**تأثير الأملاح على النبات**

**Effect of salts on plants**

**مقدمة**

**الأملاح وإنبات البذور**

**الأملاح ونمو النبات**

**أسباب تثبيط الأملاح للنمو**

**تأثير الأملاح على الأوراق**

**تأثير الأملاح على الساق والجذور**

**تأثير الأملاح على البناء الضوئي**

**الأملاح والتنفس**

**مقدمة**

**Introduction**

تؤثر الأملاح على العديد من العمليات في النبات مثل الإنبات والنمو والشكل الظاهري والتركيب التشريحي وعلى العلاقات المائية وعلى عدد من العمليات الفسيولوجية والأيضية التي يقوم بها النبات. تركزت معظم الدراسات التي أجريت على تأثير الأملاح على نمو النبات وتطوره على استخدام أملاح الصوديوم كمصدر للملوحة وخاصة كلوريد الصوديوم وسبب التركيز على استخدام كلوريد الصوديوم في الدراسات يرجع لكون هذا الملح أهم مصادر الملوحة للتربة.

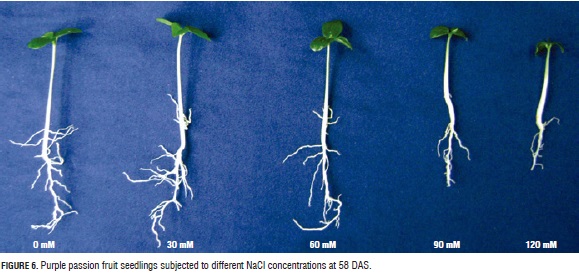
**قسّم (Levitt, 1980) أضرار أملاح الصوديوم إلى أضرار الإجهاد الإبتدائي وأضرار الإجهاد الثانوي ويرى أن الأملاح تسبب تكوّن نوعين من الإجهادات هما:**

* الإجهاد الأسموزي **(Osmotic stress)** ويسمى كذلك إجهاد الجفاف الفسيولوجي **(Physiological drought stress)**.
* إجهاد نقص التغذية المعدنية.

أضرار الإجهاد الإبتدائي إما أن تنشأ بشكل مباشر نتيجة تأثير الأملاح على نفاذية الأغشية، أو تنشأ بشكل غير مباشر نتيجة عدم الإتزان في أيض النبات.

**الأملاح وإنبات البذور**

**Salts and seed germination**

تشير نتائج العديد من الأبحاث التي أجريت على استجابة بذور عدد من نباتات المحاصيل **(نباتات غير ملحية)** **(Glycophytes)** مثل القمح والشعير والذرة والأرز والبرسيم والفاصوليا وفول الصويا والقطن والبطيخ والطماطم والبازلاء وعباد الشمس إلا أن مرحلة إنبات البذور حساسة جداً للأملاح بسبب انخفاض الجهد الأسموزي لبيئة الإنبات **(لزيادة تركيز الأملاح)** نقص كل من النسبة المئوية النهائية للإنبات ومعدل الإنبات ويوضح **(جدول** **1)** تأثير الأملاح على إنبات بذور القمح والشعير.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| النبات | تركيز NaCl% | | | | تركيز Na2SO4% | | |
|  | صفر | 0.5 | 1.0 | 1.5 | .05 | 1 | 1.5 |
| القمح | 100 | 88 | 75 | 60 | 80 | 45 | 20 |
| الشعير | 90 | 70 | 50 | 40 | 60 | 35 | 8 |

**جدول (1) تأثير NaCl و Na2SO4 على النسبة المئوية لإنبات بذور القمح والشعير**



تشير نتائج الأبحاث التي أجراها **(Feekes, 1935) (Unger, 1978)** على تأثير **((NaCl** على إنبات بذور **(14)** نوعاً لنباتات غير ملحية إلا أن بذور النباتات المدروسة تتفاوت في درجة مقاومتها للملوحة، ولكن بشكل عام لا يحدث إنبات للبذور عند تركيز أعلى من **(1.5%)** . ويوضح جدول (**2**) تأثير تراكيز **((NaCl** على إنبات حبوب الأرز **(صنف احسائي)** كمثال على تأثير الملوحة على الإنبات. ويلاحظ من الجدول أن تركيز **((NaCl** إلى **(0.01)** جزيء ليس له تأثير على النسبة المئوية للإنبات، ويثبط الإنبات بزيادة تركيز الملح عن هذا الحد، ويعتمد التثبيط على درجة حرارة الإنبات **(Al-Helal** **and** **Al-Habushi, 19995)**. الجدير بالذكر أن الأرز أكثر مقاومة للملوحة في مرحلة الإنبات من مرحلة النمو.

