



## بررسی اثرات تنش شوری بر جوانه‌زنی تخم جواری در شرایط کنترل شده لابراتواری

محمد شفیق فایق<sup>۱</sup>، شمس الرحمن شمس<sup>۱</sup>، حبیب الله درویشی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دپارتمنت اگرونومی، پوهنځی زراعت، پوهنتون کابل

### خلاصه

جواری یکی از نباتات یک‌ساله با ارزش غذایی بلند است که دارای مقدار قابل توجهی نشایسته، پروتین، ویتامین‌ها و امینواسیدها می‌باشد. تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل غیرزنده محدودکننده رشد نباتات در سطح جهان به شمار می‌رود. به‌منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی جواری، این تحقیق در بهار سال ۱۴۰۴ ه. ش در لابراتوار و فارم تحقیقاتی پوهنځی زراعت پوهنتون کابل انجام گردید. ترتمنت‌ها شامل پنج سطح مختلف نمک (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میلی‌مول سودیم کلوراید) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نمک، فیصدی جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، و وزن تر و خشک جوانه‌ها به‌صورت معنی‌داری کاهش یافتند. بیشترین مقادیر این صفات در سطح صفر شوری و کمترین آن‌ها در سطح ۲۰۰ میلی‌مول NaCl مشاهده گردید. افزایش شوری سبب کاهش ظرفیت نگهداشت آب و اختلال در تعادل آیونها شده که منجر به کندی پروسه جوانه‌زنی گردید. در مجموع، یافته‌ها نشان داد که شوری بلند اثر منفی قابل ملاحظه‌ای بر رشد اولیه جواری دارد و ممکن است در مراحل بعدی رشد و حاصل دهی نیز اثرگذار باشد.

**کلیمات کلیدی:** جواری، تنش شوری، جوانه‌زدن، شاخص‌های جوانه‌زنی، غلظت نمک

## Impact of Salinity Stress on Germination of Maize Seed under Controlled Laboratory Condition

Mohammad ShafiqFaieq<sup>1\*</sup>, Shamsurahman Shams<sup>1</sup>, Haseebullah Darwishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Agronomy, Agriculture Faculty, Kabul University

\*Corresponding Author Email: [m.shafiqfaieq@ku.edu.af](mailto:m.shafiqfaieq@ku.edu.af)

### Abstract

Maize (*Zea mays* L.) is an annual broadleaf crop with high nutritional value, containing considerable amounts of starch, protein, vitamins, minerals, and the amino acid lysine. Salinity stress is one of the major global challenges limiting crop growth and productivity. To evaluate the effect of salinity stress on maize germination indices, this experiment was conducted during the spring of 2024 at the laboratory and research farm of the Faculty of Agriculture, Kabul University. The treatments consisted of five NaCl concentrations (0, 50, 100, 150, and 200 mM). The results revealed that increasing salinity levels significantly reduced germination percentage, root and shoot length, and fresh and dry weights of maize seedlings. The highest values for these parameters were recorded at 0 mM NaCl, while the lowest were observed at 200 mM. High salinity decreased water potential and caused ionic imbalance, which consequently slowed the germination process. Overall, the findings indicate that salinity has a markedly negative effect on maize seed germination and early growth, which may further influence yield and development at later growth stages.

**Keywords:** Maize, Salinity stress, Germination, Germination indices, Salt concentration

### مقدمه

جواری (*Zea mays* L.) یکی از نباتات مهم و ستراتژیک جهان است که به فامیل Poaceae تعلق دارد و در مناطق گرم و نیمه‌گرم به‌طور وسیع کشت می‌شود. این نبات به عنوان منبع عمده‌ی کاربوهایدریت، پروتین و مواد معدنی، نقش کلیدی در تأمین غذای انسان و حیوانات ایفا می‌کند و یکی از ارکان مهم امنیت غذایی به شمار می‌رود (FAO, 2020).

تخم جواری دارای مقدار قابل توجهی پروتئین (8-10٪) در هر 100 گرم دانه) و ذخایر غذایی است که نقش اساسی در پروسه جوانه‌زنی (Germination) ایفا می‌کند. جوانه‌زنی مرحله‌ای حیاتی در چرخه زندگی نبات است که موفقیت آن، اساس رشد و استقرار اولیه نبات را تشکیل می‌دهد. در جواری، جوانه‌زنی از نوع Hypogeal بوده و طی آن ریشه‌چه و ساقه‌چه اولیه از بذر خارج می‌گردند. هرگونه اختلال در این مرحله می‌تواند بر رشد بعدی و حاصل نهایی نبات اثر منفی بگذارد.

یکی از عوامل عمده‌ی محدودکننده در مراحل ابتدایی رشد نباتات، تنش شوری (Salinity Stress) است. تجمع نمک‌های محلول در خاک سبب افزایش فشار اسموسس، اختلال در تعادل آیونی و کاهش جذب آب توسط تخم می‌شود که نهایتاً درصد و سرعت جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (Liu, 2018). بر اساس گزارش‌ها، حدود ۷ درصد خاک‌های جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند (Brady & Weli, 2015). این وضعیت به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از جمله افغانستان، به علت تبخیر زیاد، بارندگی اندک و آبیاری نامناسب، رو به افزایش است (Mehra, 2013).

در کشور افغانستان، بخش وسیعی از زمین‌های زراعتی دارای pH متغیر و میزان نمک نسبتاً بالا می‌باشد. در چنین شرایطی، شناخت واکنش بذر جواری به سطوح مختلف شوری برای انتخاب و ترویج وراثتی‌های مقاوم، ضروری است. با وجود اهمیت این نبات، بررسی‌های دقیق در زمینه‌ی تأثیر تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی جواری در شرایط کشور محدود می‌باشد، در حالی که نتایج چنین تحقیقاتی می‌تواند به بهبود مدیریت زراعتی، افزایش بهره‌وری و تقویت مصونیت غذایی کمک نماید (Donohue et al., 2005; Rashid & Suleman, 2005).

بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر فیصدی و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر جواری در شرایط کنترل‌شده‌ی لابراتواری انجام شده است تا توان سازگاری این نبات در شرایط شور ارزیابی گردد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند راهنمای مناسبی برای محققین، متخصصین زراعت و دهاقین کشور در مدیریت مطلوب شوری خاک و انتخاب وراثتی‌های مقاوم باشد.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تنش شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی جواری (*Zea mays L.*) در شرایط کنترل‌شده لابراتواری انجام شد که مواد و تجهیزات مورد نیاز به شرح زیر می‌باشند:

جدول ۱: مواد و تجهیزات مورد نیاز تحقیق

| نوع وسیله                                        | توضیحات                                       | تعداد  |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------|
| پتريدیش<br>کاغذ جوانه‌زنی<br>(Germination Paper) | برای قرار دادن بذر و جوانه‌زنی                | ۱۵ عدد |
| آب مقطر<br>نمک (NaCl)                            | جهت فراهم کردن سطح مناسب برای جوانه‌زنی بذرها | ۳۰ عدد |
| ترازوی الکترونی                                  | برای تهیه محلول‌های نمکی و آبیاری بذرها       | ۵ لیتر |
| سرنج                                             | برای تهیه محلول‌های با غلظت‌های مختلف         | ۱۰ گرم |
| شوردهنده<br>(Shaker)                             | برای تعیین وزن خشک و وزن تر جوانه‌ها          | ۱ عدد  |
| خط‌کش                                            | برای آبیاری دقیق بذرها                        | ۵ عدد  |
|                                                  | برای مخلوط کردن محلول‌های نمکی                | ۱ عدد  |
|                                                  | برای اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه        | ۱ عدد  |

## محل اجرا و شرایط آزمایش

این تحقیق در تابستان سال ۱۴۰۴ ه. ش در لابراتوار دیپارتمنت اگرونومی، پوهنخی زراعت پوهنتون کابل انجام گردید. آزمایش تحت شرایط کنترل‌شده لابراتواری اجرا شد، به‌طوری‌که درجه حرارت محیط در حدود  $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی بین ۶۰ تا ۷۰ فیصد و دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی حفظ گردید. برای روشنایی از نور طبیعی تکمیل‌شده با نور مصنوعی استفاده شد. تمام آزمایش‌ها با استفاده از وسایل و تجهیزات استاندارد لابراتواری انجام شده و تریتمنت‌ها مطابق طرح آزمایشی از پیش تعیین‌شده به‌طور یکنواخت تطبیق گردیدند.

## طرح آزمایشی

طرح آزمایشی به صورت بلاک تصادفی کامل (CRD) با پنج سطوح شوری (0، 50، 100، 150 و 200 mM NaCl) و سه تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل 15 بذر بود و شاخص‌های مورد بررسی شامل: فیصدی جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر و وزن خشک جوانه‌ها بود.

## عملیات لابراتواری

ابتدا بذرهای اصلاح شده جواری انتخاب و از هر گونه بقایای اضافی پاک شدند. تمامی پتريدیش‌ها و تجهیزات با روش‌های مناسب ضد عفونی گردید تا از انتشار عوامل بیماری‌زا جلوگیری شود.

محلول‌های نمکی با غلظت‌های زیر تهیه شدند و هر کدام با استفاده از Shaker به مدت 15 دقیقه مخلوط گردید:

- ترتمنت اول (0 گرم نمک)
- ترتمنت دوم (2.92 گرم نمک)
- ترتمنت سوم (5.84 گرم نمک)
- ترتمنت چهارم (8.86 گرم نمک)
- ترتمنت پنجم (11.68 گرم نمک)

پتريدیش‌ها با ورقه جوانه‌زنی آراسته شدند و 15 بذر روی هر ورقه قرار داده شد. سپس 10 cc محلول نمک به هر پتريدیش اضافه و سطح آن با ورقه جوانه‌زنی پوشانده شد تا بذرها بتوانند آب را هم از بالا و هم از پایین جذب کنند. پتريدیش‌ها نام‌گذاری و در **انکوباتور با حرارت °C 25** قرار گرفتند.

## اندازه‌گیری‌ها

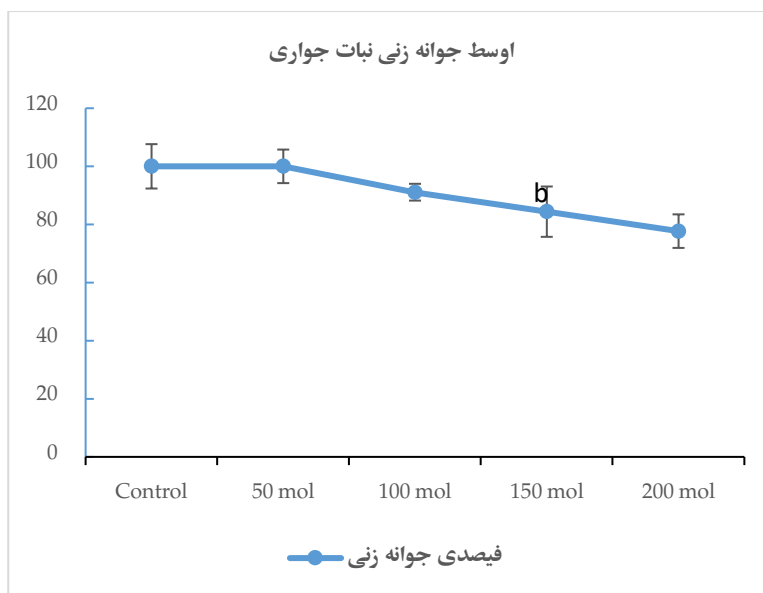
- **روز سوم:** درصد جوانه‌زنی اندازه‌گیری شد.
- **روز پنجم:** طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ثبت گردید.
- **روز هفتم:** وزن تر جوانه‌ها اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها برای تعیین وزن خشک، به مدت 24 ساعت در حرارت °C 80 قرار داده شدند.

