حنطة الخبز: توليف الحاصل العالي للحبوب وتحمل الجفاف

د. ضياء بطرس يوسف
دائرة البحوث الزراعية، مركز تربية وتحسين النبات (متقاعد حالياً)

مما لا شك فيه، ان موطن الاصل للحنطة في غرب اسيا، وتحديدا في شمال العراق والحدود العراقية التركية الايرانية، منحها ضمن ظروف الانتخاب الطبيعي لألاف السنين، القدرة على النمو والتطور والبقاء ومن ثم الانتشار والاكثار الى عموم منطقة غرب ووسط اسيا وفي الظروف الديمية ان تتعرض لموجات الجفاف وشحة وإحتباس سقوط الامطار الى حصول نوع من التعرية الوراثية وفقدان الكثير من الأصول الوراثية على مبدأ البقاء للاصلح والاقوى. وعليه، فان التحدي الواقع على مربي الحنطة يفترض الاستمرار بالتفتيش والبحث عن مصادر وراثية يمكن تطويرها الى اصناف جديدة تتحمل ظروف شد الجفاف، بما يمكنَها اعطاء حاصل حبوب جيد نسبياً في سنوات القحط والجفاف وعالٍ في السنوات الوفيرة الامطار. اهتمت المراكز الدولية المتخصصة ضمن المجموعة الاستشارية الدولية للبحوث الزراعية CGIAR متمثلة بالمركز الدولي لتحسين الذرة والقمح CIMMYT ومركز البحوث الزراعية في المناطق الجافة ICARDA و ICRISAT وكذلك على المستوى الوطني في منظمة الطاقة الذرية العراقية (وزارة العلوم والتكنولوجيا حالياً) بالعمل الدؤوب والجهد العلمي في استكشاف وانتخاب وتربية الحنطة بالطرائق التقليدية والبديلة او المكملة لأستنباط اصناف تتميز بالقدرة الانتاجية الجيدة وتحمل الجفاف او مقاومته. تتلخص هذه النشاطات العلمية بمتابعة ومعرفة تعقيدات المناخ وتداخلاتها مع الظروف البيئية الاخرى لتكوين قاعدة بيانات وخبرات معرفية تتعلق بمتابعة طبيعة سقوط الامطار وتوزيعها وتوقيتات احتباسها على وفق كل بيئة تزرع فيها الحنطة. تم تقسيم مناطق الزراعة الى بيئات كبرى آخذين بنظر الاعتبار توقيتات حدوث الجفاف وشحة الامطار سواءً كان مبكراً (في اول موسم النمو) او متأخراً (اواخر موسم النمو) او شديداً (طيلة موسم النمو) من جهة وكميات الامطار الساقطة والمتوفرة للنبات في دورة نموه او ما يتم اختزانه في التربة. في السنوات الاخيرة دخل عامل جديد يتعلق بالتغيرات المناخية والإحتباس الحراري وعلاقته بالمصادر الوراثية المتوفرة والمستغلة في برامج التربية والتحسين ودور الصفات الفسيولوجية كمعيار انتخابي من جهة، وما يمكن تسخيره من امكانات علمية تتعلق باستخدام التقانات الحياتية الحديثة واستخدام الاقارب البرية او تلك المتعلقة بالحزم التقنية لخدة المحصول وتطور اساليب الزراعة الحديثة (طرائق الزراعة والري والري التكميلي واستخدام الاسمدة والمبيدات ومنظمات النمو...الخ). يسعى مربي الحنطة في عالم اليوم الى توظيف كل ما من شأنه الإرتقاء بانتاجية الحنطة في البيئات الجافة او تحت ظروف شحة مياه الري، من خلال تحسين التطبع الوراثي والبيئي وزيادة كفاءة استخدام الماء والارتقاء باداء بعض الصفات الفسيولوجية (الشكل الهندسي للنبات وزاوية الورقة والطبقة الشمعية والتبكير بالتزهير ودليل الحصاد...الخ) لأستنباط اصناف أكثر قدرة على تحمل الجفاف وأعلى قابلية لأنتاج الحبوب وأكثر مقاومة للمسببات المرضية، وهو ما يمثل حاجة المعمورة الأكثر إلحاحا في عالم تتزايد فيه السكان بصورة مطردة.

