاج لتبسيط فى طرق قياسها قبل استخدامها لأغراض الرى. كذلك يستخدم قياس الجهد الإسموزى للعصارة

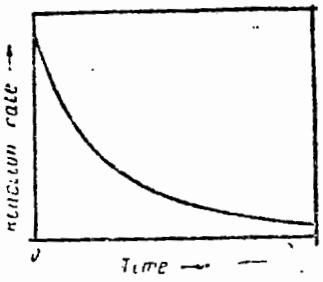
الخلوية ، وجهد الماء داخل النبات والذى يقدر بأساليه النظرى السليم ومحاولة التقدم المستمر لتبسيط أجهزة قياسه .

استجابة النباتات لمعاملات المائية :

plant responses to moisture regimes

تعتبر معرفة مدى استجابة النباتات للرى عند مستويات رطوبة أرضية مختلفة أمراً بالغ الأهمية للمشتغلين بالزراعة ، ومع ذلك فان آراء الباحثين الذين تناولوا هذه العلاقة بالدراسة ينقصها الاتفاق على نتائج محددة . فهناك رأى ينادى بأن الماء الموجود بالأرض فيما بين السعة الحقلية والذبول المستديم وهو ما نطلق عليه بالماء الميسر Available Water يعتبر ذا صلاحية متساوية لنمو النبات Equally availalbe . ولقد قدم Veihmeyer ومجموعة المشتغلين معه الكثير من النتائج العملية التى تؤيد هذا الرأى . بينما ينادى رأى آخر بأن استفادة النبات من الماء الموجود فيما بين السعة الحقلية والذبول المستديم لا تكون بنفس الدرجة ، بمعنى أن بقاء المحتوى الرطوبى قريبا من السعة الحقلية يزيد من قدرة النبات على الاستفادة منه عما لو كان قريبا من الذبول المستديم . ولقد أورد Stanhill نتائج مجموعة من الأبحاث والدراسات المؤيدة لهذا الرأى . وهناك رأى شائع بين بعض الزراع هو أنه كلما زاد المحتوى الرطوبى بالأرض كلما زاد نمو النبات وأن النقص فى النمو يزداد بانخفاض المحتوى الرطوبى ، وهذه الفكرة هى التى يطلق عليها More water more growth . ويبين الشكل رقم (٣٣) رسما توضيحيا لهذه الآراء الثلاث .

وفى الواقع يؤثر الاختلاف فى وجهات النظر السابقة على عملية الرى . فاصحاب الفكرة القائلة بأن يسر الماء لاستهلاك النبات يكون بدرجة متساوية



شكل ٣٣ ـ الاراء المتعلقة بعلاقة النمو بالرى عند
مستويات مختلفة للرطوبة الارضية

بين ! F . C ' p . w . p يصحون بتأخير رى النباتات حتى قرب الذبول المستديم حيث يستهلك كل الماء المتيسر تقريبا . وهذا معناه تباعد فترات الرى مع أعطاء ريات غزيرة بكل مرة ، أما أصحاب الرأى الثانى فيصحون بتنظيم عملية الرى وحسن توقيتها بحيث يؤخذ فى الاعتبار خواص الأرض المرتبطة بقدرتها على الاحتفاظ بالماء Soil moisture characteristics . فعندما يزداد التوتر الرطوبى بالأرض وتقل الاستفادة من الماء إلى الحد الذى يؤدى إلى خفض معدل النمو يجب رفع المحتوى الرطوبى بالارض إلى السعة الحقلية دون تأخير لعملية الرى إلى ماقبل وصول المحترى الرطوبى للذبول المستديم . أما المنادون بالرأى الثالث فهم ينصحون بالمحافظة على بقاء المحتوى الرطوبى بالارض مرتفعا للحصول على أكبر نمو وذلك بالرى على فترات متقاربة .

ويعزى التضارب فى الاراء السابقة إلى محاولة أصحاب كل رأى منها تعميم فكرتهم رغم أن هناك عوامل عديدة تؤثر على علاقة الماء بنمو النبـــات .

