اثر تراکم خاک و آماده سازی (پرایمینگ) بذر بر شاخص‌های رشد و مقدار پرولین گیاهچه لوبیا قرمز

حدیث نصرالهی، حمیدرضا عیسوند[1]، فیض اله شهبازی و محمد فیضیان

دانشجوی دکتری، دانشگاه لرستان؛ **tiam1383@yahoo.com**

دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه لرستان؛ **eisvand.hr@lu.ac.ir**

دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه لرستان؛ **shahbazi.f@lu.ac.ir**

دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه لرستان؛ **feizian.m@lu.ac.ir**

دریافت: **98/10/29** و پذیرش: **99/4/25**

چکیده

تراکم زیاد خاک بر میزان و سرعت ظهور گیاهچه به ویژه در گیاهان اپی‌جیل و همچنین درصد گیاهچه مستقر شده در شرایط مزرعه اثرات نامطلوب دارد. لذا برای بررسی راههای مقابله با این پدیده در گیاه لوبیا این آزمایش در طی سال‌های 1396 و 1397 در آزمایشگاه بذر و گلخانه گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان بر روی لوبیا قرمز رقم گلی، طراحی و اجرا شد. متغیرهای مورد بررسی عبارت بودند از آماده سازی بذر در هفت سطح (شاهد (آماده سازی نشده)، آماده سازی آبی (هیدروپرایمینگ)، آماده سازی با محلول‌های جیبرلیک اسید[2](GA50 ppm، GA100 ppm)، سالسیلیک اسید[3](SA50 ppm، SA100 ppm)، و ترکیبی از(GA50 ppm + SA50 ppm) و تراکم خاک در پنج سطح (شاهد یا خاک دست نخورده)، 5%، 10%، 15%و 20% افزایش تراکم در مقایسه با شاهد) . نتایج نشان داد که تراکم خاک در حدبهینه (10-5%) تأثیر مثبت و بیش از آن تاثیر منفی بر رشد گیاهچه داشت. تیمار آماده سازی هورمونی بذر بر رشد اولیه گیاهچه تأثیر معنی‌داری داشت. آماده سازی باعث شد که طول ریشه و تعداد انشعابات آن بهبود یابد. تراکم شدید خاک، طول ریشه را کاهش داد. بیشترین طول ریشه (40/58 سانتی‌متر) در تیمار (GA50 ppm + SA50 ppm) و عدم‌تراکم (خاک دست نخورده) بود و بیشترین تعداد انشعابات ریشه 8 عدد در تیمار A50 ppm + SA50 ppm و تراکم 20 % خاک بود. تیمار آماده سازی بذر بر پرولین اثر معنی‌داری داشت. کمترین میزان پرولین (85/1 $\mu g.g^{-1}$ FW) در تیمار شاهد (بدون آماده سازی) در تراکم خاک 10%، و بیشترین میزان آن(199/6 $\mu g.g^{-1}$ FW) در تیمار GA50 ppm + SA50 ppm و عدم تراکم (خاک دست نخورده) مشاهده شد. اعمال تراکم خاک به میزان 5% باعث بهبود شرایط گیاهچه شد ولی افزایش تراکم خاک به میزان 15% و بیشتر باعث کاهش رشد ریشه (9/13 سانتی‌متر) و اندام هوایی شد. این موضوع ممکن است بواسطه کاهش تهویه خاک و در نتیجه پایین آمدن توان گیاهچه در جذب آب و عناصر غذایی باشد.

واژه‌های کلیدی: جوانه زنی، نمود گیاهچه، دولپه، بهبود کیفیت بذر، رشد ریشه

---

[1]. نویسنده مسول، آدرس: خرم آباد، دانشگاه لرستان- دانشکده کشاورزی- گروه تولید و ژنتیک گیاهی

[2]. Gibbrellic acid

[3]. Salicylic acid

مقدمه

لوبیا یکی از مهمترین گونه های خانواده لگوم در دنیا است. این گیاه به واسطه داشتن پروتئین به میزان 20 تا 25 درصد و کربوهیدرات به میزان 55 تا 60 درصد از نظر تغذیه محصول بسیار ارزشمندی می‌باشد و قسمت عمده‌ای از جیره غذائی مردم جهان به خصوص آمریکای مرکزی، جنوبی و آسیا را تشکیل می‌دهد. نیام و دانه لوبیا پروتئین، فسفر و آهن بالایی دارد و نیز از لحاظ ویتامین‌های گروه B غنی است (فوتی و همکاران، 2008). حبوبات به ویژه لوبیا از منابع مهم تأمین‌کننده پروتئین در اکثر کشورها به خصوص کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود (ابراهیمی و همکاران،2012).

رطوبت و تراکم خاک از عوامل مهم تأثیرگذار بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و در نهایت استقرار گیاهچه در مزرعه محسوب می‌شوند. جوانه‌زنی سریع بخاطر آنکه موجب می‌شود تا جوانه‌ها قبل از آن که شرایط خاص برای ایجاد سله پس از بارندگی و یا آبیاری فراهم شود، از خاک خارج و مستقر شوند، از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر رطوبت، مقاومت فیزیکی خاک نیز بر جوانه‌زنی و استقرار گیاه تأثیر می‌گذارد. با افزایش مقاومت فیزیکی خاک، جوانه زنی بذر کاهش می‌یابد. مقاومت فیزیکی خاک متأثر از عمق کاشت بذر و تراکم خاک است. تراکم خاک محدودیتی عمده در تولید محصولات کشاورزی است که از تردد ماشین‌های کشاورزی و افزایش فشار مکانیکی در خاک ایجاد می‌گردد (چیمونگو و همکاران، 2015). در واقع تراکم خاک بر تخلخل، خاصیت انقباض منافذ خاک، نفوذپذیری هوا، توان ریشه‌زایی، جریان مواد غذایی و فعالیت بیولوژیکی خاک اثر دارد (دسکالزی و همکاران،2018). نتایج تحقیق انجام شده در مورد اثرات نامطلوب تراکم بیش از اندازه خاک بر رشد و نمو گیاه سویا، بیانگر کاهش جذب مواد معدنی و کاهش فعالیت آنزیم‌های تنفسی کلیدی بوده است که منجر به تجمع پتاسیم، فسفر، منیزیم، منگنز، آهن، مس، روی و کلسیم در خاک می‌شود و نهایتاً سبب کاهش اندازه سلول‌های ریشه می‌شود (ونگ و همکاران،2019). نتایج پژوهشی که با هدف بررسی اثر روش‌های خاک ورزی و تغییر روش سنتی کشت در زراعت تنباکو انجام شد، نشان داده است که با کاهش تراکم خاک امکان گسترش ریشه‌ها در خاک فراهم می‌شود (میکائیل و همکاران،2019).

تلاش‌های زیادی برای بهبود شرایط جوانه‌زنی و قدرت رویش بذر گیاهان مختلف برای کاشت در محیط‌های ویژه انجام شده است که از مهمترین آن‌ها می‌توان به تکنولوژی آماده سازی بذر در گیاهان اشاره کرد. محققین در بررسی تأثیر پیش تیمار بذر و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ماش در شرایط تنش خشکی به این نتیجه رسیدند که کاربرد اسید سالیسیلیک می تواند منجر به افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئید در گیاه ماش شود (حیدری و همکاران،2019). در بررسی تأثیر آماده سازی آبی و پیری بذر لوبیا چیتی تحت تیمار شوری مشخص شد که بیشترین درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و بنیه بذر در تیمار آماده سازی آبی و شوری چهار دسی زیمنس مشاهده شد (قنبری و همکاران،2018). بررسی تأثیر تقویت بذرهای عدس به وسیله آماده سازی با کینتین و جیبرلیک اسید نشان داده است که همه تیمارهای آماده سازی بذر باعث بهبود ضریب یکنواختی جوانه‌زنی در مقایسه با بذرهای پرایم نشده می‌شوند. با این حال حداکثر مقدار پارامترهای جوانه‌زنی در غلظت 200ppm-150 دو هورمون ذکر شده به دست آمدند. شاخص قدرت گیاهچه را می‌توان با آماده سازی بذر افزایش داد (پورآذر و میرشکاری، 2015). آماده سازی بذر با تأثیر مثبتی که در تسریع سبز شدن گیاه، استقرار بهتر و سریع‌تر گیاهچه، پوشش سریع‌تر زمین، قدرت رقابت بهتر با علف‌های هرز، توسعه بهتر ریشه و در نتیجه جذب بیشتر آب و مواد غذایی و...دارد می تواند سبب بهبود عملکرد شود و در صورت نامساعد بودن شرایط محیطی اثرات مفید آن بهتر نمایان می‌شود (عیسوند و همکاران،2010). توسعه ارقام حبوبات معمولی سازگار با شرایط خشکسالی در خاک‌های فشرده یک استراتژی مهم در مواجهه با تغییرات آب و هوایی است که به امنیت غذایی کمک می‌کند (ببی و همکاران،2013). تاکنون تحقیقی در مورد اثر آماده سازی هورمونی بذر و تراکم خاک و اثر متقابل آن دو بر روی لوبیا قرمز (رقم گلی) انجام نشده است لذا با توجه به اهمیت موضوع، این آزمایش در راستای امکان استفاده از تکنیک آماده سازی هورمونی با GA[1] و SA[2] برای بهبود توان بذر و گیاهچه برای مقابله با شرایط تراکم خاک طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال های 1396 و 1397 در آزمایشگاه بذر و گلخانه گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان بر روی لوبیا قرمز رقم گلی، طراحی و اجرا شد. بذور از ایستگاه تحقیقات لوبیا شهرستان خمین در سال 1396 تهیه و تا زمان اجرای