**جدول (2 ) النسبة المئوية لإنبات حبوب الأرز (صنف إحسائي) في تركيزات مختلفة من ((NaCl عند درجات حرارة مختلفة**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| تركيز NaCl (جزيء) | | النسبة المئوية للإنبات | |
| جزيء | 25ه م | 30ه م | 35ه م |
| 0.001 | 96.7 ± 5.3 | 93.3 ± 5.1 | 93.3 ± 3.8 |
| 0.01 | 96.6 ± 3.9 | 90 ± 4.7 | 93.3 ± 2.9 |
| 0.1 | 88.7 ± 9.3 | 93.3 ± 7.3 | 75 ± 9.1 |
| 0.2 | 92.3 ± 7.2 | 61.7 ± 10.3 | 56.7 ± 0.5 |
| 0.3 | 25 ± 1.5 | 5 ± 4.8 | 3.3 ± 5 |

ليس فقط إنبات بذور النباتات غير الملحية يثبط بالملوحة بل كذلك بذور النباتات الملحية **(Halophytes)** يثبط إنباتها بالأملاح. وقد أوضحت نتائج العديد من الأبحاث **(أنظر** **Ungar, 1978)** أن إنبات بذور العديد من النباتات الملحية يكون أفضل في الماء النقي أو عند تركيز منخفض من محلول كلوريد الصوديوم **(أقل من 0.05%)**.

وبشكل عام ينخفض الإنبات عند زيادة تركيز هذا الملح عن **(1%)** وزيادة تركيز الملح يؤخر الإنبات كذلك **(Chapmn,** **1974)**. يؤثر **((NaCl** على معدل إنبات بذور نبات الشعير **(*Hordeum jubatum*)** وهو من النباتات المتوسطة في مقاومتها للملوحة ويلاحظ أن الملوحة تسبب تأخيراً كبيراً في حدوث الإنبات ويزداد التأخير بزيادة تركيز الملح **(عن Ungar, 1978)**. وقد وجد في دراسة على إنبات بذور **((*Puccinellia******nuttalliana*** أن **((NaCl** عند تركيز **(0.5%)** يؤخر الإنبات ليوم واحد وتركيز **(2%)** يؤخر الإنبات لمدة **(8 أيام)** . وبشكل عام عدد أيام التأخير تعتمد على النوع النبات وتركيز الملح **(Ungar, 1978)**.



***Puccinellia nuttalliana***

**القمح**

***Hordeum jubatum***

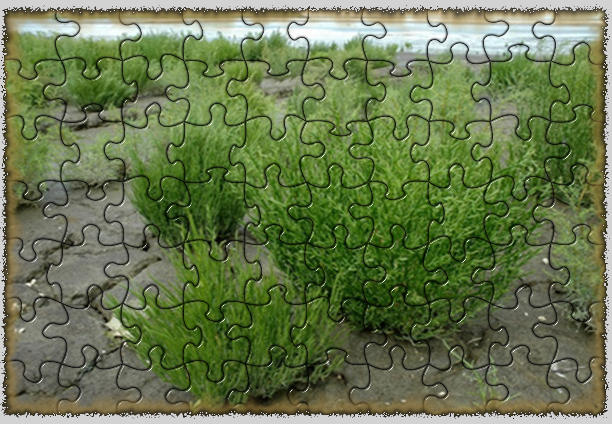
**الشعير**

تشير نتائج أبحاث **(Ritcher and Libbert 1967)** **(عن** **Ungar,** **1978)** التي أجريت على تأثير تركيزات مختلفة من **NaCl))** على إنبات بذور عدد من النباتات الملحية إلى أن بذور بعض الأنواع المدروسة تنبت عند تركيز أعلى من **(4%)** بينما لا تنبت بذور أنواع أخرى عند تركيز أعلى من **(1.5%)**. ويتضح من نتائج **(Ungar and Capilupo, 1969)** و **(Ungar,** **1962)** **(عن** **Ungar, 1974)** أن بذور بعض النباتات الملحية العصارية تنبت عند تركيز من **((NaCl** يصل إلى **(4%)** وقد سجل **(Chapman, 1974)** حدوث إنبات لبذور نبات ***Salicornia******stricta*))** تركيز **(10%)** من **((NaCl**.