افرزت اطر التعاون العلمي لمراكز البحوث الوطنية مع المراكز الدولية المشار اليها انفاً، استثمار الجهد العلمية الدولية في البرامج الوطنية، إذ ادخلت الاصول الوراثية المحلية المتطبعة في برامج الانتخاب والتهجين مع الاصول الوراثية المدخلة وبرامج نربية الطفرات، تم استنباط تراكيب وراثية تجريبية متفوقة واعدة ستخدم بالتأكيد واقع الزراعة العراقية باصناف وفيرة الإنتاج الحبوبي في السنوات المطيرة وجيدة الانتاج في سنوات الجفاف. ان اتباع اسلوب التكامل البحثي والعلمي بين الباحثين العلميين على مختلف تخصصاتهم او بين مركز البحث العلمي ومع البرنامج الوطني لتنمية زراعة الحنطة في العراق سيفرز لا محال النتائج الايجابية المرجوة شريطة توفير الدعم المادي والفني لفرق البحث، وتوفيرالحلقات التكميلية التي تتبنى عمليات الاكثار والانتاج لبذور الرتب العليا للأصناف الجديدة. وربما يمكن القول بان لاخوف علينا ولا قلق ينتاب المزارعين ولا صناع القرار والمسؤولين عن الامن الغذائي والوطني، إذا ما توفرت النية الصادقة والرجال الامينين ونزاهة البحث العلمي، فيكون غدنا أفضل لا محال من يومنا وامسنا بإذن الله.

فهم الاداء الانتاجي تحت ظروف الجفاف

من الصعب جدا فهم ومعرفة وتفسير الاداء الانتاجي لأصناف الحنطة في ظروف الجفاف بسبب وجود فلسفتين أساسيتين لظروف بيئة الإنتخاب لتحمل الجفاف من حيث:

1. توافر الظروف المثلى وعدم محدودية الماء والغذاء، يتيح الفرصة الكبيرة والاكيدة لأفضل كفاءة انتخاب وبالتالي الوصول بالقدرة الإنتاجية الى أقصى ما يمكن على أساس توريث الصفات والتحصيل الوراثي الناجم عن الانتخاب وبالتالي يتم اختبار الموارد الوراثية التي تمت تربيتها تحت ظروف الجفاف، وتعميم زراعة الأفضل منها (Manèz وآخرون، 2012).
2. ان البيئة التي تحتاج ان نجد لها الأصناف المتفوقة والملائمة هي بيئة الجفاف، فان ممارسة الإنتخاب والتحسين الوراثي لابد ان تتم تحت ظروف مثل هذه البيئة لإفراز الموارد الوراثية التي يمكنها تحمل الجفاف.

وبين هذين الرأيين، تنوعت الدراسات والبحوث والستراتيجيات البحثية للوصول الى هدف موحد هو استنباط الأصناف الملائمة والمتفوقة او التي تتحمل ظروف الجفاف. سنركز في هذا الفصل على عدة مواضيع تختص بالإستجابة للإنتخاب وإنعكاس ذلك على توريث الصفات وستراتيجية التربية لتحمل الجفاف وتطبيقاتها.

