اثر پرایمینگ بذر بر روی بهبود شاخص‌های رشدی گیاه کینوا (*Chenopodium Quinoa* (Willd.

پریسا احمدی[۱]، فرزاد حسین‌پناهی[۲*] و عادل سی و سه مرده[۳]

۱، ۲ و ۳) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران.

نویسنده مسئول[*]: f.hosseinpanahi@uok.ac.ir

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷

چکیده

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) به عنوان یک گیاه مقاوم به خشکی وشوری در مناطق خشک و نیمه خشک برای جلوگیری از کاهش عملکرد کشت می‌شود که می‌تواند در شرایط یکسان نسبت به گیاهان زراعی افت عملکرد کمتری داشته باشد. به منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بروی شاخص‌های رشدی کینوا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان در سال ۱۳۹۸ اجرا گردید. در این آزمایش تیمارهای مختلف پرایمینگ از طریق خیساندن بذور در محلول‌های پرایمینگ به مدت ۶ ساعت شامل نیترات‌پتاسیم، کلریدپتاسیم، سولفات‌روی، جیبرلیک‌اسید، پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰، اسیدسالیسیلیک، هیومیک اسید، هیدروپرایمینگ و بذور بدون پرایمینگ به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف در تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی تفاوت‌های معنی‌داری وجود دارد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تیمار پرایمینگ با اسید سالیسیلیک اثر مثبتی بر روی شاخص‌های رشد داشته و حداکثر تجمع ماده خشک به ۵۳۱/۷۶ گرم در مترمربع رسید، در حالی که تیمار شاهد (بدون پرایمینگ) کم‌ترین مقدار ماده خشک را با ۴۲۵/۶۷ گرم در مترمربع نشان داد.تیمار اسید سالیسلیک باعث افزایش ۱۹/۹۵ درصدی تجمع ماده خشک شد. تیمار سولفات روی موجب بیشترین سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی در گیاه کینوا شد. پرایمینگ بذر کینوا، با تقویت فتوسنتز و متابولیسم، رشد و زیست‌توده آن را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد و پتانسیل آن را به عنوان یک محصول کلیدی برای امنیت غذایی تقویت می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ بذر، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

مقدمه

در دهه‌های اخیر، تغییرات اقلیمی به سطح بحرانی رسیده و اثرات منفی قابل توجهی بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی داشته‌اند، که این امر تهدیدی جدی برای امنیت غذایی محسوب می‌شود (Alexandratos, 2005). از آنجا که اکثر گیاهان زراعی جهان به شرایط اقلیمی خاصی سازگار شده‌اند، تغییرات شدید آب و هوایی می‌تواند به کاهش بهره‌وری آن‌ها منجر شود. بنابراین، شناسایی گونه‌های گیاهی جایگزین یا توسعه ارقام جدیدی که قابلیت رشد در شرایط اقلیمی متغیر را دارند، به یک ضرورت در تحقیقات کشاورزی تبدیل شده است. در این راستا، توجه به گونه‌هایی که توانایی رشد در ارتفاعات مختلف را دارند یا برای مدت طولانی در مناطق کوهستانی دوام آورده‌اند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Tubiello *et al*., 2007). گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) با قدمت ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ سال بومی منطقه آند در آمریکای جنوبی است (Angeli et al., 2020). این گیاه از خانواده Chenopodiaceae که دارای تنوع زیستی زیادی است به طوریکه دارای تفاوت در ساختار مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و ژنتیکی است (Vega-Gálvez *et al*., 2010). گیاه کینوا با تنش‌هایی مانند شوری و خشکی سازگار بوده و قادر است تا در طیف گسترده‌ای از شرایط آب‌وهوایی رشد کند. همچنین به خوبی قابلیت رشد در خاک‌های حاشیه‌ای را دارد که باعث گسترش این محصول در سراسر جهان گردیده است (Al-Naggar *et al*., 2017; Daba and Qureshi, 2021; Roman *et al*., 2020). گیاه کینوا همچنین از نظرتغذیه‌ای قابلیت استفاده در تغذیه انسان را دارد و جایگزین غذایی ایده آل در نظر گرفته می شود. گیاه کینوا منبع کاملی از پروتئین است و محتوای بالای فیبر، کربوهیدرات‌های پیچیده، چربی‌های سالم غیراشباع و مواد معدنی مهمی مانند آهن، منیزیم، روی، پتاسیم و کلسیم دارد. گزارش شده است که میزان پروتئین بذر این گیاه بین ۱۳/۸۱ تا ۲۱/۹ درصد می‌باشد (Alvarez-Jubete *et al*., 2009; Sobota *et al*., 2024).

پارامترهای اقلیمی متعددی از جمله دما، میزان بارندگی، رطوبت هوا، سرعت باد، طول روز و میزان تبخیر، نقش مهمی در اثرگذاری بر شاخص‌های رشدی گیاه دارند. تغییرات در این پارامترها می‌تواند اثرات متفاوتی بر فرآیندهای بیولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه بگذارد. از این رو، تسریع در افزایش سطح برگ و رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در ابتدای دوره رشد رویشی، می‌تواند منجر به افزایش جذب تشعشع خورشیدی، فعالیت فتوسنتزی و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک و عملکرد گیاه گردد (Yin *et al*., 2003). همچنین در این گیاه مواد فتوسنتزی، که در دانه‌ها ذخیره می‌شوند، محصول فتوسنتز در اندام‌های فتوسنتزی گیاه هستند؛ بنابراین، حفظ سطح برگ بالا و پایدار در طول دوره تشکیل دانه برای بهره‌برداری بهینه از منابع نور محیط و تولید مواد فتوسنتزی ضروری است (Aparicio *et al*., 2002). از آنجا که شاخص سطح برگ نقش کلیدی در جذب نور، فرآیند فتوسنتز و تعرق دارد، تغییرات در این شاخص می‌تواند بر تمامی فرآیندهای

