تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳، ص ۴۶۶-۴۵۳

مقاله پژوهشی

# تأثیر بستر کشت و پیش‌تیمار بذر بر تولید دانهال پاپایا رقم بنگلادشی

**علی نجم[۱]، مهدی آران[۲*]، عبدالرحمن رحیمیان بوگر[۲]**

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- گروه علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

* مسئول مکاتبه: mehdiaran@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۶ **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.391214.1334**

**چکیده**

پیش‌تیمار بذر و بستر کشت از عوامل مهم و تأثیرگذار در فرآیندهای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌باشند. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار جهت ارزیابی تأثیر پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه پاپایا رقم بنگلادشی انجام شد. پیش‌تیمار بذر در ۴ سطح شامل آب مقطر به عنوان شاهد ($P_0$)، هیومیک اسید ($P_1$) و جلبک دریایی ($P_2$) و بستر کشت در ۵ سطح شامل کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست (۱:۱:۱) ($S_1$)، کمپوست : پرلیت : کوکوپیت (۱:۱:۱) ($S_2$)، کمپوست : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱) ($S_3$)، پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱) ($S_4$) و کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱:۱:۱) ($S_5$) بود. نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه پاپایا بود. حداقل میانگین زمان جوانه‌زنی (۱۱/۲۰ روز)، حداکثر شاخص سرعت جوانه‌زنی (۰/۷۲)، شاخص بنیه گیاهچه (۲۳۴۲/۴۹) و وزن خشک ریشه (۰/۰۷۹ گرم) برای پیش‌تیمار هیومیک اسید ثبت شد. در بین بسترهای کشت، بستر های S5 و S3 نتایج بهتری از لحاظ جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در مقایسه با دیگر بسترهای کشت نشان دادند. بررسی نتایج اثر متقابل نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاهچه (۲۱/۰۳ سانتی‌متر)، طول ریشه (۹/۷۲۵ سانتی‌متر) و وزن خشک شاخساره (۰/۳۱۹ گرم) در تیمار P1S5 مشاهده شد. نتایج این مطالعه بیانگر این بود که بیوپرایمینگ هیومیک اسید، بهترین پیش‌تیمار و بستر کشت $S_5$ بهترین بستر کشت برای تولید و پرورش گیاه پاپایا رقم بنگلادشی بود.

**واژه‌های کلیدی:** رشد گیاهچه، سرعت جوانه‌زنی، کود زیستی، مدت جوانه‌زنی

## مقدمه

پاپایا (*Carica papaya* L.) گیاهی از خانواده Caricaceae است و در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به خوبی رشد می‌کند؛ میوه آن به صورت تازه‌خوری یا فرآوری شده (ژله، آبنبات، مربا و ترشی) مصرف می‌شود (Dotto and Abihudi, 2021). یکی از راه‌های افزایش میزان جوانه‌زنی بذرها، استفاده از پرایمینگ بذرها می‌باشد. در پرایمینگ بذر، بذرها تا حدی هیدراته می‌شوند تا رویدادهای متابولیکی بدون جوانه‌زنی واقعی رخ دهند و سپس دوباره خشک می‌شوند (Farooq *et al.*, 2012)؛ این بذرها دارای جوانه‌زنی سریع و یکنواختی هستند (Farooq *et al.*, 2012; Acharya *et al.*, 2020). از فواید پرایمینگ بذر می‌توان به درصد جوانه‌زنی بالا، افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در هیدرولیز درشت مولکول‌ها برای رشد و نمو جنین و کاهش تنش در مرحله جوانه‌زنی اشاره کرد (Acharya *et al.*, 2020). از روش‌های پرایمینگ بذر می‌توان به هیدروپرایمینگ و بیوپرایمینگ اشاره کرد (Paparella *et al.*, 2015). کودهای زیستی شامل میکروارگانیسم‌های زنده یا ترکیبات طبیعی مشتق شده از موجودات زنده مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و جلبک‌ها هستند که باعث بهبود ساختار خاک از لحاظ شیمیایی و بیولوژیکی، حاصلخیزی خاک و تحریک رشد گیاه می‌شوند (Garcia-Gonzalez and Sommerfeld, 2016).

هیومیک اسیدها درشت مولکول‌هایی شامل مواد هیومیکی هستند که مواد آلی توزیع شده در خاک، آب طبیعی و رسوبات حاصل از پوسیدگی بقایای گیاهی و طبیعی می‌باشند (de Melo *et al.*, 2016). کاربرد هیومیک اسید به عنوان پیش‌تیمار بذر در سویا (*Glycine max* (L) Merrill) منجر به کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی و افزایش صفات مختلف جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی شد. هم‌چنین افزایش قابل توجهی در پارامترهای شاخص بنیه گیاهچه، ارتفاع گیاهچه و طول ریشه مشاهده گردید (Weerasekara *et al.*, 2021). طبق گزارشی، کاربرد هیومیک

اسید به سه شکل پیش‌تیمار بذر، محلول‌پاشی و افزودن به خاک منجر به افزایش عملکرد دانه در گندم زمستانه (*Triticum aestivum*) شد که دلیل این امر، دسترسی بالا به اشکال متحرک فسفر به دلیل مکانیسم کنترل فعال عنوان شد که سبب انتقال فسفر توسط گیاهان تیمار شده با مواد هیومیکی می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر، محلول‌پاشی گیاهچه پاپایا با هیومیک اسید بر اندام هوایی و سیستم ریشه تأثیر مثبت نشان داد (Cavalcante *et al*., 2011).

همه محصولات عصاره جلبک دریایی اغلب از جلبک‌های دریایی قهوه‌ای ساخته می‌شوند که این عصاره‌ها ممکن است تحت تأثیر منبع جلبک دریایی، زمان جمع‌آوری در سال و فرآیند هضم جلبک دریایی تغییر کنند. مطالعات مختلفی مبنی بر نقش عصاره‌های جلبک دریایی به صورت پیش‌تیمار بذر در افزایش میزان درصد جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی در گیاه اسفناج (*Spinacea oleracea*) (Anjos Neto *et al*., 2020) و افزایش میزان درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه و کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی در گیاه فلفل زینتی (*Capsicum annuum*) (Shamya Arokia rajan *et al*., 2020) وجود دارد.

از عوامل بسیار مهم در تولید نهال، بستر کشت است؛ به‌طوری‌که بسترهای کشت غنی از مواد مغذی، دارای ظرفیت نگهداری آب بالا و تخلخل کافی (تسهیل جذب اکسیژن توسط ریشه) می‌توانند گیاهان سالم و با عملکرد بالا تولید کنند (Meng *et al*., 2018). ورمی‌کمپوست سرشار از عناصر ماکرو و میکرو، هیومیک اسیدها و محرک‌های رشد گیاه شامل آکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها است (Čabilovski *et al*., 2023). در پژوهشی بر روی پاپایا (*Carica papaya* L. v. *Pusa Nanha*) گزارش شد که ترکیب بستر کشت خاک + کود دامی + ورمی‌کمپوست (۱:۱:۱) دارای مقادیر بالاتری برای پارامترهای رشد ریشه (تعداد ریشه‌های اولیه و ثانویه، طول ریشه‌های اولیه و ثانویه، وزن تر و خشک ریشه‌ها و نسبت ریشه به اندام هوایی)، رشد اندام هوایی (ارتفاع گیاهچه، تعداد برگ، قطر ساقه، سطح برگ و وزن تر و خشک اندام هوایی) و درصد بقای گیاهچه‌های پاپایا بود (Choudhary *et al*., 2022). در مطالعه‌ای دیگر، بستر کشت حاوی ورمی‌کمپوست + ورمیکولیت + ماسه (۱:۱:۱)، پارامترهای رشد رویشی (ارتفاع بوته، طول بوته و ریشه، قطر ساقه، عرض برگ و وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه) را در گیاه موز افزایش داد (Hassan *et al*., 2022).

