



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۱

صفحه‌های ۸۵-۹۵

DOI: 10.22059/jci.2021.299869.2370

مقاله پژوهشی:

تأثیر پرایمینگ با غلظت‌های مختلف سلنیوم بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و گیاهچه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)

شکوفه غلامی^۱، مجید امینی دهقی^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۱۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۰۹

چکیده

سلنیوم به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی نقش مؤثری در افزایش تحمل گیاه به اثرات تنش‌های محیطی دارد. به همین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در سه تکرار در دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تهران اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل غلظت‌های مختلف سلنیوم در شش سطح (صفر، ۰/۵، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ میلی‌گرم در لیتر) و زمان‌های مختلف پرایمینگ در چهار سطح (صفر، ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت) بودند. نتایج نشان داد اثر ساده و برهم‌کنش تیمارهای آزمایشی بر صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی روزانه، ضریب سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، شاخص طولی بینه گیاهچه و شاخص وزنی بینه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. به‌طور کلی، با افزایش غلظت سلنیوم از صفر تا ۳ میلی‌گرم در لیتر افزایش معنی‌داری در میانگین اکثر صفات اندازه‌گیری شده مشاهده شد و با افزایش غلظت سلنیوم بالاتر از ۳ میلی‌گرم در لیتر روندی کاهشی در میانگین‌ها صفات را شاهد بودیم. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۹۶/۳۳) در غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم به مدت هشت ساعت افزایش ۲۳/۵ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. هم‌چنین بیش‌ترین میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، در غلظت ۶ میلی‌گرم سلنیوم و مدت زمان ۲۴ ساعت پرایمینگ دارای افزایشی ۴۱/۰۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت. بنابراین جهت بهبود جوانه‌زنی گیاه کینوا می‌توان با پرایمینگ بذر با استفاده از سلنیوم به نتیجه بهتری رسید.

کلیدواژه‌ها: درصد جوانه‌زنی، شاخص بینه گیاهچه، متوسط جوانه‌زنی روزانه، مدت زمان پرایمینگ، نوتری‌پرایمینگ.

The Effect of Priming with Different Concentrations of Selenium on Germination Indices of Quinoa Seeds and Seedlings

Shocofeh Gholami¹, Majid AminiDehaghi^{2*}

1. Ph.D. Student, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran.

2. Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran.

Received: June 29, 2020

Accepted: July 09, 2021

Abstract

Thanks to its antioxidant properties, selenium plays an effective role in increasing plant tolerance to adverse environmental effects. To determine the optimum concentration and priming time of quinoa seed by selenium, a factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with three replications in Shahed University, Tehran, Iran in 2019. Experimental treatments include different concentrations of Selenium in six levels (0, 0.5, 1.5, 3, 4.5 and 6 mg/l) with the second factor being priming time in four levels (0, 8, 12 and 24 hours). Results show simple and interactive effect of experimental treatments on germination percentage, germination rate, mean germination time, mean daily germination, daily germination rate, germination rate coefficient, seedling length, seedling dry weight, longitudinal vascular length index, and seedling vigor weight index has been quite significant ($p < 0.01$). All in all, increasing the concentration of selenium from 0 to 3 mg / L, leads to a significant rise in most mean traits, which further increase of this substance above 3 mg / L, generates a decreasing trend in the mean traits. The highest percentage of germination (96.33%) at a concentration of 3 mg / l selenium for 8 hours show an increase of 23.5%, compared to the control. Also, the highest mean germination time turns out to be 6 mg of selenium and 24 hours of priming to result in an increase of 41.3%, compared to the control. Therefore, in order to improve the germination of quinoa, better results can be obtained by priming the seeds using selenium.

Keywords: Germination percentage, mean delay germination, nutri priming, priming time, seedling vigor index

۱. مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa*) گیاهی دولپه‌ای، آلوتراپلوئید ($2n=4X=36$)، از خانواده *Amaranthaceae* سه‌کربنه و هالوفیت اختیاری است که جزو شبه‌غلات دسته‌بندی می‌شود (Adolf et al., 2012). گیاهی است یکساله، بومی مناطق آمریکای جنوبی و ارتفاعات آند است (Martinez et al., 2015). امروزه در کشورهای مختلف مانند استرالیا، کانادا، چین، هند، ایتالیا، پاکستان و ایالات متحده کشت می‌شود (Peterson & Murphy, 2016; Bazile et al., 2015). کینوا تنها گیاهی است که کل آمینواسیدهای ضروری بدن را تأمین می‌کند. بذر کینوا منبع غنی از کربوهیدرات (۷۷/۶ درصد)، پروتئین (۱۲/۹ درصد)، منیزیم، فیبر، فسفر، ویتامین‌های B1، B2، B6، پتاسیم، آهن و لیپید می‌باشد (Konishi et al., 2004).

یکی از تکنیک‌های رایج برای افزایش جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در محدوده وسیعی از شرایط محیطی و بهبود رشد و بنیه گیاهچه پرایمینگ بذر است (Subedi & Ma, 2005). که به‌طور گسترده‌ای سبب افزایش یکنواختی و درصد جوانه‌زنی و کاهش حساسیت جوانه‌زنی بذر به عوامل بیرونی می‌شود (Chopland & McDonald, 1995). نوتری پرایمینگ (Nutripriming) روشی از پرایمینگ است، که در آن بذر با استفاده از عناصر غذایی میکرو و ماکرو پیش تیمار می‌شود (Mirshekari, 2012; Rehman et al., 2012).

