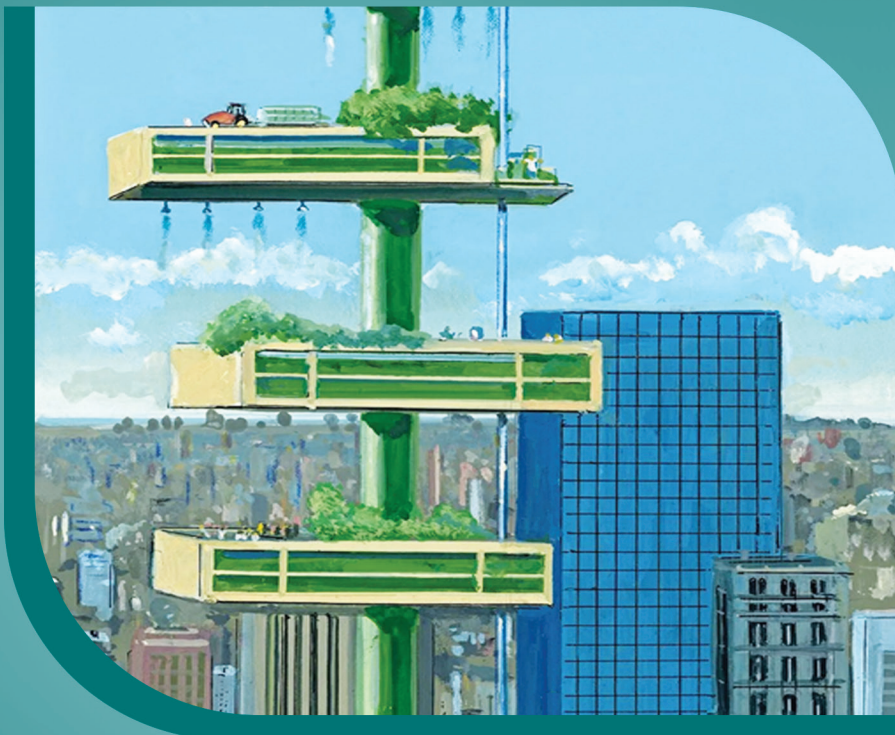




سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه آموزش و ترویج

آشنایی با کشاورزی عمودی و کاربرد آن در کشاورزی پایدار شهری و بهبود امنیت غذایی



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

استان اصفهان

۱۴۰۴

نشریه ترویجی

۱۷۰۳

بسم الله الرحمن الرحيم



آشنایی با کشاورزی عمودی و کاربرد آن در کشاورزی پایدار شهری و بهبود امنیت غذایی

نویسنده:

اکرم حمیدیان

۱۴۰۴



عنوان: آشنایی با کشاورزی عمودی و کاربرد آن در کشاورزی پایدار شهری و بهبود امنیت غذایی
نویسنده: اکرم حمیدیان
مدیر داخلی: فتح‌اله بهرامی
ویراستار ترویجی: امید مهراب قوچانی
تهیه شده در: معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
ناشر: نشر آموزش کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول، ۱۴۰۴
مسئولیت درستی مطالب با نویسنده است.

شماره ثبت در مرکز فن‌آوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی ۶۸۸۴۸ به تاریخ ۱۴۰۴/۱۱/۲۰ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی

تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸۱

مخاطبان نشریه

- * شهرداری‌ها.
- * کارآفرینان بخش کشاورزی.
- * کارشناسان و مروجان پهنه‌های تولیدی.

اهداف آموزشی و ترویجی

- * شما پس از مطالعه این نشریه با انواع شیوه‌های کشاورزی عمودی، با شیوه‌های اجرای کشاورزی عمودی در مزارع سرپوشیده صنعتی و خانگی آشنا می‌شوید.

فهرست

عنوان	صفحه
مقدمه.....	۶
۱- تاریخچه کشاورزی عمودی	۸
۱-۱- مزایا و کاستی‌های کشاورزی عمودی.....	۱۲
۲- سیستم‌های کشاورزی عمودی.....	۱۶
۱-۲- هیدروپونیک.....	۱۶
۲-۲- ایروپونیک.....	۲۶
۳-۲- آکواپونیک.....	۳۱
۳- عوامل فنی مؤثر بر کشاورزی عمودی	۳۳
۱-۳- استفاده از نورهای LED	۳۳
۲-۳- تکنولوژی اینترنت اشیاء.....	۳۴
۳-۳- پیشرفت ژنتیک گیاهی و تأثیر آن در بهبود محصولات.....	۳۴
۴- جمع بندی	۳۶
پیشنهادهایی برای توسعه کشاورزی عمودی	۳۷
۵- چالش‌های کشاورزی عمودی شهری.....	۳۸

مقدمه

تولید محصولات کشاورزی در فضای عمودی یک رویکرد نوین است که با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته و طراحی‌های مدرن، فرصت‌های جدیدی برای بهینه‌سازی کشت و بهره‌وری فراهم آورده است. مفهوم کشاورزی عمودی شامل کشت محصولات در لایه‌های عمودی انباشته شده، اغلب در ساختارهای شهری است. تکنیک‌هایی مانند هیدروپونیک^۱، ایروپونیک^۲ و آکواپونیک^۳ معمولاً برای به حداکثر رساندن استفاده از فضا و بهره‌وری از منابع استفاده می‌شود. این تکنیک‌ها تولید طیف وسیعی از محصولات را بدون تکیه بر روش‌های سنتی کشاورزی مبتنی بر خاک امکان‌پذیر می‌سازد. ساختمان‌ها، کانتینرها و معادن قدیمی از جمله سازه‌هایی هستند که برای سیستم‌های کشاورزی عمودی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کشاورزی عمودی پتانسیل بالایی برای افزایش تولید مواد غذایی دارد. اگرچه هزینه‌های اولیه ممکن است زیاد باشد، اما مزایای اقتصادی افزایش کارایی و کاهش استفاده از منابع و همچنین افزایش پایداری آن، کشاورزی عمودی را به یک راه‌کار مناسب برای تولید مواد غذایی شهری تبدیل می‌کند. این رویکرد علاوه بر صرفه‌جویی در فضا، اجازه می‌دهد تا کشاورزان به طور دقیق‌تر رشد گیاه و بهینه‌سازی نیازهای گیاهان را دنبال کنند.

۱- Hydroponic

۲- Aeroponic

۳- Aquaponic

در کشاورزی عمودی، نقش معماری و ساختار سیستم‌های کشاورزی عمودی در بهینه‌سازی استفاده از فضا بسیار حیاتی است. طراحی مناسب این سیستم‌ها باعث کاهش ضایعات فضا و افزایش کارایی مصرف منابع می‌شود. متخصصان این حوزه، باتوجه به نیازهای خاص گیاهان و استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی، سازه‌های نوآورانه‌ای را ارائه می‌دهند که علاوه بر افزایش بهره‌وری، از نظر زیبایی‌شناسی نیز جلب توجه می‌کنند. استفاده از سطوح مختلف برای کاشت محصولات نیز نقش مهمی در بهره‌وری این سیستم‌ها دارد. با در نظر گرفتن نیازهای مختلف گیاهان به نور، آب و محلول‌های مغذی، کشاورزان می‌توانند بهترین شرایط را برای هر لایه ایجاد کنند و در نتیجه، محصولات باکیفیت بالا تولید کنند. این تنوع سطحی همچنین باعث افزایش مقاومت گیاهان در مقابل شرایط محیطی مختلف می‌شود. در کتابچه پیش رو به طور اجمالی انواع شیوه‌ها و سیستم‌های کشت در کشاورزی عمودی معرفی خواهد شد و مزایا و معایب کشاورزی عمودی به طور کل و هر سیستم به طور خاص نیز بیان خواهد شد.

با توجه به شرایط تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های چند سال اخیر در کشور ایران، ایجاد گلخانه‌های مبتنی بر سیستم‌های کشاورزی عمودی یک جایگزین مناسب برای کشاورزی سنتی است. در مقایسه هزینه‌های اولیه راه‌اندازی گلخانه‌های عمودی با مزایای آتی آنها، کمک به توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی، کشاورزی عمودی یک راهکار به صرفه اقتصادی- محیط زیستی و حتی اجتماعی، فرهنگی و بهداشتی است. با این وجود، در اینجا تاکید بر مزایای محیط زیستی و حفاظت از منابع طبیعی است و سایر موارد بررسی نخواهد شد.