کوکوپیت با pH، هدایت الکتریکی و دیگر ویژگی‌های شیمیایی قابل قبول به عنوان یک جز بستر کشت در نظر گرفته می‌شود؛ اما با داشتن ظرفیت نگهداری آب بالا که باعث ایجاد ارتباط ضعیف هوا - آب می‌شود، منجر به هوادهی کم در بستر کشت می‌شود؛ بنابراین نفوذ اکسیژن به ریشه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزودن مواد درشت‌تر به کوکوپیت می‌تواند وضعیت هوادهی بستر کشت را بهبود بخشد (Awang, 2009).

پرلیت یک ماده معدنی سیلیسی با منشا آتشفشانی است که به طور گسترده در باغبانی به عنوان محیط رشد گیاهان استفاده می‌شود. سبکی، یکنواختی و سهولت استخراج ریشه به مفید بودن آن به عنوان یک محیط رشد تجربی کمک می‌کند (Jackson, 1974). در مطالعه‌ای انجام شده بر روی پاپایا مشخص شد که بستر کشت خاک + ماسه + ورمیکولیت + کوکوپیت + پرلیت (۱:۱:۱:۱:۱) با ادرار گاو بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه تأثیر بیشتری داشت؛ به‌طوری‌که حداکثر درصد جوانه‌زنی و حداقل دوره جوانه‌زنی و هم‌چنین بیشترین میزان ارتفاع گیاهچه، تعداد برگ و قطر ساقه در این تیمار مشاهده شد (Sharma *et al*., 2021). با توجه به کمبود آب در اکثر مناطق کشور ایران، کاشت درختان در گلخانه باعث کاهش مصرف آب می‌شود. یکی از درختان دارای قابلیت کشت در گلخانه درخت پاپایا است. تولید گیاهچه باکیفیت یکی از مراحل مهم تولید این گیاه می‌باشد. با توجه به اینکه بدون اعمال پیش‌تیمار، جوانه‌زنی بذر پاپایا به طور میانگین بیش از سه هفته طول می‌کشد، اعمال تیمارهایی جهت کاهش این زمان، افزایش درصد جوانه‌زنی و رشد بهتر دانهال‌ها ضروری می‌باشد. با در نظر گرفتن تأثیر دو عامل پیش‌تیمار بذر و بستر کشت در فرآیندهای جوانه‌زنی بذر و رشد و نمو گیاهچه، این آزمایش به منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر با دو کود زیستی هیومیک اسید و جلبک دریایی و بسترهای کشت مختلف بر جوانه‌زنی و رشد و نمو گیاهچه پاپایا رقم بنگلادشی انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### مکان آزمایش، مواد و تیمارها

این آزمایش به صورت فاکتوریل با دو عامل پیش‌تیمار بذر

با کودهای زیستی و بستر کشت در قالب طرح کاملا تصادفی با ۱۵ تیمار، ۳ تکرار و ۱۰ بذر در هر تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال ۱۴۰۱ انجام شد. پیش‌تیمار بذرها شامل آب مقطر به عنوان شاهد ($P_0$)، هیومیک اسید ($P_1$) و جلبک دریایی ($P_2$) و بسترهای کشت شامل کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست (۱:۱:۱) ($S_1$)، کمپوست : پرلیت : کوکوپیت (کوکوپیت فشرده سریلانکایی گیلدا) (۱:۱:۱) ($S_2$)، کمپوست : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱) ($S_3$)، پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱) ($S_4$) و کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱:۱) ($S_5$) بود. پیش‌تیمار کودهای زیستی شامل ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک اسید (هیومی گرو ۸۰ درصد گاردسکو) و ۲ گرم بر لیتر عصاره جلبک دریایی وایتافری ۳۰٪ هورتیلند مبتنی بر *Ascophyllum nodosum* (با هدایت الکتریکی برابر با ۰/۱۸ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) برای پیش‌تیمار بذر پاپایا رقم بنگلادشی (درصد خلوص بذر ۱۰۰ درصد بود) استفاده شد. در ابتدا بذرها توسط محلول ۱٪ هیپوکلرید سدیم به مدت ۲ دقیقه ضدعفونی و پس از آن با آب مقطر چند بار شستشو داده شدند. بذرها در محلول‌های از پیش تهیه شده و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خیسانده و سپس به مدت ۶۰ دقیقه در سایه خشک و بلافاصله در سینی‌های کشت ۳۲ حفره‌ای (ابعاد ۵۲×۲۹ سانتی‌متر، قطر دهانه ۶ سانتی‌متر، عمق حفره ۷ سانتی‌متر و حجم هر حفره ۱۳۰ سی‌سی) حاوی بسترهای کشت موردنظر کشت شدند (در هر حفره یک بذر). نشاها در مرحله رسیدن به ارتفاع ۷ سانتی‌متر به گلدان‌های ژله‌ای (ارتفاع ۱۲/۵ سانتی‌متر، قطر دهانه ۱۴ سانتی‌متر، عمق ۱۲/۵ سانتی‌متر) انتقال داده شدند. تمامی مشاهدات مربوط به پارامترهای جوانه‌زنی از ۱۰ بذر ثبت شد. هم‌چنین پارامترهای رشد با انتخاب ۳ گیاهچه به طور تصادفی اندازه‌گیری شدند.

**جدول ۱- مشخصات ورمی‌کمپوست مورد استفاده در بسترهای کشت**

**Table 1- Characteristics of vermicompost used in culture substrates**

| pH | EC ($dSm^{-1}$) | نیتروژن N (%) | فسفر P (%) | پتاسیم K (%) | کلسیم Ca (%) | منیزیم Mg (%) | آهن Fe (mg/kg) | منگنز Mn (mg/kg) | مس Cu (mg/kg) | روی Zn (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7.64 | 1.12 | 1.55 | 0.4 | 0.4 | 2.73 | 0.95 | 5000 | 275 | 20 | 110 |

## اندازه‌گیری صفات

## پارامترهای جوانه‌زنی

درصد جوانه‌زنی (GP) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Tavares *et al.*, 2020).

$$GP = \left(\frac{n}{t}\right) \times 100 \quad (۱)$$

n = تعداد بذرهای جوانه زده در پایان آزمایش

t = تعداد کل بذرها

شاخص سرعت جوانه‌زنی (GSI) از رابطه ۲ به دست آمد (Maguire, 1962).

$$GSI = \sum \frac{ni}{ti} \quad (۲)$$

ni = تعداد بذرهای جوانه زده در طی ۳۰ روز

ti = تعداد روزهای پس از کاشت

میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT) بر اساس رابطه ۳ برآورد شد (Ellis and Roberts, 1981).

$$MGT = \frac{(\sum ni \times ti)}{N} \quad (۳)$$

ni = تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز

ti = تعداد روزهای پس از شروع آزمایش

N = تعداد کل بذرهای جوانه زده در پایان آزمایش

شاخص بنیه گیاهچه (SVI) با استفاده از رابطه ۴ مورد محاسبه قرار گرفت (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

$$SVI = (RL + SL) \times GP \quad (۴)$$

RL = طول ریشه (سانتی‌متر)