پرایمینگ سبب ایجاد مجموعه‌ای از تغییرات بیوشیمیایی مانند فعال‌سازی آنزیم‌ها، متابولیسم مهارکننده‌های جوانه‌زنی، ترمیم سلولی‌های آسیب‌دیده و تقویت فرایند جوانه‌زنی می‌شود (Farooq et al., 2010). تیمار بذر با عناصر غذایی هم‌چنین باعث استقرار بهتر گیاهان و تسریع در فرایندهای فنولوژیک می‌شود. و از آنجایی‌که این روش ساده و کم‌هزینه بوده، لذا یک روش مؤثر برای کشاورزی است (Farooq et al., 2012).

در پیش‌تیمار بذر با عناصر غذایی، عناصر میکرو نقش یک ماده اسمزی را دارند. بذر پرایم‌شده به‌دلیل یکنواختی در جوانه‌زنی در مدت زمان کم‌تری به سطح سبز خود می‌رسند (Farooq et al., 2012). سلنیوم (Se) به‌عنوان یک عنصر کم‌مصرف ضروری به‌دلیل ویژگی آنتی‌اکسیدانی آن یکی از عناصر کم‌مصرف ضروری برای سلامت انسان و حیوانات به‌شمار می‌آید (Hajiboland & Keivanfar, 2012). این عنصر یکی از اجزای سلنوپروتئین‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مهم مانند گلوکوتاتیون پراکسیداز (GPx) است این آنتی‌اکسیدان‌ها به‌کمک سلنوپروتئین‌ها در حفظ سلامتی سلول‌ها که مورد در مقابل با رادیکال‌های آزاد اکسیژن مؤثر است. (Kieliszek et al., 2016; Tabatabaei, 2013). از روش‌های مختلفی برای افزودن سلنیوم به گیاهان وجود دارد که از آن جمله می‌توان به‌روش افزودن سلنیوم به خاک، اسپری سلنیوم به برگ‌ها و افزودن سلنیوم خیساندن بذر با این عنصر اشاره کرد (El-Missiry, 2012; Gissel et al., 1984). (Moulick et al., 2017) به تازگی گزارشی درباره اثرات مثبت پرایم بذر برنج با سلنیوم در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه داده‌اند. در پرایمینگ بذر کدو با سلنیوم نتایج نشان داد که تیمار بذر با سلنیوم باعث افزایش قابلیت جوانه‌زنی و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در کدو شد (Chen & Sung, 2001). Prins (2011) در آزمایشی خود بر روی گیاه اسفناج گزارش کرد که پرایم با سلنیوم منجر به افزایش جوانه‌زنی و وزن خشک شد. مطالعه حاضر با هدف تعیین میزان پرایم بذر کینوا با سلنیوم و یافتن بهترین زمان و غلظت پرایمینگ بذر با سلنیوم به‌منظور افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی بذر با عنصر سلنیوم انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین غلظت و مدت زمان مطلوب پرایمینگ بذر کینوا با سلنیوم آزمایشی در سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه علوم

آب مقطر اضافه و برای جلوگیری از تبخیر آب در پتری‌ها به‌وسیله پارافیلیم بسته و در ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سلسیوس تحت شرایط نوری متناوب ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی و رطوبت نسبی ۷۰ درصد انجام شد. نخستین شمارش بذرها ۲۴ ساعت پس از انتقال آن‌ها به ژرمیناتور صورت گرفت.

معیار جوانه‌زنی بذر، خروج ریشه‌چه به مقدار ۳ میلی‌متر بود. این کار تا پایان هفت روز که جوانه‌زنی کامل می‌شد، به‌طور مرتب انجام گرفت. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه با استفاده از نرم‌افزار Germin (Soltani et al., 2013) استفاده شد. طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه را با استفاده از کولیس دیجیتالی و وزن تر و خشک گیاهچه با استفاده از ترازوی دیجیتالی حساس و شاخص بنیه بذر بر طبق روابط ارائه‌شده در جدول (۱) اندازه‌گیری شد. از هر تیمار به‌صورت تصادفی تعداد پنج گیاهچه انتخاب شده و طول گیاهچه به‌وسیله کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد.

تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی در این پژوهش شامل مدت زمان‌های مختلف پرایمینگ در چهار سطح (صفر (عدم پرایمینگ به‌عنوان شاهد)، ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت) و سطوح غلظت‌های مختلف سلنیوم در شش سطح (صفر، ۰/۵، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶) میلی‌گرم بود. منبع سلنیوم مورد استفاده، از سلنات سدیم ($\text{Na}_2\text{O}_4\text{Se}$) تهیه‌شده از شرکت مرک آلمان بود. بذر رقم Giza 1 از مؤسسه اصلاح و نهال بذر کرج تهیه شد.

بذور پس از ضدعفونی با هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد به‌مدت سه دقیقه با آب مقطر شسته شدند. جهت اجرای آزمایش محلول‌های سلنات سدیم با غلظت‌های ۰/۵، ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ میلی‌گرم تهیه و بذرها پس از اعمال پرایمینگ (Nawaz et al., 2013) در مدت زمان‌های ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعت، با آب مقطر شسته شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در آزمایشگاه خشک شدند. در هر پتری دیش ۵۰ عدد بذر بر روی کاغذ واتمن قرار داده شد و به هر پتری ۳ میلی‌لیتر