[1] Gibberellic acid
[2] Salicylic acid

آزمایش در دمای پنج درجه سانتیگراد نگهداری شدند. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش شامل آماده سازی بذر در هفت سطح (شاهد (آماده سازی نشده)، آماده سازی آبی، آماده سازی با GA50 ppm، آماده سازی با GA100 ppm، آماده سازی با SA50 ppm، آماده سازی با SA100 ppm، آماده سازی ترکیبی با GA50 ppm + (SA50 ppm) و تراکم خاک در پنج سطح (شاهد (دست‌نخورده)، تراکم‌های 5%، 10%، 15%، و20%) بود. برای آماده سازی بذرها ابتدا درصد رطوبت بذور مشخص گردید تا پس از آماده سازی معیاری برای کاهش رطوبت موجود باشد. برای تعیین رطوبت بذر، آنها در آون به مدت 17 ساعت در دمای 103 درجه سانتی گراد قرار داده شدند (رسام و دادخواه،2013).

برای هر یک از تیمارهای آماده سازی، محلول‌هایی از GA(50 و 100 ppm) و SA (50 و 100 ppm) و ترکیب هردو هورمون (GA50 ppm + SA50 ppm) تهیه و بذور به مدت 12 ساعت در دمای 15 درجه سانتی گراد در محلول‌های مذکور و همچنین آب مقطر بعنوان آماده سازی آبی قرار داده شدند و سپس از محلول خارج گردیده و در دمای اتاق (25 درجه‌سانتی گراد) بر روی توری‌های فلزی قرار گرفتند تا رطوبتشان حدود رطوبت اولیه (رطوبت اولیه 11 % قبل از آماده سازی و 14 % بعد از اعمال آماده سازی) رسید. خاک مورد نیاز برای اجرای طرح از یکی از مزارع لوبیا کاری شهرستان الشتر (عرض جغرافیایی33 درجه و 49 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی48 درجه و 15 دقیقه شرقی و ارتفاع 1567 متر از سطح دریا) و از عمق 30-0 سانتی‌متری خاک تهیه گردید. نوع بافت خاک با توجه ذرات تشکیل دهنده آن (Clay) (Silt:28%, Clay: 44.25%, Sand 27.75%) رسی(Clay) با روش هیدرومتری در آزمایشگاه خاک‌شناسی تعیین شد. میزان رطوبت گل اشباع 54% و چگالی ظاهری خاک (Bulk density) برابر با g/cm^3 1/34 تعیین شد. گلدان‌های مورد استفاده به شکل سطح مقطع مربعی و ابعاد 24/5×14/3×14/3 سانتیمتر و از جنس PVC بودند. خاک مورد نیاز برای هر گلدان با در نظر گرفتن چگالی ظاهری و حجم گلدان محاسبه شد. خاک از الک پنج میلی متری عبور داده شدند و برای پر کردن گلدان‌ها استفاده شد. تعداد 10 عدد بذر لوبیا قرمز[1] (*Phaseolus vulgaris* L.)، رقم گلی در هر گلدان در عمق چهار سانتی‌متر کاشته شد و بعد از کاشت سطوح مختلف تراکم اعمال شد. برای اعمال سطوح تراکم، نخست جرم مخصوص ظاهری خاک نمونه‌برداری شده در مزرعه به روش سیلندری اندازه‌گیری شد که برابر 1/34 گرم بر سانتی‌متر مکعب برای شاهد (بدون فشردگی) بود. برای ایجاد سطوح تراکم، به جرم مخصوص ظاهری اولیه خاک(1/34) به ترتیب 5 %، 10 %، 15 % و 20% اضافه گردید. خاک مورد نیاز هر گلدان با در نظر گرفتن جرم مخصوص ظاهری هر تیمار تراکم خاک و حجم گلدان محاسبه گردید.

$$\frac{\text{وزن خاک}}{\text{حجم}} = \text{چگالی (جرم مخصوص ظاهری خاک)}$$

$$\text{تراکم } 5\% = 1.34 + 5\% \times 1.34 = 1.407$$

$$\text{تراکم } 10\% = 1.34 + 10\% \times 1.34 = 1.47$$

$$\text{تراکم } 15\% = 1.34 + 15\% \times 1.34 = 1.54$$

$$\text{تراکم } 20\% = 1.34 + 20\% \times 1.34 = 1.60$$

ارتفاع گلدان‌ها 24/5 سانتی‌متر بود، برای اینکه فضای کافی جهت ایجاد تراکم باقی بماند ارتفاع گلدان‌ها جهت پرکردن خاک 20 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. حجم مورد استفاده گلدان به شرح زیر جهت پرکردن خاک محاسبه شد.

$$14/3 \times 14/3 \times 20 = 4089/8 \text{ cm}^3$$

مقدار خاک مورد نیاز جهت هر تراکم:

با داشتن جرم مخصوص ظاهری خاک‌های متراکم و حجم گلدانها مقدار خاک مورد نیاز هر تیمار تعیین شد.

$$\text{شاهد } 1.34\text{gr}/cm^3 = \frac{(x)gr}{4089.8m^3} = 5480.3 \rightarrow 5.480kg$$

$$\text{تراکم } 5\% \; 1.40\text{gr}/cm^3 = \frac{(x)gr}{4089.8m^3} = 5725.7 \rightarrow 5.725kg$$

$$\text{تراکم } 10\% \; 1.47\text{gr}/cm^3 = \frac{(x)gr}{4089.8m^3} = 6012 \rightarrow 6.012kg$$

$$\text{تراکم } 15\% \; 1.54\text{gr}/cm^3 = \frac{(x)gr}{4089.8m^3} = 6298.2 \rightarrow 6.298kg$$

$$\text{تراکم } 20\% \; 1.60\text{r}/cm^3 = \frac{(x)gr}{4089.8m^3} = 6543.6 \rightarrow 6.543kg$$

با در نظر گرفتن عمق یکسان در همه گلدان‌ها، سطوح مختلف تراکم خاک با استفاده از وزنه‌ی 2 کیلوگرمی سطح و ارتفاع وزنه که از ارتفاع 30 سانتی‌متری برروی خاک در گلدان‌ها رها می‌گردید در رطوبت بهینه (16/4%) تهیه گردید. سپس آبیاری گلدان‌ها از بالا انجام شد. ته گلدان‌ها دارای سوراخ زه کش بود. بعد از کاشت طی بازدیدهای هر روزه، بمجردی که لپه اولیه در حال خروج از خاک بود و بطور کامل خارج نشده بود (معیاری برای سبز شدن) دو گیاهچه از خاک بطورکامل برداشت و پس

1. Kidney bean

از شستشوی کامل و خشک کردن آب سطحی آنها، وزن تر آنها اندازه‌گیری شد، در فالکون تیوب قرارداد شدند و در ازت مایع نگهداری شدند. سپس به فریزر 80- درجه سانتیگراد منتقل شدند. بعد از آن، اندازه‌گیری غلظت پرولین براساس روش بیتس و همکاران (1973)، انجام شد. سپس شمارش روزانه گیاهچه‌های سبز شده در یک بازه‌ی زمانی 10 روزه ادامه یافت و در پایان روز دهم اولین نمونه برداری برای تعیین وزن خشک مرحله اول گیاهچه انجام شد. برای اندازه گیری وزن خشک، از هر تیمار 4 گیاهچه به مدت 24 ساعت در دمای 75 درجه سانتیگراد در آون قرار داده‌شدند و سپس با ترازوی دقیق (دقت 0/001 گرم) توزین شدند. در مرحله دوم نمونه برداری که به فاصله 10 روز بعد بود صفات ارتفاع و وزن تر گیاهچه، سطح برگ، طول ریشه و تعداد انشعابات ریشه گیاهچه اندازه‌گیری شدند. برای تعیین تعداد انشعابات ریشه، بخش ریشه بخوبی با آب شسته شد و تعداد کل انشعابات ریشه گیاهچه های نمونه برداری شده مجموعاً شمارش و بر تعداد گیاهچه تقسیم شد. سرعت رشد و سرعت رشد نسبی گیاهچه با استفاده از وزن خشک مرحله اول و دوم گیاهچه و فاصله زمانی بین دو نمونه برداری (10 روز) براساس فرمول‌های زیر محاسبه شدند (گاردنر و همکاران، 1985).