الاستجابة للانتخاب وتوريث الصفات

التوريث بمفهومه العام هو دالة التغاير الوراثي (الإضافي) الموجود في الموارد الوراثية او المجتمعات النباتية قيد الدرس والإختبار، ويتم الحصول على مدى واسع من التعبير عن الصفة المنتخبة. ومما لا شك فيه ان مدى الصفة سيختلف بين حالتي الظروف البيئية الجيدة والجافة التي تمر بها، وبالتالي يكون هذا المدى أوسع وأكثر اختلافاً في ظروف الجفاف. في هذا الخصوص، لابد من الاشارة الى ان الصفات التي يعنى بدراستها في مثل ظروف الجفاف. على سبيل المثال لا الحصر، وجود الطبقة الشمعية وإلتفاف الأوراق وتحرق وسقوط الأوراق وإنتاج البرولين. يتوقع ان يكون توارث الصفة وإستجابتها للإنتخاب أكثر في حالة ظروف الشد. وجد Bolanos و Edmeades (1993) أمثلة نموذجية لزيادة الاختلاف في اداء الصفة، وبالتالي التحصيل الوراثي الناجم عن الانتخاب فيها في ظروف الجفاف لمحصول الذرة الصفراء عما هو عليه في ظروف عدم وجود شد الجفاف. المثال الذي ذكره هذان الباحثان هو صفة الفترة الفاصلة بين التزهير الذكري والأنثوي Anthesis-silking interval، حيث وجدا بانها ترتبط سلبياً مع حاصل الحبوب في ظروف جميع أنواع الشد، ولكنها تزداد إختلافاً في مستويات الشد العالية، مما جعلها أداة انتخاب جيدة بيد المربي.

إستنادا الى الفكرة القائلة بان توريث الصفة في حالة وجود الشد يكون دائماً أوطأ مما هو عليه في الظروف الإعتيادية او المثلى، انما يعود الى ان حقيقة المشاهدات المأخوذة عن الصفة المرغوبة، مثل الحاصل، تتجه الى الإنخفاض، فينخفض معها التوريث المتحقق. ولابد ان نذكر بان تقديرات التوريث تضم في مكوناتها شيئاً عن تداخل الوراثة-البيئة، وبالتالي فهي لاتمثل تقديرات حقيقية عن التوريث. بناءاً على ذلك، لابد من تحوير التجارب الحقلية لتحسين كفاءة الانتخاب (Rajaram، 1991). بين Allen واخرون (1998) بان زيادة عدد المكررات (القطاعات) ربما يجعل إختبار الحاصل في ظروف الجفاف ضمن حدود قبول تقديرات التوريث، وبخلافه، تؤدي زيادة مساحة اللوح، اي المساحات الكبيرة للألواح، الى زيادة تقديرات التوريث بدرجة مثيرة للانتباه.

الصفات Traits

أوضحت العديد من التقارير في المراجع العلمية بان هناك الكثير من الصفات يمكنها المشاركة في تحسين الحاصل في ظروف الجفاف، غير ان المستغل من قبل مربي النبات منها في هذا الخصوص لايزال قليلاً. وبالمقابل، لم يشخص مربي النبات حتى الان الصفة او الصفات الأكثر قبولاً وتحقيقاً للنتائج المتوخاة في التعبير عن نفسها كمعيار لزيادة الحاصل في ظروف الجفاف (Fischer،1987 وClarke واخرون، 1992). ولا سبيل إلا الرضوخ لهذا الحال والإستمرار بالسعي لإستكشاف الصفة او الصفات التي تمثل مفتاحاً او معياراً للإنتخاب في الظروف الجافة، وبخلافه فان إعتماد الخطوط الوراثية التي تبدي أفضل أداء في ظروف الجفاف هو الحل الوحيد.

وعليه، فان الصعوبات التي تواجه مربي النبات لتحسين تحمل الجفاف هي ان مقدار التحصيل الوراثي الموسمي في ظروف الجفاف يكون بحدود 0.5% قياسا بمعدله الذي يبلغ 1% في الظروف المثلى (Manèz وآخرون، 2012)، مما يرجح اشتغال مربي النبات في برامج التحسين الوراثي في الظروف المثلى او الجيدة، متناسين مسؤولياتهم تجاه البيئة الجافة التي ينتمون اليها احياناً. وربما تقع هذه المسؤولية على عاتق الحكومات وأصحاب القرار الذين يشجعون برامج التحسين الوراثي لإستنباط الأصناف المتفوقة للظروف الجيدة من جهة وقلة إهتمام المزارعين في إستثمار الأراضي الحدية marginal