جدول ۱. روابط محاسباتی صفات مورد مطالعه در آزمایش

رابطه	رفرنس
درصد جوانه‌زنی $GP = (N \times 100) / M$	Liopa-Tsakalidi et al., 2012
سرعت جوانه‌زنی $GS = \sum Ni / Ti$	Pagter et al., 2009
میانگین زمان جوانه‌زنی $(MGT) = \sum (Ni Di) / \sum N$	Ranal and Santana, 2006
متوسط جوانه‌زنی روزانه $(MDG) = GP/T$	Hunter, Glasbey and Naylor, 1984
سرعت جوانه‌زنی روزانه $DGS = 1/MDG$	Stephanie et al., 2005
شاخص طولی بنیه گیاهچه $(SLV) = GP \times \text{Seedling length (SL)}$	Abdul-Baki and Anderson, 1973
شاخص وزنی بنیه گیاهچه $(SWV) = GP \times \text{Seedling dry weight (SDW)}$	Abdul-Baki and Anderson, 1973

N = مجموع کل بذرهاى جوانه‌زده در پایان آزمایش، M = کل بذرهاى کاشته‌شده، T = طول دوره جوانه‌زنی، Ti = تعداد روزهای پس از جوانه‌زنی، n = تعداد بدرهای جوانه‌زده در Ti ، $Megr$ = بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی تجمعی، Ni = مجموع بذرهاى کاشته‌شده، SL = طول گیاهچه، Di = زمان از شروع آزمایش تا زمان i ماکزیم درصد جوانه‌زنی تجمعی، Ni = مجموع بذرهاى کاشته‌شده، SL = طول گیاهچه، Di = زمان از شروع آزمایش تا زمان i ماکزیم درصد جوانه‌زنی تجمعی.

تأثیر پرایمینگ با غلظت‌های مختلف سلنیوم بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و گیاهچه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*)

افزایش داشت و کم‌ترین میانگین درصد جوانه‌زنی (۷۲ درصد) در غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم و ۲۴ ساعت پرایمینگ مشاهده شد. هم‌چنین در بین تیمار مدت زمان پرایمینگ بذر بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در هشت ساعت پرایمینگ در همه غلظت‌های مورد مطالعه به‌دست آمد (شکل ۱). جوانه‌زنی و رشد جنین مهم‌ترین مرحله در چرخه زندگی گیاهان می‌باشد که سلنیوم بر جوانه‌زنی بذرها تأثیر می‌گذارد. اثر سلنیوم بر جوانه‌زنی به گونه گیاهی، فرم و غلظت سلنیوم بستگی دارد. بی‌گالاکتوزیداز، یکی از آنزیم‌های مهم هیدرولیزکننده کربوهیدرات‌ها طی جوانه‌زنی است که سلنیوم منجر به افزایش این آنزیم و در نهایت افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شود (Gniazdowska & Bogatek, 2005). در بررسی اثر سلنیوم بر جوانه‌زنی گیاه استویا نتایج نشان داد که بیش‌ترین تأثیر بر جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه مربوط به پرایمینگ با سلنیوم می‌باشد (Aghighi Shahverdi & Omid, 2017).

تجزیه آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

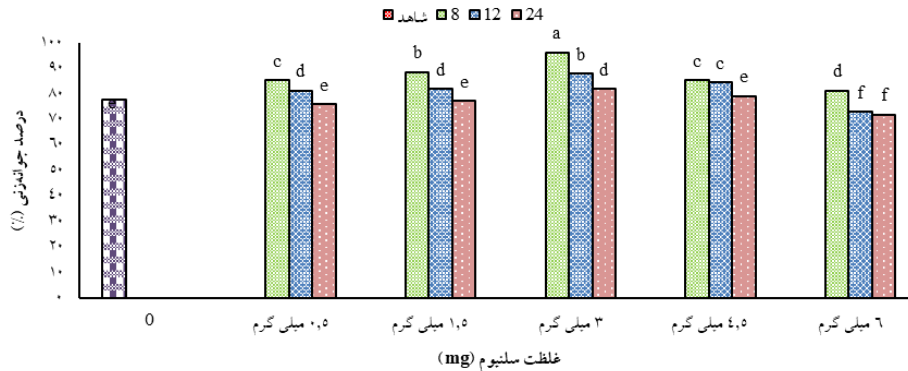
۳.۱. درصد جوانه‌زنی

اثر غلظت پرایمینگ بذر با سلنیوم و اثر مدت زمان پرایمینگ و اثر برهم‌کنش غلظت و مدت زمان پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). براساس مقایسات میانگین با افزایش غلظت سلنیوم تا ۳ میلی‌گرم در لیتر، درصد جوانه‌زنی افزایش پیدا کرد، اما با افزایش غلظت به بیش از ۳ میلی‌گرم در لیتر درصد جوانه‌زنی روندی کاهشی را نشان داد. به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۹۶/۳۳ درصد) در غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم مشاهده شد که نسبت به شاهد ۲۳ درصدی

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر مدت زمان و غلظت پرایمینگ با سلنیوم بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کینوا

میانگین مربعات									
شاخص وزنی بینه گیاهچه	شاخص طولی بینه گیاهچه	وزن خشک گیاهچه	طول گیاهچه	متوسط جوانه‌زنی روزانه	متوسط مدت جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	درجه آزادی	منه تغییرات
۰/۲۶۷۹**	۱۲۲۸۴/۷۹**	۰/۰۰۰۰۲۷**	۵/۸۹۴۷**	۱/۰۷۷۷**	۰/۰۷۴۵۹**	۲۲/۳۹۸۵**	۳۹/۱۱**	۳	زمان پرایمینگ
۰/۳۴۳۳**	۵۳۴۳/۷۰**	۰/۰۰۰۰۳۶**	۱/۶۱۱۱**	۲/۲۲۰۴**	۰/۲۴۸۷۷**	۴۱/۲۲۷۱**	۸۴۵/۹۹**	۵	غلظت پرایمینگ
۰/۰۱۶۹**	۳۵۷/۵۰**	۰/۰۰۰۰۰۱**	۰/۰۹۷۵**	۰/۰۹۴۴**	۰/۰۱۴۶۳**	۶/۶۶۱۹**	۱۶۰/۷۴**	۱۵	مدت زمان × غلظت
۰/۰۰۳۱۵	۴۹/۲۶۰	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۰/۰۲۲۶۹	۰/۰۲۷۵	۰/۰۰۴۷۱	۱/۰۶۴۳	۴/۰۴	۴۲	خطا
۸/۴۱	۶/۶۶	۶/۱۳	۵/۰۷	۳/۳۲	۷/۱۵	۳/۴۸	۹۴/۲		(/.) CV

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌داری، معنی‌داری در سطح ۵ درصد و معنی‌داری در سطح ۱ درصد.