## تحلیل ارقام

ارقام به‌دست‌آمده پس از بررسی نورمال بودن، با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel و نرم‌افزار آماری STAR (Statistical Tool for Agricultural Research) تجزیه و تحلیل گردیدند. تجزیه وریانس (ANOVA) بر اساس طرح آزمایشی مورد استفاده انجام شد و در صورت معنی‌دار بودن اثر تریتمنت‌ها، مقایسه اوسط‌ها با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ فیصد صورت گرفت. **نتایج**

## فیصدی جوانه‌زنی

نتایج نشان داد که اوسط فیصدی جوانه‌زنی پس از سه روز در ترتمنت اول و دوم 100 فیصد، در ترتمنت سوم 91.1 فیصد، در ترتمنت چهارم 84.4 فیصد و در ترتمنت پنجم 77.7 فیصد بود. با افزایش سطح شوری، فیصدی جوانه‌زنی کاهش یافت که این امر نشان‌دهنده اثر منفی تنش شوری بر جوانه‌زنی تخم‌های جواری می‌باشد. تغییرات فیصدی جوانه‌زنی تخم‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: اوسط مجموعی فیصدی جوانه زنی نبات جواری تحت تنش شوری

### طول ریشه چه و ساقه چه

نتایج تحلیل احصایوی نشان داد که در سطح احتمال 5 فیصد، بین سطوح مختلف شوری (نمک) و اثر متقابل آن ها بر طول ریشه چه و ساقه چه تفاوت معنی دار وجود دارد. این نتایج بیانگر آن است که طول ریشه چه و ساقه چه به طور واضح و معنی دار تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار گرفته اند. بر اساس نتایج تست LSD نیز بین ترتمنت ها تفاوت قابل ملاحظه ای مشاهده گردیده؛ به گونه ای که بیشترین طول ریشه چه و ساقه چه در ترتمنت صفر مول (کنترل) و کمترین مقدار آن در ترتمنت 200 مول به دست آمده که این تفاوت از نظر آماری معنی دار می باشد.

جدول ۲: تحلیل ورینس (ANOVA) طول ساقه چه در روز پنجم تحقیق لابراتواری

| Source    | DF | Sum of S. | Mean S. | F Value | PR(> F) |
|-----------|----|-----------|---------|---------|---------|
| Treatment | 4  | 30.7124   | 7.6781  | 26.41   | 0.0000  |
| Error     | 10 | 2.9077    | 0.2908  |         |         |
| Total     | 14 | 33.6201   |         |         |         |

جدول ۳: اوسط طول ساقه چه بعد از آزمایش LSD در روز پنجم تحقیق لابراتواری. اوسط ها با حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف قابل ملاحظه در احتمال 5 فیصد می باشند. اوسط ها با حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف قابل ملاحظه در احتمال 5 فیصد می باشند.

| Treatment | Means  |
|-----------|--------|
| Control   | 5.32 b |
| 50 mol    | 6.33 a |
| 100 mol   | 4.80 b |
| 150 mol   | 3.12 c |
| 200 mol   | 2.43 c |

**جدول ۴:** خلاصه تحلیل ورینس و مقایسه اوسط شاخص های مورد مطالعه روز پنجم تحقیق لابر اتواری

| ترتیب                                                                                                        | جوانه زنی   | طول ریشه چه | طول ساقه چه | طول گیاه چه  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Control                                                                                                      | 100±7.64 A  | 7.14±0.23 a | 5.32±1.00 b | 12.43±0.85 A |
| 50 mol                                                                                                       | 100±5.77 b  | 6.67±0.94 a | 6.33±0.53 a | 13.07±1.55 a |
| 100 mol                                                                                                      | 91.1±2.89 b | 4.41±0.61 b | 4.80±0.11 b | 9.21±0.60 b  |
| 150 mol                                                                                                      | 84.4±8.66 b | 3.21±0.12 c | 3.12±0.19 c | 6.33±0.25 c  |
| 200 mol                                                                                                      | 77.7±5.77 c | 2.09±0.40 d | 2.43±0.31 c | 4.52±0.71 d  |
| LSD                                                                                                          | 14.0920     | 0.3002      | 0.2908      | 0.8142       |
| CV%                                                                                                          | 10.63       | 11.65       | 12.26       | 9.90         |
| F Value                                                                                                      | 2.80        | 47.33       | 26.41       | 51.13        |
| Pr (>F)                                                                                                      | 0.0852      | 0.0000      | 0.0000      | 0.0000       |
| ** قابل ملاحظه بودن در احتمال 1 فیصد      * قابل ملاحظه بودن در احتمال 5 فیصد      ns: غیر ملاحظه بودن تحقیق |             |             |             |              |