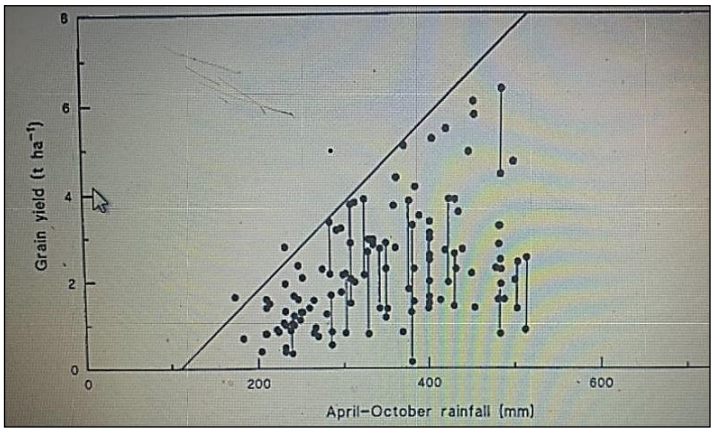
environment بحجة إنخفاض الهامش الربحي المتحقق نتيجة إنخفاض إنتاجية هذه الاراضي (يوسف وعباس، 2001) وإتباع اساليب الري التقليدية والهدر والإسراف في السقي.

أما كيف يمكننا أن نعرف، في حالات محددة، ما إذا كانت المياه هي التي تحد بشكل أساسي من إنتاجية المحاصيل؟ وعندما يكون الماء هو العائق الرئيسي، فكيف يمكننا تحسين المحاصيل المتداولة حالياً؟، وخصوصاً محاصيل الحبوب والبقول، بشكل أكثر فعالية؟

الإجابة على السؤال الأول ليست دائما واضحة المعالم، فعادة ما تكون في حقول المزارعين تأثيرات بيئية متعددة على الإنتاجية. لكن مقارنة الحاصل الفعلي بالحاصل المتوقع يمكن أن تكون مع ذلك واضحة، وأي تناقض كبير بينهما يكون واضحاً ايضاً.

كيفية قياس دور الماء وهل هو المحدد الرئيس للحاصل؟

هناك الكثير من المعلومات المتاحة عن غلة محاصيل الحبوب الشتوية فيما يتعلق بإمدادات المياه الديمية في جنوب أستراليا، وهي بيئة البحر المتوسط المناخية. يقارن الشكل (1) حاصل المحاكاة للحنطة الديمية التي تدار بشكل جيد مع متوسط الإنتاجية السنوية وما يتعلق بهطول الأمطار في موسم النمو. يصور الخط القطري الصلب كفاءة النتح بمقدار 20 كجم هكتار−1 مم−1، وهو الحد الأعلى.



الكل (1): العلاقة بين محصول الحنطة واستخدام المياه. تمثل النقاط الحاصل المقاس في تجارب العديد من المواسم والمواقع. يمثل الخط أعلى كفاءة النتح (TE) التي تمت ملاحظتها، ويمثل التقاطع مع الإحداثي السيني التبخر من التربة (Es). تربط الخطوط الرأسية نقاط البيانات التي تمثل إدارة المحاصيل المختلفة (عن Angus وvan Herwaarden ، 2001)،

تحسين تبادل الماء لثاني أكسيد الكربون عن طريق الأوراق

تعتمد كفاءة نتح الأوراق، أي كمية الكاربون المثبت لكل وحدة من الماء المرتشح، على كل من كمية التبخر من البيئة وتركيز ثاني أوكسيد الكاربون داخل الأوراق (Tannerو Sinclair، Condon2002 وآخرون، 1983). فكلما انخفض تركيز ثاني أكسيد الكاربون داخل الورقة، زادت كفاءة النتح.

إدارة النمو الخضري

من المؤكد ان يكون هناك كمية مثلى للكتلة الحيوية، وخصوصاً في فترة التزهير وإطلاق المتوك وضمان تجهيز الماء في هذه المرحلة، فيؤدي النمو غير الكافي الى قلة عدد الحبوب، والذي يرتبط بالكتلة الحيوية (Fischer،1985). يعد التأخير في موعد الزراعة السبب الشائع لقلة النمو الخضري، ومثلها نقص التغذية، وخصوصاً النتروجين، وكذلك انخفاض الكثافة النباتية. بالمقابل، فان النمو الخضري الزائد نتيجة التبكير بموعد الزراعة او الإفراط في اضافة النتروجين. في ظروف الجفاف المتطرف او المتأخر، تؤدي زيادة النمو الخضري الى إستنزاف ماء التربة، وتنعكس سلبياً على كمية الحاصل، اذ تتحدد كمية الماء المتوفر للنتح ويقل بالتالي حاصل الحبوب.

