

ري وتسميد المحاصيل الزراعية

Irrigation and Fertilization of Agricultural Crops

أولاً: الري Irrigation

الماء هو أساس الحياة على سطح هذه الكرة الأرضية حيث يشكل الوزن الأعظم من جسم الكائن الحي . وصدق الله العظيم حين قال (وجعلنا من الماء كل شيء حي . الأنبياء - ٣٠) . ولقد ازدادت أهمية الماء مع مرور الأيام لما له من دور كبير ومؤثر وفعال في مشاريع التنمية الزراعية في جميع مناطق العالم . لذا فإن المملكة العربية السعودية والتي تعد من الدول قليلة الموارد المائية أصبحت الآن حريصة كل الحرص على الاهتمام بالمياه وتنميتها وحماية مصادرها وترشيد استهلاكها . لذا فإن ترشيد استخدام مياه الري يعود بالخير والنفع على الوطن ويساعد على زيادة معدلات إنتاج الغذاء لتحقيق الأمن المائي و الغذائي لأبناء هذا الوطن الغالي.

تعريف الري وأهميته

يعرف الري بأنه إمداد الأرض بالماء لتتمكن من توفير الاحتياجات المائية اللازمة لنمو النبات أو بمعنى اعم هو إضافة الماء للأرض لتحقيق أحد أو بعض من الأهداف التالية :-

- ١- إمداد النباتات بالرطوبة اللازمة لنموها.
- ٢- حماية النباتات من التعرض لإجهاد الجفاف والحرارة.
- ٣- ترطيب التربة والهواء الجوي المحيط بالنبات وذلك لتهيئة الظروف المناخية الملائمة لنمو النبات.
- ٤- غسيل أو تخفيف تركيز الأملاح في التربة .
- ٥- تسهيل عمليات خدمة الأرض من حرث وخلافه.
- ٦- زيادة قدرة النباتات على امتصاص وانتقال العناصر الغذائية.

مصادر مياه الري بالمملكة

- ١- مياه الأمطار وهي قليلة وغير منتظمة ولا يتعدى المتوسط العام للهطول السنوي عن ١٥٠ مم/ العام (١٥٠٠ مم^٣/هكتار/العام) لذا فالمملكة العربية السعودية تصنف ضمن المناطق الجافة من العالم وذلك حسب الجدول رقم (١).
- ٢- المياه السطحية وهي تلك المياه الموجودة على أعماق قربه من سطح الأرض وتعتمد اعتماد كبير في إمدادها على مياه الأمطار.
- ٣- المياه الجوفية وهي المياه المترسبة خلال الطبقات النافذة إلى باطن الأرض حيث تتجمع فوق طبقة صماء مكونه بذلك الخزانات الجوفية وهذه المياه توجد على أعماق كبيرة .
- ٤ - مياه العيون وتوجد بأعداد محدودة في بعض مناطق المملكة.
- ٥- المياه المحلاة وهذا مصدر مكلف ويستخدم فقط للاستهلاك البشري.

٦- مياه الصرف الصحي المعالج وهذا مصدر جيد يمكن الاعتماد عليه في ري بعض أنواع المحاصيل الزراعية.

جدول رقم ١ - تقسيم مناطق العالم حسب المعدل السنوي لتساقط الأمطار.

المنطقة	معدل التساقط السنوي (مم / عام)
المناطق الرطبة Humid regions	أكثر من ١٠٠٠ مم / عام
المناطق تحت الرطبة Sub humid regions	٥٠٠ - ١٠٠٠ مم / عام
المناطق شبه الجافة Semi arid regions	٢٥٠ - ٥٠٠ مم / عام
المناطق الجافة Arid regions	أقل من ٢٥٠ مم / عام

المصدر خليل (١٩٩٨م)

طرق الري Irrigation Methods

إن طرق الري كثيرة ومتعددة ويمكن للمزارع اختيار الطريقة المناسبة لظروف المزرعة إلا أنه تحت ظروفنا المحلية والتميزة بقلّة الموارد المائية ينصح باستخدام الطريقة الأكثر كفاءة في توفير المياه وهذا يعتمد على الامكانيات المتوفرة لدى المزارع وكذلك نوع التربة وطبوغرافيتها ونسبة الأملاح بها ونوع الزراعة والتركيب المحصولي والظروف البيئية المحيطة بذلك النبات ومصادر المياه المتاحة. وتعرف طريقة الري المثلى بأنها تلك الوسيلة أو ذلك النظام الذي يزود التربة بالكمية المناسبة من مياه الري التي تحتفظ بها التربة لإمداد المحاصيل الزراعية باحتياجاتها المائية الضرورية لنموها وبأقل كمية من الفقد مع الأخذ في الاعتبار التكلفة الاقتصادية وعلى العموم يمكن تقسيم طرق الري إلى أربعة أقسام رئيسية هي :

أولاً : الري السطحي Surface Irrigation

وهي غمر سطح التربة بالمياه وهي الطريقة التقليدية السائدة إلا إنها أقل كفاءة نظراً لزيادة الماء الفاقد سواء فقد جوي عن طريق البخر أو فقد أرضي عن طريق التسرب. وتشمل هذه الطريقة ثلاثة أنواع هي :

١- الري بالأحواض ٢- الري بالشرائح ٣- الري بالخطوط

حيث في الطريقة الأولى والثانية يلامس الماء جميع سطح التربة أما في طريقة الخطوط فإن الماء يلامس بعض أجزاء التربة وبالتالي تكون أقل فقداً لمياه الري مقارنة بطريقتي الأحواض والشرائح. وعمل العموم فالري السطحي من أكثر الطرق شيوعاً في معظم مناطق العالم نظراً لسهولة وانخفاض تكلفته الاقتصادية خاصة عند توفر مياه الري إلا أنه تحت ظروف المملكة فهو طريقة مستهلكة للمياه لذا لا ينصح بها خاصة في المزارع الكبيرة.

ثانياً : الري تحت السطحي Subsurface Irrigation

حيث يتم في هذه الطريقة تزويد التربة بالماء تحت السطح مباشرة مع التحكم في مستوى الماء الأرضي حسب تعمق الجذور. و تستخدم هذه الطريقة في المناطق الرطبة وشبه الرطبة من العالم إلا أنه نظراً لأهميتها الاقتصادية في توفير المياه خاصة تحت ظروف المناطق المحدودة المياه مثل المملكة فقد بدأت بعض الأوساط العلمية في تطبيقها محلياً وقد أظهرت التجارب الأولية نتائج مبشرة (قسم الهندسة الزراعية - جامعة الملك سعود) حيث أدت إلى تقليل الفاقد من مياه الري. ومن الشروط اللازمة لنجاح هذا النظام هي : ١- تجانس الأرض في القوام وأن تكون عالية النفاذية. ٢- خلو الأرض وماء الري من الأملاح إلى حد ما. ٣- بعد الطبقة الصماء من سطح التربة. ٤- معرفة طبيعة نمو جذور المحاصيل المنزرعة وكذلك احتياجاتها المائية. ٥- التمكن من خفض مستوى الماء الأرضي وغسيل الأملاح عند الضرورة. ومن أهم مميزات هذا النظام هي توفير الماء والعمالة و مساحة الأراضي المنزرعة وكذلك سهولة إجراء عمليات الخدمة الزراعية وأيضاً فإن هذا النظام يقلل من فقد الماء بسبب عملية البخر. إلا أن من أهم عيوب الري تحت السطحي هي ارتفاع تكاليف الإنشاء والتشغيل واحتياج شبكة الري إلى الصيانة المستمرة واحتمال زيادة نسبة الأملاح في التربة مما يسبب أضراراً للنبات وأنابيب الري.

ثالثاً : الري بالرش Sprinkler Irrigation

يتم في هذه الطريقة دفع المياه للجو تحت ضغط من خلال فتحات أو رشاشات في صورة رذاذ حيث يتساقط على سطح التربة محاكياً تساقط الأمطار ليصل بمنطقة الجذور إلى المحتوى الرطوبي المناسب. وهذا النظام صالح لمعظم المحاصيل الزراعية نظراً لسهولة تصميمه ومرونته الكبيرة وإمكانية التحكم في تشغيله كما أنه يوفر في مساحة الأرض المنزرعة وفي استخدام الأيدي العاملة، أيضاً يمكن استخدامه في حقن الأسمدة لتوفير احتياجات النبات من العناصر الغذائية عن طريق الرش على الأوراق كما يستخدم في حقن المبيدات الفطرية والحشرية لمقاومة الأمراض والآفات. كذلك فإن من أهم مميزات هذا النظام أنه يؤدي إلى الاقتصاد في المياه وتقليل الفاقد نظراً لإمكانية التحكم في كمية المياه المضافة للتربة مقارنة بالري السطحي لذا ينصح به تحت ظروف الموارد المائية المحدودة كالمملكة. إلا إن من عيوبه زيادة تكلفته الاقتصادية المرتبطة بالتشغيل والصيانة كذلك عدم جدواه عند استخدام مياه ذات ملوحة عالية التركيز نظراً للأضرار التي قد تلحق بأوراق النبات أو تتضرر أنابيب التشغيل واستهلاكها بسرعة بسبب تركيز الملوحة العالية. وأجهزة الري بالرش تشترك في فكرة التشغيل إلا أنها تختلف في الشكل العام والتصميم فمنها الأجهزة المتحركة والأجهزة الثابتة.