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

رشد و نمو گیاه اثرگذار باشد (Kadam *et al*., 2018). مطالعات انجام شده بر روی گیاه کینوا نشان داده است که شاخص سطح برگ به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی مانند دما، رطوبت و نور قرار می‌گیرد (Panahyan-e-Kivi and Jamaati-e-Somarin, 2009). علاوه بر این، سرعت رشد گیاه یکی از عوامل حیاتی در تعیین میزان تولید و عملکرد محصول است (Sun YongFei *et al*., 1999). توسعه تدریجی و کند سطح برگ می‌تواند منجر به کاهش در پوشش گیاهی، کاهش جذب تشعشع خورشیدی و در نتیجه، کاهش سرعت رشد و عملکرد محصول شود (Thomas *et al*., 2003). نسبت سرعت رشد نسبی به میزان فتوسنتز خالص و نسبت سطح برگ به وزن کل گیاه، شاخص‌هایی مهم برای ارزیابی پویایی بخش‌های فتوسنتزکننده گیاه هستند. در گیاهان کوچکتر و با وزن خشک کمتر، حداکثر جذب خالص، افزایش سریع اندازه بافت‌های فتوسنتزی و توسعه نسبتاً سریع اندام‌های فتوسنتزی، از دلایل اصلی رسیدن به حداکثر سرعت رشد نسبی در این گیاهان محسوب می‌شود (گیلانی و همکاران، ۱۳۹۶). با این حال، یکی از چالش‌های اصلی در کشت مزرعه‌ای کینوا، رشد کند در مراحل اولیه و حساسیت به تنش‌های محیطی است که می‌تواند منجر به کاهش عملکرد نهایی محصول شود (Hinojosa *et al*., 2018). این مشکل نیازمند توجه به بهبود روش‌های کشت و مدیریت زراعی به منظور افزایش تاب‌آوری کینوا در برابر تغییرات اقلیمی و بهبود عملکرد آن در شرایط متغیر است. پرایمینگ بذر به عنوان یک راهکار مؤثر برای بهبود سرعت جوانه‌زنی، استقرار بهتر گیاهچه و افزایش کارایی رشد در مراحل اولیه توسعه گیاه شناخته می‌شود (Lutts *et al*., 2016). تیمارهای مختلف پرایمینگ، از جمله هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ (استفاده از مواد اسمزی مانند پلی اتیلن گلایکول)، هالوپرایمینگ (نمک‌های معدنی مانند نیترات پتاسیم و کلسیم کلرید) و بیوپرایمینگ (کاربرد باکتری‌های محرک رشد) می‌توانند اثر قابل توجهی بر شاخص‌های رشدی گیاه کینوا در شرایط مزرعه داشته باشند (Ibrahim, 2016). این تیمارها با فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، بهبود جذب آب و مواد معدنی و تحریک سنتز هورمون‌های رشد، منجر به افزایش سرعت رشد گیاه، رشد نسبی، تجمع ماده خشک کل و شاخص سطح برگ می‌گردد(Peltonen-Sainio *et al*., 2007). در بذور پرایم شده، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی تحریک شده و باعث بهبود سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی سبز شدن گیاهچه‌ها، جوانه‌زنی تحت شرایط محیطی متنوع، بهبود بنیه و رشد گیاهچه می‌شود (Farooq *et al*., 2008; Harris *et al*., 2001). به علاوه، سرعت رشد و توسعه سیستم ریشه در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده بیشتر است، به طوری که تقسیمات سلولی در کلاهک ریشه در این شرایط شدت بیشتری یافته. و این مسئله، همراه با جذب بهتر آب و مواد غذایی منجر به بهبود رشد گیاه می‌گردد (Paparella *et al*., 2015). مطالعات نشان داده‌اند که تیمارهای پرایمینگ به طور معنی‌داری بر سرعت رشد نسبی کینوا اثر می‌گذارند. در تحقیقات مختلف گزارش شده است که پرایمینگ بذور گیاهان مختلف زراعی می‌تواند منجر به افزایش شاخص سطح برگ، افزایش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

وزن خشک گیاه و سرعت رشد محصول گردد (Basra *et al*., 2003; Farooq *et al*., 2006; Harris *et al*., 2001). با توجه به اهمیت کینوا به عنوان یک منبع غذایی غنی و مقاوم به شرایط نامساعد محیطی، هدف از اجرای این آزمایش شناسایی بهترین روش‌های پرایمینگ برای بهبود جوانه‌زنی، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بروی شاخص‌های رشدی کینوا، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان در سال ۱۳۹۸ انجام شد. این مزرعه در غرب ایران با مختصات جغرافیایی تقریباً ۳۵/۳۱ درجه عرض شمالی و ۴۷/۳۱ درجه طول شرقی، در ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا واقع شده است. میانگین دمای حداقل ۶ درجه سانتی‌گراد و بارندگی سالانه ۳۴۷ میلی‌متر می‌باشد. آب و هوای این منطقه مدیترانه‌ای است که با زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های خشک و معتدل مشخص می‌باشد. تیمار آزمایشی شامل: پرایمینگ بذر با پرایمینگ هورمونی شامل اسید جیبرلیک و اسیدسالیسیلیک (به ترتیب با غلظت‌های ۳۰ میلی‌گرم در لیتر و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، سطوح اسموپرایمینگ شامل کلریدپتاسیم (با غلظت ۱ درصد وزنی-حجمی)، نیترات‌پتاسیم (با غلظت ۵ درصد وزنی-حجمی)، پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ (با غلظت ۱۰ درصد وزنی-حجمی)، اسیدهیومیک (با غلظت ۵۴ میلی‌گرم در لیتر) و سولفات روی (با غلظت ۶ درصد وزنی-حجمی)، هیدروپرایمینگ با آب مقطر یکبار تقطیرشده و تیمار شاهد بدون پرایمینگ در نظر گرفته شد. از بذر کینوا رقم تی‌تی‌کاکا استفاده شد. به منظور انجام آزمایش در آزمایشگاه در ابتدا وسایل موردنیاز به همراه کاغذهای جوانه‌زنی در اتوکلاو با دمای ۱۸۰ سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت ضدعفونی شدند. قبل از اعمال تیمارها بذور با هیپوکلریدسدیم ۲ درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی سطحی و سپس چند بار با آب مقطر شستشو داده شدند (Hajihashemi and Ehsanpour, 2013). به منظور تهیه محلول پرایمینگ، حجم مشخصی از هر کدام از مواد پرایمینگ در آب مقطر حل شد و به حجم موردنظر رسیدند. سپس بذور به محلول‌های ایجاد شده اضافه گردیدند و به مدت ۶ ساعت در دمای ۲۲-۲۱ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و با استفاده از پمپ هوا عمل تهویه (هوادهی) انجام گرفت. بعد از عمل پرایمینگ، بذرها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق خشک و پس از عمل خشک کردن بذور به محیط کشت انتقال داده شدند (Parmoon *et al*., 2013). جهت آماده‌سازی بستر کشت، عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح برای بهبود ساختمان خاک زراعی صورت گرفت. بعد از کرت‌بندی ۶ ردیف خطوط کاشت با فاصله در هر کرت در زمین انجام گرفت و در هر کرت مقدار ۱۰۰ گرم از بذور در عمق ۲-۱ سانتی‌متری به صورت دستی در تاریخ ۱۸ اردیبهشت سال ۱۳۹۸ کاشته شد و روی بذور با خاک به خوبی پوشانده شد. همچنین تراکم ۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. آبیاری به صورت بارانی هر هفته یکبار صورت گرفت. در طول فصل رشد، سه بار