سرعت رشد گیاهچه= $(DW1-DW2) / (T2-T1)$

سرعت رشد نسبی گیاهچه = $(\ln DW2 - \ln DW1) / (T2 - T1)$

در فرمول‌های فوق DW1 و DW2 به ترتیب وزن خشک گیاهچه در نمونه برداری اول و دوم و T2-T1 نیز تفاوت زمانی بین دو نمونه برداری است.

آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار MINITAB انجام گردید و همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام شد. جهت رسم گراف‌ها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تراکم بیش از 10 درصد خاک سبب کاهش رشد و توان گیاهچه شد. آماده سازی هورمونی بذر بر شاخصهای رشدی گیاهچه تأثیر معنی‌داری داشت و سبب بهبود آنها شد. بیشترین میزان طول ریشه در شرایط آماده سازی با GA50 ppm + SA50 ppm و عدم تراکم (خاک دست نخورده) مشاهده شد. تیمار آماده سازی بذر بر پرولین، اثرات معنی‌داری داشت. کمترین میزان پرولین در تیمار شاهد (آماده سازی نشده) و تراکم 10 درصد و بیشترین آن در تیمار GA50 ppm + SA50 ppm و عدم تراکم (خاک دست نخورده) مشاهده شد.

اثر آماده سازی بذور و تراکم خاک بر طول ریشه

طول ریشه تحت تأثیر آماده سازی بذر و تراکم خاک قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل(جدول-1) نشان داد بیشترین طول ریشه (40/58 سانتی‌متر) در تیمار(GA50 ppm + SA50 ppm) تحت عدم تراکم (خاک دست نخورده) بود و کمترین طول ریشه (9/13 سانتی‌متر) مربوط به تیمار عدم آماده سازی تحت تراکم 20% خاک مشاهده شد (جدول -1).

با کاهش تراکم خاک و امکان نفوذ ریشه به عمق‌های پایینی طول ریشه افزایش یافته است. نتایج نشان می‌دهد با افزایش تراکم خاک از 5 % به 20 % به علت تراکم خاک و تهویه نامناسب امکان طویل شدن ریشه فراهم نبوده است، لذا طول ریشه کاهش یافته است. مقاومت مکانیکی پیشرفته همراه با کاهش عمق و تراکم ریشه سرعت تقسیم سلول‌های گیاه را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش طول سلول‌های مریستم نوک ریشه می‌گردد که در ادامه کاهش طول ریشه را به دنبال دارد. البته ریشه با بهره‌گیری از برخی خصوصیات فیزیولوژیکی خود از جمله افزایش قطر ریشه، ترشح مخاط در نوک ریشه و ایجاد دیواره های سلولی مستحکم در جهت تعدیل این عارضه اقداماتی را انجام می‌دهد(مکنزی و همکاران،2013). ابراهیمی کولایی و همکاران (1389) در بررسی تأثیر تراکم خاک بر عملکرد و عیار چغندرقند به این نتیجه رسیدند که تراکم خاک باعث کاهش رشد ریشه‌های موئین، کاهش تهویه خاک و در نتیجه پایین آمدن توان گیاه در جذب عناصر غذایی، آب و درصد کلروفیل چغندرقند می‌شود.

با توجه به تأثیر آماده سازی بر سرعت سبز شدن و اثر آن بر بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای به نظر می‌رسد گیاهان حاصله از بذور پرایم شده آب و مواد غذایی بیشتری جذب نموده لذا طول ریشه چه بیشتر می‌گردد(فاروق و همکاران،2006). افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح مناسب تیمار آماده سازی احتمالاً به علت تحریک فعالیت‌های متابولیک در داخل جنین می‌باشد. برای مثال در هنگام جذب آب، همانندسازی DNA، تحریک فعالیت RNAو درنتیجه پروتئین سازی، ترمیم غشای سلولی و افزایش غلظت هورمون‌های محرک جوانه‌زنی صورت می‌گیرد که مجموعه این عوامل مقدمات جوانه‌زنی را فراهم می‌آورند و زمانی که این بذور تیمار شده تحت شرایط جوانه‌زنی قرار می‌گیرند در مقایسه با شاهد پیشی می‌گیرند (کانجوسکی و همکاران،1997). آماده سازی هورمونی با سالیسیلیک اسید و جیبرلین در شرایط زوال

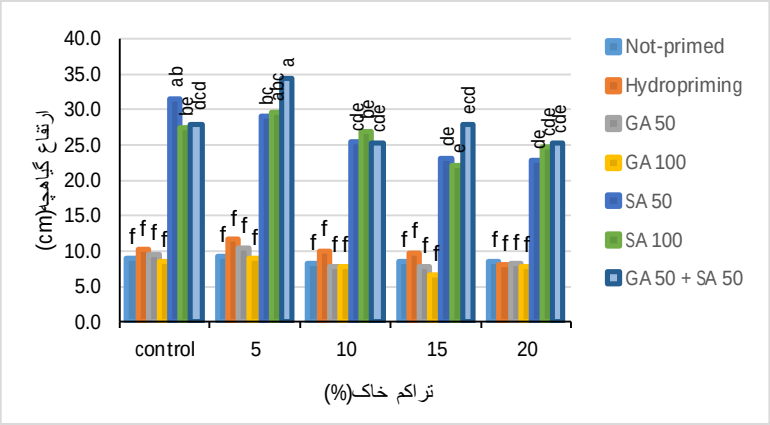
بذر، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه لوبیا چیتی را را بهبود بخشید (امیریانی و همکاران، 1397).

اثر آماده سازی بذور و تراکم خاک بر تعداد انشعابات ریشه

تعداد انشعابات ریشه تحت تأثیر آماده سازی بذر و تراکم خاک قرار گرفت. بیشترین تعداد انشعابات ریشه 8 عدد در تیمار A50 ppm + SA50 ppm و تراکم 20 % خاک بود و کمترین تعداد انشعابات ریشه 3/66 عدد در تیمار عدم آماده سازی و عدم تراکم (خاک دست نخورده) مشاهده شد (جدول-1). با افزایش میزان تراکم خاک از 10 % به بالاتر، ریشه در تلاش برای توسعه در فضای خاک تعداد انشعابات خود را افزایش داده است تا راهی برای دست‌یابی به آب و عناصر غذایی بهینه در خاک پیدا نماید. تراکم خاک با افزایش چگالی خاک، کاهش تخلخل و هدایت آبی در خاک منجر به کاهش توسعه ریشه و جذب عناصر غذایی توسط ریشه می‌گردد (پاولیستا و بلومنتال،2000). به عبارتی تراکم بالای خاک ضمن کاهش نفوذپذیری هوا و کاهش جریان مواد مغذی در خاک باعث کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی ریشه می‌گردد (سیلوا و همکاران، 2011). در گیاه تنباکو با کاهش تراکم خاک امکان گسترش ریشه‌ها و خروج ساقه‌چه در خاک فراهم می‌گردد (میکائیل و همکاران،2019). محققین در بررسی تأثیر رطوبت و تراکم خاک بر خصوصیات مورفولوژیک و اجزاء عملکرد لوبیا چشم بلبلی گزارش کردند که افزایش مقاومت مکانیکی خاک باعث توزیع نامناسب تعداد انشعابات ریشه شد (صالحی و همکاران،2014). عیسوند و همکاران (1390)، نشان دادند که آماده سازی آبی منجر به افزایش وزن تر و خشک ریشه، سرعت رشد گیاهچه، وزن‌تر بخش هوایی و تعداد گره تثبیت کننده نیتروژن شد. آماده سازی بذر با جیبرلین سبب افزایش طول ساقه، قدرت بذر و طول ریشه شد.