۱- تاریخچه کشاورزی عمودی

کشاورزی عمودی یکی از روش‌هایی است که می‌تواند در فضای محدود شهری به تولید محصولات کشاورزی بپردازد. این تکنیک به کشاورزان شهری اجازه می‌دهد تا در فضایی محدود، محصولاتی باکیفیت بالا و با ضایعات کم تولید کنند. کشاورزی عمودی، به‌عنوان یک مفهوم نوین در حوزه کشاورزی، به استفاده از فضاهای شهری برای کشت محصولات کشاورزی، گل و گیاهان زینتی در لایه‌های عمودی می‌پردازد.

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های فناوری و افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی، علاقه به کشاورزی عمودی شهری را افزایش داده است؛ تعدادی مزرعه عمودی شهری در سراسر جهان ساخته شده و تعداد بیشتری در حال ساخت است. در سال ۲۰۲۰ "انجمن کشاورزی عمودی" در راستای تعامل و آگاهی‌رسانی به مردم و اشاعه کشاورزی عمودی و ایجاد استانداردسازی در کشاورزی عمودی ایجاد شد؛ مزارع عمودی نوعی تقاطع بین کشاورزی، فناوری و ساختمان هستند، بنابراین آنها به‌نوعی گواهینامه منحصربه‌فرد خود نیاز دارند. هدف انجمن کشاورزی عمودی ایجاد اولین استاندارد پایداری برای سیستم‌های غذایی سرپوشیده است (هنری گوردون اسمیت ۲۰۲۴).

ایده کشاورزی عمودی شهری برای اولین بار در دهه ۱۹۵۰ مطرح شد. با این حال، به دلیل هزینه‌های بالا و محدودیت‌های فناوری تا دهه ۲۰۰۰ به طور گسترده مورد استفاده قرار نگرفت. پس از آن، در دهه اخیر، در سطح جهانی اقبال بیشتری داشته و در آسیا، اروپا و آمریکا مورد توجه کارآفرینان قرار گرفته است. به طور نمونه:

پروژه "آسمان سبز" از جمله نمونه‌های موفق از کشاورزی عمودی است که

نشان می‌دهد چگونه این رویکرد نوین می‌تواند به بهره‌وری بیشتر، مدیریت بهتر منابع و حفاظت از محیط‌زیست کمک کند. این پروژه یکی از پروژه‌های پیش‌گام کشاورزی عمودی در جهان است که از سال ۲۰۱۲ فعالیت خود را در سنگاپور آغاز کرده و از سیستم هیدروپونیک عمودی، انرژی‌های باد و خورشید برای تولید محصولات خود استفاده می‌کند.



شکل ۱- پروژه آسمان سبز سنگاپور

در جمهوری کره جنوبی در سال ۲۰۱۱، از یک ساختمان سه طبقه برای رشد میکروگرین‌های برگ‌دار و توت‌فرنگی در یک محیط کاملاً کنترل شده با روشنایی کنترل شده استفاده شد. در این پروژه، کود دهی و آب مورد استفاده برای آبیاری مبتنی بر سیستم هیدروپونیک بود (ماروین و رترفورد ۲۰۱۸).

ژاپن که در زمینه کشاورزی عمودی، در سطح بین‌المللی بسیار پیشرفته است، مزارع کشاورزی عمودی شهری بسیار دارد از جمله کارخانه کشاورزی عمودی کیوتو ژاپن که شامل یک ساختمان ۴ طبقه است و در زمینه پرورش سبزی‌ها سبز برگ، با ادغام سیستم هیدروپونیک با چراغ‌های ال ای دی فعالیت می‌کند (پارکز و همکاران ۲۰۲۲).

هندوستان از عمده تولیدکنندگان سبزی‌ها، میوه‌هاست. کارشناسان مؤسسه آبی‌پروری در آب‌شور هند^۱ از کشاورزی عمودی و کشت محصولات در ساختمان‌های چندطبقه و مترو در یک محیط کنترل‌شده و با محیط‌های بدون خاک استفاده می‌کنند (بیچام و همکاران ۲۰۱۹).



شکل ۲- فعالیت‌های مؤسسه آبی‌پروری در آب‌شور هند

در سنگاپور، از یک ساختمان ۹ متری با عرض ۶۰۰ متر برای پرورش سبزیجات سبز برگ در یک سیستم ایروپونیک و آب هیدرولیک کربن (کم) و انرژی طبیعی خورشید استفاده می‌شود.

یک سازه زیرزمینی سه‌طبقه در هلند، بدون نور طبیعی روز (با نور چراغ‌های ال ای‌دی)، به روش‌های ایروپونیک و هیدروپونیک در زمینه پرورش انواع زیادی از محصولات زراعی مانند خیار، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی فعالیت می‌کند (پاتاگلیا^۲، ۲۰۱۷).

1- (CIFA) Central Institute of Freshwater Aquaculture

۲- Battaglia



شکل ۳- گلخانه عمودی بدون نور طبیعی

گروه مترو آلمان، یک فروشگاه زنجیره‌ای خرده‌فروشی کمی پیشرفته‌تر است که کارکنان آن توانسته‌اند یک مزرعه در خواربارفروشی مترو راه‌اندازی کنند و به پرورش سبزه‌های کوچک مانند ریحان بونسای و شاتوت بپردازند.

"مزارع روح سبز"^۱ دو مزرعه عمودی هستند که در ساختمان‌های صنعتی در نیو بوفالو میشیگان و ایست بنتون پنسیلوانیا توسط میلان کلوکو^۲ در ۲۰۲۴ شروع به کار کرده‌اند. مزارع روح سبز نیو بوفالو میشیگان، فقط در یک طبقه با مساحت ۳,۲۵ هکتار با ۶ قفسه چیده شده روی هم پذیرای ۱۷ میلیون گیاه است. این ساختمان قبلاً یک کارخانه تولید پلاستیک بوده که به مزرعه عمودی تبدیل شده است. این شرکت محصولات خود مانند کاهو، ریحان، گوجه‌فرنگی، توت‌فرنگی، و کلم‌بروکلی را به صورت محلی به سوپرمارکت‌ها، غذاخوری‌ها و انواع مشاغل دیگر می‌فروشد.

۱- Green Spirit Farms (GSF)

۲- Milan Kluko



شکل ۴- تکنولوژی های مورد استفاده در مزارع روح سبز

مزارع عمودی شهری از تعدادی لایه یا طبقه برای کشت گیاهان استفاده می‌کند. هر لایه دارای سیستم‌های کنترل آب و هوا، نور مصنوعی و سیستم‌های هیدروپونیک است.

۱-۱- مزایا و کاستی‌های کشاورزی عمودی

۱-۱-۱- مزایای کشاورزی عمودی:

۱. افزایش تولید در واحد سطح و بهره‌وری بالا: به دلیل استفاده مستقیم از محلول مغذی و از بین بردن نیاز به خاک، بهره‌وری بسیار بالایی دارد و تولید محصولات باکیفیت بالا را فراهم می‌کند. همچنین بهینه‌سازی فضایی منجر به افزایش بهره‌وری کلان در تولید محصولات کشاورزی می‌شود.
۲. رشد سریع گیاه: گیاهان به دلیل دسترسی به مواد غذایی، سریع‌تر رشد می‌کنند و زمان تولید محصول کاهش می‌یابد.

۳. مصرف آب کم: در کشاورزی عمودی شهری از آب به طور کارآمدتری نسبت به روش‌های سنتی کشاورزی استفاده می‌کنند. در این روش، محلول مغذی بازیافت می‌شود، آب به طور دقیق برای گیاهان تأمین می‌شود و مصرف و هدررفت آب به حداقل می‌رسد؛ از این رو به حفظ منابع آبی و حفاظت از محیط‌زیست کمک می‌کند.

۴. صرفه‌جویی در فضا: کاشت عمودی به کشاورزان این امکان را می‌دهد که به بهترین شکل ممکن از فضای محدود خود استفاده کنند و تعداد بیشتری از محصولات را در یک واحد فضایی تولید کنند.

۵. کنترل دقیق محیط رشد: سیستم‌های عمودی امکان کنترل دقیق‌تر پارامترهای محیطی مانند مقدار نور، دما و رطوبت را به کشاورزان می‌دهد و تأثیرات مخرب این تغییرات را کاهش می‌دهد.

۶. افزایش تولید غذا: با استفاده از فضای عمودی، کشاورزان می‌توانند در زمینی با مساحت کمتر، محصولات بیشتری تولید کنند. در حالی که در کشاورزی سنتی، در یک‌زمان، تنها یک محصول را می‌توان کشت کرد، در کشاورزی عمودی انواع مختلف محصولات را می‌توان هم‌زمان در گلخانه‌های مختلف کشت کرد.

۷. کاهش ضایعات غذا: محصولات کشاورزی عمودی شهری در محیط‌های کنترل‌شده رشد می‌کنند که از آنها در برابر آفات و بیماری‌ها محافظت می‌شود و ضایعات به حداقل می‌رسد.