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

وجین دستی برای کنترل کامل علف‌های هرز انجام شد. برای کاهش رقابت درون گونه‌ای در مرحله ۵ برگی، گیاهان اضافی تنک یا حذف شدند تا تراکم مطلوب بوته ۵۰ بوته در متر مربع حاصل شود. پس از تنک، مزرعه به طور یکنواخت با کود اوره (به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) کوددهی و سپس آبیاری شد. علاوه بر این، برای مبارزه با آفات در مراحل ۴-۵ برگی و پنجه‌زنی، از آفت‌کش ایمیداکلوپرید به میزان ۱۵ سی‌سی در ۲۰ لیتر آب برای کنترل ساقه‌خوارها استفاده شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی، برداشت به صورت دستی (۱۰۹ روز پس از کاشت) انجام شد. پس از برداشت، گیاهان هر کرت به مدت ده روز در معرض نور خورشید کاملاً خشک شدند. به منظور آنالیز رشد گیاه کینوا ۷ مرحله نمونه‌برداری تخریبی در طول دوره رشد گیاه به فواصل تقریبی ۱۰ روز یکبار از هر کرت به طور جداگانه با استفاده از کوادراتی به مساحت ۰/۲ متر مربع برای تعیین روند تجمع ماده خشک، تغییرات سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی انجام گرفت. در هر نمونه‌برداری بوته‌ها از سطح خاک قطع و بوته‌ها به آزمایشگاه منتقل شد و اندازه‌گیری‌های لازم روی آن‌ها انجام گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل رشد گیاه از رابطه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ استفاده گردید (Sinclair *et al*., 2004).

تجمع ماده خشک (TDM): تجمع روزانه ماده خشک بر اساس رابطه ۱ و با برنامه slide write محاسبه گردید.

رابطه ۱: $$TDM=\frac{a}{(1+b\times\exp(-c\times x))}$$

معادله سیگموئیدی دارای سه فاز نمائی، خطی و ثابت می‌باشد که در این معادله a: حداکثر وزن خشک ماده، b: نقطه عطف منحنی که در آن منحنی از فاز نمایی وارد فاز خطی می‌شود و c: سرعت رشد نسبی در مرحله خطی می‌باشد.

شاخص سطح برگ (LAI): مقادیر روزانه شاخص سطح برگ با استفاده از تابع Logistic Peak از رابطه ۲ محاسبه گردید.

رابطه ۲: $$LAI=\frac{a+b\times4\times\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)}{1+\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)^2}$$

که در این معادله a: عرض از مبداء، b: زمان رسیدن به حداکثر LAI ، c: حداکثر LAI و d: نقطه عطف منحنی که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود.

سرعت رشد محصول (CGR): پس از برازش مقادیر روزانه وزن خشک گیاه تغییرات روزانه سرعت رشد محصول از رابطه ۳ محاسبه گردید.

رابطه ۳: $$CGR=\frac{w2-w1}{t2-t1}*\frac{1}{s}$$

که در این معادله w_2 و w_1 به ترتیب وزن خشک گیاه در زمانهای t_2 و t_1 می‌باشد و s واحد سطح زمین (متر مربع) می‌باشد.

سرعت رشد نسبی (RGR): پس از برازش مقادیر روزانه وزن خشک گیاه سرعت رشد نسبی از رابطه ۴ محاسبه گردید.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

رابطه ۴:

$$RGR=\frac{w2-w1}{t2-t1}*\frac{1}{w1}$$

که در این معادله w_2 و w_1 به ترتیب وزن خشک گیاه در زمانهای t_2 و t_1 می‌باشد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، آزمون نرمالیته با نرم‌افزار Minitab و پس از اطمینان از نرمال‌بودن داده‌ها تجزیه‌های آماری لازم با استفاده از نرم افزارهای Slide Write و رسم نمودارها با استفاده از برنامه Excel صورت گرفت.