اثر آماده سازی بذور و تراکم خاک بر ارتفاع گیاهچه

بیشترین ارتفاع گیاه (34/37 سانتی‌متر) در تیمار ترکیبی SA50ppm+GA50ppm و تراکم 5 % خاک بود و کمترین ارتفاع گیاهچه (6/600 سانتی‌متر) در تیمار GA100ppm و تراکم 15% خاک مشاهده شد (شکل-1). با توجه به مشاهدات در شرایط عدم تراکم خاک و تراکم 5 % میزان ارتفاع گیاهچه روند افزایشی داشته است ولی با افزایش تراکم خاک از 10 % به بالاتر این روند افزایشی با کاهش رو به رو شده است. به نظر می‌رسد که افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش شدت فتوسنتز، تولید کربوهیدرات ها و در نتیجه ارتفاع گیاه و قطر ساقه می‌شود. میزان آنزیم‌های آمیلاز و ساکارز سینتاز در ساقه و ریشه گیاهچه‌های پرایم شده افزایش پیدا می‌کند. افزایش غلظت آنزیم‌هایی می‌تواند از دلایل افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بذرهای پرایم شده نسبت به شاهد باشد (کائور و همکاران،2005).



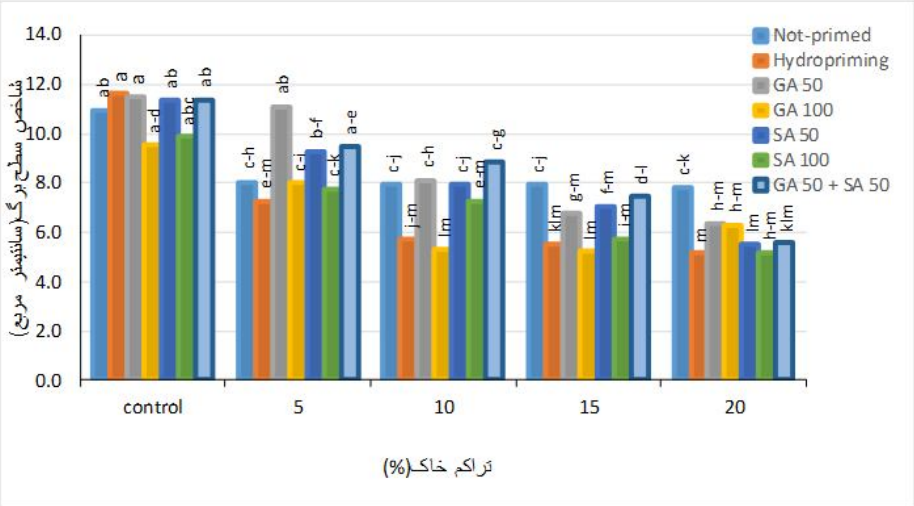
شکل 1- اثر آماده سازی هورمونی بذر لوبیای قرمز بر ارتفاع گیاهچه در تراکم‌های مختلف خاک(مقایسه میانگین ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال 0/05 انجام شد. میانگین های واجد حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی درای باهم ندارند).

افزایش در ارتفاع گیاه، تا زمانی که موجب تحریک پدیده خوابیدگی نشود، می‌تواند موجب افزایش رشد و عملکرد گردد. زیرا ارتفاع بوته از عوامل تأثیرگذار بر قابلیت رقابت و استفاده بیشتر از نور خورشید است. به احتمال زیاد این مسئله به دلیل توزیع بهتر نور در داخل تاج پوشش ناشی می‌گردد. همچنین ساقه محلی برای انباشت کربوهیدرات‌ها است که پس از عمل لقاح و نمو دانه با انتقال این ترکیبات به سوی مقصدهای جدید حرکت کرده

و باعث افزایش تعداد دانه گردد. علاوه بر این کاربرد جیبرلین با افزایش تقسیم سلولی و نیز با تحریک طویل شدن سلولی موجبات افزایش رشد گیاه می‌گردد (اوزونیدو و الیاس،2005). جلیلیان و همکاران به بررسی اثر آماده سازی بذر جو در شرایط تنش خشکی پرداختند. نتایج تحقیقات نشان داد که آماده سازی بذور می تواند سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ریشه و ارتفاع بوته را نسبت به بذور شاهد به طور معنی‌داری افزایش دهد (جلیلیان و همکاران،2014). تراکم خاک با کاهش رشد و توسعه ریشه و نیز کاهش جذب آب و عناصر غذایی کافی به وسیله گیاهان منجر به کاهش رشد بخش هوایی در گیاه می‌شود. از طرفی تراکم خاک ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک را تغییر می‌دهد و باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز، اوره آز، آمیداز و دهیدروژناز می‌شود که ممکن است بر فراهمی عناصر غذایی برای گیاهان اثر داشته باشد و منجر به کاهش ارتفاع آن‌ها گردد (تان و همکاران،2008). میر انصاری و همکاران (1387)، گزارش کردند که تراکم خاک باعث کاهش رشد ساقه ذرت شده و در نتیجه باعث رشد نامطلوب گیاه شده است. محققین در بررسی اثرات تراکم خاک بر سبز شدن و رشد اولیه گیاهچه‌های پنبه و چغندر قند گزارش کردند که افزایش تراکم خاک منجر به کاهش ارتفاع نهایی گیاهچه‌ها شد (جمتوس و للیس،1999).

اثر آماده سازی بذور و تراکم خاک بر شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص سطح برگ گیاهچه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر کاربرد آماده سازی بذر، تراکم خاک و اثر متقابل آماده سازی × تراکم خاک قرار گرفت. بیشترین شاخص سطح برگ با میانگین11/61 سانتی‌متر مربع مربوط به اثر متقابل تیمار آماده سازی آبی و همچنین غلظت پایین هورمونها (50ppm) تحت عدم تراکم خاک مشاهده شد و کمترین شاخص سطح برگ با میانگین 5/150 سانتی‌متر مربع مربوط به اثر تیمار آماده سازی آبی و تراکم 20 % خاک بود (شکل -2).



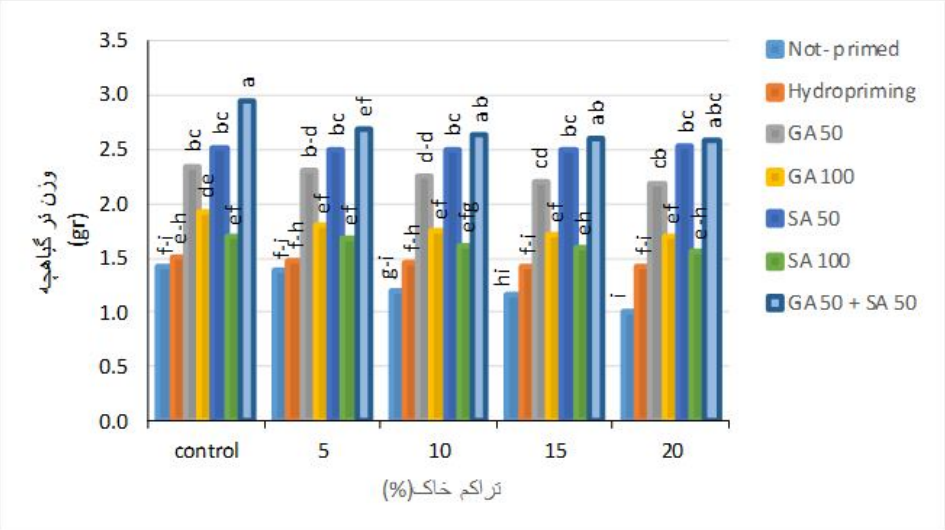
شکل 2- اثر آماده سازی هورمونی بذور لوبیای قرمز بر شاخص سطح برگ در تراکم‌های مختلف خاک(مقایسه میانگین ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال 0/05 انجام شد. میانگین های واجد حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی درای باهم ندارند).