رابعاً : الري بالتنقيط Drip Irrigation

تعتبر من أحدث الطرق المستخدمة في الري وتتميز بكفاءة عالية نظراً لقلّة الاستهلاك المائي لها وانخفاض الفاقد بالتبخر مقارنة بالطرق الأخرى. تتركز الفكرة الأساسية في هذه الطريقة على إمداد النباتات بحاجتها من الماء وكذلك الغذاء وذلك من خلال فتحات صغيرة توجد قريبة من النبات وذلك بمعدلات سريان بطيئة ومتكررة

بحيث تحصل الجذور النامية على حاجتها المائية والغذائية بشكل جيد وملائم. ونظرا لمصادرنا المائية المحدودة والتي يستهلك القطاع الزراعي نسبة كبيرة منها قد تصل إلى ٨٠ % لذا سارعت حكومتنا الرشيدة ممثلة في وزارة الزراعة إلى تطبيق هذه الطريقة وخاصة في مجال محاصيل الخضار والفاكهة وأشجار الزينة ومحاصيل البيوت المحمية. وتقيد الإحصائيات أن المساحات المروية بطريقة تقنية التقيط قد ارتفعت من ٦٦٦ هكتار في عام ١٩٨١م إلى ٦٧٣٩ هكتار في عام ١٩٩١م (العمود ١٤١٩هـ). وعلى العموم فإن هذا النظام رغم كفاءته العالية في الاقتصاد في مياه الري إلا أن جدواه الاقتصادية معدومة مع المحاصيل الحقلية نظرا لارتفاع تكلفته الإنشائية لذا فهو محصور فقط على المحاصيل البستانية. أيضا فهو لا يخلو من بعض العيوب مثل مشاكل انسداد المنقطات وملوحة مياه الري وحدوث تلف في أنابيب التقيط أو حوامل المنقطات

جدولة الري

ويقصد بها توقيت وتحديد ميعاد الري الذي عنده يجب إضافة ماء الري للتربة لكي يحصل النبات على احتياجاته المائية في الوقت المناسب. وهذا يعتمد على عدة عوامل أهمها الحالة المائية لكل من النبات والتربة وكذلك الظروف المناخية المحيطة بالنبات النامي. وعلى العموم فإن جدولة الري تشمل الطرق التالية:-

أولا - الطرق التقليدية وهي مع الأسف الشديد هي الطرق المتبعة لدى العديد من المزارعين وحتى بعض الشركات الزراعية والمقصود بها تحديد ميعاد الري بناء على اجتهادات فريده متوارثة تتمثل في مدة زمنية معينة كـري أسبوعي أو اقل أو أكثر دون الأخذ في الاعتبار مدى حاجة النبات للماء . وهذه طريقة تستهلك كمية كبيرة من المياه دون مبرر علمي . لذا يجب التخلص منها . كذلك فإن هناك اعتقاد لدى الكثير من المزارعين بأن إضافة ماء الري بكمية كبيرة يزيد من الإنتاجية الزراعية وهذا أيضا اعتقاد خاطئ فالنبات له احتياج مائي محدد وأي كمية أعلى من تلك الاحتياجات فإنها تؤدي إلى أضرار كثيرة منها:

١- نقص تهوية التربة وتراكم ثاني أكسيد الكربون حيث يثبط قدرة الجذور على امتصاص الماء والعناصر الغذائية. ٢- غسيل العناصر الغذائية من التربة وإبعادها من منطقة الجذور.

٣- استنزاف مياه دون مبرر مما يسبب لنا أزمة في مواردنا المائية. ٤- نقص الإنتاجية النهائية.

والجدول رقم ٢ يوضح تجربة حقلية على محصول القمح حيث تم استخدام ثلاث فترات ري وهي اسبوعي وكل أسبوعين وري شهري وأثبتت النتائج أنه لا يوجد فروق معنوية في إنتاجية محصول القمح بين الري الأسبوعي وكل أسبوعين خلال فصل الشتاء وتحت ظروف منطقة الرياض (الدرفاسي وآخرون ١٩٩٩م).

جدول ٣- تأثير فترات الري على محصول القمح ومكوناته المنزرع تحت ظروف المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية وذلك خلال موسمي الزراعة ١٩٩٥ و ١٩٩٦م.

فترة الري	عدد السنابل في م ^٢	وزن ١٠٠٠ حبة (جم)	محصول الحبوب (طن/هكتار)	المحصول الحيوي (طن/هكتار)	دليل الحصاد (%)
ري أسبوعي	٨٣٦ أ	٣٩.٣ أ	٥.٢ أ	١٥.٥ أ	٣٤ أ
ري كل أسبوعين	٧٨٨ أ	٣٧.٩ أ	٤.٩ أ	١٤.٥ أ	٣٤ أ
ري شهري	٧٨٨ أ	٣٥.٥ ب	٤.٢ ب	١٣.٢ ب	٣٢ أ

المصدر: الدرفاسي وآخرون (١٩٩٩م). الحروف المتشابهة في كل عمود تدل على عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى اختبار ٥%.

ثانياً- الطرق الحديثة وهي طرق مبنية على أسس علمية تأخذ في الاعتبار عدة عوامل تؤثر في الاستهلاك المائي ومن هذه الطرق ما يعتمد على العوامل المناخية وهي عديدة لاجال لذكرها ومنها ما يعتمد على عوامل التربة ومنها ما يعتمد طبيعة النبات وأفضل هذه الطرق جمعها هو ما يأخذ في الاعتبار جميع العوامل السابقة من مناخية وأرضية ونباتية. إلا أن العوامل المناخية هي الأهم والأكثر قدره في تحديد الاحتياجات المائية للنبات حيث أن ٩٥-٩٨% من مياه الري المضافة للتربة تفقد في عملية البخر- نتح وهذه العملية تعتمد اعتماد كبير على العوامل المناخية من حرارة وإشعاع ورطوبة ورياح ... الخ. ومن أمثلة هذه الطرق الحديثة :-

١- جدولة الري باستخدام دليل الإجهاد المائي للمحصول (CWSI). وهذا الدليل يأخذ في الاعتبار العوامل المناخية من درجة حرارة الجو والرطوبة النسبية ودرجة حرارة النبات وكذلك الحالة المائية للتربة والمحصول . ويتم تقسيم هذا الدليل إلى عشرة أجزاء متساوية حيث كل جزء يشير إلى الحالة المائية لكل من التربة والنبات ويحدد ميعاد الري المناسب وهذه الطريقة حديثة وتحتاج إلى تقنية عالية تعتمد على نظرية الاستشعار عن بعد لقياس درجة حرارة الغطاء النباتي وعلاقة ذلك بالحالة المائية لكل من التربة والنبات. لذا ينصح بها على مستوى الشركات الزراعية والتي تتوفر بها الموارد المالية والعلمية . حيث تقوم الشركة باختبار هذه الطريقة تحت ظروف المملكة ومن ثم التوصية بنتائجها على مستوى المزارع العادي .

تم نشر نتائج هذه التجربة في مجلة إدارة المياه الزراعية تحت عنوان " استخدام دليل الإجهاد المائي للمحصول في دراسة الحالة المائية وجدولة الري في محصول القمح" المجلد ٧٤ العدد الأول ص ٧١-٧٧ (٢٠٠٠م) . وقد توصل الباحثان (الدرفاسي و نيلسن ٢٠٠١م) إلى أن جدولة الري باستخدام هذه الطريقة قد أعطت نتائج جيدة في دراسة الحالة المائية للنبات وجدولة الري ويوصى باستخدامها لمعظم المحاصيل الزراعية حيث أنها تعتمد في الأساس على العوامل المناخية والتي يعزى إليها معظم الاستهلاك المائي للنبات خاصة تحت ظروفنا المحلية.

٢- جدولة الري باستخدام وعاء البخار (CPE) وهذه الطريقة تعتمد على قياس كمية الماء المتبخر من هذا الوعاء على أساس عمق تراكمي محسوباً بالملم . وهذه طريقة سهلة لاتحتاج إلى تقنية عالية وكل مزارع يستطيع استخدامها في مزرعته. وفكرة هذه الطريقة تعتمد على أن معظم الماء المضاف للمحصول أثناء عملية الري يفقد على شكل بخار-نتج وهذه الكمية المفقودة تعتمد اعتماد كبير على العوامل المناخية لذا فإن هذه الطريقة تعطي المزارع دلالة كبيرة عن ميعاد الري الذي يحتاج إليه النبات فعلاً. حيث أن كمية الماء الفاقدة من هذا الوعاء مرتبطة تماماً بالعوامل البيئية التي هي الأساس في تحديد الاحتياجات المائية لمحصول ما. وقد تم إجراء عدة تجارب باستخدام هذه الطريقة تحت ظروفنا المحلية حيث أتضح أن هذه الطريقة قد وفرت كمية من مياه الري وصلت إلى ٢٥% مقارنة بالطرق التقليدية والتي تعتمد فقط على الفترة الزمنية بين الريات دون الأخذ في الحسبان العوامل المناخية (الدرفاسي ٢٠٠٠م) ، الشكل ١ والجدول ٤ و ٥ .



شكل (١)
وعاء البخار

جدول ٤ - تأثير جدولة الري على بعض الصفات المحصولية في القمح المنزرع خلال الموسم الزراعي ١٩٩٤-١٩٩٥ م.*

جدولة الري من وعاء البخر (مم)	كمية مياه الري المضافة خلال الموسم (مم)	عدد السنابل / م ^٢	محصول القش (طن/هكتار)
-	-	١٩٩٤ ١٩٩٥	١٩٩٤ ١٩٩٥
٥٠	٨٠٠	٥٠٦ ٦٢٣	١٣.٥ ١٤.٥
١٠٠	٦٠٠	٤٧١ ٦١٠	١٢.٣ ١٤
١٥٠	٤٠٠	٣٩٤ ٥٥٠	١٠.٢ ١٢.٥
أقل فرق معنوي	-	٤٥ ٥٠	١.٤ ١.٣

* المصدر: الدرفاسي (٢٠٠٠م)

جدول ٥ - تأثير جدولة الري على إنتاجية المحصول وكفاءة الاستهلاك المائي في القمح المنزرع خلال الموسم الزراعي ١٩٩٤-١٩٩٥ م.*

جدولة الري من وعاء البخر (مم)	كمية المياه المضافة خلال الموسم (مم)	محصول الحبوب (طن/هكتار)	كفاءة الاستهلاك المائي (كجم/هكتار/مم)
-	-	١٩٩٤ ١٩٩٥	١٩٩٤ ١٩٩٥
٥٠	٨٠٠	٥.٤٢ ٥.٥	٢٣ ٢٤.٥
١٠٠	٦٠٠	٥ ٤.٩	٢٨.٦ ٣١.٨
١٥٠	٤٠٠	٣.٥٧ ٤	٣٤.٦ ٤١
أقل فرق معنوي	-	١.٤١ ٠.٧	٥.٥ ٦.٩

* المصدر: الدرفاسي (٢٠٠٠م)

العوامل المؤثرة في قدرة النبات على امتصاص ماء التربة

إن عمليتي امتصاص الماء بواسطة الجذور وفقدانه في عملية النتح هما عمليتان متلازمتان مع بعضهما البعض لذا فإن العوامل المؤثرة في الامتصاص تؤثر أيضاً في النتح وأي اختلال في التوازن بين تلك العمليتين قد يعرض النبات للإجهاد المائي وبالتالي الذبول. ويمكن تقسيم تلك العوامل المؤثرة في قدرة النبات على امتصاص الماء إلى عوامل تربيته وعوامل خاص بالنبات وعوامل مناخية تحيط بذلك النبات المنزرع.