شکل ۱. مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی بذر کینوا تحت تأثیر برهم کنش غلظت در مدت زمان پرایمینگ با عنصر سلینیوم

طریق تأثیر بر سرعت جوانه‌زنی، باعث بهبود استقرار گیاهچه شود. در بررسی اثر سلینیوم بر پیاز، سلینیوم موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی شد (Amerian, 2016).

غلظت کم‌تر از ۵ میلی‌گرم در لیتر سلینیوم باعث بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی گندم و غلظت‌های بالاتر از آن باعث اثرات کاهشی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم داشت (Zhihui et al., 2005).

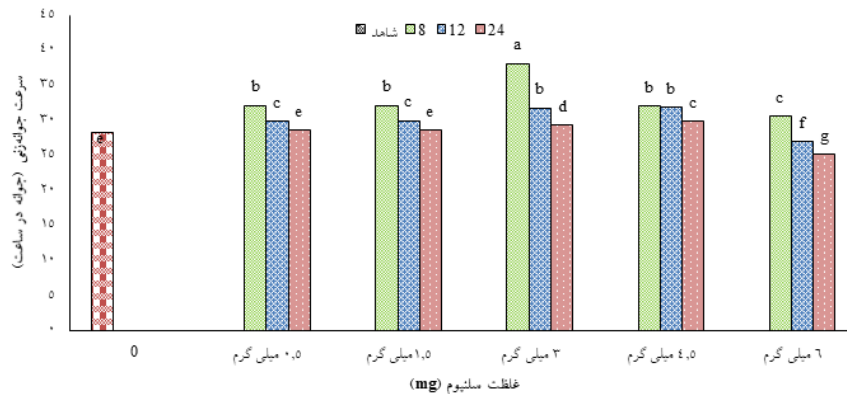
۳.۳. متوسط زمان جوانه‌زنی

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر تیمار غلظت پرایمینگ بذر با سلینیوم و مدت زمان پرایمینگ با سلینیوم بر متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ با سلینیوم و مدت زمان پرایم نشان داد که بیش‌ترین زمان جوانه‌زنی در تیمار ۶ میلی‌گرم در لیتر سلینیوم (۱/۳۰ روز) و مدت زمان ۲۴ ساعت و کم‌ترین زمان لازم برای جوانه‌زنی در تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۳). با ورود آب به داخل بذر فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار گرفته و میزان و یا سرعت انجام آن‌ها افزایش پیدا می‌کند. در نتیجه مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Kiani et al., 1997). افزایش غلظت و مدت زمان پرایمینگ با سلینیوم شاخص متوسط زمان جوانه‌زنی استویا افزایش پیدا کرد و کم‌ترین شاخص متوسط زمان جوانه‌زنی در تیمار شاهد مشاهده شد (Aghighi, Shahverdi & Omid, 2017).

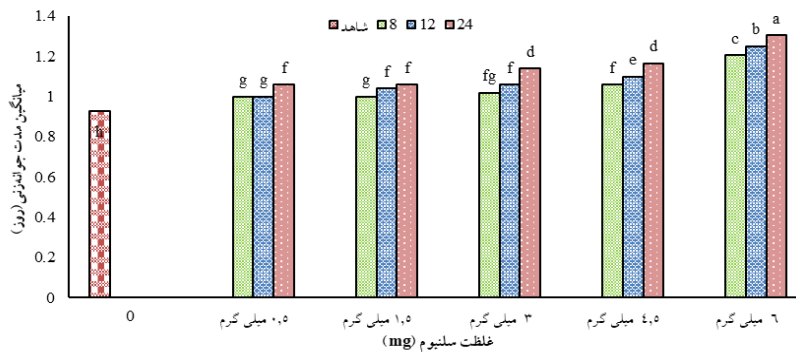
۲.۳. سرعت جوانه‌زنی

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت پرایمینگ بذر با سلینیوم و مدت زمان پرایمینگ با سلینیوم بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که سرعت جوانه‌زنی با افزایش غلظت سلینیوم و افزایش مدت زمان پرایمینگ روندی کاهش را نشان داد و بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر و مدت زمان هشت ساعت پرایمینگ به‌دست آمد که نسبت به شاهد افزایشی ۳۴/۵ درصدی را نشان داد (شکل ۲). تشخیص زمان مناسب پرایمینگ موجب جلوگیری از اثرات منفی آن می‌شود (Ramazani et al., 2012). با افزایش غلظت و مدت زمان پرایمینگ بذر، ممکن است موجب تولید مواد سمی در بذر شود که اثرات منفی بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر خواهد داشت (Ramazani et al., 2012). به‌نظر می‌رسد سلینیوم از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌تواند بر فرایند فیزیولوژیکی جوانه‌زنی تأثیر گذارد و از

تأثیر پرایمینگ با غلظت‌های مختلف سلنیوم بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و گیاهچه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)



شکل ۲. مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی بذر کینوا تحت تأثیر برهم‌کنش غلظت در مدت زمان پرایمینگ با عنصر سلنیوم



شکل ۳. مقایسه میانگین متوسط زمان جوانه‌زنی بذر کینوا تحت تأثیر برهم‌کنش غلظت در مدت زمان پرایمینگ با عنصر سلنیوم

هشت ساعت پرایمینگ تأثیر مثبتی بر متوسط جوانه‌زنی روزانه داشت (Aghighi Shahverdi & Omidi, 2017).