SL = ارتفاع گیاهچه (سانتی‌متر)

GP = درصد جوانه‌زنی

### پارامترهای مرتبط با رشد گیاهچه

ارتفاع گیاهچه با استفاده از خط‌کش، تعداد برگ از طریق شمارش تعداد کل آن‌ها در گیاه و قطر ساقه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری طول ریشه با روش تخریبی ریشه‌کن کردن گیاهان انجام شد. وزن خشک گیاه و ریشه با ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی پس از قرار دادن نمونه‌ها در آون

به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

## آنالیز آماری

طرح آزمایشی مورد استفاده به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بود. داده‌ها از نظر آماری با تحلیل واریانس (ANOVA) ارزیابی شدند. از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۳ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون توکی در سطح $p < 0.05$ مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

### درصد جوانه‌زنی

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌داری تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر و بستر کشت قرار گرفت؛ درحالی‌که اثر متقابل این دو عامل بر این پارامتر غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). پیش‌تیمار هیومیک اسید به طور قابل توجهی بر این پارامتر مؤثر بود؛ به‌طوری‌که حداکثر درصد جوانه‌زنی (۸۱ درصد) با این تیمار ثبت شد که نسبت به شاهد ۳۵ درصد افزایش داشت؛ با این حال بین دو پیش‌تیمار هیومیک اسید و جلبک دریایی از نظر آماری تفاوتی مشاهده نگردید و حداقل درصد جوانه‌زنی (۶۰ درصد) به تیمار شاهد مربوط بود. بستر کشت $S_5$ نسبت به رفتار جوانه‌زنی از دیگر بسترهای کشت بهتر بود؛ زیرا که حداکثر درصد جوانه‌زنی (۸۱/۶۷ درصد) در این تیمار مشاهده شد. با این حال گیاهان رشدیافته در بستر کشت $S_4$ با گیاهان حاصل از بسترهای کشت $S_3$ (۷۸/۳۳ درصد)، $S_4$ (۷۵ درصد) و $S_1$ (۷۱/۶۷ درصد) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند. از طرفی، در بستر کشت $S_2$ حداقل درصد جوانه‌زنی (۶۰ درصد) به دست آمد که با تیمارهای $S_1$، $S_3$ و $S_4$ اختلاف آماری نداشت (جدول ۳). بر اساس نتایج، بیوپرایمینگ بذر منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی بذرها شد؛ به‌طوری‌که پیش‌تیمارهای هیومیک اسید و جلبک دریایی نسبت به شاهد تأثیر یکسان و قابل توجهی بر این صفت داشتند.

در مطالعه‌ای، کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی بذر سویا (*Glycine max* (L) Merrill) شد و نیز میانگین زمان جوانه‌زنی را به طور قابل توجهی کاهش داد (Weerasekara *et al*., 2021). عصاره‌های *Ascophyllum nodosum* در غلظت مناسب می‌توانند جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه را بهبود بخشند (Santos *et al*., 2019). در عصاره جلبک دریایی انواع مختلفی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه مانند آکسین‌ها، سیتوکینین‌ها، اسید جیبرلیک، اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک وجود دارد (Mukherjee and Patel, 2020). جیبرلین‌ها با القای آنزیم‌های مؤثر در جوانه‌زنی بذر، باعث رفع خفتگی بذر می‌شوند و هم‌چنین در افزایش رشد طولی گیاهان نقش دارند. در مقابل، اسید آبسیزیک در جلوگیری از جوانه‌زنی زود هنگام بذر دخالت دارد اما از گیاهان در برابر تنش غیر زیستی محافظت می‌کند. از سوی دیگر، آکسین‌ها و سیتوکینین‌ها در غلظت‌های مناسب باعث تحریک تقسیم سلولی و طویل شدن سلول می‌شوند (Rademacher, 2015). در پژوهشی پیش‌تیمار بذر گل همیشه بهار (*Tagetes erecta*) با جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* (Tavares *et al*., 2020) باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی و کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی شد که مشابه با نتایج به دست آمده از این مطالعه است؛ با این حال، جلبک دریایی در غلظت‌های بالا، درصد جوانه‌زنی بذر جعفری (*Petroselinum sativum*) (Sorgatto and Silva, 2018) و فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L. cv. All Big) (Silva *et al*., 2021) را کاهش داد.

نتایج متناقض ذکر شده در مورد تأثیر جلبک دریایی بر درصد جوانه‌زنی را می‌توان به تفاوت در گونه‌ها و ارقام گیاهی، مدت زمان پیش‌تیمار بذر، ترکیب و غلظت جلبک دریایی نسبت داد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بستر کشت $S_5$ در مقایسه با دیگر بسترهای کشت تأثیر بیشتری بر متغیرهای درصد جوانه‌زنی، شاخص سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی داشت که احتمالاً ناشی از پتانسیل آن در بهبود ویژگی‌های بستر کشت مانند شرایط فیزیکی و عوامل تغذیه‌ای بود.

در مجموع، بسترهای حاوی ورمی‌کمپوست اثرات مشابهی داشتند. در گزارشی با هدف بررسی تأثیر بسترهای کشت مختلف بر جوانه‌زنی بذر پاپایا (*Carica papaya* L. v. Red Lady)، ترکیب ورمی‌کمپوست + ماسه + خاک (۱:۱:۱) با ۲ سانتی‌متر کوکوپیت در سطح بستر کشت به طور قابل توجهی منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر،

شاخص جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی و کاهش دوره جوانه‌زنی شد (Bhardwaj, 2013). بنابراین کاربرد توام ورمی‌کمپوست و کوکوپیت در ترکیب بستر کشت باعث ایجاد شرایط بهتر فیزیکی و تغذیه‌ای می‌شود.

**جدول ۲- تجزیه واریانس پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر خصوصیات جوانه‌زنی، رشد و زیست‌توده گیاهچه پاپایا رقم بنگلادشی**

**Table 2- Analysis of variance of seed pretreatment and culture substrate on the characteristics of germination, growth and biomass of Bangladesh papaya seedlings**

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی DF | میانگین مربعات Mean squares | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد جوانه‌زنی Germination percentage | شاخص سرعت جوانه‌زنی Germination speed index | میانگین زمان جوانه‌زنی Mean germination time | شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index (SVI) | ارتفاع گیاهچه Seedling height | تعداد برگ Number of leaves | قطر ساقه Stem diameter | طول ریشه Root length | وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight | وزن خشک ریشه Root dry weight |
| پیش‌تیمار بذر Seed pretreatment (P) | 2 | 1343.333$^{**}$ | 0.3303$^{**}$ | 68.90$^{**}$ | 3863545$^{**}$ | 108.77$^{**}$ | 0.635$^{**}$ | 0.1768$^{**}$ | 36.42$^{**}$ | 0.0757$^{**}$ | 0.0038$^{**}$ |
| بستر کشت Culture substrate (S) | 4 | 416.667$^{*}$ | 0.0291$^{*}$ | 0.115$^{**}$ | 547028$^{**}$ | 2.82$^{**}$ | 9.890$^{**}$ | 2.7894$^{**}$ | 3.99$^{**}$ | 0.0134$^{**}$ | 0.0002$^{**}$ |
| پیش‌تیمار بذر × بستر کشت P×S | 8 | 64.167$^{ns}$ | 0.0038$^{ns}$ | 0.05$^{ns}$ | 61942$^{ns}$ | 0.58$^{**}$ | 0.011$^{ns}$ | 0.010$^{ns}$ | 0.60$^{**}$ | 0.0045$^{**}$ | 0.000026$^{ns}$ |
| خطا Error | 30 | 133.333 | 0.0067 | 0.022 | 78573 | 0.0945 | 0.032 | 0.0105 | 0.018 | 0.0003 | 0.000015 |
| ضریب تغییرات CV (%) | - | 15.75 | 14.52 | 1.10 | 15.76 | 1.85 | 2.95 | 4.43 | 1.96 | 3.13 | 6.59 |