أولاً (عوامل التربة (Soil Factors) وتشمل :-

١- توفر ماء التربة وخاصة ذلك الجزء الذي تحتويه التربة بين سعتها الحقلية ونقطة الذبول ، حيث يزداد الامتصاص في تلك المنطقة أما إذا نقص الماء عن تلك الحدود فقد يصعب على الجذور امتصاصه ولاسيما عند وصوله إلى نقطة الذبول وهذا يختلف حسب نوعية التربة والنبات .

٢- تركيز محلول التربة حيث ينخفض معدل امتصاص الماء كلما زاد تركيز الأملاح في التربة نتيجة لزيادة الضغط الأسموزي لمحلول التربة مما يسبب نقص في الجهد المائي الكلي وبالتالي قلة حركة الماء باتجاه الجذور وصعوبة امتصاصه مما قد يسبب ذبول النبات وعلى العموم تختلف النباتات في قدرتها على التغلب على هذه الأسموزية وذلك حسب تركيبها الوراثي فالنباتات الملحية تستطيع امتصاص الماء حتى في تراكيز ملحية عالية .

٣- تهوية التربة حيث تزداد سرعة امتصاص الماء في الأراضي الجيدة الصرف إلا أنه عند زيادة تشبع التربة بالماء نتيجة للري الزائد فإن ذلك يؤدي إلى نقص الأكسجين وتراكم ثاني أكسيد الكربون مما يسبب سوء التهوية حول الجذور النباتية وبالتالي إعاقة الامتصاص. لذا فإن امتصاص الماء يكون أسرع في التربة جيدة التهوية مقارنة بالتربة الرديئة.

٤- درجة حرارة التربة ، تزداد سرعة امتصاص الماء بزيادة درجة حرارة التربة إلى حد معين ، أما عند انخفاضها فإن ذلك يقلل من سرعة الامتصاص حيث تسبب درجات الحرارة المنخفضة زيادة لزوجة البروتوبلازم مما يؤدي إلى نقص معدل نفاذية الجذور للماء الممتص.

٥- التوصيل المائي للتربة وهذا يختلف باختلاف نوعية التربة وخاصة القوام والبناء ، فالتوصيل الرطوبي للتربة الرملية أقل منها في الأنواع الأخرى. وتؤثر حركة الماء في التربة على سرعة إمداد الجذور بالماء من المناطق البعيدة عن سطح الامتصاص.

ثانياً (عوامل نباتية (Plant Factors)

تختلف قدرة النباتات في امتصاص الماء من التربة باختلاف الصفات المورفولوجية والفسيولوجية وكذلك نوع النبات ومرحلة نموه. ومن أهم تلك الصفات المؤثرة مايلي :-

١- صفات المجموع الجذري وتشمل تعمق الجذور وانتشارها، نفاذية الجذور واختلاف فعاليتها أي مدى قابليتها للامتصاص ومقاومتها للظروف البيئية المحيطة وهذا يعود بالطبع للعوامل الوراثية.

٢- صفات المجموع الخضري وخاصة مساحة المسطح الخضري الذي يمثل سطح الفقد بواسطة عملية النتح وهذا بدوره يزيد من قدرة النبات في امتصاص ماء التربة . وعموماً تزداد سرعة امتصاص النبات للماء بزيادة مساحته الورقية ونسبة المجموع الجذري للمجموع الخضري.

ثالثاً (عوامل مناخية (Climatic Factors)

تناسب كمية الماء الممتص طردياً مع كمية الماء الفاقد بالنتح لذا فإن زيادة معدل النتح يزيد من معدل الامتصاص خاصة عند توفر ماء التربة. ومن أهم العوامل المناخية المؤثرة في ذلك هي شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وسرعة الرياح.

تأثير الماء في إنتاجية المحاصيل الزراعية

لاشك أن الماء من أهم العوامل المؤثرة في إنتاجية المحاصيل الزراعية وهو العامل الأول المحدد لمدى التقدم الزراعي وخاصة تحت ظروف المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تقع المملكة العربية السعودية في نطاق تلك المناطق التي تعاني من نقص حاد في الموارد المائية. وتوزيع النباتات في مناطق العالم تعتمد بشكل مباشر على توفر الماء وأيضاً فإنه يتحدد توزيع الغطاء النباتي بكميات المياه المتوفرة. بالإضافة إلى تأثير الماء في انتشار وتوزيع النباتات في الطبيعة فإن الماء يؤثر في سرعة نمو النباتات وتكاثرها. لذا كان الاهتمام بالموارد المائية وتنميتها من أهم الأولويات في السياسة الحكومية الخاصة بتطوير وتوفير الأمن المائي والغذائي لمواطني هذا البلد المعطاء .

يشكل الماء نسبة كبيرة من وزن النبات الطري تختلف حسب طبيعة النسيج تصل إلى ٨٠ - ٩٠ % من وزن النبات وتقل هذه النسبة في البذور إلى ٥ - ١٢ %. يحتاج النبات الماء في جميع أطوار نموه. فالبذور لا تنبت إلا بتوفر الماء وانقسام واستطالت الخلايا تحتاج إلى الماء وعملية البناء الضوئي لا تتم إلا بوجود الماء كمصدر للإلكترونات اللازمة في اختزال ثاني أكسيد الكربون. كما أن الأنزيمات المختلفة لا تنشط إلا في وجود الماء أيضاً فإن الماء هو الذي يحافظ على بقاء الأوراق غضة ومنتصبه حيث يكون الضغط الانتفاخي في حالة موجبة. والماء ضرورياً في جميع التفاعلات الحيوية داخل النبات حيث أن الماء مذيب عام لمعظم المواد الموجودة في الخلية النباتية وبدونه لا يمكن للعمليات الحيوية أن تتم. أيضاً فتوفر الماء في التربة يساعد على ذوبان العناصر الغذائية وسرعة تحركها في النبات مما يحسن الحالة المائية والغذائية للنبات. يعتبر الماء عاملاً هاماً في تبريد النبات عند تعرضه للإجهاد الحراري حيث يستهلك النبات طاقة حرارية عالية في عملية النتح وبذا يخفف من تأثير الحرارة العالية. لذا فإن الماء أساسي في حياة النباتات وأي نقص في الاحتياجات المائية للنبات لاشك أنها ستؤدي إلى أضرار كبيرة سواء على مستوى النبات أو على المستوى العام لإنتاجية المحاصيل الزراعية. ويمكن أن نلخص أهم التأثيرات الناتجة من نقص الماء كالتالي :-

أولاً : تأثيرات على النباتات وتشمل

- ١- نقص الماء يسبب الذبول المؤقت أو الدائم. ٢- يبطئ العمليات الحيوية داخل النبات.
- ٣- يسبب انخفاض في النمو الخضري والزهري. ٤- يقلل من حركة العناصر والمواد الغذائية في النبات.
- ٥- يؤدي إلى التبريد في النضج ويكون مصحوباً بنقص الإنتاجية. ٦- يؤثر على نوعية الإنتاج وخاصة في محاصيل الخضار.

ثانياً : تأثير نقص المياه على إنتاجية المحاصيل الزراعية ، حيث أن نجاح الزراعة في مناطق العالم وخاصة المناطق الجافة وشبه جافة كظروف المملكة تعتمد اعتماد كبير على مدى توفر مياه الري لذا فإن أي نقص في توفر المياه قد يؤدي إلى :-

- ١- إعاقة التقدم الزراعي.
- ٢- تحديد نوعية المحاصيل المنزرعة.
- ٣- استنزاف المخزون الأرضي من المياه في عمليات الري خاصة على المدى الطويل.
- ٤- نقص في الكفاءة الإنتاجية.
- ٥- نقص في كمية الغذاء.
- ٦- نقص في الاكتفاء الذاتي خاصة من الحبوب الهامة.
- ٧- الاعتماد على الاستيراد.

الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية والعوامل المؤثرة فيه

هو مجموع ما يستهلكه النبات ويفقده من الماء ويشمل :

- ١-الكمية المستهلكة بواسطة النبات في عملياته الحيوية الداخلية واللازمة لنموه وهذه نسبة قليلة جداً لا تتعدى ٥ % من كمية الماء المضاف للتربة.
- ٢-النتح وهو ذلك القدر من الماء الذي يفقد على صورة بخار من خلال الثغور النباتية ويشكل النسبة العظمى
- ٣-البخر وهو ذلك الماء المستنفذ بالبخر من سطح الأرض والسطوح المائية وسطوح أوراق النبات وعادة يطلق على الاستهلاك المائي باصطلاح البخر نتح حيث يصعب الفصل بينهما تحت ظروف الحقل.
- وعموماً تعرف الاحتياجات المائية للمحصول بأنها كمية الماء المستهلك بالبخر-نتح وذلك لإنتاج وحده الوزن من المادة الجافة للنبات وتختلف الاحتياجات المائية بين أنواع المحاصيل المختلفة وبين أصناف النوع الواحد تبعاً لكثير من العوامل التي تتعلق بالمحصول نفسه والظروف الجوية وظروف التربة.

