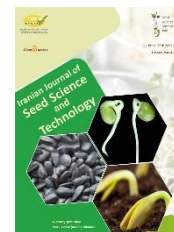




Iranian Journal of Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

The effect of priming on the response of *nigella sativa*. seed germination to temperature under salinity stress conditions

Parisa Ahmadi¹ , Mohammad Hossein Gharineh^{2*}

1. PhD Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Mullasani, Iran.

2. Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Mullasani, Iran.

Article Information

Received: 21 Aug. 2023

Revised: 09 Dec. 2024

Accepted: 10 Dec. 2024

Keywords:

Coefficient of Velocity of Germination,
Germination index,
Gibberellic Acid,
Potassium Nitrate,
Stress.

Corresponding Author:

hossain_gharineh@yahoo.com



Abstract

In order to study the effect of the response of primed *nigella sativa* germination to different temperature conditions of the growth environment under salt stress conditions, an experiment was carried out as a factorial experiment in a completely randomized design with four replications in seed science and technology laboratory of plant production and genetics engineering department of Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan in 2023. In this experiment, the effect of three experimental factors included 2 treatment of priming (gibberellic acid and potassium nitrate), salinity stress (zero, 50, 100, 150 and 200 mM) and the temperature of the germination environment (10 and 25 °C). The results of analysis of variance showed that the effect of priming, salinity and temperature on all traits were significant at the probability level of 1%. And the triple interaction effect on all the traits except the germination index trait was significant at the probability level of 1%. The results of mean comparison showed that salinity stress decreased the germination indices. But priming at 50 mM concentration of salt stress improved the germination indices. Also, at a temperature of 10°C under salt stress conditions, germination was higher than at a temperature of 25°C. The average comparison results showed that the interaction effect of priming, temperature and salinity, priming with potassium nitrate and gibberellic acid at 10°C and salinity stress up to 100 mM increased the germination percentage and rate, Coefficient of Velocity of Germination, germination rate index and reduced the average germination time. Became. But at the temperature of 25°C, the application of priming did not have a positive effect on the germination indices, but it caused a decrease in the germination indices in black seeds. Cultivation of *nigella* plant in the cool days of the cultivation season is recommended due to the positive reaction of *nigella* seed germination to lower temperature (10°C).

How to cite this paper: Ahmadi, P., & Gharineh, M. H. (2026). The effect of priming on the response of *Nigella sativa*. seed germination to temperature under salinity stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14 (4), 43-58. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.363280.1498>



© Authors, Published by Iranian Journal of Seed Science and Technology. This is an open-access article distributed under the CC BY (license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Salinity stress is one of the most important factors limiting the growth and production of agricultural products worldwide, especially in arid and semi-arid regions such as Khuzestan. Salinity stress severely affects seed germination and seedling establishment by disrupting water and mineral absorption. Germination is a sensitive and decisive stage in the plant life cycle, the success of which forms the basis of the final yield. Therefore, priming is a practical solution to improve the germination capacity of seeds under stress conditions.

Materials and Methods

In order to study the effect of the response of primed *nigella sativa* germination to different temperature conditions of the growth environment under salt stress conditions, an experiment was carried out as a factorial experiment in a completely randomized design with four replications in seed science and technology laboratory of plant production and genetics engineering department of Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan in 2023. In this experiment, the effect of three experimental factors included 2 treatment of priming (gibberellic acid and potassium nitrate), salinity stress (zero, 50, 100, 150 and 200 mM) and the temperature of the germination environment (10 and 25°C).

Results

The results of analysis of variance showed that the effect

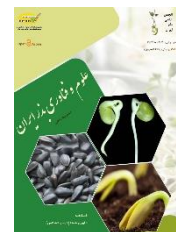
of priming, salinity and temperature on all traits were significant at the probability level of 1%. And the triple interaction effect on all the traits except the germination index trait was significant at the probability level of 1%. The results of mean comparison showed that salinity stress decreased the germination indices. But priming at 50 mM concentration of salt stress improved the germination indices. Also, at a temperature of 10°C under salt stress conditions, germination was higher than at a temperature of 25°C. The average comparison results showed that the interaction effect of priming, temperature and salinity, priming with potassium nitrate and gibberellic acid at 10°C and salinity stress up to 100 mM increased the germination percentage and rate, Coefficient of Velocity of Germination, germination rate index and reduced the average germination time. became. But at the temperature of 25°C, the application of priming did not have a positive effect on the germination indices, but it caused a decrease in the germination indices in black seeds.

Conclusion

The results showed that ambient temperature plays a key role in the effectiveness of priming treatments. Priming treatments with potassium nitrate and gibberellic acid are only able to improve the destructive effects of salt stress on black seed germination at lower temperatures (such as 10°C). Cultivation of black seed plants on cool days of the growing season is recommended due to the positive response of black seed germination to lower temperatures.



نشریه علوم و فناوری بذر ایران



ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

اثر پرایمینگ در پاسخ جوانه‌زنی بذر سیاهدانه (*Nigella Sativa*)

به دما در شرایط تنش شوری

پریسا احمدی^۱، محمدحسین قرینه^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری علوم و تکنولوژی بذر، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.
۲. استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۳۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۰

واژه‌های کلیدی:

ضرب سرعت جوانه‌زنی،

نیتراپتاسیم،

جیبرلیک اسید،

تنش،

شاخص جوانه‌زنی.

نویسنده مسئول:

hossain_gharineh@yahoo.com

به منظور ارزیابی تیمارهای مختلف پرایمینگ در شرایط تنش شوری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۴۰۱ انجام شد. فاکتور اول شامل پرایمینگ شاهد (بدون پرایمینگ)، جیبرلیک اسید و نیتراپتاسیم، عامل دوم تنش شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) و فاکتور سوم شامل دما (۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنش شوری باعث کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی در بذرهای کلزا شد. اما پرایمینگ با نیتراپتاسیم و جیبرلیک اسید در غلظت ۵۰ میلی‌مولار تنش شوری باعث بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی شد. همچنین در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در شرایط تنش شوری، جوانه‌زنی بالاتری نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد اثر متقابل پرایمینگ، دما و شوری پرایمینگ با نیتراپتاسیم و اسید جیبرلیک در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و تنش شوری تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، ضرب سرعت جوانه‌زنی، شاخص سرعت جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی شد. اما در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاربرد پرایمینگ اثر مثبتی بر شاخص‌های جوانه‌زنی نداشت، بلکه باعث کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی در بذرهای سیاهدانه شد. کشت گیاه سیاهدانه در روزهای خنک فصل کشت به دلیل واکنش مثبت جوانه‌زنی بذر سیاهدانه به دمای کمتر (۱۰ درجه سانتی‌گراد) توصیه می‌شود.