***Salicornia stricta***

**ساليكورنيا**

ويبدو أن درجة ملوحة التربة عامل مهم جداً في توقيت إنبات بذور النباتات الملحية ، لأن نسبة الملوحة في سطح ترب عدد من الأراضي الملحية **(الأراضي السبخة)،** يعيق إنبات بذور جميع أنواع النباتات. يحدث إنبات بذور النباتات المستوطنة لهذه المناطق في فصل الربيع أو أثناء الفصول الممطرة عندما يكون معدل التبخر منخفضاً، ويكون الإجهاد الملحي في هذه البيئات على درجة كبيرة من الإنخفاض **(أنظر** **Ungar, 1973)** . ويرى **(Chapman, 1942)** أن انخفاض ملوحة التربة عامل مهم لحدوث إنبات بذور النباتات الملحية. تشير نتائج العديد من الباحثين **(انظر** **Ungar,** **1978)** أنه في الفترة الزمنية الواقعة بين الربيع والصيف لا يحدث إنبات لبذور النباتات الملحية أو تكون نسبة الإنبات منخفضة جداً وذلك لإرتفاع درجة ملوحة سطح التربة.

تمتاز بذور النباتات الملحية عن بذور النباتات غير الملحية بمقدرتها على البقاء حية لفترة زمنية طويلة تحت ظروف من الإجهاد الملحي المرتفع وتنبت عندما يرتفع جهد ماء التربة، فمثلاً بذور نباتي **(*Scaevola taccada*)** و **(*Messerchmida argentea*)** تتحمل الغمر في ماء البحر لمدة تتراوح بين **(20 إلى 83 يوماً)** دون أن يفقد حيويتها **(Lesko, Walker, 1969 عن Ungar, 1978).** يبدو أن معاملة بذور بعض النباتات الملحية بالملوحة يسبب زيادة في نسبة الإنبات بعد نقل البذور إلى ماء مقطر، فمثلاً معاملة بذور نبات الشعير البحري **(*Hordeum marinum*)** بكلوريد الصوديوم **(NaCl)** تركيزه **(2.6%)** يسبب زيادة سرعة الإنبات مقارنة بالبذور غير المعاملة **(Onnis and Bellettato, 1972 عن Ungar, 1978**). ولقد استنتج **(Ungar, 1978)** أن غمر بذور النباتات الملحية في ملوحة عالية غير سام نظراً لإنبات البذور بمجرد نقلها إلى ماء مقطر، وكذلك استنتج هذا العالم أن تأثير ماء البحر وكلوريد الصوديوم على إنبات بذور النباتات المحية قد يرجع لتأثير إسموزي بسبب عدم تشرب البذور بالماء. ويرى هذا العالم أن تحمل بذور هذه النباتات للغمر في تركيز من **(NaCl)** يصل إلى **(2 جزيء)** قد يكون ذا فائدة بيئية حيث تبقى البذور كامنة في الفترة الزمنية التي يرتفع فيها الإجهاد الملحي في التربة إلى تركيز يمنع الإنبات ونمو البادرات ويحدث الإنبات عند ارتفاع الجهد المائي للتربة ويسمح بنمو النبات وتطوره.



***Scaevola taccada***



***Hordeum marinum***

**تأثير درجة الحرارة على إستجابة إنبات البذور للأملاح**

**Interaction between salts stress and temperature**

أثبتت نتائج العديد من الأبحاث التي أجريت على تأثير الملوحة على الإنبات عند درجات حرارة مختلفة أن استجابة إنبات البذور للملوحة يعتمد على درجة الحرارة. في دراسة على تأثير تركيزات مختلفة من **(NaCl)** على إنبات بذور الأرز **(صنف أحسائي)** عند درجات حرارة مختلفة أوضحت نتائج الدراسة أن مقاومة إنبات البذور للملوحة يكون أفضل عند درجة الحرارة المنخفضة وتنقص المقاومة بارتفاع درجة الحرارة **(Al-Helal** **and Al-Habushi**, **1995).** مقاومة إنبات بذور النبات الصحراوي **(*Cassia*** ***senna*)** لكل من **(NaCl)** و **(Na2SO4)** أفضل عند درجة الحرارة المثلى للإنبات **(25هم إلى 35هم)** وتنقص المقاومة بارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها **(Al-Helal et al, 1989)**.



***Cassia senna***

كذلك مقاومة إنبات بذور نبات **(*Crithmum maritimum*)** للملوحة أفضل عند درجة الحرارة المثلى للإنبات **(Okusanya, 1977)**. بالمثل فإن مقاومة إنبات بذور نبات **(*Iva annua*)** للملوحة أفضل عند درجة الحرارة المثلى للإنبات **(Okusanya, 1977)** وقد أوضحت نتائج **(Springfield)** أن بذور نبات **(*Atriplex*** ***canescens*)** لا تنبت في ملوحة مرتفعة **(-15 بار)** إلا عند درجة الحرارة المثلى للإنبات وهي **(63 فهرنهيت)**.