لعوامل المؤثرة في الاستهلاك المائي

أولاً : عوامل مناخية وتشمل درجة الحرارة، الرطوبة الجوية، شدة الإشعاع الشمسي وسرعة الرياح.....الخ.

ثانياً : عوامل نباتية تشمل نوع النبات، مرحلة النمو، طول فترة النمو، قوة نمو المجموع الجذري وطبيعة النمو من حيث ارتفاع النبات، مساحة الأوراق، شكل الورقة ... الخ

ثالثاً : عوامل أرضية وتشمل: نوع التربة، لون التربة، أملاح التربة، مستوى الماء الأرضي، طبوغرافية الأرض وعمليات الخدمة الزراعية .

وتعتبر العوامل المناخية أهم تلك العوامل المؤثرة في قيمة الاستهلاك المائي حيث يعزى إليها أعلى نسبة من الاستهلاك المائي قد تصل إلى ٩٥-٩٨ % من الماء المضاف للتربة والذي يفقد على صورة بخار- نتح . لذا فإن جدولة الري التي تأخذ في الحسبان تأثير العوامل المناخية لهي الجدولة الأفضل والأكثر دقة وتوفيراً لمياه الري خاصة تحت ظروف المناطق الجافة وشديدة الحرارة مثل ظروف المملكة.

طرق ترشيد الاستهلاك المائي

أولاً: طرق وراثية وتتم عن طريق التحسين والانتخاب لنباتات ذات تراكيب وراثية لها المقدرة على التقليل من كمية الاستهلاك المائي وتشمل :-

١- انتخاب أصناف مقاومة للجفاف وهذا يعتمد على دراسات فسيولوجية تحدد نوع الآلية التي يحتويها الجين الوراثي ومن ثم الانتخاب لها ومن أهم هذه الآليات التي تساعد النبات على مقاومة الجفاف هي : الهروب (Escape) والتجنب (Avoidance) والتحمل (Tolerance) .

٢- انتخاب أصناف ذات كفاءة مائية عالية (WUE) ويقصد بهذا الاصطلاح كمية المادة الجافة الناتجة من استهلاك وحدة واحدة من الماء ويعبر عنها جم مادة جافة / كجم ماء أو كجم مادة جافة / هكتار/سم عمق ماء

ثانياً: طرق زراعية وتشمل :-

١- اختيار ميعاد الزراعة المناسب. ٢- اختيار الكثافة الزراعية الملائمة. ٣- التسميد الجيد والمناسب.

٤- مقاومة الحشائش والآفات.- استخدام بعض الهرمونات والمواد الكيماوية في تقليل معدل النتح وبالتالي

تحسين WUE

ثالثاً: استخدام مياه الصرف الصحي المعالج في ري بعض المحاصيل الزراعية وذلك للتقليل من الاعتماد على الموارد المائية التقليدية وقد وجد في تجربة أجريت لدراسة تأثير الري بماء الصرف الصحي المعالج على إنتاجية محصول القمح تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية أن الإنتاجية زادت وخاصة الإنتاجية العلفية باستخدام ماء الصرف الصحي المعالج مقارنة بماء الآبار كذلك فإن النبات المروي بماء الصرف الصحي المعالج كان أكثر قدرة في مقاومة الجفاف، ، جدول ٦ (الدرفاسي وآخرون ١٤٢٢).

جدول ٦- تأثير الري بماء الصرف الصحي المعالج مقارنة بماء الآبار على متوسط إنتاجية محصول القمح المنزرع تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية خلال موسمي ٩٥/٩٤ و ٩٦/٩٥ م.

المعاملات	عدد الحبوب في السنبلة	وزن ١٠٠٠ حبة (جم)	محصول الحبوب (طن/هكتار)	المحصول الحيوي (طن/هكتار)	دليل الحصاد (%)
فترة الري					
أسبوعي	٤٥.٥	٤٢.٣	٥.٧	١٨.١	٣١.٥
شهري	٤٤.٠	٤١.٨	٥.٣	١٥.٣	٣٤.٦
نوعية مياه الري					
صرف صحي	٤٤.٥	٤٣	٥.٦	١٧.٨	٣١.٥
آبار	٤٣.٥	٤١	٥.٢	١٥.٥	٣٣.٥

رابعاً: اختيار طريقة الري المناسبة (نظام الري) وهناك طرق عديدة للري يمكن للمزارع اختيار أي منها إلا أن الطريقة المثلى هي تلك التي تؤدي إلى تحسين كفاءة استغلال المياه. ومن العناصر الأساسية التي يعتمد عليها عند اختيار نظام ري معين مايلي:-

- ١- مدى توفر مياه الري.
- ٢- طبوغرافية الأرض المراد زراعتها.
- ٣- بعد أقرب الماء الأرضي من سطح الأرض.
- ٤- العوامل المناخية بالمنطقة.
- ٥- نوع التربة ونسبة الأملاح بها.
- ٦- نوع المحاصيل المراد زراعتها.

خامساً: جدولة الري وهي إضافة ماء الري للنبات على أسس علمية تأخذ في الاعتبار العوامل الثلاثة التي سبق ذكرها وهي العوامل المناخية والأرضية والنباتية وذلك بهدف تقنين وترشيد استخدام مياه الري للحصول على إنتاجية عالية بأقل كمية من المياه مما يزيد من كفاءة استخدام المياه و يضمن لنا المحافظة على مواردنا المائية المحدودة على المدى الطويل. والمقصود بالجدولة هو تحديد ميعاد الري وكمية المياه المضافة في كل رية بناء على أسس علمية دقيقة .

ثانياً : التسميد Fertilization

تعتمد المحاصيل الزراعية بصفة عامة على التربة لإمدادها بكل من الماء والعناصر الغذائية الذاتية اللازمة لنمو النبات وذلك من خلال محلول التربة الذي يمتصه النبات بواسطة مجموعه الجذري المنتشر في التربة. ويعتبر التسميد من أهم العوامل المؤثرة في تحسين و زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية وخاصة تحت ظروف الأراضي الفقيرة في محتواها من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات.

تعريف السماد وأهميته

هو عبارة عن المادة أو المواد المستخدمة في تحسين خواص التربة و تغذية المحاصيل الزراعية بهدف زيادة الإنتاج حيث تمد النباتات بالعناصر المغذية مباشرة أو غير مباشرة لكي يتحسن نموها ويزيد إنتاجها كما ونوعاً. ويطلق على الأسمدة لفظ المخصبات Enrichments أي المواد التي تزيد من خصوبة التربة من العناصر الغذائية الميسرة للنبات أي يستطيع النبات امتصاصها. ولقد بدأ إدراك المزارع لأهمية التسميد في توفير العناصر الغذائية اللازمة لزيادة كفاءة إنتاج المحاصيل منذ فترة طويلة. ومنذ عام ١٩٦٠م ومع التقدم في تقنية التسميد واستخدام التغذية المعدنية، بدأت إنتاجية المحاصيل الزراعية بالتحسن كما ونوعاً في معظم مناطق العالم وخاصة المتطورة منها (Tisdale et al., 1985). وقد وجد أن ٥٠ % من زيادة وتحسن إنتاجية محصول الذرة وبعض محاصيل الحبوب الأخرى يعزى إلى استخدام الأسمدة التجارية (Gardner et al., 1985) ومن أهم فوائد التسميد ماياتي :-

- ١- تحسين الخواص الطبيعية والكيميائية للأرض الزراعية.
- ٢- تحسين نظم الزراعة الكثيفة.
- ٣- زيادة التوسع الراسي في إنتاج المحاصيل الزراعية.
- ٤- تحسن صفات المنتجات الزراعية.
- ٥- زيادة الإنتاج.

العناصر الأساسية لنمو المحاصيل الزراعية

لكي يكون العنصر أساسيا وضروريا لنمو النبات لابد من توفر الشروط الآتية:-

- ١- لا يستطيع النبات إكمال دورة حياته بدون توفر هذا العنصر.
 - ٢- إمكانية منع أعراض نقص العنصر أو علاجها بإمداد النبات بهذا العنصر وليس بعنصر آخر.
 - ٣- أن يكون العنصر ذا دور مباشر في تغذية النبات.
 - ٤- أن يشكل العنصر جزءا من تركيب مركب داخل النبات فمثلا النتروجين يكون البروتين والفسفور يدخل في تكوين الأحماض الأمينية ومركب الطاقة ATP وهكذا بقية العناصر الأساسية.
- وعلى العموم تنقسم العناصر الأساسية لنمو المحصول إلى عناصر كبرى (Macro nutrients) وعناصر صغرى أو دقيقة (Micro nutrients). فالعناصر الكبرى هي تلك العناصر التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة تقدر بحوالي واحد جم لكل واحد كجم من المادة الجافة وتشمل الكربون والهيدروجين والأكسجين والنتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم والكبريت. أما العناصر الصغرى فهي تلك العناصر التي يحتاجها النبات بكميات قليلة تقدر بحوالي ٠.١ جم لكل واحد كجم من المادة الجافة وتشمل الحديد والمنجنيز والزنك والنحاس والبورون والمولبدنيوم. وقد وجد أن هناك بعض العناصر الصغرى قد تكون أساسية لنمو بعض المحاصيل الزراعية ومن أهم هذه العناصر الصوديوم والالومنيوم والسليكون والكوبلت والكلورين فقد وجد أن السليكون ضروري لنمو محصولي الأرز والدخن وكذلك قصب السكر والكلورين هام في بنجر السكر بينما الصوديوم ضروري لنمو بعض نباتات رباية الكربون C_4 وكذلك النباتات العصيرية CAM.