۸. کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل: کشاورزی عمودی شهری می‌تواند در مناطق شهری انجام شود که به معنای کاهش نیاز به حمل‌ونقل محصولات کشاورزی از مناطق روستایی به مناطق شهری است.

۹. ایجاد فرصت‌های شغلی: مدیریت تولید بذر، پیوند نهال و مدیریت منابع مانند آب، نور، ماشین‌آلات، به‌کارگیری روش‌های گرده‌افشانی، برداشت، مدیریت پسماند،

مدیریت انرژی، کنترل کیفیت، مدیریت منابع انسانی، مدیریت فناوری اطلاعات، مدیریت توزیع، نظارت بر توسعه گیاهان و... از مشاغل اضافی مرتبط با کشاورزی عمودی هستند. پس از ایجاد VF، مشارکت اجتماعی، فرصت‌های آموزشی، سوپرمارکت‌ها، بازارهای مواد غذایی، و امکانات توزیع منطقه‌ای، فرصت‌های شغلی بیشتر متعاقب کشاورزی عمودی شهری هستند.

۱۰. کاهش استفاده از علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها: مزارع عمودی این مزیت را دارند که عاری از هر نوع آفت هستند و استفاده از علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌های مضر و مواد شیمیایی مضر را به شدت کاهش می‌دهند یا حذف می‌کنند و سعی در کشف راه‌حل‌های طبیعی برای آن دارند.

۱۱. تولید غذای ارگانیک و کمک به سلامت جامعه: توسعه مزارع عمودی ظرفیت افزایش محصولات ارگانیک و تازه در تمام طول سال را ارتقا می‌دهد و از حجم بیماری‌های مرتبط با مصرف مواد غذایی فریز شده یا نیمه‌آماده کاسته و به سلامت افراد جامعه کمک می‌کند.

۱۲. مدیریت بهتر تغییرات اقلیمی و هواشناسی: در کشاورزی عمودی گیاهان می‌توانند از سیستم گرمایش مصنوعی بهره‌مند شوند و در صورت اجرای سیستم‌های آبیاری مصنوعی، از خشکسالی یا سایر بلایای طبیعی در امان خواهند بود. برای نگهداری در شرایط ایدئال، شدت و مدت‌زمان استفاده آب نیز قابل تنظیم است. از آنجایی که VF مستقل از خاک است، یکی دیگر از مزایای کلیدی این است که ممکن است در هر نقطه از جهان استفاده شود.

۱۳. کاهش وابستگی به خاک و بهبود کیفیت محصولات: استفاده از سیستم‌های هیدروپونیک و ایروپونیک منجر به کاهش وابستگی به خاک می‌شود. این امر علاوه بر جلوگیری از آلودگی خاک، با تنظیم دقیق‌تر عناصر غذایی موجود در محلول‌های

مغذی، امکان بهبود کیفیت محصولات را فراهم می‌کند.

۱۴. فیلتراسیون از فاضلاب: با زهکشی آب می‌توان از فاضلاب برای تصفیه و بازیافت استفاده کرد؛ بنابراین فاضلاب به رودخانه‌ها تخلیه نمی‌شود. از طریق تبخیر و تعرق می‌توان آب خاکستری و آب‌سیاه را قابل‌استفاده ساخت. مقدار آبی که برای آبیاری در VF استفاده می‌شود تنها به‌اندازه ۳ درصد از آبی است که در کشاورزی معمولی مصرف می‌شود.

۲-۱-۱- کاستی‌های کشاورزی عمودی:

۱. هزینه نصب و نگهداری: سیستم‌های عمودی نیازمند تجهیزات پیچیده‌ای هستند که ممکن است هزینه نصب و نگهداری آنها برای کشاورزان مبتدی، بالا باشد.
۲. حساسیت به اختلالات: این سیستم‌ها حساسیت بیشتری به اختلالاتی نظیر قطعی برق یا مشکلات در سیستم آبیاری دارند و ممکن است این اختلالات منجر به اختلال رشد گیاهان شود.
۳. وابستگی به تکنولوژی: کشاورزان به دلیل وابستگی به تکنولوژی و دانش فنی بیشتر، برای اجرای موفقیت‌آمیز این سیستم نیاز به کسب دانش تکنولوژیکی هرچند محدود دارند.

هیدروپونیک به عنوان یک راهکار پویا در کشاورزی عمودی، به عنوان یک گزینه مؤثر و مستدام در تولید محصولات کشاورزی در فضای محدود معرفی می‌شود.

۲- سیستم‌های کشاورزی عمودی

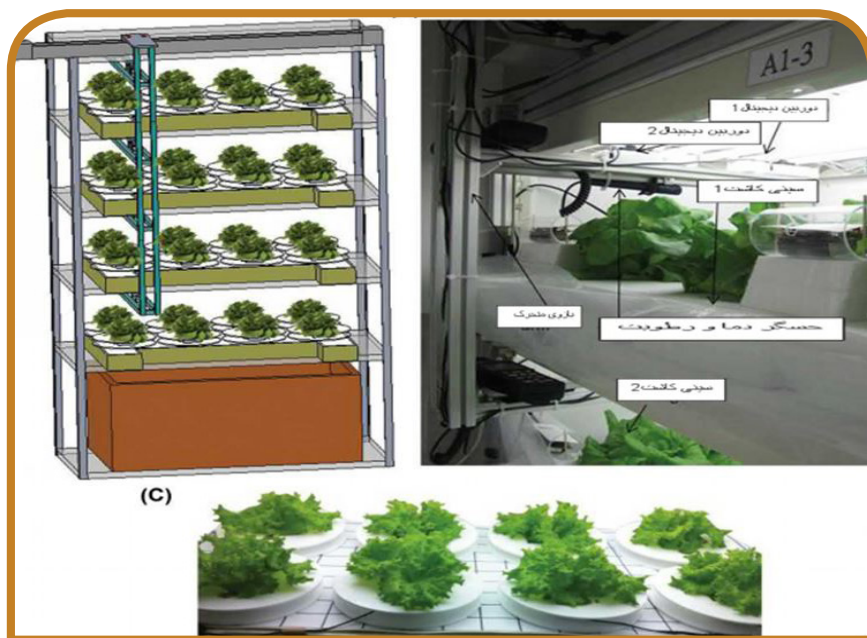
۲-۱- هیدروپونیک

کشت گیاهان بدون استفاده از خاک، با محلول‌های مغذی مایع در دیواره‌های عمودی.

هیدروپونیک یکی از روش‌های پیشرفته کشاورزی است که در آن گیاهان بدون استفاده از خاک، با استفاده از محلول‌های مغذی در دیواره‌ها یا سطوح عمودی کشت می‌شوند. در این سیستم، ریشه‌های گیاهان به صورت مستقیم در محلول غنی از عناصر غذایی حل شده قرار می‌گیرند. این محلول مغذی علاوه بر ارائه عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، برخی از عوامل انگیزشی مثل اکسیژن را نیز فراهم می‌کند. این سیستم به گیاهان این امکان را می‌دهد که به بهترین شکل ممکن از مواد غذایی استفاده کنند و رشد خود را به صورت بهینه ادامه دهند. سیستم‌های هیدروپونیک عمودی به ویژه در محیط‌های شهری با فضای محدود و ارتفاعات مختلف، به کشاورزان امکان می‌دهد تا با بهره‌گیری از این فناوری مدرن، به بهترین شکل ممکن محصولات خود را تولید کنند. در واقع بستر کشت هیدروپونیک به جای اینکه خاک باشد (چیزی که در کشاورزی و رشد و پرورش گیاهان به شیوه سنتی دیده می‌شود)، یک محیط رشد استریل است که آب حاوی مواد غذایی، دقیقاً به همان مقداری که گیاه نیاز دارد، وجود دارد؛ لذا در این سیستم یک گیاه نیاز ندارد که انرژی خود را صرف تولید ریشه‌های گسترده و تشکیل یک سیستم قدرتمند برای جذب مواد غذایی درون خاک کند و تنها چندین ریشه فیبری^۱ ایجاد می‌کند تا آب و مواد غذایی را جذب نماید. از این رو گیاه به راحتی می‌تواند انرژی خود را صرف رشد رویشی یعنی برگ‌ها، گلدهی و میوه کند. به همین دلیل است که محصولات گیاهانی که با روش هیدروپونیک کشت داده شده‌اند و رشد کرده‌اند تا ۷۵ درصد بزرگ‌تر از گیاهانی است که در خاک رشد می‌کنند.