يستنتج مما سبق أن بذور الأنواع المختلفة من النباتات سواء كانت نباتات ملحية أو غير ملحية تتفاوت فيما بينها في مدى مقاومتها للأملاح أثناء الإنبات. فقد يثبط الإنبات بتركيز منخفض من الملوحة **(0.5%)** في بذور بعض الأنواع من النباتات غير الملحية في حين تصل المقاومة إلى **(10%)** ملوحة لبذور بعض النباتات المحلية. كذلك تختلف المقاومة لبذور صنف آخر عند التركيز نفسه، وكذلك تتفاوت بذور الأصناف المختلفة من القمح في درجة مقاومتها لـكلوريد الصوديوم **(NaCl)** و كبريتات الصوديوم **(Na2SO4)** **(Larik and Al-Saheal,** **1986)**.



***Iva annua***



***Crithmum maritimum***

**جدول رقم (3): النسبة المئوية لإنبات بذور نبات (*Cassia senna*) في تركيزات مختلفة من كبريتات الصوديوم (Na2SO4) و كلوريد الصوديوم (NaCl) عند درجات حرارة مختلفة**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 15هم | | 25هم | | 35هم | | 40هم | | 45هم | |
| الجزيء | **NaCl** | **Na2SO4** | **NaCl** | **Na2SO4** | **NaCl** | **Na2SO4** | **NaCl** | **Na2SO4** | **NaCl** | **Na2SO4** |
| 0 | 95 ± 3.2 | 95 ± 3.2 | 100 ± 0 | 100 ± 0 | 100 ± 0 | 100 ± 0 | 97 ± 1.6 | 97 ± 1.6 | 8 ± 3.2 | 8 ± 3.2 |
| 0.0001 | 89 ± 6.8 | 100 ± 0 | 100 ± 0 | 97 ± 4.2 | 98 ± 1.6 | 100 ± 0 | 93 ± 2.7 | 88 ± 5.7 | 18 ± 1.3 | 60 ± 10 |
| 0.001 | 91 ± 5.3 | 100 ± 0 | 98 ± 16 | 98 ± 1.6 | 97 ± 3.3 | 100 ± 0 | 92 ± 3.2 | 98 ± 1.6 | 7 ± 3.2 | 68 ± 1.2 |
| 0.01 | 93 ± 2.7 | 100 ± 0 | 100 ± 0 | 98 ± 1.6 | 100 ± 0 | 100 ± 0 | 95 ± 3.2 | 95 ± 5 | 2 ± 1.6 | 50 ± 13.7 |
| 0.1 | 63 ± 6.9 | 53 ± 83 | 100 ± 0 | 95 ± 3.2 | 100 ± 0 | 95 ± 1.6 | 93 ± 2.7 | 65 ± 78 | 3 ± 1.9 | 2 ± 1.6 |
| 0.2 | 0 | 0 | 93 ± 2.7 | 17 ± 10.3 | 77 ± 6.0 | 2 ± 1.8 | 0 | 0 | 0 | 0 |

بالإضافة إلى ذلك تتفاوت الأملاح المختلفة في درجة تثبيطها للإنبات، فمثلاً **(MgSO4, KCL, MgCl2)** هي الأقل تثبيطاً لإنبات بذور البرسيم و **((Na2SO4** و **(NaCl)** هي الأكثر تثبيطاً للإنبات **(Redmann, 1974)**.

وجد في دراسة على إنبات بذور **(*Cassia senna*)** أن **(Na2SO4)** أكثر تثبيطاً من **(Na2SO4)** لإنبات بذور القمح **(Larik** **and** **Al-Saheal, 1986)**.

**التأثير الأسموزي والسمومية الأيونية للأملاح**

إن تأثير الأملاح على إنبات البذور إما تأثير أسموزي أو يرجع لسمومية أيونية **(Ionic toxicity)** أو الإثنان معاً. ولمعرفة نوع التأثير هل هو أسموزي أو سمومية أيونية تستخدم إحدى الطرق التالية:

* مقارنة تأثير محلول ملحي ومحلول عضوي مثل المنثول على الإنبات، ويجب أن يكون الجهد الأسموزي للمحلولين متساوياً، فإذا كانت نسبة الإنبات في المحلولين متساوية أي أن المحلولين متساويان في درجة تثبيط الإنبات مقارنة بالماء النقي فإنه في هذه الحالة يعزى تأثير الملوحة على الإنبات إلى تأثير أسموزي. أما إذا كانت نسبة الإنبات في المحلول العضوي أكثر من نسبة الإنبات في المحلول الملحي فإن جزءأ من تأثير الملح على الإنبات يرجع إلى سمومية أيونية.
* نقل البذور التي لم تنبت في المحلول الملحي إلى ماء مقطر، فإذا حدث إنبات في الماء المقطر يكون تأثير الملح أسموزياً.
* إستخدام عنصر مشع يسهل الكشف عن كميته في البذور ومقارنة تثبيط الإنبات مع معدل تراكم العنصر المشع في البذور.