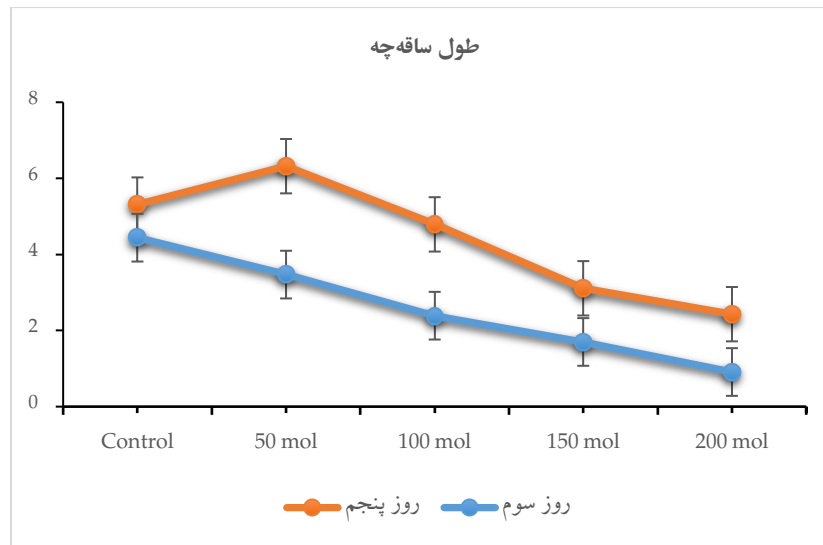
**جدول ۵:** تحلیل ورینس (ANOVA) طول ریشه چه در روز پنجم تحقیق لابر اتواری

| Source    | DF | Sum of S. | Mean S. | F Value | PR(> F) |
|-----------|----|-----------|---------|---------|---------|
| Treatment | 4  | 56.8318   | 14.2079 | 47.33   | 0.0000  |
| Error     | 10 | 3.0016    | 0.3002  |         |         |
| Total     | 14 | 59.8334   |         |         |         |

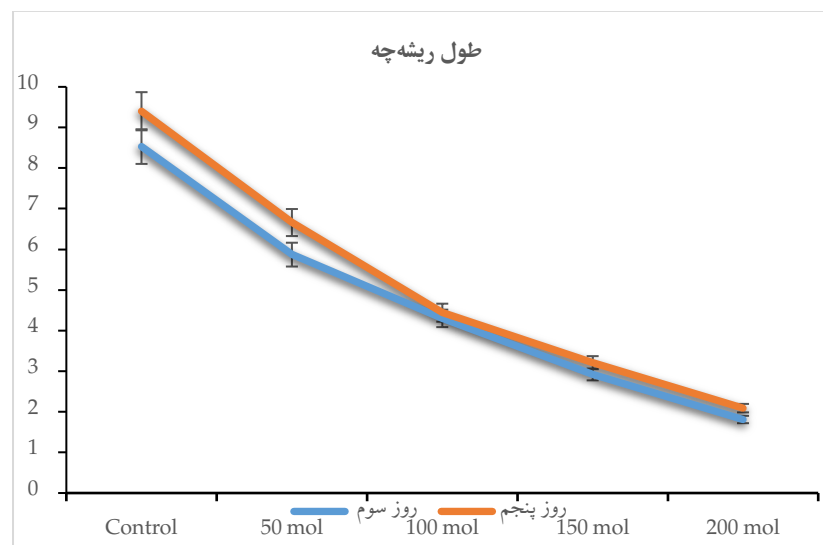
**جدول ۶:** اوسط طول ریشه چه بعد از آزمایش LSD در روز پنجم تحقیق لابر اتواری. اوسط ها با حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف قابل ملاحظه در احتمال ۵ فیصد می باشند. اوسط ها با حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف قابل ملاحظه در احتمال ۵ فیصد می باشند.

| Treatment | Means  |
|-----------|--------|
| Control   | 7.14 a |
| 50 mol    | 6.67 a |
| 100 mol   | 4.41 b |
| 150 mol   | 3.21 c |
| 200 mol   | 2.09 d |

در روز پنجم، 15 تخم برتر از هر پتريديش انتخاب گردیده و طول ساقه چه و ریشه چه آنها اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که بین اندازه های به دست آمده تفاوت های قابل ملاحظه ای وجود دارد. این تفاوت ها در اشکال (شکل 2 و 3) ذیلاً نشان داده شده است:



شکل ۲: مقایسه طول ساقه چه ها در روز سوم و پنجم تحقیق لابراتواری



شکل ۳: مقایسه طول ریشه چه ها در روز سوم و پنجم تحقیق لابراتواری

از نتایج تجزیه وریس طوری استنباط می شود که به احتمال 1 فیصد در مقدار وزن تر و خشک دانه ها بین اندازه های مختلف نمک اختلاف معنی دار وجود دارد، یا این که تحت تأثیر متقابل نمک قرار گرفته است. همچنان به اساس آزمایش LSD نیز تفاوت بین ترتمنت ها در وزن خشک و تر وجود دارد. طوری که بیشترین وزن تر مربوط 0 مول و کمترین وزن تر مربوط 200 مول است، اما برعکس وزن تر، بیشترین وزن خشک را 200 مول و کمترین وزن خشک را 0 مول دارد. یعنی در نتیجه گفته می توانیم که بین وزن خشک و وزن تر در مقابل نمک رابطه معکوس قرار دارد. تحت این رابطه بعد از 24 ساعت تخم ها از حرارت 80 درجه سانتی گراد کشیده و اندازه گیری شدند که ارقام آن تحت تحلیل احصایوی قرار گرفته و نتایج آن تحت جداول (7، 8، 9 و 10) ذیلاً بیان شده است:

**جدول ۷:** تحلیل ورینس (ANOVA) برای وزن تر نبات جواری

| Source    | DF | Sum of S. | Mean S. | F Value | PR(> F) |
|-----------|----|-----------|---------|---------|---------|
| Treatment | 4  | 3.7200    | 0.9300  | 16.22   | 0.0002  |
| Error     | 10 | 0.5733    | 0.0573  |         |         |
| Total     | 14 | 4.2933    |         |         |         |