فخواص الأرض والنبات والظروف الجوية تلعب دوراً هاماً فى الظواهر الديناميكية للماء فى النظام المكون من الأرض والنبات والجو . فمثلا عدم استجابة أشجار الفاكهة التامة النمو فى أرض عميقة متجانسة للرى عند مستويات رطوبة أعلا من الذبول المستديم لا يستدعى أن ينطبق ذلك على نبات الذرة ، كما أن نتائج التجارب التى تحصل عليها تحت ظروف معملية خاصة قد تختلف عند تنفيذها تحت ظروف الحقل والمعروف كما بينا من قبل أن ظاهرة نمو وإنتاج محصول ما لا تتوقف فقط على مدى تأثره بالتوتر الرطوبى بالأرض بل ترتبط بمجموعة من الظواهر الفسيولوجية المعقدة داخل النبات والتى تتأثر بالتوازن المائى داخله . هذا التوازن يتوقف على التوتر الرطوبى بالأرض ، معدل إمتداد النبات بالماء والذى يتحدد أساسا بمعدل التوصيل الشعرى ومدى إنتشار وكثافة المجموع ، وكذلك معدل فقد الماء للجو والذى يتحدد بالظروف الجوية . كما يؤثر طول الفترة التى يحدث بها عدم الاتزان بين معدل الامتصاص ومعدل الفقد على نمو وإنتاج المحصول . ولهذا فمن البديهى أن لا نتوقع تأثر النباتات بنفس الدرجة نتيجة للتوتر الرطوبى بالأرض ، وكذلك عدم استجابتها بدرجات متساوية للرى عند درجات رطوبة مختلفة . ونظراً لأهمية كل من الأرض والنبات والجو فى تأثيرها على العلاقات بين الماء والأرض والنبات فسوف نتناولها بشىء من الإيضاح لنصل بذلك إلى معرفة مدى استجابة النباتات للرى عند مستويات رطوبة مختلفة والعوامل المؤدية إلى الاختلاف فى وجهات النظر السابقة .

أ ـ الأرض كعامل مؤثر على العلاقات بين الماء والأرض والنبات :
Soil factors affecting water — soil — croprelations

تعتبر الأرض هى البيئة الطبيعية لنمو النبات ، واذا فان صفاتها وخواصها تلعب دوراً أساسيا فى التأثير على نمو وإنتاج المحاصيل . كما أن عوامل الأرض المؤثرة على العلاقات بين الماء والأرض والنبات يمكن أجمالها فى تلك العوامل المؤثرة على قدرة الأرض على حفظ الماء وحركته ، وهذه تشمل قوام الأرض وبنائها ونظام توزيع المسام بها ومعامل توصيلها الشعرى . كذلك يؤثر وجود الأملاح بالأرض على بنائها ومدى صلاحية الماء بها .

ولقد بينا من قبل كيف يتأثر نمو الجذور وانتشارها بالعديد من صفات الأرض . كما تؤثر الأرض بوصفها بيئة لنمو الكثير من الكائنات الحية فى تهيئة الظروف الملائمة لانتقال الأمراض الفطرية والحشرية للنباتات .