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and ** is no significant, significant at 5 and 1% probability level, respectively

## شاخص سرعت جوانه‌زنی

با توجه به نتایج به دست آمده از آنالیز واریانس، پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر شاخص سرعت جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری داشت؛ اما اثر متقابل این دو عامل بر این پارامتر تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بذرهای پیش‌تیمارشده با آب مقطر نسبت به بذرهای پیش‌تیمارشده با کودهای زیستی دیرتر جوانه زدند؛ به‌طوری‌که شاخص سرعت جوانه‌زنی با پیش‌تیمارهای هیومیک اسید و جلبک دریایی به ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۶۰ به دست آمد که هیومیک اسید در مقایسه با کود زیستی جلبک دریایی افزایش قابل توجهی را نشان داد. با بررسی تأثیر بستر کشت بر شاخص سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد که تیمارهای $S_5$ (۰/۶۴)، $S_3$ (۰/۶۱)، $S_4$ (۰/۵۸) و $S_1$ (۰/۵۵) بدون اختلاف آماری دارای بیشترین شاخص سرعت جوانه‌زنی بودند. جوانه‌زنی بذرها در بستر کشت $S_2$ حداقل شاخص سرعت جوانه‌زنی (۰/۴۵) را نشان داد که با بذرهای کشت شده در دو بستر کشت $S_1$ و $S_4$ اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت (جدول ۳). درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها در بستر کشت را می‌توان به ترکیب و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بستر کشت نسبت داد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، درصد قابل توجهی از بذرهای کشت شده در بستر کشت $S_5$ جوانه زدند و هم راستای با آن، افزایش شاخص سرعت جوانه‌زنی نیز مشاهده شد.

## میانگین زمان جوانه‌زنی

پیش‌تیمار بذر پاپایا با کودهای زیستی بر میانگین زمان جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). با بررسی مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که پیش‌تیمار هیومیک اسید، میانگین زمان جوانه‌زنی را از ۱۶/۳۹ (شاهد) به ۱۱/۲۰ روز کاهش داد. در این مطالعه، میانگین زمان جوانه‌زنی تحت تأثیر بستر کشت

نیز قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سه تیمار $S_5$، $S_3$ و $S_4$ بدون اختلاف آماری میانگین زمان جوانه‌زنی را به ترتیب به ۱۳/۳۷، ۱۳/۵۰ و ۱۳/۶۰ روز کاهش دادند؛ درحالی‌که تیمار $S_2$ میانگین زمان جوانه‌زنی را به ۱۳/۷۱ روز افزایش داد و با بسترهای کشت $S_1$، $S_3$ و $S_4$ در یک کلاس آماری قرار داشت. برهمکنش دو فاکتور پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر میانگین زمان جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). کاهش معنی‌دار میانگین زمان جوانه‌زنی می‌تولند به دنبال زودتر جوانه زدن بذرها تحت تأثیر عمل بیوپرایمینگ رخ داده باشد. مطابق نتایج به دست آمده، پیش‌تیمار هیومیک اسید و بستر کشت $S_5$ باعث افزایش شاخص سرعت جوانه‌زنی و کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی شد.

**جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر خصوصیات جوانه‌زنی، رشد و زیست‌توده گیاهچه پاپایا رقم بنگلادشی**

**Table 3- Effects of seed pretreatment and culture substrate on the characteristics of germination, growth and biomass of papaya seedlings of Bangladesh variety**

| تیمارها Treatments | | درصد جوانه‌زنی Germination percentage (GP%) | شاخص سرعت جوانه‌زنی Germination speed index (GSI) | میانگین زمان جوانه‌زنی Mean germination time (day) | شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigour index (SVI) | تعداد برگ Number of leaves | قطر ساقه Stem diameter (mm) | وزن خشک ریشه Root dry weight (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| پیش‌تیمار بذر Seed pretreatment (P) | $P_0$ | 60.00 b | 0.37 c | 16.39 a | 1112.22 c | 5.83 b | 2.17 b | 0.040 c |
| | $P_1$ | 81.00 a | 0.72 a | 11.20 c | 2342.49 a | 6.30 a | 2.43 a | 0.079 a |
| | $P_2$ | 79.00 a | 0.60 b | 13.12 b | 1881.92 b | 6.23 a | 2.36 a | 0.057 b |
| بستر کشت Culture substrate (S) | $S_1$ | 71.67 ab | 0.55 ab | 13.68 a | 1669.43 ab | 5.22 d | 1.79 d | 0.056 b |
| | $S_2$ | 60.00 b | 0.45 b | 13.71 a | 1344.00 b | 4.56 e | 1.52 e | 0.051 b |
| | $S_3$ | 78.33 ab | 0.61 a | 13.50 ab | 1938.55 a | 7.00 b | 2.85 b | 0.065 a |
| | $S_4$ | 75.00 ab | 0.58 ab | 13.60 ab | 1792.15 ab | 6.11 c | 2.32 c | 0.057 b |
| | $S_5$ | 81.67 a | 0.64 a | 13.37 b | 2150.25 a | 7.72 a | 3.13 a | 0.065 a |

$P_0$، $P_1$ و $P_2$: به ترتیب آب مقطر (شاهد)، هیومیک اسید و جلبک دریایی. $S_1$، $S_2$، $S_3$، $S_4$ و $S_5$: به ترتیب کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست (۱:۱:۱)، کمپوست : پرلیت : کوکوپیت (۱:۱:۱)، کمپوست : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱)، پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱) و کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱:۱). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

P0, P1 and P2 are distilled water (control), humic acid and seaweed, and S1, S2, S3, S4 and S5 are compost + perlite + vermicompost (1:1:1), compost + perlite + cocopeat (1:1:1), compost + vermicompost + cocopeat (1:1:1), perlite + vermicompost + cocopeat (1:1:1) and compost + perlite + vermicompost + cocopeat (1:1:1:1). Means with the same letter in each column were not significantly different using Tukey's multiple range test at $p < 0.05$.

## شاخص بنیه گیاهچه

هر یک از اثرات ساده پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر شاخص بنیه گیاهچه تأثیر معنی‌داری داشتند؛ اما اثر متقابل این دو فاکتور بر این پارامتر معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر تأثیر قابل توجه کودهای زیستی بر شاخص بنیه گیاهچه در مقایسه با شاهد بود؛ زیرا که حداکثر شاخص بنیه گیاهچه با پیش‌تیمار هیومیک اسید (۲۳۴۲/۴۹) حاصل شد. با بررسی نتایج به دست آمده از تأثیر فاکتور بستر کشت بر شاخص بنیه گیاهچه مشاهده شد که تیمارهای $S_5$ (۲۱۵۰/۲۵)، $S_3$ (۱۹۳۸/۵۵)، $S_4$ (۱۷۹۲/۱۵) و $S_1$ (۱۶۶۹/۴۳) بدون اختلاف آماری حداکثر شاخص بنیه گیاهچه را نشان دادند و حداقل میزان آن (۱۳۴۴/۰۰) برای تیمار $S_2$ ثبت شد که در عین حال با بستر کشت $S_1$ و $S_4$ از نظر آماری تفاوتی نداشت. افزایش شاخص بنیه گیاهچه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر و بستر کشت ممکن است به دلیل نقش هر یک از آن‌ها در فرآیندهای جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه باشد. زیرا میزان شاخص بنیه گیاهچه تابعی از درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه می‌باشد.