**جدول ۸:** اوسط وزن تر نبات جواری بعد از آزمایش LSD. اوسط ها با حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف قابل ملاحظه در احتمال ۵ فیصد می باشند. اوسط ها با حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف قابل ملاحظه در احتمال ۵ فیصد می باشند.

| Treatment | Means   |
|-----------|---------|
| Control   | 4.83 ab |
| 50 mol    | 5.27 a  |
| 100 mol   | 4.73 b  |
| 150 mol   | 4.07 c  |
| 200 mol   | 3.93 c  |

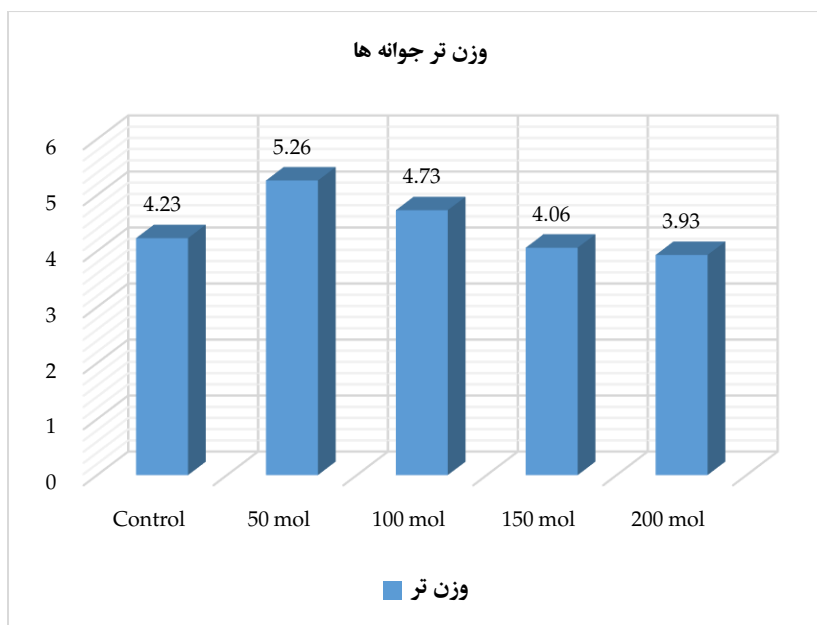
**جدول ۹:** تحلیل ورینس (ANOVA) برای وزن خشک نبات جواری

| Source    | DF | Sum of S. | Mean S. | F Value | PR(> F) |
|-----------|----|-----------|---------|---------|---------|
| Treatment | 4  | 0.0333    | 0.0083  | 1.25    | 0.3512  |
| Error     | 10 | 0.0667    | 0.0067  |         |         |
| Total     | 14 | 0.1000    |         |         |         |

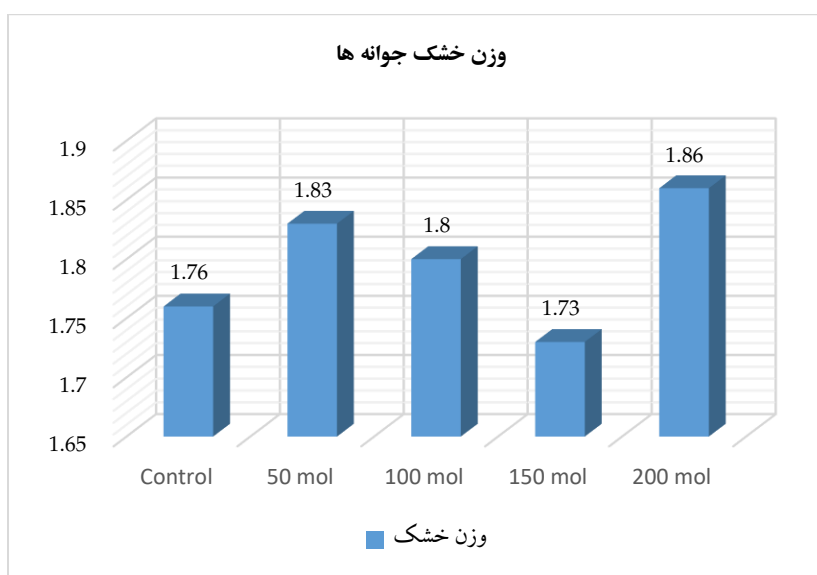
**جدول ۱۰:** اوسط وزن خشک نبات جواری بعد از آزمایش LSD. اوسط ها با حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف قابل ملاحظه در احتمال ۵ فیصد می باشند. اوسط ها با حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف قابل ملاحظه در احتمال ۵ فیصد می باشند.

| Treatment | Means |
|-----------|-------|
| Control   | 1.17  |
| 50 mol    | 1.83  |
| 100 mol   | 1.80  |
| 150 mol   | 1.73  |
| 200 l     | 1.87  |

بر اساس یافته های تحقیقی بالاترین میزان وزن تر را ۰ مول و پایین ترین آن را ۲۰۰ مول داشته است اما؛ با توجه به وزن خشک متحول های آزمایش معکوس می گردند که در نتیجه آن بالاترین سطح وزن خشک را ۲۰۰ مول و پایین ترین آن را ۰ مول داشته است که این خود ممکن بر اثر تجزیه نشدن مواد ذخیره وی داخل تخم باشد. مقدار وزن تر و وزن خشک جوانه ها تحت اشکال (۴ و ۵) نشان داده شده است:



شکل ۴: مقدار وزن تر جوانه های نبات جواری



شکل ۵: مقدار وزن خشک جوانه های نبات جواری

## مناقشه

### فیصدی جوانه زنی

تنش شوری در خاک یکی از اثرات منفی مهم ناشی از عوامل محیطی است که در سطح جهانی تجربه می شود و صنعت زراعت به دنبال افزایش تولید و عملکرد محصولات در آن است (Cuevas et al., 2019). جوانه زنی دانه ها یکی از مراحل بحرانی در چرخه زندگی نبات است و به شدت تحت تأثیر تنش شوری قرار دارد. همان طور که قبلاً ذکر شد، فشار اسموتیک و آیون های ناشی از شوری می توانند مانع جذب آب توسط دانه ها شده و در نتیجه سرعت جوانه زنی و استقرار نبات را کاهش دهند.