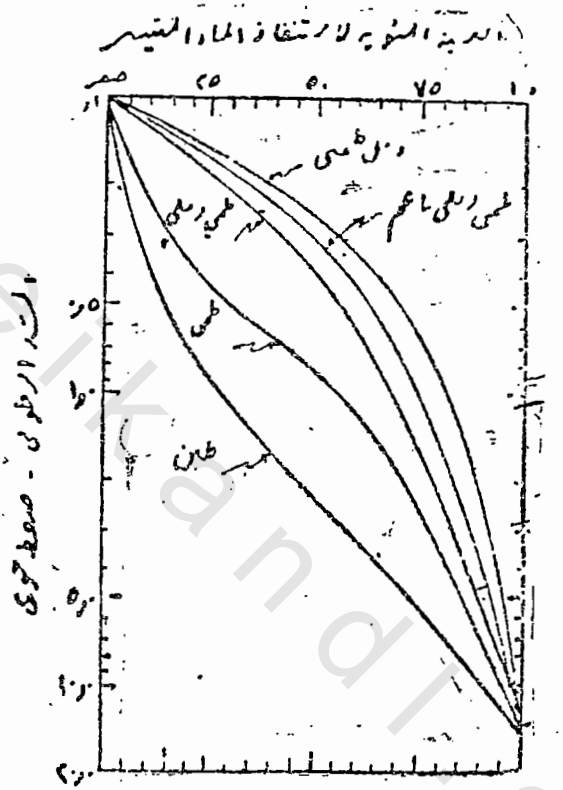
ونظرة إلى هذه العوامل السابقة تبين لنا أنه من الصعب أن نحكم على نموه النبات بعلاقته فقط بالمحتوى الرطوبى بالأرض أو التوتر الرطوبى . وحتى إذا ما تساوت قيمة التوتر الرطوبى فقد يختلف تأثيرها على النبات . ففى احدى التجارب التى أجراها Gingrich — Russell قورن نمو بادرات الذرة فى محاليل ما نيتول ذات ضغوط أسموزية مختلفة بنموها فى أرض لها نفس القيم من التوتر الرطوبى فوجد أن نمو البادرات فى حالة المحاليل الإسموزية كان أفضل من نموها فى حالة الارض عند تساوى قيم التوتر الرطوبى . وبينما يقل وزن البادرات الرطب وكذلك استطالتها بزيادة التوتر الرطوبى إلا أن التأثير كان أكثر وضوحا فى حالة البادرات النامية فى ارض عن تلك الموجودة بمحاليل المانيتول

أما الوزن الجاف للبادرات فلم يتأثر كثيرا بزيادة الضغط الاسموزى للمحلول ، بينما كان هناك نقصا واضحا لذلك النامية فى الأرض . ويعـــزى سبب ذلك إلى بطء حركة الماء فى الأرض نتيجة لإنخفاض معـــامل التوصيل الشعرى بزيادة التوتر الرطوبى بينما لايدخل هـــذا العامل فى الاعتبار فى حالة المحـــاليل الاسموزية . وهذا يبين أهمية معرفة معدل حركة الماء للجـــذور بجانب قيمة التوتر الرطوبى بالارض ، كذلك نستنتج من هذه التجـــارب أن تأثير التوتر الرطوبى على البادرات تختلف قيمته باختلاف الظاهرة موضع الاعتبار حيث لايؤثر التوتر الرطوبى على الوزن الجاف أو الاستطـــالة أو الوزن الرطب بنفس الدرجة .

ونظرا لبطء حركة الماء بالارض عند زيادة التوتر الرطوبى فاننا نتوقع أن قدرة النبات على الاستفادة من الماء الموجود بالارض تصبح أقل مما يجب وهذا يعنى أن الماء لايكون بدرجة متساوية من اليسر فيما بين السعة الحقلية والذبول المستديم . ومن التجارب المؤيدة لهذا الاستنتاج تلك التجربة التى أجراها peters على نمو بادرات الذرة فى مخلوط من الأرض والرمل . فقد وجد أن أستطالة الجذور تنقص بزيادة التوتر الرطوبى فى المخلوط ، غير أن نمو البادرات عند نفس التوتر الرطوبى يتحسن كلما زادت نسبة الطين فى المخلوط وهذا يرجع إلى زيادة قيمة معامل التوصيل الشعرى بزيادة نسبة الطين بالارض وبالتالى سرعة حركة الماء للجذور .

ولما كانت منحنيات الشد الرطوبى Moisture tension curves تمثل أهمية خاصة لتحديد مدى الماء المتيسر بأنواع الأراضى المختلفة فقد أستخدم Hagan, Haise هذه المنحنيات لايجاد العلاقة بين النسبة المئوية لاستنفاذ الماء المتيسر Available watar depletion والشد الرطوبى لأراض مختلفة القوام ،

شكل رقم (٣٤) . وتفيد مثل هذه المنحنيات فى تحديد قيمة الشد الرطوبى الواجب الرى عندما إذا ما أستنفذ قدر معين من الرطوبة الميسرة بالأرض .