۱- Fibrous Root

در این سیستم‌ها، نور مصنوعی برای تأمین نور موردنیاز گیاهان برای رشد استفاده می‌شود که نوع و شدت نور موردنیاز به نوع گیاه بستگی دارد. سیستم‌های کنترل آب‌وهوا برای تنظیم دما، رطوبت و سطح دی‌اکسیدکربن در مزرعه استفاده می‌شوند. این امر برای ایجاد شرایط ایدئال برای رشد گیاهان ضروری است.

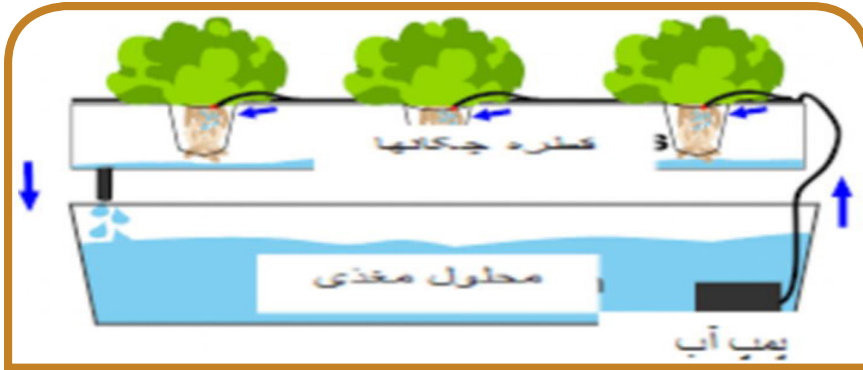


شکل ۵- اجزای گلخانه هیدروپونیک

انواع کشت هیدروپونیک

رایج‌ترین نوع سیستم کشت هیدروپونیک در دنیا، سیستم قطره‌ای است که استفاده از آن بسیار زیاد است. در این روش از تایمر کمک می‌گیرند تا مدت‌زمان قطره چکانی محلول حاوی مغذی را تنظیم کنند. معمولاً محیط کشت نیز پشم سنگ یا راکوول و یا الیاف نارگیل است.

سایر سیستم‌های هیدروپونیک شامل سیستم ویک، کشت آب عمیق، فیلم تغذیه‌ای، جریان و تخلیه و گلدان است.



شکل ۶- اجزای سیستم قطره‌ای

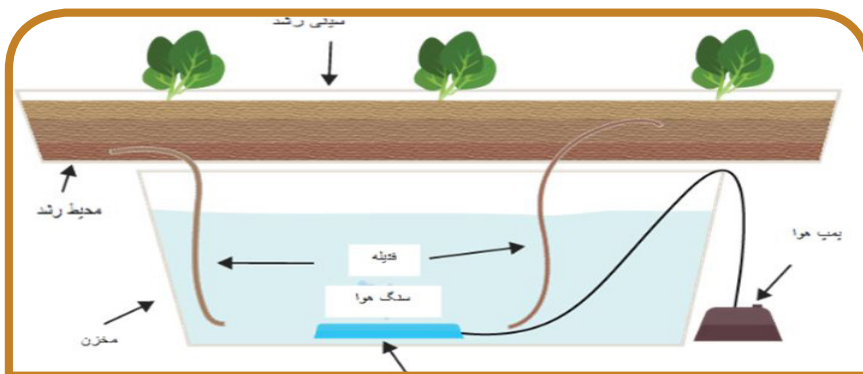
۲-۱-۱- سیستم ویک^۱ (سیستم فتیله):

این سیستم از هزاران سال پیش تاکنون استفاده می‌شده و به سیستم هیدروپونیک غیرفعال یا منفعل هم معروف است؛ چون در آن از پمپ هوا یا پمپ آب استفاده نمی‌شود. مواد غذایی و آب در این سیستم به کمک ویک (Wick) که یک طناب یا یک تکه نمد ساده است به ناحیه ریشه گیاه منتقل می‌شود. بهترین نوع تغذیه یا محیط کشت رشد، الیاف نارگیل، پرلیت یا ورمیکولیت هستند. معمولاً گیاهانی که سایز کوچک‌تری دارند و نیاز به آب و مواد مغذی زیاد ندارند برای این نوع سیستم کشت مناسب هستند.



شکل ۷- سیستم ویک خانگی

۱- Wicking System



شکل ۸- اجزای گلخانه سیستم ویک

۲-۱-۲- سیستم کشت آب عمیق^۱ (DWC):

سیستم کشت DWC که به کشت هیدروپونیک شناور هم معروف است، راحت‌ترین سیستم کشت هیدروپونیک است. در این روش، مخزنی از مواد مغذی محلول تهیه می‌شود و ریشه‌های گیاه در این محلول در حالت معلق نگه داشته می‌شود تا همیشه آب، اکسیژن و مواد مغذی در دسترس باشند.

در این سیستم برای اکسیژن‌دار کردن آب از یک پمپ هوا و یک سنگ هوا استفاده می‌شود تا به ترتیب، هوا را وارد آب کرده و سپس حباب‌های هوا به داخل محلول حاوی مواد مغذی فرستاده شوند. گیاهان در این روش داخل گلدان‌های مخصوص قرار می‌گیرند و آنها را داخل تخته‌های فومی قرار می‌دهند.



شکل ۹- اجزای کشت آب عمیق



شکل ۱۰- سیستم DWC از انواع کشت هیدروپونیک

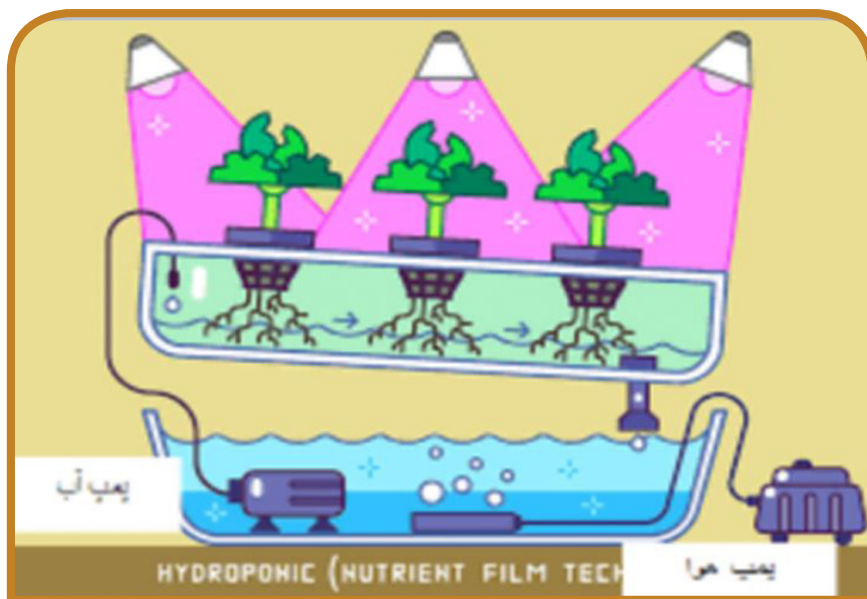
۲-۱-۳- سیستم‌های مبتنی بر تکنیک NFT یا فیلم تغذیه‌ای^۱:

سیستم محبوب و رایج کشت هیدروپونیک، سیستم NFT است. در این سیستم گیاهان داخل کانال‌هایی که حاوی مواد محلول مغذی است کاشته می‌شوند. مواد محلول دائماً در این کانالها به شکل چرخه‌ای جریان دارند. برخلاف محیط کشت DWC، ریشه‌های گیاه کاملاً داخل محلول غرق نمی‌شوند و بخش اعظم ریشه خارج از محلول است. به دلیل اکسیژن‌رسانی بهتر و بیشتر، کیفیت محصولات در این روش بالاتر هستند.

