

بهبود شاخص‌های تنژگی بذرهای اطلسی (*Petunia hybrida* L.) و آهار (*Zinnia elegans* L.) با استفاده از روش‌های آماده‌سازی

مهدی فلاح لطیف حمودی، منصور مطلوبی*، علیرضا مطلبی آذر، مینا امانی

گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۸، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۷/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۱۳

✉ mmatloobi@gmail.com

چکیده

تنژگی سریع گل‌های فصلی از جمله اطلسی (*Petunia hybrida*) و آهار (*Zinnia elegans*) باعث افزایش یکنواختی دانهال و گلدهی همزمان آن‌ها می‌شود. در این پژوهش اثر آماده‌سازی بذر بر شاخص‌های تنژگی و بنیه گیاهچه‌های اطلسی و آهار بررسی شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور، فاکتور اول نوع گیاه و فاکتور دوم شامل سه نمک نیترات پتاسیم، کلسیم کلرید و سدیم کلرید به همراه شاهد در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه القاسم الاخضر در شهر بابل عراق انجام شد. نتایج نشان داد که در هر دو گیاه، تیمار نمک-آماده‌سازی با ۵۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید به مدت ۲۴ ساعت نتایج بهتری را از نظر ویژگی‌های تنژگی و رشد دانهال ارائه داد. بین دو تیمار نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید در ویژگی‌های زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی، میانگین زمان تنژگی، شاخص تنژگی، تنژگی نهایی و وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی اطلسی و وزن خشک اندام هوایی آهار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. به‌طور کلی، یافته‌های این بررسی در درک اثر فیزیولوژیک مستقیم نمک-آماده‌سازی در افزایش بنیه بذر و استقرار گیاهچه در آهار و اطلسی دارای اهمیت خواهد بود و می‌تواند اطلاعات دقیقی را در مورد اثربخشی بالقوه آماده‌سازی با نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید به صنعت بذر بدهد.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، درصد تنژگی، شاخص تنژگی، نمک-آماده‌سازی.

مقدمه

اطلسی از تیره سیب‌زمینی سانان^۱ یکی از بهترین گل‌های باغچه‌ای شناخته شده می‌باشد که به طور گسترده در بیشتر نقاط دنیا کشت می‌شود (Chehregani & Ramezani, 2016). آهار یکی از گل‌های زینتی تیره میناسانان^۲ با گل‌های رنگی و بومی مکزیک است (Rahmani et al., 2019). برای تسریع در آماده‌سازی گیاهان فصلی، آماده‌سازی بذرها مفید واقع می‌شود. آماده

سازی عبارت است از جذب آب به مقدار لازم برای آغاز فرایندهای تنزگی بذر، که هدف آن افزایش درصد و سرعت تنزگی، کوتاه شدن میانگین زمان تنزگی، بهبود رشد و بنیه گیاهچه در گستره وسیعی از شرایط محیطی می‌باشد (Afzal et al., 2009). نمک-آماده سازی فنی است که شامل پیش تیمار اسمزی بذرها به تنهایی یا به دنبال خشکی است. مطالعات متعدد مشخص کرده‌اند که آماده سازی بذر می‌تواند اثرات مفیدی بر انباشت رویشی و یا زیست توده گیاه داشته باشد (Ali et al., 2019; Demir et al., 2018; Majda et al., 2019). نمک-آماده سازی باعث بهبود تنزگی و رویش گیاهچه به‌طور یکنواخت در شرایط محیطی عادی و تنش می‌شود. افزون بر این، نمک-آماده سازی امکان خروج از خفتگی بذر را به دلیل شرایط محیطی نامطلوب در طول نگهداری، با تغییر متابولیسم آن فراهم می‌کند (Afzal et al., 2009). در پژوهشی روی بذر بامبو نشان داده شد که آب-آماده سازی و آماده سازی با نیترات پتاسیم، تنزگی بذر را افزایش داد (Sarkar et al., 2020). آماده سازی یک فن اقتصادی، ساده و قابل توصیه به کشاورزان برای بهبود تنزگی، رویش، استقرار گیاهچه‌ها و عملکرد است. تأثیر آب-آماده سازی و نمک-آماده سازی برای تنزگی بذر بامیه بررسی شد و نتایج نشان داد که بیشینه درصد تنزگی بذر، شاخص بنیه بذر، روزهای رسیدن تا برداشت، وزن هزار دانه و تعداد کل میوه در بذره‌های آماده سازی شده با آب داغ (۵۰ درجه سلسیوس) برای ۵ دقیقه مشاهده شد. همچنین صفات ذکر شده در تیمارهای نمک-آماده سازی (۳٪ NaCl) و آب معمولی نیز مشاهده شد. آب-آماده سازی (با آب گرم) نسبت به نمک-آماده سازی و آماده سازی (با آب معمولی) برتری داشت، ولی آب-آماده سازی و نمک-آماده سازی می‌توانند تنزگی بذر بامیه و همچنین تولید بامیه را بهبود بخشند (Tania et al., 2020). در مطالعه‌ای مشاهده شد که آماده سازی سرعت تنزگی گل کلم و کلم بروکلی را بیشتر از بذور آماده‌سازی نشده در شرایط تنش شوری و کنترل شده افزایش می‌دهد (Wu et al., 2019). اثر نیترات پتاسیم بر شاخص‌های تنزگی و فتوسنتزی دو رقم گلرنگ بررسی شد و نتایج نشان داد که پیش تیمار نیترات پتاسیم باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی گردید (Ahmadi et al., 2022). باتوجه به مطالب ذکر شده، پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر آماده سازی بر بهبود تنزگی و بنیه گیاهچه در گل‌های اطلسی و آهار انجام شد.

مواد و روش‌ها

بذره‌های اطلسی رقم 'Damask White' و آهار رقم 'Dreamland Rose' از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری گردید. پس از تهیه تیمارها، بذر در محلول هوادهی شده ۵۰ میلی مولار نیترات پتاسیم، کلسیم کلرید و سدیم کلرید به طور جداگانه به مدت ۲۴ ساعت در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس غوطه‌ور شدند. بعد از آماده سازی، بذرها به سرعت با آب مقطر شسته و سپس در یک لایه نازک روی کاغذ صافی خشک قرار گرفته و به مدت ۲ روز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به منظور رسیدن به وزن اولیه خشک شدند (Afzal et al., 2009). سپس این بذرها در کیسه‌های پلی اتیلنی با رطوبت ۱۲٪ بسته‌بندی و به مدت هفت روز در یخچال با دمای ۱۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند؛ بنابراین این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل نوع گیاه به عنوان فاکتور اول (آهار و اطلسی) و فاکتور دوم (شامل سه نوع نمک نیترات پتاسیم، کلسیم کلرید و سدیم کلرید) به همراه شاهد (آماده‌سازی نشده) در چهار تکرار در سال ۱۴۰۰ در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه القاسم الاخضره در شهر بابل عراق اجرا گردید. برای ارزیابی صفات مربوط به تنزگی بذر، ابتدا



پتری‌دیش‌ها در آون گندزدایی شدند، سپس چهار تکرار ۲۵ عددی از هر بذر در پتری‌دیش بر روی کاغذ واتمن که با چهار میلی‌لیتر آب مقطر مرطوب شده بود، قرار داده شدند. سپس درب پتری‌دیش‌ها بسته شد و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۰٪ قرار گرفتند (Basra et al., 2005; Ellis, 1981). بذرها روزانه بازبینی شدند و مبنای تنژگی (بذور تنژیده دارای ریشه‌هایی به طول ۳-۲ میلی‌متر) در نظر گرفته شد. شمارش بذور تنژیده از روز اول آغاز گردید و تا پایان روز هفتم (ثابت شدن میزان تنژگی) به طول انجامید و شاخص‌های مربوط به تنژگی اندازه‌گیری شد.