دانه های جواری به وضوح تحت تأثیر تنش شوری قرار می گیرند، زیرا تمام فعالیت های فیزیولوژیکی نبات کاهش یافته و بر جوانه زنی و رشد آن اثر منفی می گذارد. غلظت بالای نمک در خارج از حجرات سبب ایجاد یک قوه بالای آب در خارج از حجره می شود که در نتیجه آب را از داخل حجره به بیرون انتقال می دهد و باعث کاهش جذب آب توسط دانه و خشک ماندن آن می گردد (Yang et al., 2020). خروج آب از

دانه سبب تخریب ساختار و عملکرد غشای حجروی شده و تسریع پیری حجره را به همراه دارد که ممکن است پروسه جوانه‌زنی را متوقف سازد.

برای کاهش اثرات منفی شوری بر پارامترهای جوانه‌زنی، ممکن است از هایدروجن پراکساید استفاده شود (Hossain et al., 2020). همچنین، لازم به ذکر است که عدم جوانه‌زنی برخی از دانه‌ها در شرایط لابراتواری و مزرعه ممکن است ناشی از تکمیل نشدن دوره استراحت دانه و وجود آفات در داخل اندوسپرم دانه جواری باشد. علاوه بر این، استفاده از خاک فارم تحقیقاتی دانشکده زراعت نیز می‌تواند مشکل عمده در جوانه‌زنی دانه‌های جواری ایجاد کند. زیرا سالانه به دلیل استفاده از مواد کیمیایی مانند حشره‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، محوکننده‌های گیاهان هرزه و همچنین کودهای کیمیایی و عضوی، و عدم رعایت تناوب زراعتی، ممکن است اثرات منفی بر خاک فارم تحقیقاتی وارد شود که بر نتایج آزمایشات تحقیقاتی تأثیر منفی خواهد داشت.

### طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

غلظت‌های بالای نمک باعث کاهش رشد و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود و همچنین سطح ریشه و قطر متوسط ریشه و ساقه را کاهش می‌دهد (Ma et al., 2015). در غلظت‌های بالای نمک، آیون‌های سودیم در ریشه‌ها تجمع می‌یابند که این خود می‌تواند میکانیزمی برای محافظت از اندام‌های هوایی نبات باشد (Nakashima et al., 2007). با این حال، تجمع آیون سودیم در ساقه کمتر از ریشه است و به همین دلیل باعث کاهش قطر ساقه‌چه می‌شود. این تجمع آیون‌های سمی مانند سودیم و کلورین در بافت‌های نباتی باعث اختلال در فرآیندهای میتابولیکی و کاهش رشد طولی اندام‌ها می‌شود (Zhu et al., 2014).

به علاوه، افزایش غلظت نمک می‌تواند محتوای پروتئین را به عنوان یک اسمولیت سازگار در مواد ذخیره‌وی تخم کاهش دهد که این نیز به نوبه خود موجب کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نبات می‌شود. تنش شوری همچنین باعث کاهش جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه‌ها می‌شود و در نتیجه رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه را محدود می‌کند؛ این پدیده به عنوان تنش آسموسی شناخته می‌شود. همچنین، تنش شوری سبب اختلال در تقسیم و طویل شدن حجرات در مریستم‌های انتهایی ریشه و ساقه می‌شود که نقش فعالی در این بخش ایفاء می‌کند (Goldack et al., 2011).

قابل توجه است که در تجربیات انجام شده، رشد ریشه‌چه نسبتاً افزایش یافته که ممکن است به قدرت تطبیقی آن به عنوان یک نوع متحمل‌تر مرتبط باشد.

### طول گیاه‌چه

جواری با محیط‌های نامساعدی مانند خاک‌های با شوری و قلویت بالا سازگاری بهتری دارد و می‌تواند در این شرایط از منابع موجود به‌طور مؤثرتری استفاده کند. این نبات قادر است ذخیره مواد، حمل و نقل و توزیع خود را افزایش دهد تا توانایی بقای خود را بهبود بخشد.

در طبیعت، محیط‌های با شوری بالا اثرات نامطلوب زیادی بر محصولات می‌گذارند و باعث افزایش و تجمع انزایم‌های انتی‌اکسیدانتی در داخل و بین الحجروی، پراکسیدیشن لیپیدی غشایی و تغییرات در مواد تنظیم آسموسی می‌شوند (Mendler-Drienyovszki and Dobranszki, 2013). این عوامل از ساختار حجروی محافظت کرده و مقاومت نبات را بهبود می‌بخشند. غلظت‌های پایین نمک (تا 2 گرم فی کیلوگرام) اثر تحریک‌کننده بر رشد گیاه‌چه‌ها دارند، در حالی که غلظت‌های بالاتر از 50 مول باعث کاهش رشد و طول گیاه‌چه‌ها می‌شود. در این مرحله، فشار آسموسی نقش اساسی را ایفاء می‌کند؛ زیرا با تجمع بیشتر سودیم در گیاه‌چه، خروج آب از آن افزایش یافته و طول و قطر گیاه‌چه کاهش می‌یابد.

