

اتاقک رشد

اتاقک رشد یا ژرمیناتور یک محفظه محیطی با قابلیت کنترل دقیق دما، رطوبت و نور است که برای کشت گیاهان، جوانه‌زنی بذرها و تحقیقات کشاورزی در شرایط کنترل‌شده استفاده می‌شود.

۱. هدف و کاربرد (Purpose and Applications)

اتاقک رشد محیطی کنترل‌شده برای شبیه‌سازی شرایط ایده‌آل رشد گیاهان و جوانه‌زنی بذرها فراهم می‌کند. این دستگاه با کنترل دقیق پارامترهای محیطی، امکان انجام آزمایش‌های قابل تکرار را بدون نیاز به حضور در فضای باز فراهم می‌سازد.

کاربردهای اصلی در آزمایشگاه:

کاربرد	زمینه
آزمایش قوه نامیه بذرها، مطالعات جوانه‌زنی تحت شرایط کنترل‌شده	جوانه‌زنی بذر
رشد گیاهان در شرایط نوری و دمایی کنترل‌شده، کشت بافت گیاهی	کشت گیاهان
مطالعات تأثیر دما، رطوبت و نور بر رشد گیاهان	تحقیقات کشاورزی
آزمایش بذرهای کشاورزی و تعیین درصد جوانه‌زنی	کنترل کیفیت
تولید نشاء و گیاهان جوان در شرایط کنترل‌شده	تکثیر گیاهان زینتی و گلخانه‌ای

نکته: اتاقک‌های رشد در اندازه‌های مختلف از مدل‌های رومیزی کوچک (حدود ۷۰ لیتر) تا اتاقک‌های بزرگ صنعتی (۶۰۰ لیتر و بیشتر) موجود هستند.

۲. اصول عملکرد و اجزای اصلی (Working Principle & Components)

اجزای اصلی دستگاه

جزء	توضیح و عملکرد
سیستم کنترل دما	شامل کمپرسور برای خنک‌سازی و المنت‌های حرارتی برای گرمایش. محدوده دمایی معمول: ۵ تا ۶۵ درجه سانتی‌گراد
سیستم رطوبت‌سازی	اولتراسونیک یا تبخیری. رطوبت قابل تنظیم تا ۹۵٪ RH (رطوبت نسبی)
سیستم روشنایی	لامپ‌های LED یا فلورسنت با شدت قابل تنظیم در چند سطح (معمولاً ۵ سطح از ۲۰ تا ۱۰۰٪)
سیستم گردش هوا	فن‌هایی که هوای شرطی شده را به طور یکنواخت در محفظه پخش می‌کنند
کندانسور هوا خنک	سیستم خنک‌کننده با گاز داغ بای‌پس
سینی تخلیه (Drain Pan)	جمع‌آوری رطوبت اضافی و میعانات
کنترلر (Controller)	رابط کاربری برای برنامه‌ریزی دما، رطوبت، نور و زمان

۳. روش کار گام به گام (Step-by-Step Procedure) مرحله + نکات ایمنی

خطر	نکته ایمنی
وزن زیاد دستگاه	هنگام جابجایی از چند نفر کمک بگیرید. دستگاه را روی سطح صاف و محکم قرار دهید
خطر برق گرفتگی	قبل از هرگونه سرویس، دستگاه را از برق بکشید
سطوح داغ/سرد	هنگام کار در دماهای شدید از دستکش استفاده کنید
مواد شیمیایی	در صورت استفاده از مواد شیمیایی در کشت، از دستکش و روپوش مناسب استفاده کنید

مرحله ۱: مکان‌یابی و نصب اولیه (حدود ۱ ساعت)

الزامات مکانی (طبق دفترچه: Conviron G1000)