شكل ٣٤ ـ العلاقة بين الشد الرطوبى والنسبة المئوية لاستنفاد الماء الميسر بأراضى مختلفة القوام

ب ـ النباتات كعامل مؤثر على العلاقات بين الماء والارض والنبات :

plant factors affecting water .. soil - croprelations

من المعروف أن النباتات تختلف فيما بينها نتيجة لعوامل وراثية كما أنها تتأثر بالظروف البيئية والخدمة . وهناك الكثير من خواص النباتات وصفاتها يمكن أعتبارها عوامل مؤثرة فى العلاقات بين الماء والأرض والنبات وهذه يمكن أجمالها فى طبيعة نمو وإنتشار الجذور ، طول موسم النمو ، موعد وطول الفترات

الحرجة بالنسبة لأقصى إحتياج مائى ، طبيعة النمو الخضرى ، مدى تحمل النبات للعطش ، موعد الازهار والإثمار وكثافة النمو ولقد سبق أن تناولنا بشيء من التفصيل علاقة الماء والأرض بنمو وإنتشار الجذور كما وجد أن للمجموع الجذرى تأثير كبير على معدل أمتصاص الماء والعناصر الغذائية فكلما كان المجموع الجذرى غير كثيف كلما قلت قدرة الجذور على الاستفادة من الماء الموجود بالأرض ، وهذا يعنى انه فى مثل هذه الحالات تحتاج النباتات للرى على فترات متقاربة ، إذ يقل نموها كلما قرب محتوى الأرض الرطوبى من الذبول المستديم أى أنه يمكن إعتبار الماء كما لو كان غير متيسر للاستهلاك فيما بين السعة الحقلية والذبول المستديم بدرجة متساوية . أما فى حالة النباتات ذات المجموع الجذرى الكثيف فيمكنها الاستفادة من معظم الماء الموجود بالأرض قبل أن تظهر عليها أعراض الذبول . وهذا يؤيد الرأى القائل بقيمة الماء للاستهلاك فيما بين السعة الحقلية والذبول المستديم بدرجة متساوية .

وتؤثر طبيعة نمو الجذور على مدى أستجابة النبات للرى عند درجات رطوبة مختلفة . وعادة فى الزراعات المبكرة فى فصل الصيف تكون لدى النباتات فرصة كافية لكى تتعمق جذورها فى الأرض قبل أرتفاع درجة حرارة الجو وما يتبع ذلك من جفاف للأرض أما فى الزراعات المتأخرة فإنه لا تكون لدى النباتات فرصة كافية لتعميق وإنتشار جذورها بالأرض قبل إرتفاع درجة حرارة الجو وجفاف الأرض . ومعنى ذلك أنه فى الحالة الأولى يمكن تأخير الريات وزيادة طول الفترة بينها ، بينما فى الحالة الثانية فإن النباتات تعانى من نقص الرطوبة وتظهر حاجتها للرى على فترات متقاربة . أى أنه فى الزراعات المبكرة تبدو الرطوبة الأرضية كما لو كانت متيسرة للنبات بدرجة متساوية فيما بين السعة الحقلية والذبول المستديم بينما فى الزراعات المتأخرة تبدو غير ذلك .

وتختلف استجابة النباتات للرى عند درجات رطوبة مختلفة بالأرض تبعا لنوع المحصول المنتظر منها . فى أحدى التجارب التى أجريت بديفز بولاية كاليفورنيا على نبات البرسيم Ladino clover ازداد محصوله من البذور عندما سمح للنبات باستهلاك المحتوى الرطوبى بالأرض إلى ما قبل الذبول المستديم ، بينما انخفض محصوله من النمو الخضرى . أى أنه إذا رغب فى انتاج بذور فيجب الرى على فترات متباعدة ، بينما يجب تقصير الفسترة بين الريات للحصول على نموات خضرية . كذلك وجدت مثل هذه العلاقات السابقة فى النباتات المنتجة للمطاط ، إذ زاد انتاج المطاط عند تعريض النباتات لنقص فى محتوى الأرض الرطوبى إلى ما قبل الذبول المستديم وذلك قبل إعادة ريها ، بينما زاد النمو الخضرى بالرى عند محتويات رطوبة مرتفعة نسبيا ، وأدى نقص المحتوى الرطوبى إلى نقص فى النمو الخضرى . كذلك أدى الرى عند درجات رطوبة منخفضة نسبيا إلى زيادة نسبة السكر فى البنجر وقصب السكر ، وزيادة النيكوتين والنيتروجين فى نبات الدخان .