نحوه استناد به این مقاله:

Ahmadi, P., & Gharineh, M. H. (2026). The effect of priming on the response of *Nigella sativa*. seed germination to temperature under salinity stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14 (4), 43-58. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.363280.1498>

مقدمه

سیاهدانه با نام علمی (*Nigella sativa* L.) یکی از گیاهان دارویی و معطر بوده (Rashed et al., 2017) که در برخی مناطق ایران به صورت خودرو و در برخی مناطق جهت مصارف دارویی کشت می‌شود (Heidari & Jahantighi, 2014). طبق گزارشات، تقریباً یک سوم مساحت زمین‌های کشاورزی در جهان، شور هستند (Kulmatov et al., 2021). کشور ایران به دلیل اینکه جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، بیشتر در معرض تنش شوری قرار داد که از حدود هشت میلیون هکتار اراضی کشور، ۶/۸ میلیون هکتار تحت تنش شوری با درجات متفاوت هستند (Jamshidi et al., 2015). شوری زیاد خاک از جمله عوامل محدودکننده عملکرد محصولات در سرتاسر جهان به شمار می‌رود که این مسئله به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به عنوان یکی از اساسی‌ترین مشکلات بخش کشاورزی است (Akbari Ghogdi et al., 2011). یکی از دلایل کاهش تولید محصولات کشاورزی در جهان، تنش شوری است که ناشی از وجود غلظت بالای سدیم در خاک شور است (Iqbal et al., 2019; Yadav et al., 2020). پاسخ‌های گیاه در تحمل به شوری متفاوت است، مانند پاسخ‌های متفاوتی که در رشد و نمو گیاه نشان می‌دهد (Ami et al., 2020). در بسیاری از گونه‌های گیاهی، فرآیند جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه‌ها مهم‌ترین و حساس‌ترین مراحل در چرخه زندگی گیاه هستند که تحت تأثیر تنش‌های محیطی به ویژه شوری خاک، دما و آب قرار می‌گیرند. تنش شوری از طریق کاهش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی، باعث استقرار نامناسب و کاهش تراکم گیاهچه‌ها شده و در نتیجه به کاهش چشمگیر رشد و نمو و همچنین میزان تولید محصول در اکثر گیاهان به ویژه گیاهان زراعی و علوفه‌ای منجر خواهد شد (Javed et al., 2022). همچنین حساسیت مراحل توسعه گیاه به تنش‌های محیطی از قبیل دما، شوری، خشکی و غیره، خصوصاً جوانه‌زنی، به عنوان اولین و مهم‌ترین مرحله مؤثر در استقرار گیاه لازم است مدنظر قرار بگیرد (Berkowitz et al., 2016). سال‌های اخیر تحقیقات متعددی جهت تعیین شرایط بهینه جوانه‌زنی بذر در گیاهان مختلف به صورت کاربردی صورت گرفته است (Menacho et al., 2016). دما جزء معدود فاکتورهایی بوده که

اثرات غیرقابل چشم‌پوشی در تمام مراحل رشد گیاه دارد (Zandalinas, 2017). تعیین دماهای اصلی جوانه‌زنی جهت انطباق گیاه با اقلیم ضرورت از پیش شناخته‌شده‌ای است (Gilbertson, 2014). شرایط دمایی بهینه باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در گیاهان می‌شود. در برخی موارد سرعت جوانه‌زنی در دمای بهینه به صورت خطی افزایش می‌یابد و پس از آن سرعت جوانه‌زنی به شدت کاهش می‌یابد (Laghmouchi et al., 2017). دماهای پایین و بالا اغلب رشد و بهره‌وری گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند که باعث تلفات قابل توجهی از محصول می‌شود. گیاهان مختلف معمولاً در تحمل به سرمازدگی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Sanghera et al., 2011). چندین راهکار برای کاهش اثرات منفی شوری بر جوانه‌زنی بذر و بهبود رشد گیاهان وجود دارد، راهکار اول از طریق انتخاب و پرورش گیاهان مقاوم به تنش شوری است که متأسفانه پیچیدگی سازوکارهای اساسی تحمل به تنش، عدم وجود معیارهای مناسب انتخاب و عکس‌العمل مختلف گیاه در پاسخ به تنش در مراحل مختلف رشد منجر به موفقیت محدود تجاری در این زمینه شده است (Taie et al., 2013). راهکار بعدی از طریق پرایمینگ کردن بذر با مواد مختلف می‌باشد (Subramanyam et al., 2019). به عنوان یک روش مقرون به صرفه و کم‌خطر جهت بهبود جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه از طریق القای فعالیت متابولیک پیش از جوانه‌زنی در شرایط نامطلوب می‌باشد (Migahid et al., 2019). استفاده از پیش تیمار پرایمینگ بذر از طریق بهبود فعالیت‌های متابولیک قبل از جوانه‌زنی، سنتز RNA، سنتز پروتئین و مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانت باعث بهبود رشد گیاهان می‌گردد (Saddiq et al., 2019). بنابراین در این آزمایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و سایر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر سیاهدانه تحت تنش شوری در شرایط دمایی متفاوت بررسی شد. هدف از این مطالعه تأثیر تنش شوری در شرایط دمایی متفاوت بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر سیاهدانه است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۱ در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر گروه مهندسی تولید و زنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و

رابطه ۲ سرعت جوانه‌زنی (germination rate)

$$GR = \sum (Ni/Ti)$$

Ni = تعداد بذره‌های جوانه‌زده در هر روز و Ti = تعداد روزها

پس از شروع آزمایش (Ellis & Roberts, 1981).

رابطه ۳ متوسط زمان جوانه‌زنی (Mean germination time)

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

n = تعداد بذر جوانه‌زده در d روز، d = تعداد روزها از شروع

فرآیند جوانه‌زنی و $\sum n$ = تعداد کل بذور جوانه‌زده

(Ellis & Roberts, 1981).

رابطه ۴ شاخص جوانه‌زنی (Germination index)

$$GI = (gn \times i1) + (gn-1 \times i2) + \dots + (n-(n-1) \times in)$$

gn = تعداد بذور جوانه‌زده در همان روز و in = آخرین روزی

که تمام بذور جوانه زدند (Ellis & Roberts, 1981).

رابطه ۵ شاخص سرعت جوانه‌زنی (Germination rate index)

$$GRI = \frac{G2}{1} + \frac{G2}{2} + \dots + \frac{Gn}{n}$$

$G1$, $G2$ و Gn = به ترتیب تعداد بذور جوانه‌زده طی روز اول،

دوم و ام (Pagter et al., 2005).

رابطه ۶ ضریب سرعت جوانه‌زنی (Coefficient of Velocity

(of Germination

$$CVG = \frac{G1+G2+G3+\dots+Gn}{(G1 \times 1) + (G2 \times 2) + (G3 \times 3) + \dots + (Gn \times n)}$$

$G1-Gn$ = تعداد بذور جوانه‌زده از روز اول تا روز آخر

(Maguire, 1962).

در ابتدا داده‌ها با برنامه Minitab نرمال شدند و تجزیه و تحلیل

با نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام گردید. مقایسه میانگین با آزمون

حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر پرایمینگ بروی تمامی

صفات در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار گردید

(جدول ۱). اثر تیمارهای شوری بروی تمامی صفات در سطح

احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار گردید (جدول ۱) و

منابع طبیعی خوزستان به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً

تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. فاکتور اول شامل تیمارهای

پرایمینگ بذر (نیتراپتاسیم (با غلظت ۱ درصد وزنی-حجمی) و

جیبرلیک اسید (۳۰ میلی گرم در کیلوگرم))، فاکتور دوم شامل پنج

غلظت شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار نمک سدیم

کلرید) و فاکتور سوم شامل دما (۱۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد) بروی

خصوصیات جوانه‌زنی بذر سیاهدانه بود. لازم به ذکر است برای

اجرای این آزمایش از توده بذر محلی استان اصفهان استفاده شد.

جهت اجرای آزمایش در آزمایشگاه در ابتدا وسایل موردنیاز به

همراه کاغذ صافی در اتوکلاو با دمای ۱۸۰ سانتی گراد به مدت ۲

ساعت ضدعفونی شدند. قبل از اعمال تیمارها بذور با

هیپوکلرید سدیم ۲ درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی و سپس چند

بار با آب مقطر شستشو داده شدند. به منظور تهیه محلول پرایمینگ،

حجم مشخصی از هر کدام از مواد پرایمینگ در آب مقطر حل شد

و به حجم موردنظر رسید. حجم محلول‌های پرایمینگ نسبت به

مقدار بذر با نسبت ۵ به ۱ بود. سپس بذرها در محلول‌های تهیه شده

و به مدت ۶ ساعت در دمای ۲۲-۲۱ درجه سانتی گراد غوطه ور

شدند. و با استفاده از پمپ هوا عمل تهویه (هوادهی) انجام گرفت.