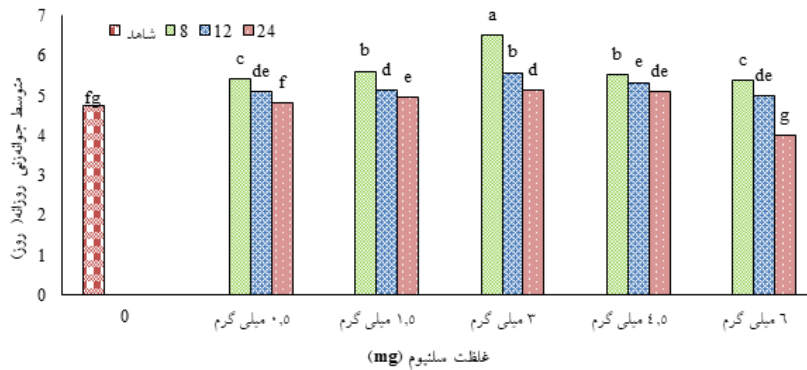
۵.۳. سرعت جوانه‌زنی روزانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده و اثر برهم‌کنش تیمار مدت زمان پرایمینگ در غلظت سلنیوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین هم‌چنین نشان داد که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی روزانه در غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم و ۳۶ ساعت پرایمینگ مشاهده شد (شکل ۵). پرایم بذر با سلنیوم در سطوح مناسب سرعت جوانه‌زنی بذر و رشد ریشه پیاز را از طریق تغییر نفوذپذیری غشا و در نتیجه افزایش میزان جذب آب و عناصر غذایی افزایش داد (Amerian, 2016).

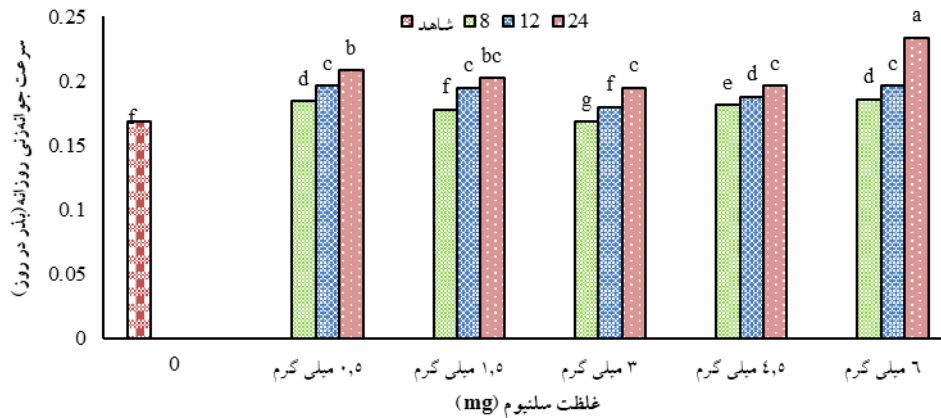
۴.۳. متوسط جوانه‌زنی روزانه

طبق نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر تیمار مدت زمان پرایمینگ با سلنیوم و غلظت سلنیوم بر متوسط جوانه‌زنی روزانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین متوسط جوانه‌زنی روزانه با افزایش غلظت سلنیوم تا ۳ میلی‌گرم در لیتر روندی افزایشی را داشت، اما با افزایش غلظت سلنیوم روندی کاهش را نشان داد. به‌طوری‌که بالاترین میانگین این صفت در کاربرد ۳ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم (۶/۵ بذر) و پرایمینگ به‌مدت ۸ ساعت و کم‌ترین متوسط جوانه‌زنی روزانه در کاربرد ۶ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم و ۲۴ ساعت پرایمینگ مشاهده شد (شکل ۴). در پژوهشی روی گیاه استویا گزارش شده که غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم و مدت زمان

شکوفه غلامی، مجید امینی دهقی



شکل ۴. مقایسه میانگین متوسط زمان جوانه‌زنی روزانه بذر کینوا تحت تأثیر برهم‌کنش غلظت در مدت زمان پرایمینگ با عنصر سلنیوم



شکل ۵. مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی روزانه بذر کینوا تحت تأثیر برهم‌کنش غلظت در مدت زمان پرایمینگ با عنصر سلنیوم

۶.۳. طول گیاهچه

سلولی را در سلول‌های مریستمی نوک ریشه و متعاقب آن رشد ریشه را در گیاه سیر بهبود می‌بخشد، اما سطوح بالای آن منجر به کاهش تقسیم سلولی در این سلول‌ها می‌شود (Han et al., 2010). هم‌چنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که غلظت بالای سلنیوم میزان ترکیبات فنلی را در گیاهان افزایش می‌دهد. این ترکیبات فنلی با تأثیر بر اکسیداسیون آنزیمی اکسین و تحریک دکربوکسیله‌شدن ایندول استیک اسید آن را از دسترس خارج می‌کند. در واقع کاهش میزان اکسین منجر به کاهش رشد طولی ریشه و ساقه و در نتیجه طول گیاهچه می‌شود (Saffaryazdi et al., 2012). در بررسی اثر سلنیوم بر گیاه برنج بیش‌ترین