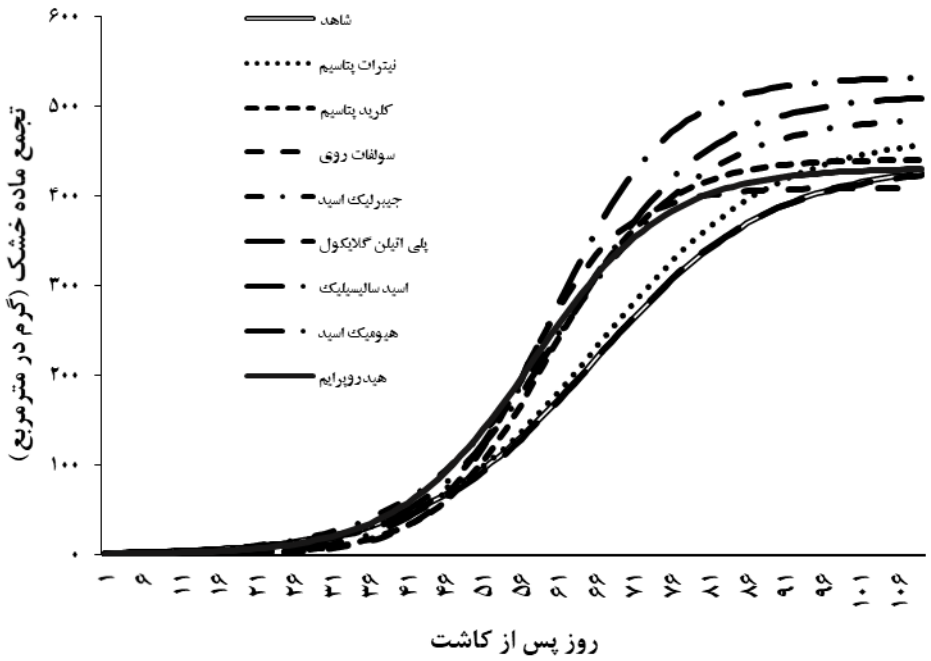
نتایج و بحث

تجمع ماده خشک

منحنی‌های پیش‌بینی تغییرات وزن خشک گیاه کینوا نسبت به روزهای رشد، از زمان کاشت تا برداشت، برای تیمارهای مختلف پرایمینگ نشان‌دهنده یک روند سیگموئیدی در افزایش وزن خشک بود (شکل ۱). این الگوی سیگموئیدی به‌خوبی نمایانگر مراحل مختلف رشد و توسعه گیاه است و می‌تواند نشان‌دهنده تأثیرات فیزیولوژیکی و متابولیکی ناشی از تیمارهای پرایمینگ باشد. به این صورت که گیاه در مراحل اولیه رشد، رشد کندی داشته و افزایش وزن خشک در این دوره نسبت به زمان، ناچیز بوده است. این دوره فعالیت گیاه منحصر به تولید برگ و افزایش وزن خشک در برگ‌ها بوده است. سپس، گیاه وارد مرحله رشد خطی می‌شود، در این مرحله گیاه دارای رشد سریع می‌باشد و وزن خشک کل گیاه به سرعت افزایش می‌یابد. این امر ناشی از افزایش تجمع ماده خشک در برگ‌ها و ورود گیاه به مرحله ساقه روی و افزایش سریع وزن خشک ساقه‌ها است. مرحله سوم رشد، پس از رشد خطی آغاز می‌شود، در این مرحله به دلیل پیری و کاهش سطح برگ، روند تجمع ماده خشک کند می‌گردد. تحلیل میزان ماده خشک تولید شده در تیمارهای مختلف نشان داد که بین این تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به‌طور خاص، مقدار تجمع ماده خشک در مراحل اولیه رشد گیاه کینوا در کمترین سطح خود قرار داشت و به‌تدریج با پیشرفت مراحل نموی افزایش یافت. در نهایت، این تجمع ماده خشک در زمان برداشت به حداکثر خود رسید (شکل ۱). نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان تجمع ماده خشک به تیمار اسید سالیسیلیک با مقدار ۵۳۱/۷۶ گرم در مترمربع اختصاص داشت، در حالی که کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار سولفات روی با ۴۰۹/۴۶ گرم در مترمربع بود. همچنین، مقادیر تجمع ماده خشک به‌دست‌آمده در سایر تیمارها شامل تیمارهای شاهد (۴۲۵/۶۷ گرم در مترمربع)، نیترات پتاسیم (۴۵۷/۱۵ گرم در مترمربع)، کلرید پتاسیم (۴۴۰/۵۸ گرم در مترمربع)، جیبرلیک اسید (۴۸۵/۳۳ گرم در مترمربع)، پلی اتیلن گلایکول (۴۲۳/۱۲ گرم در مترمربع)، هیومیک اسید (۵۰۹/۶۷ گرم در مترمربع) و هیدروپرایم (۴۳۰/۱۹ گرم در مترمربع) بود. به‌طور کلی، تیمارهای جیبرلیک، نیترات پتاسیم و هیومیک اسید اثرات بیشتری بر روند تجمع ماده خشک داشتند. این نتایج نشان‌دهنده اهمیت این ترکیبات در بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه و افزایش کارایی استفاده از منابع غذایی در مراحل مختلف رشد است. در پژوهشی اثر مثبت پرایمینگ بر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

روی رشد اولیه و افزایش تجمع ماده خشک تا ۲۲ درصد در یولاف گزارش شد (Peltonen-Sainio *et al*., 2007). همچنین در تحقیقی پرایمینگ بذور ذرت موجب بهبود شاخص‌های رشدی به ویژه شاخص تجمع ماده خشک شد که با نتایج به دست آمده در این مطالعه همخوانی دارد (بابای و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۱: مقایسه اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر روی تجمع ماده خشک کینوا در شرایط مزرعه

جدول ۲: مقایسه میانگین اثرتیمارهای مختلف پرایمینگ برصفات مرتبط با آنالیز رشد گیاه کینوا در شرایط مزرعه

	بیشینه شاخص سطح برگ	زمان رسیدن به بیشینه شاخص سطح برگ (روز پس از کاشت)	بیشینه سرعت رشد گیاه	زمان رسیدن به بیشینه سرعت رشد گیاه (روز پس از کاشت)
شاهد (بدون پرایم)	۴/۰۶e	۶۸/۰۰ bc	۹/۳۶ d	۶۵/۳۳ a
نیترات پتاسیم	۵/۰۸ bcd	۶۹/۰۰ abc	۱۰/۴۶ cd	۶۵/۳۳ a
کلرید پتاسیم	۴/۲۵ cde	۷۰/۰۰a	۱۵/۲۰ ab	۵۹ b
سولفات روی	۴/۴۷ cde	۶۹/۰۰ abc	۱۷/۳۷ ab	۵۶ b
جیبرلیک اسید	۵/۷۰ b	۶۸/۶۶ abc	۱۲/۳۲ bcd	۶۰/۳۳ ab
پلی اتیلن گلایکول	۴/۰۹ ed	۶۹/۳۳ ab	۹/۶۸ cd	۶۵/۳۳ a
اسید سالیسیلیک	۶/۹۲ a	۶۸/۶۶ abc	۱۷/۰۸ a	۵۹/۶۶ ab
هیومیک اسید	۵/۹۸ ab	۶۸/۰۰ bc	۱۳/۸۶ abc	۶۱/۶۶ ab
هیدروپرایم	۵/۱۷ bc	۶۷/۶۶ c	۱۴/۹۵ ab	۵۷ b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

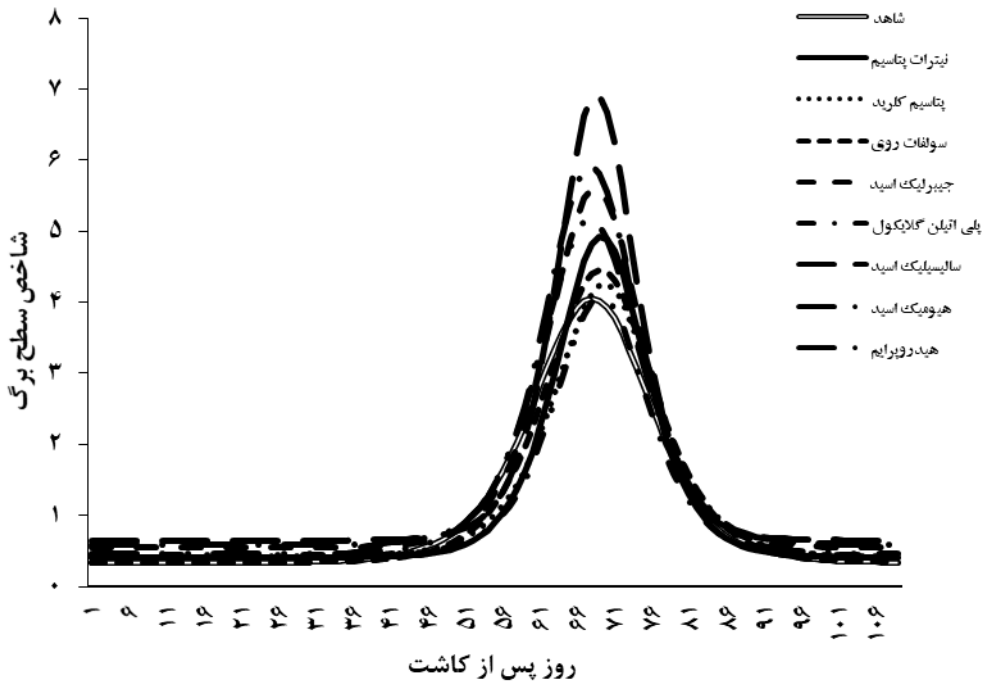
شاخص سطح برگ

برازش و ضرایب رگرسیونی نشان می‌دهد که تغییرات شاخص سطح برگ از یک تابع لجستیک تبعیت می‌کند که