^۱ - Nutrient Film Technique



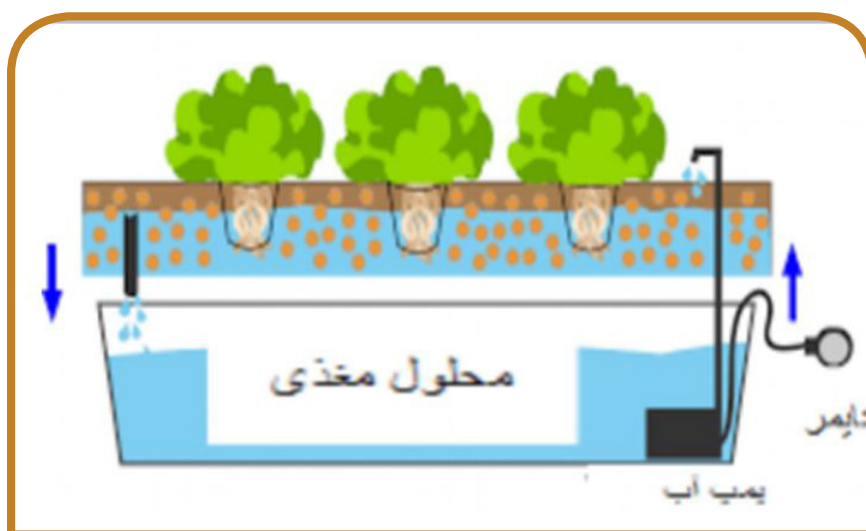
شکل ۱۱- سیستم NFT



شکل ۱۲- اجزای سیستم NFT

۲-۱-۴- سیستم آب و فلو^۱ یا جریان و تخلیه:

به این سیستم کشت هیدروپونیک، سیستم جزر و مد یا سیل و تخلیه هم می‌گویند. در این نوع سیستم کشت هیدروپونیک، برخلاف ۲ مورد قبلی، ریشه‌ها به طور دائم، داخل محلول حاوی مواد مغذی قرار نمی‌گیرند بلکه سینی خاصی را پر از محیط کشت رشد می‌کنند (مثلاً با ورمیکولیت، فیبر نارگیل، پرو میکس، راکوول یا پشم سنگو غیره) و سپس چندین بار در روز با محلول حاوی مواد مغذی پر می‌شود. تعداد دفعات پر کردن سینی بستگی به سایز گیاه، آب و دمای هوای نرمال و چرخه رشد فعلی گیاه و غیره دارد.



شکل ۱۳- اجزای سیستم آب و فلو

این سیستم نیاز به یک محلول مغذی متصل به پمپ و تایمر دارد تا زمان‌بندی و مقدار پمپاژ محلول مشخص گردد.

۲-۱-۵- کشت هیدروپونیک در گلدان

کشت هیدروپونیک به روش گلدانی درون گلدان‌های مخصوص انجام می‌گیرد.

۱- Ebb and Flow/Flood and Drain

این روش کشت برای اکثر گیاهان قابل اجراست. اگر گلدان‌ها را به شکل طبقه‌ای و عمودی رو هم قرار گیرند، آب به کمک پمپ و جاذبه به سمت پایین حرکت خواهد کرد و نیازی به استفاده از لوله‌های جداگانه نیست. این روش معمولاً برای گیاهانی مثل توت‌فرنگی که ارتفاع کمی دارند مناسب‌تر است. اما اگر گلدان‌ها به شکل افقی قرار گیرند، نیاز به یک پمپ برای به جریان در آوردن محلول و لوله‌های نازک آبیاری قطره‌ای برای هر گلدان است.

تغذیه در کشت هیدروپونیک بسیار مهم است تا همیشه مواد مغذی مورد نیاز گیاه به مقدار لازم و در زمان مناسب انتقال داده شوند. معمولاً تغذیه مناسب برای کشت هیدروپونیک میکس NPK، کلسیم نیترات و منیزیم سولفات (نمک اِپسوم) می‌باشد. میزان، زمان و تعداد دفعات تغذیه گیاه نیز به نوع آن و سیستم کشت انتخابی بستگی دارد.

۲-۱-۶- انواع سازه‌ها و سیستم‌های آبیاری در سیستم هیدروپونیک:

۲-۱-۶-۱- سیستم پایه نمای هیدروپونیک: در این سیستم، گیاهان بر روی سطحی عمودی قرار می‌گیرند و محلول‌های غذایی از بالا به پایین روی ریشه‌های گیاهان تغذیه می‌شوند. این سیستم به کشاورزان اجازه می‌دهد تا به صورت مستقیم بر روی هر لایه مختلف محصولات کار کنند. کنترل‌گرهای این دستگاه به صورت روزانه نورهای موردنیاز را تنظیم می‌کنند. جریان ثابت آب در این دستگاه‌ها نیز میزان اکسیژن موردنیاز در محلول را حفظ می‌کند. این مدل سیستم برای کشت سبزی‌ها میکرو گرین و یا کشت نشا بسیار مناسب است و از نظر طراحی و ساخت و ابعاد و اندازه محدودیتی ندارد. در ۱۰۰ متر مربع فضا به اندازه ۱۲۰۰ متر مربع گلخانه یک سطحی می‌توان محصول برداشت کرد. در این سیستم چون آبیاری با

روش بسته است مصرف آب تا ۹۶ درصد نسبت به روش‌های باز کاهش می‌یابد و سرعت رشد گیاهان تا ۲,۶ برابر قابل افزایش است. دستگاه هیدروپونیک عمودی دارای هوش مصنوعی است، کنترل‌گرهای تنظیمی دارد و قابلیت اتصال به تلفن همراه را دارد.

۲-۱-۶-۲- سیستم توری هیدروپونیک عمودی: این سیستم شبیه به سیستم پایه نمای هیدروپونیک است، با این تفاوت که گیاهان بر روی توری‌های عمودی قرار می‌گیرند. این توری‌ها محلول‌های غذایی را برای گیاهان تأمین می‌کنند و هوا و نور به راحتی از طریق لایه‌های مختلف گیاهان نفوذ می‌کنند.



شکل ۱۴- سازه توری عمودی

۲-۱-۷- روش‌های کشت هیدروپونیک عمودی یا طبقاتی

کشاورزی عمودی در روش‌های مختلفی انجام می‌شود که بستگی به نوع گیاه، محیط، ساختار و موارد مشابه دارد.

کشت عمودی قفسه‌ای: گیاهان در سطوح عمودی از قفسه‌ها کشت می‌شوند. هر قفسه تعدادی سینی کشت دارد که جنس آنها می‌تواند متفاوت باشد؛ مثلاً از فلز، پلاستیک یا چوب.



شکل ۱۵- کشت عمودی قفسه‌ای

کشاورزی عمودی در برج‌های عمودی: برج‌های عمودی ستون‌هایی از جنس پلاستیک یا پارچه است با حفره‌هایی برای کشت گیاهان. از این برج‌های کشت عمودی برای پرورش توت‌فرنگی و انگور می‌توان کمک گرفت.



شکل ۱۶- کشت در برج عمودی

سیستم کشت عمودی دیواری: این دیوارها مانند برج‌ها، از حفره‌هایی تشکیل شده‌اند. باتوجه به شرایط می‌توان آبیاری قطره‌ای را روی این دیوارها اجرا کرد. این روش برای پرورش گیاهان تزئینی و سبزی‌ها کوچک استفاده می‌شود.



شکل ۱۷- کشت عمودی دیواری

۲-۲- ایروپونیک

کشت با استفاده از محلول‌های مغذی در قطرات ریز در فضای هوا. ایروپونیک یک روش پیشرفته کشاورزی عمودی است که گیاهان در آن به‌جای خاک، در فضای هوا، با استفاده از محلول‌های مغذی در قطرات ریز، کشت می‌شوند. در این سیستم، ریشه‌های گیاهان به شکل معلق در هوا قرار دارند و از قطرات محلول مغذی که توسط سیستم‌های خودکار ایروپونیک به آنها تزریق می‌شود، تغذیه می‌کنند.

یکی از ویژگی‌های مهم ایروپونیک، تأثیر بسیار مثبت تهویه مطلوب بر رشد و بهبود عملکرد گیاهان است. در این سیستم، ریشه‌های گیاهان به طور مداوم با هوا در

تماس هستند و این امر منجر به افزایش اکسیژن رسانی به ریشه‌ها می‌شود. همچنین تهویه مطلوب باعث افزایش فعالیت میکروب‌های خاص در محلول مغذی می‌شود که جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را تسهیل می‌کند. تهویه مناسب سیستم ایروپونیک باعث کاهش بیماری‌های گیاهی، قارچ‌ها و ریزش ریشه‌ها می‌شود.