اثر غلظت پرایمینگ بذر با سلنیوم و مدت زمان پرایمینگ و اثر برهم‌کنش تیمارها بر طول گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش غلظت سلنیوم تا ۳ میلی‌گرم در لیتر طول گیاهچه روندی افزایش را نشان داد و با افزایش غلظت بالاتر از ۳ میلی‌گرم این روند کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که در غلظت ۳ میلی‌گرم بالاترین میانگین و در تیمار ۶ میلی‌گرم کم‌ترین میانگین به‌دست آمد. از نظر زمان پرایمینگ نیز بیش‌ترین طول گیاهچه در تیمار ۸ و ۱۲ ساعت پرایمینگ و پرایمینگ مشاهده شد (شکل ۶). غلظت‌های پایین سلنیوم، تقسیم

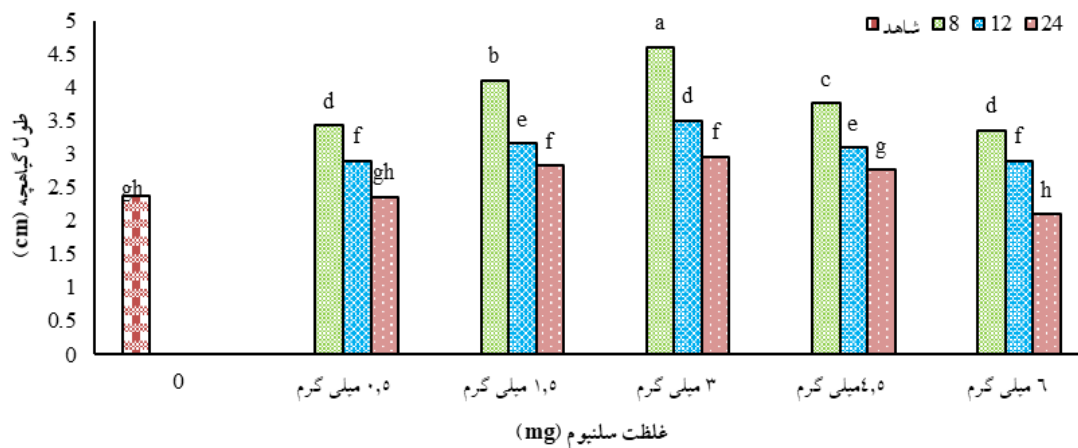
تأثیر پرایمینگ با غلظت‌های مختلف سلینیوم بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و گیاهچه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*)

افزایش غلظت سلینیوم تا ۳ میلی‌گرم در لیتر روندی افزایشی داشت، به طوری‌که بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه در پرایمینگ با ۳ میلی‌گرم سلینیوم و مدت هشت ساعت پرایمینگ به‌دست آمد (شکل ۷). بررسی‌های انجام‌شده در پیاز و اسفناج نشان دادند که غلظت‌های پایین سلینیوم موجب افزایش وزن خشک ریشه و بخش‌های هوایی گیاهان شده ولی با افزایش غلظت سلینیوم این صفات کاهش یافتند (Saffaryazdi et al., 2012).

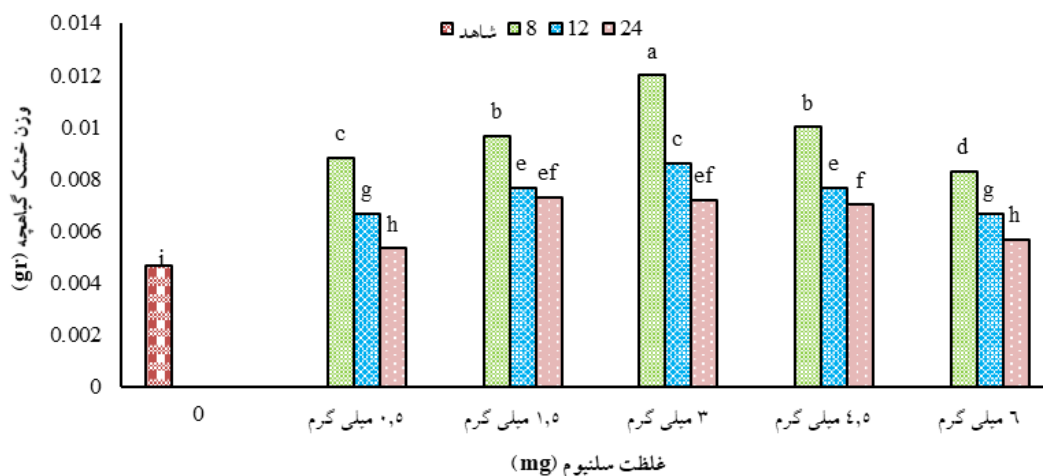
طول گیاهچه در شرایط پرایمینگ با سلینیوم به‌دست آمد (Rabian et al., 2014).

۷.۳. وزن خشک گیاهچه

نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از این است که اثر غلظت پرایمینگ بذر با سلینیوم و مدت زمان پرایمینگ و اثر برهم‌کنش تیمارها بر وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). وزن خشک گیاهچه با



شکل ۶. مقایسه میانگین طول گیاهچه بذر کینوا تحت تأثیر برهم‌کنش غلظت در مدت زمان پرایمینگ با عنصر سلینیوم



شکل ۷. مقایسه میانگین وزن خشک گیاهچه بذر کینوا تحت تأثیر برهم‌کنش غلظت در مدت زمان پرایمینگ با عنصر سلینیوم