برگ‌ها مهمترین اندام فتوسنتزی گیاه می‌باشند. شاخص سطح برگ توسط واتسون به عنوان بهترین معیار ظرفیت تولید ماده خشک پیشنهاد شده است (سرمدنیا و کوچکی، 1369). کاربرد هورمون‌های گیاهی در بسیاری از فرآیندهای گیاهی نظیر فتوسنتز، تعرق، انتقال مواد و جذب یون نقش داشته از این رو در رشد و نمو مؤثر است. همچنین بیوسنتر اتیلن، بازو بسته شدن روزنه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. باعث افزایش سطح کلروفیل، ازدیاد رنگیزه‌های گیاهی و افزایش سطح فتوسنتز می‌شود. در نتیجه بالا رفتن شاخص سطح برگ را خواهیم داشت (گالال،2012). وحید و همکاران (1377) اظهار داشتند که افزایش سطح برگ ممکن است به دلیل القاء فعالیت‌های متابولیک در جنین در طی فرآیند آماده سازی بذر باشد. بذور پرایم شده ارقام جو نسبت به بذور پرایم نشده به علت سبز شدن سریع تر و کامل تر از سطح برگ بیشتری برخوردارند (دادرسی و همکاران، 1391).

محققین گزارش نمودند که آماده سازی آبی منجر به افزایش وزن خشک گیاهچه، سطح برگ و عملکرد بیولوژیک در گیاه نخود می‌گردد (عبادی و گلجکامل،2009). تان و همکاران (2008)، گزارش دادند که تراکم خاک با کاهش 13 تا 36 درصدی منافذ پر از هوا، باعث کاهش تهویه خاک و کاهش زیست توده میکروبی در خاک شد. به نظر آنان این پدیده بر میزان کربن ونیتروژن خاک اثر گذاشته و باعث کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش رشد برگ و عملکرد گیاه می‌شود. خلیلیان و همکاران (1991)، گزارش کردند که تهویه ضعیف خاک‌های فشرده، معدنی شدن ماده آلی را کاهش داده و باعث کاهش معدنی شدن نیتروژن، فسفر و عناصر دیگر و در نتیجه جذب آن‌هابه وسیله گیاه می‌شود ؛ در نتیجه رشد برگ و گیاه کاهش می‌یابد.

اثر آماده سازی بذور و تراکم خاک بر وزن تر گیاهچه

نتایج نشان داد که وزن تر گیاهچه تحت تأثیر کاربرد آماده سازی بذر و تراکم خاک قرار گرفت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن تر گیاهچه‌ها (2/950 گرم) از تیمار آماده سازی با GA50ppm + SA50ppm در عدم تراکم خاک (خاک دست نخورده) و کمترین آن به میزان (1/013 گرم) در تیمار عدم آماده سازی و تراکم 20 % خاک مشاهده شد (شکل-3). بر اساس نتایج حاصله می توان بیان داشت که آماده سازی هورمونی در غلظت‌های پایین توانست وزن تر گیاهچه‌ها را نسبت به تیمار شاهد (عدم آماده سازی) بهبود ببخشد، از طرفی اعمال تراکم خاک در تراکم‌های بالاتر از 10 % میزان وزن تر گیاهچه‌ها را با روند کاهشی رو به رو ساخت. بر طبق تحقیقات بذرهای پرایم شده در مقایسه با بذرهای شاهد با سرعت بیشتری جوانه می‌زنند. جوانه‌زنی سریع و سبز شدن یکنواخت در مزرعه برای استقرار موفقیت‌آمیز گیاه زراعی در هر شرایطی ضروری است، اما جوانه‌زنی کند و غیر یکنواخت با تولید گیاهان کمتر و کوچک‌تر منجر می‌شود که در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده آسیب بپذیرند. همچنین با افزایش طول دوره‌ی سبز کردن بستر بذر خراب می‌شود و تراکم خاک افزایش می‌یابد که در نهایت موجب به استقرار پوشش گیاهی ضعیف در مزرعه و کاهش وزن تر گیاهچه‌ها می‌شود (عبدالرحمانی،2007).



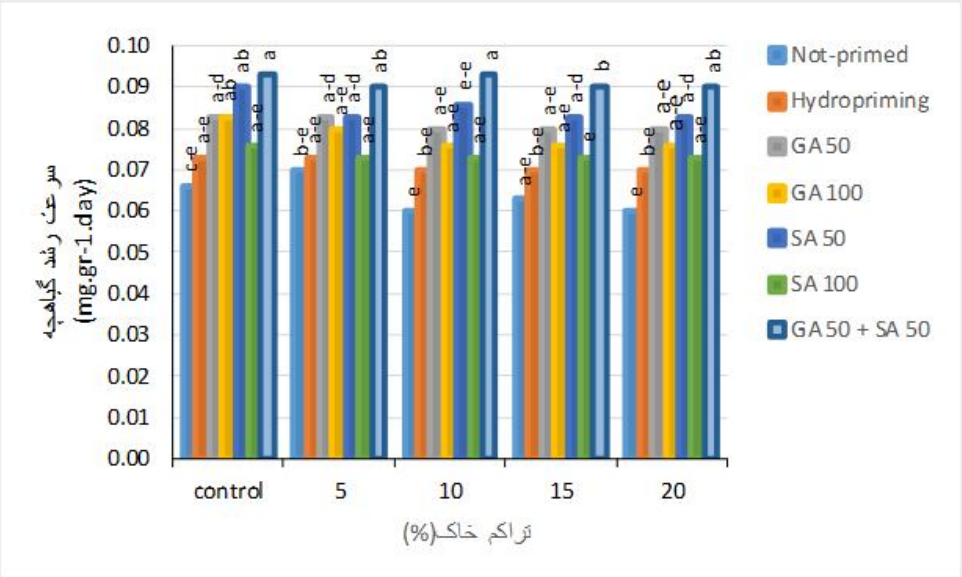
شکل 3- اثر آماده سازی هورمونی بذور لوبیای قرمز بر وزن تر گیاهچه‌ها در تراکم‌های مختلف خاک (مقایسه میانگین ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال 0/05 انجام شد. میانگین های واجد حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی درای باهم ندارند).

بالاتر بودن وزن تر گیاهچه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلیک در مقایسه با بذرهای شاهد بیانگر این مطلب است که با جذب آب بیشتر سیستم ریشه‌ای توسعه یافته‌ای تولید می‌شود که همراه با کنترل روزنه‌ای بیشتر در رابطه با تعرق آب وزن‌تر بافت‌های سبزینه‌ای را بهبود می‌بخشد (اراسالان و همکاران، 2008). آماده سازی بذرهای گندم با یک میلی‌مولاراسیدسالیسیلیک به شدت توانست ارتفاع گیاهچه، سطح برگ پرچم گندم و در نهایت وزن تر گیاهچه را بهبود بخشد (رافیا و همکاران،2012). یکی از دلایل افزایش وزن تر گیاهچه توسط هورمون اسیدجیبرلیک احتمالاً به خاطر افزایش در رشد و تقسیمات سلولی از طریق تأثیر بر سنتز و فعالیت

هورمون اکسین و سیتوکنین می‌باشد (آذرنیا و همکاران، 1395). عیسوند و همکاران (1390)، گزارش نمودند که آماده سازی هورمونی و آماده سازی آبی نسبت به شاهد تاثیر مثبت بیشتری بر وزن‌تر گیاهچه در شرایط دیم و آبی دارد. رشد و توسعه ریشه در جذب آب و مواد غذایی و افزایش وزن تر گیاهچه تأثیرگذار است اما با افزایش چگالی ظاهری خاک این امر میسر نمی‌گردد، در نتیجه وزن تر گیاهچه‌ها با افزایش تراکم خاک محدود می‌شود(گرزسیاک،2009).

اثر آماده سازی بذور و تراکم خاک بر سرعت رشد گیاهچه

سرعت رشد گیاهچه تنها تحت تأثیر آماده سازی بذر قرار گرفت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین سرعت رشد گیاهچه 0/093 گرم بر گیاهچه در روز در در تیمار (GA50 ppm + SA50 ppm) و عدم تراکم (خاک دست نخورده) بود و کمترین سرعت رشد گیاهچه 0/060 گرم بر گیاهچه در روز در تیمار عدم آماده سازی و تراکم 20 % خاک مشاهده شد (شکل -4).



شکل 4- اثر آماده سازی هورمونی لوبیای قرمز بر سرعت رشد گیاهچه در تراکم‌های مختلف خاک (مقایسه میانگین ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال 0/05 انجام شد. میانگین های واجد حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی درای باهم ندارند).