بعد از اعمال پرایمینگ، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق

خشک (Parmoon et al., 2013) و پس از عمل خشک کردن

بذرها به محیط پتری‌دیش انتقال داده شدند. جهت اعمال شوری از

نمک سدیم کلراید، استفاده شد و یک روز در میان به میزان ۱۰

میلی لیتر شوری اعمال شد و جهت جلوگیری از تبخیر پتری‌دیش‌ها

را درون پلاستیک قرار داده شدند. سپس پتری‌دیش‌های حاوی ۵۰

عدد بذر به ژرمیناتورها با دمای ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد منتقل

شدند. همچنین از روش تست جوانه‌زنی روی کاغذ صافی (TO)

استفاده شد. شمارش و بررسی جوانه‌زنی به صورت روزانه در یک

ساعت مشخص انجام شد. معیار جوانه زنی خروج ریشچه به اندازه

۲ میلی متر بود. صفات مربوط به جوانه‌زنی از روابط زیر به محاسبه

گردید.

رابطه ۱ درصد جوانه‌زنی (Germination percentage)

$$GP = (N/M) \times 100$$

N = تعداد بذره‌های جوانه‌زده و M = تعداد کل بذرها

(Scott et al., 1984).

همچنین اثر دما بر روی تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد (جدول ۱). اثر متقابل پرایمینگ و شوری بر روی صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص سرعت جوانه‌زنی و ضریب سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد (P≤0.01) معنی‌دار گردید (جدول ۱). اثر متقابل پرایمینگ و دما بر روی تمامی صفات به جزء صفت متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد (P≤0.01) معنی‌دار گردید (جدول ۱). اثر متقابل پرایمینگ و شوری و دما بر روی تمامی صفات جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد (P≤0.01) معنی‌دار گردید (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای پرایمینگ بر روی پاسخ جوانه‌زنی بذر سیاهدانه به دما در شرایط تنش شوری.

Table 1- Variance analysis of the effect of priming treatments on the response of nigella sativa seed germination to temperature under salinity stress conditions

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی D.F.	میانگین مربعات MS					
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	شاخص جوانه‌زنی Germination index	شاخص سرعت جوانه‌زنی Germination rate index	ضریب سرعت جوانه‌زنی Coefficient of Velocity of Germination
پرایمینگ Priming (P)	2	9943.60**	14.77**	34.46**	621.54**	0.01**	0.023**
شوری Salinity (S)	4	17231.46**	94.79**	28.47**	2461.99**	0.10**	0.14**
دما Temperature (T)	1	81745.20**	256.66**	110.52**	7910.66**	0.48**	0.40**
شوری×پرایمینگ P×S	8	651.76**	1.33**	3.92ns	50.89ns	0.002**	0.002**
دما×پرایمینگ P×T	2	6931.60**	18.54**	0.96ns	468.48**	0.002**	0.02**
دما×شوری S×T	4	6145.86**	10.19**	96.64**	264.15**	0.023**	0.015**
دما×شوری×پرایمینگ P×S×T	8	585.76**	0.99**	8.39**	36.73ns	0.005**	0.001**
خطا E	90	20.40	0.15	2.72	20.47	0.00060	0.00040
CV ضریب تغییرات %	-	8.25	13.05	41.01	27.04	16.52	16.68

ns و ** یعنی به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد

ns and ** means non-significant and significant at 1% probability levels, respectively

درصد جوانه‌زنی

تنش شوری بدون کاربرد پرایمینگ با غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار، پرایمینگ (نیترا پتاسیم و جیبرلیک اسید) با اعمال تنش شوری با غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد می‌باشد (جدول ۲). به طور کلی نتایج نشان داد که بذور در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد درصد جوانه‌زنی بالایی نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی گراد داشتند. در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد تنش شوری باعث کاهش درصد جوانه‌زنی

طبق نتایج جدول مقایسه میانگین بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی (۱۰۰ درصد جوانه‌زنی) مربوط به تیمارهای شاهد (بدون اعمال شوری)، پرایمینگ (نیترا پتاسیم و جیبرلیک اسید) بدون اعمال شوری و پرایمینگ (نیترا پتاسیم و جیبرلیک اسید) با تنش شوری ۵۰ میلی مولار در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد و کمترین درصد جوانه‌زنی (بدون جوانه‌زنی) مربوط به تیمارهای

نسبت به شاهد شد اما با کاربرد پرایمینگ درصد جوانه‌زنی تحت تنش شوری افزایش پیدا کرد. که نشان‌دهنده تاثیر پرایمینگ در افزایش جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری است. در حالیکه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با اعمال تنش شوری با کاربرد پرایمینگ منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد شد (شکل ۱). به نظر می‌رسد که پیش‌ تیمار بذر با جیبرلیک اسید و نیترا ت پتاسیم میزان جوانه‌زنی را از طریق کاهش صدمه به پروتئین‌ها DNA و RNA افزایش می‌دهد و از طریق افزایش میزان آنزیم‌های لازم برای و جوانه‌زنی نظیر آلفا آمیلاز و افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، حفظ تعادل یونی و نیز ایجاد تعادل هورمونی، از گیاه در برابر اثر مخرب تنش شوری محافظت کرده و رشد آن را تحت شرایط تنش شوری شرایطی بهبود می‌بخشد (Farooq et al., 2013). اثر تیمار بذر با سالیسیلیک و جیبرلیک اسید بروی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در گیاهان مختلف نشان

داده است که تیمار بذر با این هورمون‌ها سبب افزایش در شاخص‌های جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری می‌شود و افزایش در درصد جوانه‌زنی به افزایش در مصرف مواد ذخیره‌ای در بذره‌ای تیمار شده نسبت داده شده است (Arfan et al., 2007). Ghana & Schillinger (2003) بیان کردند بذور پرایم شده توانایی بالایی در جذب آب نسبت به بذور پرایم نشده دارند که منجر به تأثیر مثبت بر درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد. Talebi & Nabavi Kalat (2015) در پژوهشی گزارش کردند که اسموپرایمینگ بذر با نیترا ت پتاسیم سپس هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ با کلرید پتاسیم سبب بهبود تمام شاخص‌های جوانه‌زنی بذر سیاهدانه در شرایط تنش شوری در مقایسه با بذور پرایم نشده شد. همچنین Ghiasi et al. (2019) گزارش کردند که بذور پرایم شده در شرایط تنش شوری باعث افزایش درصد جوانه‌زنی در مقایسه با بذور پرایم نشده، شدند.

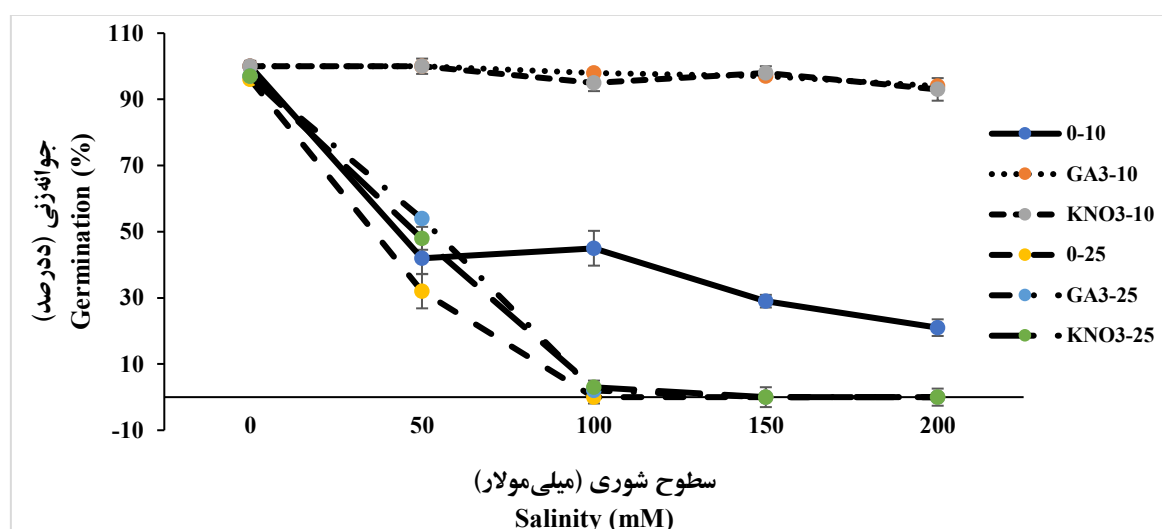
جدول ۲- مقایسه میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی بذر سیاهدانه تحت اثر پرایمینگ در شرایط دمایی متفاوت و تنش شوری.