جدول ٧- العناصر الأساسية لتغذية النبات

العنصر Element	الرمز الكيميائي Chemical Symbol	شكل الامتصاص Available Form	تركيزه في المادة الجافة (%)	حركته في النبات
العناصر الكبرى				
الكربون	C	CO ₂	٤٥	متحرك
الهيدروجين	H	H ₂ O	٦	متحرك
الأكسجين	O	O ₂ , H ₂ O	٤٥	متحرك
النيتروجين	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	١.٥	متحرك
الفسفور	P	HPO ₄ ²⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻	٠.٢	متحرك
البوتاسيوم	K	K ⁺	١	متحرك
الكالسيوم	Ca	Ca ⁺⁺	٠.٥	غير متحرك
الماغنسيوم	Mg	Mg ⁺⁺	٠.٢	متحرك
الكبريت	S	SO ₄ ²⁻	٠.١	بطيء
العناصر الصغرى				
الحديد	Fe	Fe ³⁺ , Fe ²⁺	٠.٠١	غير متحرك
المنجنيز	Mn	Mn ⁺⁺	٠.٠٠٥	غير متحرك
الزنك	Zn	Zn ⁺⁺	٠.٠٠٢	متحرك
النحاس	Cu	Cu ⁺ , Cu ⁺⁺	٠.٠٠٠٦	غير متحرك
البورون	B	H ₃ BO ₃	٠.٠٠٢	غير متحرك
المولبدنيوم	Mo	MoO ₄ ²⁻	٠.٠٠٠٠١	متحرك
الكلور	Cl	Cl ⁻	٠.٠١	بطيء

المصدر: (Salisbury and Ross (1992)

العوامل المؤثرة في قدرة النبات على امتصاص لعناصر الغذائية

يتأثر مقدار ما يمتصه النبات من العناصر الغذائية من الأرض بعدد من العوامل والتي يمكن تقسيمها إلى عوامل داخلية متعلقة بالنبات نفسه وأخرى خارجية تتعلق بالعوامل البيئية التي ينمو فيها النبات. أولاً: العوامل الداخلية وتشمل النوع النباتي والتركيب الوراثي ومرحلة نمو النبات وصفات المجموع الجذري من حيث التعمق والانتشار والنفذية وكذلك المجموع الخضري من حيث ازدياد النمو وكبر المساحة الورقية. أيضاً

هناك بعض العمليات الفسيولوجية التي يقوم بها النبات لها تأثير في قدرة الامتصاص مثل عمليات الأيض والتنفس والنتح .

ثانياً: العوامل الخارجية وتشمل نوع العنصر الغذائي وتركيزه ومدى صلاحيته للامتصاص (الصورة الميسرة للعنصر في التربة) ومدى توزيعه حول جذور النبات وكذلك نوع التربة التي ينمو فيها النبات من حيث التركيب والقوام أيضاً فإن ارتفاع تركيز الأملاح في محلول التربة يؤدي إلى التقليل من قدرة الجذور على امتصاص العناصر الغذائية نظراً لزيادة الاسموزية وحدوث تنافس بين بعض العناصر المتشابهة الشحنات الكهربائية. كذلك فإن درجة حرارة التربة وتركيز أيون الهيدروجين وتهوية التربة ومدى تيسر المحتوى الرطوبي بها ، كل هذه العوامل قد تؤثر إما سلباً أو إيجاباً في قدرة النبات على امتصاص العناصر الغذائية من محلول التربة المحيط بالجذور النباتية. كما وجد أن بعض العوامل المناخية المحيطة بالنبات مثل الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية لها تأثيري عمليات الأيض المرتبطة بالامتصاص الإيجابي للعناصر الغذائية كما تؤثر على معدل النتح الذي بدوره يؤثر في مقدار العناصر الغذائية التي تنتقل بواسطة آلية التدفق الكتلي للأيونات مع حركة الماء خلال الجذور والتي تزيد بزيادة النتح مما يسهل حركة الأيونات وانتقالها داخل النبات.

تحديد الاحتياجات السمادية للمحاصيل الزراعية

تختلف الاحتياجات السمادية للمحاصيل الزراعية باختلاف نوع المحصول وطبيعة العائد الاقتصادي المراد الحصول عليه وكمية الإنتاج المطلوبة ونوعية العناصر الغذائية المستخدمة. وعلى العموم فإن هناك العديد من العوامل المتعددة والمتداخلة التي تؤثر في كمية السماد الواجب إضافته لمحصول ما ومن أهم هذه العوامل مايلي:- ١- نوع التربة ويشمل الخواص الطبيعية والكيميائية ومستوى خصوبتها من العناصر الأساسية الضرورية لنمو النبات. ٢- نوع المحصول المراد زراعته. ٣- كمية ونوعية الإنتاج المطلوبة والتي تحقق العائد الاقتصادي من زراعة هذا المحصول. ٤- المعاملات السابقة للتربة ونوعية المحصول السابق (الدورة الزراعية المستخدمة). ٥- كمية ونوعية مياه الري المتاحة وطريقة الري المتبعة.

وظائف العناصر الغذائية الضرورية وعلاقتها بنمو وإنتاج المحاصيل الزراعية

الكربون : وهو من أهم العناصر الغذائية اللازمة لإتمام عملية البناء الضوئي وبناء المواد الكربوهيدراتية حيث يشكل ٤٥% من نسبة المادة الجافة في النبات. ويحتوي الهواء الجوي على نسبة ٠.٠٣ % ثاني أكسيد الكربون لذا فإن النبات يستهلك كميات كبيرة من هذا الغاز. ونظراً لتوفر هذا العنصر بكميات كبيرة فهو ليس من العناصر المحددة للنمو خاصة تحت ظروف الزراعة الحقلية، إلا أنه وجد حديثاً أن استخدام التسميد الكربوني Carbon dioxide enrichment أدى إلى زيادة واضحة في نمو النباتات الخضراء وتحسين الحالة المائية للنبات حيث أن النبات الأخضر يستخدم ثاني أكسيد الكربون والماء في وجود الضوء لبناء المركبات العضوية. لذا فإن إضافة CO₂ إلى البيئة النباتية سيؤدي إلى زيادة كفاءة النبات في عملية البناء الضوئي وبالتالي زيادة الإنتاجية (Prior et al., 1991 and 1998).

الهيدروجين : يمتص النبات الهيدروجين في صورة ماء، وللماء أهمية كبيرة ومعروفة في حياة النبات كذلك فإن الهيدروجين يدخل في تكوين كثير من مركبات النبات مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات ويشكل ٦ % من نسبة المادة الجافة في النبات.

الأوكسجين : يدخل في عملية البناء الضوئي والتنفس وما يرتبط بها من أكسدة واختزال. لذا فلأوكسجين دور حيوي في حياة النبات، كما انه يتحد مع الكثير من العناصر الأخرى لتكوين المواد العضوية والأكاسيد. ويحتوي الهواء الجوي على نسبة كبيرة من الأكسجين تصل إلى ٢٠ % يمتصها النبات في صورة غاز الأوكسجين أو ماء ويشكل الأوكسجين نسبة ٤٥-٥٠ % من وزن المادة الجافة في النبات. وعلى العموم فإن العناصر الثلاثة السابق ذكرها CHO تشترك في عملية البناء الضوئي والتي يعزى إليها معظم المادة الجافة في النبات والتي تصل إلى ٩٦ % من وزن النبات الجاف طبقا للمعادلة التالية:-

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{عملية البناء الضوئي}} \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$$
 وجود الطاقة الضوئية واليخضور. وهذه العملية عكس عملية التنفس التي يمتص فيها الأوكسجين وتتأكسد فيها المواد العضوية (الكربوهيدرات) إلى غاز ثاني أوكسيد الكربون وماء وتنتج الطاقة ATP. ونظرا لتوفر هذه العناصر في بيئة النبات بكميات كبيرة فهي كما أسلفنا رغم أهميتها في نمو المحاصيل الزراعية إلا أنها غير محددة للنمو أي لا تظهر أعراض نقص لهذه العناصر الثلاثة على المحصول خاصة تحت ظروف الزراعة الحقلية.

النيتروجين : تمتص الجذور النباتية عنصر النيتروجين في صورتين أساسيتين هما النترات والأمونيوم حيث تختزل النترات إلى أمونيوم ثم تتحول إلى أحماض امينية مختلفة حيث تتكون البروتينات. ورغم توفر النيتروجين بكميات كبيرة في الهواء الجوي تصل إلى ٧٩ % إلا النبات لا يستفيد منه مباشرة لذا يجب إضافته للتربة باستمرار على شكل أسمدة كيماوية أو عضوية. ويدخل النيتروجين في تكوين المركبات الهامة في النبات كالأحماض الأمينية والبروتينات والكلوروفيل ويدخل في تكوين الأنسجة الحديثة النمو في الأفرع والأوراق والجذور والثمار والبذور. لذا يعتبر من العناصر الهامة في نمو المحاصيل الزراعية.

الفوسفور : يعتبر من العناصر الأساسية والذي يلي النيتروجين في الأهمية. ويدخل في تكوين الأحماض النووية وكجزء من الدهون والفوسفوليبيد ويعتبر من العناصر الهامة في تكوين البروتوبلازم في الخلية النباتية. كما يدخل الفوسفور كعنصر أساسي في تركيب بعض المواد الناقلة للطاقة ADP and ATP. كما وجد أن تزويد النبات بكمية جيدة من الفوسفور تزيد من نمو الجذور كما يسرع بفترة النضج في محاصيل الحبوب.

البوتاسيوم : على الرغم من النبات يمتص كمية كبيرة من البوتاسيوم إلا أنه لا يدخل في تكوين مركب داخل النبات فهو يوجد في أنسجة النبات على صورة أملاح ذائبة. ولكنه ضروريا لتنشيط العديد من الانزيمات و لتكوين المواد الكربوهيدراتية وانتقالها خلال النبات كذلك فهو يؤثر في سرعة امتصاص النيتروجين وبناء البروتين وانقسام الخلية كذلك فهو له تأثير على بعض العمليات الفسيولوجية مثل البناء الضوئي والتنفس وتكوين الكلوروفيل ومحتوى الأوراق من الماء وأيضا له دور في معدل فتح وغلق الثغور وعملية التنظيم الأسموزي والبوتاسيوم من العناصر المتحركة في النبات. أيضا فقد وجد أن للبوتاسيوم دور في تحسين نمو النبات و مقاومة بعض الأمراض التي تصيب النبات.