در تحقیقی که در سال 2020 در فنلاند انجام شد، دانشمندان دریافتند که کوتاه شدن گیاه‌چه اثر مستقیم بر کاهش مقدار پروتئین در دانه‌های جواری دارد. اما با ادامه این تحقیق، در سال 2023 مشخص شد که این نظریه اشتباه بوده و مقدار نمک باعث کاهش تجمع نشاسته در نبات جواری شده و ذخیره دانه را دچار مشکل می‌کند (Yang and Ren, 2023).

### وزن تر و وزن خشک

تنش شوری در نبات جواری منجر به کاهش پوتانشیل آب و ایجاد عدم تعادل آیون‌ها می‌شود. این تنش معمولاً به تنش آسموسی و آیونیک در نبات منجر می‌گردد که در نتیجه آن، متابولیت‌های ثانویه خاصی در نبات افزایش یا کاهش می‌یابند. نتایج تحقیقات نشان داده‌اند که جوانه‌زدن جواری تحت تنش شوری، منجر به افزایش قابل توجه ترکیبات پنتایل پروپانویثید در این نبات می‌شود. این ترکیبات به طور قابل توجهی مسئول ایجاد میکانیزم‌های دفاعی در نباتات هستند.

نمک همچنین توانایی ریشه‌ها را در جذب آب کاهش می‌دهد که این امر منجر به کاهش وزن تر نباتات می‌شود. کاهش جذب آب به دلیل افزایش فشار اسموسی در خاک است که باعث می‌شود آب به راحتی به ریشه‌ها نرسد. تجمع آیون‌های نمک مانند سودیم و کلورین در حجرات نباتی می‌تواند به ساختار حجروی آسیب برساند و فرآیندهای متابولیکی را مختل کند. این امر منجر به کاهش رشد و در نتیجه کاهش وزن خشک نباتات می‌شود (Suzuki et al., 2014).

علاوه بر این، نمک می‌تواند جذب عناصر غذایی ضروری مانند پوتاشیم، کلسیم و منگیزیم را مختل کند. این عدم تعادل تغذیه‌ای باعث کاهش رشد و توسعه نباتات شده و در نتیجه وزن خشک آن‌ها کاهش می‌یابد (Astarias, 2006).

مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از کودهای عضوی بخصوص ورمی‌کمپوست می‌تواند اثرات منفی تنش شوری را کاهش دهد و بهبود رشد و عملکرد نباتات را به همراه داشته باشد. تحقیقی که در ایران بر روی نبات جواری انجام شد، نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست باعث افزایش وزن تر و خشک ریشه‌ها در شرایط شوری گردید (Abbasi and Koocheki, 2020).

### نتیجه‌گیری

در مجموع، نبات جواری دارای میکانیزم‌هایی برای تحمل سطوح متوسط شوری است، اما غلظت‌های بالای نمک اثرات منفی قابل توجهی بر رشد و نمو ساقچه‌چه و ریشه‌چه دارد. مدیریت مناسب شوری خاک و استفاده از تکنیک‌های وقایه‌وی می‌تواند به بهبود رشد جواری در شرایط تنش شوری کمک کند. به‌طور کلی، مطالعه بر روی تنش شوری در جوانه‌زنی جواری، بینش‌های مهمی را درباره چگونگی تأثیر سطوح مختلف شوری بر مراحل اولیه رشد این محصول ارائه می‌دهد. تنش متوسط نمک می‌تواند واکنش‌های فیزیولوژیکی خاصی را تحریک کند که جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه را افزایش می‌دهد. با این حال، با افزایش سطح شوری، اثرات نامطلوب آشکارتر می‌شود که منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی، توقف رشد و کاهش بنيه کلی نبات می‌گردد. این یافته‌ها بر اهمیت مدیریت شوری خاک برای بهینه‌سازی کشت جواری، به‌ویژه در مناطقی که مستعد غلظت بالای نمک هستند، تأکید می‌کند.

تحقیقات آتی باید بر توسعه انواع مختلف جواری مقاوم به نمک و کاوش در شیوه‌های زراعتی که اثرات منفی تنش شوری را کاهش می‌دهد و تضمین تولید پایدار محصول در محیط‌های شور متمرکز شود.

با توجه به نتایج بدست آمده از تحقیق فعلی، مشخص می‌شود که شرایط محیطی، به‌ویژه تنش شوری و مقدار نمک در طول رشد و نمو نبات، تأثیر قابل توجهی بر خصوصیات مورد نظر دارد و باعث تغییرات در پارامترهای مورد مطالعه گردیده است. به‌طوری که نبات جواری در دامنه‌های مختلف تنش شوری مانند 0 مول، 50 مول و 100 مول رشد سریع‌تری داشته و توانسته در این شرایط به خوبی و راحتی جوانه بزند. اما در درجات 150 و 200 مول، اندازه پروسه جوانه‌زنی نبات تدریجاً کاهش می‌یابد. بنابراین، می‌توان گفت که "تنش شوری بالا، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های جوانه‌زنی نبات دارد" که این امر تأیید می‌شود.

با توجه به نکات فوق و نتایج بدست آمده از این تحقیق، اندازه‌های 0 مول، 50 مول و 100 مول دارای خصوصیات جوانه‌زنی بهتری نسبت به اندازه‌های 150 مول و 200 مول هستند. همچنین، به نظر می‌رسد که اندازه‌های مختلف نمک در شرایط اقلیمی کابل تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر جوانه‌زنی نبات جواری در جذب آب و انکشاف ریشه‌چه از جنین دارند. اگرچه سرعت جوانه‌زنی در هر مقدار نمک متفاوت است، اما هر چه مقدار نمک بیشتر باشد، پروسه جوانه‌زنی نبات تدریجاً کاهش می‌یابد و در نتیجه ممکن است تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر حاصل و خصوصیات نمویی نبات داشته باشد.