پارامتر	شرایط مورد نیاز
دمای محیط	۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد
رطوبت محیط	حداکثر ۵۰٪ RH برای عملکرد بهینه
فاصله از دیوار پشتی	حداقل ۳۰۰ میلی‌متر (۱۲ اینچ)
فاصله از سقف	حداقل ۳۰۰ میلی‌متر (۱۲ اینچ)
فاصله از دیوارهای جانبی	حداقل ۱۰۰ میلی‌متر (۴ اینچ)

نکات مهم:

- دستگاه تا ۱۹۰۰ وات گرما به محیط منتشر می‌کند. اتاق باید تهویه مناسبی داشته باشد.
- دستگاه را روی سطح صاف قرار دهید و پایه‌های تراز (Levelers) را طوری تنظیم کنید که دستگاه کاملاً تراز باشد.
- برای زهکشی بهتر، پایه‌های جلو را کمی بالاتر از پایه‌های عقب تنظیم کنید.

مرحله ۲: آماده‌سازی و استریل کردن (قبل از هر آزمایش)

تمیز کردن محفظه:

۱. تمام سطوح داخلی را با اتانول ۷۰٪ ضدعفونی کنید
۲. سینی تخلیه را بررسی و در صورت نیاز تخلیه کنید
۳. قفسه‌ها را در ارتفاع مناسب نصب کنید

آماده‌سازی محیط کشت (برای کشت درون پلیت):

۱. بذرها را قبل از قرار دادن در پلیت استریل کنید
۲. پلیت‌ها را با نوار میکروپور (Micropore tape) ببندید
۳. پلیت‌ها را به صورت صاف روی هم بچینید
۴. به مدت ۲ روز در یخچال و در تاریکی قرار دهید (ورنالیزاسیون)
۵. سپس به اتاقک رشد منتقل کنید

مرحله ۳: راه‌اندازی دستگاه

اتصالات (برای مدل‌های صنعتی):

اتصال	جزئیات
برق	۱۲۰ ولت/۶۰ هرتز (۲۰ آمپر) یا ۲۳۰ ولت/۵۰ هرتز (۱۶ آمپر)
آب (در صورت داشتن رطوبت‌ساز)	آب تصفیه شده با $\text{pH } 7.0 \pm 0.5$ ، فشار ۶۰-psi
زهکشی	اتصال $1/2$ اینچ NPT به کف یا پمپ تخلیه اختیاری
ارتباطات	پورت اترنت RJ45 برای اتصال به کامپیوتر

نکته مهم: استفاده از آب با کیفیت نامناسب برای رطوبت‌ساز اولتراسونیک باعث افزایش دفعات سرویس و نگهداری می‌شود.

مرحله ۴: تنظیم برنامه (Programming)

اکثر ژرمیناتورها دارای کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی هستند.

پارامترهای قابل تنظیم:

پارامتر	محدوده معمول	کاربرد
دمای روز (Light Period)	۲۰-۳۰ درجه سانتی گراد	دوره رشد فعال
دمای شب (Dark Period)	۱۵-۲۰ درجه سانتی گراد	شبیه‌سازی شب
رطوبت نسبی	RH۴۰-۹۵%	جلوگیری از خشکی یا بیماری‌های قارچی
شدت نور	۰-۱۵,۰۰۰ لوکس (۵ سطح)	شبیه‌سازی شدت نور خورشید
فتوپریود (طول دوره روشنایی)	۱۴ ساعت نور / ۱۰ ساعت تاریکی (پیشنهادی)	چرخه روز و شب
زمان بندی	۰-۹۹ ساعت (قابل برنامه‌ریزی سیکلی)	تکرار خودکار سیکل‌ها

مرحله ۵: قرار دادن نمونه‌ها در دستگاه

برای کشت در پلیت: (Petri Dish)

۱. پس از دوره ورنالیزاسیون (۲ روز در یخچال)، پلیت‌ها را از یخچال خارج کنید
۲. پلیت‌ها را به صورت ایستاده (on edge) زیر نور قرار دهید
۳. چند پلیت را با چسب به هم متصل کنید تا پایدار بمانند

برای کشت گلدانی و سینی نشاء:

۱. اطمینان حاصل کنید گلدان‌ها کف 足够 سوراخ داشته باشند
۲. از سینی‌های زیر گلدانی برای جمع‌آوری آب اضافی استفاده کنید
۳. بین گلدان‌ها فاصله بگذارید تا جریان هوا به خوبی برقرار شود

نکات مهم قرارگیری:

- از شلوغ کردن بیش از حد محفظه خودداری کنید

- جریان هوای پیوسته برای عملکرد کارآمد محفظه حیاتی است
- برگ‌های پژمرده و خشک را روزانه حذف کنید
- درب اتاقک را همیشه بسته نگه دارید تا شرایط محیطی پایدار بماند

مرحله ۶: بررسی‌های روزانه

بررسی‌های ضروری روزانه:

مورد بررسی	اقدام لازم
دما و رطوبت نمایش داده شده	بررسی مطابقت با مقادیر برنامه‌ریزی شده
وضعیت گیاهان/جوانه‌ها	حذف برگ‌های پژمرده یا خشک شده
سینی تخلیه (Drain Pan)	تخلیه در صورت نیاز (بستگی به شرایط تنظیم شده دارد)
نشست یا رطوبت غیرعادی	بررسی کنید
آلودگی (قارچ/باکتری)	در صورت مشاهده، نمونه‌های آلوده را خارج کنید

مرحله ۷: نگهداری و تمیزکاری (Maintenance)

طبق دفترچه راهنمای Conviron G1000 ، برنامه نگهداری منظم به این صورت است:

برنامه نگهداری منظم:

دفعات	اقدامات
روزانه	بررسی دما و رطوبت نمایش داده شده
هفتگی	تمیز کردن ویسک رطوبت‌ساز (Wet Wick) ، تخلیه و تمیز کردن سینی
ماهانه	تمیز کردن اولتراسونیک رطوبت‌ساز، تمیز کردن کندانسور هوا خنک، تمیز کردن محفظه
سه ماهه	سرویس تخصصی توسط تکنسین
شش ماهه	تعویض قطعات مصرفی در صورت نیاز

تمیزکاری اولتراسونیک رطوبت‌ساز (ماهانه):

- اولتراسونیک رطوبت‌ساز باید ماهانه تمیز شود تا از تجمع رسوبات بیولوژیکی و معدنی جلوگیری شود
- از آب تصفیه شده مطابق مشخصات استفاده کنید

مرحله ۸: خاموش کردن و تعطیلی (Shutdown)

برای تعطیلی کمتر از ۱۴ روز:

- دستگاه را روشن نگه دارید
- دما را روی دمای محیط تنظیم کنید
- فقط فن‌ها در حال کار باشند

برای تعطیلی بیش از ۱۴ روز (تعطیلی طولانی مدت):

۱. تمام گیاهان و خاک را از محفظه خارج کنید
۲. دستگاه را طبق دفترچه راهنما کاملاً تمیز کنید
۳. دریچه‌های هوای تازه و خروجی را باز بگذارید
۴. درب محفظه و درب مشاهده را کمی باز بگذارید تا رطوبت جمع نشود

۴. دستورالعمل‌های عمومی نگهداری (General SOP)

بر اساس راهنمای استاندارد Rutgers University برای تحقیقات گلخانه‌ای و اتاقک رشد:

قانون	توضیح
ثبت اطلاعات	تمام پارامترها و مشاهدات را در دفترچه ثبت کنید
کنترل کیفیت	به طور دوره‌ای عملکرد دستگاه را با استفاده از نمونه‌های استاندارد بررسی کنید
انحراف از SOP	در صورت انحراف از روش استاندارد، حتماً به صورت مکتوب مستند شود
تمیزی	اتاقک رشد باید عاری از گرد و غبار و امکان ورود حشرات و جوندگان باشد

شرایط استاندارد پیشنهادی برای اتاقک رشد عمومی:

- دما: ۲۴ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد
- فتوپریود: ۱۴ ساعت روشنایی / ۱۰ ساعت تاریکی
- درها: همیشه بسته نگه داشته شوند