صفات اندازه‌گیری شده مربوط به تنژگی

زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی: زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی (T_{50}) توسط رابطه ۱ محاسبه گردید (Coolbear et al., 1980):

$$T_{50} = t_i \times \frac{\left(\frac{N}{2} - n_i\right)(t_j - t_i)}{(n_j - n_i)} \quad (1)$$

در این رابطه، N : تنژگی نهایی؛ n_i و n_j جمع بذره‌های تنژیده با شمارش متوالی در زمان‌های t_i و t_j زمانی که $n_i < N/2 < n_j$ است، می‌باشد.

میانگین زمان تنژگی

با شمارش روزانه بذور تنژیده میانگین زمان تنژگی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Ellis, 1981).

$$MGT = \frac{\sum(nd)}{\sum n} \quad (2)$$

در این رابطه d : تعداد روزها پس از شروع تنژگی و n : تعداد بذره‌های تنژیده در روز d می‌باشد.

شاخص تنژگی

شاخص تنژگی با استفاده از فرمول زیر تعیین گردید (Aosa, 1983):

$$G.I = \frac{\sum Ni}{\sum Nd} \quad (3)$$

در این رابطه $\sum Ni$: مجموع کل بذور تنژیده تا پایان آزمایش و $\sum Nd$: مجموع زمان برحسب روز از شروع آزمایش تنژگی می‌باشد.

انرژی تنژگی

انرژی تنژگی در روز چهارم پس از کاشت ثبت شد. انرژی تنژگی درصد تنژگی بذر ۴ روز پس از کاشت نسبت به تعداد کل بذره‌های آزمایش شده است و از طریق فرمول زیر محاسبه گردید (ISTA, 2006).

$$GE = \frac{nt4}{N} \times 100 \quad (4)$$

N : تعداد کل بذرها؛ n : تعداد بذره‌های تنژیده در زمان t می‌باشد.

تنژگی نهایی

درصد نهایی تنژگی با استفاده از شمارش تعداد نهایی بذور تنژیده در هر تکرار از آزمایش و میانگین از اعداد به دست آمده محاسبه و گزارش گردید.

وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی دانه‌ها



بذرهای شاهد و تیمارشده در سینی‌های کاشت حاوی کوکوپیت و پرلیت (به‌ترتیب با نسبت ۲۵:۷۵) با ۳ تکرار کاشته شد و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. دانهال‌ها پس از دو هفته برداشت و با آب مقطر شسته شدند. سپس وزن تر ریشه و اندام هوایی دانهال با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین گردید. سپس نمونه‌های موردنظر جهت اندازه‌گیری وزن خشک در درون آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند تا به طور کامل خشک شوند و سپس با ترازوی بادقت ۰/۰۰۱ گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد.

واکاوی آماری داده‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر گونه گیاهی و نمک-آماده سازی بذرها در سطح احتمال یک درصد بر زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی بذور آهار و اطلسی معنی‌دار بود، ولی برهمکنش گیاه در تیمار آماده سازی معنی‌دار نبود (جدول ۱). میانگین کمترین زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی (۱/۴۷ روز) در بذرهای آهار مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری کمتر از بذرهای اطلسی بود (شکل ۱). در بین تیمارهای آماده سازی نیز تیمار نیترات پتاسیم کمترین زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی (۱/۲۲ روز) را نشان داد، ولی اختلاف معنی‌داری با تیمار کلسیم کلرید نداشت، درحالی‌که بیشترین زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی بذرها (۱/۸۴ روز) در تیمار سدیم کلرید مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (شکل ۲). شاخص زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی بذر نشان‌دهنده مدت زمانی است که طول می‌کشد تا ۵۰٪ تنژگی رخ دهد؛ بنابراین هرچه این زمان کوتاه‌تر باشد، سرعت تنژگی نیز بالاتر خواهد بود (Sung et al., 2008). نتایج پژوهش نشان داد که تیمارهای نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید مدت‌زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی را در هر دو گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که جذب آب در بذور پرایم‌شده با نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید زودتر آغاز شده و با سرعت بیشتری انجام می‌شود. در نتیجه این جذب سریع آب، تقسیم سلولی با سرعت بالاتری صورت گرفته و باعث افزایش سرعت تنژگی و وزن دانهال می‌شود. در پژوهشی، Afzal و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کلسیم کلرید به‌طور قابل‌توجهی میانگین زمان تنژگی و تعداد روز تا رویش ۵۰٪ بذرهای همیشه‌بهار را کاهش داد که در تطابق با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نمک-آماده سازی بر تنژگی و رشد دانهای اطلسی و آهار.

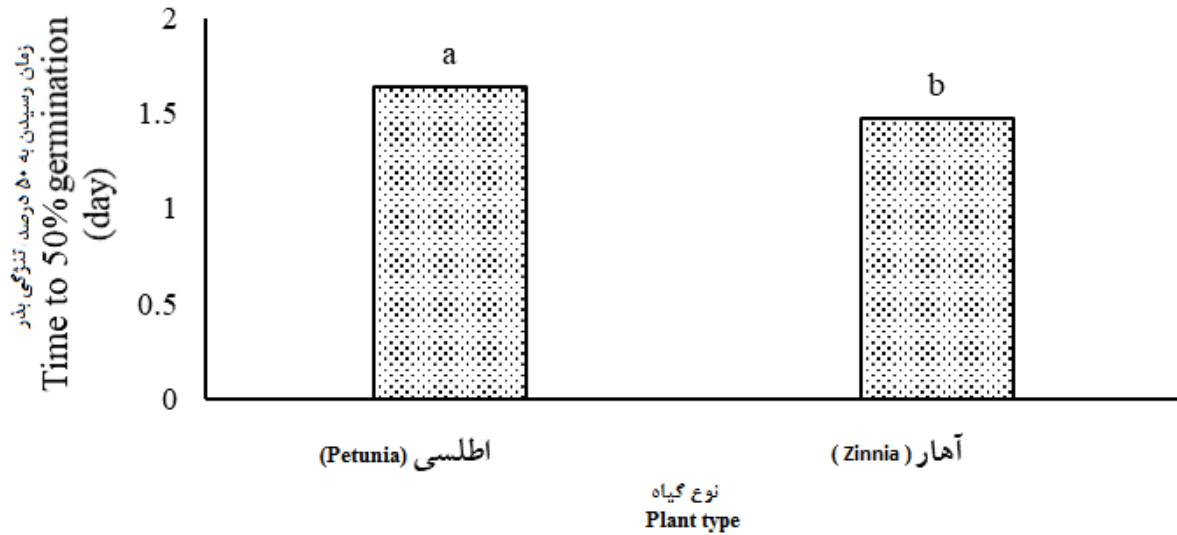
Table 1- The results of the analysis of variance of the effect of halo-priming on the germination and growth of the seedlings of petunia and zinnia.

منبع تغییرات S. O. V	درجه آزادی (d.f)	میانگین مربعات (Mean square)								
		وزن خشک اندام هوایی (Dry weight of aerial parts)	وزن تر اندام هوایی (Fresh weight of aerial parts)	وزن خشک ریشه (Root dry weight)	وزن تر ریشه (Root fresh weight)	تنژگی نهایی (Final germination)	انرژی تنژگی (Germination energy)	شاخص تنژگی (Germination index)	میانگین زمان تنژگی (Average germination time)	زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی (Time to reach 50% germination)
جنس گیاه (Plant genus)	1	205.22**	2955.93**	113.05**	1536.32**	10.57 ^{ns}	5.18**	18.65**	1.03**	0.16**
نمک-آماده سازی (Halo-priming)	3	175.002**	5150.08**	13.63**	351.36**	1465.31*	5.28**	14.36**	19.05**	0.68**
جنس گیاه × نمک-آماده سازی (Plant species × halo-priming)	3	3.2**	560.2**	1.83**	25.26**	30.14*	0.07 ^{ns}	0.38*	0.09 ^{ns}	0.015 ^{ns}
اشتباه آزمایشی (Error)	16	0.73	3.38	0.08	0.93	8.67	0.04	0.08	0.1	0.01
ضریب تغییرات (Coefficient of variation)	-	5.13	8.56	7.03	4.37	4.13	6.22	4.28	7.37	6.41

ns، *، ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی دار.

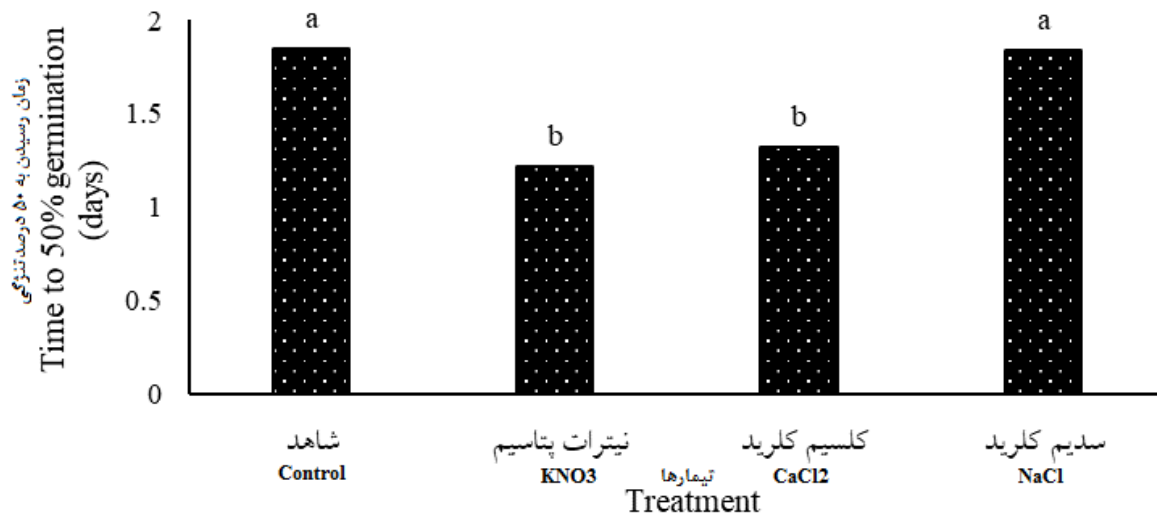
ns، ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively.





شکل ۱- میانگین زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی بذر در اطلسی و آهار. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 1- Average time to reach 50% seed germination in petunia and zinnia. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

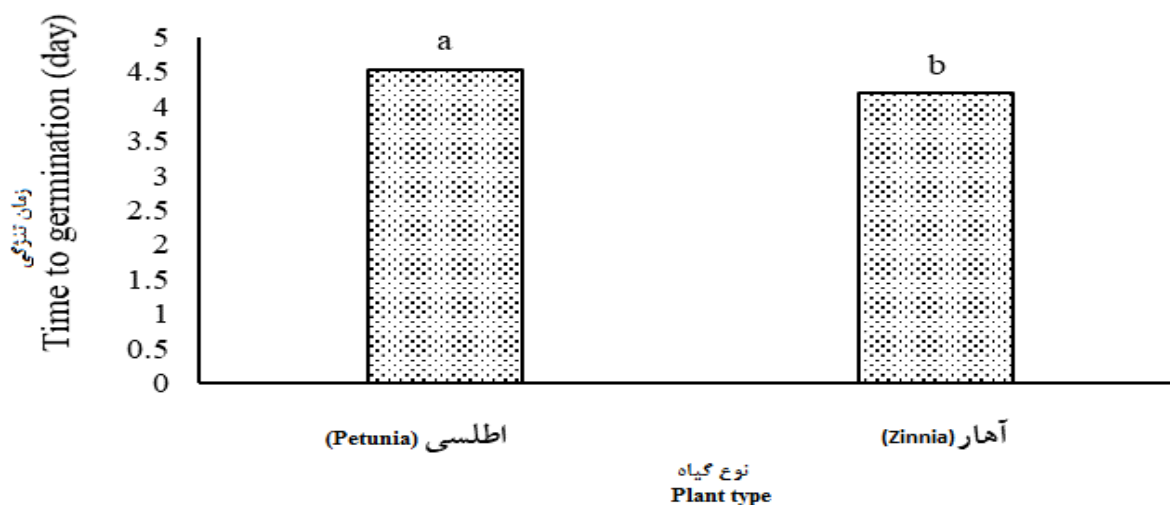


شکل ۲- اثر تیمارهای آماده سازی بر زمان رسیدن به ۵۰٪ تنژگی. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 2- The effect of priming treatments on the time to reach 50% germination. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

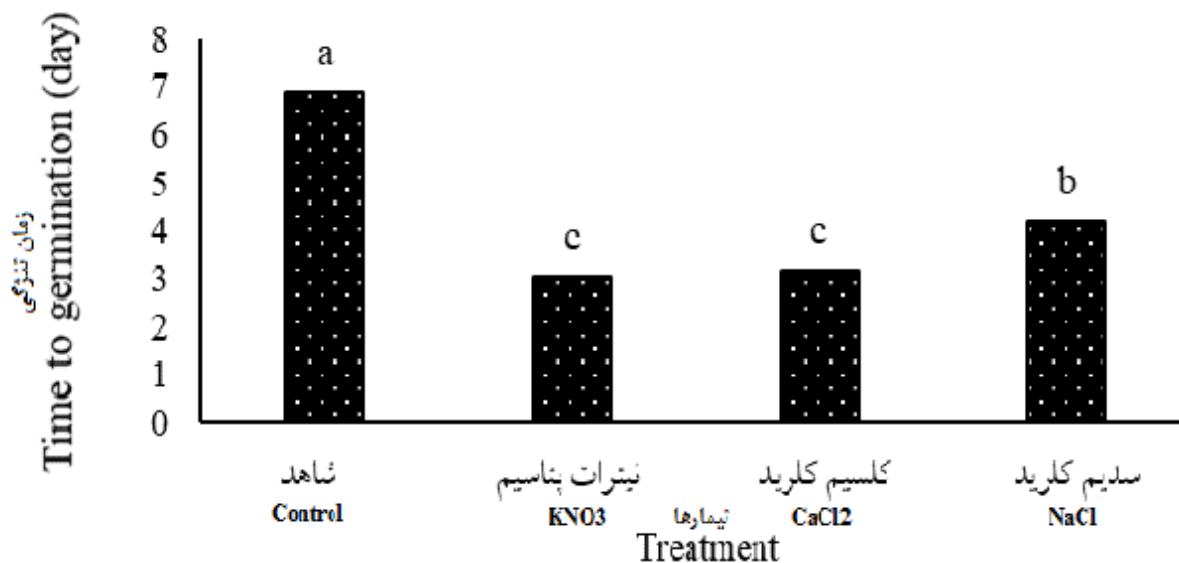
میانگین زمان تنژگی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر گونه گیاهی و آماده سازی بذرها در سطح احتمال یک درصد بر میانگین زمان تنژگی بذور آهار و اطلسی معنی دار بود، ولی برهمکنش این دو عامل معنی دار نبود (جدول ۱). بیشترین میانگین زمان تنژگی (۴/۵۳ روز) در بذرهای اطلسی مشاهده شد که به طور معنی داری بیشتر از بذرهای آهار بود (شکل ۳). در بین تیمارهای آماده سازی نیز تیمار نیترا پتاسیم کمترین میانگین زمان تنژگی (۳/۰۵ روز) را نشان داد، ولی اختلاف معنی داری با تیمار کلسیم کلرید نداشت، درحالی که بیشترین میانگین زمان تنژگی بذرها (۶/۸۸ روز) در تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۴). میانگین زمان تنژگی مرتبط با مدت زمانی (روز) است که ریشه چه خارج می شود، هرچه مقدار عددی آن کوچکتر باشد، نشان از تنژگی سریع تر می باشد (Khadraji et al., 2020). در پژوهش حاضر مشاهده شد که آماده سازی بذر با تیمارهای مختلف به ویژه نیترا پتاسیم و کلسیم کلرید موجب کاهش میانگین زمان تنژگی شد. کاهش زمان تنژگی می تواند به علت افزایش فعالیت آنزیم های تجزیه کننده مثل آلفا آمیلاز و همچنین سنتز DNA، RNA و پروتئین و تولید متابولیت های لازم برای تنژگی باشد (Basra et al., 2005). در پژوهشی، Khadraji و همکاران (2020) نشان دادند که تیمار نمک-آماده سازی به طور معنی داری میانگین زمان تنژگی و درصد تنژگی را در مقایسه با بذور بدون تنش شوری بهبود بخشید که با نتایج پژوهش حاضر همسویی دارد.



شکل ۳- میانگین زمان تنژگی بذر در اطلسی و آهار. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 3- The average time of seed germination in petunia and zinnia. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

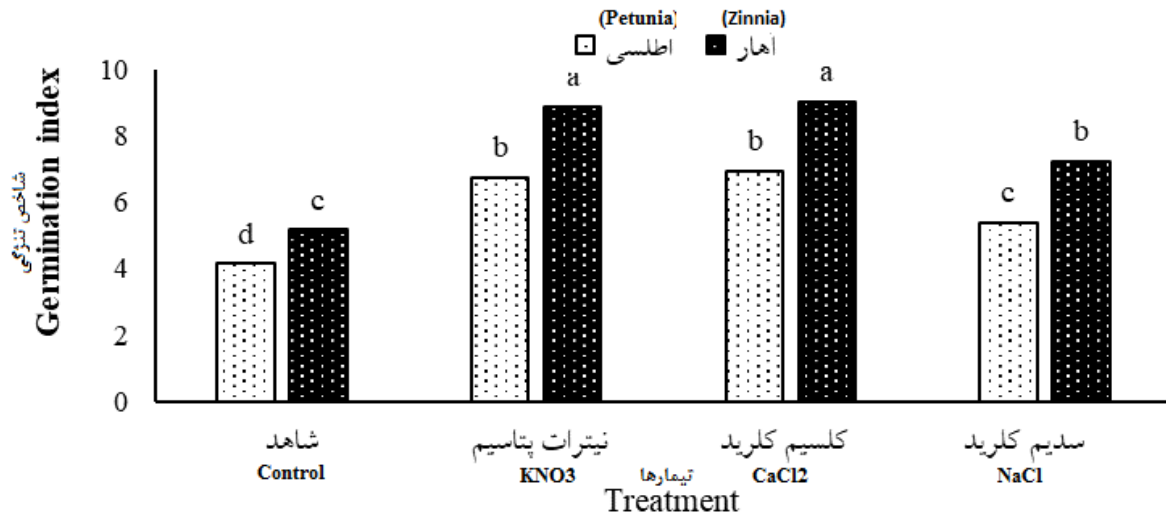


شکل ۴- اثر تیمارهای آماده سازی بر میانگین زمان تنژگی بذر. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 4- The effect of priming treatments on the average seed germination time. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

شاخص تنژگی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر گونه گیاهی و آماده سازی بذر در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش این دو عامل در سطح احتمال ۰.۵٪ بر شاخص تنژگی بذور اطلسی و آهار معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین ترکیبات تیماری گونه گیاهی و تیمارهای آماده سازی نشان داد که بیشترین شاخص تنژگی در تیمارهای نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید در آهار به دست آمد و کمترین شاخص تنژگی نیز در تیمار شاهد در اطلسی مشاهده شد (شکل ۵). شاخص تنژگی بذر نشان دهنده قدرت بیشتر بذر و سرعت بیشتر تنژگی آن است. نتایج نشان داد که نمک-آماده سازی شاخص تنژگی بذور اطلسی و آهار را افزایش داد و بیشترین شاخص تنژگی در تیمارهای کلسیم کلرید و نیترات پتاسیم مشاهده شد. در همین راستا، Kumari و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که کمترین شاخص تنژگی بذرهای ذرت در تیمار شاهد به دست آمد، در حالی که نمک-آماده سازی با نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید شاخص تنژگی را افزایش داد و کلسیم کلرید نتایج بهتری را نسبت به پتاسیم نیترات نشان داد. انرژی تنژگی مبین قدرت بذر برای تندش در چند روز اول تنژگی است. تنژگی و رشد سریع اندامهای رویشی باعث می شود قبل از کاهش آب قابل دسترس و سخت شدن سطح خاک، گیاهچه از زمین خارج شده و سریع تر استقرار یابد (Akhondi *et al.*, 2017).



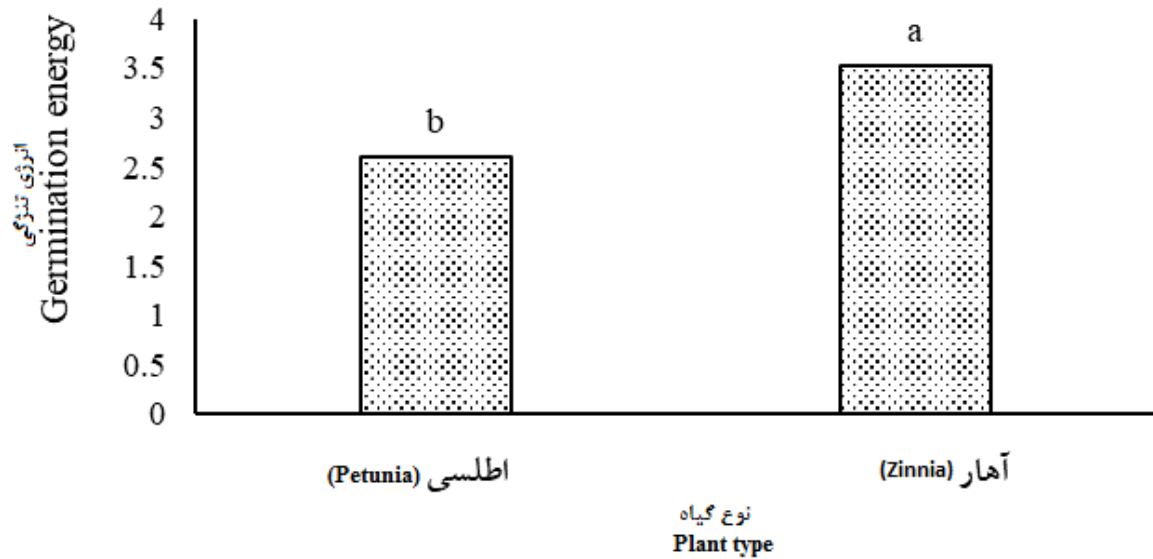
شکل ۵- اثر میانگین برهمکنش گونه گیاهی در آماده سازی بر شاخص تنژگی بذر. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 5- Average interaction effect of plant species in priming on seed germination index. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

انرژی تنژگی

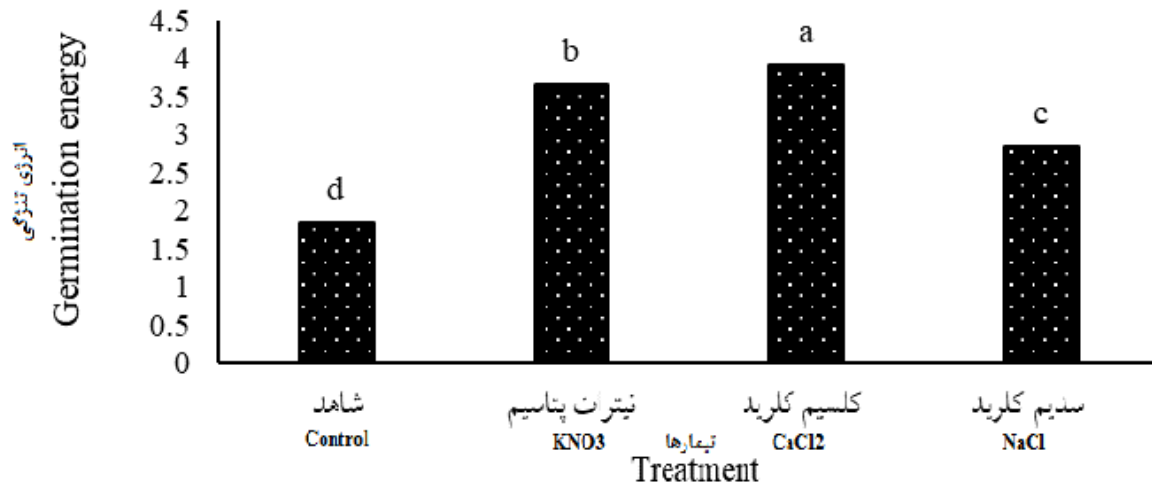
بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر گونه گیاهی و آماده سازی بذر در سطح احتمال یک درصد بر انرژی تنژگی بذور آهار و اطلسی معنی دار بود، ولی برهمکنش گیاه و تیمار آماده سازی معنی دار نبود (جدول ۱). بیشترین انرژی تنژگی (۳/۵۲٪) در بذورهای آهار مشاهده شد که به طور معنی داری بیشتر از بذورهای اطلسی بود (شکل ۶). در بین تیمارهای آماده سازی نیز تیمار کلسیم کلرید بیشترین انرژی تنژگی (۳/۹۱٪) را نشان داد، درحالی که کمترین انرژی تنژگی بذرها (۱/۸۳٪) در تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۷). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد تیمارهای آماده سازی سبب افزایش انرژی تنژگی بذور اطلسی و آهار شد و بهترین نتایج در تیمارهای کلسیم کلرید و نترات پتاسیم به دست آمد. در واقع آماده سازی به بذرها اجازه می دهد تا از طریق تأمین منظم اکسیژن به سرعت به سطوح بالاتر آب برسند که باعث افزایش سطح متابولیت های درگیر در تنژگی و آنزیم های دخیل در تولید انرژی برای تنژگی می شود (Srivastava et al., 2022). افزایش انرژی تنژگی بذر ذرت در اثر آماده سازی با کلسیم کلرید توسط Kumari و همکاران (2017) و در بذر گیاه مورد^۱ در اثر آماده سازی با نترات پتاسیم توسط Akhondi و همکاران (2017) گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر همسویی دارد.





شکل ۶- میانگین انرژی تنزگی بذر در اطلسی و آهار. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 6- The average energy of seed germination in petunia and zinnia. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.



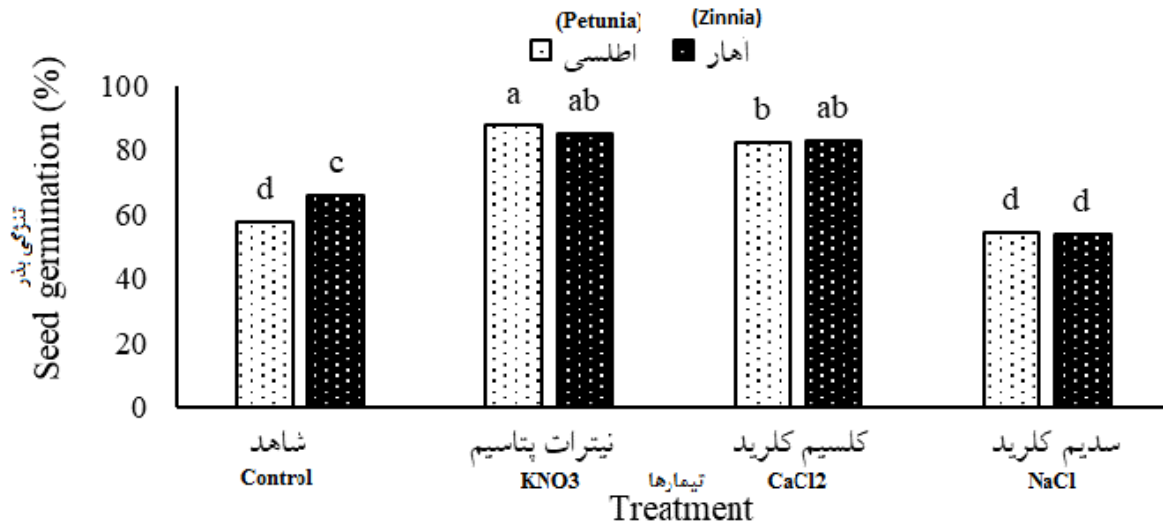
شکل ۷- اثر تیمارهای آماده سازی بر انرژی تنزگی بذر. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 7- The effect of priming treatments on seed germination energy. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

تنزگی نهایی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، گونه گیاهی تأثیر معنی داری بر تنزگی نهایی بذرها نداشت، ولی اثر ساده آماده سازی و برهمکنش گونه گیاهی در آماده سازی بر تنزگی نهایی بذر اطلسی و آهار در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول

۱). مقایسه میانگین ترکیبات تیماری گونه گیاهی و تیمارهای آماده سازی نشان داد که بیشترین تنزگی نهایی (۸۷/۴۶٪) در تیمار نیترات پتاسیم در اطلسی مشاهده شد، ولی اختلاف معنی داری با تیمارهای نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید در آهار نداشت. همچنین کمترین درصد تنزگی نهایی نیز در تیمارهای شاهد در اطلسی و تیمارهای سدیم کلرید در هر دو اطلسی و آهار مشاهده شد که اختلاف معنی داری بین این سه تیمار وجود نداشت (شکل ۸).

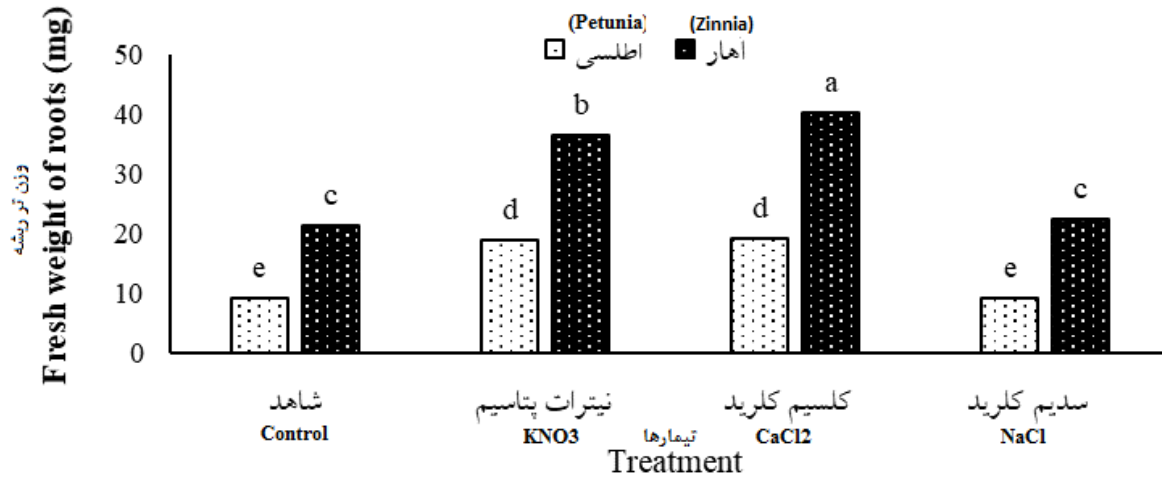


شکل ۸- اثر میانگین برهمکنش گونه گیاهی در آماده سازی بر تنزگی بذر. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 8- Average interaction effect of plant species in priming on seed germination. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

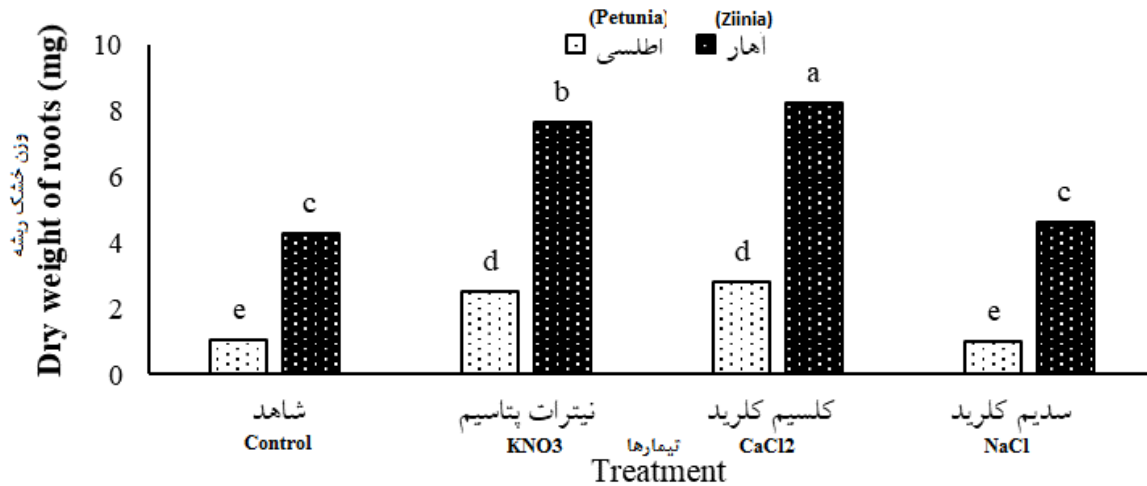
وزن تر و خشک ریشه دانهال

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده گونه گیاهی، آماده سازی بذرها و برهمکنش این دو عامل در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک ریشه دانهال اطلسی و آهار معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین برهمکنش گونه گیاهی و تیمارهای آماده سازی بر وزن تر ریشه نشان داد که بیشترین وزن تر ریشه در گل های آهار و اطلسی به ترتیب به میزان ۴۰/۲۱ و ۱۹/۱۸ میلی گرم در تیمار کلسیم کلرید به دست آمد که در اطلسی اختلاف معنی داری بین دو تیمار کلسیم کلرید و نیترات پتاسیم وجود نداشت (شکل ۹). مقایسه میانگین برهمکنش گونه گیاهی و تیمارهای آماده سازی بر وزن خشک ریشه نشان داد که بیشترین وزن خشک ریشه در گل های آهار و اطلسی به ترتیب به میزان ۸/۲۵ و ۲/۸۳ میلی گرم در تیمار کلسیم کلرید به دست آمد که در اطلسی اختلاف معنی داری بین دو تیمار کلسیم کلرید و نیترات پتاسیم وجود نداشت (شکل ۱۰).



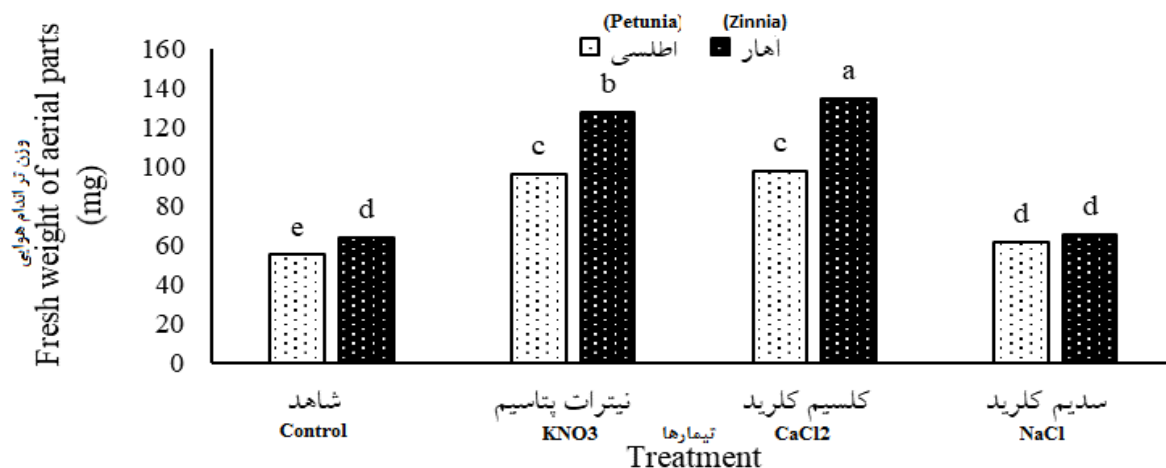
شکل ۹- اثر میانگین برهمکنش گونه گیاهی در آماده سازی بر وزن تر ریشه دانهال. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 9- Average interaction effect of plant species in priming on seedling root fresh weight. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.



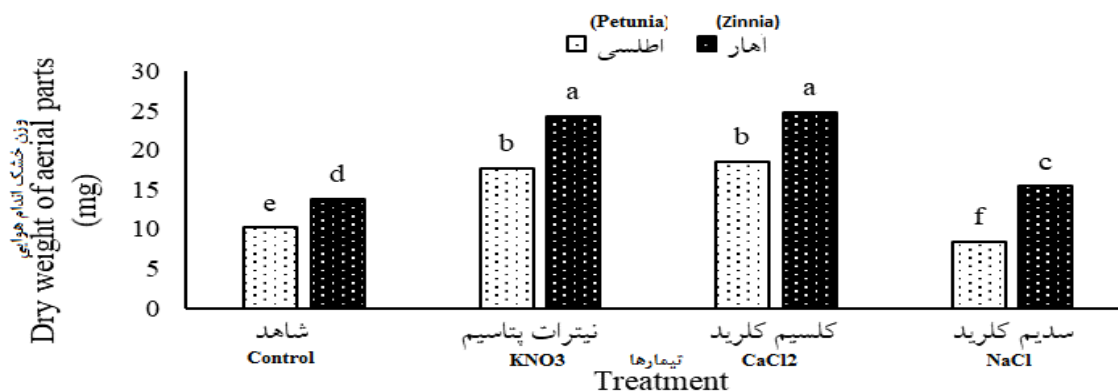
شکل ۱۰- اثر میانگین برهمکنش گونه گیاهی در آماده سازی بر وزن خشک ریشه دانهال. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 10- Average interaction effect of plant species in priming on seedling root dry weight. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.



شکل ۱۱- اثر میانگین برهمکنش گونه گیاهی در آماده سازی بر وزن تر اندام هوایی دانهال. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 11- The average effect of the interaction of plant species in priming on the fresh weight of seedling shoots. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.



شکل ۱۲- اثر میانگین برهمکنش گونه گیاهی در آماده سازی بر وزن خشک اندام هوایی دانهال. تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری با یکدیگر در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Figure 12- The average effect of plant species interaction in priming on the dry weight of seedling shoot. Treatments with at least one common letter did not differ significantly from each other in Duncan test at the level of 5% probability.

وزن تر و خشک اندام هوایی دانهال

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر ساده گونه گیاهی، آماده سازی بذرها و برهمکنش این دو عامل در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک اندام هوایی دانهال اطلسی و آهار معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین برهمکنش گونه گیاهی و تیمارهای آماده سازی بر وزن تر اندام هوایی نشان داد که بیشترین وزن تر اندام هوایی در گل‌های آهار و اطلسی به ترتیب به

میزان ۱۳۴/۵۸ و ۹۷/۴ میلی‌گرم در تیمار کلسیم کلرید به دست آمد که در آهار به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود، ولی در اطلسی اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار کلسیم کلرید و نیترات پتاسیم وجود نداشت (شکل ۱۱). همچنین کمترین میزان وزن تر اندام هوایی نیز در دانهال آهار و اطلسی به ترتیب به میزان ۶۳/۴۹ و ۵۴/۸۶ میلی‌گرم در تیمار شاهد مشاهده شد که در آهار اختلاف معنی‌داری با تیمار کلسیم کلرید نداشت. مقایسه میانگین برهمکنش گونه گیاهی و تیمارهای آماده سازی بر وزن خشک اندام هوایی نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی در گل‌های آهار و اطلسی به ترتیب به میزان ۲۴/۷۲ و ۱۸/۵۳ میلی‌گرم در تیمار کلسیم کلرید به دست آمد که در هر دو گیاه اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار کلسیم کلرید و نیترات پتاسیم وجود نداشت (شکل ۱۲).

تنژگی مؤثر، سریع و یکنواخت بذر و استقرار دانهال اولین گام برای موفقیت هر محصول در باغبانی تجاری است. این ویژگی‌ها به توسعه یک سیستم ریشه عمیق قبل از خشک شدن، سخت شدن یا دماهای فوق بهینه در ناحیه ریشه کمک می‌کند (Imran et al., 2013). مطالعات متعدد نشان داده است که آماده سازی بذر می‌تواند اثرات مفیدی بر روی رشد رویشی و تجمع زیست توده گیاه داشته باشد (Ali et al., 2019; Mahmoudi et al., 2020). چنین تیمارهایی به دنبال افزایش رشد رویشی می‌تواند برای افزایش عملکرد محصولات باغی نیز مفید باشد (Abdel-Aziz et al., 2019). نتایج پژوهش حاضر مشخص کرد که وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی دانهال اطلسی و آهار در اثر آماده سازی با نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید افزایش معنی‌داری نشان می‌دهند. Abdel-Baki و همکاران (2018) اشاره کردند که آماده سازی بذر با KNO_3 باعث افزایش محتوای K^+ و کاهش محتوای Na^+ در شرایط تنش شوری شد. افزایش تنژگی نهایی بذر تحت تأثیر آماده سازی می‌تواند به علت تغییرات بیوشیمیایی هیدرولیزکننده و افزایش آنزیم‌های تجزیه‌کننده مربوط به تنژگی مانند آلفا آمیلاز باشد که خود سبب افزایش فعالیت آنزیمی و شکسته شدن قندها شده و تبدیل به نشاسته ذخیره‌ای بذر به مواد قابل استفاده جنین شده است (Hassini et al., 2017). در پژوهش حاضر نشان داده شد که آماده سازی بذور اطلسی و آهار با نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید موجب افزایش تنژگی نهایی شد. تأثیر نمک-آماده سازی بر افزایش معنی‌دار درصد تنژگی نهایی تحت تنش شوری توسط Khadraji و همکاران (2020) گزارش شده است. کمترین تنژگی نهایی در تیمار سدیم کلرید بود که احتمال می‌رود سدیم کلرید با تأثیر بر غشاء و دیواره سلولی ممکن است پتانسیل آب سیتوپلاسم سلول را تحت تأثیر قرار دهد و تنژگی بذر را دستخوش تغییر نماید. در حال حاضر به خوبی مستند شده است که آماده سازی بذر می‌تواند تنژگی، توده محصول، عملکرد، کیفیت و مقاومت به تنش زیستی و غیرزیستی را افزایش دهد و نسبت به راهکارهای افزایش عملکرد مرسوم مقرون به صرفه است. به‌طور کلی، یافته‌های این مطالعه در درک اثر فیزیولوژیکی مستقیم نمک-آماده سازی در افزایش بینه بذر و استقرار گیاهچه در گل‌های آهار و اطلسی حائز اهمیت خواهد بود و می‌تواند اطلاعات دقیق و قابل اعتمادی را درخصوص اثربخشی بالقوه آماده سازی با نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید بر روی آهار و اطلسی به صنعت بذر بدهد. بنابراین، با توجه به این موضوع، پذیرش آماده سازی بذر در سطح مزرعه گامی مناسب برای دستیابی به پایداری در باغبانی به‌نظر می‌رسد و نیاز به مطالعات آتی را توجیه می‌کند.



تشکر و قدردانی

از دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز به خاطر همکاری‌های صمیمانه‌شان تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- Abdel-Aziz, H. M. M., Hasaneen, M. N. A., Omer, A. M. (2019). Impact of engineered nanomaterials either alone or loaded with NPK on growth and productivity of French bean plants: Seed priming vs foliar application. *South African Journal of Botany*, 125, 102-108. Doi:10.1016/j.sajb.2019.07.005
- Abdel-Baki, G. K., Shaddad, M. A. K., Mostafa, D., Rafat, A. S. (2018). The effect of seed presoaking with KNO₃ on seed germination, proline, protein pattern, β -amylase and mineral composition of two faba bean cultivars treated with NaCl. *Egyptian Journal of Botany*, 58(3), 445-461. DOI: 10.21608/ejbo.2018.3423.1166
- Afzal, I., Ashraf, S., Qasim, M., Basra, S. M. A., Shahid, M. (2009). Does halopriming improve germination and seedling vigour in marigold (*Tagetes* spp.). *Seed Science and Technology*, 37(2), 436-445. Doi:10.15258/sst.2009.37.2.16
- Ahmadi, K., Shojaeeyan, A., Omidi, H., Amini Dehaghi, M., Azadbakht, F. (2022). The effect of salicylic acid and potassium nitrate on germination characteristics, photosynthetic pigments and seedling proline seedlings of two safflower cultivars under salinity stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(1), 247-257. Doi: 10.22077/escs.2020.3593.1882
- Akhondi, M., Zare Hassanabadi, M., Amiri, M. S., Shabani, S. (2017). The effects of mechanical and chemical treatments on dormancy breaking and seed germination indices of *Myrtus communis* L. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 5(2), 1-7. (Translated in Persian).
- Ali, M., Hayat, S., Ahmad, H., Ghani, M. I., Amin, B., Atif, M. J., Cheng, Z. (2019). Priming of *Solanum melongena* L. seeds enhances germination, alters antioxidant enzymes, modulates ROS, and improves early seedling growth: indicating aqueous garlic extract as seed-priming bio-stimulant for eggplant production. *Applied Sciences*, 9(11), 2203. Doi:10.3390/app9112203
- Aosa, I. (1983). Seed vigor testing handbook. Association of Official Seed Analysts. *Contribution*, 32, 88.
- Basra, S. M. A., Afzal, I., Anwar, S., Shafique, M., Haq, A., Majeed, K. (2005). Effect of different seed invigoration techniques on wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds sown under saline and non-saline conditions. *Journal of Seed Technology*, 28, 36-45.
- Chehregani, A., Ramezani, H. (2016). The study of anther and pollen developmental stages in *Petunia hybrida*. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 29(1), 65-79. (in Persian).
- Coolbear, P., Grierson, D., Heydecker, W. (1980). Osmotic pre-sowing treatments and nucleic acid accumulation in tomato seeds (*Lycopersicon lycopersicum*). *Seed Science and Technology*, 8, 289-303.
- Demir, I., Ozden, E., Yildirim, K. C., Sahin, O., Van Staden, J. (2018). Priming with smoke-derived karrikinolide enhances germination and transplant quality of immature and mature pepper seed lots. *South African Journal of Botany*, 115, 264-268.
- Ellis, R. A. (1981). The quantification of agent and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9, 373-409.
- Hassini, I., Baenas, N., Moreno, D. A., Carvajal, M., Boughanmi, N., Martinez Ballesta, M. D. C. (2017). Effects of seed priming, salinity and methyl jasmonate treatment on bioactive composition of Brassica oleracea var. capitata (white and red varieties) sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2291-2299. Doi:10.1002/jsfa.8037
- Imran, M., Mahmood, A., Römheld, V., Neumann, G. (2013). Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. *European Journal of Agronomy*, 49, 141-148. Doi:10.1016/j.eja.2013.04.001
- ISTA. (2006). ISTA Handbook on Seedling Evaluation. International Seed Testing Association; ISTA: Bassersdorf, Switzerland.
- Khadraji, A., Qaddoury, A., Ghoulam, C. (2020). Effect of "Halo-priming" on germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under osmotic stress. *Indian Journal of Agricultural Research*, 54(6), 797-801. DOI: 10.18805/IJARE.A-505
- Kumari, N., Rai, P. K., Bara, B. M., Singh, I. (2017). Effect of halo priming and hormonal priming on seed germination and seedling vigour in maize (*Zea mays* L) seeds. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 27-30.
- Mahmoudi, H., Ben Salah, I., Zaouali, W., Hamrouni, L., Gruber, M., Ouerghi, Z., Hosni, K. (2020). Priming-



- induced changes in germination, morpho-physiological and leaf biochemical responses of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) under salt stress. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 154(5), 601-614. Doi:10.1080/11263504.2019.1651785
- Majda, C., Khalid, D., Aziz, A., Rachid, B., Badr, A. S., Lotfi, A., Mohamed, B. (2019). Nutri-priming as an efficient means to improve the agronomic performance of molybdenum in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Science of the Total Environment*, 661, 654-663.
- Rahmani, F., Mohammadi, A., Moradi, H. (2019). Studying the effect of phosphorus on flowering and vegetative traits of zinnia (*Zinnia* sp.) in vermicompost medium. *Flower and Ornamental Plants*, 4(1), 13-25 (in Persian). Doi:10.29252/flowerjournal.4.1.13
- Sarkar, P. K., Kumar, P. R., Singh, A. K., Bhatt, B. P. (2020). Effect of priming treatments on seed germination and seedling growth in bamboo [*Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees]. *Acta Ecologica Sinica*, 40(2), 128-133. Doi:10.1016/j.chnaes.2018.11.004
- Srivastava, M., Devi, A. S., Konthoujam, G., Lovely, K., Das, P., Thangjam, R. (2022). Benefits of seed priming in different vegetables. *The Pharma Innovation Journal*, 11(6), 399-403
- Sung, Y., Cantliffe, D. J., Nagata, R. T., Nascimento, W. M. (2008). Structural changes in lettuce seed during germination at high temperature altered by genotype, seed maturation temperature, and seed priming. *Journal of the american society for horticultural science*, 133(2), 300-311.
- Tania, S. S., Rhaman, M. S., Hossain, M. M. (2020). Hydro-priming and halo-priming improve seed germination, yield and yield contributing characters of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Tropical Plant Research*, 7(1), 86-93.
- Wu, L., Huo, W., Yao, D., Li, M. (2019). Effects of solid matrix priming (SMP) and salt stress on broccoli and cauliflower seed germination and early seedling growth. *Scientia horticulturae*, 255, 161-168.



Possibility of improving seed germination indices in petunia (*Petunia hybrida* L.) and zinnia (*Zinnia elegans* L.) using priming techniques

Mehdi Falah Latif Hmudi, Mansour Matloobi*, Alireza Motallebi Azar, Mina Amani

Department of Horticulture, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz

Received: 9/8/2023, Revised: 5/10/2023, Accepted: 5/10/2023

✉ mmatloobi@gmail.com

Abstract

The rapid flowering of bedding flowers, such as petunia (*Petunia hybrida* L.) and zinnia (*Zinnia elegans* L.), increases the uniformity of the seedbed and their simultaneous flowering. In this study, the effect of seed priming on the germination and vigor of petunia and zinnia seedlings has been investigated. A factorial experiment was conducted in the form of a completely randomized design with two factors, the first factor, the plant species, and the second factor, three salts of potassium nitrate, calcium chloride, and sodium chloride along with control in the laboratory of the Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Al-Qasim-ul-Akhra University of Babol, Iraq. The results showed that in both plants, haloprimering treatment with 50 mM potassium nitrate and calcium chloride for 24 hours provided better results in terms of germination and seedling growth. Between the two treatments of potassium nitrate and calcium chloride, there was no significant difference in the characteristics of time to reach 50% germination, average germination time, germination index, final germination, and wet and dry weight of roots and shoots of petunia and dry weight of zinnia shoots. In general, the findings of this study will be important in understanding the direct physiological effect of haloprimering in increasing seed germination and seedling establishment in petunia and zinnia and can provide detailed information about the potential effectiveness of priming with potassium nitrate and calcium chloride to the seed industry.

Keywords: Germination index, Germination percentage, Halo-priming, Seed germination.