### پیشنهادهات

با توجه به نتایج این تحقیق، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده دامنه بیشتری از سطوح شوری و همچنین ارقام مختلف جواری مورد بررسی قرار گیرد تا تفاوت‌های واکنش جنتیکی روشن‌تر شود. ارزیابی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک مانند فعالیت آنزیم‌های انتی اکسیدانی و میزان پرولین نیز می‌تواند به درک بهتر میکانیزم‌های مقاومت در مرحله جوانه زنی کمک کند. همچنین بررسی اثرات همزمان شوری با سایر عوامل محیطی و اجرای آزمایش‌های تکمیلی در گلخانه و مزرعه برای تعمیم‌پذیری نتایج توصیه می‌شود.

- Abbassi, F., Koocheki, A., & Djafari, A. (2020). Evaluation of germination and vegetative growth of modder (*Rubia tinctorum* L.) under different levels of NaCl. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 5(9), 515–595. [https://jcesc.um.ac.ir/article\\_39694.html?lang=en](https://jcesc.um.ac.ir/article_39694.html?lang=en)
- Astarias, A. (2006). Effect of municipal solid waste compost and vermicompost on yield and yield components of *Plantago ovata*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(3), 180–187. [https://ijmapr.areeo.ac.ir/article\\_101939\\_77ebd4404d6dde3feef0c75e781199c.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://ijmapr.areeo.ac.ir/article_101939_77ebd4404d6dde3feef0c75e781199c.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2015). *The nature and properties of soils* (14th ed.). Pearson Education, Inc.
- Cuevas, J., Daliakopoulos, I. N., Del Moral, F., Hueso, J. J., & Tsanis, I. K. (2019). A review of soil-improving cropping systems for soil salinization. *Agronomy*, 9, 295. <https://doi.org/10.3390/agronomy9050295> DOI: 10.3390/agronomy9060295
- Donohue, K., Dorn, L., Griffith, C., Kim, E., Aguilera, A., Polisetty, C. R., & Schmitt, A. (2005). Environmental and genetic influences on the germination of *Arabidopsis thaliana* in the field. *Evolution*, 59, 740–757. <https://doi.org/10.1554/04-419>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *The state of food and agriculture 2020: Overcoming water challenges in agriculture*. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>
- Golldack, D., Lücking, I., & Yang, O. (2011). Plant tolerance to drought and salinity: Stress regulating transcription factors and their functional significance in the cellular transcriptional network. *Plant Cell Reports*, 30, 1383–1391. <https://doi.org/10.1007/s00299-011-1068-0>
- Hossain, S., Li, J., Sikdar, A., Hasanuzzaman, M., Uzizerimana, F., Muhammad, I., Yuan, Y., Zhang, C., Wang, C., & Feng, B. (2020). Exogenous melatonin modulates the physiological and biochemical mechanisms of drought tolerance in Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn). *Molecules*, 25, 2828. <https://doi.org/10.3390/molecules25122828>
- Liu, L., et al. (2018). Salinity inhibits rice seed germination by reducing  $\alpha$ -amylase activity via decreased bioactive gibberellin content. *Frontiers in Plant Science*, 9, 275. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00275>
- Ma, J., Lu, J., Xu, J., Duan, B., He, X., & Liu, J. (2015). Genome-wide identification of WRKY genes in the desert poplar *Populus euphratica* and adaptive evolution of the genes in response to salt stress. *Evolutionary Bioinformatics*, 11, 47–55. <https://doi.org/10.4137/EBO.S25699>
- Mehra, R. K. (2013). *Textbook of soil science*. Indian Council of Agricultural Research.
- Mendler-Drienyovszki, N., Cal, A. J., & Dobranszki, J. (2013). Progress and prospects for interspecific hybridization in buckwheat and the genus *Fagopyrum*. *Biotechnology Advances*, 31, 1768–1775. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.09.004>
- Nakashima, K., Tran, L. S., Van Nguyen, D., Fujita, M., Maruyama, K., Todaka, D., Ito, Y., Hayashi, N., Shinozaki, K., & Yamaguchi-Shinozaki, K. (2007). Functional analysis of a NAC-type transcription factor OsNAC6 involved in abiotic and biotic stress-responsive gene expression in rice. *Plant Journal*, 51, 617–630. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2007.03168.x>
- Rashid, A., & Memon, K. S. (2005). *Soil science*. National Book Foundation. [mnsuam.edu.pk/images/extra/soilscience.pdf](https://mnsuam.edu.pk/images/extra/soilscience.pdf)
- Suzuki, T., Morishita, T., Mukasa, Y., Takigawa, S., Yokota, S., Ishiguro, K., & Noda, T. (2014). Breeding of ‘Manten-Kirari,’ a non-bitter and trace-rutinosidase variety of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). *Breeding Science*, 64, 344–350. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.64.344>
- Yang, N., & Ren, G. (2023). Determination of D-chiro-Inositol in Tartary buckwheat using high-performance liquid chromatography with an evaporative light-scattering detector. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 757–760. <https://doi.org/10.1021/jf0717541>
- Yang, Z., Li, J.-L., Liu, L., Xie, Q., & Sui, N. (2020). Photosynthetic regulation under salt stress and salt-tolerance mechanism of sweet sorghum. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1722. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01722>
- Zhu, M., Chen, G., Zhang, J., Zhang, Y., Xie, Q., Zhao, Z., Pan, Y., & Hu, Z. (2014). The abiotic stress-responsive NAC-type transcription factor SINAC4 regulates salt and drought tolerance and stress-related genes in tomato (*Solanum lycopersicon*). *Plant Cell Reports*, 33, 1851–1863. <https://doi.org/10.1007/s00299-014-1662-z>