الاجهاد الملحي Salt stress

يعد الاجهاد الملحي واحدا من اهم العوامل المؤثرة في نمو المحاصيل وانتاجها في العالم) ، اذ يسبب الاجهاد الملحي تأثيرات ضارة في نمو نباتات المحاصيل ناشئة عن الاجهاد الازموزي ولاجهاد المائي و سمية الآيون النوعي و الاضطراب الايوني ، اذ يؤدي الاضطراب الايوني الى ارباك في اليات استقرار الايونات داخل النبات ، فعلى سبيل المثال بسبب تشابه انصاف اقطار ايونات الصوديوم والبوتاسيوم يصبح من الصعوبة على البروتينات الناقلة لهذه الايونات ان تميز فيما بينها ، لذا تحت التراكيز العالية للصوديوم هناك امتصاص حقيقي للصوديوم خلال نواقل البوتاسيوم أو قنواته .اما عند انخفاض جهد ماء النبات بسبب الملوحة ، تقوم النباتات بخفض جهدها الازموزي عن طريق زيادة محتوى الذائبات في خلاياها وبذا يزداد ضغطها الانتفاخي ويتم المحافظة على جهد مائي وازموزي اكثر ملاءمة للنباتات المعرضة للملوحة وهذا يحدث بعملية ضبط الازموزية Osmotic adjustment وهي الأكثر استعمالا من النباتات في مثل هذه الحالة ، وتعد الطاقة المصروفة خلال عملية ضبط الازموزية احد أهم العوامل المؤدية لانخفاض نمو النبات .

فالنباتات تستجيب للملوحة على نوعين : **نباتات حساسة للملوحة** Sensitive plants تقاوم امتصاص الاملاح وتنظم ضغطها الازموزي من خلال تخليق مواد ذائبة قادرة على تكوين نظام كيميائي حيوي مستقر كالبرولين والكلايسين بيتائين والسكريات ، والنوع الاخر هو **نباتات متحملة للملوحة** Tolerant plants وهي التي تقوم بعزل الملح وتراكمه في فجوات الخلايا و تنظيم تركيز الاملاح في السايتوبلازم، وتحافظ على نسبة عالية من K الى Na في خلاياها .

وهناك من يقسم النباتات على وفق استجابتها للملوحة الى مجموعتين :

1- النباتات الملحية Halophytes : وهي النباتات التي لها القدرة على النمو في المستويات العالية من الملوحة اذ تمتلك قابلية عالية على خزن كميات كبيرة من الاملاح في أنسجتها دون التأثير في العمليات الخلوية .

2- النباتات غير الملحية Glycophytes وهذه النباتات يتأثر نموها بالتراكيز العالية من الملوحة ، اذ تقوم بتخليق مركبات عضوية ازموزية تتراكم في أنسجة النبات للوظائف الأيضية في الخلية والتي تحاول منع امتصاص كميات عالية من الاملاح .

وللتغلب على التأثيرات السلبية للاجهاد الملحي تمتلك النباتات عددا من الاليات أو الستراتيجيات والأنظمة الدفاعية التي تمكنها من النمو والعيش في الظروف الملحية القاسية وسنتناولها بشيء من التفصيل لاحقا .

تأثير الملوحة في التوازن الغذائي للنبات

تؤدي ملوحة مياه الري والتربة الى حدوث اختلال في التوازن الغذائي في التربة و النبات فضلا عن التأثيرات السمية الناتجة عن تراكم الايونات الملحية في انسجة النبات وانخفاض امتصاص الماء والمغذيات . ولغرض المحافظة على النمو يقوم النبات برفع ضغطه الازموزي لمعادلة الضغط الازموزي العالي لوسط النمو من خلال امتصاص كميات اضافية من الايونات المتواجدة في وسط النمو فقد اشارت الدراسات الى ان الايونات ان وجدت مجتمعة في وسط النمو فانها تتفاعل فيما بينها وتوثر في النباتات بشكل مختلف عما لو كانت تلك الايونات موجودة منفردة في وسط النمو او باتحاد معين لبعض منها وتختلف النباتات في قابليتها على تجميع كمية كبيرة من ايون معين او اكثر من الايونات الاخرى الموجودة في وسط النمو، وقد يسبب هذا التراكم ضررا كبيرا على النبات، ولاحظ العديد من الباحثين ان الصوديوم والكلوريد يزداد تركيزهما في داخل النبات كلما ازداد تركيزهما في وسط النمو، وهما يؤثران في امتصاص البوتاسيوم، ويعتمد مستوى هذا التاثير على نوع النبات ونوع الاملاح السائدة في ماء الري ومحلول التربة المزروع فيها النبات.