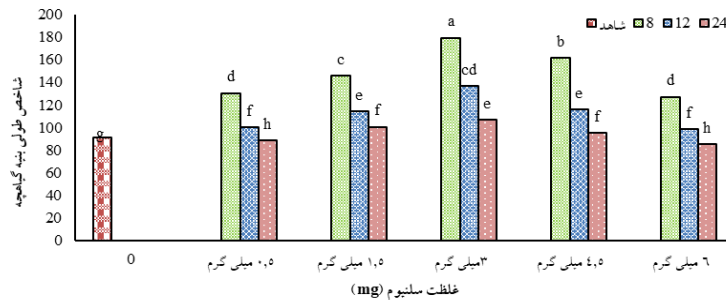
۸.۳. شاخص طولی بنیه گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد غلظت و مدت زمان پرایمینگ با سلنیوم بذر تأثیر معنی داری بر شاخص طولی بنیه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۲). با افزایش غلظت سلنیوم تا ۳ میلی گرم در لیتر شاخص طولی بنیه گیاهچه روندی افزایش نشان داد، اما افزایش غلظت سلنیوم بیش تر از ۳ میلی گرم مانند دیگر صفات روندی کاهشی نشان داد، به طوری که بیش ترین شاخص طولی بنیه گیاهچه در غلظت ۳ میلی گرم همراه با هشت ساعت پرایمینگ ۱۷۹/۳ و کم ترین شاخص طولی در تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۸). از آنجایی که شاخص طولی بنیه بذر از حاصل ضرب درصد جوانه زنی و طول گیاهچه به دست می آید و با هر دو مؤلفه ارتباط دارد، بنابراین هر تیماری که ارن دو مؤلفه را افزایش دهد بنیه بذر را نیز افزایش می دهد به همین دلیل افزایش بنیه بذر با استفاده از تیمارهای پرایمینگ می تواند با افزایش فعالیت آنزیم های دخیل در

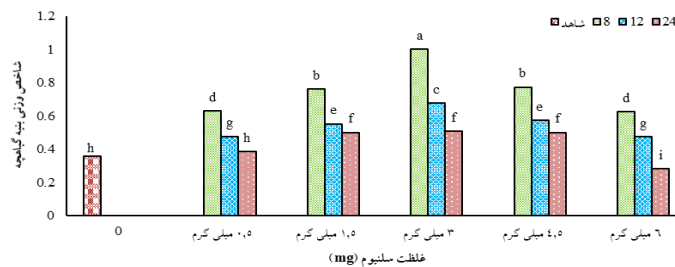
جوانه زنی و در نتیجه افزایش مصرف مواد ذخیره ای بذر و طول شدن گیاهچه در اثر افزایش انرژی در بذرهای پرایم شده در ارتباط باشد (Ansari et al., 2013). پرایمینگ بذر با سلنیوم، شاخص بنیه گیاهچه برنج را به میزان ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش داد (Rabian et al., 2014).

۹.۳. شاخص وزنی بنیه گیاهچه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت و مدت زمان پرایمینگ بذر با سلنیوم و اثر برهم کنش این تیمارها بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیش ترین میانگین شاخص وزنی بنیه گیاهچه در تیمار ۳ میلی گرم در لیتر سلنیوم و مدت زمان هشت ساعت پرایمینگ بذر و کم ترین این صفت مربوط به غلظت ۶ میلی گرم سلنیوم و مدت زمان ۲۴ ساعت پرایمینگ بود و با افزایش غلظت سلنیوم این شاخص روندی کاهشی را نشان داد (شکل ۹).



شکل ۸. مقایسه میانگین شاخص طولی بنیه گیاهچه بذر کینوا تحت تأثیر برهم کنش غلظت در مدت زمان پرایمینگ با عنصر سلنیوم



شکل ۹. مقایسه میانگین شاخص طولی بنیه گیاهچه بذر کینوا تحت تأثیر برهم کنش غلظت در مدت زمان پرایمینگ با عنصر سلنیوم

- Adolf, V.I., Jacobsen, S.E. & Shabala, S. (2012). Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environmental and Experimental Botany*, 92, 43-54.
- Aghighi Shahverdi, M. & Omid, H. (2017). Determination of optimum concentration and time of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) seed priming by Selenium. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 4(3), 39-51. (In Persian) DOI: 10.22124/jms.2017.2506.
- Amerian, M. (2016). The effect of different levels of selenium nanoparticles on germination of onion seed. The 5th National Conference on Nanotechnology: from Theory to Application.
- Ansari, O., Azadi, M., Sharif-Zadeh, F., & Younesi, E. (2013). Effect of hormone priming on germination characteristics and enzyme activity of mountain rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress conditions. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 9(3), 61-71.
- Bazile, D., Jacobsen, S.-E. & Verniau, A. (2016). The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits. *Front. Plant Science*, 7, 622. doi: 10.3389/fpls.2016.0062.
- Chen, C.C. & Sung, J.M. (2001). Priming bitter melon seeds with selenium solution enhances germinability and antioxidative responses under sub-optimal temperature. *Physiol Plant*, 111, 9-16.
- Copland, L.O. & McDonald, M.B. (1995). Principles of Seed Science and Technology. Third Edition. Springer US Publisher. (Book).
- El-Missiry, M. A. (2012). *Biochemistry and molecular biology*, chapter 13, INTECH Publisher.
- Farooq, M., Wahid, A. & Siddique, K.H. (2012). Micronutrient application through seed treatments. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(1), 125-142.
- Gissel-Nielsen, G., Gupta, U.C., Lamand, M. & Westermarck, T. (1984). Selenium in soils and plants and its importance in livestock and human nutrition. Agronomic approaches to increase selenium concentration in livestock feed and food crops, 37, 397-461.
- Gniazdowska, A. & Bogatek, R. (2005). Allelopathic interactions between plants, Multi Site Action of Allelochemicals. *Acta Physiologiae Plantarum*, 27, 395-407.
- Hajiboland, R. & Keivanfar, N. (2012). Selenium supplementation stimulates vegetative and reproductive growth in canola (*Brassica napus* L.) plants. *Acta Agriculturae Slovenica*, 99(1), 13-19.
- Han-Wens, S., Jing, H., Shu-Xuan, L. & Wei-Jun, K. (2010). Protective role of selenium on garlic growth under cadmium stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41, 1195-1204.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر پرایمینگ بذر کینوا به مدت هشت ساعت و غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر از منبع سلنات سدیم اثر معنی‌داری بر اکثر صفات مورد مطالعه نشان داد. نوتری پرایمینگ با سلنیوم در سطوح مناسب می‌تواند سرعت جوانه‌زنی بذر و درصد جوانه‌زنی بذر کینوا را از طریق تغییر نفوذپذیری غشا و در نتیجه افزایش میان جذب و عناصر غذایی افزایش دهد. نتایج هم‌چنین نشان داد که اثر پرایمینگ با سلنات سدیم بستگی به غلظت سلنیوم هم دارد در واقع با افزایش غلظت سلنیوم در غلظت‌های بالا برای برخی صفات اثری منفی را نشان داد. تعیین زمان مناسب پرایمینگ موجب جلوگیری از تأثیر منفی پیش‌تیمار بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد بذور پرایم‌شده می‌شود. بنابراین تعیین بهترین غلظت از ماده پرایمینگ بذر و مدت زمان نگهداری در آن به‌عنوان یک عامل کلیدی جهت استفاده از اثرات مثبت پرایمینگ بذر محسوب می‌شود. به‌طور کلی، از آنجایی‌که جوانه‌زنی و سبزشدن، فرایندهایی متأثر از شرایط مختلف اقلیمی و خاکی هستند، از این‌رو انجام مطالعات مزرعه‌ای و آزمایشگاه بیش‌تری در این راستا در مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود.