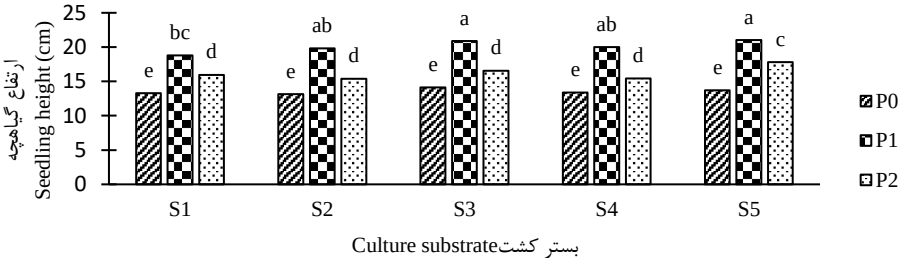
## ارتفاع گیاهچه و طول ریشه

بررسی نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات ارتفاع گیاهچه و طول ریشه، تأثیر معنی‌دار پیش‌تیمار بذر، بستر کشت و برهمکنش آن‌ها را نشان داد (جدول ۲). به نظر می‌رسد که هر دو عامل پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر دو صفت ارتفاع گیاهچه و طول ریشه تأثیر داشتند؛ اما این تأثیر در مورد پیش‌تیمار بذر شدیدتر بود؛ به‌طوری‌که حداکثر ارتفاع گیاهچه در تیمارهای $P_1S_5$ (۲۱/۰۳ سانتی‌متر) $P_1S_3$ (۲۰/۸۷ سانتی‌متر) $P_1S_4$ (۱۹/۹۹ سانتی‌متر) و $P_1S_2$ (۱۹/۸۲ سانتی‌متر) مشاهده شد. حداقل ارتفاع گیاهچه در برهمکنش پیش‌تیمار آب مقطر با همه

بسترهای کشت بدون اختلاف آماری به دست آمد (شکل ۱). تیمارهای $P_1S_5$ و $P_1S_3$ با یک کلاس آماری به ترتیب با ۹/۷۳ و ۹/۴۶ سانتی‌متر بیشترین طول ریشه را ثبت کردند؛ با این حال کمترین طول ریشه در تیمارهای $P_0S_2$ (۴/۳۲ سانتی‌متر) و $P_0S_1$ (۴/۰۶ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۲). به طور کل، بیشترین ارتفاع گیاهچه و طول ریشه با تیمار $P_1S_5$ به دست آمد. مطابق نتایج، در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمارشده با هیومیک اسید و جلبک دریایی در بسترهای کشت مختلف، رشد قلبل توجهی در ارتفاع لندام هوایی و طول ریشه آن‌ها نسبت به گیاهان رشدیافته از بذرهای پیش‌تیمارشده با آب مقطر مشاهده شد که می‌تواند ناشی از تأثیر کودهای زیستی در افزایش سرعت جوانه‌زنی بذرها باشد. به طور مشابه چنین اثری در پیش‌تیمار بذر گندم (*Triticum aestivum*) با هیومیک اسید در افزایش رشد گیاه مشاهده شد (Hassan *et al.*, 2014). عملکرد بهتر بستر کشت $S_5$ ممکن است به دلیل سهولت در جذب مواد مغذی توسط ریشه، افزایش ظرفیت نگهداری آب و تخلخل کافی باشد که باعث رشد بهتر ریشه و اندام هوایی می‌شود. نتایج تحقیقات پیشین، بیانگر رشد و نمو بهتر گیاهچه پاپایا (*Carica papaya* L. V. Red Lady) در بسترهای کشت حاوی ورمی‌کمپوست و کوکوپیت بود (Bhardwaj, 2013; Pant and Verma, 2022).

## تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس نشانگر تأثیر معنی‌دار پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر پارامتر تعداد برگ بود (جدول ۲)؛ با این حال اثر متقابل دو فاکتور پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر این متغیر غیر معنی‌دار مشاهده شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، پیش‌تیمارهای هیومیک اسید و جلبک دریایی بدون اختلاف آماری به ترتیب تعداد برگ را از ۵/۸۳ (شاهد) به ۶/۳۰ (۸/۰۶ درصد) و ۶/۲۳ (۶/۸۶ درصد) افزایش دادند. گیاهان پرورش یافته در بستر کشت $S_5$ و $S_2$ به ترتیب بیشترین (۷/۷۲) و کمترین تعداد برگ (۴/۵۶) را به ثبت رساندند (جدول ۳). مطابق نتایج، اعمال تیمارهای کود زیستی باعث افزایش تعداد برگ نسبت به تیمار شاهد شد؛ این امر ناشی از تأثیر کودهای زیستی بر خصوصیات جوانه‌زنی هم‌چون زودهنگام جوانه زدن بذرها بود؛ بدین جهت که گیاهچه‌های حاصل، استقرار و زمان بیشتری برای رشد و نمو در بستر کشت ایده‌آل برای رشد اولیه گیاهچه داشتند؛ با این وجود، اثر برهمکنش دو عامل پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر پارامتر تعداد برگ معنی‌دار مشاهده نشد.

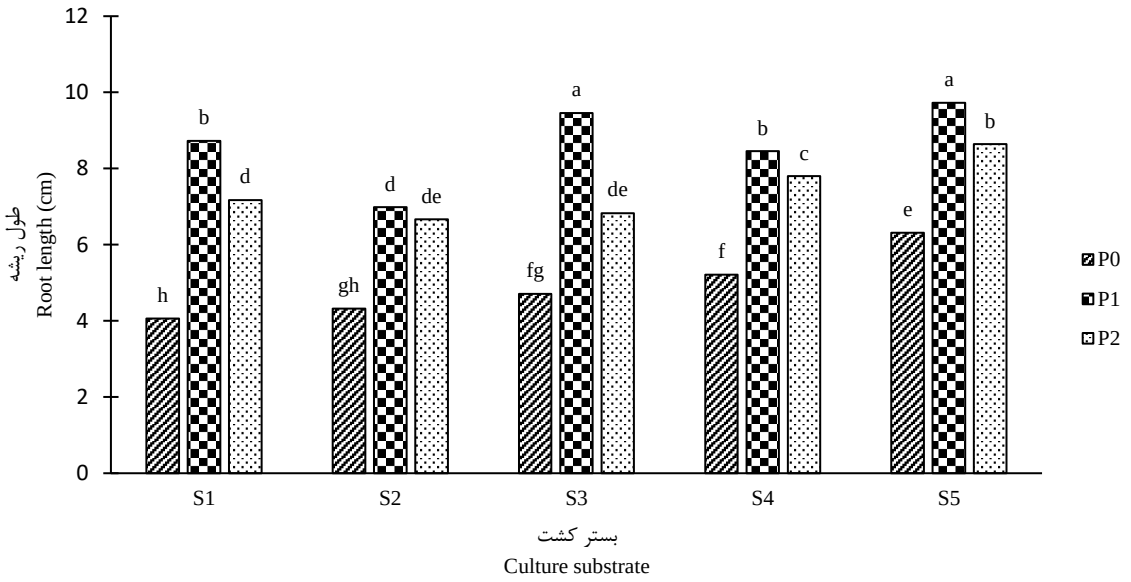



**شکل ۱- اثر پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر ارتفاع گیاهچه**

**Figure 1- The effect of seed pretreatment and culture substrate on seedling height**

($P_0$، $P_1$ و $P_2$: به ترتیب آب مقطر (شاهد)، هیومیک اسید و جلبک دریایی. $S_1$، $S_2$، $S_3$، $S_4$ و $S_5$: به ترتیب کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست (۱:۱:۱)، کمپوست : پرلیت : کوکوپیت (۱:۱:۱)، کمپوست : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱)، پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱) و کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱:۱). ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