***Cakile maritima***

هناك العديد من الدراسات على إنبات بذور النباتات غير الملحية والملحية التي تشير إلى أن تأثير الأملاح على إنبات بذور بعض النباتات يرجع إلى تأثير أسموزي وذلك عن طريق تثبيط الأملاح لتشرب البذور الماء نظراً لإنخفاض الجهد المائي للمحلول الملحي. وجد في دراسة على إنبات بذور نبات **(*Cakile maritima*)** أجراها **(Barbur, 1970)** أن البذور التي لم تنبت عند تركيز من **(NaCl)** يتراوح بين **(1%)** و **(3%)** تنبت عند نقلها إلى ماء نقي وكانت النسبة المئوية للإنبات في الماء متساوية لجميع البذور المنقولة من التركيزات المختلفة من **(NaCl)** مما يدل على أن تأثير **(NaCl)** على إنبات بذور هذا النبات هو تأثير أسموزي. كذلك **(Schartz, 1934) (عن Ungar, 1978)** أجرى دراسة على تأثير الملوحة على إنبات بذور عددأ من النباتات الملحية وغير الملحية وأشارت نتائج الدراسة إلى أن معظم تثبيط الملوحة للإنبات يرجع إلى تأثير أسموزي. كذلك ذكر **(Mooring et al. 1971)** أن معظم تثبيط **(NaCl)** لإنبات بذور **(*Spartina alterniflora*)** يرجع إلى تأثير أسموزي.

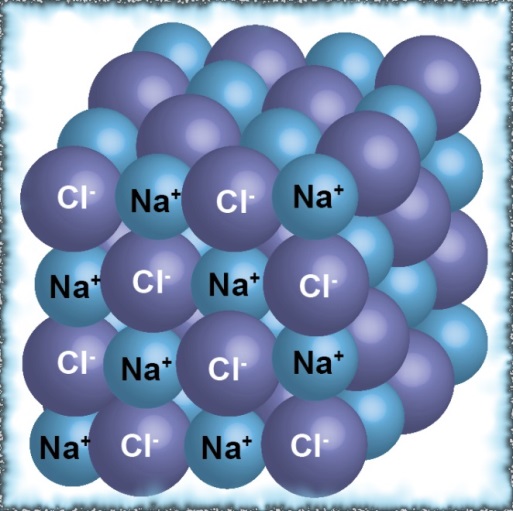
هناك العديد من الدراسات التي تشير إلى أن تثبيط الأملاح للإنبات يرجع إلى سمومية أيونية. تشير نتائج أبحاث **(Uhvits)** على تأثير **(NaCl)** على إنبات بذور البرسيم إلى أن جزءاً على الأقل من التأثير يرجع إلى سمومية أيونية، وقد وجد **(Redmann, 1974)** أن كبريتات الصوديوم **(Na2SO4)** أكثر سمومية من **(NaCl)** لإنبات بذور البرسيم. وفي دراسة على تأثير **(NaCl)** و **(CaCl2)** عند تركيز مئوي متساوٍ يختلفان في تأثيرهما على النسبة المئوية للإنبات، وكان **(NaCl)** أكثر تثبيطاً من **(CaCl2)** للإنبات مع أن محلول **(CaCl2)** أقل في الجهد الأسموزي من محلول **(NaCl)** مما يدل على التأثير السام لـ **(NaCl)** على الإنبات. والجدير بالذكر أن معاملة البذور بـ **(CaCl2)** يؤدي إلى رفع نسبة الإنبات إلى **(90%)** في محلول من **(NaCl)** ذات التركيز 15% مقارنة بإنبات البذور غير المعاملة بـ **(CaCl2)**.