Table 2- Comparison of the average percentage and rate of germination and the average germination time of nigella sativa under the effect of priming in different temperature conditions and salinity stress

پرایمینگ و شوری Priming and Salinity	درصد جوانه‌زنی (درصد) Germination percentage (%)		سرعت جوانه‌زنی (جوانه‌زده در روز) Germination rate (seedling/d)		متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) mean germination time (d)	
	Temperature (0C)		Temperature (0C)		Temperature (0C)	
	10 0C	25 0C	10 0C	25 0C	10 0C	25 0C
0 (control)	100 a	96 ab	6.39 bcd	6.13 cd	4.07 cd	4.74 cd
0-50	42 d	32 e	2.67 i	2.06 j	4.01 cd	4.32 cd
0-100	45 d	0 g	2.82 i	0 i	4.08 cd	0 e
0-150	29 e	0 g	1.80 jk	0 i	4.10 cd	0 e
0-200	21 f	0 g	1.29 k	0 i	4.18 cd	0 e
GA3-0	100 a	97 ab	7.02 ab	5.22 f	3.77 d	5.19 cd7
GA3-50	100 a	54 cd	6.78 ab	1.79 jk	4.09 cd	8.34 a
GA3-100	98 ab	2 g	5.02 fg	0.08 l	5.14 cd	5 cd
GA3-150	97 ab	0 g	4.36 gh	-0 l	6.15 abc	0 e
GA3-200	94 b	0 g	3.14 i	-0 l	8.08 a	0 e
KNO3-0	100 a	97 ab	6.66 abc	5.92 de	4.08 cd	4.60 cd
KNO3-50	100 a	48 c	6.05 d	2.11 j	4.43 cd	7.99 ab
KNO3-100	95 ab	3 g	5.46 ef	0.04 l	4.97 cd	5.75 bcd
KNO3-150	98 ab	0 g	4.56 gh	-0 l	5.72 bcd	0 e
KNO3-200	93 ab	0 g	3.16 h	-0 l	7.85 ab	0 e

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.



شکل ۱- اثر متقابل پرایمینگ، شوری و دما بر روی جوانه‌زنی بذر سیاهدانه

Figure 1- The interaction effect of priming, salinity and temperature on the germination of *Nigella sativa*

سرعت جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی در تیمار پرایمینگ با جیبرلیک اسید (بدون اعمال تنش شوری) در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد (۷/۰۲ جوانه‌زده در روز) و کمترین میزان سرعت جوانه‌زنی (بدون جوانه‌زنی) در تیمارهای بدون کاربرد پرایمینگ در تنش شوری (با غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار)، پرایمینگ (نیترا تپتاسیم و جیبرلیک اسید) در تنش شوری (با غلظت ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار) در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد مشاهده شد. نتایج نشان داد که سرعت جوانه‌زنی در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد با اعمال تنش شوری نسبت به شاهد کاهش یافت، اما با کاربرد پرایمینگ در شرایط تنش شوری، سرعت جوانه‌زنی بهبود پیدا کرد. در حالیکه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد نیز تنش شوری منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی شد، اما کاربرد پرایمینگ بر روی سرعت جوانه‌زنی اثر مثبتی نداشت (جدول ۲). نتایج نشان می‌دهد که کارایی پرایمینگ در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد بهتر از دمای ۲۵ درجه سانتی گراد می‌باشد. که نشان دهنده اثر مثبت دمای محیط جوانه‌زنی و رشد بروی تاثیر پرایمینگ در شرایط تنش شوری است. سرعت جوانه‌زنی در تنش شوری ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد صفر و به پایین‌ترین حد خود رسیده است. در حالیکه در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد سرعت جوانه‌زنی در تنش شوری ۱۰۰، ۱۵۰ و

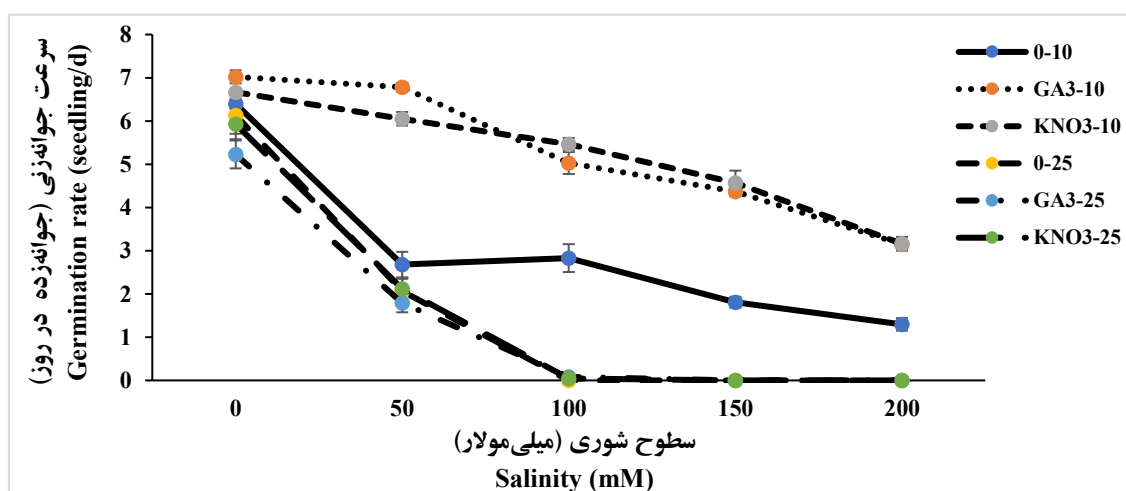
۲۰۰ میلی مولار تا حدودی حفظ شده است (شکل ۲). Harris et al. (2007) بیان کردند که تنش شوری علت کاهش سرعت و میزان جذب اولیه آب و نیز اثرات منفی پتانسیل‌های اسمزی پایین و سمیت یون‌های سدیم و کلر بر فرآیندهای بیوشیمیایی مراحل کاتوبولیک و آنابولیک جوانه‌زنی می‌باشد که درصد و سرعت جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد، که پرایم کردن بذور یکی از روش‌های مناسب جهت افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری است که منجر به استقرار مناسب گیاهچه در مزرعه می‌گردد. Talebi & Nabavi Kalat (2015) در پژوهشی گزارش کردند که بهبود سرعت جوانه‌زنی در غلظت‌های بالای شوری (۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار) با استفاده از پرایمینگ با نیترا تپتاسیم و هیدروپرایمینگ در بذور سیاهدانه مشاهده شد.