تحويل الكتلة الحيوية (Biomass) إلى حبوب

قال Passioura (2006) في دراسة قدمها لمجلة إدارة المياه الزراعيةAgricultural Walter Manaement "يعد توقيت التزهير من أهم الصفات التي يختارها مربو النباتات عند استهداف البيئات المحدودة المياه". على سبيل المثال، قد لا تكون المحاصيل التي تنمو في فصل الشتاء وتزهر في وقت مبكر جدًا قد أسست كتلة حيوية كافية لخزن وإمتلاء عدد كبير من البذور، وقد تكون أيضًا عرضة لأضرار العوامل المناخية، مثل الصقيع عند الإزهار. اما تلك الاصناف التي تزهر في وقت متأخر جدًا، فعلى الرغم من أنها قد جمعت عددًا كبيرًا من الحبوب لكل وحدة مساحة وبالتالي لديها إمكانات إنتاجية كبيرة، إلا أنها قد تفشل في ملء حبوبها بشكل كافٍ لأنها حصلت على أقصى استفادة من الري، ومع تزايد ندرة المياه اللازمة للزراعة المروية، فمن المرجح أن يتم استخدامها بشكل تكميلي، أي أن الري الكامل سيتم استبداله بالري الناقص الذي يستهدف فترات بدون أمطار تتزامن مع مراحل حساسة بشكل خاص من حياة المحصول. من الناحية المثالية، يعني الري التكميلي استخدام مياه ري محدودة بحيث تعطي أكبر حاصل.

لابد من، بل من الضروري الإشارة الى دليل الحصاد ودوره في تحويل الكتلة الحيوية الى حبوب، كونه يمثل النسبة لوزن الحبوب الى الكتلة الحيوية فوق سطح التربة. إزداد دليل الحصاد في العديد من المحاصيل في العقود الأخيرة نتيجة التحسين الوراثي للقدرة الإنتاجية وإدخال جينات القصر في محاصيل الحبوب، وما أفرزه من تقليل فرص الإضطجاع، فإزداد في الحنطة النامية في البيئات الجيدة بقوة من حوالي 0,33 الى 0,50 فانتجت زيادة غي عدد الحبوب/ م^2 مع تغير طفيف في وزن الحبة او الكتلة الحيوية (Evans، 1993). استفادت المنطقة شبه الجافة من هذه الزيادة في دليل الحصاد، حيث نمو وتطور ونضج المحصول في ظروف بيئية غير جيدة، بل ومتزايدة المؤثرات السلبية من حيث درجة الحرارة وقلة تجهيز الماء، فكان دليل الحصاد الجد حوالي 0,4. وعليه، من الضروري الإشارة الى ثلاثة تحديات رئيسة في الحصول على دليل حصاد جيد هي: 1) الحصول على تناسب أمثل بين احتياجات المرحلة الخضرية والمرحلة التكاثرية (الانتاج) لنتح الماء و2) حماية العقد (الخصوبة) للزهيرات من المشاكل البيئية الرئيسة (الحرارة ن الانجماد، ونقص الماء) و3) نقل صافي التمثيل الضوئي المخزون في الساق الى الحبوب (Bogale وTesfaye، 2016). يتوضح ذلك من الجدول (1) لعلاقة الارتباط لحاصل الحبوب بمكوناته وبعض الصفات الفسيولوجية في ثلاث مستويات من الشد الرطوبي لمراحل نمو تراكيب وراثية من الحنطة القاسية (الديورم) وكما ذكرها Bogale وTesfaye (2016). يتبين ان لمعدل الإمتلاء اليومي اعلى ارتباط بحاصل الحبوب ثم الكتلة الحيوية ودليل الحصاد وعدد حبوب السنبلة. اي ان الانتخاب غير المباشر للحاصل يمكن ان يكون بالإنتخاب لهذه الصفات، وخاصةً تلك التي يمكن قياسها بسهولة وبدقة عند حدوث الجفاف المتأخر او المبكر، اذ تكون وفرة الماء للنبات في مرحلة نموه المتقدمة حساسة جداً لشحة المياه، اي ان الماء عامل محدد للإنتاجية.