P0, P1 and P2 are distilled water (control), humic acid and seaweed, and S1, S2, S3, S4 and S5 are compost + perlite + vermicompost (1:1:1), compost + perlite + cocopeat (1:1:1), compost + vermicompost + cocopeat (1:1:1), perlite + vermicompost + cocopeat (1:1:1) and compost + perlite + vermicompost + cocopeat (1:1:1:1). Means with the same letter in each column were not significantly different using Tukey's multiple range test at $p < 0.05$.




**شکل ۲- اثر پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر طول ریشه**

**Figure 2- The effect of seed pretreatment and culture substrate on root length**

($P_0$، $P_1$ و $P_2$: به ترتیب آب مقطر (شاهد)، هیومیک اسید و جلبک دریایی. $S_1$، $S_2$، $S_3$، $S_4$ و $S_5$: به ترتیب کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست (۱:۱:۱)، کمپوست : پرلیت : کوکوپیت (۱:۱:۱)، کمپوست : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱)، پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱) و کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱:۱). ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

P0, P1 and P2 are distilled water (control), humic acid and seaweed, and S1, S2, S3, S4 and S5 are compost + perlite + vermicompost (1:1:1), compost + perlite + cocopeat (1:1:1), compost + vermicompost + cocopeat (1:1:1), perlite + vermicompost + cocopeat (1:1:1) and compost + perlite + vermicompost + cocopeat (1:1:1:1). Means with the same letter in each column were not significantly different using Tukey's multiple range test at $p < 0.05$.

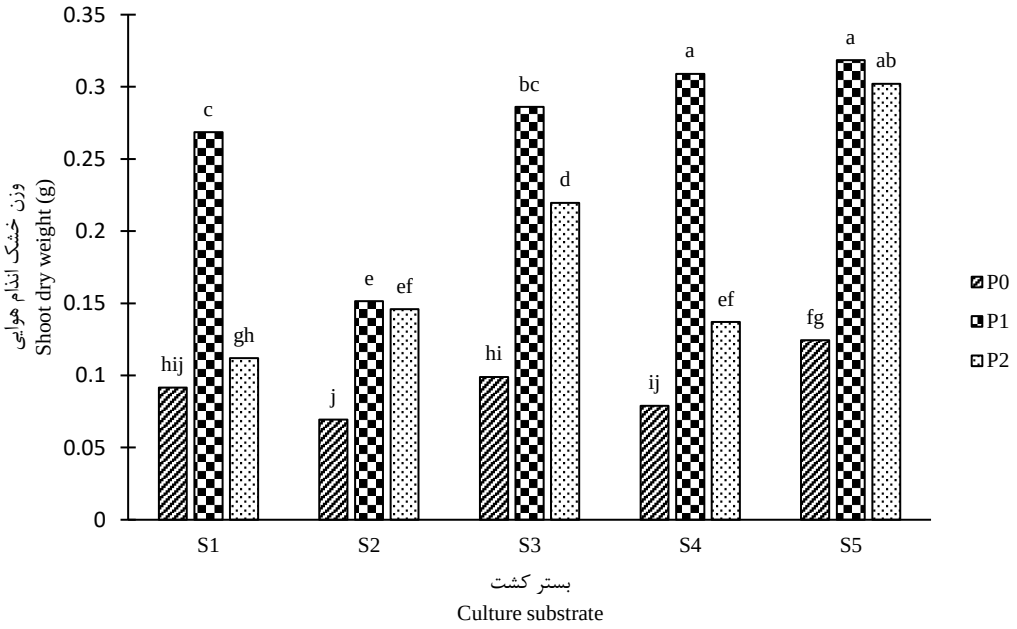
## قطر ساقه

بنابر داده‌های به دست آمده از تجزیه واریانس، اثر پیش‌تیمار بذر بر قطر ساقه معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲). پیش‌تیمار هیومیک اسید نسبت به شاهد بیشترین قطر ساقه (۲/۴۳ میلی‌متر) را نشان داد (جدول ۳)؛ با این حال با پیش‌تیمار جلبک دریایی (۲/۳۶ میلی‌متر) بدون اختلاف آماری بود. به طور مشابه اثر بستر کشت بر پارامتر قطر ساقه نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی پاسخ بسترهای کشت مختلف به قطر ساقه مشخص شد که بستر کشت $S_5$ بهترین پاسخ و بیشترین قطر ساقه (۳/۱۳ میلی‌متر) را نشان داد و حداقل قطر ساقه (۱/۵۲ میلی‌متر) در تیمار $S_2$ مشاهده شد (جدول ۳). بنا بر نتایج، اثر پیش‌تیمار بذر و بستر کشت به طور متقابل بر قطر ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۲). دلیل افزایش قطر ساقه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با کودهای زیستی و بستر کشت را می‌توان به تحریک و تسریع جوانه‌زنی توسط هیومیک اسید و جلبک دریایی و رشد سریع گیاهچه در بسترهای کشت حاوی ورمی‌کمپوست نسبت داد. در مطالعه‌ای کاربرد هیومیک اسید به عنوان پیش‌تیمار بذر در آفتابگردان زینتی (*Helianthus annuus*) باعث افزایش ارتفاع ساقه، قطر ساقه و وزن تر ساقه شد (Baldotto and Baldotto, 2015).

## وزن خشک شاخساره و ریشه

اثر پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر وزن خشک شاخساره و ریشه و اثر متقابل تیمارها تنها بر وزن خشک شاخساره معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی مقایسه میانگین‌ها، حداکثر وزن خشک شاخساره برای تیمارهای $P_1S_5$ (۰/۳۱۹ گرم) $P_1S_4$ (۰/۳۰۹ گرم) و $P_2S_5$ (۰/۳۰۲ گرم) بدون اختلاف آماری به ثبت رسید. حداقل وزن خشک شاخساره در برهمکنش پیش‌تیمار آب مقطر با بسترهای کشت $S_1$، $S_2$ و $S_4$ به دست آمد که از لحاظ آماری در یک کلاس قرار داشتند (شکل ۳). پیش‌تیمار بذر با کودهای زیستی منجر به افزایش وزن خشک ریشه در مقایسه با تیمار شاهد شد که در این میان، هیومیک اسید برتر بود. بیشترین وزن خشک ریشه (۰/۰۶۵ گرم) در دو بستر کشت $S_5$ و $S_3$ مشاهده شد؛ در مقابل، گیاهانی که در سایر بسترهای کشت رشد یافته بودند، دارای کمترین وزن

خشک ریشه بودند و از نظر آماری تفاوتی نداشتند (جدول ۳). گیاهان به دست آمده از بذرهای پیش‌تیمارشده با هیومیک اسید و رشد یافته در بستر کشت $S_5$، میزان وزن خشک شاخساره و ریشه قابل توجهی داشتند؛ این امر به دلیل برطرف شدن سریع خواب بذر و شروع جوانه‌زنی و نیز آسانی جذب آب و مواد مغذی بیشتر توسط گیاهان در طول دوره رشد است. با توجه به اینکه بذرهای پیش‌تیمارشده با کودهای زیستی خصوصاً هیومیک اسید در بسترهای کشت مختلف، رشد قابل توجهی در ارتفاع اندام هوایی، تعداد برگ، قطر ساقه و طول ریشه آن‌ها نسبت به گیاهان رشد یافته از بذرهای پیش‌تیمارشده با آب مقطر داشتند، وزن خشک شاخساره و ریشه نیز در این تیمارها بیشتر بود. در پژوهشی، نتایج مثبتی در رشد گیاهچه و وزن خشک ساقه ذرت (*Zea mays* L.) در اثر پیش‌تیمار بذر با هیومیک اسید مشاهده شد (Rodrigues *et al.*, 2017) که با نتایج به دست آمده مطابقت دارد.