سیدی و همکاران (1391) با بررسی اثر آماده سازی آبی بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گلرنگ تحت تنش خشکی نشان دادند که آماده سازی آبی با بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی گلرنگ منجر به افزایش سرعت رشد گیاهچه در شرایط تنش خشکی می‌گردد. نتیجه تحقیق سمیعی و همکاران (1393) در بررسی اثر عوامل مؤثر در فرآیند آماده سازی آبی بذر (زمان و دما) بر کیفیت فیزیولوژیک بذر و گیاهچه گندم دیم رقم کوهدشت در شرایط تنش خشکی نشان داد که دما اثر معنی‌داری بر سرعت رشد گیاهچه دارد. عیسوند و همکاران در دو مطالعه جداگانه 1390 و 1394 گزارش نمودند که پرایمینگ هورمونی با اسید جیبرلیک، اسید سالیسیلیک و اسیدآبسیزیک سبب افزایش سرعت رشد گیاهچه نخود و هویج شد. همچنین گزارش نمودند اسید جیبرلیک 100 پی پی ام در شرایط دیم و آبی سرعت رشد گیاهچه نخود را افزایش داد (عیسوند و همکاران،1390).

اثر آماده سازی بذور و تراکم خاک بر سرعت رشد نسبی

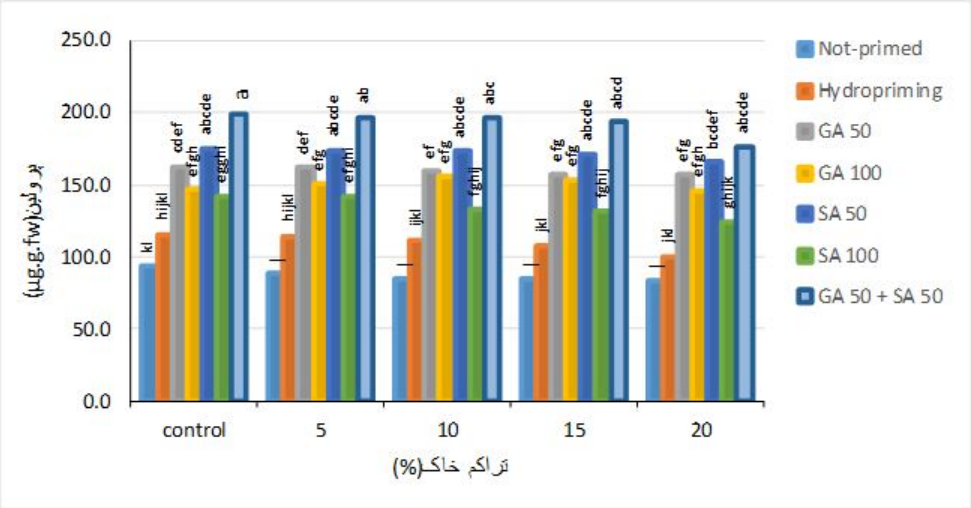
نتایج نشان داد که سرعت رشد نسبی تنها تحت تأثیر آماده سازی بذر قرار گرفت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین سرعت رشد نسبی 0/053 گرم بر گرم در روز در در تیمار (GA50 ppm + SA50 ppm) و تراکم خاک 5 % بود و کمترین سرعت رشد گیاهچه 0/023 گرم بر گرم در روز در تیمار عدم آماده سازی و تراکم 20 % خاک مشاهده شد (جدول 1).

سرعت رشد نسبی بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است. هدف از اندازه‌گیری این شاخص ارزیابی راندمان تولید است. تغییرات سرعت رشد نسبی بر مبنای روزهای پس از کاشت نشان می‌دهد که در طی فصل رشد به واسطه‌ی

پیرشدن برگ‌های پایینی، در سایه قرار گرفتن آن‌ها و نیز افزایش بافت‌های ساختمانی که نقشی در فتوسنتز ندارند میزان سرعت رشد نسبی محصول کاهش می‌یابد (سرمدنیا و کوچکی، 1372). عبدالرحمانی و همکاران (1390) در بررسی اثر آماده سازی بذر بر روند رشد و عملکرد دانه جو رقم آبیدر در شرایط دیم به این نتیجه رسیدند که آماده سازی بذر موجب بهبود تجمع ماده خشک و افزایش سرعت رشد نسبی در این گیاه می‌گردد. نتیجه تحقیق آذرنیا و همکاران (1393)، بر روی اثر آماده سازی بذر بر برخی خصوصیات رویشی گیاهچه عدس نشان داد که تیمار آماده سازی آبی نسبت به شاهد منجر به افزایش وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه عدس و نیز افزایش سرعت رشد نسبی در گیاهچه عدس می‌گردد. عیسوند و همکاران1390 و 1394 گزارش نمودند که پرایمینگ هورمونی با اسید جیبرلیک، اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک سبب افزایش سرعت رشد نسبی گیاهچه نخود و هویج شد.

اثر آماده سازی بذور و تراکم خاک بر پرولین

میزان پرولین تحت تأثیر آماده سازی قرار گرفت. میزان پرولین تا تراکم 15% تغییرات معنی داری نداشت و کلیه تیمارهای آماده سازی از این نظر مشابه بودند. اما در تراکم 20%، آماده سازی با GA50 ppm سبب افزایش معنی دار پرولین شد. از طرف دیگر کمترین میزان پرولین در بذرهای پرایم نشده و تراکم 5% مشاهده شد(شکل -5). پس از جذب آب طی آماده سازی هورمون جیبرلین از جنین ترشح شده و به لایه آلورن انتقال می یابد. این لایه هم به عنوان بافت ذخیره‌ای و هم به عنوان ترشح کننده آنزیم‌های هیدرولیکی عمل می‌کند. در نهایت این آنزیم‌ها به لپه ها انتقال یافته و موجب هیدرولیز ترکیبات ذخیره‌ای لپه‌ها از جمله پروتئین و تولید اسیدآمینه پرولین طی جوانه‌زنی می‌گردد (ترکان،2011).پرولین اسمولیتی خنثی می‌باشد که با حفاظت از ساختارهای سلولی، ماکرومولکول‌ها و غشاهای سلولی را در برابر تنش‌های مختلف منجر به پایداری آنزیم‌ها در برابر آن‌ها می‌شود (کاوی‌کیوشر و همکاران، 2005). پرولین در مقایسه با سایر اسمولیت‌های متداول به ویژه قندهای معمولی و الکلی از کارایی بالایی برای حفاظت در برابر تنشها برخوردار است و با اثر مستقیم در ثبات بخشیدن به ماکرومولکول‌ها و لایه‌های آبگیر آن‌ها و نیز به علت ویژگی‌های آنتی اکسیدانی خود به طور غیر مستقیم اثر حفاظتی نشان می‌دهد. افزایش فعالیت آنزیم پرولین باعث سمیت‌زدایی و جلوگیری از اثرات بازدارنده و تخریب کنندگی گونه‌های اکسیژن فعال می‌گردد (ونگ و همکاران،2019). سنتز پرولین فرایندی است که منجر به مصرف NADPH که یکی از احیاکنندگان قوی در کلروپلاست می‌باشد می‌شود و از این طریق علاوه بر کاهش میزان انواع اکسیژن فعال به حفظ چرخه انتقال الکترون در جریان فتوسنتز کمک می‌کند (ترکان،2011). در مجموع می توان گفت که نقش اسمولیت‌هایی مانند پرولین محافظت از پروتئین‌ها، غشاء و آنزیم‌ها از خسارت‌های ناشی از تنش‌های محیطی است (اشرف و فولاد،2007).



شکل 5- اثر آماده سازی هورمونی بذرلوبیای قرمز بر پرولین گیاهچه در تراکم‌های مختلف خاک (مقایسه میانگین ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال 0/05 انجام شد. میانگین های واجد حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی درای باهم ندارند).

نتیجه‌گیری

آماده سازی هورمونی می‌تواند کیفیت گیاهچه را حتی در شرایط تراکم خاک بهبود بخشد. تراکم زیاد (15 و 20 درصد) خاک برای کیفیت گیاهچه نامطلوب است اما تراکم کم (5 و 10 درصد) به دلیل اینکه تماس بذر با خاک را در وضعیت بهینه رطوبتی نگه می‌دارد و در واقع سبب آبنوشی بهینه بذر می‌شود می‌تواند در مقایسه با خاک بدون تراکم، بستر بهتری برای سبز شدن و استقرار گیاهچه باشد. از طرف دیگر در خاک بدون تراکم، ریشه رشد بیشتری دارد که می‌تواند به دلیل پایین بودن مقاومت مکانیکی خاک در برابر رشد ریشه باشد. تغییرات زیادی در صفات فیزیولوژیک نظیر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز در اثر آماده سازی و یا تراکم خاک مشاهده شد. پرولین در برخی سطوح تراکم تحت تأثیر آماده سازی قرار گرفت.