الكالسيوم : يمتص النبات الكالسيوم على الصورة الأيونية وهو ضروري لنمو النبات ويدخل في تركيب بكتات الكالسيوم والذي يكون مع بكتات المغنسيوم الصفيحة الوسطى من الخلية النباتية، ويترسب الكالسيوم في جدر كثير من الخلايا على صورة أوكسالات وللكالسيوم علاقة وثيقة بالخلايا المرستيمية وتكون الأزهار. والكالسيوم عنصر غير متحرك في النبات لذا فإن أعراض نقصه تظهر أولاً في الأنسجة حديثة النمو. ويعتقد أن للكالسيوم دور هام في تكوين الأغشية الخلوية والتركيب الدهني كما أن له تأثير في عملية الانقسام الميتوزي في خلايا النبات.

المغنسيوم : للمغنسيوم دور هام في عملية البناء الضوئي وايض الكربوهيدرات، فالمغنسيوم من أهم مكونات جزيء الكلوروفيل حيث تصل نسبته حوالي ١٥ - ٢٠ % من المحتوى الكلي للمغنسيوم في النبات كما يدخل في تنشيط العديد من الإنزيمات لذا فهو ينشط الكثير من العمليات الحيوية داخل النبات. كما يوجد المغنسيوم في البذور حيث تحتوي على نسبة مرتفعة نوعاً ما من هذا العنصر، كما وجد أن له دور هام في تثبيت النتروجين الجوي عن طريق بكتريا العقد الجذرية. والمغنسيوم من العناصر سهل الحركة في النبات لذا فإن أعراض نقصه تظهر أولاً على الأوراق المسنة.

الكبريت : يمتصه النبات من التربة على صورة كبريتات كما تستطيع الأوراق امتصاصه من الجو في صورة غاز ثاني أكسيد الكبريت. يدخل الكبريت في تركيب بعض الأحماض الأمينية مثل السستين و الميثيونين والثيامين وغيرها لذا فهو أساسي في تكوين البروتين الذي يحتوي هذه الأحماض الأمينية. كذلك فهو يدخل في تركيب بعض أنواع الفيتامينات مثل فيتامين ب لذا فهو يشترك في النشاط الأيضي لهذه الفيتامينات. والكبريت من العناصر بطيئة الحركة في النبات.

الحديد : للحديد العديد من الوظائف الهامة في النبات فهو يدخل في كثير من التفاعلات الإنزيمية فهو منشط لإنزيمات الأكسدة ولاختزال ويدخل في تركيب عدد من الإنزيمات وله دور في بعض العمليات الحيوية مثل التنفس و البناء الضوئي فهو أساسي في تمثيل الكلوروفيل كما انه ضروري في تمثيل بروتينات البلاستيدات الخضراء كما يدخل في تركيب بعض الصبغات النباتية. وعنصر الحديد من العناصر الغير متحركة في النبات.

المنجنيز : يلعب دور هام كعامل مساعد في كثير من العمليات الحيوية في النبات. فهو منشط لكثير من الإنزيمات خاصة في دورة كريس وبعض إنزيمات التنفس الأخرى والبناء الضوئي وايض النتروجين وغيرها من العمليات الحيوية الأخرى. وهو عنصر غير متحرك في النبات.

الزنك : يدخل في تركيب الإنزيمات وله دور تنشيطي للعديد منها وله تأثير مباشر على تواجد أكسين أندول حمض الخليك. كما يساعد في إنتاج وتكوين الكلوروفيل.

النحاس : يوجد في الأوراق الخضراء وأجنة البذور ويتواجد عادة في المناطق المرستيمية وله دورا محفزا للعديد من الإنزيمات المؤكسدة كما انه ينظم تكوين الكلوروفيل كما أظهرت الأبحاث أن النحاس ربما يكون له دور في عملية التمثيل الضوئي. كما وجد أن له دور في مساعدة أنواع من محاصيل الأشجار على امتصاص بعض العناصر الغذائية الأخرى مثل الكالسيوم.

البورون : له دور في انتقال المواد الكربوهيدراتية داخل النبات حيث وجد أن امتصاص وانتقال السكر في أنسجة اللحاء الناقلة يعاق في النبات الذي يعاني من نقص البورون لذا فتوفر البورون في النبات يسهل حركة وانتقال نواتج التمثيل الضوئي خلال النبات كذلك فإن له دور في تمثيل DNA في الخلايا المرستيمية. كما يعتقد انه يؤثر في انقسام ونمو الخلايا وكذلك نمو حبوب اللقاح وعملية الإزهار.

المولبيدوم : يلعب المولبيدوم دور هام في اختزال النترات إلى أمونيا وفي الأيض النيتروجيني بصورة عامة. كما أن له دور في تثبيت النتروجين الجوي (الجزئي) كذلك وجد أنه يساعد في نشاط بعض الإنزيمات مثل إنزيم النتروجينيز والنايتريت ريدكتيز كذلك بعض الإنزيمات الضرورية لإنتاج الفيتامينات ونظرا لأن النبات يحتاجه بكميات ضئيلة جداً لذا فدوره في النبات لايزال غير واضح.

أعراض نقص العناصر الغذائية على بعض المحاصيل الزراعية

أولاً : أعراض نقص النتروجين

انخفاض مساحة المسطح الورقي واصفرار الأوراق وجفافها نتيجة لفقد في كمية الكلوروفيل خاصة الأوراق المسنة لأن النتروجين عنصر متحرك. نقص في النمو الخضري وقلة التفريع ونقص في نسبة العقد في الأزهار وبالتالي قلة المحصول. وجد في محاصيل الحبوب أن نقص النتروجين يسبب اصفرار الأوراق وجفاف أطرافها وتكون السوق رفيعة ويقل التفريع وتكوين السنابل. أما في العنب فقد وجد أن لون الأوراق اخضر فاتح والنمو ضعيف مع توقف النمو الطولي مبكراً، أما في الموالح فنقص النتروجين يسبب نقص في حجم الورقة واصفرارها وتكون الشجرة محدودة النمو ويقل المحصول.

ثانياً : أعراض نقص الفوسفور

بطء في نمو النبات وتلون الأوراق بلون اخضر قاتم مع تقزم النبات وتأخر النضج وقلة المحصول وإنتاج ثمار وحبوب اقل جودة. وتظهر الأعراض في الأوراق المسنة أولاً لأنه عنصر متحرك. وقد وجد في بعض المحاصيل الزيتية مثل دوار الشمس وفول الصويا أن نقص النتروجين سبب تراكم للكربوهيدرات. كذلك وجد في بعض محاصيل الموالح نقص في عدد الأوراق وجفاف في الثمار وسبك قشرتها وزيادة في الحموضة ونقص في السكر وقلة المحصول.

ثالثاً : أعراض نقص البوتاسيوم

سبك الورقة مع ظهور اصفرار مبرقش ثم يتبعه تكون بقع ذات أنسجة ميتة خاصة على قمم وحواف الأوراق والتي قد تموت وتتساقط. يسبب نقص البوتاسيوم نقص في نوعية الإنتاج وخاصة في محاصيل الفاكهة والخضار. وقد وجد في محصول الذرة أن نقص البوتاسيوم أدى إلى تمزق أطراف الأوراق وحوافها كما سبب ضعف للنبات وأنتج اكواز غير ممثلئة بالحبوب. وعموماً فإن نقص البوتاسيوم ينتج نباتات قزمية النمو وذات سلاميات قصيرة. وبما أن البوتاسيوم من العناصر التي تنشط عمل الإنزيمات فإن نقصه يؤثر على عملية تصنيع الأحماض الامينية والبروتينات وبالتالي قد يسبب تراكم بعض المركبات النتروجينية قد تسبب سمية للنبات.

رابعاً : أعراض نقص الكالسيوم

الكالسيوم عنصر غير متحرك في النبات لذا فإن المناطق المرستيمية في السوق والأوراق وقمم الجذور تتأثر بشدة عند نقص الكالسيوم مما قد يسبب موتها أيضاً قد يؤدي إلى قصر الجذور وتغلظها كما في نبات الطماطم. ويعتبر البرسيم الحجازي من أكثر المحاصيل الزراعية حساسية لنقص الكالسيوم. كما وجد في الموالح أن نقص الكالسيوم أدى إلى موت أطراف الأفرع وتكون فروع ضعيفة وتصفّر الأوراق وبين العروق وقد يتعفن الجذر.

خامساً : أعراض نقص المغنسيوم

بما أن المغنسيوم أساسي في تكوين الكلوروفيل لذا فنقصه يسبب اصفرار الأوراق السفلية وجفافها وضعف السوق وتساقط الثمار قبل نضجها خاصة في بعض أشجار الفاكهة. وقد وجد في القمح أن نمو النبات قصير ويوجد على الأوراق بقع مصفرة بين العروق يتبعه تخطط باللون الأصفر.

سادساً : أعراض نقص الكبريت

تتشابه أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص النتروجين من حيث اصفرار الأوراق إلا أن ظاهرة الاصفرار تظهر أولاً على الأوراق الحديثة نظراً لأن الكبريت عنصر بطيء الحركة في النبات بعكس النتروجين السريع الحركة. كما وجد أن من أهم أعراض نقص الكبريت هي تراكم النشا والسكريات والنتروجين الذائب نتيجة انخفاض معدل البناء الضوئي وبناء البروتين وزيادة نشاط التحلل البروتيني. وعمل العموم نظراً لتوفر الكبريت في التربة والهواء بصورة تمكن النبات من الاستفادة منه لذا فإن أعراض نقصه نادرة الحدوث.

سابعاً : أعراض نقص الحديد

نظراً لأهمية الحديد في تكوين الكلوروفيل فإن أهم أعراض نقصه هو اصفرار الأوراق وقد اقترح أن نقص الحديد ربما يثبط تكوين البلاستيدات الخضراء من خلال تثبيط تمثيل البروتين. الحديد عنصر غير متحرك لذا فإن الأعراض تظهر أولاً في النموات الحديثة. ويزداد نقص الحديد في الأراضي الجيرية حيث يصبح غير قابل للامتصاص.