۵. عیب‌یابی مشکلات رایج (Troubleshooting)

مشکل	علت احتمالی	راه‌حل
نوسان دما	دریچه‌های هوا مسدود شده، فاصله از دیوار کافی نیست	فاصله‌های مورد نیاز را بررسی کنید، فن‌ها را چک کنید
رطوبت به نقطه تنظیم نمی‌رسد	آب تصفیه نشده، رسوب در اولتراسونیک، نشستی هوا	اولتراسونیک را تمیز کنید، کیفیت آب را بررسی کنید

پارامترهای محیطی را بررسی کنید	نور ناکافی، نوسانات دما، رطوبت نامناسب	رشد نامناسب گیاهان
رطوبت را کاهش دهید، سطوح را ضدعفونی کنید	رطوبت بیش از حد، عدم استریل کردن	آلودگی قارچی
مخازن آب را از نور محافظت کنید، سطوح را تمیز کنید	نفوذ نور به مخازن آب، رطوبت راکد	کپک یا جلبک در محفظه
زهکشی را بررسی کنید، سینی را مرتباً تخلیه کنید	گرفتگی زهکشی، فرکانس تخلیه کم	سینی تخلیه سرریز می کند
به تدریج (۲-۱ روز) درب ظرف را باز کنید تا گیاهان عادت کنند	شوک ناگهانی به رطوبت و جریان هوا	پژمردگی پس از انتقال گیاهان

۶. پلان گذاری و طراحی آزمایشی در اتاقک رشد

بر اساس SOP دانشگاه Rutgers ، طراحی آزمایش در اتاقک رشد باید شامل مراحل زیر باشد:

مرحله	توضیح
طراحی آزمایشی	تعیین طرح آماری، تعداد تکرارها، چیدمان بلوکها
انتخاب سایت	تعیین موقعیت مناسب در داخل اتاقک (توجه به گرادیانهای دما و نور)
تهیه بستر کشت	استانداردسازی خاک، مواد مغذی و گلدانها
نگهداری دوره رشد	آبیاری منظم، کنترل آفات و بیماریها، ثبت مشاهدات
برداشت و آنالیز داده	جمع آوری نمونهها در زمان مناسب، ثبت نهایی دادهها

جلوگیری از تنش متغیرهای مخدوش کننده:

- به تدریج گیاهان را به شرایط جدید عادت دهید (Acclimation)
- برای جلوگیری از رشد جلبک، مخازن آب را از نور محافظت کنید
- هر ۳-۴ روز یکبار محلول غذایی را تعویض کنید تا ترکیب آن ثابت بماند

❖ جمع‌بندی نهایی

اتاقک رشد (ژرمیناتور) ابزاری اساسی برای تحقیقات گیاهی، کشاورزی و زیست‌شناسی است. با رعایت اصول زیر می‌توانید نتایج قابل اعتماد و تکراری از کشت‌های خود داشته باشید:

۱. **نصب صحیح** - دستگاه را در محیط با تهویه مناسب و با فاصله کافی از دیوارها نصب کنید
۲. **استریل بودن** - سطوح را قبل از هر آزمایش ضدعفونی کنید تا از آلودگی جلوگیری شود
۳. **آماده‌سازی بذر** - بذر را استریل کرده و قبل از انتقال به اتاقک، ورنالیزاسیون کنید (۲ روز در یخچال)
۴. **ثبت منظم** - دما، رطوبت و وضعیت رشد را روزانه ثبت کنید
۵. **نگهداری ماهانه** - رطوبت‌ساز و کندانسور را ماهانه تمیز کنید
۶. **بسته نگه داشتن درب** - درب اتاقک را همیشه بسته نگه دارید تا شرایط محیطی پایدار بماند

آماده پاسخگویی به سوالات شما در مورد این دستگاه یا سایر تجهیزات کشت گیاهی و تحقیقات کشاورزی هست