تأثير الملوحة في محتوى البروتين في النبات

من العمليات الحيوية التي تتاثر بالملوحة هي بناء البروتين ، اذ وجد ان زيادة الملوحة في وسط النمو تؤدي الى انخفاض كمية البروتين في النبات، وعلى النقيض من ذلك، هناك عدد من الدراسات بينت ان زيادة الملوحة في وسط النمو الى حدود معينة تؤدي الى زيادة المحتوى البروتيني في حبوب الحنطة. ويمكن ان يعزى ذلك الى عدم تاثر عملية بناء البروتين بفعل الملوحة مع حصول اختزال كبير في حاصل الحبوب المرتبط سلباً مع نسبة البروتين، كما ان الشد الملحي يؤدي الى نقصان كمية الماء الموجودة في النبات في مرحلة امتلاء الحبوب مما ادى الى انخفاض الحاصل في حين ازداد محتوى النيتروجين نتيجة التحرك السريع للنتروجين الى الحبوب في ظروف الجفاف

آليات التحمل:

عند تعرض النباتات للملوحة فانها تتفاوت في قدرتها على مقاومتها من نبات الى اخر باساليب واليات مختلفة ، لذا فان النباتات تقسم حسب مقاومتها للملوحة الى مجموعتين حسب هي:

المجموعة الاولى النباتات الملحية Halophytes والتي تستطيع النمو بشكل طبيعي في الظروف الملحية العالية اذ تمتلك اليات يطلق عليها آليات التجنب Avoidance mechanisms، و تقوم النباتات بمنع الايونات السامة من الدخول الى داخلها والتاثير في خلاياها من خلال بناء حاجز كيميائي او ايضي يمكنها من تنظيم الجهد الازموزي Osmotic adjustment في داخل هذه الخلايا، فضلاً عن وجود اساليب وتكيفات فسلجية ومظهرية خاصة لجعل النباتات تنمو بشكل طبيعي في الاوساط الملحية مثل الية الاستبعاد او الطرد Exclusion mechanism التي تكسب النبات القابلية على ابعاد او طرد الأملاح ومنعها من دخول النبات او اعضائه، اذ يقوم النبات بتصنيع محاليل عضوية كالبرولين ، البيتائين والسكريات الذائبة داخل خلاياه وخصوصاً في الجذور لكي تمنع دخول بعض الايونات مثل Na^+ و Cl^- أو كما في حالة اختيارية الغشاء الخلوي لتفضيل امتصاص البوتاسيوم على حساب الصوديوم ، لذا توصف مثل هذه المحاصيل بالطاردة Excluders وتمتاز بمحتوى واطيء من الصوديوم والكلور، وعلى النقيض من ذلك هناك بعض الأنواع النباتية تكون كفوءة في تراكم او تضمين كميات عالية من الصوديوم ويشار لها بالمضمنة Includers ، فعلى سبيل المثال فأن اغلب النباتات ذوات الفلقتين الملحية هي طاردة للصوديوم وبعض اصناف الشعير هي مضمنة للصوديوم

اضافة لذلك توجد الية الافراز Extrusion mechanism اذ يقوم النبات بافراز الايونات الملحية خارج النبات بوساطة غدد او مضخات ملحية عن طريق الاوراق او الجذور

كذلك الية التخفيف Dilution mechanism للمحافظة على تركيز معين غير سام للايونات السامة في داخل النبات وذلك من خلال امتصاص كميات كبيرة من الماء أو من خلال الزيادة السريعة في النمو للمجموع الجذري الذي يؤدي بدوره الى زيادة عدد الاشطاء وهناك نباتات تملك شعيرات ملحية على الساق ويكون ايون الصوديوم فيها مسيطرا على ثغور الخلايا الحارسة وهذه النباتات تنظم عملية النتح انسجاما مع كمية الملح الموجودة في المحيط ، وأكد عدد من الباحثين ان جميع النباتات الملحية طورت آليات جيدة للسيطرة على امتصاص الأملاح ونقلها وافرازها)