مما سبق يتضح لنا اختلاف عناصر النمو فى مدى استجابتها للرى عند درجات رطوبة مختلفة . وهذا مما يجب أخذه فى الاعتبار عند دراسة العلاقة بين الماء والأرض والنبات بغرض الوصول إلى نظام سليم للرى فالمحصول الاقتصادى وليس مجرد النمو الخضرى هو الهدف . كما أن المحصول الاقتصادى يجب أن لا يحدد فقط بصورة كمية ولكن تبدى مطابقته لمواصفات الانتاج من حيث القيمة الغذائية والشكل والحجم واللون ... ومدى تحمله لظروف الحصاد والتسويق .

ولقد قدم Taylor دراسة مستفيضة لمجال الشد الرطوبى الواجب الرى عنده بالنسبة للمحاصيل النامية بأرض عميقة متجانسة جيدة الخصوبة وافراض أن هذا المجال يمثل المنطقة النشطة للجذور ، ويبين الجدول رقم (٧) نتائج هذه الدراسة الهامة.

جدول ٧ قيمة الشد الرطوبى الواجب الرى عندها للحصول على أقصى إنتاج للمحاصيل المختلفة النامية بأرض عميقة جيدة الصرف والخصوبة والخدمة ×

المحصول	الشد الرطوبى (ض.ج)
محاصيل خضرية Vegetative crops	
برسيم حجازى	١و٥
فول (ليما)	٢,٠٠-٠و٧٥
كرنب	٠و٧-٦و
بسلة (للعليب)	٠و٥-٠و٣
كرفس	٠و٣-٠و٢
حشائش	١و٠-٠و٣
خس	٠و٦-٠و٤
دخان	٠و٨-٠و٣
قصب سكر	٠و٣-٠و٢٥
ذرة سكرية	١و٠-٠و٥
محاصيل جذرية Root crops	
بصل (مبكر)	٠و٥٥-٠و٤٥
(تكوين البصلات)	٠و٦٥-٠و٥٥
بنجر السكر	٠و٦-٠و٤
بطاطس	٠و٥-٠و٣
جزر	٠و٦٥-٠و٥
محاصيل بذرية Seed crops	
برسيم حجازى (قبل الأزهار)	٢و٠
(أثناء الأزهار)	٠و٨-٠و٤٠

المحصول	الشد الرطوبى (ض.ج)
(نضج البذور)	١٥و٠-٨و٠
جزر	٩و٠-٤و٠
بصل	٦و٠-٤و٠
خس (نمو ثمرى)	٣و٠-٠
محاصيل ثمرية Fruit crops	
ليمون	٠و٤
برتقال	١و٠-٠و٢
فواكه متساقطة الأوراق	٠و٨-٠و٥
افوكادو	٠و٥
عنب (بد الموسم)	٠و٥-٠و٤
(نهاية الموسم)	١و٠
فراولة	٠و٣-٠و٢
كانتلوب	٠و٤-٠و٣٥
طماطم	١و٥-١و٨
موز	١,٥-٠,٣
محاصيل حبوب Grain Crops	
ذرة (نمو خضرى)	٠و٥
ذرة (نضج ثمرى)	١٢و٠-٨و٠
حبوب رفيعة (نمو خضرى)	٠و٥-٠و٤٠
حبوب رفيعة (نضج ثمرى)	١٢و٠-٨و٠

× عند وجود قيمتين للشد الرطوبى فالصغرى تستخدم عند نشاط العوامل المؤدية إلى زيادة فقد الماء من الأرض بالبخر والنتح والعكس بالنسبة للقيمة الكبرى .