***Spartina alterniflora***

**الأملاح ونمو النبات**

**Salts and plant growth**

أجرى العلماء العديد من الأبحاث على استجابة نمو الكثير من النباتات سواء نباتات ملحية أو غير ملحية للأملاح. وقد تركزت معظم هذه الدراسات على استخدام ملح كلوريد الصوديوم **(NaCl)** كمصدر للملوحة. ويرجع التركيز في دراسة تأثير هذا الملح على النمو إلى كون **(Na+ , Cl-)** هما أكثر الأيونات وجوداً في الأراضي الملحية. إلا أنه يصعب مقارنة هذه الأبحاث جميعاً لمعرفة حدود تحمل النباتات للإجهاد الملحي وذلك لعدة أسباب منها:

* الإختلاف الكبير في الوحدات المستخدمة للتعبير عن درجة الملوحة، فبعض الباحثين يستخدم التوصيل الكهربائي للمحلول ، والبعض الثاني يستخدم الجهد الأسموزي ، والبعض الثالث يستخدم الجزئية أو الجزء لكل مليون جزء، أو النسبة المئوية للملوحة .... وهكذا.
* الإختلاف في الظروف البيئية التي وضعت عندها النباتات المعاملة. إذ من المعروف أن للظروف البيئية المختلفة تأثيراَ كبيراَ على درجة مقاومة النباتات للملوحة.
* طريقة الدراسة باستخدام الري قد تسبب إنخفاضاً في الإجهاد الملحي المستخدم، وتؤدي بالتالي إلى زيادة مقاومة النبات للملوحة.

**الأملاح ونمو النباتات غير الملحية**

يرى كل من **(May, 1977 و Shmueli, 1975)** أن ماء الري يحتوي على أملاح تركيزها يتراوح بين **(500 و** **1500 مليجرام لكل لتر)**، يمكن أن يستخدم لري جميع نباتات المحاصيل إذا كان صرف الأرض الزراعية مناسباً، بينما يمكن أن يستخدم تركيز يتراوح بين **(3000 و** **5000 مليجرام للتر)** لري النباتات التي على درجة كبيرة من المقاومة. ويمكن أن يستخدم تركيز يصل إلى **(12000** **مليجرام** **للتر)** الواحد لري النباتات التي تتميز بدرجة كبيرة جداً من المقاومة للإجهاد الملحي.

تشير نتائج العديد من الأبحاث إلى أن تثبيط النمو من المحتمل أن يكون أكثر الأعراض الناتجة من تأثير الأملاح على النباتات. ويبدو أن بعض الأنواع النباتية على درجة كبيرة من الحساسية لـ **(Cl-)** و **(Na+)** أو كليهما معاً. في حين تتأثر نباتات أخرى بالملوحة بشكل عام ولا تعتمد حساسيتها على نوع معين من الأيونات.

يختلف تأثير الأملاح على النمو باختلاف جنس النبات ونوعه وصنفه، فمثلاً السبانخ والبنجر وهما من نباتات المحاصيل المقاومة جداً للملوحة يتحسن نموهما عادة بتركيزات من الملوحة تكون مضرة جداً لنمو نبات البازلاء والذي يعتبر من المحاصيل الحساسة جداً للملوحة. يزداد إنتاج قصب السكر بإضافة **(NaCl)** إلى التربة **(Tinker, 1967) (عن** **Jennings,** **1968)** ويسبب هذا الملح زيادة الوزن الرطب والوزن الجاف لقصب السكر عند تركيز **(0.5 مليجزيء) (Ulrich and Ohk**, **1967) (عن Jennings, 1968)**.

وجد في دراسة على جذور نبات القطن أن التركيز المنخفض من **(NaCl)** (**25 مليجزيء**) يستحث النمو بينما يكون التركيز المرتفع مثبطاً للنمو، وكذلك وجد أن **(NaCl)** أكثر فعالية في تثبيط نمو الجذور من **(KCl) (Kramer et al, 1986)**.

درس **(Niemann, 1962)** تأثير تركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم **(NaCl)** على نمو **(12)** نوعاً من نباتات المحاصيل، ووجد تفاوتاً كبيراً في إستجابة نمو هذه النباتات للملوحة. فبعض النباتات يستحث نموها بتركيز من **(NaCl)** يصل إلى **(-3 بار)** في حين نباتات أخرى مثل البصل والبازلاء يثبط نموها بتركيز منخفض جداً من الملح **(-1 بار)** وهو أقل تركيز استخدم في الدراسة، ويوضح جدول **(4)** تأثير الملوحة على نمو النباتات المدروسة وهي مرتبة حسب درجة مقاومتها للملوحة في مرحلة النمو.