جدول 1- مقایسه میانگین برخی صفات مورد آزمایش در لوبیا

تراکم خاک (%)	تیمارهای آماده سازی بذر	طول ریشه (cm)	تعداد انشعابات ریشه	سرعت رشد نسبی (gr/gr/day)
عدم تراکم	Not-primed	16.50^{hi}	3.66^{m}	0.066^{cde}
	Hydro priming	27.17^{g}	4.66^{ijklm}	0.073^{abcde}
	GA50	31.73^{cdefg}	$5.60^{defghijk}$	
	GA100	30.33^{cdefg}	$5.50^{efghijk}$	0.083^{abcd} 0.083^{abcd}
	SA50	34.98^{bcd}	$6.00^{bcdefghi}$	0.090^{ab} 0.073^{abcde}
	SA100	29.33^{fg}	$5.33^{fghijkl}$	
	GA50+SA50	40.58^{a}	6.50^{bcdefg}	0.093^{a}
%5	Not-primed	16.33^{hi}	4.00^{lm}	0.070^{bcde}
	Hydro priming	20.80^{h}	4.83^{hijklm}	0.073^{abcde}
	GA50	31.50^{cdefg}	$5.83^{cdefghi}$	0.083^{abcde}
	GA100	30.19^{cdefg}	$5.66^{defghij}$	0.080^{abcde}
	SA50	34.83^{bcde}	6.33^{bcdefg}	0.083^{abcd}
	SA100	28.92^{g}	$5.50^{efghijk}$	0.073^{abcde}
	GA50+SA50	37.73^{ab}	7.16^{abc}	0.090^{ab}
%10	Not-primed	16^{hi}	4.16^{klm}	0.060^{e}
	Hydro priming	20.33^{h}	5.16^{ghijkl}	0.070^{bcde}
	GA50	31.42^{cdefg}	$6.00b^{cdefghi}$	0.080^{abcde}
	GA100	$30d^{efg}$	$5.83^{cdefghi}$	0.076^{abcde}
	SA50	34.33^{bdef}	6.66^{abcdef}	0.086^{abcde}
	SA100	28.67^{g}	5.66^{defg}	0.073^{abcde}
	GA50+SA50	37.58^{ab}	6.83^{abcde}	0.093^{a}
%15	Not-primed	12.33^{ij}	4.33^{jklm}	0.063^{abcde}
	Hydro priming	18.88^{h}	5.16^{ghijkl}	0.070^{bcde}
	GA50	27.67^{g}	6.83^{abcde}	0.080^{abcde}
	GA100	29.75^{efg}	6.00^{bcde}	0.076^{abcde}
	SA50	34.13^{bcdef}	6.83^{abcde}	0.083^{abcde}
	SA100	28.17^{g}	$6.00^{bcdefghi}$	0.073^{abcde}
	GA50+SA50	37.50^{ab}	7.00^{abcd}	0.090^{ab}
%20	Not-primed	9.30^{j}	4.33^{jklm}	0.060e
	Hydro priming	17.0^{kl}	$5.33^{fghijkl}$	0.070^{bcde}
	GA50	30.62^{cdefg}	7.33^{ab}	0.080^{abcde}
	GA100	29.42^{fg}	$6.27^{bcdefgh}$	0.076^{abcde}
	SA50	32.07^{cdefg}	7.33^{ab}	0.083^{abcd}
	SA100	27.56^{g}	$6.16^{bcdefgh}$	0.073^{abcde}
	GA50+SA50	35.25^{bc}	8.8400^{a}	0.090^{abcd}
	آماده سازی بذر	**	**	**
	تراکم خاک	**	**	ns
	آماده سازی× تراکم	ns	ns	ns
	LSD (0.05)	4.319	1.212	0.01619

مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال 0/05 انجام شد. در هر ستون میانگین‌های واجد حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی داری باهم ندارند.

فهرست منابع:

1. ابراهیمی کولایی، ح.، نوروزی، ع.، حسنی، م.، بختیاری، م. ر.، پدرام، ع و ح. نوشاد.1389.تأثیر فشردگی خاک بر برخی صفات کمی و کیفی چغندرقند. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان. مجله چغندرقند. 26(2):205-214.
2. امیریانی دولیسگانی، م.، عیسوند، ح. ر.، فیضیان، م.، و د.گودرزی. 1397. بررسی اثر پیش‌تیمار بذر بر پارامترهای جوانه زنی، هدایت الکتریکی، نشت پتاسیم و برخی صفات گیاهچه حاصل از بذر پیر شده لوبیا چیتی رقم خمین (*Phaseolus vulgaris* L. Var. Khomeyn).علوم و تحقیقات بذر ایران. 5 (3):101-89.
3. داددرسی، و.، ابوطالبیان، م. ع.، احمدوند، گ.، موسوی، س.، و م. سیدی. 1391. تأثیر پرایمینگ بذر در مزرعه و دور آبیاری بر شاخص های رشد دو رقم ذرت. دو فصلنامه دانشور علوم زراعی. 3 (7) :88-67.
4. عیسوند، ح. ر.، آذرنیا، م.، نظریان فیروزآبادی، ف و ر. شرفی. 1390. بررسی اثر جیبرلین و اسید آبسزیک بر سبز شدن و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی بذر و گیاهچه نخود در شرایط دیم و آبی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران .42(4): 789-797.
5. سمیعی، ز.، عیسوند، ح. ر.، گودرزی، د. و ن.اکبری.1393. بررسی اثر عوامل مؤثر در فرآیند هیدروپرایمینگ بذر (دما و زمان) بر کیفیت فیزیولوژیک بذر و گیاهچه گندم دیم رقم کوهدشت تحت تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان.
6. سیدی، م.، بوربور، ا. ،دادرسی،و.، صادقی، ف و ج.حمزئی.1391.تاثیر هیدروپرایمینگ بر بهبود جوانه‌زنی گلرنگ تحت تنش خشکی، مجله دانش زراعت. 5 (8): 14-1.
7. سرمدنیا، غ و ع.کوچکی .1369. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ دوم.ص 467 .
8. عبدالرحمانی،ب.1390. پرایمینگ غذایی بذر روشی برای بهبود بنیه بذر و رشو و نمو گیاهان زراعی. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت .دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس.
9. Abdolrahmani, B., K., Ghassemi-Golezani, M., Valizadeh, and V. Feizi Asl. 2007. Seed priming and seedling establishment of barley (*Hordium voulgare* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment. 5: 179-184.
10. Ansari, O., H.R., Choghazardi, F., Sharif Zadeh, and H. Nazarli. 2013. Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of Mountain Rye (*Seecale montanum*) as affected by drought stress, Cercetări Agronomice în Moldova. 2 (150): 43-48.
11. Ashraf, M, and M.R. Foolad. 2007. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental Experiment of Botany. 59: 206–216.
12. Bates, I.S., R.P .,Waldern, and I.D. Tear. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39:205-207.
13. Beebe, S.E., I.M., Rao, and J.A. Acosta-Gallegos. 2013. Phenotyping commonbeans for adaptationto drought. Frontiers in Physiology. 4:35 https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00035.
14. Chimungu, J.G., W.L., Kenneth, and J.P. Lynch. 2015. Root anatomical phenes predict root penetration ability and biomechanical properties inmaize (*Zea mays*). Journal of Experimental Botany. 66:3151–3162.
15. Descalzi, C., O., Balocchi, I., López, P., Kemp, and J. Dörner. 2018. Different soilstructure and water conditions affect the growing response of *Lolium perenne* L. and *Bromus valdivianus* Phil. growing alone or in mixture. Journal of Soil Science Plant Nutrition. 18:617–635.
16. Ebadi, A., and S. Gollojeh Kamel. 2009. Effects of seed priming on growth and yield of chickpea under saline soil. Recent Research in Science and Technology. 16: 2076-5061.