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

روندآن برای همه تیمارهای پرایمینگ یکسان می‌باشد (شکل ۲). نتایج نشان داد که در تمامی تیمارهای پرایمینگ بذر در ابتدای دوره رشد توسعه برگ‌ها روند کندی داشته که تا کمی قبل از ظهور گل‌آذین ادامه پیدا کرد، اما پس از آن شیب افزایش سطح برگ بیشتر شده و تا زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ ادامه پیدا کرد و با مسن شدن برگ‌ها، زرد شدن و ریزش برگ‌های پایین بوته، به‌واسطه سایه‌اندازی و انتقال مجدد مواد از برگ‌ها به دانه‌ها در دوره‌ی پرشدن دانه، این روند کاهش یافت و افت نسبتا سریعی در شاخص سطح برگ مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که تقریبا در تمامی تیمارهای پرایمینگ بذر افت سریع شاخص سطح برگ از مرحله تغییر رنگ گل آذین به بعد بود. جهت تجزیه و تحلیل دقیق‌تر اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر روی شاخص سطح برگ، دو شاخص مهم شامل شاخص سطح برگ و زمان رسیدن به این بیشینه شاخص سطح برگ ارزیابی شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین، اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر روی بیشینه شاخص سطح برگ و زمان رسیدن به آن به‌طور معناداری اثرگذار بود (جدول ۲). به‌طور کلی، شاخص سطح برگ گیاه کینوا در تمامی تیمارها در بازه زمانی ۶۷ تا ۷۰ روز بعد از کاشت به حداکثر خود رسید و سپس روند کاهشی را آغاز کرد. به‌عنوان نمونه، تیمار پرایمینگ با اسید سالیسیلیک در ۶۸ روز پس از کاشت به حداکثر شاخص سطح برگ معادل ۶/۹۲ رسید، در حالی که کم‌ترین شاخص سطح برگ معادل ۴/۰۶ در این زمان مربوط به تیمار شاهد بود. علاوه بر این، تغییرات بیشینه شاخص سطح برگ در تیمارهای نیترات پتاسیم، کلریدپتاسیم، سولفات روی، جیبرلیک اسید، پلی اتیلن گلایکول، اسید سالیسیلیک، هیومیک اسید و هیدروپرایم نسبت به شاهد به ترتیب ۲۵/۱۲، ۴/۶۷، ۱۰/۰۹، ۴۰/۳۹، ۰/۷۳، ۷۰/۴۴، ۴۷/۲۹ و ۲۷/۳۳ درصد بود. به نظر می‌رسد که پرایمینگ بذر کینوا با اسید سالیسیلیک، با فعال‌سازی مسیرهای سیگنال‌ینگ و افزایش بیان ژن‌های کلیدی فتوسنتز، کارایی فتوسنتز و تولید آسیملات‌ها را افزایش می‌دهد. این امر، تخصیص مواد فتوسنتزی به رشد رویشی را تقویت کرده و در نهایت منجر به بهبود کمی شاخص سطح برگ شده است. گزارش شده است که افزایش بسیار زیاد شاخص سطح برگ توسط پیش‌تیمار اسیدسالیسیلیک به دلیل افزایش سرعت رشد گیاه، تولید گیاهچه‌های قوی و تولید برگ‌های با اندازه بیشتر و در نهایت بهبود شاخص سرعت برگ می‌باشد (Hajihashemi and Ehsanpour, 2013). نتایج پژوهشی نشان داد که تیمارهای پرایمینگ بر روی شاخص سطح برگ گیاه ذرت اثر معنی‌داری نداشتند و غالبیت سایر عوامل محیطی نظیر وجود رطوبت کافی در خاک را دلیل این مسئله عنوان کردند که با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر با مغایرت داشت (Hajihashemi and Ehsanpour, 2013). کاربرد پرایمینگ با پتاسیم مونوهیدروژن فسفات منجر به افزایش شاخص سطح برگ در گیاه کینوا گردید (Hassan *et al*., 2022).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]



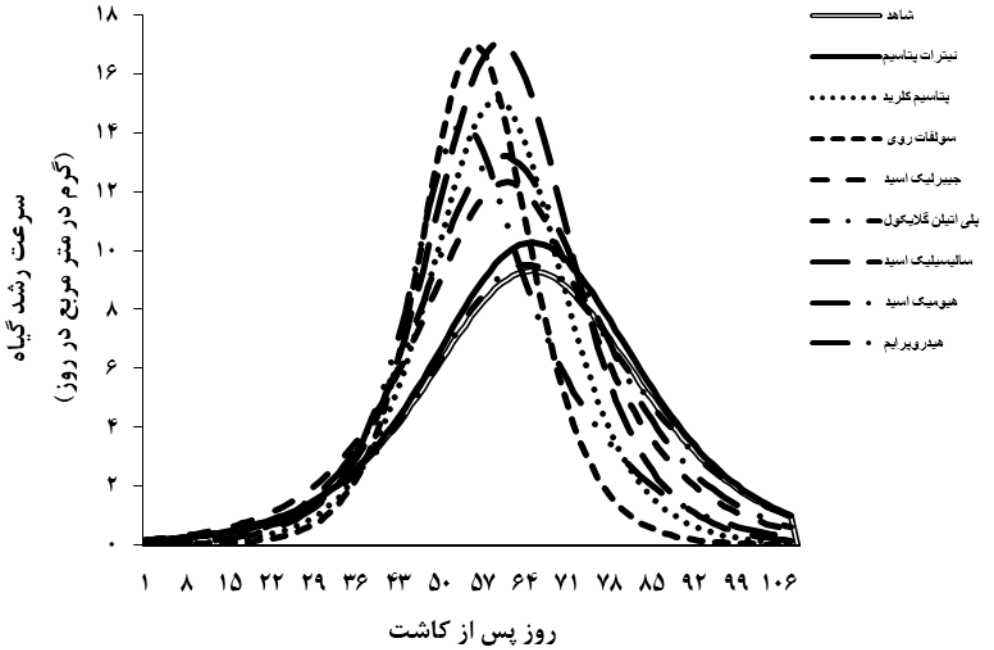
شکل ۲: مقایسه اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر شاخص سطح برگ کینوا در شرایط مزرعه

سرعت رشد محصول

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر روی بیشینه شاخص سرعت رشد گیاه و زمان رسیدن به این حداکثر، از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). این نتایج نشان‌دهنده اثر قابل توجه تیمارهای پرایمینگ بر فرآیندهای رشد و توسعه گیاه کینوا می‌باشد. بررسی تغییرات سرعت رشد گیاه در تیمارهای مختلف پرایمینگ نشان داد که در مراحل اولیه رشد، سرعت رشد گیاه کینوا نسبتاً کند بود. اما در بازه زمانی ۶۶-۵۶ روز پس از کاشت، در کلیه تیمارها به حداکثر میزان خود رسید و پس از آن روند نزولی را نشان داد. این الگوی رشدی به‌خوبی بیانگر تأثیر مثبت شرایط محیطی و تیمارهای پرایمینگ بر روی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه است. به‌ویژه، بیش‌ترین میزان بیشینه سرعت رشد محصول در تیمار پرایمینگ با سولفات روی با مقدار ۱۷/۳۷ گرم در مترمربع در روز در زمان ۵۶ روز پس از کاشت به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین میزان به تیمار شاهد با ۹/۳۶ گرم در مترمربع در روز در زمان ۶۵ روز پس از کاشت اختصاص داشت. همچنین، تیمار اسید سالیسیلیک با مقدار ۱۷/۰۸ گرم در مترمربع در روز نیز تفاوت معنی‌داری با تیمار سولفات روی نداشت (شکل ۳). به‌طور کلی، تغییرات میزان بیشینه سرعت رشد محصول در سایر تیمارها نسبت به شاهد به ترتیب به شرح زیر بود: نیترات پتاسیم (۱۱/۷۵ درصد)، کلرید پتاسیم (۶۲/۳۹ درصد)، سولفات روی (۸۵/۵۷ درصد)، جیبرلیک اسید (۳۱/۶۲ درصد)، پلی اتیلن گلایکول (۳/۴۱ درصد)، اسید سالیسیلیک (۸۲/۴۷ درصد)، هیومیک اسید (۴۸/۰۷ درصد) و هیدروپرایم (۵۹/۷۲ درصد). این نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت قابل توجه تیمارهای پرایمینگ بر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