ثامناً : أعراض نقص المنجنيز

ظهور تبقع اصفر بين التعريقات الورقية وله تأثير واضح على البلاستيدات الخضراء حيث تفقد الكلوروفيل وحبيبات النشا وتصبح خضراء مصفرة كما في نبات الطماطم. ويزيادة نقص هذا العنصر قد يتحول اللون المصفر إلى لون رمادي وتضعف الورقة وتبداء الأفرع بالموت ومن أكثر المحاصيل الزراعية تأثراً بنقص المنجنيز هي بنجر السكر والتفاح والموالح (بليغ ١٩٩٨م). وقد وجد في محصول الزيتون أن نقص المنجنيز سبب تقزم في النمو ونقص المحصول أما في البرسيم الحجازي فإن الأوراق تصفر بينما في القمح والشعير تتلون الأوراق باللون الباهت مع ظهور بقع أو خطوط باللون البني وتصفّر الأوراق وتموت الأوراق القديمة.

تاسعاً : أعراض نقص الزنك

أعراض نقص الزنك تتشابه إلى حد كبير مع أعراض نقص المنجنيز من حيث الاصفرار وكثيراً ما تبداء الإصابة في القمة النامية وتعتبر الموالح من أكثر الأشجار حساسية لنقص الزنك بينما أكثر المحاصيل العشبية

تأثراً بنقص الزنك هي الذرة والقطن والفاصوليا والبصل والطماطم. وقد وجد في محصول الخوخ أن نقص الزنك أدى إلى اصفرار الأوراق وظهور بقع على الأوراق السفلية ثم العلوية وتقل الأفرع في الطول وينقص تكون أفرع حاملة للثمار مما يسبب نقص في كمية الثمار وجودتها.

عاشراً : أعراض نقص النحاس

لا يظهر على النبات أعراض مميزة الا عندما يكون نقص النحاس متوسط أو شديد حيث تتأثر أطراف النبات فتذبل وتموت القمم النامية كذلك فإن الأغصان تجف وتقصير السلاميات ويذبل النبات ويعجز عن إنتاج بذور. وقد تتجدد الأوراق ويقل تكوين الأزهار. وقد يحدث تشقق لثمار بعض أنواع الفاكهة وقد يظهر تصمغ على قشرة الثمرة . وعلى العموم فإن نقص النحاس قد يكون نادراً نظراً لتوفره وكذا فإن احتياجات النبات منه قليلة.

احد عشر : أعراض نقص البورون

تتلون الأوراق الطرفية باللون الأحمر وتكون أعناقها قصيرة وقد يحدث موت للخلايا المرستيمية في القمم النامية مما يسبب بطء في النمو ونقص في حجم النبات. ويتأخر ويقل الإزهار ويحدث نقص في عقد الثمار. وقد وجد أن نقص البورون في القمح والشعير أدى النمو غير طبيعي والسنابل لا يتكون بها أزهار أما في الفاصوليا فيتحول لون الأوراق إلى اللون الأصفر البني ولا تتكون أزهار ولا ينتج قرون، وفي الفول تكون الأوراق سميكة وذابلة والأعناق ذات انتفاخات. وفي العنب لا تنمو البراعم الطرفية ويظهر على الأوراق بقع صفراء وثقوب خصوصاً على الحواف وبين العروق وتكون العقد قصيرة.

اثنى عشر : أعراض نقص الموليبدنم

يؤدي نقص الموليبدنم إلى ظهور بقع صفراء بين العروق وقد تتلون حواف الأوراق باللون الرمادي ثم اللون البني الذي يؤدي إلى تساقط نصل الورقة. وتعتبر محاصيل الطماطم والخس والقرنبيط والبنجر وكذلك الحمضيات من أكثر النباتات حساسية لنقص الموليبدنم. وقد وجد في محاصيل الحبوب أن محصول الشوفان أكثر المحاصيل حساسية لنقص هذا العنصر حيث تظهر بقع متييسة في منتصف الأوراق العلوية مما يسبب سقوطها كما أن إنتاج الحبوب يكون منخفضاً والسنابل فارغة ولونها اخضر مزرق. ومن الأمراض الناتجة عن نقص الموليبدنم هو مرض الذيل السوطي (Whiptail) في القرنبيط ومرض البقع الصفراء (Yellow spot) في الحمضيات وعموماً تظهر أعراض النقص على الأوراق المسنة. وعموماً تظهر أعراض النقص عندما ينخفض تركيز الموليبدنم في الأوراق إلى أقل من ٠.٢ جزء في المليون على أساس الوزن الجاف (الصحاف ١٩٨٩م).

أنواع الأسمدة

تعرف الأسمدة بأنها مواد تستخدم في تحسين الحالة الغذائية للمحاصيل الزراعية ومدها بالعناصر الغذائية اللازمة لنموها وزيادة الإنتاج كما ونوعاً. ويمكن تقسيم الأسمدة إلى الأنواع التالية:-

أولاً : الأسمدة الطبيعية وهي التي تكونت طبيعياً وتستخدم في صورتها الطبيعية وتشمل:

١- الأسمدة الحيوانية وتتميز باحتوائها على نسبة عالية من المادة العضوية وبعض العناصر الغذائية الضرورية مثل النتروجين والفسفور والبوتاسيوم وعناصر أخرى كما تحتوي الأسمدة الحيوانية على كائنات حية تقوم بتحليل المادة العضوية، أيضا فإن الأسمدة العضوية تحسن من الخواص الطبيعية للتربة كما تخفض درجة الحموضة.

٢- الأسمدة الخضراء وهي عبارة عن نباتات خضراء تزرع وتحترق في التربة بهدف تحسين خواص التربة ومن أهم هذه النباتات المحاصيل البقولية المثبتة للنتروجين الجوي. وهذه الأسمدة لها نفس المميزات التي ذكرت سابقا.

٣- أسمدة عضوية أخرى وتشمل مخلفات المجاري والمجازر وكذلك مخلفات المزرعة الناتجة من محصول سابق وتحتوي هذه الأسمدة على عناصر غذائية تختلف بحسب المصدر الذي صنع منه السماد.

ثانيا : الأسمدة الكيماوية وهي الأسمدة التي تم تصنيعها عن طريق الإنسان بواسطة تقنيات خاصة وتحتوي على العناصر الغذائية في صورة غير عضوية. والأسمدة الكيماوية يمكن تقسيمها إلى سماد بسيط وسماد مركب فالسماد البسيط هو الذي يحتوي على عنصر مغذى واحد وهو العنصر الذي من أجله يضاف السماد مثل نترات الكالسيوم ونترات الأمونيوم وكلوريد الكالسيوم وغيرها وعلى العموم فإن من أهم الأسمدة البسيطة والأكثر شيوعا هي الأسمدة الأزوتية حيث تحتوي على النيتروجين كعنصر سمادي بها والأسمدة الفوسفاتية وهي التي تحتوي على الفوسفور كعنصر أساسي والأسمدة البوتاسية التي تحتوي على البوتاسيوم كعنصر سمادي. أما الأسمدة المركبة فهي تلك التي تحتوي على أكثر من عنصر سمادي خاصة تلك التي تحتوي على العناصر الثلاثة الكبرى مثل السماد المركب NPK وقد تحتوي على بعض العناصر الضرورية الأخرى. ويمكن تقسيم الأسمدة حسب طبيعة السماد إلى **أسمدة صلبة (جافة)** كالتي سبق ذكرها وأسمدة سائلة تستخدم على شكل محاليل ذائبة في الماء حيث تحتوي على جميع العناصر التي يحتاجها النبات وأهميتها الأساسية هي رشها على أوراق النبات وأسمدة غازية ومن أهمها سماد ثاني اوكسيد الكربون (CO_2 enrichment) والذي بدأ استخدامه حديثا في غرف النمو والصوب الزجاجية وأحيانا في الحقل حيث يحقن في التربة مع ماء الري وذلك بهدف زيادة معدل البناء الضوئي في النبات وتحسين الإنتاجية (Thompson and Woodward, 1994; Prior et al., 1991 and 1998; Fangmeier et al., 2000).

جدول ٨- بعض أنواع الأسمدة الكيماوية المستخدمة في تسميد المحاصيل الزراعية.*

اسم السماد	الرمز الكيميائي	النسبة (%)
كبريتات الأمونيوم	$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$	N %٢١ و S %٢٤
كبريتات الماغنسيوم	MgSO_4	Mg %١٦
كبريتات البوتاسيوم	K_2SO_4	S %١٧ و K_2O %٥٠
نترات الكالسيوم	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	N %١٥
نترات البوتاسيوم	KNO_3	N %١٣ و K_2O %٤٤
كلوريد البوتاسيوم	KCL	K_2O %٦٠
نترات الأمونيوم	$\text{NH}_4 \text{NO}_3$	N %٣٣
كلوريد الأمونيوم	NH_4CL	N %٢٥
سوبر فوسفات الكالسيوم	-----	P_2O_5 %١٩
سوبرالفوسفات الثلاثي	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	P_2O_5 %٤٦
يوريا	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	N %٤٦
سماد مركب	NPK	٠-٢٣-٢٣
سماد مركب	NPK and Tr.	١.٥-٥-١٨-١٨
سماد مركب ذواب	NPK	٢١-٢١-٢١
سماد مركب ذواب	NPK and Tr.	٠.٥٣-٢٠-٢٠-٢٠

*المصدر: الصحاف (١٩٨٩) و Tisdale et al(1985)

طرق إضافة الأسمدة ومواعيدها

يجب أن تضاف الأسمدة الصلبة بطريقة تضمن وصول العنصر الغذائي إلى منطقة جذور النبات حيث يسهل على النبات امتصاصه ومن أهم طرق إضافة الأسمدة الصلبة (الجافة) للتربة مايلي:

- ١- نثرا أما يدويا أو أليا وهي أكثر الطرق شيوعا في تسميد المحاصيل الزراعية.
 - ٢- وضع السماد أليا عند البذار بحيث يكون وضع السماد أعمق من وضع البذور.
 - ٣- وضع السماد في سطور أو جور وذلك حسب طبيعة النبات المنزرع.
 - ٤- استخدام الطائرات في توزيع السماد خاصة في الحقول الواسعة.
- أما الأسمدة السائلة والغازية فيمكن أن تضاف للنبات بأحد الطرق التالية :
- ١- رش الأسمدة السائلة على الأوراق. ٢- إضافة الأسمدة مع ماء الري.
 - ٣- حقن التربة بالأسمدة السائلة والغازية. ٤- إضافة الأسمدة السائلة تحت سطح الأرض.