**شکل ۳- اثر پیش‌تیمار بذر و بستر کشت بر وزن خشک اندام هوایی**

**Figure 3- The effect of seed pretreatment and culture substrate on shoot dry weight**

($P_0$، $P_1$ و $P_2$: به ترتیب آب مقطر (شاهد)، هیومیک اسید و جلبک دریایی. $S_1$، $S_2$، $S_3$، $S_4$ و $S_5$: به ترتیب کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست (۱:۱:۱)، کمپوست : پرلیت : کوکوپیت (۱:۱:۱)، کمپوست : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱)، پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱) و کمپوست : پرلیت : ورمی‌کمپوست : کوکوپیت (۱:۱:۱:۱). ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند)

P0, P1 and P2 are distilled water (control), humic acid and seaweed, and S1, S2, S3, S4 and S5 are compost + perlite + vermicompost (1:1:1), compost + perlite + cocopeat (1:1:1), compost + vermicompost + cocopeat (1:1:1), perlite + vermicompost + cocopeat (1:1:1) and compost + perlite + vermicompost + cocopeat (1:1:1:1). Means with the same letter in each column were not significantly different using Tukey's multiple range test at $p < 0.05$.

## نتیجه‌گیری کلی

بیوپرایمینگ بذر باعث تسریع فرآیند جوانه‌زنی و افزایش رشد و نمو گیاهچه پاپایا شد. بسترهای کشت حاوی ورمی‌کمپوست برای جوانه‌زنی بذر، استقرار و رشد گیاهچه پاپایا نتایج قابل توجهی نشان دادند. بر اساس نتایج مطالعه حاضر، توصیه می‌شود که برای افزایش درصد جوانه‌زنی و تولید گیاهچه‌های سالم از بیوپرایمینگ بذر به ویژه با کود زیستی هیومیک اسید و بسترهای کشت حاوی ورمی‌کمپوست استفاده شود.

## سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه زابل به خاطر تأمین هزینه‌های این پژوهش (با شماره پژوهانه UOZ-GR-8414) تشکر و قدردانی می‌کنند.

**References**

Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D., 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, *13*(6), pp.630-633.

Acharya, P., Jayaprakasha, G.K., Crosby, K.M., Jifon, J.L. and Patil, B.S., 2020. Nanoparticle-Mediated Seed Priming Improves Germination, Growth, Yield, and Quality of Watermelons (*Citrullus lanatus*) at multi-locations in Texas. *Scientific Reports*, *10*, pp.5037. **doi: 10.1038/s41598-020-61696-7**

Anjos Neto, A.P.D., Oliveira, G.R.F., Mello, S.D.C., Silva, M.S.D., Gomes-Junior, F.G., Novembre, A.D.D.L.C. and Azevedo, R.A., 2020. Seed priming with seaweed extract mitigate heat stress in spinach: effect on germination, seedling growth and antioxidant capacity. *Bragantia*, *79*, pp.502-511. **doi: 10.1590/1678-4499.20200127**

Awang, Y., Shaharom, A.S., Mohamad, R.B. and Selamat, A., 2009. Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of Celosia cristata. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *4*(1), pp.63-71. **doi: 10.3844/ajab.2009.63.71**

Baldotto, L.E.B. and Baldotto, M.A., 2015. Growth and production of ornamental sunflower grown in the field in response to application of humic acids. *Ciência Rural*, *45*, pp.1000-1005. **doi: 10.1590/0103-8478cr20140050**

Bhardwaj, R.L., 2013. Effects of nine different propagation media on seed germination and the initial performance of papaya (*Carica papaya* L.) seedlings. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *88*(5), pp.531-536. **doi: 10.1080/14620316.2013.11513002**

Čabilovski, R., Manojlović, M.S., Popović, B.M., Radojčin, M.T., Magazin, N., Petković, K., Kovačević, D. and Lakićević, M.D., 2023. Vermicompost and Vermicompost Leachate Application in Strawberry Production: Impact on Yield and Fruit Quality. *Horticulturae*, *9*, pp.1-12. **doi: 10.3390/horticulturae9030337**

Cavalcante, I.H.L., Da Silva, R.R.S., Albano, F.G., De Lima, F.N. and Marques, A.D.S., 2011. Foliar spray of humic substances on seedling production of papaya (Pawpaw). *Journal of Agronomy*, *10*(4), pp.118-122. **doi: 10.3923/ja.2011.118.122**

Choudhary, R.C., Kanwar, J. and Singh, P., 2022. Effect of Gibberellic acid ($GA_3$) and growing media on seedling growth parameters of papaya (*Carica papaya* L.) cv. Pusa Nanha. *The Pharma Innovation Journal*, *11*(1), pp.247-251.

de Melo, B.A.G., Motta, F.L. and Santana, M.H.A., 2016. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. *Materials Science and Engineering: C*, *62*, pp.967-974. **doi: 10.1016/j.msec.2015.12.001**

Dotto, J.M. and Abihudi, S.A., 2021. Nutraceutical value of Carica papaya: A review. *Scientific African*, *13*, pp.1-15. **doi: 10.1016/j.sciaf.2021.e00933**

Ellis, R.H. and Roberts, E.H., 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, *9*, pp.373-409.

Farooq, M., Wahid, A. and Siddique, K.H.M., 2012. Micronutrient application through seed treatments: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *12*(1), pp.125-142. **doi:**

**10.4067/s07189516201200010011**

Garcia-Gonzalez, J. and Sommerfeld, M., 2016. Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga Acutodesmus dimorphus. *Journal of Applied Phycology*, *28*, pp.1051-1061. **doi: 10.1007/s10811015-0625-2**

Hassan, A., Yasir, A., Abdul, R. and Dost, M., 2014. Effect of humic acid on root elongation and percent seed germination of wheat seeds. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *7*(4), pp.196-201.

Hassan, S.A.M., Taha, R.A., Zaied, N.S. and Essa, E.M., 2022. Effect of vermicompost on vegetative growth and nutrient status of acclimatized Grand Naine banana plants. *Heliyon*, *8*(10), pp.1-7. **doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e10914**

Jackson, D.K., 1974. Some characteristics of perlite as an experimental growth medium. *Plant and Soil*, *40*, pp.161-167.

Maguire, J.D., 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci*ence, *2*, pp.176-177.