متوسط زمان جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کمترین و بیشترین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی به ترتیب مربوط به تیمار پرایمینگ (جیبرلیک اسید) بدون اعمال تنش در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد (۳/۷۷ روز) و پرایمینگ (جیبرلیک اسید) در تنش شوری ۵۰ میلی مولار در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد (۸/۳۴ روز) می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد تیمار جیبرلیک اسید در دو دمای متفاوت اثر متفاوتی نشان داد. در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد تنش شوری

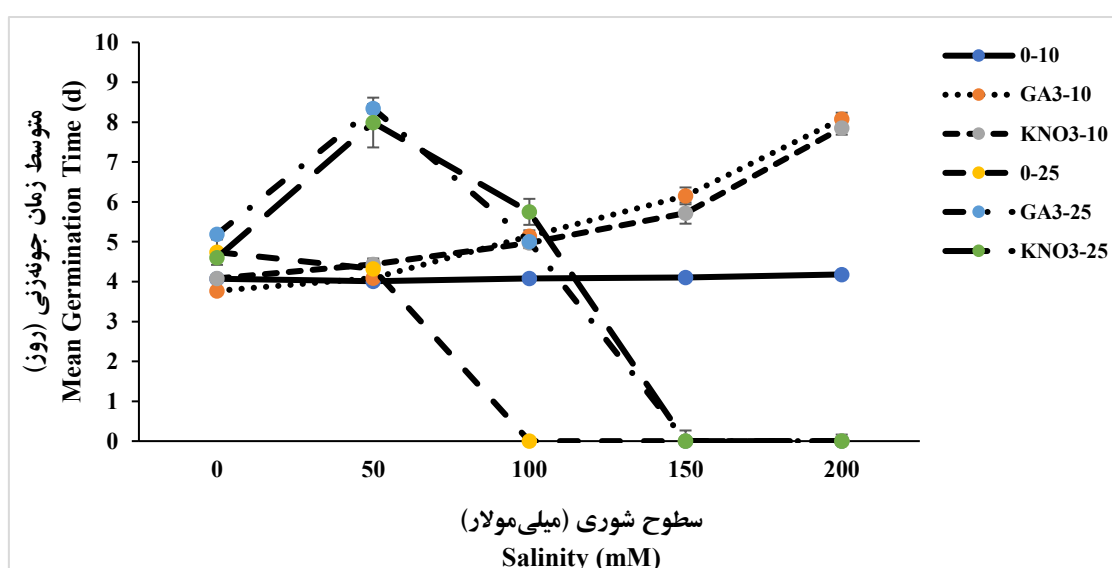
سانتی گراد تا سطح شوری ۱۰۰ میلی مولار نسبت به اعمال پرایمینگ در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، متوسط زمان جوانه زنی را کاهش داده است (شکل ۳). و این نشان می دهد که درصد جوانه زنی با اعمال پرایمینگ در ۱۰ درجه سانتی گراد نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بالا بوده است (شکل ۱). که منجر به کاهش متوسط زمان جوانه زنی در تیمارهای پرایمینگ در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد گردیده است (شکل ۳). و همچنین در ۲۵ درجه سانتی گراد در شوری ۱۵۰ و ۲۰۰ در شرایط اعمال پرایمینگ و بدون پرایمینگ متوسط زمان جوانه زنی پایین ترین حد خود رسیده است (شکل ۳).

باعث افزایش میانگین مدت زمان جوانه زنی شد و کاربرد پرایمینگ تاثیر مثبتی نداشت. تنها پرایمینگ با جیبرلیک اسید بدون اعمال تنش و تنش شوری ۵۰ میلی مولار منجر به کاهش میانگین مدت زمان جوانه زنی نسبت به شاهد شد. در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد نیز تنها تیمار تنش شوری ۵۰ میلی مولار و پرایمینگ با نیترات پتاسیم در شرایط بدون تنش منجر به کاهش میانگین مدت زمان جوانه زنی نسبت به شاهد شد (جدول ۲). نتایج نشان می دهد که در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد و بدون اعمال پرایمینگ، تغییرات در متوسط زمان جوانه زنی در سطوح مختلف شوری کم بوده است. اعمال پرایمینگ در دمای ۱۰ درجه



شکل ۲- اثر متقابل پرایمینگ، شوری و دما بر روی سرعت جوانه زنی بذر سیاهدانه

Figure 2- The interaction effect of priming, salinity and temperature on the germination rate of *Nigella sativa*



شکل ۳- اثر متقابل پرایمینگ، شوری و دما بر روی میانگین مدت زمان جوانه زنی بذر سیاهدانه

Figure 3- The interaction effect of priming, salinity and temperature on the mean germination time of *Nigella sativa*

نتایج آزمایشی نشان داد که میانگین مدت زمان جوانه‌زنی تحت تنش شوری در بذرهای پرایم شده در مقایسه با بذرهای پرایم نشده بذور سیاهدانه کاهش یافت. همچنین افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای پرایم شده در شرایط تنش شوری ۸- بار، ۴۸/۵ درصد افزایش یافت که به تبع آن میانگین مدت زمان جوانه‌زنی کاهش یافت (Ghiyasi et al., 2019).

شاخص جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین دما و پرایمینگ نشان داد که کمترین بیشترین شاخص جوانه‌زنی به ترتیب مربوط به تیمار پرایمینگ (جیبرلیک اسید) در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد (۲۹/۶۵) و بدون اعمال پرایمینگ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (۸/۰۶) می‌باشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین دما و شوری نشان داد که بیشترین شاخص جوانه‌زنی مربوط به تیمار بدون اعمال شوری در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد (۳۶/۵۶) و کمترین مربوط به تیمار تنش شوری ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (صفر) می‌باشد (جدول ۴). پرایمینگ در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش شاخص جوانه‌زنی در بذر سیاهدانه شده است که نشان‌دهنده اثر مثبت پرایمینگ می‌باشد. در حالیکه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ اثر مثبتی نداشته است، به طوریکه تیمارهای پرایمینگ با تیمار بدون اعمال پرایمینگ از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشته است و در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند. به طور کلی در دمای ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین میزان شاخص جوانه‌زنی مربوط به تیمار پرایمینگ به جیبرلیک اسید می‌باشد (شکل ۴). به نظر می‌رسد که دلیل اثر مثبت اسید جیبرلیک در دمای کمتر (۱۰ درجه سانتی‌گراد) در

این آزمایش، که دمای پایین باعث کارایی بهتر پرایمینگ با جیبرلیک اسید شده است. به طوریکه که اسید جیبرلیک سبب افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، تحرک مصرف ذخایر غذایی آندوسپرم و کاهش مقاومت مکانیکی سلول‌های آندوسپرم می‌شود. که باعث افزایش جوانه‌زنی می‌شود (شکل ۱) که به تبع آن افزایش شاخص جوانه‌زنی را حاصل می‌شود (شکل ۴). نتایج نشان می‌دهد که شوری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش شدیدتری از شاخص جوانه‌زنی شده است. در شوری ۵۰ میلی‌مولار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به زیر ۱۵ رسیده است در حالیکه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در شوری ۵۰ میلی‌مولار به زیر ۳۰ رسیده است. همچنین در شوری ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد شاخص جوانه‌زنی به صفر رسیده است اما در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد تا حدودی شاخص جوانه‌زنی در شوری ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار حفظ شده است. به نظر می‌رسد که دمای بالا باعث تبخیر آب شده که نمک را در محیط رشد بذر افزایش پیدا می‌کند و باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی (شکل ۱ و ۲) و به تبع آن شاخص جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (شکل ۵). اثرات دما و شوری بر جوانه‌زنی بذر احتمالاً ناشی از تاثیر شوری بر جذب آب توسط بذر می‌باشد (Borna & Heidari, 2022). Zhang et al. (2012) بیان کردند که جذب یون سدیم توسط بذر و جذب آب در جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه در شرایط تنش شوری موثر است و تحت تاثیر دما قرار می‌گیرد. در نتیجه کاهش جوانه‌زنی بذر در غلظت‌های زیاد کلرید سدیم می‌تواند ناشی از تنش اسمزی و یا کاهش فعالیت آنزیم‌ها باشد. (Yousefi Tanha & Falahi 2017) گزارش کردند که پرایمینگ بذرهای یونجه یکساله باعث بهبود

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر پرایمینگ بروی شاخص جوانه‌زنی بذر سیاهدانه در شرایط دمایی متفاوت.

Table 3- Comparison of the average effect of priming on the germination index of nigella sativa in different temperature conditions.