يفهم من ذلك ان التوازن الكاربوني في فترة إمتلاء الحبة، عندما يكون تجهيز الماء قليل، سيؤدي الى إنتاج كتلة حيوية قليلة وبالتالي غير قادرة على تحقيق دليل حصاد جيد. فالنمو الخضري الزائد يحدث نتيجة تجهيز فائض بالماء او التسميد النتروجيني قبل التزهير، ويتكون عنها عدد كبير من اطقم البذور، ولكنها غير قادرة على إنتاج مواد كربوهيدراتية لملىء الحبوب بشكل كافٍ (van Herwaarden وآخرون، 1998أ، ب).

إدارة وتحسين الحاصل

أكد Cooper وآخرون (202022) عدم اعتماد إنتاجية المياه على كيفية إدارة المحصول في دورة نموه فحسب، بل تعتمد أيضًا على كيفية ملاءمته لإدارة المزرعة ككل، سواء من ناحية الموقع (المكان) أو توقيت تلك الادارة (الزمن). علاوة على ذلك، فإن إدارة استخدام المياه من قبل المحاصيل قد تولد تأثيرات أخرى خارجية تؤدي إلى تملح الأراضي الجافة وتدهورها أو غيرها من العوامل. من الامثلة الشائعة في تطبيقات بعض النظم الزراعية، ادارة بقايا المحصول السابق Stubble management . تعد تغطية سطح التربة ببقايا المحصول المحصود من الوسائل الناجعة لتقليل التبخر. فالإحتفاظ ببقايا المحصو السابق، الوسيلة الأكثر اتباعا وكفاءة، مما يؤشر ضرورة تبني مثل هذه الممارسات الزراعية، فتتم زراعة لمحصول اللاحق على البقايا (ويصطلح عليه محلياً، الزراعة على الجل) بإستخدام المكننة او حتى الزراعة الحافظة المتعاقبة نسبياً (Mc Callum، 2005). في هذا الخصوص، تجدر الإشارة الى بعض المشاكل الحيوية الناجمة عن وجود بقايا المحصول، والتي قد تسبب تقليل الحاصل، اي ما يتعلق بتوطن الآفات والاصابة بالمسببات المرضية قي البيئات الجافة وبقدر ما هي عليه في البيئات الرطبة، مما يتطلب تنويع زراعة المحاصيل المتعاقبة. إستخدمت رقائق البلاستيك مادة بديلة لبقايا المحصول لتقليل التبخر، إذ حصل Zhou وآخرون (2009) على زيادة عالية في حاصل الذرة عند استخدام جريش بقايا

المحصول مع الرقائق البلاستيكية بين خطوط الزراعة، وكانت الزيادة المتحققة في الحاصل نتيجة حصاد المياه ودفء التربة موازية لتقليل التبخر.

الجدول (1-16): معامل إرتباط بيرسن لحاصل الحبوب مع مختلف صفات النمو الفسيولوجية ومكونات الحاصل لتركيب وراثية من الحنطة القاسية (الديورم) نامية في شدود رطوبية لتلاث مراحل نمو بالمقارنة مع معاملة السيطرة control*.

الصفة	M1	M2	M3	Control
عدد الايام للتسنبل	0,359.-	0,399-	0,209-	0,252-
عدد الايام للنضج	0,402-	0,316-	0,054-	0,083-
مرحلة النمو الخضري	0,446-	0,348-	0,224-	0,153-
ارتفاع النبات	*0,362	0,218-	0,252-	0,430-
طول السنبلة	0,021	0,406	0,010	0,178-
عدد سنيبلات السنبلة	0,162	0,093	0,121-	0,284-
عدد حبوب السنبلة	**0,896	*0,510	**0,560	0,180
عدد الحبوب في السنيبلة	**0,603	0,419	*0,502	*0,526
وزن 100 حبة	**0,756	0,034	0,097	0,243
دليل الحصاد	**0,578	**0,789	**0,717	**0,770
الكتلة الحيوية الكلية (فوق الارض)	**0,787	**0,800	**0,817	0,452
مرحلة (فترة) امتلاء الحبة	0,296	0,210	0,101	0,216
المعدل اليومي لإمتلاء الحبة	***0,964	***0.922	***0,984	**0,851

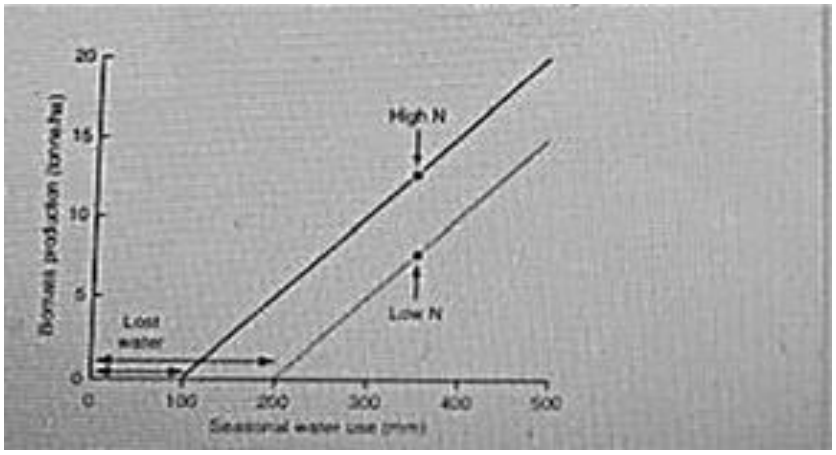
*، **، *** تعني معنوية عند مستوى احتمال 0,05 و 0,01 و0,001 على التوالي وM1 تعني الشد الرطوبي المستمر من مرحلة التفريع وحتى النضج الفسيولوجي و M2 هي الشد الرطوبي من التزهير واطلاق المتوك وحتى النضج الفسيولوجي وM3 تمثل الشد الرطوبي من مرحلة إمتلاء الحبة وحتى النضج الفسيولوجي، اما معاملة السيطرة (control)، فتعني المحافظة على شد رطوبي قدره 75% من السعة الحقلية، في الوقت الذي يكون محتوى رطوبة التربة لمعاملات الشد الثلاث 35-50% من السعة الحقلية.

اما بالنسبة لمحاصيل البيئة الجافة، التي لا تسبب جفاف مقطع التربة الى 1,5 ميگاباسكال مما هو في منطقة الجذور (Jordan وMiller، 1980)، ربما تترك أكثر من 50 ملم من الماء المتوفر في التربة (Christopher وآخرون، 2008). فتعطي الترب المتملحة او ذات تركيز البورون العالي, تسحب ماء غير كامل أكثر من غيرها من الترب (Rodriguez وآخرون، 2007 وAdcock وأخرون، 2007). أشار Angus و Herwaarden (2001) الى ان زيادة تجهيز النتروجين لمحصول تؤدي الى زيادة استخلاص الماء، ولكل حالة 7 ملمن اي ما يعادل زيادة في مقطع التربة من 3 الى 5 ميگاباسكال في عمق التربة بين 0,3- 0,8 م في منطقة الجذور.

لابد من الإشارة الى فترة بقاء المحصول في الأرض كونها من العوامل المؤثرة في كمية الماء المستخلص من التربة، ومثلها لموسم النمو الشتوي او الصيفي. في مقارنة لإواع المحاصيل النامية في البيئة الجافة التي تعتمد عى الماء المتبقي في التربة، أشار Angus واخرون (1983) الى التناسب مع فترة بقاء المحصول في الأرض، والتي اختلفت بين 65 و103 يوم، فلوحظ ان فترة نمو المحصول القصيرة، مثل الماش الذي ينضج في وجود نقص ماء واضح (كما الحالة التي تتم فيها زراعة محصول الماش بعد حصاد الحنطة في العراق)، بينما يستمر محصولي فستق الحقل وفول الصويا مثلاً في إستخلاص الماء المضاف من طبقات التربة، بما يتجاوز الحد الأوطاء لها.

من المهم جداً الاشارة الى ستراتيجيات وتكتيك إدارة المحصول (وهذه تبدأ قبل موعد الزراعة، مثل تعديل نقص العناصر الغذائية ومعدل البذار). في الاراضي الجافة، تكون الزراعة المبكرة أحد الستراتيجيات المعتمدة لتنظيم كفاءة الإستهلاك المائي (Stapper و Harris، 1989). ومن الأمثلة الأخرى ما ذكره Cakmak وأخرون (1996) حول أضافة عنصر الزنك للتربة لتعويض نقص التغذية ورفع القدرة الانتاجية، إذ يتبين ان التبخر المباشر للماء من سطح التربة (E_s) يمثل الفقد الرئيسي للماء في موسم النمو، ويعد فقداً غير منتجاً يمكن تقليله بالادارة الحقلية الناجحة اولاً وزراعة التراكيب الوراثية الجيدة.، وان إنخفاض كمية الكتلة الحيوية، في علاقتها مع كمية الماء المجهز موسمياً عند قلة تجهيز النتروجين عما لو تم تجهيزه بوفرة

بالسماد المعدني، فالميل يمثل 50كغم/ ه/ ملميتر من الماء الذي تم نتحه، بينما تمثل نقطة التقاطع مع الاحداثي السيني عند 100 ملم تمثل كمية الماء التي يفقدها المحصول بالتبخر من سطح التربة (الشكل، 2).



الشكل (2): الكتلة الحيوية وعلاقتها بالماء المجهز للمحصول طيلة موسم النمو.

فرص التربية الجزيئية للنباتات لتحسين إنتاجية المياه

يتبين مما سبق كيفية تداخل (تفاعل) طرائق التربية والتحسين الوراثي مع الهندسة الزراعية واساليب ادارتها بشكل يؤكد وجوب تحسين إنتاجية المياه للمحاصيل المزروعة في الاراضي الديمية (البعلية). في الوقت الذي يكون لدى مربي النبات العديد من الصفات المهمة من الناحية الزراعية والتي تكون سهلة السيطرة والقياس والمتابعة، على سبيل المثال موعد التزهير وارتفاع النبات، أما الصفات الأخرى، خاصة تلك المتعلقة بأداء الجذور، يكون من الصعب التعامل معها. وعليه، أصبح الانتخاب بمساعدة المعلمات (الواسمات) الجزيئية (MAS) مفيدًا بشكل متزايد، ويوجد حوالي 50 معلم جزيئي مدرج على موقع Plantstress كما في موقع النت (www.plantstress.com/biotech/index.asp?Flag=1). من المرجح أن يكون التحسين في إنتاجية المياه، مساوياً تقريباً، لتحسين ادارة الهندسة الزراعية والأصناف المتفوقة المحسنة، إذ ان تحسين أي منهما سيؤدي إلى تحفيز التحسين في الآخر، وهذا ما حدث في الماضي القريب، ولا يوجد سبب آخر لتوقع تغير هذا الأسلوب (Passioura و Angus، 2010). إن تطوير التوقعات حول ما يمكن أن يكون عليه المحصول المحسن لظروف شحة المياه ان يكون حافزاً مهماً للطريقة التي يفكر بها مختصي ادارو واتاج المحصول وحتى المزارعون أنفسهم (راجع كتاب تربية النبات التشاركية مع المزارعين Plant Breeding and Farmer participation، Ceccarelli وآخرون، 2009).

يستنتج ان التحسين الوراثي لتحمل او مقاومة الجفاف ورفع القدرة الانتاجية لمحاصيل الحبوب من 1% الى 1,6- 2% في كل سنة لواجه التغيرات المناخية وشحة المياه العذبة وارتفاع درجة الحرارة وتملح التربة، بتسخير الموارد الوراثية وتحسين كفاءة طرائق التربية التقليدية واستكشاف طرائق جديدة وتسخير التكنولوجيا الحيوية (Rosegrant و Agcaoili، 2010).

.