وتعتبر اصابة النباتات بالأمراض الفطرية والحشرية من العوامل المؤدية إلى الاختلاف فى تحديد العلاقة بين الماء والنبات فى كثير من الأحيان تؤدى زيادة المحتوى الرطوبى بالأرض إلى تهيئة الظروف الملائمة لانتشارها واصابة الجذور وخفض كفاءتها وبالتالى زيادة استجابة النباتات للرى عند محتويات رطوبة مرتفعة نسبيا مع تشجيع ظروف الاصابة وفى الواقع قد يؤدى تعرض النباتات تحت هذه الظروف لنقص الرطوبة الأرضية إلى زيادة نسبية فى محصولها نتيجة لتلافى شدة الاصابة . وقد يعزى التأخير فى رية المحاياه لنبات القطن مثلا إلى الاقلال من ظروف اصابته بالأمراض الفطرية والحشرية ، بينما يتجه الرأى حاليا إلى عدم تأخيرها نظراً لتوفر وسائل المقاومه . وفى احدى التجارب التى أجراها Stockton . Doneen على رى القطن المصاب بالذبول Verticillium wilt وجد أن اعطاء ٧ ريات لنباتات نسبة اصابتها ٧١٪ أعطى محصولا يعادل ٨٠٧ قنطار للفدان ، بينما النباتات المصابة بنسبة ٣٨٪ احتاجت إلى ٥ ريات وزاد محصولها إلى ما يعادل ١٠٠٨ قنطار للفدان . وهنا ما لا شك فيه بين تأثير الاصابة الفطرية على النبات ومدى استجابته للرى .

ج ـ الظروف الجوية كعامل مؤثر على العلاقات بين الماء والارض والنبات .

Atmospheric factors affecting water soil-crop relationships

عندما سنتناول بالدراسة موضوع الاحتياجات المائية للنبات نرى كيف أنها تتأثر بالعوامل الجوية مثل درجة الحرارة وكثافة الاشعاع الشمسى وطول النهار والرياح والامطار والرطوبة النسبية . فالظروف المؤدية إلى زيادة معدل البخر والنتح سوف يتبعها نقص فى المحتوى الرطوبى بالنبات إذا لم تكن سرعة إمداد الجذور بالمكانية

لموازنة هذا الفقد . ولقد علمنا مما سبق كيف يؤثر هذا التوازن المائى داخل النبات على كثير من الظواهر الفسيولوجية ، إذ تضيق فتحات الثغور وينخفض معدل النتح عن القيم المماثلة (تحت نفس الظروف الجوية) عند توفير الرطوبة بالأرض فانخفاض الرطوبة بالأرض يزيد من قيمة التوتر الرطوبى ويقلل معدل حركة الماء للجذور ، وقدرتها على الاستفادة من الماء . أى أنه تحت الظروف المؤدية إلى زيادة الانخفاض فى معدل النتح يزداد الفريق بين ما هو كائن فعلا Actnl evapo - transpiration وما هو ممكن عند توفر الرطوبة بالأرض Potential evapo - transpiration بينما يتلاشى هذا الفرق عند انخفاض التوتر الرطوبى بالأرض حتى إذا ما كانت الظروف مشجعة على زيادة معدل النتح وعلى هذا فإنه عندما يزداد معدل النتح (نتيجة لزيادة شدة الاضاءة وانخفاض الرطوبة الجوية) نجد أن معدل نمو النباتات (عملية التمثيل الضوئى) سوف ينخفض بسرعة أكبر بانخفاض المحتوى الرطوبى بالأرض . ولذا فانه تحت هذه الظروف تستجيب انباتات للرى على فترات متقاربة أى فى وجود رطوبة أرضية مرتفعة نسبيا بالأرض .

وفى التجارب التى أجريت بنيويورلاينة كاليفورنيا على الطماطم وجد أن طول موسم النمو يؤثر على العلاقة بين الرى والمحصول الفعلى من الثمار والتى ينتهى موسم جمعها بسقوط الأمطار وبدء فترة الصقيع ، فزيادة الرى وتقارب فتراته يؤدى إلى زيادة المحصول ولكن مع تأخير موسم جمع الثمار ، غير أن ذلك فى معظم الأحيان لا يأتى بالفائدة المرجوة نظرا لتلف الكثير منها بالصقيع والأمطار ، وبالتالى فان المحصول الممكن جمعه فعلا هو الذى يجب أن يؤخذ فى الاعتبار ، وقد يمكن التوصل إلى ذلك دون الحاجة إلى زيادة الرى .

د ـ تأثير عوامل الأرض والنبات والجو على فترات الرى .