رشد گیاه و بهبود کارایی استفاده از منابع نور و مواد مغذی در مراحل مختلف رشد است. دلیل این اثرات مثبت احتمالاً ناشی از تسریع در تولید برگ در اوایل فصل رشد و افزایش سطح برگ به‌همراه جذب مؤثر تشعشعات خورشید و در نتیجه افزایش تولید روزانه ماده خشک می‌باشد. در مقابل، پایین بودن سرعت رشد گیاه در تیمار شاهد احتمالاً به دلیل رشد کند اولیه گیاه و تاخیر در دستیابی به بیشینه سرعت رشد محصول نسبت به سایر تیمارها بوده است (جدول ۲). علت اصلی روند نزولی سرعت رشد محصول در طول دوره پایانی رشد مربوط به کاهش مقدار شاخص سطح برگ و نیز کاهش شدت تشعشع در آخر فصل می‌باشد که خود تحت اثر افزایش تقاضا و نهایتا پیری برگ‌ها می‌باشد. بین سرعت رشد محصول و مقدار تابش جذب شده توسط برگ‌های یک گیاه رابطه مستقیم وجود دارد، به‌طوریکه در ابتدا و انتهای فصل رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و کم بودن سطح دریافت‌کننده تابش و در نتیجه درصد کم جذب تابش، مقدار دریافت تابش کم و در نتیجه ماده خشک کمتری تولید شده و مقدار سرعت رشد محصول هم کم می‌شود. اما با رشد سریع گیاه و افزایش سطح برگ، جذب تابش و سرعت رشد محصول افزایش یافت. نتایج پژوهشی مشابه بیانگر افزایش سرعت رشد محصول در گیاه کینوا با کاربرد پرایمینگ (کلسیم سولفات) بود (Hassan *et al*., 2022). سرعت رشد محصول مستقیماً با عملکرد روزانه محصول و کارایی استفاده از مواد مغذی مرتبط است (Wang *et al*., 2020).



شکل ۳: مقایسه اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر روی سرعت رشد گیاه کینوا در شرایط مزرعه

سرعت رشد نسبی

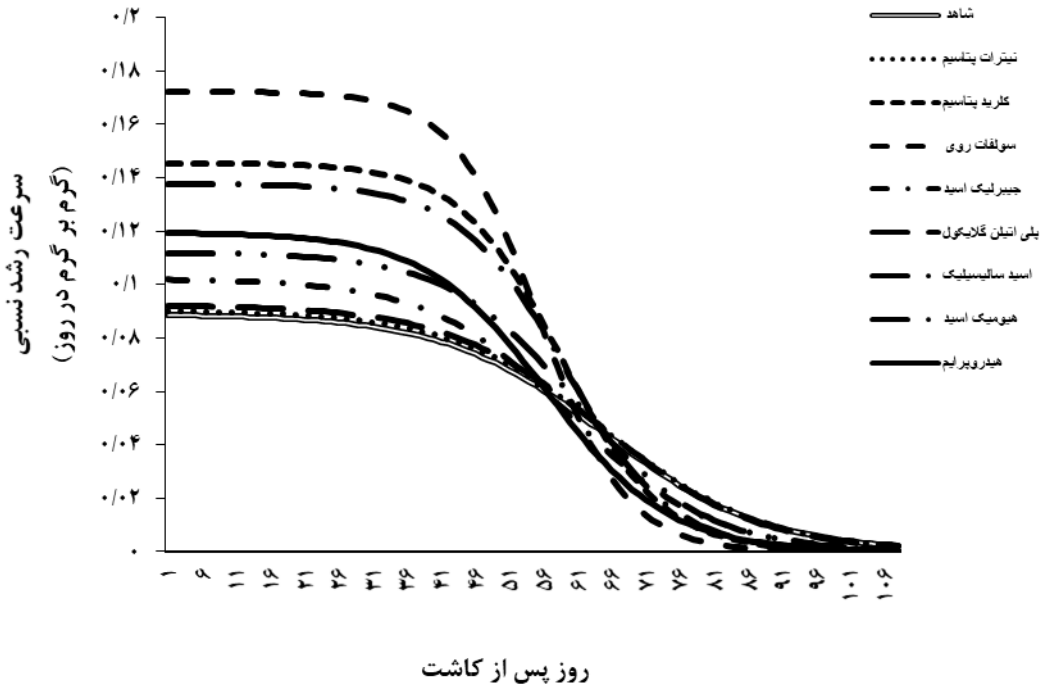
سرعت رشد نسبی به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی، بیانگر وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی مشخص است. این شاخص به‌ویژه در مراحل ابتدایی رشد، از زمان سبز شدن تا