أما مواعيد إضافة الأسمدة للتربة فهذا يتأثر بعدة عوامل أهمها نوع النبات وطبيعة نموه وطور النمو واحتياجاته الغذائية ونوع العنصر المضاف وطبيعة السماد المراد إضافته. وعلى العموم فإنه يجب أن يكون السماد متوفر للنبات في الوقت الذي يكون النبات بحاجة له وهذا يتحدد حسب العوامل السابق ذكرها.

التسميد وكفاءة الاستهلاك المائي في المحاصيل الزراعية

لقد وجد أن أي عامل نمو Growth Factor يزيد من إنتاجية المحصول لاشك أنه سيؤدي إلى تحسين كفاءة الاستهلاك المائي وذلك حسب المعادلة التالية :

كفاءة الاستهلاك المائي = إنتاجية المحصول / كمية الماء المستهلك. ومن هذه العوامل التي تؤثر في نمو المحاصيل الزراعية هي نوع الحراثة Tillage ، الأصناف ، الكثافة النباتية ، ميعاد الزراعة ، مقاومة الآفات ، التسميد. ويعتبر التسميد من العوامل الهامة المؤثرة في الإنتاجية وبالتالي الاحتياجات المائية للمحصول. لقد وجد في الأراضي ضعيفة الخصوبة أن الاحتياجات المائية للمحصول تزيد بينما تنقص للنصف أو أكثر عند إضافة السماد المناسب، أي أن التسميد أدى إلى تحسين كفاءة الاستهلاك المائي. يعتبر الماء عامل هام ومؤثر في قدرة الجذور على امتصاص العناصر الغذائية من محلول التربة حيث يوجد ثلاث آليات هامة عن طريقها يتم امتصاص الجذور للعناصر الغذائية وجميعها تتأثر بمدى توفر ماء التربة. وهذه الآليات تشمل :

١- الاعتراض الجذري Root Interception حيث أن للجذور القدرة العالية على اعتراض وامتصاص العناصر الغذائية من محلول التربة عندما تكون الرطوبة الأرضية متوفرة لأن الجذور تكون أكثر نمواً وتشعباً والشعيرات الجذرية أكثر عدداً وبالتالي يصل الجذر بنموه إلى حيث توجد العناصر الغذائية وبذا يكون أكثر ملائمة للعناصر الذائبة في المحلول الأرضي وذلك بعكس التربة الجافة. ٢- التدفق الكتلي للأيونات Mass Flow حيث تنتقل العناصر إلى سطح الجذور مع حركة الماء وهذه الآلية تساعد الجذور على امتصاص أكبر كمية من العناصر الغذائية نظراً لسرعة تحركها مع حركة الماء لذا فإن توفر الماء يساعد على زيادة حركة العناصر إلى الجذور. ٣- الانتشار Diffusion فقد وجد أن الكمية العظمى من عنصري الفوسفور والبوتاسيوم تتحرك من محلول التربة إلى سطح الجذر بواسطة آلية الانتشار والتي تعتمد على وجود فرق في التركيز Gradient لذا فإن نقص الرطوبة الأرضية يقلل من حركة هذه العناصر وانتشارها وبالتالي حدوث نقص في تغذية النبات بهذين العنصرين. وجد في الأراضي الفقيرة في عنصر الفوسفور أنه عند إضافته للأرض أدى بالإسراع في نضج النبات وبالتالي خفض في الاستهلاك المائي خلال الموسم (Tisdale et al., 1985). أما في الأراضي الفقيرة في البوتاسيوم فإن إضافته أدت إلى زيادة الضغط الانتفاخي للخلية النباتية مما يساعد النبات على الاحتفاظ بحالة مائية جيدة والتقليل من أضرار الجفاف. أيضاً فإنه تحت ظروف الجفاف والحرارة فإن التسميد البوتاسي يساعد على تقليل النتج وذلك عن طريق التحكم في فتح وغلق الثغور النباتية وبالتالي تقليل الفقد في الماء الناتج مما يقلل من الاستهلاك المائي للنبات. تساعد زيادة تركيز العناصر الغذائية في خلايا النبات على زيادة الضغط الأسموزي وبالتالي حماية النبات من فقد الماء أثناء فترات الجفاف، أيضاً فإن عملية التنظيم الأسموزي وهي أحد آليات مقاومة الجفاف تكون أكثر نشاطاً في حالة توفر السماد

الكيمائي وخاصة البوتاسيوم. يؤدي التسميد الجيد والمناسب إلى زيادة نمو النبات في الوزن والحجم مما يزيد من كثافة الغطاء النباتي وبالتالي حماية سطح التربة من فقد الماء بواسطة عملية التبخير وبالتالي التقليل من الاستهلاك المائي وتحسين الكفاءة المائية للمحصول خاصة تحت ظروفنا المحلية والتميز بزيادة الحرارة والجفاف. كما وجد أن التسميد النتروجيني أدى إلى زيادة المحصول وفي نفس الوقت زاد من كفاءة الاستهلاك المائي للنبات وذلك بزيادة كمية المادة الجافة الناتجة من استخدام وحدة واحدة من الماء المستهلك في عملية البخرنتح. وقد وجد حديثاً أن استخدام التسميد الكربوني CO2 Enrichment حيث يحقن هذا الغاز في البيئة النباتية مما يحسن من الكفاءة النباتية في استخدام هذا الغاز وبالتالي زيادة قدرة النبات في عملية البناء الضوئي مما يسبب زيادة في كمية المادة الجافة ومن ثم تحسين كفاءة الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية.

المراجع References

أولاً: المراجع العربية

حلمي، علي عبد الحفيظ (١٩٨٤) أسس الري وعملياته (مترجم). دار جون وايلي وأبنائه للنشر، أمريكا.

العمود، أحمد إبراهيم وفوزي سعيد ذيب (١٤١٨هـ) نظم وعمليات الري السطحي (مترجم). مطابع جامعة الملك سعود - الرياض.

العمود، أحمد إبراهيم و فاروق عبدالله الفتياني (١٤١٧) الري بالرش - الأجهزة والتطبيق - (مترجم). مطابع جامعة الملك سعود - الرياض.

العمود، أحمد إبراهيم (١٤١٩هـ) نظم الري بالتنقيط. مطابع جامعة الملك سعود - الرياض.

الصخّاف، فاضل حسين (١٩٨٩) تغذية النبات بالتطقي. جامعة بغداد - العراق.

الدرفاسي، علي عبدالله وآخرون (١٤٢٢هـ) تأثير الري بماء الصرف الصحي المعالج على إنتاجية محصول القمح تحت ظروف الجفاف. مجلة جامعة الملك سعود للعلوم الزراعية، المجلد ١٤ والعدد ١، ص

شراقي، محمد محمود وآخرون (١٩٩٣) فسيولوجيا النبات (مترجم). الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة.

عبدالعزیز، محمود حسان (١٤٠٠هـ) أساسيات هندسة الري والصرف. مطابع جامعة الملك سعود - الرياض. بلبع، عبدالمنعم (١٤١٨هـ) الأسمدة والتسميد. منشأة المعارف، الإسكندرية، جمهورية مصر العربية.

خليل، محمود عبدالعزيز إبراهيم (١٩٩٨) العلاقات المائية ونظم الري. منشأة المعارف، الإسكندرية، جمهورية مصر العربية.

- Bennett, William F. (1993). Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. Aps Press, USA.
- Tisdale, Samuel L., Werner L. Nelson and James D. Beaton (1985). Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publishing Company, Inc., USA.
- International Potash Institute (1983). Nutrient Balances and the Need for Fertilizers in Semi-Arid and Arid Regions. Proceedings of the 17th Colloquium of the International Potash Institute held in Rabat and Morocco. Der Bund, Bern/Switzerland.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross (1992). Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, Inc., California, USA.
- Alderfasi, Ali Abdullah (2000). Response of four genotypes of wheat to irrigation schedules. Saudi J. Biol. Sci., 7(2): 171-178.
- Alderfasi, Ali Abdullah and David C. Nielsen (2001). Use of crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in wheat. Agricultural Water Management 47: 69-75.
- Alderfasi, Ali A., M. O. Ghandorah and Kh. A. Moustafa. (1999). Evaluation of some wheat genotypes under drought stress in arid region of Saudi Arabia. Alex. J. Agric. Res. 44(3): 209-217.
- Prior, S. A., H. H. Rogers, N. Sionit, R. P. Patterson (1991). Effect of elevated atmospheric CO₂ on water relations of soybean. Agric. Ecosyst. Environ. 35(1): 13-25.
- Thompson, G. B. and F. I. Woodward (1994). Some influences of CO₂ enrichment, nitrogen nutrition and competition on grain yield and quality in spring wheat and barley. J. exp. Bot. 45(276): 937-942.
- Prior, S. A., H. A. Torbert, G. B. Runion, G. L. Mulling, H. H. Rogers and J. R. Mauney (1998). Effects of carbon dioxide enrichment on cotton nutrient dynamics. Journal of Plant Nutrition. 21(7): 1407-1426.
- Fangmeier, A., B. Chrost, P. Hoky and K. Krupinska (2000). CO₂ enrichment enhances flag leaf senescence in barley due to greater grain nitrogen sink capacity. Environ. Exp. Bot. 44(2): 151-164.