Effect of soil, Plant and climate on frequency of irrigatio

إحمالا للعلاقات السابق ذكرهـــا فانه من الممكن (كما بين ذلك Hagen) الاستفادة بها من الناحيه التطبيقية فى تحديد أنسب الفترات بين الريات مع الأخذ فى الاعتبار أن العلاقة المتحصل عليها بين المحتوى الرطوبى بالأرض ونمو النبات أو محصوله قد يكون من الصعب تعميمها إلا تحت نفس ظروف مشابهة من حيث النبات والأرض والجو والخدمة . ونلخص بعض عوامل الأرض والنبات والجو والتى تسمح بتباعد فترات الرى Infrequent irrgation .

١ ـ عوامل الأرض

عمق القطاع وجودة البناء .

جودة الفاذية والصرف الداخلى والنوعية .

إحتفاظ الأرض بنسبة كبيرة من الماء الميسر عند توتر رطوبى منخفض

غياب الملوحة وتوزيع الحصوية بالقطاع .

وجود مستوى ماء أرضى على عمق ثابت وفى متناول الجذور .

٢ ـ عوامل النبات

الجذور متعمقة ، كثيفة ، سريعة النمو .

الوزن الجاف للنبات وكذلك البذور هو المطلوب إنتاجه .

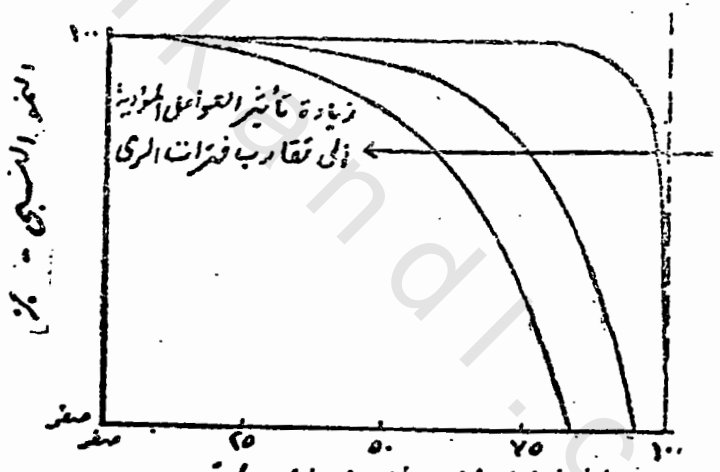
زراعة النباتات بغرض إنتاج الزيت ، السكر، البذور ، الوزن الجاف .

٣ - عوامل جوية

زراعة النباتات مبكرا وأن تكون معظم فترة نموها قبل حلول فصل الصيف الحار الجاف .

إنخفاض معدل البخر .

أما العوامل التى تلزم بتقارب فترات الرى فسميا Relatively frezuent irrigation والتي يمثلها الشكل التوضيحي رقم (٥٠) فهى :



شكل ٣٥ - علاقة النمو النسبي بالرى عند مستويات مختلفة من الرطوبة الأرضية مع زيادة تأثير العوامل المؤدية إلى تقارب فترات الرى .

١ - عوامل الأرض

أن يكون القطاع ضحلا Shallow والبناء سيىء يعيق نمو الجذور .

بطء النفاذية وسوء الصرف الداخلى والتهوية .

إحتفاظ الأرض بنسبة قليلة من الماء الميسر عند توتر رطوبى منخفض وجود أملاح بالأرض أو الماء بتركيز غير مناسب .

إرتفاع مستوى الحصوبة وتوفر العناصر الغذائية فى الطبقة السطحية من القطاع

إرتفاع درجة حرارة الأرض خصوصا عند زراعتها بالمحاصيل الغير عميقة الجذور .

٢ - عوامل النبات

الجذور سطحية ، غير كثيفة ، بطيئة النمو .

يغطى النمو الخضرى سطح الأرض تماماً ويزرع المحصول لأجزائه الخضرية

٣ - عوامل جوية

زراعة النباتات فى أوائل فصل الصيف الحار الجاف وأن تكون معظم فترة نموها خلال فصل الصيف .