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

شروع سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر، به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد و در نهایت به حداکثر خود (بیشینه سرعت رشد نسبی) می‌رسد. پس از این مرحله، روند سرعت رشد نسبی به تدریج کاهش می‌یابد. این کاهش به‌دلیل این واقعیت است که بخش‌های جدیدی که به گیاه افزوده می‌شوند، معمولاً بافت‌های ساختمانی هستند که از لحاظ متابولیکی فعال نبوده و نقشی در تولید و فتوسنتز ندارند. علاوه بر این، با افزایش سن برگ‌های اولیه، فعالیت فتوسنتزی آن‌ها نیز کاهش می‌یابد و به تبع آن سرعت رشد نسبی نیز کاهش می‌یابد. به‌رغم این کاهش، مجموع وزن خشک گیاه با گذشت زمان افزوده می‌شود، اما به دلیل افزایش نسبت بافت‌های ساختمانی به بافت‌های در حال رشد، سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد (Izadkhah Shishvan, 2016). طبق نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، تیمارهای پرایمینگ تأثیر مثبتی بر سرعت رشد نسبی گیاه کینوا داشتند. به‌طور خاص، بیش‌ترین میزان بیشینه سرعت رشد نسبی به تیمار سولفات روی با مقدار ۰/۱۷۲۱ گرم بر گرم در روز اختصاص داشت، در حالی که کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار شاهد با ۰/۰۸۸ گرم بر گرم در روز بود. این یافته‌ها نشان‌دهنده تأثیر مثبت سولفات روی در بهبود فرآیندهای متابولیکی و فتوسنتزی از طریق نقش کاتالیزوری در ساخت آنزیم‌ها و فعال‌سازی آنزیم‌های کلیدی فتوسنتز (مانند کربنیک آنهیدراز) و سنتز پروتئین، کارایی تبدیل انرژی نورانی به شیمیایی و تثبیت کربن را افزایش داده و در نتیجه تجمع ماده خشک را در گیاه کینوا تسریع کرد. تیمارهای شاهد، نیترات پتاسیم، کلرید پتاسیم، جیبرلیک اسید، پلی اتیلن گلایکول و هیدروپرایم در بازه زمانی ۱ تا ۳۰ روز از دوره رشد خود، بیش‌ترین سرعت رشد نسبی را داشتند و پس از این دوره، سیر نزولی را طی کردند. در مقابل، تیمارهای سولفات روی، اسید سالیسیلیک و هیومیک اسید در بازه زمانی ۱ تا ۳۵ روز از دوره رشد در اوج سرعت رشد نسبی قرار داشتند و پس از این زمان، وارد روند کاهشی شدند. با توجه به روند سرعت رشد نسبی در تیمار شاهد، اگرچه این روند مشابه با سایر تیمارهای پرایمینگ بود، اما تا ۵۵ روز پس از کاشت مقدار آن از سایر تیمارها کمتر بود. با این حال، در ادامه فصل رشد، تیمار شاهد توانست سرعت رشد نسبی خود را حفظ کند و به‌طور قابل توجهی عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها نشان داد (شکل ۴). به نظر می‌رسد در ابتدای فصل رشد و قبل از ساقه‌رفتن، چون تمام ماده خشک، حاصل تولید برگ می‌باشد، و نیز به علت نفوذ نور بیشتر به داخل جامعه گیاهی و سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها بر روی یکدیگر و جذب خالص و در نتیجه تنفس کمتر میزان سرعت رشد نسبی بالاتر بوده و به تدریج به دلیل متراکم شدن کانوپی، میزان سرعت رشد نسبی روندی کاهشی داشته و در آخر فصل رشد به دلیل پیری گیاه، افزایش بافت‌های ساختمانی، کاهش کارایی تولید و متوقف شدن فعالیت‌های گیاه در تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام رویشی و زایشی مقدار آهنگ رشد محصول روند نزولی پیدا کرده و به کمترین مقدار خود طی فصل رشد رسیده است. گزارش شده است که پرایمینگ بذر کینوا با سولفات روی به طور معنی‌داری سرعت رشد نسبی این گیاه را افزایش می‌دهد. این بهبود ناشی از نقش کاتالیزوری

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

روی در سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌های کلیدی نظیر کربنیک آنهیدراز و دهیدروژناز است که به طور مستقیم کارایی فتوسنتز و متابولیسم نیتروژن را تقویت می‌کنند. در نتیجه، تخصیص کارآمدتر فتوسنتزها به بافت‌های رویشی تسهیل شده و درصد خالص تولید زیست‌توده در واحد زمان به‌طور چشمگیری افزایش یافت (Haund *et al*., 2023).



روز پس از کاشت

شکل ۴: مقایسه اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر روی سرعت رشد نسبی کینوا در شرایط مزرعه

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که تیمارهای مختلف پرایمینگ به‌ویژه استفاده از اسید سالیسیلیک و سولفات روی اثر قابل‌توجهی بر روی رشد و توسعه گیاه کینوا داشته‌اند. تیمار سالیسیلیک اسید بیشترین تاثیر را روی تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ داشت. در کل می‌توان از نتایج آزمایش مزرعه‌ای نتیجه گرفت که تیمار اسیدسالیسیلیک باعث افزایش سرعت رشد گیاه، تولید گیاهچه‌های قوی، تولید برگ‌های بیشتر و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ شده و از این طریق زمینه افزایش تجمع ماده خشک و به تبع آن افزایش رشد گیاه را فراهم ساخته است. تیمار سولفات روی بیشترین تاثیر را بر سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی داشت. تیمار سولفات روی از طریق تولیدبرگ‌های بیشتر در اوایل فصل رشد، جذب بهتر نور خورشید و تولید ریشه‌های قوی‌تر برای جذب آب مواد غذایی باعث افزایش سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی شد. به طور کلی از دلایل برتر بودن تیمارهای پرایمینگ می‌توان به تأثیر مثبت آنها بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، افزایش سرعت رشد نسبی، افزایش شاخص سطح برگ و وقوع حداکثر شاخص سطح برگ در زمان زودتر و افزایش سرعت رشد محصول اشاره کرد. با توجه به برتری تیمارهای پرایمینگ از نظر سرعت رشد محصول،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

به نظر می‌رسد که داشتن سرعت رشد نسب بالاتر در اوایل فصل رشد عامل تعیین کننده‌ای در افزایش تولید باشد. از میان تیمارهای پرایمینگ، تیمار سالیسیلیک اسید و سولفات روی به عنوان تیمارهای موفق توصیه می‌شود.

منابع

بابائی، ک.،تاجبخش، م. و سی و سه مرده، ع. (۱۳۹۸). اثر پرایمینگ و تاریخ کاشت بذر بر ویژگی‌های رشد گیاه و عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۲۶۰ (فجر). *دو فصلنامه فنآوری تولیدات گیاهی*، ۱۱(۲)، ۲۰۹-۱۹۳.

گیلانی، ع.، سیادت.، ع.، جلالی، س. و لیموچی، ک (۱۳۹۶). بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد ارقام برنج در شمال خوزستان. *دوفصلنامه ی علوم به زراعی گیاهی*، ۷(۲)، ۸۷-۷۳.

Al-Naggar, A., Abd El-Salam, R., Badran, A., & El-Moghazi, M. (2017). Genotype and drought effects on morphological, physiological and yield traits of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Asian J. Adv. Agric. Res*, *3*(1), 1-15 .

Alexandratos, N. (2005). Countries with rapid population growth and resource constraints: issues of food, agriculture, and development. *Population and development Review*, *31*(2), 237-258 .

Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2009). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International journal of food sciences and nutrition*, *60*(sup4), 240-257 .

Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Hönninger, S., & Piatti, C) .2020 .(Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): An overview of the potentials of the “golden grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, *9*(2), 216 .

Aparicio, N., Villegas, D., Araus, J., Casadesus, J., & Royo, C .(۲۰۰۲) . Relationship between growth traits and spectral vegetation indices in durum wheat. *Crop science*, *42*(5), 1547-1555 .