پرایمینگ	Temperature (OC)	
	10 OC	25 OC
0 (Control)	16.39	8.06
GA3	29.65	9.46
KNO3	28.50	8.31

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

خصوصیات جوانه‌زنی از جمله سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی در دمای پایین (سه درجه سانتی‌گراد) شد. (Borna & Heidari (2022) با بررسی اثر تنش شوری در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ گزارش کردند که شاخص جوانه‌زنی در هر سه دما نسبت به شرایط بدون تنش شوری کاهش یافت و این کاهش با افزایش غلظت سطح شوری افزایش یافت.

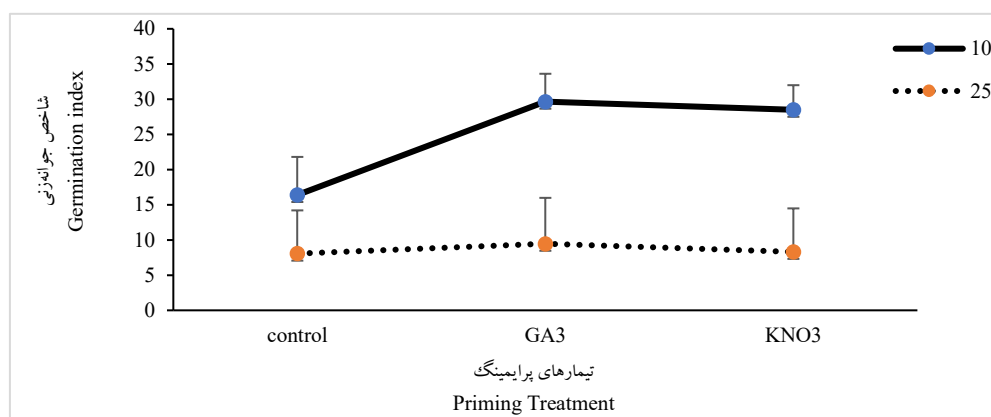
جدول ۴- مقایسه میانگین اثر دما بر روی شاخص جوانه‌زنی بذر سیاهدانه در شرایط تنش شوری.

Table 4- Comparison of the average effect of temperature on the germination index of *nigella sativa* under salt stress conditions.

شوری Salinity	Temperature (0C)	
	10 0C	25 0C
0 (Control)	36.5623	29.7796
50	26.2363	11.5224
100	25.7709	1.7645
150	20.9159	0
200	14.7736	0

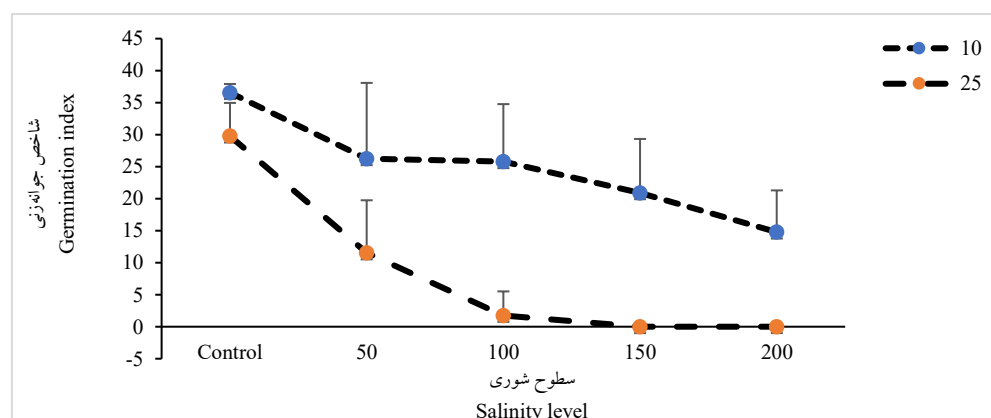
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.



شکل ۴- اثر متقابل دما و پرایمینگ بروی شاخص جوانه‌زنی بذر سیاهدانه

Figure 4- The interaction effect of priming and temperature on the Germination rate of *Nigella sativa*



شکل ۵- اثر متقابل دما و شوری بروی شاخص جوانه‌زنی بذر سیاهدانه

Figure 5- The interaction effect of salinity and temperature on the Germination rate of *Nigella sativa*

شاخص سرعت جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین شاخص سرعت جوانه‌زنی (۰/۲۶) در تیمار پرایمینگ با جیبرلیک اسید بدون تنش شوری در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد و کمترین شاخص سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای تنش شوری با غلظت ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار و پرایمینگ (جیبرلیک اسید و نترات پتاسیم) در تنش شوری با غلظت ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۵). نتایج نشان داد که در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی گراد شاخص سرعت جوانه‌زنی بالایی حصول شد. در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد در غلظت ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار منجر به کاهش شاخص نسبت به شاهد گردید. در حالیکه با کاربرد پرایمینگ در این غلظت نیز اثر مثبتی نشان نداد. همچنین اثر منفی تنش شوری بدون کاربرد پرایمینگ در دمای

۱۰ درجه سانتی گراد مشاهده نشد. در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد، پرایمینگ توانست از اثر منفی تنش شوری در غلظت ۵۰ میلی مولار بروی این شاخص جلوگیری کند (شکل ۶). (Eslami et al. 2009) کاهش سرعت جوانه‌زنی روزانه با افزایش تنش شوری را گزارش کردند. با توجه به اینکه سرعت جوانه‌زنی روزانه بروی متوسط جوانه‌زنی روزانه اثر دارد، تنش شوری نیز متوسط جوانه‌زنی روزانه را کاهش می‌دهد (Saeidi et al., 2014). (Haghigi et al. 2023) گزارش کردند پرایمینگ بذر با اکسین در شرایط تنش شوری منجر به افزایش شاخص سرعت جوانه‌زنی در بذور تربیکاله شد. و بیان کردند که پرایمینگ باعث تعدیل اثر منفی ناشی از تنش شوری و بهبود صفات جوانه‌زنی بذر تربیکاله شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص و ضریب سرعت جوانه‌زنی بذر سیاهدانه تحت اثر پرایمینگ در شرایط دمایی متفاوت و تنش شوری.

Table 5- Comparison of the average index and Coefficient of Velocity of Germination of *Nigella sativa* under the effect of priming in different temperature conditions and salinity stress.

پرایمینگ و شوری Priming and Salinity	شاخص سرعت جوانه‌زنی germination rate index		ضریب سرعت جوانه‌زنی germination rate coefficient	
	Temperature (°C)		Temperature (°C)	
	10 0C	25 0C	10 0C	25 0C
0 (control)	0.24 abc	0.21 cde	0.25 abc	0.24 bc
0-50	0.24 ab	0.23 abcd	0.107 gh	0.0844 hi
0-100	0.24 abc	0.04 k	0.11 g	0.0016 k
0-150	0.24 abc	0 l	0.072 ij	0 k
0-200	0.23 abc	0 l	0.051 j	0 k
GA3-0	0.26 a	0.196 ef	0.28 a	0.199 ef
GA3-50	0.24 abc	0.121 ij	0.27 ab	0.076 ij
GA3-100	0.195 efg	0.09 j	0.194 ef	0.005 k
GA3-150	0.16 gh	0 l	0.17 f	0 k
GA3-200	0.124 ij	0 l	0.13 g	0 k
KNO3-0	0.24 abc	0.21 cde	0.26 ab	0.24 bc
KNO3-50	0.22 bcde	0.127 hi	0.23 cd	0.0847 hi
KNO3-100	0.20 def	0.04 k	0.21 de	0.0017 k
KNO3-150	0.17 fg	0 l	0.18 f	0 k
KNO3-200	0.127 hi	0 l	0.12 g	0 k