۵. تشکر و قدردانی

از دانشگاه شاهد به‌دلیل حمایت علمی و فنی در اجزای این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Relationship between decarboxylation of glutamic acid and vigor in soybean Seed 1. *Crop Science*, 13(2), 227-232.

- Hunter, E., Glasbey, C. & Naylor, R. (1984). The analysis of data from germination tests. *The Journal of Agricultural Science*, 102(1), 207-213.
- Kiani, M., Bagheri, R. & Nezami, A. (1997). Reactions genotypes to drought tension resulting from polyethylene glycol 6000 in seeding stage. *Agriculture industries and Sciences Magazine*, 2(1), 45-55.
- Kieliszek, M. & Błażej, S. (2016). Current Knowledge on the Importance of Selenium in Food for Living Organisms: A Review. *Molecules*, 21(5), 609.
- Konishi, Y., Hirano, S., Tsuboi, H. & Wada, M. (2004). Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 68, 231-234.
- Liopa-Tsakalidi, A., Kaspiris, G., Salahas, G. & Barouchas, P. (2012). Effect of salicylic acid (SA) and gibberellic acid (GA1) pre-soaking on seed germination of Stevia (*Stevia rebaudiana*) under salt stress. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6, 416-423.
- Martínez, E.A., Fuentes, F.F. & Bazile, D. (2015). History of Quinoa: Its Origin, Domestication, Diversification, and Cultivation with Particular Reference to the Chilean Context. In *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*, 1st ed.; Murphy, K., Matanguihan, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2015; pp. 19–24, ISBN 978-1-118-62805-8.
- Peterson, A. & Murphy, K.M. (2015). Tolerance of lowland quinoa cultivars to sodium chloride and sodium sulfate salinity. *Crop Science*, 55, 331-338.
- Prins, C. N., Hantzis, L. J., Quinn, C.F. & Pilon-Smits, E.A H. (2011). Effects of selenium accumulation on reproductive function in *Brassica juncea* and *Stanleya pinnata*. *Journal of Experimental Botany*, 62(15), 5633-5640. Doi: 10.1093/jxb/err247.
- Rabian, A., Jiryaei, M. & Ayneband, A. (2014). Assess the impact of selenium in reducing the negative effects of salinity and low savings rice seed germination. *Environment Stresses in Crop Science*, 7(1), 53-63.
- Ramazani, M. & RezaeiShokhabadi, R. (2012). Compartment of different time and priming concentration on the seedling characteristics of winter rape seed sarigol, *Agronomy and Plant Breeding Journal*, 8(1), 145-159.
- Ranal, M. A. & Santana, D. G. D. (2006). How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany*, 29(1), 1-11.
- Saffaryazdi, A., Lahouti, M., Ganjeali, A. & Bayat, H. (2012). Impact of Selenium Supplementation on Growth and Selenium Accumulation on Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Plants. *Natulae Scientia Biologicae*, 4(4), 95-100.
- Soltani, E., Soltani, A. & Oveisi, M. (2013). Modeling Seed Aging Effect on Wheat Seedling Emergence in Drought Stress: Optimizing Germin Program to Predict Emergence Pattern. *Iranian Journal of Agricultural Agronomy*, 15(2), 147-160.
- Subedi, K. D. & Ma, B. I. (2005). Seed priming does not improve corn yield in humid temperate environment. *Agronomy Journal*, 97, 211-218.
- Tabatabaei, S.J. (2013). Principles of mineral nutrition of plant. *Tabriz University Press*, pp: 554.
- Zhihui, S., Kuangfei, L., Xiaoqing, Z., Li, Z. & Yaling, Z. (2005). Comparison of ecotoxic effect of selenium on seed germination of wheat and paddy rice, *Chinese Journal of Ecology*, 12, 1440-1443.