اما المجموعة الاخرى فهي النباتات غير الملحية Glygophytes التي تشمل جميع المحاصيل الزراعية والاقتصادية التي يتأثرنموها وانتاجها بالملوحة وتمتلك اليات يطلق عليها اليات التحمل (Tolerance mechanisms)، اذ ان هذه النباتات تنمو تحت تاثير الشد الملحي مما يجبرها على تبني آليات فسلجية مختلفة من بينها آلية التنظيم الازموزي التي يتم فيها المحافظة على انتفاخ الخلايا من خلال زيادة محتواها من المحاليل الازموزية لمعادلة الشد الازموزي الخارجي، مثل زيادة تركيز الايونات غير السامة مثل K^+ واستبعاد الايونات السامة مثل Na^+ و Cl^- او بناء مواد عضوية غير سامة كالبرولين و البيتائين والسكريات الذائبة وتقوم بمنع او تقليل امتصاص كميات عالية من الأملاح وتتراكم في انسجة النبات للوظائف الأيضية الخلوية ، والية تحمل النقص التغذوي ، ويمكن عد زيادة امتصاص ايون K^+ بوجود NaCl وكذلك زيادة تكوين البروتين على حساب الكربوهيدرات من الادلة على تحمل النبات للملوحة من خلال تجنبه نقص التغذية ، وآليات فسلجية ومظهرية شبيهه لما موجود في آليات التجنب.

معايير الحكم على التحمل:

تعتمد دراسة تحمل نباتات المحاصيل على الحاصل الاقتصادي كمعيار او مقياس لمدى قابلية نمو هذه المحاصيل في التربة الملحية وانتاج حاصل اقتصاديٍ، يصل مقداره الى50% او اكثر في تربة ملحية مقارنة بحاصل المحصول نفسه النامي في تربة غير ملحية للمحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر و اقترحت بيانات عدة عن الاختلاف في قابلية تحمل العديد من الانواع النباتية، للملوحة واكثرها استعمالاً بيانات Maas و Hoffman (1977) اذ صنفا المحاصيل النباتية بموجب البيانات المتوافرة في العالم والمتعلقة بنتائج البحوث الخاصة بتحمل المحاصيل الزراعية للملوحة الى محاصيل حساسة وهي التي لا تتاثر انتاجيتها عندما تكون ملوحة التربة اقل من 1.5 ديسيسمنز.م$^{-1}$ وتقل انتاجيتها الى الصفر عندما تكون ملوحة التربة 8 ديسيسيمنز.م$^{-1}$ مثل اللوبياء والفاصوليا، ومحاصيل معتدلة الحساسية وهي التي لا تتاثر انتاجيتها عند ملوحة التربة بين 1.5 الى 3 ديسيسيمنز.م$^{-1}$ وتقل انتاجيتها الى الصفر عند الملوحة 16 ديسيسيمنز.م$^{-1}$ مثل الذرة الصفراء والرز، ومحاصيل معتدلة التحمل للملوحة وهي التي لا تتاثر انتاجيتها عند ملوحة التربة بين 3 الى 6 ديسيسيمنز.م$^{-1}$ وتقل انتاجيتها الى الصفر عند ملوحة 24 ديسيسيمنز.م$^{-1}$ مثل الحنطة وزهرة الشمس، ومحاصيل متحملة للملوحة وهي لا تتاثر انتاجيتها عند ملوحة

التربة بين 6 الى 10 ديسيسمنز.م$^{-1}$ وتقل انتاجيتها الى الصفر عند ملوحة 32 ديسيسيمنز.م$^{-1}$ مثل القطن والشعير،

ان التغيرات الوراثية بين الانواع النباتية ناشئة من اختلافات وراثية في السيطرة على امتصاص الأيونات وحملها في الخشب وهذا ما انعكس في وجود اختلافات بين انواع الحنطة في تحمل الملوحة ، كما ان اصناف الحنطة شبه القصيرة هي اكثر تحملاً للملوحة من الاصناف القديمة ذات الارتفاع الاطول، وان الحنطة الناعمة اكثر تحملا من الحنطة الخشنة . ان الاصناف الاكثر تحملا للملوحة هي التي يكون فيها عدد الثغور قليلا مع صغر حجمها لتتجنب الفقد الكبير للماء بسبب عملية النتح في نباتات الحنطة والشعير. و ان تاثير سمك طبقة الكيوتكل لبشرة الاوراق لنبات الحنطة يقلل من فقدان الماء ومعدل البناء الضوئي، فضلاً عن عدد الثغور وتوزيعها على الاوراق في الملوحة المرتفعة.