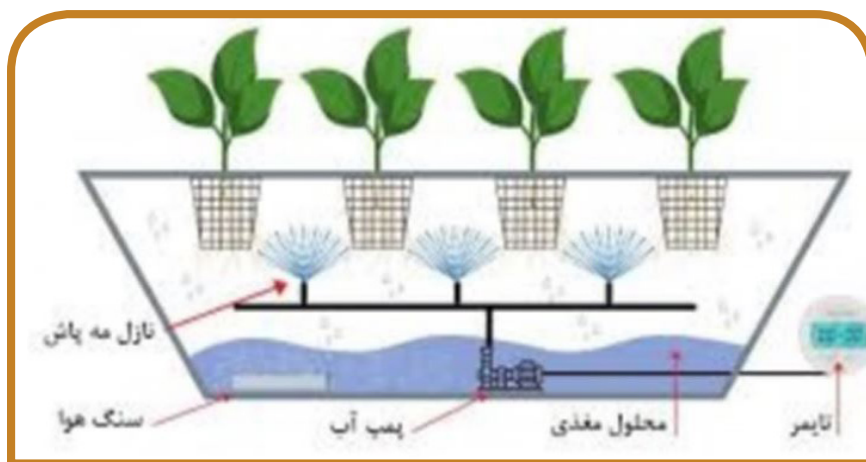


شکل ۱۸- کشت ایروپونیک

ایروپونیک با ارائه یک محیط محلول مغذی بهینه و تهویه مطلوب، تأثیر مثبتی بر رشد، توسعه و عملکرد بهتر گیاهان در کشاورزی عمودی دارد. این روش، با کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری، به‌عنوان یکی از راهکارهای پایدار و مؤثر در تولید محصولات کشاورزی موردتوجه قرار گرفته است. ایروپونیک گاهی اوقات با سیستم‌های برجی شکل اجرا می‌شود که اغلب به‌عنوان ایروپونیک عمودی شناخته می‌شود. ایروپونیک عمودی به همان روش یک سیستم معمولی عمل می‌کند با این تفاوت که گیاهان/ظروف به‌جای بالای مخزن در طرفین نصب می‌شوند.

۲-۲-۱- اجزای سیستم آبروپونیک

- ♦ گیاهانی که در بالای یک مخزن در ظروف در بسته قرار دارند
- ♦ مه‌پاش‌ها که، با کمک پمپ آب و تایمر آب و مواد مغذی را به ریشه گیاهان می‌رساند
- ♦ قالب ریشه که برای نگه‌داشتن گیاهان در جای خود استفاده می‌شود، زیرا از هیچ محیط رشدی مانند خاک یا سنگ‌ریزه استفاده نمی‌شود.



شکل ۱۹- اجزای کشت آبروپونیک

۲-۲-۲- شرایط محیطی لازم برای راه اندازی یک سیستم آبروپونیک

- ♦ میزان رطوبت بین ۶۰-۷۰ درصد
- ♦ دمای پایدار بین ۱۸ و ۲۴ درجه سانتیگراد
- ♦ آب تصفیه شده و کنترل شده با PH بین ۵,۵-۶,۵ باشد و علاوه بر مواد مغذی ضروری، مواد معدنی، مواد شیمیایی، میکروارگانیزم ها یا ترکیبات آلی فرار اضافه شده باشد.
- ♦ کنترل نور خورشید به شاخ‌وبرگ از طریق چراغ‌های رشد
- ♦ یک سیستم آبیاری کنترل‌شده که به طور خودکار ریشه‌ها را در یک برنامه

منظم و مکرر مه پاشی کند.

♦ محفظه‌ای که بتواند سطوح رطوبت بالا را حفظ کند.

ایروپونیک یکی از پیشرفته‌ترین انواع هیدروپونیک است. در این سیستم گیاهان با استفاده از هوا، آب و مواد مغذی مایع رشد می‌کنند. نسبت به سایر سیستم‌های هیدروپونیک، گیاهانی با رشد سریع‌تری تولید می‌کند. محصولاتی که در این سیستم‌ها رشد می‌کنند اغلب سالم‌تر، رنگارنگ‌تر و خوشمزه‌تر هستند.

۲-۲-۳- مزایای گلخانه ایروپونیک

- ♦ امکان رشد بسیار سریع‌تر گیاه نسبت به سایر روش‌های کشت هیدروپونیک را فراهم می‌کند
- ♦ انواع مختلفی از ایروپونیک وجود دارد که فرصت انتخاب بیشتری پدید می‌آورد.
- ♦ گیاهان و ریشه‌های آنها در گلخانه ایروپونیک بزرگ‌تر و قوی‌تر از سایر روش‌ها خواهند بود.
- ♦ تکثیر گیاهان بسیار سریع و آسان است.
- ♦ برای استفاده مداوم از سیستم‌های ایروپونیک به تعمیرات و نگهداری بسیار کمی نیاز است.

۲-۲-۴- معایب گلخانه ایروپونیک

- ♦ هزینه بالای راه‌اندازی.
- ♦ در مقایسه با سایر گلخانه‌های هیدروپونیک، در حین کار به نظارت زیادی نیاز دارد.
- ♦ قطع برق، حتی لحظه‌ای، ممکن است باعث خرابی کامل محصولات شود.
- ♦ محفظه‌های ریشه و محیط رشد نیاز به تمیزکردن منظم دارند.
- ♦ برای راه‌اندازی و نگهداری این سیستم به دانش بیشتری از هیدروپونیک نیاز است.
- ♦ تایمرها و سیستم‌های خودکارسازی برای موفقیت در این نوع کشت ضروری هستند.

۲-۵- انواع کشت ایروپونیک

سه روش کلی برای کشت ایروپونیک وجود دارد:

- ♦ کم فشار: ساده ترین روش که شامل مرطوب نگه داشتن ریشه های گیاه از طریق یک سیستم قطرات ساده است
 - ♦ پر فشار: کمی پیشرفته تر که در آن آب و مواد مغذی در اندازه کوچک تر از ۵۰ میکرون اتمیزه شده و توسط مه پاش به ریشه گیاهان رسانده می شود.
 - ♦ اولتراسونیک^۱: پیچیده ترین روش برای رساندن قطرات خیلی ریز به ریشه گیاهان است که معمولاً در محیط های آزمایشگاهی استفاده می گردد.
- بسته به میزان تجربه و میزان تمایل به یادگیری می توان از روش های مختلف ایروپونیک استفاده کرد. براین اساس سیستم های کم فشار برای مبتدیان توصیه می شود و سیستم های پر فشار و اولتراسونیک برای افراد باتجربه تر.

۲-۶- مواد مغذی ایروپونیک

- چندین ماده مغذی برای رشد موفقیت آمیز محصولات در این سیستم ضروری است. این مواد را می توان به سه دسته مواد اولیه، ثانویه و میکرو تقسیم نمود.
- ♦ مواد مغذی میکرو شامل بور، کبالت، مس، کلر، آهن، منگنز، روی و مولیبدن.
 - ♦ مواد مغذی اولیه شامل کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، انواع فسفر و پتاسیم.
 - ♦ مواد مغذی ثانویه شامل کلسیم، منیزیم و فسفر.

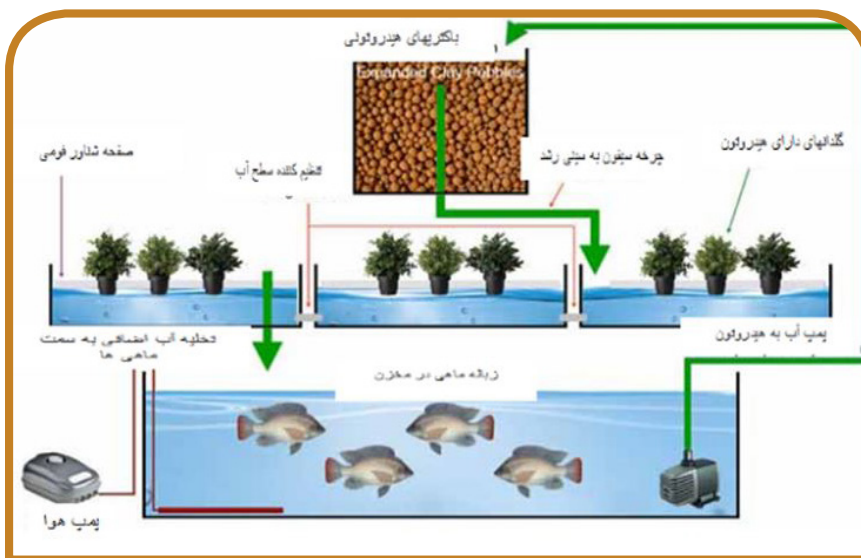
۲-۳- آکواپونیک

آکواپونیک ترکیب کشت گیاهان و موجودات آبی در یک سیستم بسته. این روش ترکیبی از کشت گیاهان با پرورش آبزیان است که در یک سیستم حلقه بسته کار می‌کند. فاضلاب غنی از مواد مغذی از مخازن ماهی تصفیه شده و به گیاهان منتقل می‌شود. گیاهان، مواد مغذی را جذب کرده و آب را تصفیه می‌کنند. این سیستم از نظر مصرف انرژی و حفاظت از منابع طبیعی مؤثر است.

آکواپونیک با نام لاتین Aquaponics، علم جدیدی است شامل ترکیب آبی‌پروری و پرورش گیاهان در آب. در سیستم آکواپونیک از پساب ماهی به‌عنوان کود آلی برای گیاه استفاده و آب تصفیه شده توسط گیاه به استخر پرورش ماهی یا سایر آبزیان منتقل می‌شود. آکواپونیک از تلفیق سیستم پرورش ماهی مدار بسته با سیستم گلخانه‌ای هیدروپونیک ایجاد می‌شود. در سیستم‌های مدار بسته پرورش ماهی، به‌مرور زمان غلظت برخی از مواد آلی زیاد می‌شود که برای آبزیان مضر است، ولی همین مواد آلی غذای اصلی گیاهان است و با هدایت آب در سیستم‌های هیدروپونیک به مصرف گیاهان می‌رسد. این فرایند نیازهای اصلی گیاهان برای رشد و نمو را تأمین می‌کند و درعین حال آب توسط گیاهان تصفیه شده و به سیستم پرورش ماهی برگشت داده می‌شود. در این سیستم مواد دفعی ماهی که عمدتاً ترکیبات نیتروژن‌دار از قبیل آمونیاک و ترکیبات غیر نیتروژنی مثل فسفر هستند به‌وسیله گیاه جذب شده و از آب حذف می‌شوند. این عمل برای ماهی سودمند است؛ چون تجمع مواد تولید شده ناشی از تجزیه بقایای گیاهان و میکروارگانیسم‌ها در بستر استخر و ترکیبات ازت و فسفر ناشی از تغذیه ماهیان در آب تجمع یافته و عامل محدودکننده شرایط زیست ماهیان می‌شود. آب یا پساب حاصل از پرورش ماهی، یک منبع کودی آلی است.



شکل ۲۰- سیستم اکواپونیک



شکل ۲۱- اجزای سیستم اکواپونیک

۳- عوامل فنی مؤثر بر کشاورزی عمودی

با ترکیب استفاده از سیستم‌های هیدروپونیک و ایروپونیک، تکنولوژی IoT، و پیشرفت‌های ژنتیک گیاهی، کشاورزی عمودی به یک رویکرد پویا و پیشرفته در تولید محصولات کشاورزی تبدیل می‌شود که باعث افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت محصولات می‌شود.

۳-۱- استفاده از نورهای LED

استفاده از نورهای LED به عنوان منبع نوری در کشت عمودی یکی از نوآوری‌های کلان در حوزه کشاورزی است. نیاز به نور مصنوعی برای رشد گیاهان، یکی از محدودیت‌های اصلی کشاورزی عمودی شهری است. برخلاف کشاورزی سنتی که به نور طبیعی خورشید وابسته است، کشاورزی عمودی از نور مصنوعی برای تولید محصولات استفاده می‌کند. با وجود اینکه این وابستگی به نور مصنوعی ممکن است به عنوان یک معضل تلقی شود، اما مزایایی نیز دارد. استفاده از نور مصنوعی امکان رشد محصولات در تمام طول سال، بدون توجه به شرایط آب‌وهوایی را فراهم می‌کند. همچنین، با استفاده از حسگرها، می‌توان میزان نور و آبی که گیاهان دریافت می‌کنند را تنظیم کرد که این امر به بهبود بهره‌وری و کاهش تأثیر فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست کمک می‌کند. در واقع نورهای LED با امکان تنظیم طول موج، شدت نور و حتی القای الگوهای نوری خاص، به کشاورزان این امکان را می‌دهند تا محیط رشد گیاهان را به بهترین شکل ممکن شبیه‌سازی کنند. در کشت عمودی، نورهای LED به طور دقیق روی لایه‌های مختلف گیاهان تنظیم می‌شوند، به طوری که هر قسمت از گیاه به مقدار نور مورد نیاز دست یابد. همچنین استفاده از نور مصنوعی می‌تواند آلودگی ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد.



شکل ۲۲- کاربرد لامپ LED در کشاورزی

۲-۳- تکنولوژی اینترنت اشیاء

تکنولوژی اینترنت اشیا^۱ (IOT) نقش بسیار مهمی در بهبود کشاورزی عمودی ایفا می‌کند. با استفاده از حسگرها و دستگاه‌های هوشمند، اطلاعات در زمینه‌هایی نظیر رطوبت، دما، نور و مصرف آب به‌صورت زنده جمع‌آوری می‌شود. این اطلاعات به کشاورزان این امکان را می‌دهد که شرایط محیطی را به بهترین شکل ممکن کنترل کرده و تصمیمات بهینه‌تری در خصوص آبیاری، نوردهی و مدیریت محصولات بگیرند. تکنولوژی اینترنت اشیا به کشاورزان این قابلیت را می‌دهد که به‌دوراز مزرعه نیز به‌راحتی از وضعیت محیطی و کیفیت محصولات خود باخبر شوند.

۳-۳- پیشرفت ژنتیک گیاهی و تأثیر آن در بهبود محصولات

پیشرفت‌های ژنتیک گیاهی نقش مهمی در بهبود محصولات کشاورزی عمودی ایفا می‌کند. با استفاده از تکنیک‌های جدید ژنتیکی، گیاهان می‌توانند بهترین خصوصیات را دریافت کنند؛ به‌عنوان مثال، مقاومت به بیماری‌ها، بهره‌وری بیشتر از

۱- Internet of Things

نور و سازگاری بهتر با شرایط محیطی. این پیشرفت‌ها به کشاورزان امکان می‌دهد که محصولات باکیفیت و با مقاومت بیشتر را تولید کرده و بهره‌وری در کشت عمودی را افزایش دهند.



شکل ۲۳- حسگرهای دما و رطوبت



شکل ۲۴- استفاده از پهپاد هوشمند در کشاورزی

۴- جمع بندی

امروزه، وابستگی متقابل آب، زمین، غذا، صنعت و انرژی، در میان سایر موارد، با افزایش تقاضا برای منابع با رشد جمعیت و درآمد، تغییر الگوهای مصرف و راندمان پایین مدیریت در عرضه و تقاضا در بخش‌های مختلف، تشدید می‌شود. تغییرات آب‌وهوایی فشار بر منابع آب و غذا را تشدید می‌کند و میلیون‌ها نفر را در برابر ناامنی غذایی آسیب‌پذیرتر می‌کند. امنیت غذایی جهانی به واسطه جمعیت در حال گسترش و نیازهای غذایی ناشی از آن به یک معضل جهانی تبدیل شده است. افزایش تقاضا برای غذا، فشار زیادی بر منابع طبیعی زمین وارد می‌کند. زمین‌های قابل کشت محدود هستند و استفاده از روش‌های سنتی کشاورزی برای افزایش تولید غذا، آسیب‌های زیست‌محیطی زیادی در پی دارد. در این راستا، کشاورزی ایمن‌تر و باکیفیت بالاتر یکی از ضروری‌ترین راه‌حل‌ها برای رسیدگی به مشکل روبه‌رشد ناامنی غذایی است. رویکرد کشاورزی پایدار که در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است، کشاورزی عمودی را به عنوان یک راه‌حل امیدوارکننده برای پاسخگویی به تقاضای فزاینده برای غذا و فضای سبز در مناطق شهری پیشنهاد می‌دهد.

بهره‌وری بالا، کاهش مصرف آب، مقاومت به تغییرات محیطی از طریق تکنولوژی IOT باعث شده تا کشاورزی عمودی به عنوان یک راهکار نوین بتواند به تولید پایدار غذا در مناطق شهری کمک کند و به حفاظت از منابع طبیعی و کاهش آلودگی‌های محیطی بینجامد. این روش با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته می‌تواند نیازهای غذایی جمعیت روبه‌رشد جهان را برآورده سازد و به توسعه پایدار کمک کند. کشاورزی عمودی یک رویکرد پایدار و نوآورانه برای کشاورزی شهری ارائه می‌کند. پتانسیل آن برای رسیدگی به تقاضای غذا، کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارائه محصولات تازه در مناطق شهری، آن را به یک راه‌حل امیدوارکننده برای آینده تبدیل می‌کند. همان‌طور که این مفهوم همچنان به تکامل خود ادامه می‌دهد، تحقیق و توسعه بیشتر

در کشاورزی عمودی از جمله تحقیقات در زمینه ژنتیک گیاهی، توسعه سیستم‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیا و تحقیقات در زمینه مصرف انرژی برای به حداکثر رساندن مزایای آن و غلبه بر چالش‌های موجود ضروری است.

کشاورزی عمودی می‌تواند امنیت غذایی را بهبود بخشد. این روش، با ارائه فرصت‌های معماری و طراحی شهری، پتانسیل‌های بسیاری دارد و می‌تواند به کاهش تهدید گرسنگی و کندشدن تغییرات اقلیمی کمک کند. تحقیقات بیشتر در این زمینه‌ها می‌تواند به پیشرفت و توسعه کشاورزی عمودی کمک کرده تا این رویکرد نوین را به یک گزینه مستدام و اقتصادی در زمینه کشاورزی تبدیل کند.

پیشنهادهایی برای توسعه کشاورزی عمودی

۱. تحقیقات بیشتر در زمینه ژنتیک گیاهی: ادامه تحقیقات در زمینه ژنتیک گیاهی به کشاورزان این امکان را می‌دهد که گیاهانی با ویژگی‌های مقاومت بیشتر به شرایط محیطی خاص را تولید کنند.
۲. گسترش استفاده از تکنولوژی IOT: افزایش استفاده از حسگرها و دستگاه‌های هوشمند در کشاورزی عمودی به کشاورزان کمک می‌کند که به‌دقت بیشتری شرایط محیطی را کنترل کرده و به بهره‌وری بیشتری دست یابند. به طور نمونه از طریق بلاک‌چین می‌توان ثقلب مواد غذایی و برچسب‌گذاری نادرست را مهار کرد و به بهبود قابلیت ردیابی کمک خواهد کرد.
۳. پذیرش گسترده‌تر در بازار: ترویج و آگاه‌سازی در مورد مزایای کشاورزی عمودی به‌منظور جلب حمایت عمومی و گسترش استفاده از این رویکرد در سطح گسترده.
۴. سیاست‌گذاری و تشویقات: تشویقات مالی، تسهیلات مالی، و سیاست‌گذاری‌های حمایتی می‌تواند کشاورزان را به استفاده از کشاورزی عمودی ترغیب کند. تدوین سیاست‌های مؤثر و ایجاد تشویقات مالی به‌عنوان یک مکمل برای تسهیلات نرم‌افزاری

اقتصادی، مهم خواهد بود. کشاورزی عمودی یک تجارت پرخطر اما هیجان‌انگیز است؛ مردم همچنان ریسک می‌کنند و بیشتر سرمایه‌گذاری می‌کنند.

۵. آینده‌ای پر از کشاورزی پایدار: با پیشرفت‌های به‌دست‌آمده و تلاش‌های مستمر در زمینه کشاورزی عمودی، می‌توان به آینده‌ای پر از کشاورزی پایدار و مؤثر نگاه کرد. این رویکرد نوین نه تنها به بهبود شرایط زندگی کشاورزان و افزایش بهره‌وری منابع کمک می‌کند؛ بلکه به حفظ محیط‌زیست و مدیریت بهینه منابع کمک می‌نماید.

در شرایط تغییرات اقلیمی و خشکسالی، توسعه کشاورزی عمودی می‌تواند یک فرصت برای گسترش گردشگری کشاورزی و کمک به معیشت کشاورزان باشد

۵- چالش‌های کشاورزی عمودی شهری

کشاورزی عمودی شهری یک نوآوری اقتصادی و فرهنگی است و همچون هر تغییر فرهنگی اجتماعی با چالش‌هایی روبرو است. یکی از چالش‌های مهم در پذیرش گسترده کشاورزی عمودی، کمبود آگاهی در میان کشاورزان و جامعه است. برگزاری دوره‌های آموزشی و افزایش آگاهی در خصوص مزایا و تکنولوژی‌های مرتبط با این رویکرد، می‌تواند پذیرش آن را افزایش دهد. پایداری مزارع عمودی هنوز کاملاً مشکوک است. بسیاری از مردم باید چیزهای بیشتری را دنبال کنند تا به یقین و اقدام به سرمایه‌گذاری برسند. مزارع عمودی شهری معمولاً کمی محصورتر و شبیه کارخانه هستند. برای برخی افراد گیج‌کننده است، زیرا هاله و ذوق و شوق درباره کشاورزی شهری وجود دارد.

هزینه‌های بالای نصب و نگهداری سیستم‌ها از دیگر چالش‌های پیشرو است؛

کشاورزی عمودی نیاز به سرمایه‌گذاری عمده در تجهیزات و سیستم‌های پیشرفته دارد که این امر می‌تواند هزینه‌های اولیه را به شدت افزایش دهد. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های مرتبط با ساختار فیزیکی مزارع، تجهیزات رشد و سیستم‌های تغذیه گیاهان است. اگرچه این هزینه‌ها در مقایسه با کشاورزی سنتی بالاتر است، اما در بلندمدت می‌توانند منجر به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بهره‌وری شوند. همچنین، با افزایش مقیاس عملیات و بهینه‌سازی فرایندها، هزینه‌های مرتبط با انرژی نیز کاهش می‌یابد. در نهایت، اگرچه سرمایه‌گذاری اولیه در کشاورزی عمودی بالا است، اما این روش می‌تواند به عنوان یک راهکار اقتصادی پایدار برای تأمین غذای جمعیت‌های شهری و ایجاد درآمد برای شهرها مطرح شود. مزارع عمودی شهری همچنین به مقدار زیادی انرژی برای روشنایی، گرمایش و تهویه نیاز دارند.

کشاورزی عمودی شهری به دانش و تخصص فنی زیادی نیاز دارد. کنترل دقیق خاک و مواد مغذی موردنیاز برای رشد موفق گیاهان در سطح مولکولی ضروری است که نیازمند درک عمیق و کنترل فرایندهای پیچیده است. اجزای مختلف یک مزرعه عمودی، از جمله گیاهان، سیستم‌های روشنایی، آبیاری و کنترل آب‌وهوا، باید به دقت طراحی و هماهنگ شوند تا شرایط بهینه رشد برای محصولات فراهم شود. ممکن است نیاز به تخصص فنی در این زمینه یک چالش اساسی در مراحل اولیه پیاده‌سازی کشاورزی عمودی باشد، اما با افزایش آگاهی عمومی و ارتقای دانش اولیه، این روش می‌تواند به یک رویکرد معمول برای تأمین غذای جمعیت‌های شهری تبدیل شود.

کشاورزی عمودی هزینه‌های تولید محصول ارگانیک و سالم را بالا می‌برد. به منظور تولید محصولات ارگانیک زمین‌هایی که قبلاً از سموم شیمیایی در آنها برای تولید محصولات کشاورزی استفاده نشده‌اند، انتخاب می‌شوند؛ بنابراین باید آزمایش‌های مربوط به خاک انجام شود که هزینه بر است. کاشت بذرها به روش‌های طبیعی و بدون استفاده از سموم شیمیایی انجام می‌شود و بذرها و کودهای ارگانیک باید از

منابع طبیعی تهیه شوند. برای کنترل آفات، به جای استفاده از سموم شیمیایی، از روش‌های طبیعی مانند استفاده از حشرات بهره گرفته می‌شود. این مرحله به دلیل آموزش نیروی کار، ایجاد اکوسیستم طبیعی و خرید حشرات هزینه بالایی دارد. با آنکه محصولات ارگانیک معمولاً زمان بیشتری برای رشد نیاز دارند، برداشت محصولات بایستی در زمان مناسب و بادقت انجام می‌شود تا ارزش غذایی آنها حفظ گردد. هزینه‌های این مرحله شامل نیروی کار و تجهیزات برداشت است. در این مرحله نمی‌توان از مواد نگهدارنده برای فراوری و یا حفظ محصولات برای مدت طولانی‌تر استفاده کرد؛ بنابراین باید سریع به بازار عرضه شوند. در کنار فرایند تولید محصول ارگانیک، فرایند دریافت گواهینامه ارگانیک، بازاریابی، حمل‌ونقل و فروش سریع نیز هزینه‌های بالایی را بر صاحب مزرعه ارگانیک اعمال می‌کند؛ ازاین‌رو محصولات ارگانیک گران‌تر هستند.

کشاورزی عمودی به عنوان یک راه عالی برای سودمندی جامعه با پر کردن شکاف بین مردم و طبیعت عمل می‌کند. در نتیجه نه تنها به افراد غذا می‌دهد بلکه به آنها آموزش می‌دهد. ثابت شده است که ارتباط با طبیعت به سلامت روان افراد کمک می‌کند. علاوه بر این، قرار گرفتن در فضای باز باعث کاهش چاقی و کاهش استرس می‌شود. برخی از دانشگاہیان فکر می‌کنند که تعامل با طبیعت به همان اندازه حیاتی و ضروری است که تعامل با افراد. بر اساس تحقیقات، حضور در طبیعت اثر آرام بخشی بر مردم دارد، استرس شغلی آنها را کاهش می‌دهد و توانایی آنها را برای تمرکز در محل کار بهبود می‌بخشد.



کشاورزی عمودی راهکاری برای تامین امنیت غذایی،
رشد تولید داخلی، بهبود سلامت جسمی و روانی جامعه