Basra, S. M., Ullah, E., Warriach, E., Cheema, M., & Afzal, I. (2003). Effect of storage on growth and yield of primed canola (Brassica napus) seeds. *International journal of agriculture and biology*, *5*(2), 117-120 .

Daba, A. W., & Qureshi, A. S. (2021). Review of soil salinity and sodicity challenges to crop production in the lowland irrigated areas of Ethiopia and its management strategies. *Land*, *1* ,(۱۲)۰ .۱۳۷۷

Farooq, M., Basra, S., Afzal, I., & Khaliq, A. (2006). Optimization of hydropriming techniques for rice seed invigoration. *Seed science and technology*, *34*(2), 507-512 .

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

Farooq, M., Basra, S., Rehman, H., & Saleem, B. (2008). Seed priming enhances the performance of late sown wheat (Triticum aestivum L.) by improving chilling tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *194*(1), 55-60 .

Hajihashemi, S., & Ehsanpour, A. (2013). Influence of exogenously applied paclobutrazol on some physiological traits and growth of Stevia rebaudiana under in vitro drought stress. *Biologia*, *68*(3), 414-420 .

Harris, D., Raghuwanshi, B., Gangwar, J., Singh, S., Joshi, K., Rashid, A., & Hollington, P. (2001). Participatory evaluation by farmers of on-farm seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan .*Experimental Agriculture*, *37*(3), 403-415 .

Hassan, A., Hasnain, Z., Asadullah, M., Hussain, S. S., & Anees, M. A. (2022). Biological Response of Quinoa Plants to Various Nitrogen Levels and Priming Techniques. *Sarhad Journal of Agriculture*, *38*(4), 1510-1 .۵۱۸

Hinojosa, L., González, J. A., Barrios-Masias, F. H., Fuentes, F., & Murphy, K. M. (2018). Quinoa abiotic stress responses: A review. *Plants*, *7*(4), 106 .

Ibrahim, E. A. (2016). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of plant physiology*, *192*, 38-46 .

Izadkhah Shishvan, M., Tajbakhsh Shishvan, M. and Pasban Eslam, B. (2016). Physiological responses of growth and dry yield of onion to pretreatment and seed size of onion genotype (Allium cepal L.). Journal of Iranian Agricultural Research, Volume 13, Number 4, Pages 785-766 .

Kadam, V. P., Devi, K., Hussain, S., & Devi, M. U. (2018). Growth, yield attributes, yield and economics of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) as influenced by variable irrigation water supply through drip and surface methods. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(7), 3428-3438 .

Lutts, S., Benincasa, P., Wojtyla, L., Kubala, S., Pace, R., Lechowska, K., Quinet, M., & Garnczarska, M. (2016). Seed priming: new comprehensive approaches for an old empirical technique. *New challenges in seed biology-basic and translational research driving seed technology*, *46*(10.5772), 64420 .

Panahyan-e-Kivi, M., & Jamaati-e-Somarin, S. (2009). Study of variation trend of growth indices in lentil under drought stress .

Paparella, S., Araújo, S. d. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant cell reports*, *34*(8), 1281-1293 .

Parmoon, G., Ebadi, A., Ghaviazm, A., & Miri, M. (2013). Effect of seed priming on germination and seedling growth of Chamomile under salinity .

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

Peltonen-Sainio, P., Kangas, A., Salo, Y., & Jauhiainen, L. (2007). Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: evidence based on 30 years of multi-location trials. *Field Crops Research*, *100*(2-3), 179-188 .

Roman, V. J., den Toom, L. A., Gamiz, C. C., van der Pijl, N., Visser, R. G., van Loo, E. N., & van der Linden, C. G. (2020). Differential responses to salt stress in ion dynamics, growth and seed yield of European quinoa varieties. *Environmental and Experimental Botany*, *177*, 104146 .

Sinclair, T., Gilbert, R., Perdomo, R., Shine Jr, J., Powell, G., & Montes, G. (2004). Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. *Field crops research*, *88*(2-3), 171-178 .

Sobota, M., Li, K., Hren, M., & Knighton, J. (2024). Evidence for variations in cryogenic extraction deuterium biases of plant xylem water across foundational northeastern US trees. *Hydrological Processes*, *38*(2), e15079 .

Sun YongFei, S. Y., Liang JunMing, L. J., Ye Jian, Y. J., & Zhu WanYao, Z. W. (1999). Cultivation of super-high yielding rice plants .

Thomas, H., Ougham, H. J., Wagstaff, C., & Stead, A. D. (2003). Defining senescence and death. *Journal of experimental botany*, *54*(385), 1127-1132 .

Tubiello, F. N., Soussana, J.-F., & Howden, S. M. (2007). Crop and pasture response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(50), 19686-19690 .

Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (Chenopodium quinoa willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90* .۲۵۴۱-۲۵۴۷ ,(۱۵)

Wang, N., Wang, F., Shock, C. C., Meng, C., & Qiao, L. (2020). Effects of management practices on quinoa growth, seed yield, and quality. *Agronomy*, *10*(3), 445 .

Yin, X., Goudriaan, J., Lantinga, E. A., Vos, J., & Spiertz, H. J. (2003). A flexible sigmoid function of determinate growth. *Annals of botany*, *91*(3), 361-371 .

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

The effect of seed priming on the improvement of growth indices in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

P. Ahmadi[1], F. Hosseinpanahi*[2] and A. Siosemardeh [3]

1, 2 & 3) Department of Plant Production and Genetics, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran

* **Corresponding author: f.hosseinpanahi@uok.ac.ir**

This article is taken from the master's thesis.

Received date: 2025.01.25 **Accepted date: 2025.05.17**

Abstract

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is a drought- and salt-tolerant crop cultivated in arid and semi-arid regions to prevent yield reduction, maintaining relatively higher productivity under similar conditions compared to other crops. To evaluate the effects of various priming treatments on quinoa's growth indices, an experiment was conducted in a randomized complete block design (RCBD) with three replications at the Research Farm of the University of Kurdistan during the 2019 growing season. In this experiment, priming treatments included soaking seeds in solutions for 6 hours with potassium nitrate, potassium chloride, zinc sulfate, gibberellic acid, polyethylene glycol 6000, salicylic acid, humic acid, and hydropriming, with unprimed seeds as a control. Results indicated significant differences among treatments concerning dry matter accumulation, leaf area index, crop growth rate, and relative growth rate. The findings demonstrated that seed priming with salicylic acid positively affected growth parameters, with the maximum dry matter accumulation reaching 76.531 g/m², whereas the control (unprimed seeds) showed the lowest value at 67.425 g/m². Salicylic acid treatment increased dry matter accumulation by 19.95%. The zinc sulfate treatment induced the highest CGR and RGR in quinoaAdditionally, zinc sulfate treatment resulted in the highest crop growth rate and relative growth rate in quinoa plants. Priming quinoa seeds significantly increases their growth and biomass by enhancing photosynthesis and metabolism, enhancing its potential as a key crop for food security.

Key Words: Seed Priming, Dry Matter Accumulation and Crop Growth Rate.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]