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

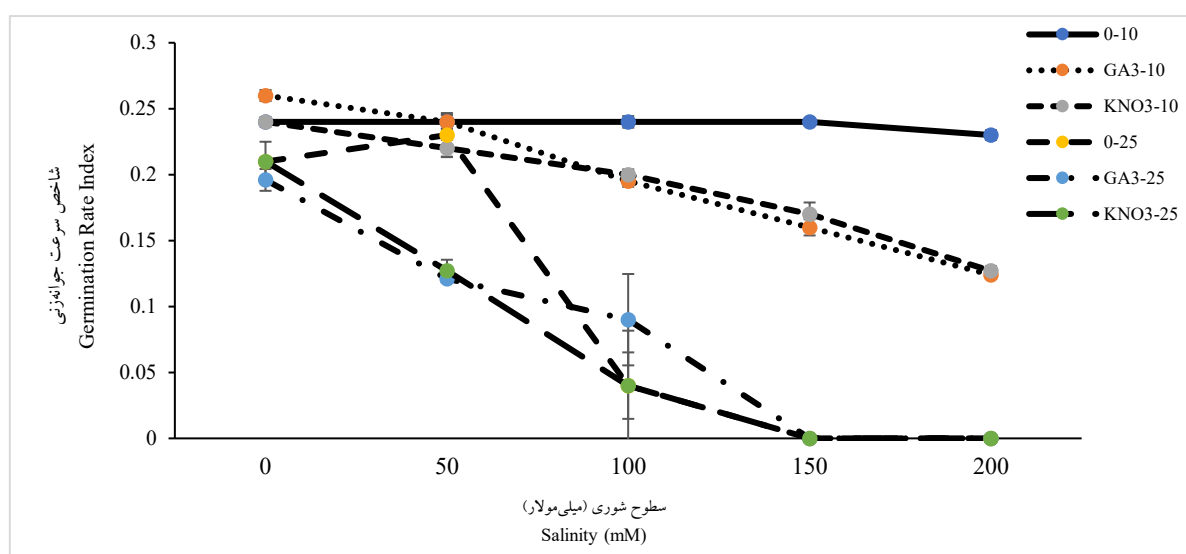
ضریب سرعت جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی (۰/۲۸) مربوط به تیمار پرایمینگ با جیبرلیک اسید

بدون تنش شوری در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد و کمترین مربوط به تیمارهای تنش شوری ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار و پرایمینگ (جیبرلیک اسید و نترات پتاسیم) در تنش شوری ۱۵۰

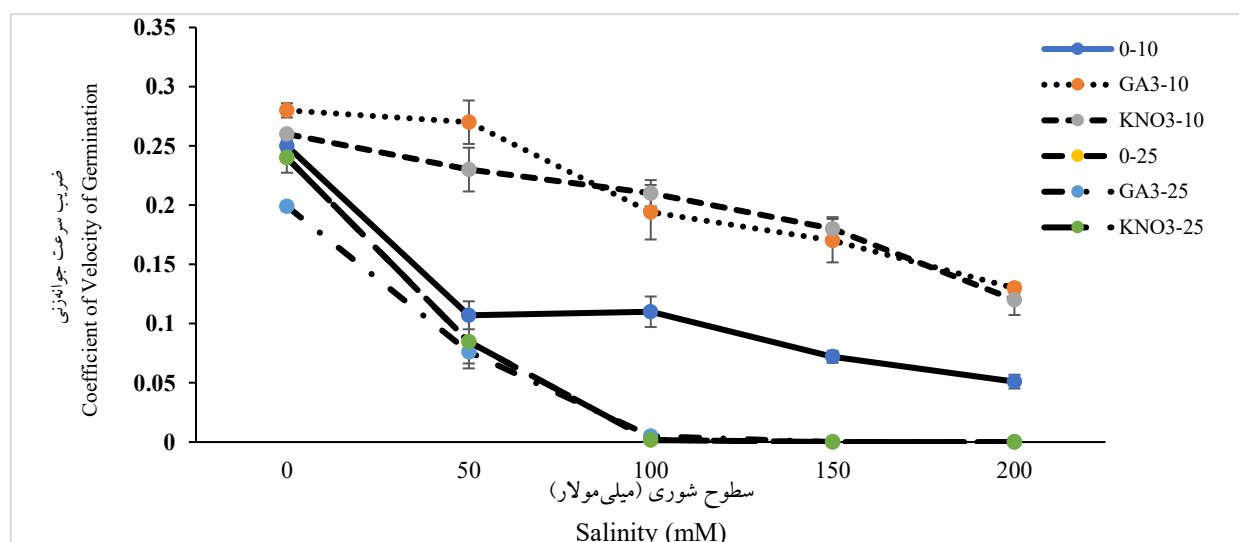
شرایط پرایمینگ کمترین مقدار و با افزایش تنش شوری و خشکی مدت زمان لازم برای جوانه زنی افزایش و ضریب سرعت جوانه زنی کاهش می‌یابد (Massarat et al., 2014). در پژوهشی گزارش کردند که تنش شوری باعث کاهش ضریب سرعت جوانه زنی بذر سیاهدانه شدند که با کاربرد پرایمینگ در شرایط تنش شوری، ضریب سرعت جوانه زنی بذر سیاهدانه افزایش یافت (Ghiyasi et al., 2019).

و ۲۰۰ میلی مولار می‌باشد. نتایج نشان داد که تنش شوری منجر به کاهش ضریب سرعت جوانه زنی نسبت به شاهد شد. و در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد تیمارهای پرایمینگ در شرایط بدون تنش و تنش شوری ۵۰ میلی مولار اثر مثبتی داشتند. در حالیکه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد تنها نیترات پتاسیم بدون تنش شوری اثر مثبتی بر ضریب سرعت جوانه زنی داشت (جدول ۵). این صفت شاخصی از سرعت و شتاب جوانه زنی روزانه می‌باشد. ضریب سرعت جوانه زنی که تعداد روز برای جوانه زنی بذر می‌باشد در



شکل ۶- اثر متقابل پرایمینگ، شوری و دما بر روی شاخص سرعت جوانه زنی بذر سیاهدانه

Figure 6- The interaction effect of priming, salinity and temperature on the germination rate index of *Nigella sativa*



شکل ۷- اثر متقابل پرایمینگ، شوری و دما بر روی ضریب سرعت جوانه زنی بذر سیاهدانه

Figure 7- The interaction effect of priming, salinity and temperature on the coefficient of velocity of germination of *Nigella sativa*

نتیجه‌گیری

به طور کلی تنش شوری باعث کاهش جوانه‌زنی در بذرهای سیاهدانه در شرایط دمایی ۱۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد شد. اما کاهش جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بیشتر مشاهده شد. نتایج نشان داد که در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بذرهای پرایم شده با نترات پتاسیم و جیبرلیک اسید در شرایط تنش شوری منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی شدند. اما در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ در شرایط بدون تنش شوری باعث بهبود جوانه‌زنی شد. در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ در تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار باعث بهبود سرعت جوانه‌زنی و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی شد. در حالیکه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ اثر مثبتی نداشت. همچنین شاخص سرعت جوانه‌نی و ضریب سرعت جوانه‌زنی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در شرایط تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار با کاربرد پرایمینگ افزایش پیدا کرد. اما در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد پرایمینگ اثر مثبتی نداشت. می‌توان تیمار پرایمینگ با نترات پتاسیم و جیبرلیک اسید در شرایط بدون تنش شوری و تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار و دمای محیط رشد ۱۰ درجه سانتی‌گراد را تیمارهای موفق برای جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه سیاهدانه استفاده کرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشکده کشاورزی و کارشناس آزمایشگاه گروه تولید و مهندسی ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که در انجام این پژوهش یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

Akbari Ghogdi, E., Izadi-Darbandi, A., Borzouei, A., & Majdabadi, A. (2011). Evaluation of morphological changes in some wheat genotypes under salt stress. *Journal of Soil and Plant Interactions*, 1(4), 71–83.