**جدول (4 ) : تأثير (NaCl) على نمو 12 نوعاً من نباتات المحاصيل والوزن الرطب لنباتات معاملة بالملوحة كنسبة مئوية من النباتات غير المعاملة**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| النوع النباتي | تركيز (NaCl) بار | | | |
| **-1** | **-2** | **-3** | **-4** |
| **البنجر** | **107** | **119** | **-** | **96** |
| **السبانخ** | **90** | **129** | **131** | **86** |
| **الترنب** | **113** | **101** | **98** | **81** |
| **الكرنب** | **114** | **95** | **96** | **32** |
| **الطماطم** | **91** | **74** | **74** | **72** |
| **الخردل** | **95** | **69** | **80** | **51** |
| **الخس** | **68** | **60** | **65** | **52** |
| **الفجل** | **91** | **68** | **54** | **38** |
| **الفلفل** | **68** | **64** | **58** | **33** |
| **الفاصوليا** | **88** | **55** | **22** | **16** |
| **البصل** | **77** | **39** | **39** | **28** |
| **البازلاء** | **77** | **53** | **ماتت** | **ماتت** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| المعاملة | الوزن النسبي المئوي | النسبة المئوية للنقص في النمو |
| التجربة الضابطة | **100** | **0** |
| NaCl | **43** | **57** |
| Na2SO4 | **28** | **72** |

**جدول (5): تأثير (NaCl) (100 مليمكافيئ) و (Na2SO4) (200 مليمكافيء) على نمو نبات الشعير**

درس **(Gauch** **and** **Eaton, 1942)** تأثير **(NaCl)** **(100 مليمكافيء)** و **(Na2SO4)** **(200 مليمكافيء)** على نمو نبات الشعير ووجدوا أن كلا الملحين يسببان نقص الوزن الجاف والوزن الرطب جدول **(5)**. والأرز الذي يعتبر من أهم نباتات المحاصيل غذاء للإنسان من أكثر نباتات الحبوب مقاومة للإجهاد.

**تأثير طول فترة الإضاءة على استجابة النباتات للأملاح**

تؤثر طول فترة الإضاءة على الإستجابة للملوحة ، ووجد في دراسة على تأثير **(NaCl)** وطول فترة الإضاءة على نمو نبات **(*Bryophyllum tubiflorum*)** أن نمو هذه النبات يزداد عند إضافة **(0.1 مليجزيء)** من  **(NaCl)** عندما ينمى النبات في ظروف النهار القصير والتي تسبب للنبات سلوك مسلك نباتات **(CAM)** **) Crassulacean acid metabolism)** أو ما يسمى أيض الحمض العشبي في تثبيت **(CO2)** ولكن إضافة **(NaCl)** لبيئة الجذور ، وعندما يوجد النبات في ظروف النهار الطويل حيث يسلك النبات مسار **(C3)** في تثبيت **(CO2)** فإن ذلك لا يؤثر على نمو النبات **(Brownell and Crosslandm, 1974)**. وبمعنى آخر ترتبط إستجابة هذه النبات لكلوريد الصوديوم **(NaCl)** بالمسار الأيضي الذي يسلكه في البناء الضوئي.

**أسباب تثبيط الأملاح للنمو**

**The reasons for growth inhibition by salts**

بناء على نتائج العديد من الأبحاث التي أجريت على تأثير الإجهاد الملحي على نمو النبات، يرى العديد من الباحثين أن سبب تثبيط الأملاح للنمو يرجع إلى :

* تعرض النباتات لإجهاد الجفاف نتيجة وجودها في وسط مالح.
* إجهاد أيوني أو سمومية أيونية نتيجة تراكم بعض الأيونات غير العضوية السامة مثل **(Na+)** و **(Cl-)**.
* إجهاد عدم إتزان أيوني أو نقص التغذية المعدنية في أنسجة النبات تثبطها لتمدد الخلايا ويبدو أن أكثر المناطق حساسية للنمو في المجموع الخضري هي الخلايا النامية **(Munns et al, 1982).**

إن تأثير الأملاح على النمو قد يكون بشكل مباشر أو غير مباشر **(Levitt, 1980)** ومن التأثيرات غير المباشرة للأملاح على النمو ما يلي:

* نقص كمية نواتج البناء الضوئي **(الكربوهيدرات)** التي تصل إلى المناطق والخلايا النامية.
* نقص المحتوى المائي في المناطق النامية.
* نقص عوامل مركبات النمو التي تصل إلى المناطق النامية.

**يرجع نقص كمية نواتج البناء الضوئي التي تصل إلى المناطق النامية إلى عدة أسباب منها:**

* تثبيط البناء الضوئي لإنغلاق الثغور.
* نقص كفاءة الخلايا التمثيلية.
* تثبيط نقل نواتج البناء الضوئي إلى المناطق النامية.