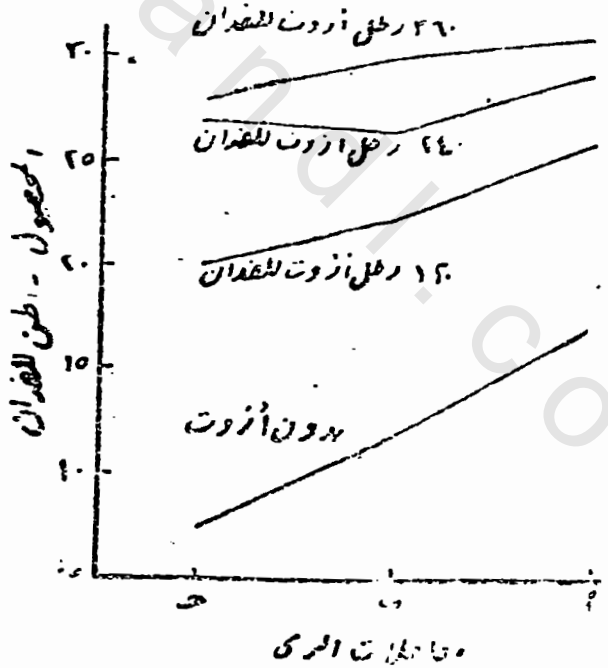
إرتفاع معدل البخر

العلاقات بين الماء والسماد والمحصول

Water - fertilizer - crop relations

بالرغم من أهمية التسميد فى إنتاج المحاصيل إلا أن دراسة العلاقة بين الماء والسماد والمحصول لم تنل القسط الوافى من البحث . لذا فان النتائج المتعلقة بهذا الموضوع تعتبر محدودة . وقد إقترح Hagan بعض العلاقات التى يمكن التوصل اليها عند تسميد النباتات تحت ظروف مختلفة من الرطوبة الأرضية . فمستويات خصوبة منخفضة نجد أن محصول النباتات لا يتأثر كثيرا بالرى عند مستويات رطوبة مختلفة فيما بين السعة الحقلية والذبول المستديم ولو أن النباتات ينخفض

محصولها نسبيا عند ريها قرب الذبول المستديم وكذلك باستمرار الرى على فترات متقاربة بحيث يبقى المحتوى الرطوبى قريبا من السعة الحقلية فيؤدى ذلك إلى فقد فى الظاهر الغذائية بغسيلها أسفل منطقة نمو الجذور . أما فى الأراضى ذات الخصوبة المرتفعة نسبياً فان رى النباتات عندما يصل محتوى الأرض الرطوبى إلى قرب الذبول المستديم يؤدى إلى زيادة معدل النقص فى المحصول ، بينما قد لا يتأثر المحصول بالرى على فترات متقاربة . وعلى هذا فقد تكون استفادة النباتات من التسميد محدودة إذا ما عرضت أثناء نموها لنقص فى المحتوى الرطوبى إلى قرب الذبول المستديم . كذلك تؤثر كفاءة الرى على مدى استجابة النباتات للتسميد كما يتضح من الشكل رقم (٢٦) ... فى تجربة أجراها Robins ومساعدوه



شكل ٢٦ - تأثير معاملات الرى والتسميد على محصول بنجر السكر
(ا = السعة الحقلية ، ب = ضعف السعة الحقلية ، حـ = ثلاثة أمثال السعة الحقلية) .

على بنجر السكر حيث كانت معاملات الري كل أسبوعين كالآتي(ا)إضافة الماء بالقدر اللازم لإبتلال منطقة نمو الجذور ، (ب) ضعف المعاملة (ا) ، (ج) ثلاثة أمثال المعاملة (ا) ومعدلات التسميد الأزوتي صفر ، ٢٠ ، ٢٤٠ ، ٣٦٠ رطلا للفدان وجد أن انخفاض كفاءة الري (زيادة الفقد أسفل منطقة نمو الجذور) أدى إلى إنخفاض المحصول . بينما يقل هذ التأثير بزيادة معدل التسميد كما قد يتساوى المحصول بدون تسميد وعند كفاءة ري ١٠٠ ٪ بمحصول النباتات المسمدة بنتروجين قدرة ١٢٠ رطلا للفدان وعند كفاءة ري ٣٣ ٪ .

obeikandl.com