Meng, X., Dai, J., Zhang, Y., Wang, X., Zhu, W., Yuan, X., Yuan, H. and Cui, Z., 2018. Composted biogas residue and spent mushroom substrate as a growth medium for tomato and pepper seedlings. *Journal of Environmental Management*, *216*, pp.62-69. **doi: 10.1016/j.jenvman.2017.09.056**

Mukherjee, A. and Patel, J.S., 2020. Seaweed extract: biostimulator of plant defense and plant productivity. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *17*, pp.553-558. **doi: 10.1007/s13762-019-02442-z**

Pant, P. and Verma, M.K., 2022. Standardization of media and container for improving seed and seedling growth in papaya (*Carica papaya*) cv. Red Lady. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, *92*(3), pp.329-333. **doi: 10.56093/ijas.v92i3.122680**

Paparella, S., Araújo, S.S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D. and Balestrazzi, A., 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, *34*, pp.1281-1293. **doi: 10.1007/s00299-015-1784-y**

Rademacher, W., 2015. Plant Growth Regulators: Backgrounds and Uses in Plant Production. *J Plant Growth Regul*, *34*, pp.845-872. **doi: 10.1007/s00344-015-9541-6**

Rodrigues, L.A., Alves, C.Z., Rego, C.H.Q., Silva, T.R.B.D. and Silva, J.B.D., 2017. Humic acid on germination and vigor of corn seeds. *Revista Caatinga*, *30*, pp.149-154. **doi: 10.1590/1983-21252017v30n116rc**

Santos, P.L.F.D., Zabotto, A.R., Jordão, H.W.C., Boas, R.L.V., Broetto, F. and Tavares, A.R., 2019. Use of seaweed-based biostimulant (*Ascophyllum nodosum*) on ornamental sunflower seed germination and seedling growth. *Ornamental Horticulture*, *25*, pp.231-237. **doi: 10.1590/2447-536x.v25i3.2044**

Shamya Arokia rajan, M., Thriunavukkarasu, R., Joseph, J. and Aruni, W., 2020. Effect of seaweed on seed germination and biochemical constituents of *Capsicum annuum*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *29*, pp.101761. **doi: 10.1016/j.bcab.2020.101761**

Sharma, P., Yadav, R., Jain, M. and Bhateshwar, C., 2021. Growing media and cow urine influence the seed germination and seedling growth of Papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Crop and Weed*, *17*(3), pp.253-

259. **doi: 10.22271/09746315.2021.v17.i3.1520**

Silva, M.B.P.D., Silva, V.N. and Vieira, L.C., 2021. Biopriming of sweet pepper and tomato seeds with Ascophyllum nodosum. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, *74*(1), pp.9423-9430. **doi: 10.15446/rfnam.v74n1.88240**

Sorgatto, K.P. and Silva, V.N., 2018. Embebição de sementes de salsa com *Ascophyllum nodosum*: efeitos na germinação e crescimento de plântulas sob estresse térmico. *Acta Biológica Catarinense*, *5*(3), pp.98-106. **doi: 10.21726/abc.v5i3.410**

Tavares, A.R., dos Santos, P.L.F., Zabotto, A.R., do Nascimento, M.V.L., Jordão, H.W.C., Boas, R.L.V. and Broetto, F., 2020. Seaweed extract to enhance marigold seed germination and seedling establishment. *SN Applied Sciences*, *2*, pp.1792. **doi: 10.1007/s42452-020-03603-3**

Weerasekara, I., Sinniah, U.R., Namasivayam, P., Nazli, M.H., Abdurahman, S.A. and Ghazali, M.N., 2021. Priming with humic acid to reverse ageing damage in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill.] seeds. *Agriculture*, *11*(10), pp.66. **doi: 10.3390/agriculture11100966**

**Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 2, Summer 2024, P. 453-466**

# The effect of culture substrate and seed pretreatment on the production of papaya seedlings of Bangladeshi variety

**Ali Najm[1], Mehdi Aran[2*], Abdolrahman Rahimian Boogar[2]**

[1] M.Sc Graduate, Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[2] Department of Horticultural Science and Landscape Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
[*]Corresponding Author: mehdiaran@uoz.ac.ir

Received: 29 March 2023 Accepted: 6 May 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.391214.1334**

## Abstract

**Introduction:** Papaya (*Carica papaya* L.) is a plant from the Caricaceae family and grows well in tropical and subtropical regions. Seed Pretreatment and culture substrate are important and effective factors in the processes of germination and seedling growth. In seed priming, seeds are partially hydrated to allow metabolic events to occur without actual germination and then re-dried.
**Materials and Methods**: The experiment was done in a factorial arrangement with the two factors of seed pretreatment and culture substrate in a completely randomized design with 15 treatments, 3 replications, and 10 seeds per replication. This experiment was conducted in 2022 in the research greenhouse of University of Zabol. Pretreatment of seeds including distilled water as control (P0), humic acid (P1) and seaweed (P2) and culture substrate including compost: perlite: vermicompost (1:1:1) (S1), compost: perlite: cocopeat (1) :1:1) (S2), compost: vermicompost: cocopeat (1:1:1) (S3), perlite: vermicompost: cocopeat (1:1:1) (S4) and compost: perlite: vermicompost: cocopeat (1) :1:1:1) was (S5). Pretreatment of biofertilizers including 200 mg/l of humic acid (Humi grow 80% Gardesco) and 2 g/l of 30% Hortiland Vita free seaweed extract based on *Ascophyllum nodosum* was used for the pretreatment of Bangladeshi variety papaya seeds. Before planting, seeds were first disinfected with 1% sodium hypochlorite solution for 2 minutes and then rinsed 3 times with distilled water. They were then soaked in the pre-prepared solutions at a temperature of 25 °C for 24 hours in dark room, and then air dried and were cultivated in 32-cells plug containing the desired culture substrates.
**Results and Discussion:** The results indicated a significant effect of seed pretreatment and culture substrate on the germination and growth of papaya seedlings. The minimum average germination time (11.20 day), maximum germination speed index (0.72), seedling vigor index (2342.49) and root dry weight (0.079 g) were recorded for humic acid pretreatment. In addition, under the influence of biopriming with both humic acid and seaweed biofertilizers, the maximum percentage of germination (81% and 79%, respectively), number of leaves (6.30 and 6.23, respectively) and stem diameter (2.43 and 2.36 mm, respectively) compared to the control. Among the cultivation substrates, S5 and S3 substrates showed better results in terms of germination and seedling growth compared to other cultivation substrates. Examining the results of interaction showed that the maximum seedling height was observed in treatments P1S5 (21.03 cm), P1S3 (20.87 cm), P1S4 (19.99 cm) and P1S2 (19.82 cm). P1S5 and P1S3 treatments recorded the highest root length with a statistical class of 9.73 and 9.46 cm, respectively. The maximum shoot dry weight was recorded for treatments P1S5 (0.319 g), P1S4 (0.309 g) and P2S5 (0.302 g) without statistical difference. The plants obtained from the seeds pretreated with humic acid and grown in the S5 culture substrate had significant shoot and root dry weights; This is due to the rapid reversal of seed dormancy and the beginning of germination, as well as the ease of absorption of more water and nutrients by plants during the growth period.
**Conclusion:** seed biopriming accelerated the germination process and increased the growth of papaya seedlings. Cultivation substrates containing vermicompost showed significant results for seed germination, establishment and growth of papaya seedlings. Based on the results of the present study,

it is recommended to use seed biopriming, especially with humic acid biofertilizer and vermicompost-containing culture substrate, to increase the germination percentage and produce healthy seedlings.

**Keywords:** Bio-fertilizer, Germination duration, Germination speed, Seedling growth