Ami, K., Planchais, S., Cabassa, C., Guivarc'h, A., Very, A. A., Khelifi, M., & Carol, P. (2020). Different proline responses of two Algerian durum wheat cultivars to *in vitro* salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42(2), 21. <https://doi.org/10.1007/s11738-020-3019-5>

Arfan, M., Athar, H. R., & Ashraf, M. (2007). Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? *Journal of Plant Physiology*, 164(6), 685–694. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2006.05.010>

Berkowitz, O., De Clercq, I., Van Breusegem, F., & Whelan, J. (2016). Interaction between hormonal and mitochondrial signalling during growth, development and in plant defence responses. *Plant, Cell & Environment*, 39(5), 1127–1139. <https://doi.org/10.1111/pce.12712>

Borna, F., & Heidari, M. (2022). Evaluation of seed germination and seedling growth indices of *Drimys maritima* L. under salinity and temperature stress [In Persian]. *Journal of Seed Research*, 11(42), 11–23. <https://doi.org/10.30495/jsr.2022.1962102.1236>

Eslami, S. V., Behdani, M. A., & Ali, S. (2009). Effect of salinity on germination characteristics and early seedling growth of canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 1(1), 39–46. <https://doi.org/10.22077/escs.2009.5>

Farooq, M., Irfan, M., Aziz, T., Ahmad, I., & Cheema, S. A. (2013). Seed priming with ascorbic acid improves drought resistance of wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199(1), 12–22. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2012.00521.x>

Ghiyasi, M., Siavash Moghaddam, S., Amirnia, R., & Damalas, C. A. (2019). Chemical priming with salt and urea improves germination and seedling growth of black cumin (*Nigella sativa* L.) under osmotic stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(3), 1170–1178. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09922-z>

Gilbertson, P. K., Berti, M. T., & Johnson, B. L. (2014). Borage cardinal germination temperatures and seed development. *Industrial Crops and Products*, 59, 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.005>

Giri, G. S., & Schillinger, W. F. (2003). Seed priming winter wheat for germination, emergence, and yield. *Crop Science*, 43(6), 2135–2141. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.2135>

Haghighi, A., Siadat, S. A., Moshatati, A., & Mousavi, S. A. (2023). The effect of auxin hormone priming on seed germination indices and seedling growth of triticale (*Sanabad* cultivar) under salt stress [In Persian]. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 12(2), 1–12. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2022.360073.1456>

- Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., & Shah, H. (2007). On-farm seed priming with zinc sulphate solution: A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. *Field Crops Research*, 102(2), 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.005>
- Heidari, M., & Jahantighi, H. (2014). Evaluate effect of water stress and different amounts of nitrogen fertilizer on seed quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) [In Persian]. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(4), 640–647. [In Persian]
- Iqbal, S., Basra, S. M., Afzal, I., Wahid, A., Saddiq, M. S., Hafeez, M. B., & Jacobsen, S. E. (2019). Yield potential and salt tolerance of quinoa on salt-degraded soils of Pakistan. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 205(1), 13–21. <https://doi.org/10.1111/jac.12290>
- Jamshidi, M., Eftekhari, K., Navidi, M., & Momeni, A. (2015). Forty years of soil science studies at the Soil and Water Research Institute [In Persian]. Agricultural Research, Education and Extension Organization.
- Javed, T., Afzal, I., Shabbir, R., Ikram, K., Zaheer, M. S., Faheem, M., & Iqbal, J. (2022). Seed coating technology: An innovative and sustainable approach for improving seed quality and crop performance. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(8), 536–545. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.03.003>
- Kulmatov, R., Khasanov, S., Odilov, S., & Li, F. (2021). Assessment of the space-time dynamics of soil salinity in irrigated areas under climate change: A case study in Sirdarya province, Uzbekistan. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(5), 216. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05163-7>
- Laghmouchi, Y., Belmehdi, O., Bouyahya, A., Senhaji, N. S., & Abrini, J. (2017). Effect of temperature, salt stress and pH on seed germination of medicinal plant *Origanum compactum*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 156–160. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.03.002>
- Massarat, N., Siadat, A., Sharafizadeh, M., & Habibi, B. (2014). The effect of priming on germination and growth of maize hybrid SC704 in drought and salinity stress conditions. *Journal of Plant Ecophysiology*, 5(15), 13–25. [In Persian]
- Migahid, M. M., Elghobashy, R. M., Bidak, L. M., & Amin, A. W. (2019). Priming of *Silybum marianum* (L.) Gaertn seeds with H₂O₂ and magnetic field ameliorates seawater stress. *Heliyon*, 5(6), e01886. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01886>
- Parmoon, G., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S., & Davari, M. (2013). The effect of seed priming and accelerated aging on germination and physiochemical changes in milk thistle (*Silybum marianum*). *Notulae Scientiae Biologicae*, 5(2), 204–211. <https://doi.org/10.15835/nsb529017>
- Rashed, M. M., Tong, Q., Nagi, A., Li, J., Khan, N. U., Chen, L., & Bakry, A. M. (2017). Isolation of essential oil from *Lavandula angustifolia* by using ultrasonic-microwave assisted method preceded by enzymolysis treatment, and assessment of its biological activities. *Industrial Crops and Products*, 100, 236–245. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.02.033>
- Saddiq, M. S., Iqbal, S., Afzal, I., Ibrahim, A. M., Bakhtavar, M. A., Hafeez, M. B., & Maqbool, M. M. (2019). Mitigation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings through physiological seed enhancements. *Journal of Plant Nutrition*, 42(10), 1192–1204. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1609509>
- Saeidi, M., Abdoli, M., Azhand, M., & Jalali-Honarmand, S. (2014). The effect of water deficiency stress and foliar application of indole acetic acid at different stages of grain growth on grain yield and germination traits of produced seeds in bread wheat cultivars. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 3(2), 173–187. [In Persian]
- Sanghera, G. S., Wani, S. H., Hussain, W., & Singh, N. B. (2011). Engineering cold stress tolerance in crop plants. *Current Genomics*, 12(1), 30–43. <https://doi.org/10.2174/138920211794520178>
- Subramanyam, K., Du Laing, G., & Van Damme, E. J. M. (2019). Sodium selenate treatment using a combination of seed priming and foliar spray alleviates salinity stress in rice. *Frontiers in Plant Science*, 10, 116. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00116>
- Taie, H. A. A., Abdelhamid, M. T., Dawood, M. G., & Nassar, R. M. A. (2013). Pre-sowing seed treatment with proline improves some physiological, biochemical and anatomical attributes of faba bean plants under sea water stress. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(4), 2853–2867.
- Talebi, S., & Nabavi Kalat, S. M. (2015). The effects of hydropriming and osmopriming on germination characteristics of *Nigella sativa* L. under salt stress [In Persian]. *Iranian Journal of Seed Research*, 2(1), 119–126. <https://doi.org/10.29252/yujs.2.1.119>
- Yadav, T., Kumar, A., Yadav, R. K., Yadav, G., Kumar, R., & Kushwaha, M. (2020). Salicylic acid and thiourea mitigate the salinity and drought stress on physiological traits governing yield in pearl millet-wheat. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(8), 2010–2017. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.06.030>
- Yousefi Tanha, E., & Falahi, S. (2017). Seed priming effect on germination parameters of alfalfa seed under cold stress conditions. *Journal of Plant Research*, 29(3), 659–674. [Seventh National Conference on New Ideas in Agriculture]

Zandalinas, S. I., Mittler, R., Balfagón, D., Arbona, V., & Gómez-Cadenas, A. (2018). Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum*, 162(1), 2–12. <https://doi.org/10.1111/ppl.12540>

Zhang, H., Irving, L. J., Tian, Y., & Zhou, D. (2012). Influence of salinity and temperature on seed germination rate and the hydrotimic model parameters for the halophyte *Chloris virgata* and the glycophyte *Digitaria sanguinalis*. *South African Journal of Botany*, 78, 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2011.08.008>