**سبب نقص المحتوى المائي في المناطق النامية قد يرجع إلى :**

* نقص كفاءة الجذور في إمتصاص الماء نظراً لعدم كفاءة النبات في تعديل الأسموزية.
* نقص تدفق الماء من التربة إلى جذور النبات لزيادة مقاومة التربة المالحة للماء.
* زيادة مقاومة الجذور لحركة الماء.

و قد يرجع تثبيط الأملاح للنمو إلى نقص الطاقة المستخدمة للنمو نظراً لإستخدام جزء كبير من الطاقة لأغراض أخرى غير النمو **(Tale,** **1983)**.

**الطاقة قد تستخدم في حالة الإجهاد الملحي في :**

* تنظيم المحتوى الأيوني في أعضاء النبات أو في داخل الخلية النباتية.
* بناء المركّبات العضوية لتعديل الأسموزية أو المستخدمة للمحافظة على نشاط الجزيئات الكبيرة.

**الأملاح والعلاقات المائية في النبات**

تحد زيادة تركيز الأملاح في بيئة الجذور من إمتصاص الجذور للماء نظراً لنقص جهد ماء بيئة الجذور. إذا زاد معدل النتح على معدل إمتصاص الماء لفترة من الزمن فإن ذلك يعرّض النبات إلى إجهاد جفاف ويسمى في هذه الحالة إجهاد جفاف فسيولوجي **(Physiological drought)** **(Levitt, 1980)**. يتناسب نقص النمو الذي تسببه الأملاح تناسباً طردياً مع نقص جهد ماء التربة **(أو بيئة الجذور)**. وحتى في النباتات القادرة على تعديل الأسموزية فإن أضرار الإجهاد الملحي إلى حد كبير أضرار الجفاف مثل الزيادة في نشاط **(RNAse)** في النباتات المعرضة لإجهاد جفاف أو إجهاد ملوحة **(Levitt, 1980)**.

تتعرض الخلايا المغمورة في بيئة ذات محتوى ملحي مرتفع إلى ما يسمى بالتجفيف الأسموزي **(Osmotic dehydration)** وهو فقد الماء من الخلايا على هيئة سائل إلى الوسط ذي الجهد الأسموزي المنخفض ويكون التجفيف سريع ويسبب نقص حجم الخلايا كما يسبب إنخفاض جهد الماء والجهد الأسموزي للخلايا، كما في طحلب **(*Platymonas subcordiformis***).

ويحدث كذلك نقص في جهد الماء والجهد الأسموزي لخلايا أوراق النباتات عند وجودها في بيئة ذات محتوى ملحي مرتفع. ويري **(Levitt,** **1980)** أن التجفيف الأسموزي هو أول أضرار الإجهاد الملحي.

تحافظ النباتات القادرة على تعديل الأسموزية على التدرج في جهد الماء بين الجذور والتربة ويكون جهد ماء الجذور أقل من جهد الماء بين الجذور والتربة ويكون جهد ماء الجذور أقل من جهد ماء بيئة الجذور، ومع ذلك ففي هذه النباتات تشابه أضرار الإجهاد الملحي أضرار الجفاف.

**وقد علل (O’leary) (عن Priso and O’leary, 1973) ذلك:**

* بارتفاع معدل النتح
* ونقص امتصاص النبات للماء نظراً لنقص نفاذية الجذور للماء نتيجة زيادة تركيز الأملاح في الوسط البيئي

ويوضح جدول **(6)** تأثير الأملاح على التوصيل المائي لجذور نبات الفاصوليا.

في دراسة لـ **(Priso and O’leary,** **1973**) على تأثير **(NaCl)** على التوصيل المائي لجذور نبات فول الصويا ، أوضحت النتائج أن هذا الملح عند تركيز **(-0.17** **ميجاباسكال)** يسبب نقصاً في التوصيل المائي يصل إلى **(72%)** من التوصيل المائي لجذور النباتات غير المعاملة بالملوحة **(Jolym, 1989)**. كذلك يسبب ملح كلوريد الصوديوم **(عند -0.1** **ميجاباسكال)** نقص التوصيل المائي إلى **(85** **%)** في عدد من الموالح **(الحوامض)** **(Zekri citrus rootstocks and Parsonsm,** **1989)**.

**جدول (6): تأثير الرطوبة النسبية على التوصيل المائي لجذور الفاصوليا**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| المعاملة | التوصيل المائي للجذور (سم/ثانية/بارX10-6) | |
| الرطوبة النسبية المنخفضة | الرطوبة النسبية المرتفعة |
| نباتات غير معاملة بالملوحة | 0.43 | 0.55 |
| نباات معاملة بالتركيز | 0.08 | 0.05 |
| -4 بارات من NaCl |  |  |