17. Ebrahimi, B., F., Goshchi, and M. Naseri. 2012. Effect of hydropriming on a few characteristics of (*Echium amoenum* L.) seeds. Internathional Journal of Agriculture and Crop Sciences. 24: 1840-1843.
18. Eisvand, H., M., Alizadeh, and A. Fekri. 2010. How hormonal priming of aged and nonaged seeds of bromegrass affects seedling physiological characters. Journal of New Seeds. 11(1): 52-64.
19. Eraslan, F., A., Inal, and D.J. Pilbeam. 2008. Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. *cv. Matador*) grown under boron toxicity and salinity. Plant Growth Regulation. 55: 207-219.
20. Farooq, M., S.M.A., Basra, A., Wahid, and M.B. Khan. 2006. Rice seed invigoration by hormonal and vitamin priming. Seed Science and Technology. 34:775-780.
21. Foti, R., K., Abureni, A.,Tigere, J., Gotosa, and J. Gere. 2008. Seedling and stablishment in arid and semiarid zones. Journal of Arid Environments. 72: 1127-1130.
22. Galal, A. 2012. Improving effect of salicylic acid on the multipurpostree Ziziphusspina-christi (L.) Willd Tissue Culture. American Journal of Plant Sciences. 3(7): 947-952.
23. Gardner, F. P., R. B. Pearce, and R. L. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants. Ames, IA: Iowa State University Press.
24. Gemtos, T.A, and T. Lellis. 1999. Plant growth of cotton and suger beet. Journal of Agriculture and Engineering Research. 66(2):121-134.1999.
25. Ghanbari, M., E.M., Modares sanavi, E., Mokhtasi bidgoli, and P. Talebi siahsaran. 2018. Effect of hydropriming and aging of bean seed under salinity stress. Iranian Journal of Seed Research. 4(2): 37-55.
26. Gharib, F.A, and A.Z. Hegazi. 2010. Salicylic acid ameliorates germination, seedling growth, phytohormone and enzymes activity in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under cold stress. Journal of American Science. 6(10):675-683.
27. Grzesiak, M.T. 2009. Impact of soil compaction on root architecture, leaf water status, gas exchange and growth of maize and triticale seedlings. Plant Root. 3: 10-16.
28. Heidari, J., U., Alizadeh, and A. Fazeli. 2019. The effect of seed pretreatment and foliar application of salicylic acid on some physiological characteristics and yield of mungbean under drought strees. Conditions Journal of Crop Production Research. 26(2):141-127.
29. Jalilian, J., R., Khalilzadeh, and E. Kanpaye. 2014. Improving of barley seedling growth by seed priming under water deficit strees. Journal of Strees Physiology and Biochemistry. 10 (2): 1-10.2014.
30. Kanjosky, B.L., J., McPherson, and B.E. Ellis. 1997. Preactivating wounding response in tobacco prior to high level ozone exposure prevents necrotic injury. Plant Journal. 11:203-212.
31. Kaur, G., S., Kumar, H., Nayyar, and H.D. Upadhyaya. 2005. Cold stress injury during the pod- fi lling phase in chickpea (*Cicer arietinum* L.): effects on quantitative and qualitative components of seeds. Journal Agronomy Crop Science. 194:457–464.
32. KaviKishor, P.B., R.N., Sangam, P., Amrutha, K.R., Sri Laxmi, and K. Naidu. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Current Science. 88(3): 424- 438.
33. Keikhah, M., M., Nori, and E. Keshtegar. 2016. Effect of salicylic acid and and gibberellin on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiata*). Iranian Journal of Pulses Research**.** 7(2): 138-151.
34. Khalilian, A., C.E., Hood, J.H., Palmer, T.H., Garner, and G.R. Bathke. 1991. Soil compaction and crop response to wheat/soybean inter seeding. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 34(6):2299-2303.

35. McKenzie, B.M., C.E., Mullins, J.M., Tisdall, and A.G. Bengough. 2013. Root-soilfriction: quantification provides evidence for measurable benefits for manipulation of root tip traits. Plant, Cell and Environment. 36:1085–1092.
36. Michael, R.N., Y.U., Bofu, A., Brendan, W., Lanatius, A., Doronila, and T.S. Samuel. 2019. The effect of substrate compaction on plant water use and the implications for phytocap design specifications. Ecological engineering. 127: 195-203.
37. Moullart, J. 1998. Factors influencing soil and subsoil compaction and impact of compaction on yield of different plants. Proceedings of the first workshop of the concerted action on subsoil compaction. DLO-Staring Centre, Wageningen, the Netherlands, May 28-30, Pp: 145-154.
38. Ouzounidou, G, and I. Ilias. 2005. Hormone induced protection of sunflower photosynthetic apparatus against copper toxicity. Biologia Plantarum. 49:223- 228.
39. Pavlista, A.D, and J.M. Blumental. 2000. Potatoes in nutrient management of agronomy crops in Nebraska. P 151-156. In: R.B. Ferguson and K.M. Dee Groot (Eds.), Publication Nebraska University Cooperative Extension (EC00-155), Lincol.
40. Pourazar, K, and B. Mirshekari. 2015. Invigoration of lentil (*lens culinaris* L.) seeds by hormonal priming whit kinetin and giberellik acid. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science**.** 10(8): 324-329.
41. Raifa, A.H., F.A., Amal, A., Heba, A.E.A., AboBakr and M.R. El-Sherbiny. 2012. Grain-priming and foliar pretreatment enhanced stress defense in wheat (*Triticum aestivum var. Gimaza 9*) plants cultivated in drought land. Australian Journal of Crop Science. 6(1): 121-129.
42. Salehi, V., A., Farzianfirouzi, and M. Mesgarbashi. 2014. Effect of soil moisture and compaction on morphological characteristics and yield components of cowpea in greenhouse conditions. Second National Conference on Sustinable Agriculture and Natural Resources.18-26.
43. Sharma, M.K, and S. Bandana. 2003. Effect of seed hardening with distilled water and nitrate salts on germination percentage, seedling emergence and post emergence attriutes of plant growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Physiology and Moleular Biology of Plants. 8: 11-17.
44. Silva, S.R., Silva, I.R., Barros, N.F., and M.E. Sa. 2011. Effect of compaction on microbial activity and carbon and nitrogen transformations in two oxisols with different mineralogy. Revista Brasileira de Ciência Solo. 35(4):1141-1149.
45. Tan, X., S., Chang, and R. Kabzems. 2008. Soil compaction and forest floor reduced microbial biomass and enzyme activities in a boreal aspen forest soil. Biology and Fertility of Soils. 44: 471–479.
46. Turkan, I. 2011. Plant responses to drought and salinity stress, Development in a post-Genomic era. Advances in Botanical Research. 593p.
47. Wang, M., F., Shen, and G. Huan. 2019. Effects of soil compactions on plant growth, nutrient absorption, and root respiration in soyabean seedling. Enviormental Science and Pollution. 1:1-11.

Effect of Soil Compaction and Seed Priming on Growth Indices and Proline Content of Kidney Bean Seedling

H. Nasrollahi, H. R. Eisvand[1], F. Shahbazi, and M. Feizian
PhD student, Lorestan University; E-mail: tiam1383@yahoo.com
Associate Professor, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University; E-mail: eisvand.hr@lu.ac.ir
Associate Professor, Dept. of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, Lorestan University; E-mail: shahbazi.f@lu.ac.ir
Associate Professor, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University; E-mail: feizian.m@lu.ac.ir

Received: January, 2020 and Accepted: July, 2020

Abstract

Heavy soil compaction and crusting has adverse effects on the rate and speed of seedling emergence, as well as percent of established seedling, particularly in dicotyledonous epigeal plants. Therefore, the aim of this study was to evaluate the ways of coping with this phenomenon in kidney bean. The experiment was carried out during the years 2017 and 2018 in the Seed Laboratory and Greenhouse of Lorestan University, Iran. Factors studied were seed priming (control, hydroprming, GA50 ppm, GA100 ppm, SA50 ppm, SA100 ppm, and GA50 ppm+SA50 ppm) and soil compaction (intact, 5%, 10%, 15%, and 20% more compaction in relation to intact). The results showed that low soil compaction (5-10%) had positive effect on seedling growth, while, more compaction had adverse effect. Seed priming had a significant effect on seedling growth indices. Priming improved root length and number of root branches. Sever soil compaction decreased root length. The maximum root length (40.58 cm) was observed in priming with GA50 ppm+SA50 ppm and no soil compaction (intact soil). The greatest number of root branches was observed in GA50 ppm+SA50 ppm and 20% soil compaction. Seed priming had significant effects on proline. Minimum proline content (85.1 $\mu g.g^{-1}$ FW) was observed in not-primed and 10% soil compaction, however, its maximum (199.6 $\mu g.g^{-1}$ FW) was recorded in GA50 ppm+SA50 ppm priming and no soil compaction (intact soil). In general, weak soil compaction (5%) improved seedling growth, but increasing soil compaction by 15% or more decreased root (9.13 cm) and shoot growth. It seems that soil compaction reduces water and mineral uptake, hence reducing seedling performance.

Keywords: Germination, Seedling performance, Dicotyledon, Seed enhancement, Root growth

[1.] Corresponding author: Plant Production and Genetics Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran