کشاورزی آئروپونیک

تألیف :

اسماعیل پورکاظم

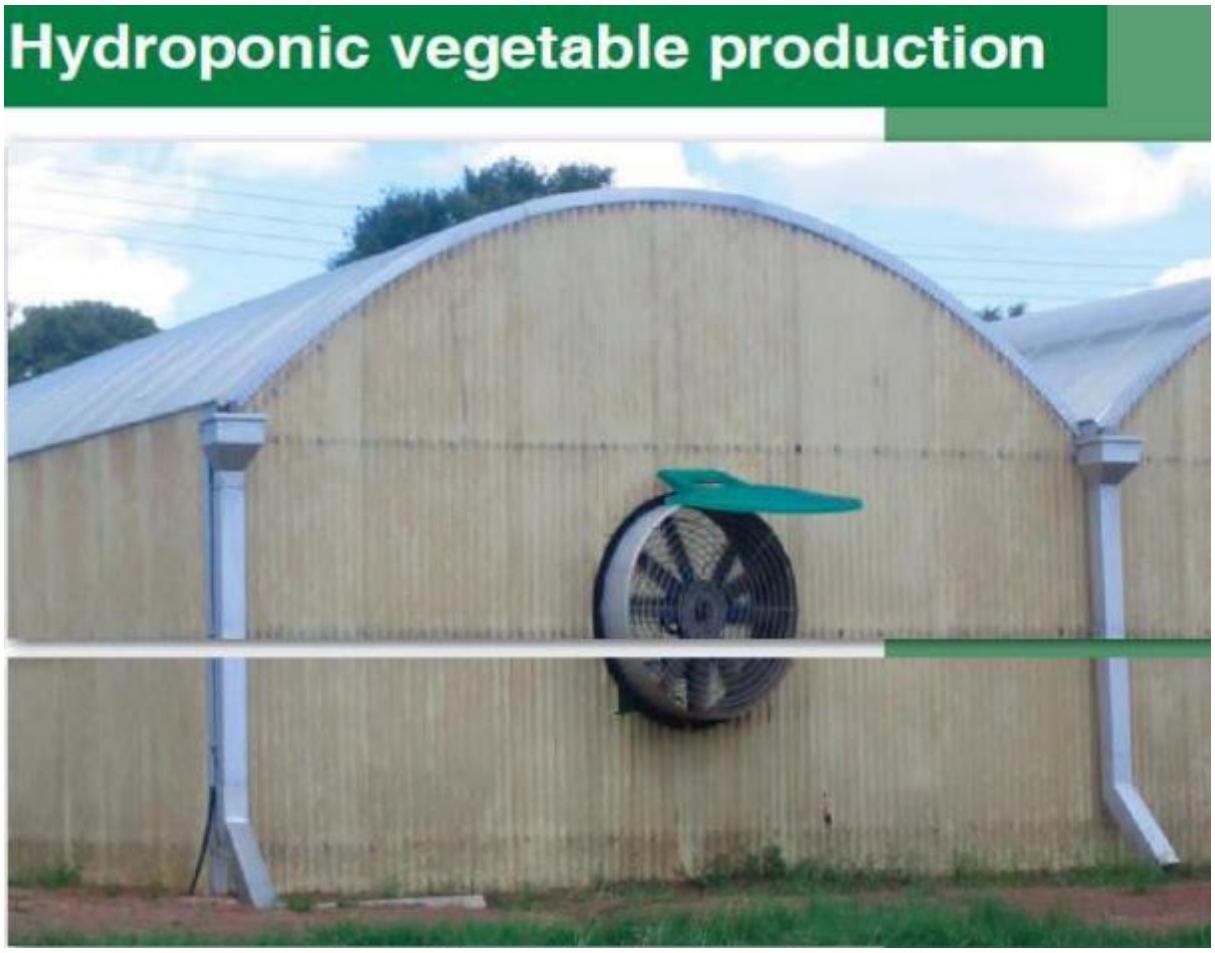
زمستان ۱۳۹۶

ردیف	عنوان مقاله	صفحه
۱	کشاورزی هیدروپونیک	۳
۲	سیستم های کشاورزی آئروپونیک	۵۸
۳	مزارع عمودی آسمانخراشی ؛ هدیه جوامع صنعتی نوین	۹۳
۴	روشنائی رشد گیاهان	۱۳۸
۵	بذور کشاورزی تغییریافتهٔ ژنتیکی	۱۸۱
۶	سیب زمینی برگ جدید	۲۰۶
۷	محصولات مقاوم به علفکش ها	۲۲۳
۸	گیاهان "ترانس ژن" یا "تراریخته"	۲۵۱
۹	پیوندزدن سبزیجات	۲۷۳
۱۰	آراگولا ؛ سبزی سالاد	۳۱۵
۱۱	رشادی ؛ ارگانیزم مدل در پژوهش های بیولوژی گیاهی	۳۳۳
۱۲	پرورش گل نرگس	۳۵۰
۱۳		
۱۴		
۱۵		
۱۶		
۱۷		
۱۸		
۱۹		
۲۰		
۲۱		
۲۲		
۲۳		
۲۴		
۲۵		
۲۶		
۲۷		
۲۸		
۲۹		
۳۰		

"هیدروپونیک یا هیدروکالچر" ؛
"Hydroponic ; Hydroculture"

هیدروپونیک چیست ؟

کشاورزی "هیدروپونیک" (hydroponic) یا "هیدروکالچر" (hydroculture) با اصطلاح فارسی "آبکشت" عبارت از : پرورش گیاهان در محلول های غذایی حاوی آب و کودهای کشاورزی بدون استفاده از خاک و یا با بکارگیری بسترهای رشد (growing medium) جامد غیر مؤثر نظیر : شن ، سنگریزه ، ورمیکولیت ، پشم سنگ (rockwool) ، پرلیت ، پیت خزه (peatmoss) ، الیاف نارگیل (coir) و گاهاً خاک ارّه (sawdust) منحصراً به منظور حمایت مکانیکی است (۱).



کشاورزی "هیدروپونیک" برخلاف کشاورزی مبتنی بر خاک (soil growing) امکان کنترل مستقیم و دقیق غلظت عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را فراهم می سازد، تا بدین طریق به بالاترین راندمان کمّی و کیفی محصولات دست یابند (۱).

بطور کلی سیستم های کشاورزی "هیدروپونیک" مبتنی بر دو روش زیر می باشند :
۱) سیستم هیدروپونیک باز (open system) :
در این سیستم ، محلول غذایی مصرفی پس از رفع نیاز گیاهان مجدداً مورد استفاده واقع نمی شود (۱).

۲) سیستم هیدروپونیک بسته (closed system) :
در این سیستم ، محلول غذایی مازاد متوالیاً تحت عملیات زیر واقع می گردد :
۲-۱) جمع آوری (recovered)
۲-۲) ترمیم (replenished)
۲-۳) استفاده مجدد (recycled) (۱).

شبهات کشاورزی هیدروپونیک :

یقیناً شبهات و سؤالات متعددی در رابطه با تکنولوژی "هیدروپونیک" همانند سایر شیوه های نوین کشاورزی مطرح می باشند ، که باید برای روشنگری آنها تلاش گردد، تا کاربران و علاقمندان فعالیت های کشاورزی نوین با وثوق بیشتری به فعالیت بیشتر تمایل یابند. برخی از شبهات مربوطه به شرح زیر می باشند :

۱) آیا هیدروپونیک تکنولوژی نوینی است ؟

۱-۱- در سوابق تاریخی آمده است که فرعون های (pharaohs) مصر از سبزیجات و میوه هایی که به روش آبکشت (هیدروپونیک) پرورش می یافته اند ، بسیار استقبال می نمودند.

۱-۲- بسیاری از محققین معتقدند که باغ های معلق بابل (Babylon hanging gardens) با سیستم "هیدروپونیک" آبیاری می گردیدند.

۱-۳- برخی گیاهان را در هندوستان از قدیم الایام بر روی پوسته های نارگیل (coconut husk) پرورش می داده اند(۵).

۲) آیا هیدروپونیک نوعی کشاورزی غیر طبیعی است ؟

۲-۱- گیاهان برای رشد طبیعی خواهان رفع برخی نیازمندی ها هستند لذا سیستم های هیدروپونیک در بر طرف ساختن نیازهای رشد گیاهان بسیار مؤثرند.

۲-۲- در سیستم هیدروپونیک از هیچ ماده یا وسیلهٔ اعجاب انگیزی استفاده نمی شود.

۲-۳- در سیستم های هیدروپونیک از مواد استروئیدی (steroids) سود نمی جویند.

۲-۴- در سیستم های هیدروپونیک تلاش می گردد، تا با کمترین بکارگیری مواد شیمیایی (کودها، آفتکش ها، قارچکش ها، علفکش ها) به تولید محصولات شبه ارگانیک بپردازند (۵).

۳) آیا هیدروپونیک برای محیط زیست مضر است ؟
۳-۱- امروزه آب گرانبهاترین ماده ای است که در طبیعت وجود دارد و نیازهای فزاینده بشر را در زمینه های کشاورزی ، صنعتی و بهداشتی برآورده می سازد.
۳-۲- پژوهش ها نشان می دهند که میزان مصرف آب در کشاورزی هیدروپونیک حدود ۹۰-۷۰ درصد کمتر از کشاورزی سنتی است.
۳-۳- بعلاوه کشاورزی هیدروپونیک کمترین میزان کودهای مصرفی را به شکل رواناب وارد رودخانه ها ، دریاچه ها و سفره های آب زیرزمینی (aquifers) می نماید (۵).

۴) آیا هیدروپونیک نوعی تکنولوژی پیچیده است ؟
۴-۱- هیدروپونیک کشاورزی بدون خاک است و آنرا می توان در : کشتی ها ، زیردریایی ها ، پشت بام آسمانخراش ها ، پاسیوها ، تراس ها ، گلخانه ها ، دیوارها ، ستون ها ، تنه درختان و حتی در سطل های ارزان قیمت با بکارگیری بسترهای پرورش و آبیاری دستی محلول های غذایی اجرائی نمود.
۴-۲- سیستم هیدروپونیک در عین سادگی از قابلیت اتوماسیون برخوردار است و هیچگونه محدودیت سنی و زمانی برای کاربران قائل نمی باشد (۵).

۵) آیا هیدروپونیک فقط قابلیت کاربرد در فضاهای بسته را دارد ؟
سیستم های هیدروپونیک از قابلیت کاربرد در فضاهای بسته و همچنین فضاهای آزاد (در معرض نور خورشید و شرایط اقلیمی عادی) را دارند ولیکن بکارگیری سیستم های هیدروپونیک در فضاهای بسته دارای فواید زیر می باشند :
۵-۱- کنترل اختلاف فصول
۵-۲- فصل رشد دوازده ماهه
۵-۳- کاهش شدید آفات و بیماریها (۵).

۶) آیا هیدروپونیک نیازمند کاربرد آفتکش ها است ؟

۱-۶- سیستم های هیدروپونیک نیز ممکن است به کاربرد آفتکش ها نیازمند باشند ولیکن مصرف آنها شدیداً کاهش می یابد.

۲-۶- به هر حال خسارات آفات و بیماریهای خاکزاد (soil born) در سیستم های هیدروپونیک به دلیل عدم نیاز به خاک به کلی حذف می گردند (۵).

۷) آیا هیدروپونیک مختص پرورش گیاهان برتر است ؟

در سیستم های کشاورزی هیدروپونیک به پرورش گیاهان عادی پرداخته می شود ولیکن به دلیل استفاده از بهترین بذور و گیاهچه های نشائی به محصولاتی با کمیّت و کیفیت مطلوب تر دست می یابند، تا درآمد بیشتری نصیب کاربران گردد (۵).

۸) آیا هیدروپونیک جزو تکنولوژی های نامشروع و غیرقانونی محسوب می گردد ؟
از هیدروپونیک نیز می توان برای پرورش گیاهان غیرقانونی استفاده نمود، همانگونه که مجرمان می توانند از اتومبیل برای فرار از صحنه های جرم بهره گیرند (۵).

پرورش هیدروپونیک :

گیاهان برای ادامه زندگی ملزم به انجام واکنش های فتوسنتزی با استعانت از : نور ، آب ، CO_2 ، عناصر غذایی و کلروفیل در شرایط مناسب دمایی هستند. آنها تمامی نیازهای خود را در کشاورزی خاکی از انواع بسترهای خاکی تهیّه می کنند درحالیکه در کشاورزی هیدروپونیک باید رفع نیازهای غذایی گیاهان منحصراً از طریق جذب عناصر مغذی محلول در آب فراهم گردد (۱).

در سیستم های کشاورزی هیدروپونیک بواسطه عدم حضور خاک که علاوه بر نقش تدارک کنندهٔ غذا و آب به عنوان محل استقرار گیاهان نیز عمل می کند ، باید به فراهم نمودن قیّم هایی برای نگهداری گیاهان "لخت ریشه" (bare root) پرداخت، که به آنها "بسترهای رشد" (growing medium) اتلاق می گردد.
بسترهای رشد ضمن تماس با محلول های غذایی باعث تدارک آب و مواد غذایی از طریق خاصیت موئینگی می گردند. این بسترها از خشک شدن سریع ریشه ها در اثر عدم تماس مستقیم آنها با محلول های غذایی بویژه در مراحل ابتدایی رشد بذور و گیاهچه های نشایی جلوگیری می کنند (۱).

تمامی گیاهان برای رشد و نمو نیازمند منبع انرژی (روشنایی) هستند لذا در سیستم های گوناگون هیدروپونیک می توان از طیف طبیعی و پُر قدرت نور خورشید و یا انواع نورهای مصنوعی (growth lights) استفاده نمود، تا به اپتیمم رشد گیاهی دست یافت (۱).

"جدول۱) مقایسه نیازهای رشد گیاهان در شرایط طبیعی و هیدروپونیک (۱):"

نیاز های مزارع عادی	نیازهای هیدروپونیک تجاری
منبع آب تمیز	منبع آب مناسب از نظر کمّی و کیفی
محل مناسب	بازارهای مصرف
فرمولاسیون کودی مطلوب	نیروی انسانی کافی و کارآمد
مطابقت زمانی	مهارت های مدیریتی (سازه ها ، تولید ، فروش)
دانش کشاورزی کافی	دانش کافی در مورد : ازدیاد ، کوددهی ، آبیاری ، مدیریت آفات و بیماریها
دستیابی به درآمد مکفی	موقعیت محلی مناسب
.....	مبادلات بانکی قابل دسترس
.....	مصالح عامه (محیط زیست ، اقتصاد ملی ، قوانین و مقررات ، عادات و سنت ها)

فواید سیستم های هیدروپونیک :

۱) عدم نیاز به خاک
۲) حداقل هزینه آب مصرفی
۳) امکان استفاده مجدد از آب مصرفی
۴) امکان کنترل و کاهش هزینه عناصر غذایی گیاهان
۵) کنترل آلودگی محیطی ناشی از آبهای زهکشی حاوی کود و سم
۶) افزایش و تداوم تولیدات گیاهی
۷) کنترل بهتر آفات و بیماریها (۱).

مضرّات سیستم های هیدروپونیک :

۱) شرایط مرطوبی که توسط سیستم های هیدروپونیک ایجاد می گردند ، باعث افزایش رشد باکتری "سالمونلا" (salmonella) می شوند.

۲) بیماریهای "بوته میری" (damp off) ناشی از قارچ هایی چون "ویرتیسیلیوم" (verticillium) در اثر شرایط مرطوب حاصل از سیستم های هیدروپونیک مبتنی بر بسترهای جامد غیر مؤثر افزایش می یابد.

۳) بسیاری از گیاهان هیدروپونیک نیازمند عناصر غذایی و شرایط رشد متفاوتی هستند (۱).

"جدول۲) تفاوت های تولیدات هیدروپونیک با تولیدات بسترهای خاکی (۱):"

تولیدات بسترهای خاکی	تولیدات هیدروپونیک
نیاز به خاک سطحی حاصلخیز	عدم نیاز به خاک
نیازمند شرایط زهکشی مناسب	آبیاری اتوماتیک
نیازمند کنترل بیماریهای خاکزاد	عدم بروز تنش رطوبتی
ضرورت آبیاری به موقع برای جلوگیری از تنش رطوبتی	فراهم بودن عناصر غذایی در تمام مراحل رشد گیاهان
ضرورت افزایش به موقع و مناسب عناصر غذایی به خاک	منحصراً بکارگیری کودهای محلول
نیازمند آزمایش خاک برای تعیین میزان مناسب افزایش عناصر غذایی به خاک	تعادل عناصر غذایی در کودهای مصرفی و محلول غذایی
امکان تولید محصولات ارگانیک با کمک مواد آلی	حذف بیماریهای خاکزاد
.....	دشواری تولید محصولات ارگانیک

محصولات مناسب کشاورزی هیدروپونیک :

انتخاب بهترین محصول برای بهره برداری در سیستم های هیدروپونیک غالباً از مهمترین عوامل توسعه تجاری کشاورزی نوین می باشد، که بستگی به موارد زیر دارد :

الف) سلایق کاربران (growers)

ب) موقعیت های مکانی-زمانی (situation) (۶).

انتخاب نحوه فروش محصولات کشاورزی هیدروپونیک در اشکال زیر می تواند در موفقیت آن بسیار مهم باشد :

۱) خرده فروشی (retail)

۲) عمده فروشی (whole sale)

۳) رستوران ها (restaurants)

۴) بازارهای محلی (farmer`s markets)

۵) جوامع حامی کشاورزی یا CSA (community supported agriculture)

البته نحوه فروش را برای دستیابی به موفقیت بیشتر می توان با بیش از یک روش نیز انجام داد(۶).

تصمیم گیری در مورد چگونگی عرضه محصولات هیدروپونیک می تواند متأثر از عوامل زیر باشد :

۱) موقعیت جغرافیائی (geography)

۲) قابلیت دسترسی (accessibility)

۳) علائق مصرف کنندگان (temperament)

۴) رقبای محلی (local competition)

۵) وسعت فعالیت تولیدی (scale of growing operation) (۶).

باید به خاطر داشت که تولید کنندگان همواره در جستجوی بهترین خریدارانی هستند، که بالاترین قیمت ها را در ازای محصولات پرداخت نمایند درحالیکه مصرف کنندگان متقابلاً در پی محصولاتی با کیفیت مطلوب و بهای مناسب هستند (۶).

باید در نظر داشت که برخی کالاهای کشاورزی هیدروپونیک به شدت فساد پذیر هستند و قاعدتاً قابلیت انتقال به بازارهای دور را ندارند.
بعلاوه هزینه انتقال برخی از کالاهای هیدروپونیک آنچنان زیاد است، که با فروش آنها جبران نمی گردد لذا در تولید محصولاتی چون : گوجه فرنگی و فلفل ها با بهای ۴ دلار در هر پوند می بایست با دقت بیشتری تصمیم گیری نمود.
تلاش برای دستیابی به بالاترین میزان محصول و صرف کمترین هزینه ها می تواند موفقیت فعالیت های تولیدی در کشاورزی هیدروپونیک را افزایش دهد امّا فقط بازاریابی مناسب محصولات تولیدی می تواند بقاء و دوام اینگونه فعالیت ها را تضمین نماید (۶).

سیستم های کشاورزی هیدروپونیک در شرایط محیطی کنترل شده می تواند نویدبخش فرصت های ذیل باشند :
۱) کاهش مهاجرت ساکنین (limited immigration)
۲) تولید سبزیجات میکرو یا "میکروگرین" (micro-vegetables)
۳) پرورش گیاهان داروئی (homeopathic herbs)
۴) پژوهش های گیاهی (botanicals)
۵) بررسی های قومیتی (ethnic specialties)
۶) تولید سبزیجات آشپزی (specialty cooking greens) (۶).

سیستم های کشاورزی هیدروپونیک :

کشاورزی هیدروپونیک به صورت سیستم های مختلفی اجرا می گردد که عبارتند از :

۱) سیستم منفعل یا غیر فعال (passive)

۲) سیستم آبکشت (water culture)

۳) سیستم لایه نازک عناصر غذایی یا NFT (nutrient film technique)

۴) سیستم سیلاب و زهکشی (flood & drain ؛ ebb & flow)

۵) سیستم فتیله ای (wick)

۶) سیستم آبیاری قطره ای (drip watering)

۶-۱- سیستم آبیاری قطره ای با بازیافت (recovery)

۶-۲- سیستم آبیاری قطره ای بدون بازیافت (non recovery)

۷) سیستم آئروپونیک (aeroponic) (۵).

امروزه شیوه های متفاوتی از بکارگیری سیستم های مختلف هیدروپونیک ابداع گردیده اند ، که تعدادشان به صدها روش نیز می رسند ولیکن تمامی آنها در زمرهٔ ۶ سیستم فوق الذکر و یا تلفیقی از آنها قرار می گیرند(۵).

تشریح سیستم های مختلف هیدروپونیک :

۱) سیستم منفعل یا غیر فعال :

از سیستم پرورش غیر فعال (passive) یا غیر چرخشی (non-circulating) که بدون نیاز به : الکتریسته ، پمپ و فتیله طراحی شده اند ، می توان به صورت خانگی جهت تولید : سبزیجات ، گل ها و میوه ها بهره گرفت. این سیستم در شرایط محدودیت آب و عناصر غذایی می تواند نیازهای خانوارها به برخی تولیدات گیاهی را بر طرف سازد. احداث و نگهداری سیستم هیدروپونیک غیر فعال بسیار ساده است و سرعت رشد گیاهان را نسبت به شرایط بسترهای خاکی به ۴-۲ برابر افزایش می دهد (۱،۲).

انواع سیستم های هیدروپونیک غیر فعال :

بطور کلی سه روش هیدروپونیک غیر چرخشی یا غیر فعال برای این منظور ابداع گردیده اند. در این روش ها تمامی عناصر غذایی به حالت محلول در می آیند و قبل از کاشت بذور یا نشاء گیاهچه ها به داخل سیستم اضافه می گردند.

در ساده ترین طریقه به کاشت بذور و یا نشاء گیاهچه ها در حفره های (net pot) صفحه پلاستیکی یا پلاتفرم دارای مواد بستر (growing medium) اقدام می شود سپس صفحه پلاستیکی را بر روی محفظه ای که با عناصر غذایی محلول پُر شده است، قرار می دهند بطوریکه انتهای محتوای حفره های حاوی بذور در داخل محلول غذایی غوطه ور گردند.

بدین ترتیب بذور یا گیاهچه های کاشته شده بطور خودبخودی مرطوب خواهند شد زیرا مواد بستر که با محلول غذایی در تماسند، در اثر نیروی موئینگی به جذب آب مبادرت می ورزند (۲).

تدریجاً با رشد گیاهان هیدروپونیک از سطح محلول غذایی درون محفظه کاسته می گردد و فضای مملو از هوای مرطوب در داخل محفظه گسترش می یابد لذا ریشه های گیاه برای تداوم دستیابی به آب و مواد غذایی به سمت پائین توسعه پیدا می کنند.

ارقام مختلف کاهوی برگی (leaf lettuce) ، کاهوی پیچ (semi-head lettuce) و کاهوی معمولی (romaine) معمولاً ۷-۶ هفته پس از کاشت بذورشان در شرایط هیدروپونیک غیر فعال قابل برداشت خواهند بود (۲).

در شیوه ای دیگر می توان از صفحات مشبک پلی استری که بر روی محلول غذایی درون لوله های پلی اتیلین با قطر ۲۰ سانتیمتری شناورند، بعنوان بستر کاشت بذور یا نشاءهای گوجه فرنگی بهره گرفت.
در این روش محصول را قبل از تخلیه کامل محلول غذایی از عناصر معدنی برداشت می کنند (۲).

کارآیی مصرف آب (WUE = ET / Y) در این شیوه از تکنولوژی هیدروپونیک معادل ۲۰-۱۱ لیتر برای تولید هر کیلوگرم کاهو برآورد شده است ولیکن هدف آتی محققین آن است که بزودی کارآیی مصرف آب در سیستم مزبور را به ۶-۳ لیتر محلول غذایی به ازای تولید هر ۱-۰/۶ کیلوگرم کاهوی قابل مصرف برسانند (۲).

یک مدل دیگر از سیستم پرورش هیدروپونیک غیر چرخشی شامل یک مخزن مسقف است، که با محلول عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان قبل از کاشت بذر یا نشاء آنان مملو می گردد آنگاه بخش قابل تکثیر گیاه را در حفره ها (pits ، holes) یا شکاف های (slits) مخروطی شکل (tapered) پوشش یا سقف محفظه (net pot) حاوی محلول غذایی بر روی بستر رشد می کارند بطوریکه انتهای بستر رشد با محلول غذایی درون محفظه در تماس باشد، تا از طریق خاصیت موئینگی (کاپیلاری ، شعریه) بطور خودبخودی بتواند رطوبت کافی را به بخش مورد نظر گیاه برساند (۲).

با افزایش رشد گیاه (گیاهان) و به سبب مصرف محلول غذایی از سطح محلول مذکور در محفظه کاسته می شود و گیاه دیگر نمی تواند از طریق خاصیت موئینگی بستر رشد به جذب مواد غذایی و آب بپردازد لذا سعی می کند تا با افزایش طول ریشه ها مجدداً به محلول غذایی مخزن دسترسی یابد. در این حال بخش خالی از محلول غذایی که در قسمت فوقانی مخزن شکل گرفته است، به تأمین اکسیژن مورد نیاز ریشه های (aeration) خارج از آب می پردازد. بدین ترتیب ریشه های گیاه در اثر برخورداری از هوای مرطوب با تولید شاخه های متعدد به گسترش جانبی اقدام می ورزند (۲).

۱-۱- هیدروپونیک در بطری های ۴ لیتری :

بکارگیری سیستم هیدروپونیک در بطری های ۴ لیتری می تواند برای پرورش کاهو و سایر گیاهان "زود بازده" (short term) که نیازمند کمترین محلول غذایی در طی دورهٔ عمر (life span)هستند، مناسب باشد. برای این منظور و در ساده ترین روش به پُر کردن یک بطری ۴ لیتری با آب می نمایند، بطوریکه فقط ۴ سانتیمتر از بخش فوقانی بطری خالی بماند. سپس ۴ گرم از کود کامل گرانوله مخصوص هیدروپونیک نظیر :

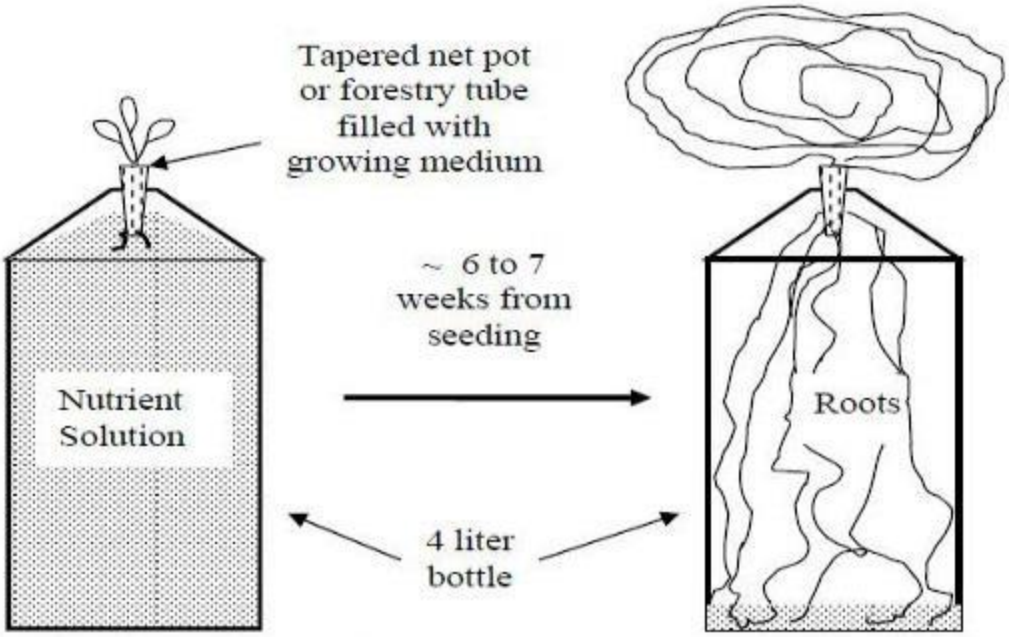
الف) Gro 10-8-22

ب) Hydro-Gardens

پ) Colorado

را به آب داخل بطری می افزایند.

سطوح خارجی بطری را به خوبی می پوشانند، تا مانع نفوذ نور به داخل آن شود تا بدینطریق از رشد جلبک ها (algae) ممانعت به عمل آید.



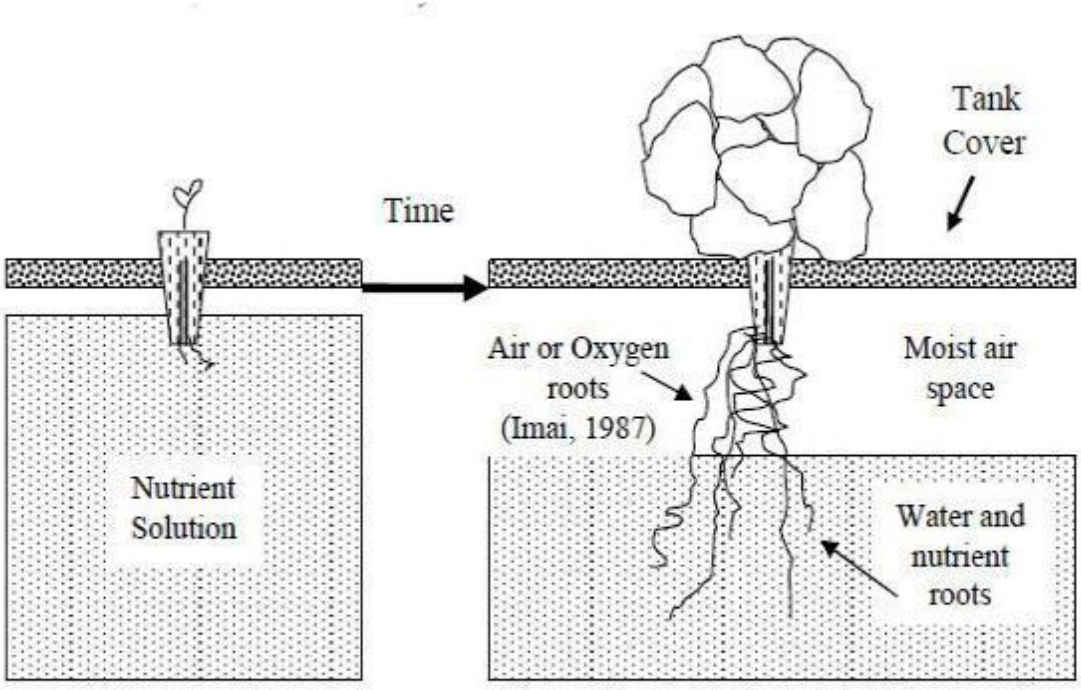
Lettuce growing in a 4-liter plastic bottle.

متعاقباً بذر یا نشاء کاهو را در دهانه حاوی بستر رشد بطری قرار می دهند، بطوریکه حدوداً ۳ سانتیمتر از انتهای بستر رشد در داخل محلول غذایی بطری قرار گیرد، تا موجب مرطوب شدن محیط ریشه گیاه از طریق خاصیت موئینگی شود.

کاهو از مرحله جوانه زدن بذور تا مرحله بلوغ به ۶-۷ هفته زمان نیاز دارد و سطح محلول غذایی در پایان این مرحله در حدود ۲۵-۱۵ سانتیمتر نزول می یابد زیرا محلول غذایی در طی این مدت از هیچگونه افزایشی بهره مند نمی گردد.
افزایش فضای خالی در قسمت بالای بطری ضمن رشد گیاه نمی تواند هیچگونه محدودیتی را باعث شود.
مطابق بررسی هایی که در هاوایی صورت پذیرفت، مشخص گردید که هر ۱ کیلوگرم از کاهوی تولیدی در این روش موجب مصرف ۲۰-۱۵ لیتر محلول غذایی می شود.
محققین در ضمن این آزمایشات همچنین توانستند تعداد ۸-۶ بوته از کاهوها را بر روی ظروف پلاستیکی بزرگتر پرورش دهند (۲).

۲-۱- پرورش گیاهان هیدروپونیک بر روی مخازن مسقف :

در این شیوه می توان پرورش گیاهان هیدروپونیک را از سطح آزمایشی به سطوح تجارتی توسعه داد. برای این منظور ابتدا مخازن مورد نظر را با استفاده از پایه هایی از جنس تخته سه لائی (plywood) و صفحات پلی اتیلین به عنوان پوشش به یک محفظه هیدروپونیک تبدیل می نمایند.
مخازن مورد نظر می توانند از جنس مواد مختلفی باشند ولیکن باید بر سطح صاف و محکمی استقراریابند.
در ادامه به ایجاد حفره هایی به قطر ۵ سانتیمتر و فواصل ۳۰×۲۰ سانتیمتر بر سطح پوشش مخزن اقدام می شود.
آنگاه مخزن را با محلول غذایی دارای EC معادل ۱/۵ دسی زیمنس بر سانتیمتر پُر می سازند (۲).



A model suspended pot, non-circulating hydroponic system at seedling stage

محلول ۱ باید حاوی ۱۲۰ گرم در لیتر از کودهای تجارتی ویژه هیدروپونیک نظیر : "Hydro-Gardens" یا Colorado مرکب از : ازت ۸% ، فسفر ۶/۶% ، پتاسیم ۱۹/۹% ، بُر ۰/۲۰% ، مس ۰/۰۵% ، آهن ۰/۴% ، منگنز ۰/۲% ، مولیبدن ۰/۰۱% و روی ۰/۰۵% بعلاوهٔ ۷۲ گرم در لیتر از سولفات منزیم باشد (۲).

محلول ۲ باید حاوی ۱۲۰ گرم در لیتر از نیترات کلسیم قابل حل گردد (۲).

برای پرورش هیدروپونیک کاهو می توان از بذور یا نشاءهای ۲-۱ هفته ای آن استفاده نمود.
موادی که معمولاً به عنوان بستر بدون خاک بذور یا نشاءهای کاهو در این روش استفاده می شوند، شامل موادی چون : پیت ، پرلیت و ورمیکولایت می باشند (۲).

انتهای بستر کاشت در آغاز دورهٔ تولید باید با محلول غذایی تماس یابد. البته سطح ایستابی محلول غذایی در زمان برداشت محصول به میزان ۱۲-۶ سانتیمتر نزول می یابد.
کاهوهایی که در این روش با استفاده از نشاءها پرورش می یابند، پس از ۵ هفته به مرحله برداشت می رسند.
کاهوها را در پایان هر دوره با کمک قیچی یا چاقوی باغبانی برداشت می کنند سپس پوشش مخزن (پلاتفرم) و بستر رشد را از بقایای گیاهی کاملاً تمیز می نمایند (۲).

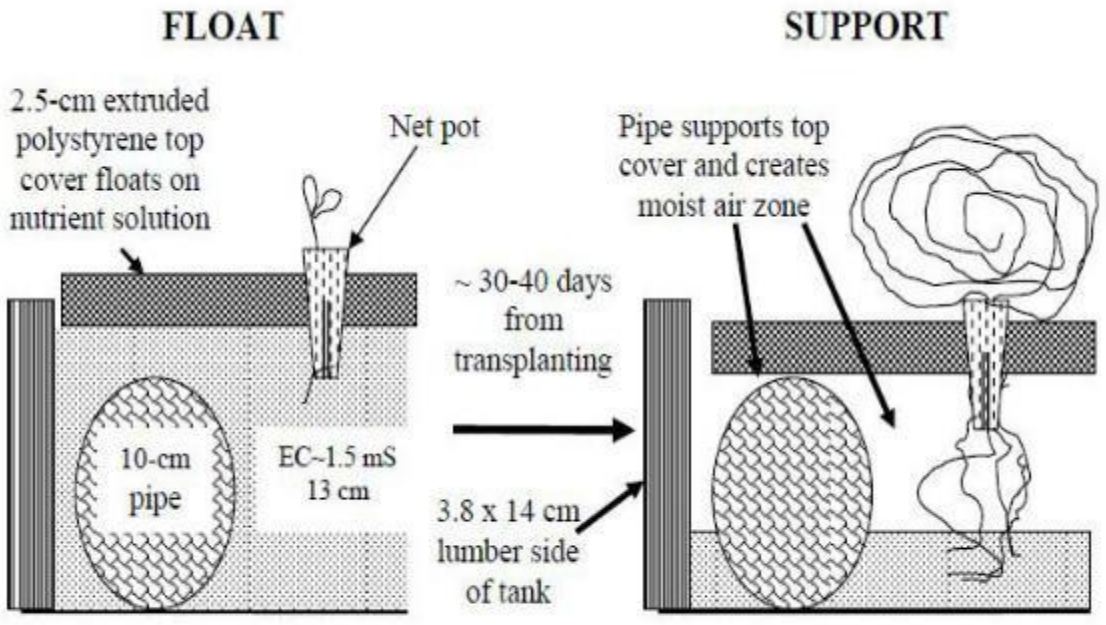
برخی پرورش دهندگان به تخلیه و پُر کردن مجدد مخزن محلول غذایی پس از هر نوبت برداشت محصول اقدام می کنند ولیکن برخی دیگر فقط به پُر کردن حجم خالی شدهٔ (top off) مخزن می پردازند.
به هر حال نهایتاً باید پس از هر ۳ دوره پرورش گیاهان هیدروپونیک نسبت به تخلیه محلول غذایی قبلی و استفاده از محلول غذایی تازه اقدام ورزید (۲).

۳-۱- استفاده از بسترهای مستطیلی شناور بر مخازن طویل :

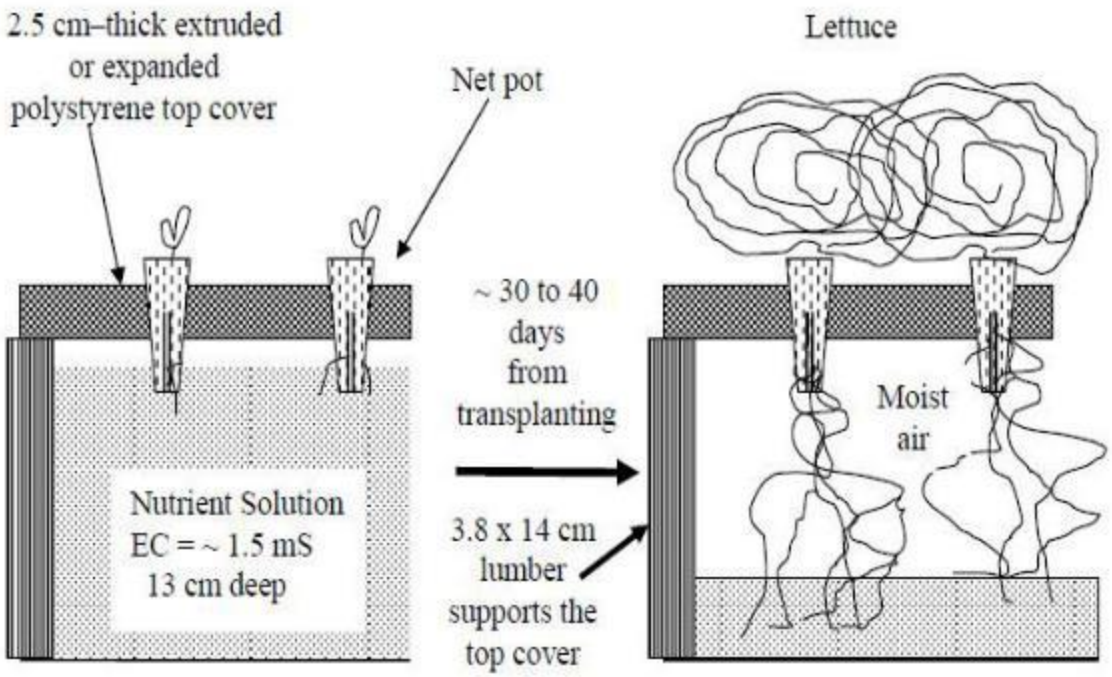
مخازن طویل با عرض ۱/۲۵ متر ، عمق ۱۴ سانتیمتر و طول دلخواه را می توان با پوششی از صفحات پلاستیک یا پلی اتیلین به ضخامت ۰/۱۵ میلیمتر مفروش ساخت سپس آنها را مملو از محلول غذایی نمود.
آنگاه ۲ لوله پلاستیکی طویل با قطر ۱۰ سانتیمتر را به صورت موازی و با فاصله ۰/۹ متر در داخل مخزن کانالی جای می دهند، تا توسط دیواره های مخزن مستقر گردند.

داخل لوله ها را می توان با کیسه های کوچک حاوی سنگریزه ها پُر نمود، تا شناور نگردند.
حفره هایی به قطر ۵ سانتیمتر (اضلاع ۲/۵×۱/۳ سانتیمتر) و با فواصل ۳۰-۲۰ سانتیمتر بر روی صفحهٔ پلاتفرم ایجاد می نمایند سپس حفره ها را با بستر رشد (پیت یا پرلیت) پُر می سازند.
نشاءهایی با عمر ۲-۱ هفته ای را در داخل حفره ها استقرار می بخشند.

انتظار می رود که سطح محلول غذایی موجود در مخزن کانالی در زمان برداشت محصول در حدود ۹-۳ سانتیمتر نزول یابد، که در اثر مصارف گیاهی و تلفات آب بواسطه تبخیر و تعرق است.
بعد از برداشت کاهوها اقدام به پاکیزه نمودن صفحات پلی اتیلین شناور (پلاتفرم) می نمایند، تا پس از تمیز شدن مجدداً مورد استفاده قرار گیرند.
کانال ها را بار دیگر با محلول غذایی پُر می کنند و به دور بعدی تولید می پردازند.
برآوردها نشان می دهند که میزان محصول این سیستم نسبت به سیستم پیشین حدود ۲۳% کمتر است(۲).



Growing lettuce by a float-support, non-circulating hydroponic system.



نکات مهم سیستم های هیدروپونیک غیر چرخشی :

۱) سیستم های هیدروپونیک غیر چرخشی (non-circulated) می توانند به تخمریزی پشه ها در سطح محلول غذایی بینجامند، که این موضوع باعث تهدید سلامتی کاربران سیستم خواهد بود ولیکن :

۱-۱- پشه ها را می توان با نصب توری های مناسب کنترل نمود.

۱-۲- استفاده از ماهی های مقاوم به غلظت نمک ها در داخل مخازن هیدروپونیک می تواند در کنترل پشه ها مفید باشد.

۱-۳- بکارگیری سم حاصل از باکتری BT با نام علمی " Bacillus thuringiensis subspecies e?raelensis" نیز بسیار اثربخش است.

۱-۴- ایجاد شرایط جابجایی هوای خشک و خنک در کاهش جمعیت پشه ها مؤثر است.

۲) در سیستم هیدروپونیک غیر چرخشی باید از آب با کیفیت استفاده شود.

۳) مقدار EC آب در شروع پرورش هیدروپونیک غیر چرخشی باید در حدود ۰/۵ دسی زیمنس بر سانتیمتر باشد ولیکن میزان EC به مرور و با مصرف شدن محلول غذایی توسط گیاهان در زمانی که حدود ۲۵% از حجم محلول غذایی کاسته گردد، به حدود ۲ دسی زیمنس بر سانتیمتر تغییر می یابد.

۴) استفاده از آب باران در مناطقی که محدودیت آب با کیفیت دارند، مناسب است.

۵) در مواقعی که میزان PH محلول غذایی کاهش می یابد و اسیدی می گردد آنگاه می توان با قرار دادن مقداری "دولومیت" در داخل پارچه ململ و افزودن آن به مخزن باعث متعادل شدن PH محلول غذایی گردید. پارچه ململ می تواند از رسوب شدن بخش های غیر قابل حل "دولومیت" در داخل سیستم جلوگیری نماید.

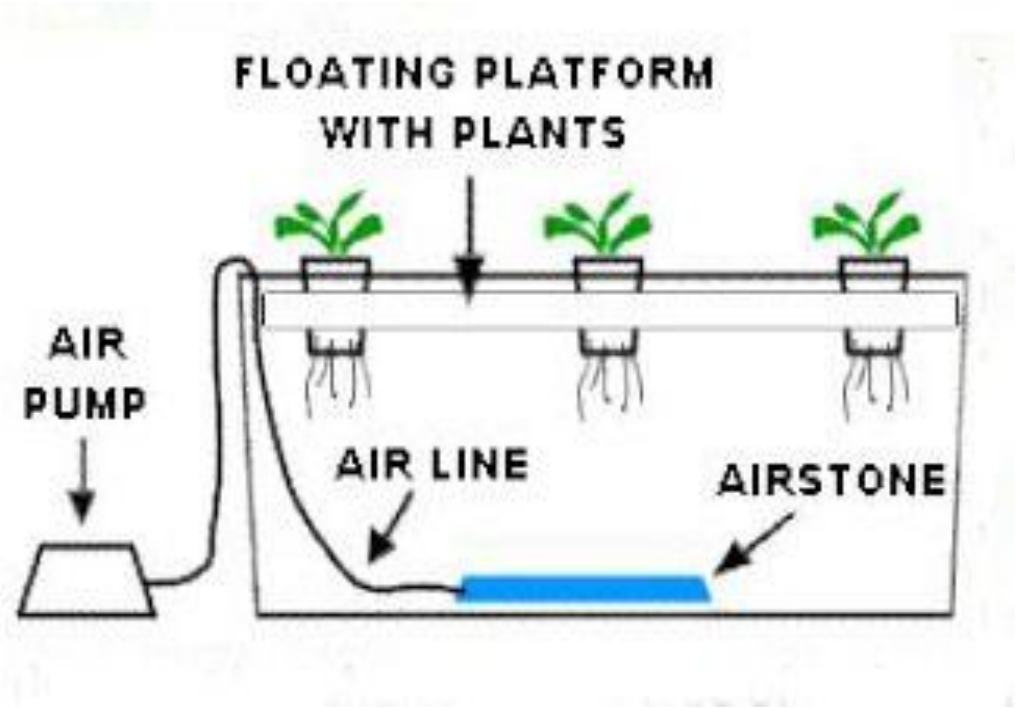
۶) در مواردی که PH محلول غذایی از حد معینی بیشتر می شود، می توان از سولفات آمونیوم استفاده نمود، تا با آزادسازی یون هیدروژن باعث کاهش PH محلول غذایی گردد. برای این منظور کافی است، به میزان ۱۲ گرم در لیتر از سولفات آمونیوم مصرف شود.

۷) محلول غذایی سیستم هیدروپونیک غیر چرخشی باید با تناوب ۴ روزه از نظر PH بررسی شود و در صورت ضرورت تعدیل گردد (۲).

۲) سیستم آبکشت :

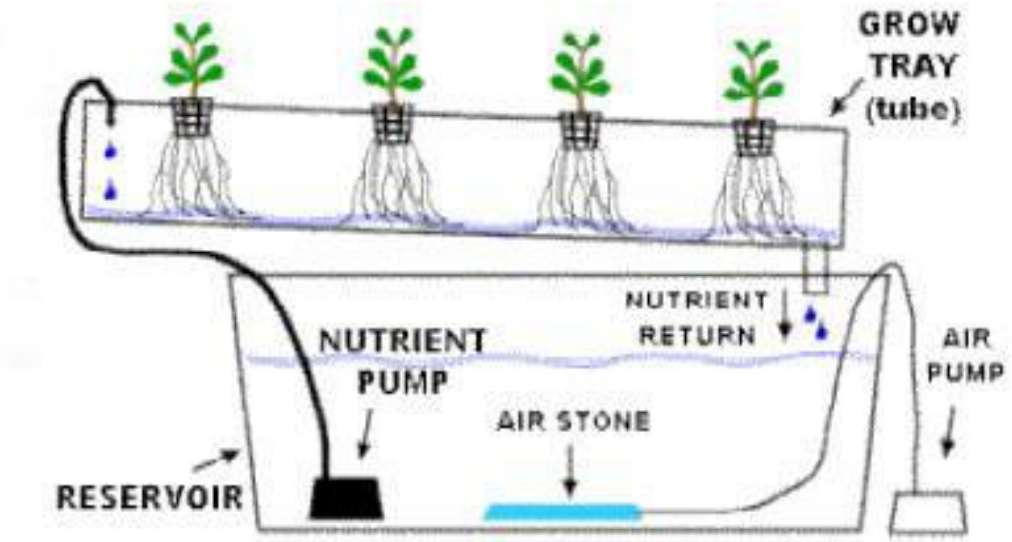
سیستم کاشت گیاهان درون آب روان یا آبکشت ساده ترین سیستم هیدروپونیک فعال به شمار می آید. صفحه نگهدارنده و محل استقرار گیاهان (platform) در سیستم آبکشت از جنس "استیروفوم" (Styrofoam) می باشد ، که مستقیماً به حالت شناور بر سطح محلول غذایی قرار می گیرد.
یک پمپ هوا (air pump) به تدارک حباب های هوا از میان سنگ متخلخل (air stone) به درون محلول غذایی می پردازد ، تا اکسیژن مورد نیاز ریشه گیاهان را برآورده سازد.
سیستم آبکشت را معمولاً برای پرورش گیاهان سریع الرشد و آبدوستی نظیر "کاهو برگی" (leaf lettuce) می توان بکار گرفت (۵).

بزرگترین معضل سیستم های آبکشت آن است که کارآیی مطلوب را در موارد زیر ندارند :
۲-۱- پرورش گیاهان بزرگ (large plants)
۲-۲- پرورش گیاهان پُر دوام (long term plants) (۵).



۳) سیستم لایه نازک عناصر غذایی :

سیستم لایه نازک عناصر غذایی یا NFT (nutrient film technique) غالباً اولین شکلی است که در ذهن اشخاص پس از استماع موضوع کشاورزی هیدروپونیک تجلی می یابد.
سیستم NFT دارای جریانی یکنواخت و با ثبات از محلول های غذایی است لذا نیاز به تایمری برای قطع و وصل متناوب جریان در پمپ مغروق ندارد.
محلول غذایی در سیستم NFT به سینی ها (tray) یا لوله های (tube) پرورش گیاهان پمپاژ می شود و در مجاورت ریشه های گیاهان جریان می یابد و پس از رفع نیازهای رطوبتی و غذایی آنها به مخزن ذخیره برگشت می یابد.
معمولاً محلول غذایی را در سیستم لایه نازک عناصر غذایی پس از هر دورهٔ پرورش محصولات گیاهی تعویض نمی کنند لذا در هزینه ها صرفه جوئی به عمل می آید (۵).



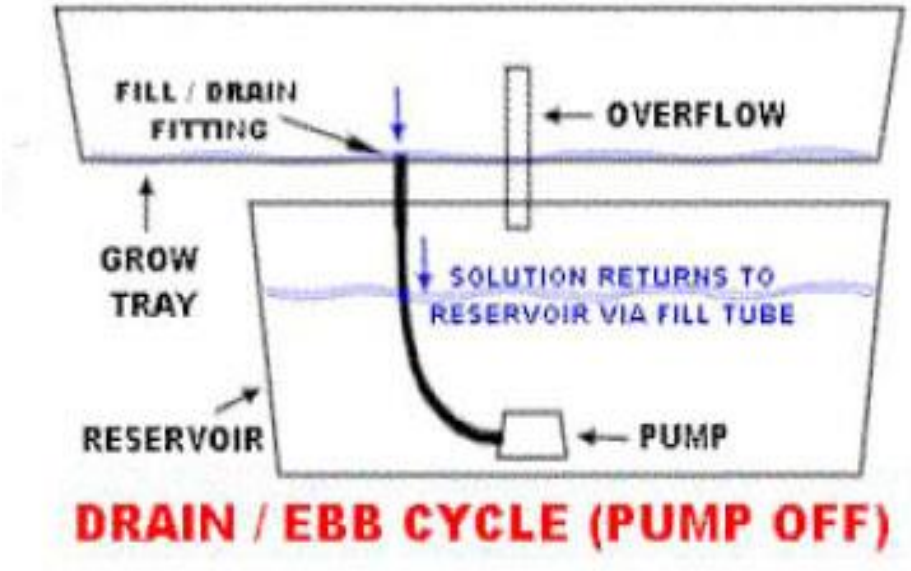
در سیستم لایه نازک عناصر غذایی از محلول حاوی عناصر غذایی و اکسیژن برای پرورش طیف وسیعی از گیاهان نظیر : کاهو ، توت فرنگی ، نباتات داروئی ، گل ها ، گوجه فرنگی ، فلفل ، بادمجان ، خیار و کدو استفاده می شود (۱).

ناحیه طوقه گیاهان در سیستم NFT با کمک قطعات فوم پلاستیکی درون پلاتفرم استقرار می یابند، تا ریشه هایشان در داخل محلول غذایی آویزان بمانند زیرا در این سیستم از بسترهای جامد استفاده نمی گردد (۵).

سیستم لایه نازک عناصر غذایی نسبت به قطع جریان برق (power outages) و خرابی پمپ آب (pump failures) بسیار حساس و آسیب پذیر می باشد زیرا بدین طریق پس از قطع جریان محلول غذایی در محدودهٔ ریشه های گیاهان هیدروپونیک با خشکیدن ریشه ها مواجه خواهند شد (۵).

۴) سیستم سیلاب و زهکشی :

از سیستم آبیاری سیلابی و زهکشی (ebb & flow) می توان برای ریشه دار کردن قلمه ها ، تولید نشاء ها و پرورش سبزیجات تازه سود جُست. در این شیوه ، محلول غذایی را به حالت سیلابی به محیط پرورش یا سینی رشد (grow tray) وارد می سازند و بعد از لحظاتی به تخلیه آن اقدام می ورزند تا محلول غذایی پس از سیراب کردن گیاهان از طریق زهکش ها به مخزن ذخیره بازگردد. این اعمال معمولاً توسط یک پمپ مغروق متصل به "زمان سنج" (تایمر) اجرا می گردد.
بدین ترتیب محلول غذایی در سیستم سیلاب و زهکشی با روشن شدن تایمر به داخل سینی رشد گسیل می شود و با خاموش شدن تایمر به درون مخزن ذخیره زهکش می گردد (۱،۵).



تایمر مزبور بر اساس موارد زیر طوری تنظیم می گردد ، که چندین دفعه در شبانه روز خاموش و روشن گردد :

۴-۱- نوع گیاهان (type of plants)

۴-۲- اندازه گیاهان (size of plants)

۴-۳- دمای محیط پرورش (temperature)

۴-۴- رطوبت نسبی محیط (humidity)

۴-۵- نوع بستر رشد (type of growing medium) (۵).

سینی های پرورش در سیستم سیلابی را می توان با مواد زیر بعنوان بستر رشد پُر نمود :

الف) قلوه سنگ ها (grow rock)

ب) سنگریزه ها (gravels)

پ) گرانول پشم سنگ (granular rockwool)

ت) پرلیت (perlite) (۵).

سیستم سیلابی و زهکشی دارای انعطاف پذیری زیادی است ، به طوری که آن را می توان برای انواع محلول ها غذایی و گستره ای از بسترهای رشد بکار گرفت (۵).

بزرگترین معضل سیستم سیلابی و زهکشی عبارت از آسیب پذیری در موارد زیر است :
I) قطع برق
II) خرابی تایمر
III) خرابی پمپ
زیرا ریشه های گیاهان پرورشی در موارد مذکور با قطع جریان محلول غذایی بزودی خشک خواهند شد.
البته مشکل مزبور را می توان با انتخاب مواد مناسبی به عنوان بستر رشد که قابلیت جذب و نگهداری رطوبت بیشتری داشته باشند نظیر : پشم شیشه ، ورمیکولایت ، الیاف نارگیل ، "پرومیکس" و "فافارد" (faffard) تا حدودی تسکین بخشید.
باید متذکر شد که "پرومیکس" و "فافارد" از جمله بسترهای پرورش هیدروپونیک هستند، که از مخلوط مواد مطلوب غیر خاکی تهیّه می شوند (۵).

۵) سیستم فتیله ای :

سیستم فتیله ای (wick) ساده ترین شیوه کشاورزی هیدروپونیک است. این سیستم روشی کم اثر و منفعل می باشد زیرا فاقد بخش های متحرک است. محلول غذایی (nutrient solution) در سیستم فتیله ای از مخزن ذخیره توسط فتیله ها به داخل محیط پرورش گسیل می گردد (۵).

سیستم فتیله ای را به خوبی می توان برای انواع بسترهای رشد (growing medium) زیر بکار گرفت:

۵-۱- پرلیت (perlite)

۵-۲- ورمیکولایت (vermiculite)

۵-۳- پرومیکس (pro-mix)

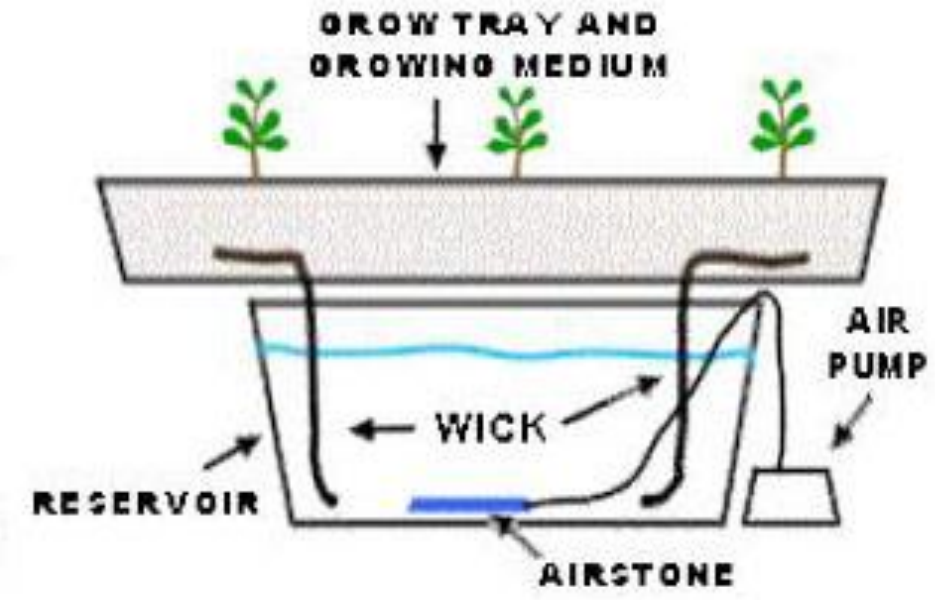
۵-۴- الیاف نارگیل (coir ؛ coconut fiber) (۵).

بزرگترین معضل سیستم فتیله ای آن است که دو گروه گیاهان زیر :

الف) گیاهان بزرگتر از سایرین

ب) گیاهان آبدوست

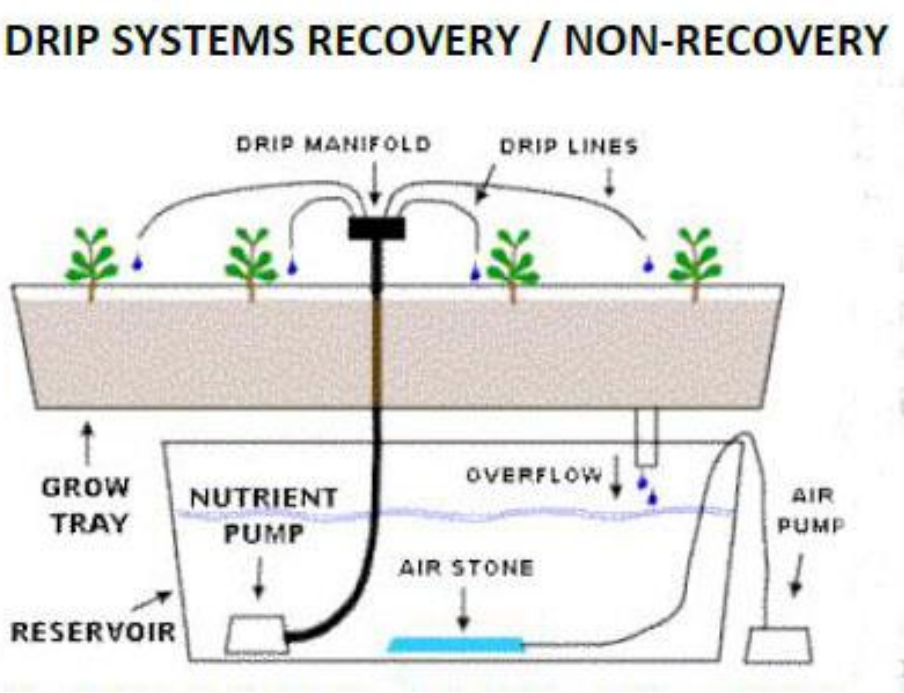
ممکن است محلول غذایی را سریعتر از توان هدایت فتیله ها مصرف نمایند که این موضوع به تنش گیاهان سیستم منتهی خواهد شد (۵).



۶) سیستم آبیاری قطره ای :

سیستم آبیاری قطره ای (drip watering) احتمالاً رایج ترین شیوه کشاورزی هیدروپونیک در سراسر جهان است. این سیستم بسیار ساده می باشد بطوریکه اصلی ترین اجزای آنرا یک پمپ مغروق و تایمر کنترل تشکیل می دهند. از سیستم آبیاری قطره ای می توان برای موارد : تجارتی ، سرگرمی و آموزشی پرورش گیاهان هیدروپونیک برای محصولاتی نظیر : گوجه فرنگی ، خیار ، فلفل ، نباتات داروئی و گل ها سود جُست(۱،۵).

۶-۱- روشن شدن تایمر در سیستم آبیاری "قطره ای با بازیافت" (drip recovery) باعث افزودن محلول غذایی توسط قطره چکان های کوچک خطی بطور مجزا برای هر گیاه می گردد سپس بخش بازیافت متعاقب خاموشی تایمر موجب بازگشت محلول غذایی مازاد به شکل رواناب به درون مخازن ذخیره جهت استفاده مجدد می شود (۵).



۶-۲- در سیستم "قطره ای بدون بازیافت" (drip non-recovery) هیچگونه اقدامی در جهت جمع آوری محلول غذایی مازاد انجام نمی گیرد و آنها به صورت رواناب به خارج سیستم منتقل و تلف می شوند (۵).

سیستم های "قطره ای با بازیافت" به دلیل اینکه نیازمند کنترل دقیق توزیع محلول غذایی جهت کاهش اتلاف آنها نمی باشند لذا می توانند از تایمرهای ارزان تری استفاده نمایند درحالیکه سیستم های قطره ای بدون

بازیافت باید از تایمرهای گران بهایی بهره گیرند، تا علاوه بر تأمین مکفی رطوبت و عناصر غذایی از اتلاف آنها بکاهند (۵).

در سیستم "قطره ای با بازیافت" باید مداوماً به بررسی PH و غلظت عناصر غذایی محلول آبیاری پرداخت و آنرا دائماً تنظیم و ترمیم نمود (۵).

سیستم های "قطره ای بدون بازیافت" نیاز کمتری به مراقبت از کل سیستم دارند زیرا محلول غذایی مازاد به مخزن ذخیره بر نمی گردد بنابراین تغییری در PH و غلظت عناصر غذایی محلول پدیدار نمی گردد.
در سیستم های "قطره ای بدون بازیافت" متعاقب هر دفعه پُر کردن مخازن ذخیره با محلول غذایی تا تخلیه مخزن نیازی به مراقبت از تغییر کیفیت محلول غذایی نخواهد بود (۵).

As seen in the picture, irrigation pipes carrying nutrient solutions (water containing fertilizers).

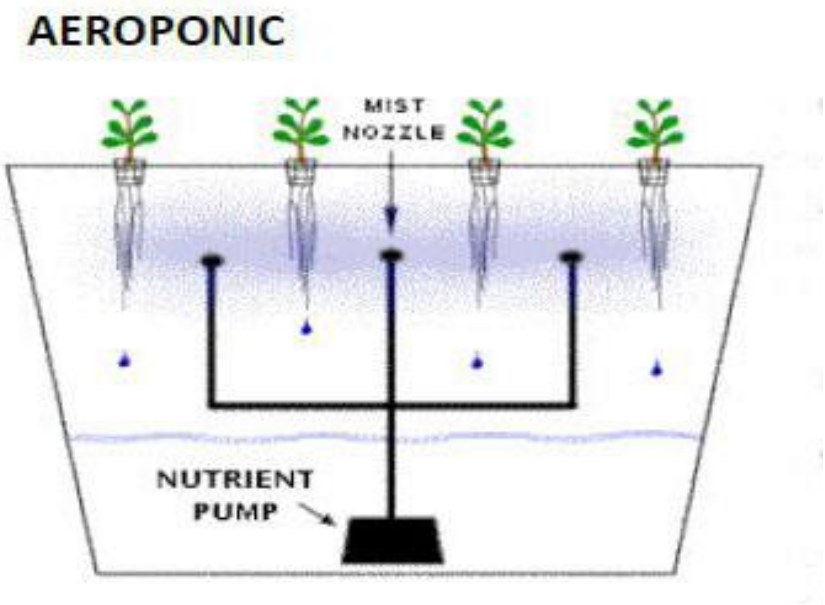
۷) سیستم آئروپونیک :

سیستم "آئروپونیک" (aeroponic) احتمالاً مدرن ترین شیوهٔ کشاورزی هیدروپونیک می باشد.
محیط پرورش گیاهان در سیستم "آئروپونیک" را هوا تشکیل می دهد لذا ریشه های گیاهان در این سیستم بجای اینکه همانند سیستم NFT درون محلول های غذایی غوطه وری باشند ، در هوا معلق می مانند و محلول غذایی توسط پمپ و به شکل "مِه پاشی" یا "میست" (mist) به سیستم ریشه ای آنان افشانده می شود (۵).

سیستم "آئروپونیک" روشی عالی برای تولید گیاهچه های محصولات بزرگ ، پرورش نشاءها و ریشه دار کردن قلمه ها به شمار می آید. در این سیستم به اسپری کردن محلول غذایی بر روی ریشه های گیاهان پرورشی اقدام می گردد (۱).

سیستم "آئروپونیک" همانند اکثر انواع هیدروپونیک دارای دستگاه تایمری برای قطع و وصل متناوب عملکرد پمپ آب می باشد ولیکن این کار نسبت به سایر روش ها در زمان های کوتاهتری صورت می پذیرد(۵).

در سیستم "آئروپونیک" ، عمل پاشش محلول غذایی بر سطح ریشه ها هر چند دقیقه برای لحظاتی انجام می گیرد و قطع طولانی مدت جریان پاشش محلول غذایی بر ریشه های گیاهان آئروپونیک یقیناً به خشک شدن اینگونه ریشه های خواهد انجامید(۵).



تولید تجاری محصولات هیدروپونیک :

شرکت "چشمه های آبگرم استراحتگاه چنا" یا "CHSR" (Chena hot springs resort) در آلاسکا شامل مجموعه ای از گلخانه های پرورش محصولات گیاهی با سیستم هیدروپونیک است. این شرکت از تکنیک "لایه نازک عناصر غذایی" یا NFT (nutrient film technique) برای تولید : کاهو ، نعناع ، سبزیجات سالادی کوچک (micro-greens) و گیاهان داروئی استفاده می نماید (۸).

شرکت مذکور همچنین طی سال های اخیر برای افزایش کمی و کیفی محصولات تولیدی از تکنیک "سیلاب و زهکشی" (ebb & flow) بهره جسته است تا بیشترین بهره مندی را از آب و عناصر غذایی مصرفی از طریق چرخه مجدد آنان کسب نماید.
شرکت مزبور در این راستا از پایدار کنندهٔ UV (UV stabilizer) برای استریل کردن محلول غذایی و کنترل پاتوژن های سیستم سود می جوید (۸).

UV stabilization is used in hydroponic systems to sterilize the water to protect from water borne pathogens.

آنها برای برآورده سازی نور تکمیلی مورد نیاز گیاهان هیدروپونیک از لامپ های HID (high-intensity discharge) بهره می گیرند. لامپ های HID به تولید نور شدید در اثر التهابات گازی حاصل از الکترودهای تنگستن در داخل لوله های شفاف (transparent) و نیمه شفاف (translucent) می پردازند (۸).

برای کنترل شرایط محیطی (دما ، رطوبت ، نور) و افزایش به موقع محلول غذایی نیز از ۲ دستگاه "IGROW 1400" بطور هم زمان استفاده می کنند، تا به مدیریت بکارگیری تکنیک "سیلاب و زهکشی" افزوده گردد (۸).

Hydroponic and Climate Controller .....

In order to properly facilitate the additional production and equipment, an additional controller was necessary. The CHSR program currently has two IGROW 1400 controllers, both were need for the expansion of the lettuce project, Both controllers work together and be necessary to adequately to control and manage the ebb and flow, and the additional water treatment equipment used.
This controller controlled the entire hydroponic system.

High Output UV Stabilizer

تولید هیدروپونیک سبزیجات گلخانه ای :

پرورش گوجه فرنگی هیدروپونیک :

گوجه فرنگی بیشترین تولید جهانی را در سیستم های پرورش گیاهان هیدروپونیک دارد زیرا این گیاه از نظر فیزیولوژی و واکنش به تکنیک های مدیریتی به جهت های : هم زمانی دوره های رشد رویشی ، گلدهی و میوه دهی حائز اهمیّت است.

بعلاوه بوته های گوجه فرنگی می توانند در شرایط هیدروپونیک با کمترین مصرف مواد سمّی (spray free) به ارائه بالاترین میزان عملکرد حتی در سیستم های ارگانیک بپردازند (۴).

امروزه انواع جدید گوجه فرنگی های زیر دارای مصارف و خواستاران گسترده ای در سراسر جهان شده اند:

۱) کم اسید (low-acid fruit)
۲) تک پا (on the truss)
۳) خوشه ای (cluster)
۴) تازه خوری (vine-ripened)
۵) رنگی (new colored)
۶) آلوئی (plum)
۷) چین دار (Italian)
۸) کبابی رشد نامحدود (indeterminate beefsteak)
۹) رسمی (heirloom)
۱۰) دگرگشن (open-pollinated) (۴).

پرورش گوجه فرنگی در سیستم های هیدروپونیک نیازمند تخصص و مهارت کافی است تا عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد سریع بوته ها به میزان دقیق بکار گرفته شوند.
امروزه مصرف صحیح فرمولاسیون های جدید عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و نظارت دقیق بر سیستم های هیدروپونیک از مهمترین ابزارهای تولید اقتصادی محصول گوجه فرنگی به شمار می آیند.
نظارت دقیق در پرورش هیدروپونیک گوجه فرنگی می تواند از مصرف کودها به شدت بکاهد و مقادیر ضایعات آنها را به حداقل برساند (۴).

"جدول۳) توصیه غلظت عناصر محلول غذایی به پی پی ام برای مراحل رشد گوجه فرنگی (۴):"

مراحل رشد	گلدهی	آغاز میوه دهی	آغاز برداشت	اواسط برداشت
عناصر غذایی				
ازت	۳۵۰	۳۵۰	۳۲۲	۳۱۵
فسفر	۱۷۰	۱۸۳	۲۰۲	۲۱۵
پتاسیم	۷۵۰	۹۰۵	۱۰۳۵	۱۱۲۵
منزیم	۱۵۰	۱۶۲	۱۷۲	۱۸۰
EC (ms/cm)	۴/۳	۴/۷	---	---

تکنیک "لایه نازک عناصر غذایی" یا NFT (nutrient film technique) و تکنیک "جریان عمیق" یا DFT (deep flow technique) از جمله روش های بدون بستر کاشت (media free) محسوب می شوند، که از جریان یافتن محلول غذایی در داخل کانال های حاوی سیستم ریشه ای گیاهان سود می جویند(۴).

از تکنیک های NFT و DFT در بسیاری از سیستم های هیدروپونیک تجاری و همچنین تفننی استفاده می گردد (۴).

تکنیک NFT مبتنی بر جریان اندک محلول غذایی در عمق کانال های پرورش گیاهان هیدروپونیک است.
کانال های این سیستم معمولاً از جنس لوله های PVC و یا با پوششی از صفحات پلاستیکی ضخیم می باشند.
در این سیستم، لوله های PVC رواج بیشتری دارند درحالیکه کانال های مفروش از صفحات پلاستیکی بسیار ارزان ترند.
اندازه کانال های سیستم NFT بستگی به نوع محصول دارد آنچنانکه کانال های پرورش گوجه فرنگی اندکی بزرگتر از کانال های پرورش کاهو ، توت فرنگی و گیاهان داروئی (herbs) می باشند.
ابعاد کانال های مختص پرورش انواع گوجه فرنگی های هیدروپونیک بستگی به حجم ریشه های آنها متفاوتند ولیکن کانال های مزبور بطور معمول در ابعاد ۸×۶ اینچ تهیّه می شوند.

باید توجه داشت که کانال های روباز از سهولت بیشتری برای جرم گیری دیواره ها و حذف گیاهان در پایان فصل برداشت برخوردارند (۴).

تکنیک DFT از عمومیت کمتری نسبت به شیوه NFT بهره مند است. در این سیستم از جریان محلول غذایی با عمق بیشتری در لوله ها یا خندق های رشد سود می جویند (۴).

تنظیم دما ، PH و EC در سیستم DFT نسبت به سیستم NFT راحت تر است امّا دسترسی به اکسیژن کمتری را میسّر می سازد (۴).

پرورش گوجه فرنگی به شیوه "تک پا" :

پرورش گوجه فرنگی ها به شیوه "تک پا" (single-truss cropping) از سال های ۱۹۶۰ میلادی در مؤسسه پژوهش های کشاورزی "Glass house" انگلستان توسط دکتر "آلن کوپر" معرفی گردید و موضوع بررسی بسیاری از محققین باغبانی برای حدود ۴ دهه قرار گرفت (۴).

در حقیقت تکنیک NFT بدواً برای ایجاد سیستم های "تک پا" ابداع شده بود. در شیوهٔ "تک پا" نسبت به حذف انتهای ساقه های گوجه فرنگی پس از تشکیل ۳-۲ برگ در بالای اوّلین خوشه های میوه اقدام می گردد و بدینگونه بوته ها به ارتفاعی بیش از ۳۰ اینچ دست نمی یابند.
تمامی شاخه های جانبی در سیستم "تک پا" بلافاصله پس از شکل گیری حذف می شوند.
بدین ترتیب بوته های گوجه فرنگی را در سیستم "تک پا" می توان با تراکم ۱۶-۱۲ عدد در مترمربع برای دستیابی به حداکثر تولید پرورش داد.
بعلاوه پرورش دهندگان با استفاده از این سیستم قادر خواهند بود که از هر گلخانه هیدروپونیک سالانه ۴ محصول برداشت نمایند و بر راندمان تولید گوجه فرنگی به میزان قابل ملاحظه ای بیفزایند (۴).

کشاورزان شیوهٔ "تک پا" را برای تسهیل در عملیات داشت و برداشت غالباً بر روی سکوهایی مستقر می سازند. شیوه سکوسازی برای گیاهان "تک پا" در بسترهایی که از ارتفاع کافی برخوردار نیستند، مناسبت بیشتری دارد (۴).

در سیستم "تک پا" پس از حذف انتهای ساقه ها در واقع هیچگونه رقابت عمده ای بین شکل گیری و نمو میوه ها با ظهور برگ های جدید وجود نخواهد داشت و تمامی انرژی ناشی از آسیمیلاسیون به رشد سریعتر و درشت تر میوه ها تخصیص می یابد و بدینگونه میوه هایی با ماده خشک ، قندها ، طعم و اسیدیته بهتر حتی در شرایط روشنایی کمتر زمستان ها بدست می آیند (۴).

ثابت شده است که کمیّت و کیفیت محصول گوجه فرنگی در سیستم های هیدروپونیک به روش "تک پا" یا "تک ساقه" (single-truss) بنحو معنی داری بهتر از سایر سیستم های مشابه حتی در شرایط نورهای کم زمستانی می باشد (۴).

بوته های گوجه فرنگی "تک ساقه" بلافاصله پس از حذف مریستم انتهایی (growing point) با سرعت بیشتری نمو می یابند و سریعاً وارد فاز زایشی می گردند لذا بدین ترتیب بر تولید اقتصادی آنها افزوده می شود. اینگونه بوته ها دوره رشد را در طی مدت محدود و معینی به اتمام می رسانند و بستر رشد را برای دورهٔ پرورش بعدی آزاد می سازند (۴).

نتایج بررسی های متعدد نشان می دهند که عوامل زیر دارای نقش بارزی بر طعم گوجه فرنگی ها در گلخانه های هیدروپونیک هستند :

۱) میزان نور محیط
۲) دمای محیط
۳) تنش رطوبتی
۴) میزان شوری
۵) کودهای مصرفی
۶) سطح کل برگ ها (۴).

مسلماً نور عامل اصلی تولید محصولات گیاهی محسوب می شود زیرا باعث واکنش های فتوسنتزی در راستای تولید مواد آلی مختلف می گردد بطوریکه در نور کم از ساخته شدن مواد آلی به شدت کاسته می شود. نتایج پژوهشی مبین آن هستند که تولید مواد آلی در شرایط نوری ۱۶ ساعته نسبت به شرایط نوری ۱۲ ساعته بنحو معنی داری افزایش داشته اند (۴).

تدارک دمای مناسب برای نیل به حداکثر تولید محصولات هیدروپونیک گلخانه ای حائز اهمیّت است و دمای مناسب در تلفیق با نور کافی می تواند به کمیّت و کیفیت (رنگ ، طعم ، مزه) میوه های گوجه فرنگی بیفزاید در حالیکه دماهای بالاتر از اپتیمم می توانند بر میزان تولید و طول دورهٔ زندگی بوته های گوجه فرنگی صدمات جبران ناپذیری وارد سازند.
پژوهش ها نشان می دهند که بوته های گوجه فرنگی در دماهای بالاتر از ۸۴ درجه فترنهایت به تولید میوه هایی نرم با ظاهری خالدار (blotch) و موزائیکی (crazing) می پردازند، که عمر قفسه ای بسیار کمی دارند (۴).

حذف بیش از حد برگ های زیرین بوته های گوجه فرنگی "تک پا" در گلخانه های هیدروپونیک می تواند بنحو معنی داری از کمیّت و کیفیت میوه های حاصله بکاهد (۴).

افزایش EC محلول های غذایی هیدروپونیک می تواند نقش برجسته ای در افزایش طعم ، اسیدیته و سفتی بافت میوه های تولیدی گوجه فرنگی ایفاء نماید آنچنانکه در برخی آزمایشات، میزان EC محلول غذایی را از ۵-۲/۳ دسی زیمنس بر سانتیمتر تا ۱۰-۸ دسی زیمنس بر سانتیمتر بویژه برای گوجه فرنگی های گیلاسی (cherry) رقم "Gardener delight" برای کسب حداکثر طعم ، اسیدیته و ماده خشک افزایش می دهند. البته بدینطریق از میزان عصاره میوه ها کاسته می گردد (۴).

مدیریت آفات و بیماریها در هیدروپونیک :

تدارک شرایط مناسب رشد گیاهان پرورشی می تواند به فراهم شدن شرایط مطلوب جهت توسعه آفات و بیماریها نیز بینجامد لذا کاربران سیستم های هیدروپونیک همواره در صددند تا ضمن حفظ اپتیمم شرایط رشد گیاهان بتوانند شرایط را برای رشد پاتوژن ها (قارچ ها ، آفات) نامساعد گردانند. بدون تردید ایجاد چنین تعادلی بسیار دشوار خواهد بود لذا ملزم به اجرای مدیریت دقیق می باشد.
مدیریت آفات و بیماریها در سیستم های هیدروپونیک نیازمند برخورداری از اطلاعات مناسب از شرایط رشد و طغیان پاتوژن های گیاهان است. یقیناً رعایت بهداشت (sanitation) و تناوب زراعی (crop rotation) می تواند به کاهش خسارات آفات و بیماریهای گیاهی در سیستم های هیدروپونیک مساعدت نماید (۱).

توصیه شده است که در رابطه با مصرف سموم گیاهی در سیستم های هیدروپونیک به موارد زیر توجه گردد:
۱) استفاده از سموم گیاهی در سیستم های هیدروپونیک باید در حداقل میزان و با دقت صورت پذیرد.
۲) آفات گیاهی سیستم باید دقیقاً شناسائی شوند.

۳) چگونگی بکارگیری سموم نباتی باید از جهات زیر مناسب باشد :
۱-۳- نحوه و امکان اختلاط
۲-۳- شیوه اسپری کردن
۳-۳- ساعات سمپاشی
۴) فقط از سموم گواهی شده و مناسب برای شرایط گلخانه های هیدروپونیک استفاده گردد.
۵) مراقبت های حفاظتی و بهداشتی مطابق با نکات برچسب سموم انجام پذیرد (۱).

برداشت محصولات هیدروپونیک :

سبزیجات پرورشی سیستم های هیدروپونیک بسیار لطیف و فسادپذیر هستند لذا عمر قفسه ای و کیفیت آنها بستگی به رعایت موارد زیر دارد :

۱) برداشت بدون خسارت دیدگی محصول در بهترین مرحله رشد
۲) برداشت محصول در صبحگاهان و خنکی هوا
۳) قرار ندادن محصولات برداشتی در معرض نور مستقیم خورشید
۴) حمل دستی محصولات برداشتی
۵) انبارکردن محصولات برداشتی در دمای مناسب
۶) بسته بندی مناسب محصولات تولیدی
۷) حمل و نقل محتاطانه محصولات برای فواصل دور (۱).

احداث باغ هیدروپونیک شناور :

سرخپوستان قوم "آزتک" با ابداعاتی که در بکارگیری باغ های شناور (floating gardens) داشتند، موجب تحیّر مهاجمان کشورگشای اسپانیایی گردیدند ولیکن امروزه کشاورزی هیدروپونیک بعد از قرن ها توانسته است، به عنوان تفکری نوین در پرورش محصولات کشاورزی بدون آسیب جدّی به محیط زیست، با بازده مناسب و کاهش هزینه های تولید مطرح گردد (۷).

مراحل احداث باغ هیدروپونیک شناور به شرح زیر می باشد :

ابتدا با استفاده از تخته هایی به ضخامت ۲ سانتیمتر و عرض ۲۰ سانتیمتر به ساختن جعبه ای مستطیلی به عرض ۱/۵ متر و طول ۲/۵ متر اقدام می ورزند و صفحه ای (پلاتفرم) از جنس "استیروفوم" با طول و عرض ۲/۵-۱/۵ متر و ضخامت ۰/۵ اینچ را بر آن قرار می دهند تا متعاقباً بر سطح آب شناور گردد. البته اندازه جعبه را بر اساس شرایط و موقعیت ها می توان تغییر داد.

داخل جعبه را با صفحه ای از جنس پلی اتیلین به ضخامت ۶ میلیمتر مفروش می سازند، تا مخزنی برای محلول غذایی بوجود آید.

سطحی که صفحه پلی اتیلین بر روی آن استقرار می یابد، باید کاملاً مسطح و عاری از هر گونه ذرات آشغال باشد، تا باعث پارگی صفحه مذکور و در نتیجه خروج محلول غذایی از مخزن نشوند.

لبه های صفحه پلی اتیلین را در بالای قاب حدود ۲-۱ سانتیمتر به سمت خارج بر می گردانند و با میخ یا پیچ فلزی مستحکم می سازند.

باید مطمئن گردید، که صفحهٔ "استیروفوم" قابلیت بالا و پائین رفتن قائم را در اثر تغییر حجم محلول غذایی در داخل چارچوب مذکور دارد، که در غیر این صورت باید از حواشی صفحه "استیروفوم" به میزان لزوم کاست، تا حرکت آن با روانی و سهولت امکانپذیر باشد (۷).

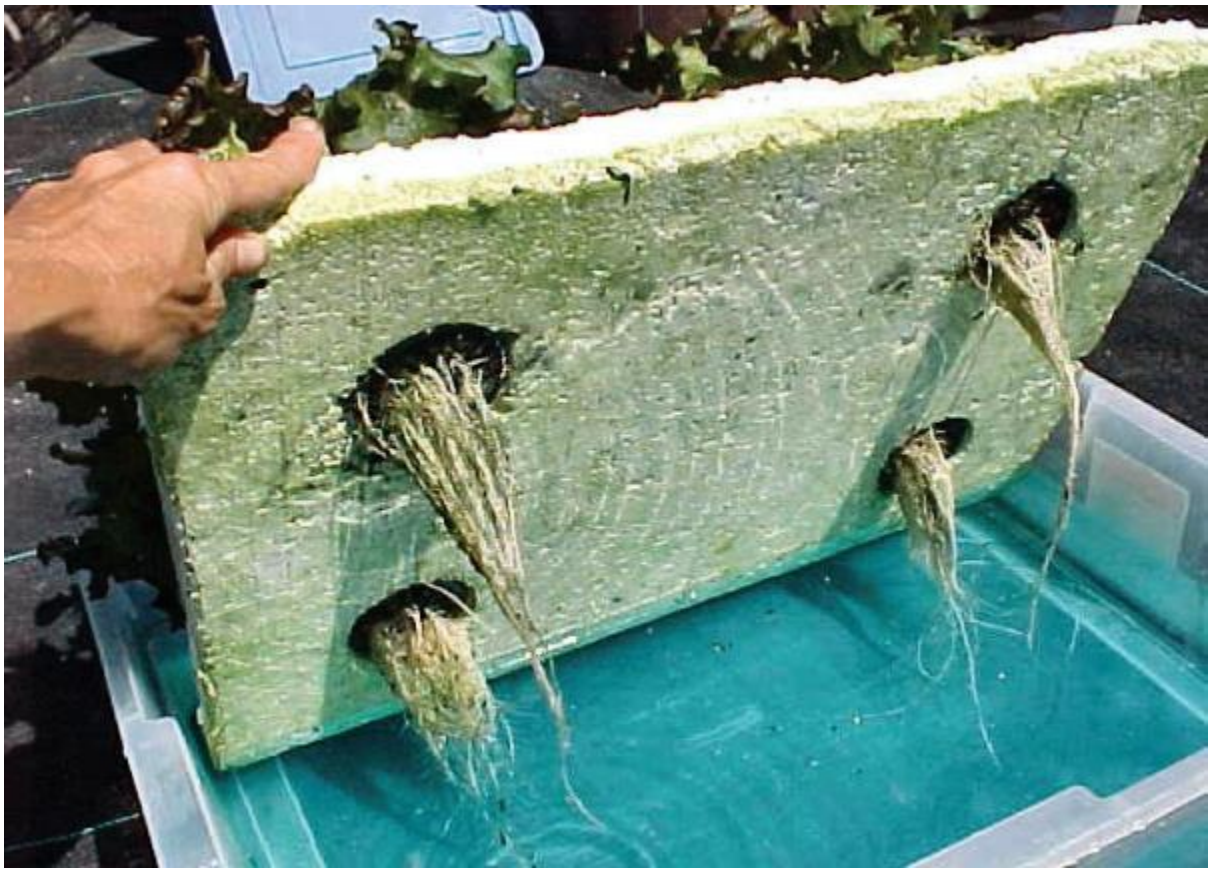
محفظه باغ آبی حاصله را با حدود ۲۰ گالن محلول غذایی پُر می کنند. بدین ترتیب محلول غذایی باعث می شود، که صفحه پلاستیک بخوبی درون قاب چوبی جا بیفتند و به آن بچسبد.
لبه های قاب را دقیقاً بررسی می کنند، تا از استقرار صحیح حواشی صفحه پلی اتیلین و صحّت مخزن محلول غذایی اطمینان حاصل گردد.
متعاقباً به پُر کردن محفظه با محلول غذایی ادامه می دهند، تا ارتفاع محلول غذایی لااقل به ۵ اینچ برسد.
حجم محلول غذایی که به داخل مخزن واریز شده است، باید با دقت یادداشت شود.
برای تدارک محلول غذایی تازه باید همانند قبل عمل نمود آنچنانکه بهتر است از کودهای ۲۰-۲۰-۲۰ یا ۱۶-۸-۲۴ استفاده گردد.
برای تأمین میکروالمنت های مورد نیاز نیز می توان از کودهای میکرو کامل تجارتی به میزان ۲-۱ قاشق چایخوری به ازای هر گالن آب بهره گرفت.
بعلاوه باید از ترکیب شیمیایی سولفات منزیم موسوم به "نمک اِپسوم" (Epsom salts) به میزان ۱-۰/۵ قاشق چایخوری سرخالی به ازای هر گالن آب مصرف گردد.
محلول غذایی را قبل از افزودن به مخزن باید با میله ای به خوبی بهم بزنند، تا کاملاً همگن و فاقد رسوب گردد.
باید توجه داشت که اکثر آب ها از کلسیم کافی برای رفع نیازهای غذایی غالب گیاهان برخوردارند.
در مواردی که آب مصرفی از کلسیم کافی برای رفع نیازهای گیاهان بهره مند نمی باشد، باید از کودهای حاوی کلسیم مناسب برای سیستم های هیدروپونیک سود جُست.
محلول غذایی مصرفی باید دارای PH حدود ۶/۵-۵/۵ باشد.
برای کاهش PH تا محدودهٔ مذکور می توان از سرکه خانگی بهره گرفت.
در صورتیکه محفظه های هیدروپونیک خانگی را در فضای آزاد قرار می دهند، ممکن است اندکی در اثر وقوع بارندگی ها دچار تغییر غلظت و PH شوند لذا باید بلافاصله پس از خاتمه بارندگی ها با افزودن کودهای مناسب به تنظیم مجدد محلول غذایی پرداخت.
برای تنظیم آسان تر محلول غذایی بهتر است، از حجم آب اضافه شدهٔ ناشی از بارندگی شدید مطلع باشند لذا تعبیه میله اندازه گیری باران (rain guage) در داخل محفظه مخزن بسیار مفید خواهد بود.
محلول غذایی مورد استفاده را بهتر است، به صورت دوره ای تعویض نمود تا حداکثر کارآیی محلول بدست آید.
بطور معمول می توان از هر محلول غذایی برای ۳-۲ دفعه پرورش سبزیجات استفاده نمود.
در برخی مناطق آمریکا و کانادا از صفحات (پلاتفرم) "استیروفوم" تجارتی موسوم به : "net pots" و "styrofoam coffee cup" استفاده می کنند تا شخصاً نیازی به ایجاد حفره ها (hole) یا شکاف ها (slit) بر روی صفحات "استیروفوم" جهت استقرار گیاهچه های نشاء (seedlings) یا بذور نباشد(۷).

در مواردی که کشاورزان به پلاتفرم های تجارتی دسترسی ندارند، باید از ارّه مخصوص (hole saw) و یا چاقوی تیز برای ایجاد جایگاه استقرار گیاهچه ها بر روی پلاتفرم "استیروفوم" بهره گیرند.

حفره هایی که برای استقرار گیاهچه ها بر روی پلاتفرم ایجاد می شوند، باید به قطر ۲/۵-۲ اینچ باشند.
برای نگهداری منطقه طوقه گیاهچه ها در محل حفره ها نیز می توان از قطعات ۳ اینچی "استیروفوم" شکافدار استفاده نمود.
قطعات "استیروفومی" که برای نگهداری گیاهچه ها بر روی حفره های پلاتفرم بکار گرفته می شوند، همواره باید اندکی بزرگتر از قطر حفره ها باشند، تا با فشرده شدن بخوبی در آن استقرار یافته و محکم گردند.
قطعات "استیروفوم" نباید آنچنان در حفره ها فشرده شوند، که به سطح زیرین پلاتفرم برسند زیرا بدین طریق موجب جذب و نگهداری آب مازاد در ناحیه طوقه گیاهچه ها می شوند، که نهایتاً به خفگی و مرگ گیاهچه ها می انجامد.
فواصل حفره ها را بر روی پلاتفرم از کناره های قاب حدود ۶ اینچ و از همدیگر حدود ۱۲ اینچ انتخاب می کنند، تا بدین ترتیب حدود ۳۲ حفره بر روی پلاتفرم ۱/۵-۲/۵ متر داشته باشند (۷).

نشاءهایی (transplants) که برای این سیستم استفاده می گردند، باید در محیط های پرورش بدون خاک (soilless media) پرورش یابند تا نهایتاً از سیستم ریشه ای کاملی برخوردار باشند.
نشاءهای خانگی را می توان در بسترهای سُست نظیر : مکعب های فوم ، پشم شیشه و پلت های پیت فشرده پرورش داد و یا از تولید کنندگان مجاز نهال خریداری کرد.
در مواردی که نشاءها بخوبی درون حفره ها استحکام نمی یابند، می توان از خلال دندان ها (toothpicks) برای این منظور بهره گرفت.

هیچگاه در هنگام استقرار گیاهچه ها نباید اقدام به تعبیه مواد باقیماندهٔ بستر پرورش در اطراف ریشه ها نمود.
همچنین هرگز مواد "محیط کشت بدون خاک" مازاد را در اطراف ریشه نشاءها در درون حفره های پلاتفرم نچپانید زیرا با نگهداری رطوبت مازاد در ناحیه طوقه ها و ممانعت از جذب اکسیژن موجب پوسیدگی بوته ها را فراهم می سازند. بخاطر داشته باشید که محل اتصال طوقه و تودهٔ ریشه های (rootball) نشاءها باید مملو از هوا باشد.
عمق قرار گرفتن مجموعه ریشه های گیاهان درون محلول غذایی حائز اهمیت است. هیچگاه مجموعه ریشه های گیاهان نباید تماماً درون محلول غذایی مغروق گردند.
سطح وسیع و گسترده ای از ریشه ها می توانند به میزان محلول غذایی بیشتری در قیاس با توده مخروطی شکل ریشه ها دست یابند.
نشاءها باید به طریقی بر پلاتفرم استقرار یابند، که بخشی از ریشه ها در داخل محلول غذایی و بخش دیگری در خارج از آن واقع شوند.
همواره مقادیری از محلول غذایی را به صورت رزرو و آماده نگهدارید، تا با افزودن به موقع آنها به داخل مخزن موجب ثبات ارتفاع محلول غذایی در حد ۵ اینچ شوید (۷).



بسیاری از محصولات برگی سالادی نظیر : کاهوها ، خردل ، نعناع ، پیاز کوهی (chive) و کلم برگ (kale) را به خوبی می توان طی فصل سرد در سیستم های هیدروپونیک پرورش داد.
برای فصل گرم نیز به پرورش محصولاتی چون : ریحان (basil) ، چغندر برگی (chard) ، خیار ، شاهی و برخی گل های شاخه بریده از جمله : گل آهار (zinnia) و آفتابگردان زینتی می توان مبادرت ورزید(۷).

بطور کلی محصولاتی که وضعیت ریشه های مرطوب را ترجیح می دهند، نسبت به محصولاتی که وضعیت ریشه های خشک را می پسندند، قابلیت پرورش بهتری در سیستم های هیدروپونیک دارند. بعنوان مثال : پرورش شاهی (ترتیزک) مناسب تر از اسفناج و پروانش (periwinkle) در چنین شرایطی است (۷).

نکات لازم برای موفقیّت در کشاورزی هیدروپونیک :

تدارک کلیّه عناصر غذایی ضروری (essential elements) رشد گیاهان در مقادیر و نسبت های صحیح می تواند به پرورش دهندگان در دستیابی به محصولات گیاهی مطلوب در تمامی سیستم ها کمک نماید. بکارگیری کودها از مهمترین سؤالات مطروحهٔ کشاورزان در سیستم های هیدروپونیک می باشد (۳).

بطور کلی گیاهان نیازمند حضور ۱۴ عنصر غذایی در منطقه گسترش ریشه هایشان هستند که عبارتند از:

الف) عناصر غذایی پُر مصرف یا "ماکروالمنت" (macro-elements) یا "ماکرونوترینت" (macro-nutrients) شامل :

الف-۱- نیتروژن یا ازت (nitrogen = N)
الف-۲- فسفر (phosphorus = P)
الف-۳- پتاسیم یا کالیوم (potassium = K)
الف-۴- گوگرد یا سولفور (sulfur = S)
الف-۵- کلسیم (calcium = Ca)
الف-۶- منزیم (magnesium = Mg) (۳).

ب) عناصر غذایی کم مصرف یا "میکروالمنت" (micro-elements) یا "میکرونوترینت" (micro-nutrients) شامل :

ب-۱- آهن یا فروس (iron = Fe)
ب-۲- منگنز (manganese = Mn)
ب-۳- روی یا زینک (zinc = Zn)
ب-۴- بُر (boron = B)
ب-۵) مس یا کوپر (copper = Cu)
ب-۶- مولیبدن (molybdenum = Mo)
ب-۷- کلر (chloride = Cl)
ب-۸- نیکل (nichel = Ni) (۳).

تمامی ۱۴ عنصر مغذی مزبور باید در محلول های غذایی هیدروپونیک تدارک شوند، ولیکن ۲ عنصر کلر و نیکل را در بسیاری از دستورالعمل ها در نظر گرفته نمی شوند زیرا مقادیر جزئی آنها که در ناخالصی کودهای شیمیایی وجود دارند، برای رفع نیازهای رشد اغلب گیاهان کفایت می نمایند (۳).

خوشبختانه اکثر گیاهان می توانند در طیف وسیعی از غلظت عناصر غذایی رشد نمایند و این موضوع از جنبه عملیاتی بدین معنی است که از دستورالعمل های متفاوتی می توان برای پرورش موفقیّت آمیز گیاهان در سیستم های هیدروپونیک بهره گرفت (۳).

عوامل کلیدی در انتخاب کودها :

یقیناً برای تصمیم گیری در مورد تهیّه محلول های غذایی ضروری است که بدواً نسبت به آزمایش آب مورد استفاده در هیدروپونیک اقدام گردد، تا اطلاعات کافی از ۳ ویژگی مشروحه زیر حاصل آید :

۱) قلیائیت (alkalinity)

۲) هدایت الکتریکی یا EC (electrical conductivity)

۳) غلظت عناصر خاص (concentration specific elements) (۳).

قلیائیت مقیاسی از قابلیت آب برای خنثی شدن با اسیدها است.

قلیائیت را معمولاً با میزان پی پی ام معادل کربنات کلسیم ($CaCO_3$) بیان می نمایند.

بطور کلی مقادیر (value) قلیائیت ممکن است از نزدیک صفر (در آب مقطر خالص یا آب حاصل از فرآیند اسمز معکوس) تا معادل بیش از ۳۰۰ پی پی ام کربنات کلسیم باشد (۳).

افزایش یا کاهش قلیائیت (یا PH) می تواند بر میزان محلول شدن عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان تأثیر بگذارد.

در مواردی که از آب های قلیائی برای آبیاری سیستم های هیدروپونیک استفاده می شود، لزوماً باید از کودهایی با بنیان اسیدی نظیر : آمونیوم یا اوره بهره گرفت و در غیر این صورت اجباراً باید با محاسبه دقیق میزان قلیائیت و افزودن مواد اسیدی تا رسانیدن واکنش شیمیایی محلول به حد خنثی مبادرت ورزید(۳).

اندازه گیری میزان هدایت الکتریکی (EC) آب های قابل دسترس برای مصارف کشاورزی هیدروپونیک نیز ضرورت دارد. در حقیقت EC معیاری برای تشخیص کل نمک های محلول (عناصر ضروری و غیر ضروری رشد گیاهان نظیر سدیم) در آب مصرفی هیدروپونیک می باشد. اطلاع از میزان EC می تواند کشاورزان را بر استفاده یا عدم استفاده از آب های قابل وصول متقاعد سازد.

امروزه EC را با مقیاس های مختلفی از جمله "میلی موس" و"میلی زیمنس" می سنجند که عبارتند از :

1000 µs/cm = 1000 µmhos/cm = 1 mmhos/cm = 1 ms/cm = 1 ms/m (۳).

با توجّه به اینکه مازاد آب (محلول) مصرفی را در سیستم های "هیدروپونیک بسته" (closed hydroponic) مجدداً جمع آوری و به مصرف می رسانند ولیکن در سیستم های "هیدروپونیک باز" (open hydroponic) تمامی محلول مصرفی مازاد به هدر می رود لذا توصیه شده است که EC ایده آل محلول های غذایی در سیستم های "هیدروپونیک بسته" کمتر از ۰/۲۵ میلی زیمنس بر سانتیمتر (ms/cm) باشد.

میزان EC محلول غذایی برای سیستم های "هیدروپونیک باز" نیز کمتر از ۱ دسی زیمنس بر سانتیمتر توصیه شده اند.

امروزه بسیاری از کشاورزان در صورت مواجهه با آب های دارای املاح زیاد (EC بیش از ۰/۲۵ میلی زیمنس بر سانتیمتر) اقدام به تصفیه آنها از طریق دستگاه های اسمز معکوس می نمایند (۳).

آزمایش آب مصرفی در سیستم های کشاورزی هیدروپونیک همچنین نشان می دهد که :
الف) میزان و نوع عناصر ضروری رشد گیاهان در آب مصرفی (essential elements)
ب) مقدار و نوع عوامل آلایندهٔ موجود در آب مصرفی (contaminants) (۳).

غلظت عناصر غذایی موجود در آب مصرفی برای تجویز دستورالعمل های کودی در تهیّه محلول غذایی گیاهان هیدروپونیک بسیار ضرورت دارد. از جمله اطلاع از مقدار کلسیم ، منزیم و گوگرد در آب مصرفی حائز اهمیّت است.
موادی چون سدیم و کلر جزو آلاینده های آب مصرفی در هیدروپونیک محسوب می گردند که مقدار ایده آل آنها به ترتیب ۵۰ و ۷۰ پی پی ام است.
با اطلاع از میزان عناصر آلایندهٔ موجود در آب مصرفی هیدروپونیک از میزان حذف (leach ، bleed) آنها از آب مصرفی و یا افزودن مقادیر معینی از آنها از طریق مصرف کودهای شیمیایی مطلع می گردند(۳).

مقدار مصرف کودهای شیمیایی برای پرورش گیاهان هیدروپونیک می تواند متأثر از عوامل زیر باشد:
الف) نوع محصول پرورشی (crop grown)
ب) مرحله رشد محصول (crop growth stage)
پ) شرایط محیطی (environmental condition) (۳).

دستورالعمل تهیّه محلول غذایی برای کاهو، گیاهان دارویی و سبزیجات برگی :

دستورالعمل های (recipes) تهیّه محلول های غذایی برای سبزیجات برگی (vegetative crops ، leafy greens) در طی مراحل رشد گیاه تغییر نمی یابد ولیکن برای محصولات میوه ای (fruiting crops) نظیر : خیار ، فلفل ، گوجه فرنگی که دارای دو مرحله کاملاً معین شامل :

الف) مرحله رویشی

ب) مرحله زایشی

هستند، با تغییر نسبت های عناصر غذایی متفاوت می گردد (۳).

"جدول۴) فرمولاسیون Sonneveld جهت پرورش هیدروپونیک کاهو ، گیاهان دارویی ، سبزیجات برگی ، اسفناج و کاهوی اسفناجی (pak-choi) برای ۱۰۰ گالن آب (۳):"

ترکیب	مقدار (گرم)	تانک ها
Ca(NO3)2.3H2O	۱۸۴	تانک A
NH4NO3	۱۴/۴	
KNO3	۱۶۷/۳	
Iron-DTPA %10	۳/۸	
Sprint 330		
Sequestrene 330		
KH2PO4	۵۱/۵	تانک B
MgSO4.7H2O	۹۳/۱	
MnSO4.H2O	۰/۲۹	
H3BO3	۰/۳۵	
Na2MoO4.2H2O	۰/۰۲۳	
ZnSO4.7H2O	۰/۲۱۷	
CuSO4.5H2O	۰/۰۳۵	
Calcium nitrate	۲۸۴	

افزودن ترکیبات عناصر غذایی به شکل غلیظ می تواند به بروز رسوب لجنی (sludge) در داخل تانک ذخیره بینجامد و بدین ترتیب موادی چون کلسیم ، فسفر و گوگرد (سولفور) به شکل مواد نامحلول و رسوبات متعفن (nasty precipitate) ظاهر گردند.

بنابراین توصیه می شود که ابتدا ترکیبات شیمیایی مورد نظر را در ظروف کوچکتری به حالت پیش محلول (pre-blended) تهیّه نمایند سپس آنها را برای تهیّه محلول های آمادهٔ مصرف (ready-to-use) به میزان معین در داخل مخازن ذخیره (reservoir containers) رقیق نمایند تا به حلالیت ۱۰۰% برسند (۳).

"جدول۵) مقایسه عناصر غذایی به پی پی ام در ۳ دستورالعمل سیستم هیدروپونیک برای پرورش کاهو ، گیاهان داروئی و سبزیجات برگی (۳):"

عناصر	Jack`s Hydro-feED 16–4-17	Jack`s hydroponic 5-12-26 + Calcium nitrate	Modified Sonneveld`s solution
نیتروژن	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
فسفر	۱۶	۳۹	۳۱
پتاسیم	۱۳۲	۱۶۲	۲۱۰
کلسیم	۳۸	۱۳۹	۹۰
منزیم	۱۴	۴۷	۲۴
آهن	۲/۱	۲/۳	۱/۰
منگنز	۰/۴۷	۰/۳۸	۰/۲۵
روی	۰/۴۹	۰/۱۱	۰/۱۳
بُر	۰/۲۱	۰/۳۸	۰/۱۶
مس	۰/۱۳۱	۰/۱۱۳	۰/۰۲۳
مولیبدن	۰/۰۷۵	۰/۰۷۵	۰/۰۲۴

عنصر آهن به صورت های زیر در هیدروپونیک مصرف می شود:

الف) EDTA با نام تجارتی فتریلون برای شرایط اسیدی

ب) EDDHA با نام تجارتی رکسنول برای شرایط خنثی

پ) DTPA با نام تجارتی سکسترون برای شرایط قلیایی

آنها به ترتیب در آب های قلیائی با میزان ازت ۲۰۰-۴۰ پی پی ام بکار می روند (۳).

"جدول۶) مقایسه مقدار پی پی ام عناصر محلول غذایی هیدروپونیک برای محصولات میوه ای (۳):"

عناصر	Jack`s hydroponic 5-12-26 + Calcium nitrate	UA CEAC Recipe
ازت	۱۹۰	۱۸۹
فسفر	۵۰	۳۹
پتاسیم	۲۰۵	۳۴۱
کلسیم	۱۷۶	۱۷۰
منزیم	۶۰	۴۸
آهن	۲/۸۵	۲/۰
منگنز	۰/۴۸	۰/۵۵
روی	۰/۱۴	۰/۳۳
بُر	۰/۴۸	۰/۲۸
مس	۰/۱۴	۰/۰۵
مولیبدن	۰/۱۰	۰/۰۵

"جدول۷) ترکیبات محلول غذایی سیستم های هیدروپونیک برای پرورش محصولات میوه ای نظیر گوجه فرنگی ، خیار و فلفل در ۱۰۰ گالن (۳):"

ترکیبات	مقدار (گرم)	تانک ها
Ca(NO3)2.3H2O	۳۴۷/۸	تانک A
KNO3	۱۵۲/۵	
Iron-DTPA %10	۷/۶	
Sprint 330		
Sequestrene 330		
KH2PO4	۶۴/۹	تانک B
MgSO4.7H2O	۱۸۴/۳	
K2SO4	۱۱۴/۷	
MnSO4.H2O	۰/۶۴۱	
H3BO3	۰/۶۰۶	
Na2MoO4.2H2O	۰/۰۴۸	
ZnSO4.7H2O	۰/۵۴۹	
CuSO4.5H2O	۰/۰۷۴	
Calcium nitrate	۳۶۰	

به عنوان مثال از ۱۵۰ پی پی ام ازت برای پرورش کاهو و ۲۰۰-۱۷۵ پی پی ام ازت برای پرورش خردل و کلم هیدروپونیک استفاده می شود درحالیکه برای مراحل دانهالی گیاهان فوق الذکر می توان از ۱۲۵ پی پی ام ازت بهره گرفت.
باید توجه داشت که محصولات میوه ای (fruiting crops) متقاضی سطوح بالاتری از عناصر غذایی در قیاس با سبزیجات برگی (leafy greens) هستند (۳).

در برخی استراتژی های پرورش محصولات هیدروپونیک سعی می گردد، تا با بکارگیری مقادیر بیشتری از نیتروژن ، کلسیم و منزیم به گیاهانی با ساختار رویشی بهتر دست یابند سپس حدود ۶ هفته پس از نشاء بوته های محصولات میوه ای که در آغاز دورهٔ زایشی قرار می گیرند، مجدداً به تنظیم دقیق نسبت های عناصر غذایی در محلول آبیاری می پردازند (۳).

پرورش دهندگان همواره باید به اندازه گیری روزانه EC و PH و پایش دوره ای عناصر معدنی محلول غذایی بپردازند، تا بهترین شرایط رشد برای محصولات هیدروپونیک فراهم آید (۳).

درک قابلیت تحرک (mobility) عناصر غذایی معدنی در پیکره گیاهان می تواند اطلاعات مفیدی در زمینه بکارگیری دقیق عناصر کودی برای رفع کمبودها فراهم سازد.
مشخص شده است که برگ های جوان تمایل به نشان دادن سطوح فراوان عناصر غذایی متحرک نظیر پتاسیم و ازت را دارند ولیکن برگ های پائینی گیاهان محل ذخیره عناصر غذایی غیر متحرک نظیر کلسیم و منگنز هستند، که این موضوع می تواند تهیّه نمونه های تشخیصی را آسان تر گرداند.
مسلماً برای دستیابی به رشد مناسب گیاهان هیدروپونیک باید : عناصر غذایی ، نور ، دما ، EC و PH در شرایط بهینه فراهم ساخت (۳).

"جدول۸) مقدار پی پی ام عناصر معدنی محلول غذایی بر اساس مراحل رشد گوجه فرنگی (۳):"

عناصر	۰-۶ هفته ای	۶-۱۲ هفته ای	پس از ۱۲ هفته ای
ازت	۲۲۴	۱۸۹	۱۸۹
فسفر	۴۷	۴۷	۳۹
پتاسیم	۲۸۱	۳۵۱	۳۴۱
کلسیم	۲۱۲	۱۹۰	۱۷۰
منزیم	۶۵	۶۰	۴۸
آهن	۲/۰	۲/۰	۲/۰
منگنز	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵
روی	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۳
بُر	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸
مس	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
مولیبدن	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵

منابع و مآخذ :

1) A. F. F. – 2011 – Hydroponic vegetable production – Department of Agriculture , Forestry and Fisheries ; Republic of South Africa , Pretoria

2) Kratky , B. A. – 2009 – Three non_circulating hydroponic methods for growing lettuce – Proceeding of the International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics. Acta. Hort. 843:65-72

3) Mattson , Neil S. & Carl Peters – 2018 – A recipe for hydroponic success – Inside Grower , Pages 16-18

4) Morgan , Lynette – 2003 – Greenhouse vegetables ; hydroponic tomatoes – The Growing Edge Magazine

5) Simplyhydro – 2018 – Basic hydroponic systems and how they work – http://www.simplyhydro.com.hydrou.htm

6) Swartz , Joe – 2018 – What are the best hydroponic crops to grow ? – www.hortidaily.com ; American Hydroponics

7) Sweat , Michael & et al – 2018 – Building a floating hydroponic garden – University of Florida ; IFAS Extension

8) Werner , Jeff – 2009 – Commercial hydroponic high value specialty crop production at Chena Hot Springs Resort – University of Alaska Fairbanks

«سیستم های کشاورزی "آیروپونیك"»
"Aeroponic agriculture systems"

مقدّمه :
آيروپونيك (aeroponic) عبارت از پرورش گياهان در محفظه اي از هوا (air) و محيطي سرشار از غبارات بسيار ريز محلول غذايي (mist) است بدون اينكه از خاك يا ماده غذايي متراكم و يا بستر دانه بندي (aggregate medium) موسوم به ژئوپونيك (geoponics) بهره گيرند.

واژه آيروپونيك داراي منشأ يوناني و شامل دو بخش :
"aero" به معني هوا (air)
"ponou" به معني زحمت و تقلا (labour) مي باشد.

كشاورزي آيروپونيك با كشاورزي هيدروپونيك مرسوم و همچنين كشاورزي در شرايط كنترل شده و آزمايشگاهي (in-vitro) نظير كشت بافت گياهان (plant tissue culture) متفاوت است. آيروپونيك بر خلاف هيدروپونيك (hydroponics) كه از آب بعنوان بستر رشد حاوي مواد ضروري معدني جهت رشد پايدار بهره مي گيرد ، بصورتي طراحي شده است كه نيازي به بستر رشد (growing medium) ندارد وليكن به دليل اينكه آب مصرفي در آيروپونيك حاوي عناصر غذايي گياهان پرورشي است لذا گاهاً آيروپونيك را نوعي از كشاورزي هيدروپونيك محسوب مي دارند(۴).

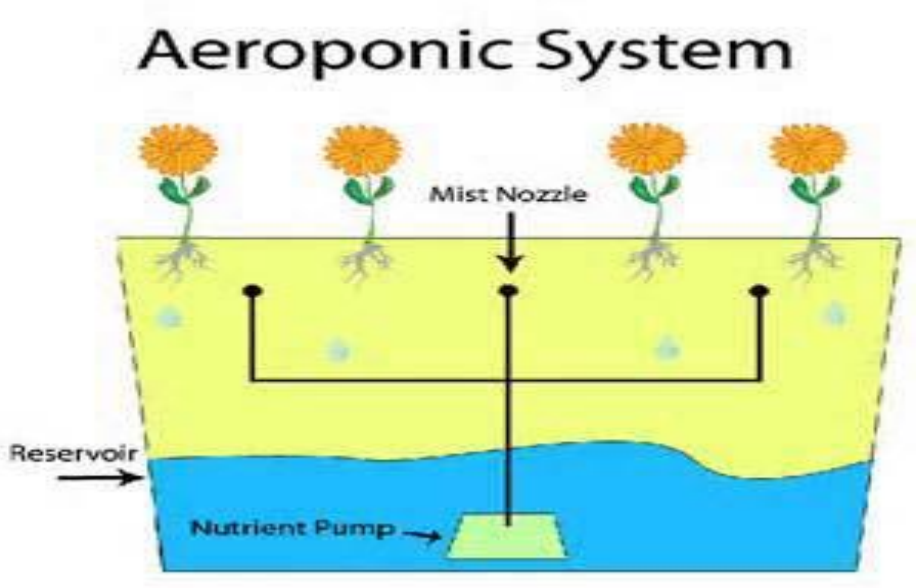
واژگان تخصّصی (terminology) :

۱) "پرورش آیروپونیک" (aeroponic growing) :
منتسب به رشد گیاهان در شرایط مجاورت ریشه ها در هوا (air culture) است بطوریکه بتوانند بحالت طبیعی و معمولی رشد و نمو یابند.
۲) "رشد آیروپونیک" (aeroponic growth) :
منتسب به رشدی است که ضمن پرورش گیاهان بحالت مجاورت ریشه ها در هوا پیش می آید.
۳) "سیستم آیروپونیک" (aeroponic system) :
منتسب به سخت افزارها و اجزاء سازندهٔ یک سیستم پرورش پایدار گیاهان بحالت مجاورت ریشه ها در هوا است.

۴) "گلخانه آیروپونیک" (aeroponic greenhouse) :
منتسب به ساختارهای شیشه ای یا پلاستیکی است که ضمن کنترل شرایط اقلیمی باعث رشد بهینه گیاهان بحالت مجاورت ریشه ها در هوا و دریافت رطوبت از طریق غبارپاشی مي شود.
۵) "شرایط آیروپونیک" (aeroponic condition) :
منتسب به پارامترهای محیطی رشد پایدار گیاهان مختلف بحالت مجاورت ریشه هایشان در هوا است.
۶) "ریشه های آیروپونیک" (aeroponic roots) :
منتسب به سیستم ریشه ای است که در گیاهان بحالت مجاورت ریشه هایشان در هوا تشکیل مي شوند (۴).

مقايسه كشاورزي هيدروپونيك و آيروپونيك :

واژه هيدروپونيك (hydroponic) در زبان لاتين بمعني "كاركردن با آب" (water working) مي باشد.
بنابراين هيدروپونيك شامل عمليات پرورش گياهان در آب هاي راكد (bath) و يا جاري (flow) سرشار از اكسيژن و عناصر غذايي مورد نياز گياهان است.
تجزيه بيولوژيكي مواد آلي در خاك صورت مي پذيرد و ضمن آن عناصر غذايي مورد نياز گياهان بفرم نمك آنها حاصل مي گردند سپس آب تمامي نمك ها را بحالت محلول در مي آورد و بدينگونه شرايط را براي جذب آنها از طريق ريشه ها فراهم مي سازد.
براي اينكه هر گياه به دريافت متعادلي از نيازهاي غذايي برسد، بايد تمامي عناصر غذايي درون خاك بحالت متعادل باشند بنابراين چون شرايط ايده آل براي رشد گياهان غالباً بندرت در خاك فراهم مي شود آنچنانكه فقدان مواد آلي خاك سطحي، وجود آلودگي هاي مختلف و عدم تعادل مواد بيولوژيكي به رشد ناكافي گياهان منجر مي گردند.
در سيستم هيدروپونيك اقدام به سرشار نمودن آب از فرم نمك عناصر غذايي مصرفي گياهان مي كنند و بدينگونه محلولي بوجود مي آيد كه كليه نيازهاي رشد گياهان را بر طرف مي سازد و همواره مواد محلول در آن بحالت تعادل تنظيم مي گردند. بعلاوه بدليل اينكه محلول مذكور در محوطه بسته قرار دارد ، هيچگاه روانابي ايجاد نمي گردد و شسته شدن مواد بوقوع نمي پيوندد و آلودگي محيط رُخ نمي دهد.
ميزان تلفات آب از طريق تبخير شدن در سيستم هيدروپونيك كاهش مي يابد لذا قابليت كاربرد در مناطق خشك را دارد.



براي حمايت از گياهان در نوعي سيستم هيدروپونيك از مواد بي اثر (inert) عاري از مواد غذايي نظير فيبر ، شن و سنگريزه بعنوان بستر كاشت (medium) استفاده مي شود تا بعنوان لنگرگاه ريشه ها بمنظور

نگهداري سنگيني هيگل گياهان عمل نمايد. بستر گياهان هيدروپونيك بايد بخوبي متخلخل باشد تا آب و هواي مورد نياز بوته ها بخوبي در لابلاي آن نفوذ يابند زيرا ريشه هاي گياهان نيازمند تنفس هستند.
بعلاوه گياهان هيدروپونيك در يك رژيم غذايي متعادل و كامل اقدام به دريافت غذا و آب مورد نيازشان مستقيماً توسط ريشه ها مي كنند كه براستي براي آينده آنان سودمند است. آنها متناسب با نيازشان در معرض نور خورشيد قرار داده مي شوند و در صورت نياز با نورهاي مكمل تقويت مي گردند.

باغداري هيدروپونيك از بهترين شيوه هاي پرورش و توليد واريته هاي مختلف گياهان است. با بهره گيري از سيستم هاي هيدروپونيك مي توان به حداكثر راندمان توليد ، طعم ، ويتامين ها و ميزان روغن هاي فرآر (essential oil) دست يافت. امروزه باغ هاي هيدروپونيك را براي اهدافي چون :
تفريحي ، توليد مواد غذايي و يا سود تجاري طراحي مي كنند(۳).

آيروپونيك (aeroponic) عبارت از بكارگيري شيوه هيدروپونيك بدون بستر رشد (growing medium) مي باشد. اگر چه ممكن است از آنها بمقدار بسيار كم جهت جوانه زني بذور ويا ريشه دهي قلمه ها (cutting) نيز استفاده گردد.
ريشه هاي گياهان آيروپونيك در ميانة هوا و در جواره هاي محفظه بحالت معلق مي باشند. رطوبت محيطي محفظه رشد آيروپونيك در حد ۱۰۰ درصد حفظ مي گردد و نيازهاي غذايي گياهان بصورت محلول در آب و بفرم ذرات ريز موسوم به "nutramist" بر ريشه هاي آنها اسپري مي گردند. اينگونه غذادهي در هوا (mid-air feeding) اجازه مي دهد تا ريشه ها به جذب اكسيژن مورد نيازشان بپردازند و بدينطريق بنابر گزارشات موثق بر ميزان متابوليسم و سرعت رشد آنها تا ۱۰ برابر رشدشان در خاك افزوده گردد. در اين روش تقريباً هيچگونه آبي از طريق تبخير تلف نمي شود (۳).

آيروپونيك چيست ؟

آيروپونيك (aeroponic) توسط انجمن بين المللي كشاورزي بدون خاك يا "ISSC" (international society for soilless culture) چنين تعريف شده است :
"آيروپونيك" سيستمي است كه ريشه هاي گياهان در محيطي واقعند كه توسط پاشيدن محلول هاي غذايي بصورت قطرات بسيار ريز موسوم به غبارات (mist) يا "آيروسُل ها" (aerosol) بحالت اشباع در آمده است.

بعبارت ديگر بجاي كاشت مستقيم گياهان در خاك يا محيط هاي كشت و يا محلول هاي سرشار از عناصر غذايي بر بكارگيري پاشش غبارات ريزي از عناصر غذايي و آب بطور مستقيم بر ريشه هاي گياهان تكيه مي گردد.
اين گياهان مشخصاً بحالت تعليق در هوا قرار مي گيرند و يا اينكه توسط برخي روش ها حمايت مي شوند.
ريشه هاي اين گياهان بصورت آزادانه در فضاي نزديك محفظه ها رشد و توسعه مي يابند، بدون اينكه با هيچ

پيش ماده اي بعنوان بستر كاشت (substrate) تماس يابند. بايد اطمينان يافت كه ريشه ها در تمامي اوقات مرطوب باشند تا دچار وضعيت بحراني تنش رطوبتي نگردند (۱).

اساس كشاورزي آيروپونيك عبارت از پرورش گياهان بحالت معلق يا آويزان در محيط هاي كاملاً يا نيمه مسدود مي باشد. ريشه هاي آويزان (dangling) و ساقه هاي زيرين گياهان از طريق پاشش ذرات ريز (atomized يا sprayed) محلول آب سرشار از عناصر غذايي مورد نياز گياهان تغذيه مي گردند.
برگ ها و بخش تاج گياهان پرورشي كه كانوپي (canopy) خوانده مي شوند ، به سمت بالا گسترش مي يابند و ريشه هاي گياهان توسط ساختار نگهدارنده اي از بخش فوقاني مجزا مي گردد.
گياهان كوچك را در حفره هاي كوچكي كه بر روي صفحات فوم فشرده (يونيليت) ايجاد شده اند ، جا مي دهند و صفحات را بر روي محفظه هاي آيروپونيك مستقر مي سازند تا بدين طريق از ميزان هزينه و كارگر مورد نياز كاسته شود. گياهان بزرگتر را به شبكه هاي داربستي (trellising) متصل مي سازند تا متحمل وزن بخش هاي رويشي و ميوه هايشان باشند (۴).

گياهان آيروپونيك سالم ترند و سرعت رشد بيشتري نسبت به گياهاني دارند كه بر بسترهاي كاشت پرورش مي يابند زيرا در محيط هاي عاري از آفات و بيماريها قرار دارند. با در نظر گرفتن اين موضوع كه اغلب محيط هاي آيروپونيك كاملاً از محيط خارجي قطع رابطه نمي كنند لذا آفات و بيماريها همچنان بصورت تهديد وجود دارند.
كنترل محيط رشد آيروپونيك باعث ترقي رشد ، سلامتي ، نمو ، گلدهي و ميوه دهي انواع گونه ها (species) و ارقام (cultivars) گياهان مي شود.

به سبب حساسيت سيستم هاي ريشه اي ، سيستم آيروپونيك به ادغام هيدروپونيك مرسوم مي پردازد تا از طريق تأمين آب و عناصر غذايي مورد نياز گياهان به حفاظت آنها بپردازد مگر اينكه قصوري در دستگاه ها و لوازمات سيستم حادث شود (۴).

تاریخچه آیروپونیک :

گل های ارکیده (orchids) در مناطق گرمسیری بنحو آزادانه و طبیعی بر درختان رشد و توسعه می یابند.

"کارتر" (Carter-1942) اولین محققی بود که در زمینه پرورش گیاهان در هوا (air culture) به پژوهش پرداخت و روشی از پرورش گیاهان در بخار آب را برای تسهیل آزمایشات مربوط به ریشه ها توصیف نمود تا بدانجا که آیروپونیک در سال ۲۰۰۶ میلادی بعنوان یک شیوهٔ نوین کشاورزی در جهان گسترش یافت.

"کلوتز" (Klotz-1944) اولین پژوهنده ای بود که به پرورش انواع مرکبات در شرایط پخشاندن بخار (vapor mist) پرداخت تا به مطالعه بیماری های گیاهی مربوط به ریشه های مرکبات و آواکادو بپردازد.

"تراویل" (Trowel-1952) به پرورش درختان سیب از طریق اسپری کردن (spray culture) نمود.

"وینت" (Went-1957) اولین فردی بود که به ابداع شیوهٔ پرورش گیاهان در هوا (air growing) با مفهوم امروزی آیروپونیک با استفاده از بوته های گوجه فرنگی و قهوه پرداخت. او گیاهان را در وضعیتی قرار داد که ریشه هایشان در هوا معلق باشند سپس به غبارپاشی محلول غذایی بر ریشه های آنها پرداخت(۴).

انواع سیستم های آیروپونیک (Type of aeroponic) :

۱) "واحدهای کم فشار" (low-pressure units) :
ریشه های گیاهان در اغلب سیستم های آیروپونیک کم فشار در سطح بالاتر از مخزن حاوی محلول غذایی (reservoir) بحالت معلق قرار می گیرند و یا در داخل کانالی واقع هستند که با مخزن مذکور مرتبطند. یک پمپ کم فشار از طریق مبدل های (transducers) نوع "جت" و یا "اولتراسونیک" اقدام به هدایت محلول غذایی می کند آنچنانکه قطرات مازاد یا زهکش حاصله مجدداً به مخزن بر می گردند. همچنانکه گیاهان در این واحدها رشد می یابند و به مراحل بلوغ می رسند، ممکن است دچار خشکی در بخش هایی از ریشه های انبوه شوند بطوریکه از جذب عناصر غذایی کافی باز بمانند.

این واحدها هزینه خواه هستند و شرایط لازم برای تصفیه محلول غذایی ، حذف ضایعات و پاتوژن های ناخواسته سیستم را ندارند. چنین واحدهایی معمولاً برای پرورش گیاهان بر سطح فوقانی سکوها (bench top) منطبق بر مبانی آیروپونیک مناسب هستند (۴).

۲) "شیوه پُرفشار" (high pressure devices) :

تکنیک آیروپونیک پُر فشار بگونه ای است که غبارپاشی محلول غذایی به کمک پمپ های فشار بالا جهت پرورش گیاهان ارزشمند انجام می شود تا بدینگونه بتوانند هزینه های مصرفی در این سیستم پرورش گیاهان باغبانی (horticulture) را تسویه کنند.

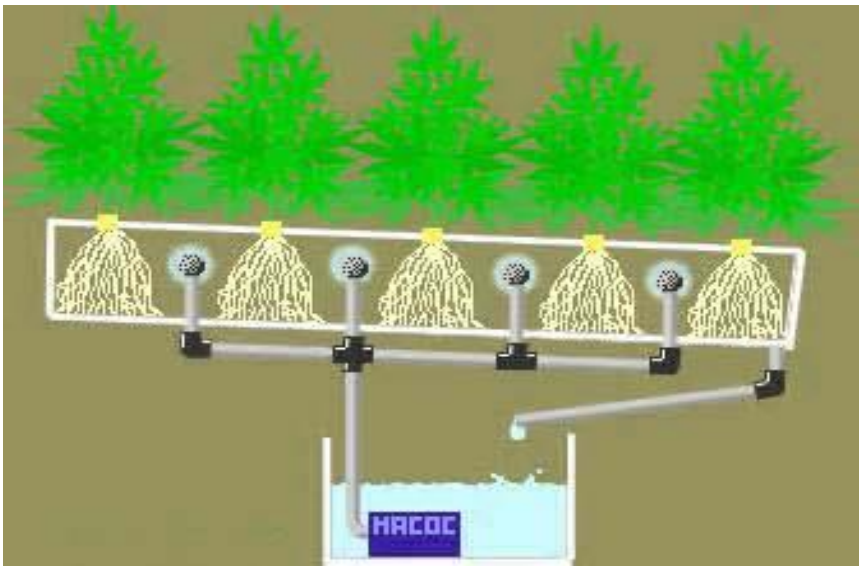
پرورش دهندگان گیاهان در محیط های کنترل شدهٔ خانگی (home indoor) از اواخر سال ۲۰۰۰ میلادی به نمونه های ساده ای از سیستم های آیروپونیک پُرفشار یا "HPA" (high pressure aeroponic) با بهای مناسب دسترسی داشته اند.

سیستم های آیروپونیک پُرفشار شامل تکنولوژی هایی برای تصفیه آب و هوا ، استریل کردن محلول غذایی ، پلیمرهای کم حجم و سیستم های هدایت پُرفشار محلول غذایی هستند.

در سیستم آیروپونیك پُرفشار از پمپ دیافراگمي با قدرت "550 KPa" استفاده مي شود تا فشاري معادل ۸ پوند بر اینچ مربع را در سیستم ایجاد کند و منجر به پاشش محلول عناصر غذايي بصورت غباري با اندازه هاي ۵۰-۲۰ میکرومتر بر ریشه هاي گیاهان گردد (۴).

۳) "سیستم های تجارتی" (commercial systems) :

سیستم های آیروپونیک تجارتی دربرگیرندهٔ سخت افزارهای تأمین کنندهٔ فشار زیاد و سیستم های بیولوژیکی هستند. مجموعه سیستم های بیولوژیکی شامل کلیه مواردی هستند که باعث افزایش دورهٔ زندگی گیاهان و بلوغ اینگونه محصولات می گردند.



سیستم های فرعی بیولوژیکی و اجزاء سخت افزاری شامل سیستم های کنترل سیّال (effluent) ، پیشگیری از بیماریهای گیاهی ، اَشکال مقاوم پاتوژن ها ، زمان بندی دقیق ، ایجاد فشار مناسب در سیستم انتقال محلول غذایی ، حسگرهای سرما و گرما ، کنترل دمای محلول ، آرایش نوری مؤثر ، محدودهٔ طیف فیلتراسیون ، حسگرهای هُشدار دهندهٔ نقص سیستم و حفاظتی ، اَشکال صرفه جویی در هزینه های کارگری و مراقبت ، ترکیب قابل اعتماد بلند مدت و کاربرد ایمن ماشین آلات (ergonomics) می باشند.
سیستم های آیروپونیک تجارتی از نوع سیستم های پُرفشار برای پرورش محصولات ارزشمند بصورت تناوب زراعی و یا چند محصولی (multiple) با توجه به فواید اقتصادی آنها بکار مي روند.
سیستم های اقتصادی پیشرفته فراگیرندهٔ جمع آوری اطلاعات ، نظارت ، آنالیز بازخورها و ارتباطات انترنتی بوسیله انواع سیستم های فرعی هستند (۴).

جزئیات سیستم آیروپونیک :

سیستم های سنتی آیروپونیک از یک طشتک (trough) برای حمایت گیاهان استفاده می کنند امّا برای اینکه بیشترین استفاده را از فضای موجود ببرند، به استفاده از قفسه های تغییر و تعدیل یافته ای بجای آن مبادرت می ورزند. همچنین برای کاهش هزینه ها به کاربرد موادی که غالباً در دسترس قرار دارند، اقدام می گردد.
ساختار اصلی یك سیستم آیروپونیک آزمایشی شامل ۳ فوت قطر می باشد بطوریکه از لوله های PVC برای ایجاد بام یکسویه (lean-to) استفاده می گردد.

صفحات باریک و فشرده فوم یا یونیلیت (Styrofoam) را بصورت قطعات ۲ × ۲ فوتي می برند تا حمایت کنندهٔ گیاهان شوند.

سوراخ هایی به قطر ۲-۱ اینچ در فوم ها ایجاد می شوند تا گیاهچه های ریشه دارشده را در خود جا دهند. فاصله بین سوراخ ها به خصوصیات گیاهان بستگی دارد بنابراین بطور همزمان می توان از گونه های مختلف گیاهی که نیازهای غذایی یکسانی دارند، برای پرورش بهره گرفت. صفحات را می توان توسط چنگک (brackets) و یا گیره هایی (clips) در محل مشخص شده مستقر ساخت تا برداشت مجدد آنها آسان باشد.
اینگونه ساختارها اجازه می دهند تا از چگونگی رشد ریشه ها بطور مرتب بازدید گردد و برداشت محصول با سهولت انجام پذیرد. لایه زیرین قاب را بطور کامل با لایه های پلاستیک پلی اتیلین می پوشانند تا اسپری غبار مانند محلول را در خود حفظ کند و به رطوبت نسبی مناسب برای رشد ریشه ها برساند.

مسئله بعدی این است که چگونه اندازه مناسب قطرات محلول پاششی را فراهم سازند زیرا قطرات درشت باعث کاهش فراهمی اکسیژن قابل دسترس ریشه ها می شوند درحالیکه قطرات بسیار ریز محلول موجب تولید ریشه های جانبی زیاد با انشعابات فرعي کم می نمایند.
نازل های مه پاش را در کف قاب ها نصب می کنند تا باعث پخش مداوم محلول آب و مواد غذایی گردند.

يك لايه پلاستيک محکم و سراسری بايد در زير نازل های مه پاش نصب گردد تا توسط برگشتگي فوقانی خويش به جمع آوری رواناب کمک نمايد.
ساختمان کامل آيروپونيك آزمايشي دارای ۳ فوت عمق و ۳ فوت پهنا است و طول آن در حدود ۲۰-۶ فوت می رسد.

در اين شيوه برای کاهش هزينه ها از تزريق کننده (injector) مناسب محلول غذايي در سيستم بهره می گيرند آنچنانکه به ازاي هر مخزن ۵۰ گالنی محلول کودی بايد از يک پمپ آکواريوم با ظرفيت کم استفاده نمود.

اين سيستم طراحی شده را بر روی يک سکو ، نيمکت و يا ساختار برآمده ای در داخل يک محوطه محافظت شده مثل گلخانه نصب می کنند بنابراين کانوپی محصول در معرض رطوبت و دمای مناسب قرار می گيرد تا اپتيمم رشد خويش را به منصه ظهور برساند. بهترين دما برای اين منظور شامل ۸۰-۷۲ درجه فارنهايت دمای روزانه و ۶۸-۶۰ درجه دمای شبانه همراه با ۷۵-۵۰ درصد رطوبت نسبی است.
منبع نور بايد فقط نور خورشيد باشد گرچه نورهای تکميلی را می توان در مواقع ضرورت برای افزايش سرعت رشد گياهان بکار گرفت.

پس از ساخت استادانه سخت افزار آيروپونيک نياز به تهيّه محلول های مناسبي از عناصر غذايی مورد نياز گياهان است که هزينه های زيادی را تحميل می کند. برای تأمين عناصر غذايی گياهان می توان از کودهای استاندارد ويژه آيروپونيک نظير "Botanicare pure Blend pro TM" بهره گرفت (۱).

«جدول۱) هزینه های تخمینی برای یک محفظه آیروپونیک با گنجایش ۸ × ۳ × ۳ فوت (۱) :»

موارد	مقدار	هزینه تقریبی (دلار)
صفحات یونیلیت	۳	۲۵
مواد PVC	---	۷۵
نازل مه پاش	۸	۱۰
پمپ	۱	۱۰۰
مخزن ۵ گالنی	۱	۵۰
تایمر	۱	۱۰۰
Misc.	---	۴۰
جمع	---	۴۰۰

مهمترین معایب سیستم آیروپونیك :

شیوه آیروپونیک دارای معایب متعددی بشرح زیر است :

۱) در شروع بویژه برای مقیاس بزرگ به هزینه های اولیه زیادی نیاز می باشد. بعنوان مثال برای اجتناب از بسته شدن نازل ها در اثر رسوب گذاری املاح از مه پاش های "اولتراسونیک" (ultrasonic nebulizer) برای تولید ذرات غبار و تولید مه (fog-like spray) استفاده مي كنند كه بهاي بيشتري نسبت به انواع معمولي دارند.

۲) در صورتیکه فضای کافی بین ریشه ها و سطح آب مخزن وجود نداشته باشد آنگاه از ظرفیت بافری هوا کاسته خواهد شد.

۳) پتانسیل رسوب گذاری مواد معدنی محلول غذایی و در نتیجه مسدود شدن منافذ نازل های غبارپاش (mist nozzle) وجود دارد.

۴) تولید محصولات گیاهی در مقیاس وسیع سیستم آیروپونیک تاکنون به پتانسیل مورد انتظار دست نیافته است (۱).

مهمترين مزاياي سيستم آيروپونيك :

شیوه آیروپونیک دارای فواید متعددی بشرح زیر است :

۱) از هیچگونه محیط کشت استفاده نمی شود لذا ریشه ها دارای ماکزیمم هوادهی (aeration) هستند.

۲) از خاک استفاده نمی شود بنابراین از بیماریهای خاکزاد (soil borne) نیز خبری نیست.

۳) شاخه و برگ های گیاهان (foliage) همواره خشک باقی می مانند که بدینوسیله از احتمال بروز بیماریهای گیاهی کاسته می شود.

۴) برداشت محصول بویژه در مورد گیاهان ریشه ای بسیار راحت تر است.

۵) دوره توليد محصولات گياهی بدليل افزايش سرعت رشد، كاهش مي يابد.

۶) روناب عناصر غذایی و آب بدلیل بازیافت آنها نزول می یابد.

۷) در سيستم آيروپونيك مي توان به پرورش انواع مختلف گياهان در كنار يكديگر و بطور مجزا اقدام كرد.

۸) محیط های آیروپونیک برای ازدیاد گیاهان از هر دو جنبه جوانه زنی بذور و یا ریشه دوانی قلمه ها بسیار مناسب است آنچنانکه قلمه ها و بذور سریعتر به ریشه دوانی می پردازند و مشکلات بسیاری کمی در زمینه بیماری های گیاهی خواهند داشت (۱،۴).

افزايش هوارساني به ريشه ها در آيروپونيك :

اولين سيستم آيروپونيك در سال ۱۹۸۳ ميلادي به بهره برداري رسيد. حمايت هاي عديده اي كه از گياهان در اين سيستم وجود داشتنند ، باعث شدند كه محصول به رشد بسيار خوبي برسد زيرا گياهان در محيطي مملو از هوا و رطوبت مناسب پرورش مي يافتند آنچنانكه اين رويه تاكنون پيگيري مي شود.

شيوه آيروپونيك (aeroponic) يا پرورش گياهان در حالت معلق در هوا (air culture) قابليت دستيابي گياهان را به هواي كافي فراهم مي سازد تا به رشد موفقيت آميز خويش نائل آيند.

مواد شيميايي كه در سيستم آيروپونيك بكار مي آيند، بايد از هجوم بيماري هاي گياهي و ساير پاتوژن ها ممانعت ورزند. وجه برتري آيروپونيك واقعي و دستگاه هايش اين است كه كمترين ميزان حمايت از گياهان بوجود مي آيد لذا وقوع كمترين تماس بين دستگاه هاي سيستم و گياهان پرورشي باعث مي شود كه گياهان بصورت كامل در معرض هوا قرار گيرند وليكن اينگونه شيوه پرورش گياهان نيازمند آن است كه سيستم ريشه اي كمترين فشار را به ساقه ها وارد سازد.

تماس هاي فيزيكي در سيستم آيروپونيك به حداقل مي رسند زيرا تماس هاي فيزيكي ممكن است از رشد طبيعي گياه و گسترش ريشه ها بكاهند ، بيماريهاي گياهي را افزايش دهند و موجب آلودگي آب مصرفي و هواي اطراف سيستم شوند (۴).

فواید حضور اکسیژن کافي در اطراف ریشه ها :

حضور اکسیژن در منطقه رشد ریشه ها یا "رایزوسفر" (rhizosphere) براي سلامتي و رشد گیاهان ضروري است. همچنانکه سیستم آیروپونیك اقدام به آمیختن هوا با آب در قالب قطرات بسیار ریز مي نماید، باعث مي شود تا گیاهان در شرایط وفور فراهمي اکسیژن ، آب و عناصر غذایي قرار گیرند و بخوبي رشد یابند.

برخي از کشاورزان معتقدند که سیستم آیروپونیك بر دیگر شیوه هاي هیدروپونیك برتري دارد زیرا افزایش هوادهي از طریق ذرات ریز محلول حاوي عناصر غذایي که به ریشه ها عرضه مي شوند، باعث تحریك رشد گیاهان مزبور مي شود و از شکل گیري پاتوژن هاي بیماریزا جلوگیري مي نماید.

هواي پاك حاوي اکسیژن کافي است و این موضوع بعنوان یك پالاینده عالي براي محیط آیروپونیك و گیاهانش عمل مي نماید. براي اینکه رشد طبیعي گیاهان حاصل شود، نباید در دستیابي گیاهان به هواي کافي و تمیز وقفه اي پدید آید و گیاهان باید اجازه یابند تا در یك وضعیت طبیعي به نمو فیزیولوژي دست یابند.

گیاهان بیشترین عوامل محدود کننده رشد را در شرایط عادي از جانب بیماري ها تحمل مي کنند ولیکن شیوع بیماریها در شیوه آیروپونیك بشدت محدود مي گردند. برخي پژوهندگان از سیستم هاي آیروپونیك براي مطالعه اثرات ترکیبات گازهاي منطقه حضور ریشه ها بر عملکرد گیاهان بهره مي گیرند.

برخي از دانشمندان (Soffer-1988) در مورد اثرات حلاليت غلظت اكسيژن بر شكل گيري ريشه هاي نابجا (adventitious roots) در شرايطي با هوادهي بيشتر در نوعي سيستم هيدروپونيك با مفهوم "aero-hydroponics" مطالعه كرده اند.
آنها گياهان را در سه لايه حاوي آب (hydro) و سيستم هوادار (aero) قرار دادند و شكل گيري ريشه ها را در سه شرايط مختلف بررسي نمودند:
اولاً) انتهاي ريشه هاي گياهان در شرايط مغروق قرار داده شدند.
دوماً) بخش مياني ريشه هاي گياهان توسط غباراتي از محلول غذايي تغذيه گرديد و
سوماً) بخش فوقاني ريشه ها در بالاتر از ناحيه غبارپاشي قرار داده شدند.
نتايج بيانگر اين موضوع بودند كه وجود اكسيژن محلول براي شكل گيري ريشه ها ضروري است. تعداد و طول ريشه ها در بخش غبارپاشي همواره از دو بخش ديگر بيشتر بود بطوريكه در بخش غبارپاشي حتي در كمترين غلظت نيز داراي ريشه هاي رشديافته تري شدند (۴).

هوادهي منتهي به افزايش دسترسي به CO2 :

گياهان در شرايط آيروپونيك حقيقي بصورت ۱۰۰ درصد به CO2 با غلظت ۷۸۰-۴۵۰ پي پي ام جهت انجام فتوسنتز دسترسي دارند درحاليكه بطور طبيعي در ارتفاع ۱ مايلي (۱/۶ كيلومتري) سطح آبهاي آزاد به ۴۵۰ پي پي ام CO2 در ضمن روز دسترسي وجود دارد امّا غلظت CO2 در شبها به ۷۸۰ پي پي ام افزايش مي يابد وليكن مقدار CO2 در ارتفاع پائين تر تا حدودي بيشتر است.
بهرحال پرورش گياهان بصورت آيروپونيك در تمامي شرايط به گياهان امكان بهره گيري از CO2 كافي براي انجام واكنش هاي فتوسنتز داده مي شود.
بعلاوه پرورش گياهان در زير نور مصنوعي در شبانگاهان به گياهان سيستم آيروپونيك اجازه مي دهد تا از وضعيت موجود بخوبي استفاده كنند (۴).

پرورش گياهان در شرايط عاري از بيماريها :

آيروپونيك مي تواند از انتقال بيماريهاي گياهي بكاهد زيرا تماس گياه به گياه بدينطريق كاهش مي يابد و هر پالس از پاشش محلول مي تواند مجدداً استريل گردد درحاليكه شيوه هاي پرورش گياهان در خاك ، بسترهاي دانه اي (aggregate) و ساير بسترهاي كاشت مي توانند فرصت گسترش يابي و سرايت بيماريها به گياهان مجاور را در سراسر فصل رشد فراهم سازند.

در اغلب گلخانه ها نياز به استريليزاسيون بسترهاي جامد بعد از هر دفعه پرورش و برداشت محصول وجود دارد وليكن در بسياري از موارد از اينكار صرف نظر مي شود و بسترهاي كاشت را كلاً با بسترهاي جديد و استريل جايگزين مي سازند.

يكي از بارزترين فوايد تكنولوژي آيروپونيك چنين است كه اگر يكي از گياهان به بيماري مبتلا گردد ، مي توان سريعاً آنرا از ساختار آيروپونيك حذف نمود، بدون آنكه قطعه قطعه شود و يا به ديگر گياهان سرايت يابد.

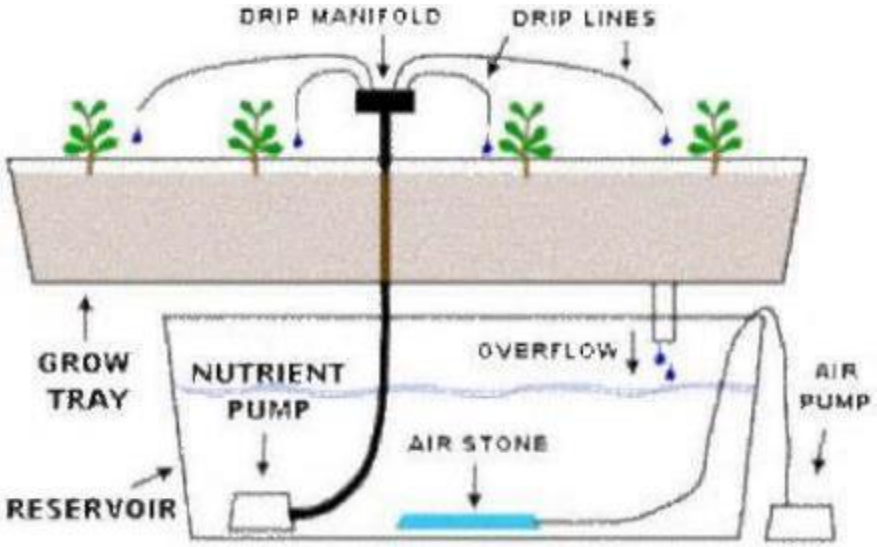
پرورش گياه ريحان (basil) از بذرهايش در يك سيستم آيروپونيك در داخل يك گلخانه مدرن از اولين دستاوردها در سال ۱۹۸۶ ميلادي بوده است.

بدليل اينكه محيط هاي آيروپونيك از بيماريهاي گياهي عاري هستند لذا بسياري از گياهان را مي توان در اين سيستم با تراكم زيادتري در مقايسه با ساير شيوه هاي كاشت سنتي از قبيل هيدروپونيك ، بستر كشت خاكي و تكنيك غشاء غذايي يا "NFT" (nutrient film technique) پرورش داد.

در سيستم هاي آيروپونيك تجارتي از دستگاه هايي در تطابق با گسترش ريشه دهي انواع مختلف محصولات گياهي بهره مي گيرند.

محققين از روش آيروپونيك بعنوان شيوه اي ساده ، كيفي و سريع در غربالگري اوّليه ژنوتيپ هاي مقاوم به بيماريهاي گياهي نظير پوسيدگي ريشه و بادزدگي گياهچه ياد مي كنند.

سيستم هاي آيروپونيك ايزوله بطور طبيعي امكان شمارش دقيق گياهچه هايي كه از طريق كشت در بستر خاكي آلوده شده اند، را فراهم مي سازد و مانع هر گونه اختلال در شمارش مي شوند (۴).



پودركردن محلول آب و عناصر غذايي در آيروپونيك :

دستگاه هايي كه در سيستم آيروپونيك براي آبرساني استفاده مي شوند معمولاً شامل :
اسپري كننده ها (sprayers) ، غبارپاش ها (misters) ، مه پاش ها (foggers) و يا ديگر ابزارهايي هستند كه محلول آب و عناصر غذايي را بصورت ذرات بسيار ريز در اختيار ريشه هاي گياهان قرار مي دهند.
سيستم هاي آيروپونيك طبيعتاً توليد سيستم هاي چرخه اي بسته اي بصورت محيط هاي ماكرو و ميكرو مي نمايند كه براي پرورش با ثبات ، پايدار و قابل اعتناء گياهان در هوا بكار مي روند.
امروزه اختراعات زيادي براي تسهيل اسپري كردن و غبارپاشي محلول هاي غذايي توسعه يافته اند زيرا كليد توسعه ريشه هاي گياهان در محيط هاي آيروپونيك را اندازه هاي قطرات آب تشكيل مي دهند.
در كاربردهاي اقتصادي ، از اسپري هايي با چرخش ۳۶۰° بهره مي گيرند تا تمامي فضاي اطراف ريشه گياهان را با غبارپاشي تغذيه و سيراب نمايند.
در يك شيوه آيروپونيك از تكنيك غبارپاش ويژه اي بنام "مه پاش اولتراسونيك" (ultrasonic foggers) استفاده مي نمايند تا محلول حاوي عناصر غذايي را با فشار كم در محيط اطراف ريشه ها بپاشند.

اندازه قطرات آب براي رشد پايدار گياهان در سيستم آيروپونيك نقش حياتي دارد. قطرات درشت آب مؤيد كمترين ميزان اكسيژن قابل دسترس براي سيستم ريشه اي گياهان خواهد بود. قطرات بسيار ريز نظير ذراتي كه توسط غبارپاش هاي اولتراسونيك توليد مي گردند ، موجب مي شوند تا ريشه هاي موئين فراواني ايجاد شوند ، بدون اينكه ريشه هاي فرعي مورد نياز جهت رشد پايدار گياهان تشكيل گردند.
مبدل هاي اولتراسونيك نيازمند حفاظت و نگداري بيشتري هستند بطوريكه هر گونه قصور موجب معدني شدن اجزاء سيستم مي شوند كه اين نقطه ضعف بواسطه نوع غبارپاشي و جنس فلزي اسپري كننده هاي بكار رفته مي باشد. نتيجتاً گياهان بواسطه نقصان دسترسي به رطوبت كافي دچار كاهش آماس سلولي (turgidity) و پژمردگي مي شوند(۴).

جذب عناصر غذايي در سيستم آيروپونيك :

مجزا بودن فواصل غبارپاشي و مدت دوام پاشش در سيستم آيروپونيك اجازه سنجش ميزان جذب عناصر غذايي را در شرايط مختلف مي دهد.

"باراك" (Barak-1996) از يك سيستم آيروپونيك براي اندازه گيري غير مخرّب (non-destructive) سرعت جذب آب و عناصر غذايي در پرورش "كران بري" (cranberries) يعني نوعي "قره قاط" بهره گرفت. در مطالعات "باراك" با اندازه گيري غلظت و حجم محلول ورودي (input) و خروجي (efflux) به ميزان واقعي جذب عناصر نايل آمدند كه اين دستاوردها با نتايج حاصل از ايزوتوپ هاي نيتروژن (N-isotope) تأئيد مي گردند.
"باراك" در ادامه تحقيقاتش به تكميل اطلاعاتش در پرورش "كران بري" تحت شرايط آيروپونيك براي مواردي چون ميزان روزانه جذب عناصر غذايي ، ارتباط بين جذب آمونيوم و پروتون هاي خروجي ، ارتباط بين غلظت يون ها در محلول و ميزان جذب آنها توسط گياهان پرداخت. اينچنين تحقيقاتي علاوه بر اينكه نشانهٔ نويدبخش بودن آيروپونيك بعنوان ابزاري در پژوهش هاي مربوط به جذب عناصر غذايي توسط گياهان است بلكه امكاناتي را براي نظاره گري سلامتي گياهان و بهينه سازي رشد گياهان در شرايط مسدود فراهم مي سازند.

پژوهش ها نشان مي دهند كه پاشش محلول غذايي بميزان بيش از ۶۵ پوند بر هر اينچ مربع (450 KPa) باعث افزايش قابليت دستيابي زيستي (bioavailability) عناصر غذايي مي شود امّا پاشش مداوم و شديد عناصر غذايي بايد بنحو معني داري كاهش يابد و گرنه باعث سوختگي ريشه ها و شاخه و برگ ها مي شود.

در مواقعي كه دورۀ پاشش خيلي طولانی است و يا دورۀ وقفۀ پاشش خيلي كوتاه باشد ، منجر به پديد آمدن قطرات درشت آب در سيستم مي گردد كه اين موضوع باعث افزايش ريشه هاي موئين و كاهش ريشه هاي فرعي مي شود.

رشد گياهان و دورۀ ميوه دهي زمانيكه دورۀ پاشش كوتاه شوند ، بشدت كاهش مي يابند لذا ايده آل چنين است كه ريشه هاي گياهان آيروپونيك نبايد هيچگاه كاملاً خشك و نه كاملاً خيس باشند.
يك نمونه بارز شامل دوره هاي پاشش كمتر از دو ثانيه و سپس ۲-۱/۵ دقيقه وقفه است. در موارديكه از يك سيستم "انباشتگر" يا "اكومولاتور" (accumulator) استفاده مي شود ، دوره هاي پاشش را به يك ثانيه و دوره هاي وقفه را نيز به ميزان ۱ ثانيه تنظيم مي كنند (۴).

استفاده از آيروپونيك براي توليد مواد غذايي :

"استونر" (Stoner-1986) اولين شخصي بود كه به توليد مواد غذايي بشيوه آيروپونيك براي عرضه در زنجيرۀ كشوري فروشگاه هاي ميوه و تره بار (chain grocery) پرداخت. او در سلسله سخنراني هايي به بيان اهميّت بكارگيري سيستم هاي آيروپونيك بمنظور صرفه جويي در مصرف آب و فضا در راستاي بكارگيري شيوه هاي جديد كشاورزي پرداخت. بدين لحاظ امروزه "استونر" را بعنوان پدر سيستم هاي آيروپونيك مي شناسند زيرا سيستم هاي آيروپونيك ابداعي او در سراسر دنيا توسعه يافته اند. او به طراحي بسياري از ادوات و تكنولوژي هاي آيروپونيك پرداخت تا كشاورزي جديد را در قالب تجاري و گسترۀ جهاني توسعه بخشد (۴).

تجارتي كردن سيستم آيروپونيك :

آيروپونيك سرانجام مراحل آزمايشگاهي را پشت سر نهاد و وارد عرصه كشاورزي تجارتي گرديد.

"بريگز" (Briggs-1966) از پيشگامان آيرپونيك تجارتي موفق به ريشه دار كردن قلمه هاي درختان "سخت چوب" در شرايط تعليق در هوا (air-rooting) گرديد. وي دريافت ريشه هايي كه در اين شرايط توليد مي شوند ، در مقايسه با ريشه هاي توليدي بر بسترهاي خاكي از استحكام بيشتري برخوردارند لذا نتيجه گرفت كه مباني ريشه زائي در معرض هوا كاملاً دقيق و بي نقص است.
او كشف نمود نهال هايي كه در معرض هوا ريشه دار شده اند ، در صورت انتقال به خاك هيچگاه دچار شوك ناشي از انتقال نمي شوند و از رشد در مقايسه با گياهان معمولي عقب نمي مانند در صورتيكه وقوع شوك ناشي از انتقال نهال هاي هيدروپونيك به زمين اصلي بسيار عموميت دارد (۴).

"نايـر" (Nir-1982) به توسعه شيوه اي انحصاري در كاربرد دستگاه هاي آيروپونيك تحت شرايط هدايت محلول غذايي كم فشار براي گياهاني شد كه توسط لايه نازكي از يونيليت (Styrofoam) بحالت معلق در هوا درون يك محفظه فلزي نگهداري مي شدند.

"پريوير" (Prewer-1976) انگليسي به انجام يكسري از آزمايشات با استفاده از كاهو واريته " Tom thumb" طي ۲۲ روز با استفاده از بذور در غشاء لوله اي نازكي از جنس پلي اتيلين پرداخت كه با پنكه اي هوادهي مي شد. اين ابزارها باعث مي شدند تا محلول مواد غذايي بصورت مه پاشي به تغذيه گياهان بپردازند.
اين پژوهنده در سال ۱۹۸۴ ميلادي نيز به طراحي سيستم آيروپونيك تجارتي براي پرورش توت فرنگي پرداخت. گياهان مزبور سرانجام بخوبي گلدهي نمودند و محصول مطلوبي عرضه كردند كه بموقع برداشت شدند. اين سيستم بويژه مورد پسند پرورش دهندگاني قرار گرفت كه خواهان محصولاتي تميز و با كيفيت بودند و نيازي به خم شدن در حين برداشت نداشتند (۴).

"استونر" (Stoner-1983) اقدام به ابداع كاربرد اولين ريزپردازنده و نصب آن در حد واسط مجراي خروج محلول غذايي و محفظه آيروپونيك پلاستيكي كرد. "استونر" بمرور گام هاي بيشتري در زمينه بكارگيري كنترل زيستي (biocontrol) و تشكيلات مختلف براي توليد محصولات آيروپونيك در سطح تجارتي برداشت.
در سال ۱۹۸۵ ميلادي ، كمپاني "استونر" با نام "GTi" بعنوان اولين شركت سازنده و بازاريابي سيستم هاي آيروپونيك بسته براي گلخانه ها جهت توليد محصولات گياهي در سطح تجارتي اقدام نمود. اولين گلخانه آيروپونيك تجارتي براي توليد مواد غذايي در سال ۱۹۸۶ ميلادي احداث گرديد (۴).

در سال ۱۹۹۰ ميلادي ، شركت "GHE" (General Hydroponics Europe) به معرفي هيدروپونيك هاي فانتزي (hobby) با كاربرد سرگرمي و تفريحي پرداخت كه سرانجام موسوم به "aerogarden system" شدند.

البته اين مورد را نمي توان در گروه آيروپونيك هاي حقيقي دسته بندي نمود زيرا سيستم فوق توليد قطرات ريزي (tiny droplets) از محلول غذايي در مقايسه با غبارپاشي مي نمايند كه منجر به حالتي نظير بارندگي مي شود. تفاوت بين آيروپونيك غبارپاش حقيقي (true mist growing) و آيروپونيك قطره اي (droplet growing) همانا تاربودن سيستم از نظر بينندگان مي باشد. بهرحال محصولاتي كه عموماً به بازار مصرف معرفي مي گردند و ادعاي توليدات هيدروپونيك را دارند، غالباً از انواع آيروپونيك هستند (۴).

در پايان دهه ۱۹۹۰ ميلادي شركتي انگليسي بنام "Nutriculture" به تشويق صنايع براي گسترش آيروپونيك هاي حقيقي پرداخت كه نهايتاً به دستاوردهاي بسيار خوبي نظير "NFT" و "Ebb & Flood" در قياس با تكنيك هاي سنتي رايج منجر گرديد.
براي اجراي آيروپونيك غبارپاش به يك پمپ ويژه نياز مي باشد كه مشكلات عديده اي را بوجود خواهد آورد. سيستم هاي آيروپونيك قطره اي مراقبت كمتري نياز دارند لذا امروزه بسياري از سيستم هاي آيروپونيك غبارپاش تبديل به انواع آيروپونيك قطره اي شده اند.

اخيراً بزرگترين آيروپونيك تجارتي شناخته شده در "Chino valley" ايالت آريزونا با ظرفيت بيش از ۶۰ هزار بوته كاهو در هر ۲۸ روز احداث شده است. بعلاوه حدود ۱۲ هزار بوته از گياهان ديگر نظير گوجه فرنگي ، لوبيا ، فلفل ، خيار ، گياهان دارويي ، كدو خورشتي (zucchini) ، سبزي خوردن حاصل از بذور جوانه زده (micro-green) ، كدو حلوايي (squashو ميوه هاي سته (berries) در آن پرورش مي يابند(۴).

سيستم آيروپونيک قائم (VAP):

اخيراً سيستم جديدي از كشاورزي در ايتاليا، هاوايي و كاليفرنيا توسعه يافته است كه تمامي محيط پرورش بصورت محفظه اي بسته اداره مي شود و موسوم به "پناهگاه زيستي" (bioshelter) است. در اينگونه پناهگاه هاي زيستي از يكسري استوانه هاي (tubes) آئروپونيك قائم جهت رشد گياهان با كارآيي زياد بهره مي گيرند. چنين ساختارهايي داراي راندمان محصول حدود ۷-۶ برابر بيشتر از گلخانه هاي مرسوم هستند. در اينگونه مراكز به پرورش سبزيجات باغباني، سته ها (berries) ، گل ها و برخي گياهان خاص مبادرت مي ورزند (۵).

اصول آئروپونيك مبتني بر پرورش گياهان بصورتي است كه ريشه هايشان داخل هيچگونه بستري (substratum) از انواع مايع نظير هيدروپونيك و يا انواع جامد نظير خاك مرسوم استقرار نمي يابند بلكه از محفظه هايي استفاده مي گردد كه امكان تغذيه گياهان داخل آن فراهم باشد. ريشه هاي گياهان در اينگونه محفظه ها از بهترين شرايط كسب رطوبت و اكسيژن برخوردار مي باشند. اين شرايط اجازه مي دهند تا مواد غذايي و رطوبت بگونه اي براي گياهان فراهم گردند كه بيشترين آسيميلاسيون را انجام دهند و در سريعترين زمان توسعه يابند.

در سيستم آيروپونيك قائم يا "VAP" (vertical aeroponic planting system) اقدام به استقرار ظروف يا گلدان هاي (containers) حاوي گياهان بر فراز يكديگر مي كنند. اين سيستم بگونه اي طراحي شده است كه گلدان ها به آساني بحركت در آورده مي شوند تا نيازهاي زيستي آنها برآورده گردند. بنابراين تعداد زيادي از گياهان را در يك ستون قائم در درون يك ساختار فضايي مشابه گلخانه ها (greenhouse) و يا سايبان ها (shade house) مستقر مي سازند. در اين سيستم ، عناصر غذايي محلول اجازه مي يابند تا در ستون رشد از بالا بر روي گياهان پائيني بچكند.

بسياري از گياهان نيازمندند كه در ضمن مراحل اوليه زندگي با نور مستقيم خورشيد مواجه گردند امّا بمرور از وابستگي آنها به نور مستقيم خورشيد كاسته مي شود لذا بر اساس چنين مشاهدات و تجاربي است كه گلدان هاي حاوي گياهان در سيستم آيروپونيك قائم بصورت متوالي جابجا مي گردند آنچنانكه گياهان جوان را در بالاترين سطوح ستون رشد جا مي دهند امّا بمرور آنها را تحت يك سيستم مكانيكي بحركت در مي آورند و به سطوح پائين تر منتقل مي سازند. اين روند مداوماً تكرار مي شود تا اجازه رشد پايدار به تمامي گياهان بدون هيچ تداخلي داده شود.

اين سيستم آيروپونيك به كشاورزي بدون هيچگونه توقف در چرخه توليد رويكرد دارد و عناصر غذايي محلول در يك سيستم مداري بسته (closed circuit) جريان دارند. مقدار مصرف آب بواسطه محدوديت در كميّت جذب آن باعث صرفه جويي در آب مصرفي مي شود. بعنوان مثال : توليد هر كيلوگرم گوجه فرنگي در روش سنتي كشاورزي بر بستر خاكي نيازمند ۴۰۰-۲۰۰ ليتر، در شيوه هيدروپونيك خواهان ۷۰ ليتر و در شيوه آيروپونيك احتياج به ۲۰ ليتر آب دارد(۵).

سيستم آيروپونيك قائم عبارت از يك چرخه مداوم در محيطي بسته است كه به كاهش نيروي انساني در يكسري از عمليات كشاورزي روزانه و سالانه مي انجامد. اين موضوع كارگران را قادر مي سازد تا مهارت هاي لازم را در يك دوره زماني چندماهه كسب نمايند درحاليكه توليدات كشاورزي تجارتي سنتي حاصل سال ها تجربه كاربران مربوطه است.
ابزارها و دستگاه هاي آيروپونيك را در داخل گلخانه ها و يا سرپناه هاي مقاوم به تگرگ و وزش باد در انطباق با عرض هاي جغرافيايي زمين استقرار مي بخشند زيرا كنترل شرايط اقليمي در گلخانه ها تأمين كنندة اپتيمم شرايط رشد است و منتهي به بالاترين ميزان عملكرد مي شود (۵).

براي استقرار "VAP" يا سيستم آيروپونيك قائم بايد موارد زير فراهم گردند :
۱) نور خورشيد (sunshine) :
توجه داشته باشيد كه اراضي وسيع تحت تأثير سايه انداز كوه ها و ساختمان هاي مرتفع قرار نمي گيرند لذا اولويت دارند. البته اينگونه اراضي بايد قابليت دسترسي به جاده ها را داشته باشند.
۲) آب :
دسترسي به آب مناسب جهت فعاليت هاي كشاورزي حائز اهميّت است گواينكه نياز آبي سيستم آيروپونيك در حدود ۱۰ درصد نياز آبي گياهان مشابه در كشاورزي معمولي است.
۳) نيروي الكتريسته :
در اين سيستم به مقادير كمي از نيروي برق نياز است وليكن بهتر است آنرا از طريق سلول هاي خورشيدي تأمين نمايند. اين موضوع نيازمند آن است كه پناهگاه زيستي سيستم "VAP" را در پهنه اراضي سرپا نمايند سپس به كاشت گل ها، سبزيجات و ميوه ها در آن بپردازند (۵).

موارد زير در يك پناهگاه زيستي (VAP) قابل پرورش هستند :
الف) محصولات يكساله (annual crop) :
عملكرد محصولات يكساله در پناهگاه هاي زيستي حداقل بميزان سه برابر كشاورزي معمولي و شش برابر كشاورزي گلخانه اي عادي مي گردد.
ب) توليد محصولاتي با كيفيت و مزه اي معادل با كشاورزي معمولي
پ) توليد محصولات كشاورزي با حداقل مصرف كودها
ت) توليد محصول در تمامي فصول سال آنچنانكه موضوع فصل رشد براي گياهان بي معني مي گردد.
ت) امكان مديريت دقيق سود سالانه (۵).

فواید سیستم پرورش آیروپونیك قائم عبارتند از :

مزاياي سيستم "VAP" در مقايسه با كشاورزي سنتي عبارتند از :

۱$) محدوديت مصرف آب :

اين سيستم داراي موفقيت هاي تجارتي در مناطق بياباني نظير عربستان سعودي و اسرائيل بوده است.

۲$) موفقيت هاي كشاورزي به وضعيت اراضي و كيفيت خاك بستگي دارد. در سيستم كشاورزي آيروپونيك اهميتي به خاك داده نمي شود زيرا هيچگاه در فرآيند توليد آيروپونيك بكار نمي آيد.

۳$) توليد مواد غذايي بصورت متراكم (intensive) را مي توان در اراضي كم وسعت به اجرا گذاشت. ثابت شده است كه سيستم پرورش ۳ بعدي داراي بيشترين راندمان توليد سالانه در واحد سطح است.

۴$) سيستم هاي پرورش گياهان را مي توان در جوار محل زندگي مصرف كنندگان احداث نمود ، بدينگونه احداث گلخانه ها در جوار مناطق شهري و بازارهاي مصرف از هزينه هاي حمل و نقل مي كاهند و همچنين محصولات توليدي در كوتاه ترين زمان بصورت تازه و شاداب به خريداران عرضه مي گردند.

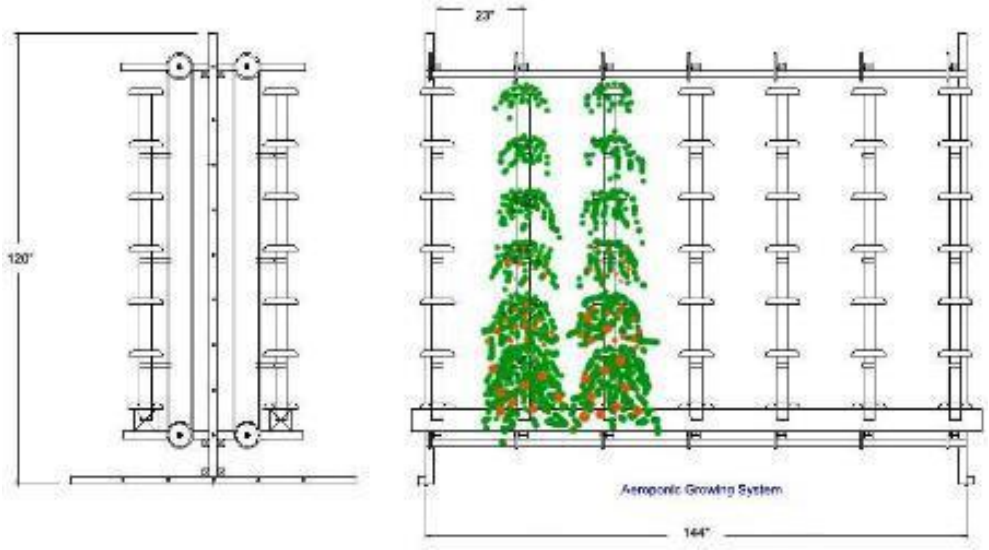
۵$) عملكردها وابستگي به تنوّع فصلي ندارند لذا سرما ، گرما ، خشكسالي و وزش بادها تأثير چنداني در عملكرد محصولات كشاورزي ندارند.

۶$) عدم توقف چرخه توليد محصولات كشاورزي و ثبات عرضة آنها به بازارهاي مصرف غالباً به بي ثباتي قيمت ها منجر نمي شود.

۷$) اتوماسيون عمليات كشاورزي در سيستم آيروپونيك باعث كاهش نياز به نيروي انساني و ادوات مزرعه اي مي شود لذا نياز به نيروي انساني ماهر و پُرهزينه كاهش مي يابد. بدينگونه توليد محصولات كشاورزي در مقياس تجارتي بدون انجام بسياري از عمليات سنتي فراهم مي گردد.

۸$) توليد محصولات كشاورزي بصورت ارگانيك امكان پذير است آنچنانكه توليدات آلي در مناطق جلگه اي شور بيش از ۳۰ درصد افزايش مي يابد.

۹$) كارگران كشاورزي همانند كارگران صنايع مي توانند ساعات كار روزانه ، ماهانه و سالانه معيني داشته باشند و اين نكته از نظر اجتماعي بسيار اهميّت دارد (۵).



عمده ترين فوايد سيستم پرورش آيروپونيك قائم عبارتند از :
سيستم "VAP" عبارت از شيوه اي مدرن از كشاورزي سازگار با مناطق بياباني و جزايري است كه محدوديت زمين و آب شيرين دارند. گرچه واژه "گلخانه" را در توصيف ساختارهاي سيستم "VAP" بكار مي برند وليكن هيچگونه تشابه عمده اي بين پناهگاه زيستي "VAP" با گلخانه هاي عادي وجود ندارد.

عمده ترين فوايد پناهگاه هاي زيستي سيستم "VAP" نسبت به گلخانه هاي عادي بقرار زير هستند :
#١) عملكرد گياهان يكساله در هر فوت مربع از سيستم هاي پناهگاه زيستي "VAP" حدود ۶ برابر گلخانه هاي عادي است بنابراين يك پناهگاه زيستي "VAP" به وسعت ۵۰۰۰ فوت مربع معادل يك گلخانه عادي ۳۰۰۰۰ فوت مربعي محصول توليد مي كند.
#٢) سيستم پناهگاه زيستي "VAP" بواقع هيچگونه وابستگي به فصول ندارد و مي تواند به توليد محصول در سراسر سال مبادرت ورزد.
#٣) محيط داخلي سيستم را مي توان مشابه حالت طبيعي ايجاد نمود.
#۴) در گلخانه هاي معمولي زماني مي توان به توليد محصول در سراسر سال اقدام كرد كه از دستگاه هاي تهويه مطبوع (گرماساز و سرماساز) بهره گيرند كه محيط را كاملاً به وضعيت مصنوعي اداره مي كنند لذا سرمايه گذاري و هزينه هاي لازم براي چنين اهدافي در بسياري از موقعيت ها غير اقتصادي خواهد بود.
#۵) مصرف آب در سيستم پناهگاه زيستي "VAP" فقط حدود ١٠ درصد آب مصرفي گلخانه هاي عادي است. در سيستم "VAP" هيچگاه فاضلابي توليد نمي شود زيرا محلول غذايي اجازه مي يابد تا در يك سيستم بسته بازيابي گردد لذا تمامي آب مصرفي را رطوبتي تشكيل مي دهد كه توسط گياهان جذب مي شوند.
#۶) در يك سيستم پناهگاه زيستي آيروپونيك قائم تمامي عناصر غذايي مورد نياز را در يك محلول قرار مي دهند تا در يك سيستم بسته به جريان در آيند و در دسترس گياهان واقع شوند و تركيبات محلول مداوماً بطور اتوماتيك كنترل مي گردند. ريشه هاي گياهان در اين سيستم فقط بخشي از مواد محلول را كه مورد نيازشان است، جذب مي كنند لذا محصولات توليدي با بالاترين كيفيت و كمترين كود مصرفي حاصل مي آيند.
#٧) در سيستم پناهگاه زيستي "VAP" به خاك هاي حاصلخيز نيازي نيست زيرا محلول غذايي حاوي تركيب كامل عناصر غذايي (compost tea) سازنده گياهان است بنابراين از نياز گياهان گلخانه اي به مقادير بالايي از خاك هاي حاصلخيز كاسته مي شود.
#٨) كارگران بسيار كمي در اين سيستم بكار گرفته مي شوند. بعنوان مثال هر پناهگاه زيستي آيروپونيك قائم به مساحت ۴۵۰۰۰ فوت مربع نيازمند فقط ٢ تكنيسين و ۶ كارگر غير ماهر است.
#٩) سيستم هاي "VAP" را بصورت ١٠ × ۶ × ١٢ فوت و مشابه آن طراحي مي كنند و حداقل اندازه تجارتي مفيد را ١٠٠٠٠ فوت مربع در نظر مي گيرند (۵).

عملكرد محصولات كشاورزي در سيستم VAP :

عملكرد محصولات درون استوانه هاي كاشت (planting tubes) براي هر نوع گياه و موارد مصرفش متغير است. بعنوان مثال :

***** توليد گوجه فرنگي در سيستم آيروپونيك قائم :**

تراكم كاشت در استوانه كاشت عبارت از يك بوته به ازاي هر يارد (حدود ۴۵ سانتيمتر) مربع از سطح پوشش

هر استوانه داراي ۶ سطح كاشت (cultivation level) با ۴ گياه در هر كدام

چرخه كاشت شامل ۹۰ روز كه هر گياه داراي محصولي معادل ۳/۳ پوند مي گردد.

بنابراين عملكرد محصول گوجه فرنگي شامل :

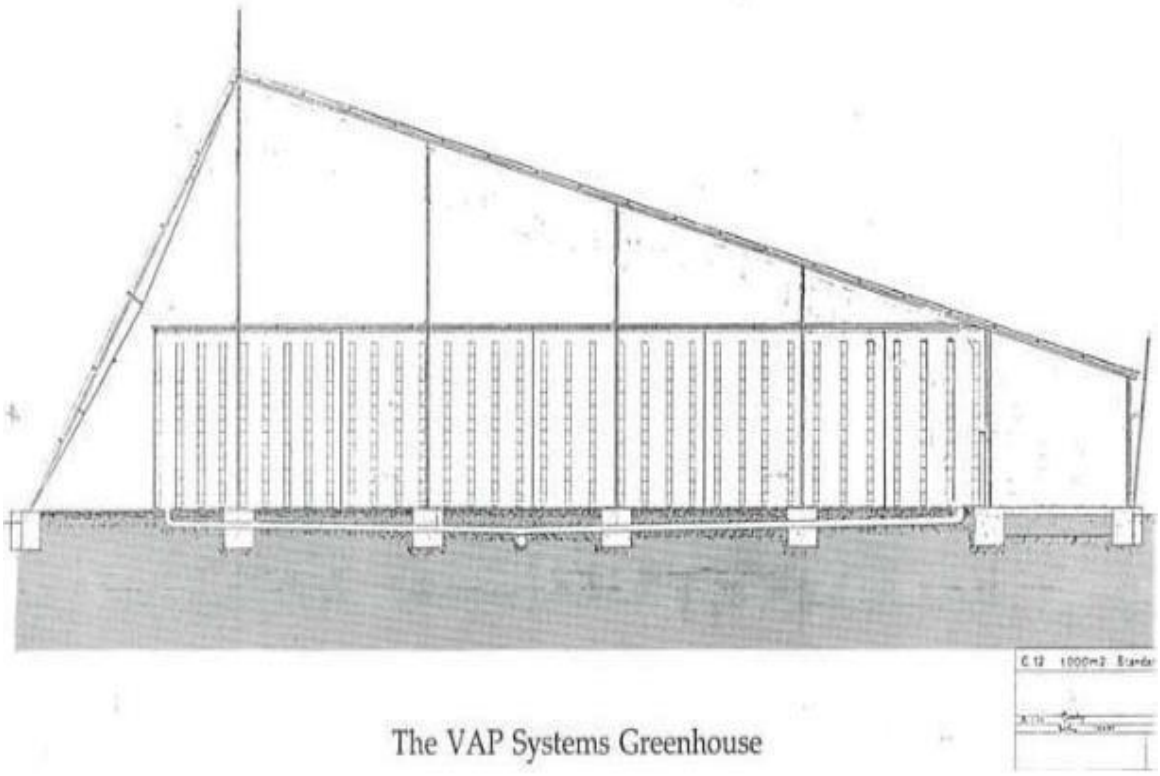
= گياه ۴ × پوند محصول ۳/۳

= سطح ۶ × پوند / سطح ۱۳/۲

= سال / چرخه ۴ × پوند / استوانه / چرخه ۷۹/۲

= يارد مربع / سال / پوند ۳۱۶/۸

فوت مربع / سال / پوند ۳۵/۱ (مأخذ ۵).



The VAP Systems Greenhouse

آيروپونيك در مناطق گرمسيري:

آشيانه آيروپونيك كه در دومين ناحيه جنگلي در "Kranji" سنگاپور تأسيس شده است، حاوي مزارع گوناگوني است كه براي بازديد افرادي با سنين مختلف بسيار جالب است. فعاليت هاي مزرعه با اهداف گوناگون انجام مي پذيرند تا بهترين و سالم ترين محصولات را جهت عرضه به بازار مصرف فراهم سازند. اين آشيانه جزو مزارع آيروپونيك نواحي گرمسيري (tropical) محسوب مي گردد.

"كاهوي سرشكفته" (butterhead lettuce) از مهمترين محصولات اين آشيانه است كه براي سوپرماركت هاي محلي توليد مي شود و بدينوسيله كنجكاوي عموم را در مورد آيروپونيك بر مي انگيزاند زيرا بدون هيچگونه بهره گيري از خاك بعنوان بستر رشد بعمل مي آيد.

بازديدكنندگان آشيانه مذكور مي توانند از گردش داخلي با يكنفر راهنما كه از ۹ صبح آغاز مي شود، استفاده كنند و ضمن آن با پرداخت بهايي اندك به دريافت نمونه هايي از محصولات آشيانه نائل آيند. اين تور با ۱۵ دقيقه تماشاي ويدئويي فعاليت هاي آشيانه آيروپونيك همراه با نوشيدن ليواني از عصاره هاي گياهي آغاز مي گردد. تور مزبور فقط يكساعت بطول مي كشد سپس بازديدكنندگان مي توانند در تمامي بخش هاي آشيانه كه داراي توليدات گياهي مختلفي چون گياهان داروئي (herbs)، معطر و سبزيجات هستند، به گشت و گذار بپردازند.

اين مزرعه توليدي- نمايشي به بازديدكنندگان اجازه كندن گياهان فصلي را جهت لذت بردن از فعاليت هاي كشاورزي مي دهد. بسياري از فعاليت هاي آشيانه بويژه جوانه دار كردن بذور، تهيّه نشاءها و توليد سريع برخي از محصولات در گلخانه هاي آيروپونيك انجام مي شود و اينگونه محصولات پس از برداشت و بسته بندي به بازار عرضه مي گردند(۲).

آيروپونيك بعنوان ابزار پژوهش :

آيروپونيك خيلي زود پس از توسعه يافتن بعنوان يك ابزار ارزشمند پژوهشي پذيرفته شد. آيروپونيك راهي غير تهاجمي را به پژوهشگران عرصهٔ رشد و نمو ريشه ها ارائه نمود. اين تكنولوژي جديد به محققان اجازه داد تا تعداد بيشتري از آزمايشات را با پارامترهاي آزمايشي وسيعتر در كارهايشان بكار گيرند. توانايي كنترل دقيق سطوح رطوبت و مقدار آب مصرفي در سيستم آيروپونيك ، آن را روشي ايده آل براي مطالعه اثرات استرس رطوبت در گياهان ساخته است.

"هابيك" (Hubick) شيوه آيروپونيك را وسيله اي ارزشمند جهت توليد با ثبات با كمترين نياز آبي جهت آزمايشات فيزيولوژي گياهان در شرايط خشكي و غرقابي دانسته است. آيروپونيك همچنين ابزاري ايده آل براي مطالعه در زمينه مورفولوژي ريشه گياهان مي باشد.

در صورت فقدان بسترهاي دانه بندي (aggregate) مي توان از شيوه آيروپونيك براي مطالعه ريشه ها بهره گرفت بطوريكه امكان خارج ساختن ريشه ها بطور كامل و بي نقص وجود دارد درحاليكه ممكن است خروج ريشه ها از بسترهاي خاك و يا دانه بندي به ناقص شدن آنها بينجامد. ضمن اينكه ريشه هاي توليدي در روش آيروپونيك داراي طبيعي ترين حالت رشد نسبت به ديگر شيوه ها حتي شيوه هيدروپونيك هستند (۴).

سيستم هاي تكوين رشد آيروپونيك :

اولين دستگاه آيروپونيك تجارتي در سال ۱۹۸۳ ميلادي توسط شركت "GTi" ساخته شد و در اختيار علاقمندان قرار گرفت. اين دستگاه را بر مبناي فيلم سينمايي "سفر ستاره اي۲" (Star Trek II) با عنوان "خشم خاقان" (The wrath of khan) بنام ماشين تكوين (Genesis machine) نام گذاري كردند زيرا از آن براي تكوين سيستم ريشه اي گياهان بهره مي گيرند. دستگاه مذكور به كمك يك "ريزپردازنده" (microchip) با سيستم چرخشي سيّال تحت فشار بالا به اسپري محلول غذايي بصورت ذرات ريز درون محفظه آيروپونيك مي پردازد. اين وقايع در آن زمان بعنوان انقلابي در توسعه تكنولوژي پرورش گياهان در هوا محسوب مي گرديد. سيستم ساده ماشين تكوين از يكطرف به شير آب ورودي (water faucet) و از طرف ديگر به يك دريچه خروج (outlet) آب نوع الكتريكي مرتبط است (۴).

سيستم آيروپونيك تكوين رشد "GTi" براي تسهيل در امور گلخانه اي در سال ۱۹۸۵ ميلادي بوجود آمد بنابراين در سال ۱۹۸۵ ميلادي ، شركت "GTi" دوّمين سخت افزار تكثير گياهان به روش آيروپونيك را با عنوان "Genesis growing system" معرفي نمود. اين دستگاه از سيستم كاملاً بسته اي الهام گرفته بود. سيستم مذكور تمامي محلول غذايي و فاضلاب هاي توليدي را با "ريزپردازنده اي" كنترل مي نمود و آنها را بصورت بازيافت بكار مي گرفت.

بدين ترتيب سيستم هاي آيروپونيك توانايي خود را در حمايت از جوانه زني بذور تا مرحله برداشت محصولات گياهي به اثبات رساندند. امروزه از برخي سيستم هاي بسته (closed-loop) و باز (open-loop) شركت "GTi" همچنان بهره برداري مي شود (۴).

ازدياد آيروپونيك گياهان (كلون سازي) :

دستگاه آيروپونيك "GTi" از طريق ريشه زايي قلمه هاي گياهان به تكثير غيرجنسي آنان مبادرت مي ورزد. پرورش آيروپونيك انقلابي را در كلون سازي (cloning) با تكثير از طريق قلمه هاي گياهان از سال ۱۹۸۳ ميلادي بوجود آورد.

اوًلا آيروپونيك اجازه مي دهد تا كليه فرآيندهاي پرورش در داخل يكدستگاه منفرد انجام پذيرند.
ثانياً تعداد زيادي از گياهاني كه قبلاً امكان تكثير نداشتند و يا بسختي ازدياد مي يافتند ، بدين وسيله مي توانستند با تهيّه قلمه از يك ساقه منفرد به آساني زياد شوند.

اين شيوه بعنوان عطيه اي براي گلخانه داراني بود كه همواره در صدد تكثير درختان "سخت چوب" (hardwoods) و كاكتوس ها (cacti) با بذورشان بر مي آمدند زيرا در صورت بكارگيري قلمه ها جهت تكثير در خاك با امكان سرايت بيماري هاي باكتريايي مواجه مي گردند.

امروزه سيستم آيروپونيك بر شيوه هاي هيدروپونيك و كشت بافت در مقوله ازدياد استريل گونه هاي مختلف گياهان تفوّق يافته است. بوسيله ماشين تكوين و يا ساير دستگاه هاي آيروپونيك مشابه ، بسياري از دست اندركاران و علاقمندان عرصه كشاورزي به توليد كلون هاي گياهي موفق گرديده اند و به سبب اتوماسيون بسياري از بخش هاي فرآيند ، گياهان را مي توان به تعداد صدها و يا حتي هزاران عدد كلون سازي كرد. بطور خلاصه ، كلون سازي بسيار ساده تر شده است زيرا دستگاه هاي آيروپونيك امكان ريشه زايي سريعتر و پاك تر در محيط هاي استريل سرشار از اكسيژن ، مواد غذايي و رطوبت را فراهم ساخته اند (۴).

ريشه زايي نشاءها در آيروپونيك (air- rooted) :

آيروپونيك بنحو بارزي پيشرفته تر از تكنولوژي كشت بافت است. اين روش در كمترين زمان باعث كلون سازي مي شود و از تعداد نيروي انساني كه در كشت بافت بكار گرفته مي شوند ، مي كاهد. نشاءهاي ريشه دار سيستم آيروپونيك را مي توان مستقيماً در خاك قرار داد. آيروپونيك مي تواند مراحل ۱ و ۲ را در شيوه كاشت گياهان در خاك حذف كند. گياهان كشت بافت بايد در محيط كشت استريل كاشته شوند (مرحله ۱) و جهت توسعه بيشتر مجدداً به خاك استريل ديگري (مرحله ۲) انتقال يابند آنگاه پس از آنكه نشاءها به اندازه كافي قوي گرديدند ، به انتقال آنها مستقيماً به خاك مزرعه اقدام مي گردد.
تمامي مراحل فرآيند كشت بافت علاوه بر اينكه به نيروي انساني زيادي نيازمند است ، بشدت در معرض سرايت بيماريهاي گياهي و شكست در دستيابي به اهداف مي باشند.

در صورت بكارگيري سيستم آيروپونيك ، پرورش دهندگان كلون هاي گياهي مي توانند نشاءهاي ريشه دار شده را مستقيماً به خاك مزرعه انتقال دهند. ريشه هايي كه در شرايط آيروپونيك توليد شده اند، هيچگاه حساس به پژمردگي و از دست دادن برگ ها در اثر شوك ناشي از انتقال به خاك مزرعه نيستند در صورتيكه نشاءهاي حاصل از هيدروپونيك چنين توانايي را ندارند زيرا گياهان آيروپونيك از سلامتي كامل بهره مي برند و بنابراين با احتمال كمتري در معرض سرايت پاتوژن هاي بيماريزاي گياهي قرار مي گيرند وليكن اگر ميزان رطوبت نسبي (RH) در محيط رشد ريشه ها بالغ بر ۷۰ درصد شود آنگاه بر احتمال رشد اندام هاي قارچي ، جلبك ها و باكتريهاي بي هوازي افزوده مي گردد.

كوشش هايي كه بوسيله شركت "GTi" در سال هاي اخير انجام گرفته است ، نشان مي دهد كه حمايت مصنوعي از گياهان تحت سيستم آيروپونيك مي تواند بر رشد آنها بيش از شرايط هيدروپونيك و يا بسترهاي خاكي بيفزايد.
شركت "GTi"مجوزي براي شيوه هاي تمام پلاستيك و كنترل سيستم توسط "ريزپردازنده ها" در سال ۱۹۸۵ ميلادي دريافت داشت لذا امروزه از آيروپونيك بعنوان شيوه اي در صرفه جويي زمان و هزينه ها استفاده مي شود. سيستم هاي آيروپونيك از نظر اقتصادي توانسته اند مشاركت بسيار خوبي در جبران هزينه ها داشته باشند و از اين طريق به پيشرفت كشاورزي كمك نمايند (۴).

حامیان توسعه سیستم آیروپونیک :

سازمان فضایی آمریکا موسوم به "ناسا" (NASA) اصلی ترین حامی سیستم کشاورزی آیروپونیک است و برای توسعه مواد و ابزارهای لازم در سیستم مذکور می کوشد از جمله نسل جدید غبارپاش ها (hydro-atomizing misting" و اسپری های جت (spray jet) را ساخته است که از مواد پلیمری کم حجم (low-mass polymer) فراهم شده اند تا از معدنی شدن یا "منیرالیزاسیون" (mineralization) مواد تشکیل دهندهٔ محلول غذایی کاسته شود(۱).

"ناسا" پژوهش های زیادی در جهت دستیابی به مواد سازنده پیشرفته جهت بهبود سیستم آیروپونیک انجام داده است تا بر دوام آن بیفزاید ولیکن میزان نیاز به نگهداری را کاهش دهد.
"ناسا" همچنین تشخیص داده است که برای رشد گیاهان در دوره های طولانی مدت به پاشش ذرات ریز محلول با فشار ۵۰-۵ میکرومتر نیاز می باشد. بنابراین برای پرورش گیاهان در طی مدت طولانی تر رشد به سیستم های غبارپاشی احتیاج است که تحت فشار کافی بتوانند ذرات ریز محلول را به بخش های داخلی ریشه های متراکم برسانند.

کلید موفقیت در پرورش گیاهان آیروپونیک شامل قابلیت تکرار در کاربرد و ریزبودن قطرات محلول پاششی به ریشه های گیاهان است. نزول کیفیت پاشش به دلیل معدنی شدن نازل غبارپاش می تواند هدایت محلول غذایی را کاهش دهد لذا عدم تعادلی در محیط رشد بوجود می آید. مواد پلیمری کم حجم که اخیراً رواج یافته اند، باعث حذف بروز معدنی شدن غبارپاش ها و "جت اسپری ها" می شوند (۴).

گياهان فضايي (space plants) :

گياهان از جمله اولين موجودات زنده اي بودند كه در سال ۱۹۶۰ ميلادي در طي دو مأموريت جداگانه توسط سفينه هاي "اسپوتنيك ۴" و "ديسكاوري۱۷" به خارج از جوّ زمين بُرده شدند.
در ضمن اولين سفرهاي فضايي انسان بذور گياهاني چون : گندم ، نخود سبز (pea) ، ذرت ، پيازچه (spring onion) ، گل شويدي (nigella damascene) و همچنين سلول هاي خزهٔ سبز تك ياخته اي موسوم به "كلورلا" (chorella pyrenoidosa) به مدار زمين بُرده شدند (۴).

برخي از اولين نتايج پژوهشي نشاندهندهٔ اثرات كاهش نيروي جاذبه بر جهت گيري ريشه ها و ساقه هاي گياهان در فضا بودند. متعاقباً پژوهش هاي عديده اي در مورد تأثير كاهش جاذبه بر ارگانيزم ، سلول ها و سطوح زير سلولي گياهان انجام گرفتند. در سطوح سلولي مثلاً واريته هايي از كاج (pine) ، يولاف ، لوبياي مانگ (mung bean يا vigna radiate) ، كاهو ، شاهي يا ترتيزك (cress) و صمغ عربي (Arabidopsis thaliana) نشاندهندهٔ كاهش رشد گياهچه ها ، ريشه ها و ساقه ها در شرايط كاهش نيروي جاذبه بودند درحاليكه كاهش جاذبه در چنين شرايطي موجب اثرات رشد متضادي در گياهان مي گردد.

بنظر مي رسد كه وضعيت جذب مواد معدني توسط گياهان نيز در شرايط فضا تأثير مي پذيرد. بطور مثال : نخود سبزهايي كه در شرايط فضا پرورش يافتند ، از سطوح فسفر و پتاسيم بيشتر و ميزان كلسيم ، منزيم ، منگنز ، روي و آهن كمتري برخوردار شدند (۴).

كنترل زيستي در فضا (Biocontrols in space) :

سازمان فضايي آمريكا (ناسا) در سال ۱۹۹۶ ميلادي به حمايت از پژوهش هاي "استونر" در مورد كنترل زيستي مايع طبيعي (nature liquid) تحت عنوان "ODC" يا "Organic Desease Control" پرداخت. اين فعاليت در ارتباط با پرورش گياهان بدون نياز به آفت كش ها بعنوان وسيله كنترل پاتوژن ها در يك سيستم بسته بود. "ODC" از مواد آبزي طبيعي ناشي شده بود.

آزمايشات كنترل زيستي "استونر" در سال ۱۹۹۷ ميلادي توسط "ناسا" مديريت گرديد. "ناسا" آزمايشات ديگري را در زمينه فوايد كنترل زيستي طراحي و اجرا نمود. "ODC" امروزه بعنوان شيوه استاندارد براي پرورش گياهان در شرايط آيروپونيك و بدون نياز به آفت كش ها در جهت توليد ارگانيك محصولات گياهي مطرح گرديده است.

پرورش دهندگان گياهان در شرايط خاك و يا هيدروپونيك مي توانند از مشاركت "ODC" در تكنيك هاي كاربردي خويش بنحو سودمندي بهره گيرند (۴).

آيروپونيك براي زمين و فضا :

"استونر" در سال ۱۹۹۸ ميلادي دريافت كه "ناسا" در صدد توسعه سيستم هاي آيروپونيك كارآمد در زمين و فضا است. "استونر" نشانداد كه بيوماس خشك كاهو را مي توان به شيوهٔ آيروپونيك افزايش داد و بدين طريق "ناسا" را متقاعد نمود تا از برخي سيستم هاي پيشرفته آيروپونيك "استونر" بهره گيرد.
هدف از پژوهش هاي هدايت شدهٔ "ناسا" عبارت از شناسايي و آزمايش تكنولوژي هاي كارآمد مربوط و منجر به رشد گياهان در محيط هايي با نيروي جاذبه مختلف بود. بعنوان مثال : محيطي با نيروي جاذبه كم داراي مشكلاتي در تأمين مؤثر آب و ساير عناصر غذايي مورد نياز گياهان و ترميم مداوم سيّال است.

توليد مواد غذايي در محيط هايي با نيروي جاذبه كم در فضا درگير دشواري هايي نظير :
انتقال آب ، حداقلي از مصرف آب و وزن سيستم هاي آيروپونيك مي باشد. توليد مواد غذايي در سطح سياراتي نظير ماه و مريخ نيازمند سنجش كامل شرايط جاذبه كم (hypogravity) است زيرا فشار حاصل از جريان سيّال در محيط هايي با نيروي جاذبه كم باعث اپتيمم رشد گياهان مي شود.

امروزه روش هاي مختلف آيروپونيك براي محيط هاي كم جاذبه و شرايط زمين جهت رساندن عناصر غذايي به گياهان ابداع شده اند. "سوبسترات هايي" (بسترهاي كاشت) كه در اين شيوه ها بكار مي روند شامل :
بستر سنتي خاك ، "زئوپونيك" يعني "سيليكات هيدراته مضاعف آلومينيم سديم يا كلسيم يا پتاسيم" (zeoponics) ، آگار و رزين هاي تبادل يوني عناصر غذايي مي باشند.
بعلاوه در برخي از شيوه ها كه از خاك بهره نمي گيرند ، از شيوه هاي توسعه يافته اي نظير تكنيك غشاء عناصر غذايي (nutrient film) ، آيروپونيك و شيوه جزر و مدي (ebb & flow) استفاده مي كنند.

در شيوه آيروپونيك ، آب حاوي عناصر غذايي را بصورت ذرات ريز اسپري مي كنند لذا ميزان مصرف آب كاهش ولي ميزان اكسيژن رساني به ريشه ها افزايش مي يابد كه منجر به رشد عالي گياهان مي شود.
گواينكه در شيوه آيروپونيك به حذف سوبسترات (بستر) اقدام مي شود وليكن براي كاهش بقاياي مازاد حاصل از ذخيره مواد غذايي به انجام فرآيندهايي توسط ساير سيستم هاي زنده نيازمندند.

همچنين عدم حضور بستر كاشت (سوبسترات) باعث :
الف) تسهيل در عمليات برداشت مي شود.
ب) شرايط را براي اتوماسيون توليدات گياهي فراهم مي سازد.
پ) از حجم و وزن مواد معدني قابل پخش مي كاهد.
ت) مسير انتقال پاتوژن ها را حذف مي نمايد.
اين قبيل از فوايد در تركيب با نتايج پژوهش هاي مشابه ضمن اصلاح زيست پذيري آيروپونيك مي تواند سيستم مذكور را بعنوان بهترين گزينه جهت توليد مواد غذايي كافي در فضا مطرح سازند (۴).

دستگاه هاي آيروپونيك قابل بادشدن (inflatable) :

در سال ۱۹۹۹ ميلادي ، "استونر" با حمايت "ناسا" به توسعه سيستم هاي آيروپونيك كم حجم يا "AIS" (Inflatable Aeroponic System) با كارآيي بالايي در توليد مواد غذايي جهت كاربرد در شرايط زمين و فضا مبادرت ورزيد.

آيروپونيك بين المللي (Al`s) سازماني خودنگهدار است كه در جهت اصلاح سيستم هاي آيروپونيك از جمله تطبيق آنها با شرايط مختلف و كنترل هدايت آب و مواد غذايي به ريشه هاي گياهان فعاليت مي كند.

"ناسا" براي اينكه نيازهاي غذايي فضانوردانی را كه قرار است به سياره مريخ گسيل نمايد ، بطريقي برآورده سازد و به دليل اينكه انتقال و استقرار دستگاه هاي فعلي آيروپونيك موجب دشواري هايي مي شوند لذا در صدد توليد ساختارهاي آيروپونيك قابل بادشدن (inflatable aeroponic) مي باشد تا براحتي به فضا منتقل و سپس مستقر گردند و به توليد مواد غذايي مورد نياز فضانوردان بپردازند (۴).

"ناسا" در حال طراحي سناريوهايي است تا خدمه مستقر در مريخ را در ۶۰ درصد فرصت ها و زمان بيكاري آنان براي امور كشاورزي و توليد مواد غذايي مورد نيازشان بخدمت بگيرد. "ناسا" يقين يافته است كه سيستم آيروپونيك تنها گزينه اي است كه مي تواند در شرايط فضا با كمترين ميزان مصرف آب و انرژي به حداكثر راندمان محصول دهي منجر گردد.

گياهاني كه به شيوه آيروپونيك پرورش مي يابند حدوداً ۹۹/۹۸ درصد از دوره زندگي خود را در مجاورت هوا و فقط ۰/۲ درصد آنرا در تماس با ذرات بسيار ريز محلول حاوي آب و مواد غذايي سپري مي كنند لذا گياهان در ضمن زماني كه بدون آب هستند ، اجازه مي يابند تا از طريق ريشه ها به جذب اكسيژن با قابليت بالاتر بپردازند.

بعنوان مثال :
گياهان در سيستم "NFT" به جذب عناصر غذايي از يك ليتر آب در دقيقه در مقايسه با ۱/۵ ميلي ليتر آب در دقيقه براي سيستم آيروپونيك مي پردازند.
از آيروپونيك مي توان براي پرورش گياهان دارويي در جهت توسعه "زيست داروها" (bio-pharma) بهره گرفت. چنانكه تكنولوژي امروزي به دانشمندان اجازه مي دهد تا گياهان دارويي را در سيستم هاي بسته آيروپونيك براي تهيّه توليدات جانبي دارويي پرورش دهند.

بعنوان نمونه :
پژوهندگان دانشگاه "داكوتاي جنوبي" در سال ۲۰۰۵ ميلادي بنحو موفقيّت آميزي به پرورش ذرت هاي "ترانس ژنيك" پرداختند و بدين وسيله از دخالت گرده هاي ساير ارقام ذرت به محيط پرورش آيروپونيك برخوردار از سيستم بسته جلوگيري نمودند. ذرت ترانس ژنيك پرورش يافته داراي خوشه هاي كامل بود و براي تهيّه داروهاي گياهي مورد نظر استفاده گرديد (۴).

منابع و مآخذ :

1) Hay wood – 2013 – Aeroponics system – www.haywood.edu ; The HCC Horticulture Department
2) Mothercare – 2013 – Tropical aeroponics – Viva Media & Communications Pte Ltd. www.aerogreentech.com.sg
3) Roberto , Keith – 2013 – How to hydroponics : hydroponic system and aeroponics plans and growers guide – http://futuregarden.com
4) Wikipedia – 2013 – Aeroponics – http://en.wikipedia.org
5) Ziegler , Reinhold – 2005 – The vertical aeroponic growing system – Solarroof and Sprung Extension ; www.synergyii.com

«مزارع عمودی آسمانخراشی؛ هدیه جوامع صنعتی نوین»

"Vertical farms skyscraper; A gift from new industrial societies"

مقدّمه :

فرآيند شهرنشيني (urbanization) در پايان قرن بيستم ميلادی در جهان اوج گرفت بطوريكه امروزه حدود ۵۰ درصد مردم دنيا در مناطق شهري زندگي مي كنند و انتظار مي رود كه هر ساله حدود ۲ درصد بر اين ميزان افزوده گردند، تا جائيكه حدود ۳ ميليارد نفر ديگر در سال ۲۰۵۰ ميلادی بر جمعيت كره زمين افزوده گردند .

يقيناً بدنبال افزايش جمعيت و درصد شهرنشيني جهاني بر ميزان تقاضاي مواد غذايي افزوده مي شود و اين موضوع بر نزول كيفيت و تخريب اراضي كشاورزي اضافه مي كند. بنابراين با توّجه بر سرعت رشد جمعيت شهري بايد در صدد پايداري تأمين نيازهاي شهروندان بود. در يك سكونتگاه شهري ايده آل بايد از تخريب محيط زيست كاسته شود بگونه اي كه از طريق بازيافت ضايعات به توليد انرژي و مواد غذايي مصرف كنندگان پرداخت.

مزارع عمودي نظريه اي است كه در صدد تبيين معضلات اساسي ناشي از تنزل كيفيت شرايط محيطي موجود برمي آيد و تلاش دارد تا آنها را از طريق كمپوست سازي، بازيافت ضايعات غذايی و كشاورزي درون سازه هاي شهري بر طرف سازد. معضلات اكولوژيكی شهرها بدينطريق مي تواند كاهش يابند و نتيجتاً شهرها پايداري بيشتري مي يابند. كاهش ضايعات و افزايش توليد مواد غذايي براي مصرف شهروندان قادر است بر كيفيت زندگي در شهرها و حومه ها بيفزايند. كاهش حجم حمل و نقل ضايعات و مواد غذايي توليدي و بكارگيري ساختمان هاي مستعمل مي توانند مستقيماً بر كيفيت سكونت در شهرها اضافه نمايند. مدل مزارع عمودي شهري را مي توان در شهرهای بزرگی نظير نيويورك اجرا نمود امّا پيامدهاي منفي استقرار و صدمات مزارع عمودي شهري مي بايد قبلاً بخوبي بررسي و تبيين گردند (۵).

کشاورزي عمودي چيست ؟

"کشاورزی عمودی" (vertical farming) عبارت از شیوه ای از پرورش گیاهان و حیوانات است که در ساختمان های مرتفع و آسمانخراش ها (skyscrapers) و یا سطوح شیبدار پلکانی (vertically inclined surfaces) صورت می پذیرد. ایدهٔ مزارع عمودی حداقل از دوران باغ های معلق بابل (Hanging garden , Babylon) وجود داشته است. ایده های مدرن کشاورزی عمودی از تکنیک هایی مشابه گلخانه های شیشه ای (glass houses) استفاده می کند تا بتواند نور طبیعی را در تلفیق با نور مصنوعی جهت حداکثر تولیدات گیاهی بکار گیرد (۱۰).

نظریه کشاورزی در محیط های بسته و کنترل شده (indoor) موضوع جدیدی نیست چونانکه از قدیم الایام در بسیاری از مواقع توسط خانه های گرم (hothouse) به تولید گوجه فرنگی، واریته های مختلف گیاهان دارویی (herbs) و برخی دیگر از گیاهان اقدام می کرده اند امّا اینک چه چیز جدیدی در تکنولوژی مزارع عمودی وجود دارد تا نیازهای اورژانسی حدود ۳ میلیارد جمعیت فزاینده آتی را برآورده سازد ؟

یقیناً یک دستاورد کاملاً جدید در شیوه کشاورزی کنترل شده باید ابداع شود بطوریکه از تمامی تکنولوژی های موجود بخوبی بهره گیرد لذا مزارع عمودی باید از کارآیی بالا، امنیت و هزینه مطلوب برخوردار باشند. مزارع عمودی را در ساختمان های چندطبقه و در مراکز شهرهای بزرگ جهان احداث می کنند. آنها درصورتیکه بخوبی اجرا شوند، می توانند نویدبخش حیاتی دوباره، تولیدات کشاورزی پایدار و ایمنی تدارک غذاهای متنوّع در تمامی فصول سال باشند و حتی قادرند اکوسیستم های موجود را که قربانی مزارع افقی (horizontal farming) هستند، بمرور ترمیم سازند.

با خلق فضاهای زنده و رشدیابی گیاهان بفرم مزارع عمودی و متراکم در مراکز شهری از گستردگی شهرها بویژه حاشیه نشینی کاسته می شود. فواصلی که مواد غذایی را حمل و نقل می کنند، کاهش می یابند و به ابداع نوعی معماری زنده بعنوان جزئی از اکوسیستم شهری اقدام می گردد.

احداث مزارع شهری اجازه می دهند تا ساکنین شهرها مسئولیت تولید مواد غذایی مورد نیازشان را در نقش زارع یا باغبان بپذیرند. انسان های امروز تماس خود را با زنجیره تولید مواد غذایی از دست داده اند لذا مزارع شهری مکان هایی هستند که انسان ها می توانند چگونگی پرورش مواد غذایی را بطور روزانه ببینند و از رفع معاش خویش لذت ببرند.

بشر ۱۰ هزار سال طول کشید تا بیاموزد که چگونه گیاهانی را که امروزه از آنها بهره می گیرد، بخوبی پرورش دهد. در این راستا به غارت بسیاری از اراضی طبیعی به منظور کشاورزی پرداخته شد و زمین هایی که بطور عادی (ecozone) پوشیده از چمن و سبزه بودند، به بیابان های نیمه خشک تبدیل گردیدند امّا اینک زمانی فرارسیده است که حضور ۶۰ درصد از ساکنین کره زمین در شهرها باعث بروز مشکلات عدیده ای شده است.
این موضوع بدین معنی است که کمبودهای اساسی در مورد عناصر غذایی برای پرورش گیاهان بصورت سنتی در محیط های آزاد وجود دارند بطوریکه باید مدام در آرزوی وقوع سال های خوش و پُر برکت بود. گواینکه چنین آرزوهایی غالباً محال می نمایند زیرا تحولات اقلیمی دائماً صورت می پذیرند و این موضوعی نیست که در انتظارش هستند.

سیل های بنیان کن، خشکسالی های دنباله دار، گردبادهای عظیم و طوفان های دریایی هر ساله وقوع می یابند و میلیون ها تن ازمحصولات غذایی با ارزش را زائل می سازند.
امروزه آموخته ایم که چگونه بنحو مطمئن و ایمن به پرورش تولیدات گیاهی بصورت کنترل شده در جوار محیط زندگی شهری درون ساختمان های چند طبقه بپردازیم و اگر بموقع به تحقیقات و توسعه بیشتر در این زمینه اقدام نگردد یقیناً در سال های ۲۰۵۰ میلادی بیش از ۳ میلیارد دهان گرسنه برجا خواهند ماند و جهان بنحو بی سابقه ای برای زندگی بشر ناخوشایند خواهد شد (۹).

مزارع عمودی و احساسات ذاتی بشر :

زمین های تحت اِشغال آسمانخراش ها از گران ترین اراضی جهان می باشند لذا احتمالاً نمی توان آنها را مناسب ترین مکان برای پرورش تولیدات گیاهی جهت تغذیه انسان دانست.
ایدهٔ کشاورزی عمودی (vertical farming) یعنی پرورش مواد غذایی در ساختمان های بلندمرتبه مستقر در داخل شهرها بجای مزارع خارج شهری از دستاوردهایی است که اخیراً توّجه بسیاری از متخصصان و علاقمندان را بخود جلب ساخته است. یک نظر اجمالی حقیقی به وضعیت اقتصادی کشاورزی سال های اخیر نشان می دهد که تداومش با وضع موجود شدیداً توأم با دشواری های بسیاری است.
مزارع عمودی در ابتدا بنظر می رسند که نظر بسیاری از مردم جهان را بخود جلب نمایند زیرا انتقال جایگاه تولید مواد غذایی به مراکز پُر جمعیت شهری باعث حذف هزینه ها و دشواریهای انتقال می گردد. ایجاد کارخانه های تولید مواد غذایی با کارآیی زیاد اجازه می دهد تا بسیاری از اراضی زراعی آزاد گردند امّا زمانیکه از ورای سازه های عظیم به عملیات کشاورزی در مزارع عمودی نگریسته می شود آنگاه احساسات پیشین در انسان القاء نمی گردند (۷).

در احداث پروژه های مزارع عمودی باید توجه به برخی موارد معطوف گردد :
۱) مزارع عمودی باید مؤثر و کارآمد باشند.
۲) سازه های اینگونه مزارع باید از مصالح ارزان و قابل دسترس تهیّه گردند.
۳) ایمنی عملیات باید تأمین شود (۷).

یک کشاورز می تواند انتظار داشته باشد که ارزش اراضی زراعی وی اگر از حاصلخیزی مناسب برخوردار باشد، بسختی در حدود ۱ دلار آمریکا به ازای هر فوت مربع بیارزد امّا از جانب دیگر مالک یک آسمانخراش باید برای احداث هر فوت مربع از ساختمانی که برای مزارع عمودی احداث می کند، حدود ۲۰۰ برابر زمین زراعی بپردازد و این مقدار فقط هزینه ای است که برای احداث ساختمان هزینه می کند درحالیکه هزینه های زیادی باید برای الکتریسیته ای مصرف شود که جهت راه اندازی پمپ های آب و یا روشنایی مصنوعی ضرورت دارند وگرنه مالک مجموعه ای آشفته و ناکارآمد خواهند بود.

بیاد داشته باشید که حذف فواصل نقل و انتقال مواد غذایی از مزرعه تا محل مصرف آنها در شهرها همیشه نمی تواند دلیل عمده ای برای استقرار مزارع عمودی باشد زیرا بسیاری از محصولات گیاهی لزوماً نباید بصورت تازه مصرف گردند و بدینگونه جائز می باشد که مزارع عمودی را در محدوده شهرهای بزرگ و اراضی گران بهاء احداث نمود لذا می توان چنین مزارع مدرنی را در اراضی حاشیه شهرها که بهای کمتری دارند نیز مستقر ساخت(۷).

مزارع عمودی: پرورش گیاهان در آسمانخراش ها:

پرورش محصولات گیاهی در آسمانخراش های شهری با استفاده از کمترین میزان آب و سوخت های فسیلی بصورت کنترل شده (indoor) در مقایسه با پرورش گیاهان در فضای آزاد (outdoor) صورت می پذیرند و بدینوسیله رواناب کشاورزی حذف می گردد و محصولات بصورت تازه تولید و عرضه می شوند.

کشاورزی باعث تخریب محیط زیست شده و اراضی زراعی کافی برای تولید مواد غذایی جهت تغذیه ۹/۵ میلیون نفر در سال ۲۰۵۰ میلادی باقی نمانده است. پرورش مواد غذایی در ساختمان های شیشه ای مرتفع می تواند بنحو مؤثری از مصرف سوخت های فسیلی بکاهد و موجب بازیافت فاضلاب های شهری گردد آنچنانکه اینک باعث آلودگی آبراهه ها شده اند.

هر بلوک ساختمانی ۳۰ طبقه می تواند به اندازه یک مزرعه عادی به وسعت ۲۴۰۰ ایکر مواد غذایی با کمترین ضایعات تولید کند. حضور موفقیت آمیز گلخانه های هیدروپونیک بعنوان اساس و معیار مزارع عمودی جهت طراحان شهری بوده است تا از اینگونه مزارع در شهرهای بزرگ و پُر جمعیت جهان از جمله: شانگهای ، توکیو و ... بعنوان راه حلی موفق در راستای پاسخگویی به نیازهای غذایی شهرنشینان بهره گیرند (۸).

بطور مجموع حدود ۶/۸ میلیارد نفر از مردم جهان از اراضی زراعی به وسعت آمریکای شمالی برای تولیدات گیاهی و پرورش دام ها بهره می گیرند. متخصصان آمار پیشبینی کرده اند که سیاره زمین پذیرای حدود ۹/۵ میلیارد نفرجمعیت در سال ۲۰۵۰ میلادی خواهد بود و اگر هر شهروند بطور روزانه نیازمند ۱۵۰۰ کالری انرژی باشد آنگاه باید به اندازه وسعت کشور برزیل یعنی ۲/۱ میلیارد ایکر اراضی مرغوب را به شیوه

کشاورزی مرسوم مضافاً به زیر کشت ببرند ولیکن چنین زمین هایی هم اکنون نیز بسادگی در دسترس قرار ندارند.

از "مارک تواین" نویسنده بزرگ آمریکایی نقل است که :
"زمین بخرید زیرا به هیچوجه بیش از آنچه موجود است، خلق نخواهد شد."

کشاورزی همچنین از ۷۰ درصد آب های شیرین (fresh water) قابل دسترس جهان بمنظور آبیاری بهره می گیرد لذا آنرا بواسطه آلوده سازی با کودهای شیمیایی، علف کش ها، آفت کش ها و نمک ها از دسترس مردم برای نوشیدن خارج می سازد. بنابراین در صورتیکه شیوه کشاورزی کنونی تداوم یابد آنگاه در آینده نزدیک آب کافی و مناسب برای بسیاری از مناطق پُر جمعیت جهان در اختیار نخواهد بود.

کشاورزی مصرف کننده حجم عظیمی از سوخت های فسیلی است بطوریکه بیش از ۲۰ درصد کل بنزین و گازوئیل مصرفی آمریکا را بکار می برد. در نتیجه گازهای گلخانه ای منتشر می گردند و به معضلی بزرگ برای جهان امروز تبدیل می شود. امروزه قیمت محصولات کشاورزی به بهای سوخت های مصرفی وابسته است و این موضوع تا آنجا اهمیّت می یابد که بهای محصولات کشاورزی را در فاصله سال های ۲۰۰۸-۲۰۰۵ میلادی یعنی طی ۴ سال به دو برابر افزایش داده است (۸).

ابزارهاي ايجاد مزارع عمودي :

۱) تكنولوژي هيدروپونيك (hydroponics)
۲) تكنولوژي آيروپونيك (aeroponics)
۳) تكنولوژي آبياري قطره اي (drip irrigation)
۴) انرژي حاصل از ضايعات (waste to energy)
۵) اتوماسيون (automation)
۶) بازيافت آب هاي مصرفي (water re-capture)
۷) استفاده از انرژي هاي منفعل (passive energy)
۸) كاربرد لامپ هاي "ال اي دي" (LED lighting) (۲).

انواع کشاورزی عمودی :

الف) کشاورزی زیرزمینی :

کشاورزی عمودی در ابتدا توسط "Gilbert Ellis Bailey" در سال ۱۹۱۵ میلادی ابداع گردید. او کتابی تحت عنوان "کشاورزی عمودی" (The vertical farming) نیز منتشر ساخت که البته منظورش با مفاهیم امروزی کشاورزی عمودی متفاوت بود. او در کتابش درباره "کشاورزی زیر زمینی" (farming underground) با استفاده از قدرت انفجار نوشته بود درحالیکه مفهوم امروزی کشاورزی عمودی درباره استفاده از آسمانخراش ها جهت بهره گیری از نور خورشید در تولید مواد غذایی است (۱۰).

ب) کاربرد تلفیقی آسمانخراش ها :

دوّمین نوع مزارع عمودی توسط "کین ییِنگ" (Ken Yeang) حداقل ۱۰ سال قبل از "دیسپومیر" طراحی و اجرا شد. "ییِنگ" پیشنهاد نمود بجای اینکه مزارع عمودی را به پرورش گیاهان در فضای آزاد اختصاص دهند، بهتر است آنها را بطور تلفیقی یعنی ترکیبی از فضای آزاد و فضای کنترل شده هرگاه که اقتضاء نماید، به بهره برداری برسانند. این شیوه کشاورزی عمودی مبتنی بر استفاده اختصاصی و یا تلفیقی است بطوریکه نهایتاً بتوان نیازهای غذایی شهروندان را برآورده ساخت.

استفاده تلفیقی از آسمانخراش ها نیازمند سرمایه گذاری کمتری در مقایسه با شیوه "دیسپومیر" یعنی مزارع عمودی با مفهوم امروزی است. البته هیچکدام از افراد فوق الذکر بعنوان بنیانگزار و اولین نظریه پرداز کشاورزی در آسمانخراش ها و مزارع عمودی مطرح نیستند (۱۰).

پ) آسمانخراش های "دیسپومیر" :
سوّمین نوع مزارع عمودی توسط اکولوژیست برجسته آمریکایی بنام دکتر "دیکسون دیسپومیر" (Dickson Dispommier) طراحی شد. وی استدلال کرد که کشاورزی عمودی به دلایل زیست محیطی مشروعیت دارد. او ادعا نمود که پرورش گیاهان و حیوانات در آسمانخراش ها نسبت به شیوه های مرسوم و سنتی نیازمند انرژی کمتری است و مخاطرات مسمومیت اندکی ایجاد می کند. او همچنین معتقد بود که زیان های کشاورزی مرسوم بسیار بیشتر از زیان های اکولوژیکی و زیست محیطی است که در اثر استخراج مواد معدنی جهت ساختن آسمانخراش ها بر محیط زیست وارد می گردند (۱۰).

مزارع عمودی بر طبق نظریه "دیسپومیر" با تبدیل آسمانخراش ها (skyscraper) به کشتی های فضایی (space ship) جهت تولیدات کشاورزی می توانند از اهمیت کنونی اراضی کشاورزی موجود بکاهند و آنها را برای کارآیی بهتر به فضاهای سبز (landscape) تبدیل نمایند. در این سیستم اقدام به پرورش گیاهان و حیوانات در محیط های بسته و کنترل شده ای می کنند که کمترین ارتباطات مستقیم را با فضای بیرونی دارند. در چنین شیوه ای به ایجاد ساختمان های مرتفع بدون توجه به سوابق و زمینه های آن اقدام می گردد. برخی معتقدند که این روش نمی تواند فوایدی از نظر صرفه جویی در مصرف انرژی داشته باشد زیرا باید شرایط محیط اندرونی آسمانخراش را بنحو پایداری حفظ نماید تا موجودات زندهٔ آن بقاء یابند و بخوبی رشد کنند. این روش نیازمند الزام به رعایت آنچه امروزه رایج هستند را ندارد بلکه مزارع عمودی ضرورتاً به تکنولوژی های تجدیدپذیر از جمله : پانل های خورشیدی ، توربین های بادی و سیستم های کسب آب بصورت منفرد و یا تلفیقی از آنها وابسته هستند .

مزارع عمودی بمنظور پایداری تولیدات کشاورزی طراحی می گردند لذا حتی ممکن است آنها را در داخل مزارع کنونی مستقر ساخت. نظریه "دیسپومیر" با عنوان "مزارع عمودی" در دانشگاه کلمبیا ضمن سال ۱۹۹۹ میلادی شکل گرفت و بدینطریق پرورش گسترده گیاهان و حیوانات با اهداف تجارتی در مزارع آسمانخراشی توسعه یافت. کاربرد تکنولوژی های پیشرفته گلخانه ها نظیر هیدروپونیک و آیروپونیک در آسمانخراش ها امکان پرورش ماهیان ، ماکیان ، میوه ها و سبزیجات را بطور نظری فراهم می سازد (۱۰).

تاریخچه کشاورزی عمودی :

باغ های معلق بابل یکی از عجایب هفت گانه دنیای باستان محسوب می شوند. آنها از عجایبی هستند که ممکن است کاملاً افسانه ای باشند زیرا تاکنون هیچ مدرکی در مورد چگونگی احداث، کارکرد و محل آنها یافت نشده است. نویسندگان قدیمی آن را بدینگونه توصیف کرده اند که از ابزارهایی نظیر "هیلیس" یا "پیچ ارشمیدس" (Archimedes screw) جهت آبیاری باغ های پلکانی بهره می گرفته اند. براساس مدارك تاريخي تخمين زده مي شود كه باغ هاي معلق بابل بطور روزانه نيازمند حداقل ۸۲۰۰ گالن (هر گالن معادل ۳/۸ ليتر) برابر با ۳۷۰۰۰ ليتر آب جهت آبياري بوده اند.

مزارع پيشرفته اي نظير مزارع عمودي را هيچگاه نمي توان بدون در نظر گرفتن مسائل قانوني و بررسي هاي گستردهٔ زيست محيطي و امكانات قابل دسترس احداث نمود. بررسي مدارك جديد نشان مي دهند كه يك برج كشاورزي هيدروپونيك موسوم به "هيدروپونيكوم" (hydroponicum) قبل از سال ۱۹۵۱ ميلادي در ارمنستان وجود داشته است.
مقامات مسئول استدلال مي كنند كه مزارع سنتي بيروني اگر تبديل به مزارع عمودي گردند علاوه بر اينكه از مصرف انرژي جهت حمل و نقل محصولات توليدي كاسته مي شود، يقيناً از تغييرات اقليمي ناشي از افزايش CO_2 اتمسفر نيز كم خواهد شد امّا منتقدان اظهار مي دارند كه هزينه هاي مصرف انرژي براي تدارك روشنايي ، گرما ، سرما و ديگر نيازهاي كشاورزي عمودي مي تواند بسيار بيشتر از سود حاصل از چنين ساختارهايي باشند.

يكي از اوّلين نوشتارها در مورد بكارگيري ساختمان هاي بلند مرتبه بمنظور توليد مواد غذايي توسط "ريم كولاس" (Rem Koolhaas) در اوّلين شماره هاي مجله "لايف" (life) در سال ۱۹۰۹ ميلادي منتشر گرديد. آنزمان تصوّر بر ايجاد مزارع عمودي در ميان مزارع سنتي بوده است امّا بمرور آنرا به استفاده از ساختمان هاي متروكه شهرها بسط دادند. مقالات متعاقب عرضه كنندهٔ پيشنهاداتي براي توليد بذور مناسب جهت مزارع عمودي بودندكه توسط "Villas-1922" و "Highris-1972" تحرير گرديدند.

در حقيقت احداث برج هاي هيدروپونيك بصورت كاملاً مستند و قانوني بعنوان "خانه هاي شيشه اي" (the glass house) توسط "John Hix" انجام پذيرفتند سپس احداث مزارع عمودي در مدرسه باغباني شهر "Langenlois" استراليا و همچنين برج شيشه اي در نمايشگاه بين المللي باغباني "وين" (۱۹۶۴) نشاندهندهٔ حضور كشاورزي عمودي حدود ۴۰ سال قبل از مطرح شدن و رواج آن در عصر حاضر بوده است.

طرح هاي اوّليه مزارع عمودى موسوم به "هيدروپونيكوم" (Hydroponicums) بگونه اي توسعه يافتند كه مشتمل بر تكنولوژي تكامل يافتهٔ هيدروپونيك بودند. اينگونه سيستم هاي باغباني كه در سازه ها جريان دارند، از تكنولوژي هايي بهره مي برند كه امروزه در گلخانه ها بطور معمول كاربرد يافته ند و بدين نحو مسير براي رواج نظريه مزارع عمودي هموار گرديد.

"جامعه بين سياره اي بريتانيا" (British Interplanetary Society) اقدام به توسعه يك "هيدروپونيكوم" براي شرايط سياره ماه نموده است.

در طي دوره اي كه بشر به توسعه و تجربيات علمي مي پرداخت، اولين واحد برج هيدروپونيك در كشور ارمنستان احداث گرديد. برج هيدروپونيكوم ارمنستان اولين ساختمان مزارع عمودي می باشد كه در اسناد هيدروپونيك "Sholto Douglas" جهان مستند گرديده است.

"سيستم بنگال" (Bengal system) بعنوان نوعی از مزارع عمودی اوّلين دفعه در سال ۱۹۵۱ ميلادي منتشر شد. كشورهايي كه از سيستم كشاورزي عمودي بهره مي گرفتند، براي بيش از ۵۰ سال به پيشرفت هاي بيشتري گام ننهادند تا اينكه پيشروان جديدي ظهور كردند وساختارهايي چون :
"اقليم زنده آسمانخراشي" (Bioclimate skyscraper-1992) ، "pigcity-2000" ، "- Meta city 2000" و "Garden Tower -2001" احداث شدند.

"Ken Yeang" احتمالاً اولين شخصي است كه به استفادۀ تركيبي از اقاليم زنده آسمانخراشي پرداخت آنچنانكه در آنها علاوه بر واحدهاي زيستي به توليد مواد غذايي نيز اقدام گرديد.

"ديكسون ديسپومير" پروفسور رشته بهداشت محيط و ميكروبيولوژي در دانشگاه كلمبيا شهر نيويورك بوده است. او ايدۀ كشاورزي عمودي را در سال ۱۹۹۹ ميلادي در دوره هاي اكولوژي پزشكي مطرح ساخت. وی نظريه خود را با به اجرا گذاشتن "باغ هاي پشت بامي" (rooftop garden) در منطقه "منهاتن" نيويورك حائز حدود ۲ ميليون نفر جمعيت در سطح ۵/۵ هكتار به چالش كشيد امّا محاسبات نشان دادند كه با بكارگيري شيوه باغ هاي پشت بامي فقط مي توان مواد غذايي لازم براي حدود ۲ درصد ساكنين شهرها فراهم ساخت.

عدم رضايتمندي از چنين نتايجي باعث شد تا "ديسپوم‌ير" پيشنهاد عجيب ديگري را از آستين ابداعات خارج سازد و آن عبارت از ايدهٔ پرورش گياهان بصورت اندروني يعني شيوه كشاورزي عمودي بود. بدينگونه جرّقه بكارگيري كشاورزي درون شهري در آسمانخراش ها نضج گرفت لذا در سال ۲۰۰۱ ميلادي اولين مزارع عمودي واقعي معرفي گرديد و متعاقباً دانشمندان ، پژوهندگان ، آرشيتكت هاي كثيري به كار در اين زمينه پرداختند تا به پيشرفت آن كمك نمايند.

دكتر "ديسپوم‌ير" در مصاحبه با سايت "Miller-McCune.com" اينچنين عنوان نموده است :
" هر طبقه از مزارع عمودي بايد داراي كنترل كنندهٔ آب و عناصر غذايي جداگانه اي باشد. هر نوع از گياهان بايد سنسور ويژه اي داشته باشند تا مقدار و نوع عناصر غذايي جذب شده را برملا سازند. با استفاده از تكنولوژي "DNA chip" مي توان به ديده باني بيماري هاي گياهي پرداخت و از طريق نمونه گيري هوا و اجسام به حضور پاتوژن هاي گياهي و ويروس هاي مختلف و باكتري هاي مسري پي برد. همچنين توسط "كروماتوگرافي گازي" مي توان دريافت كه كدام نوع از "فلاونوئيدهاي" (flavenoids) سازندهٔ طعم ها و مزه ها در محصولات پرورشی توليد شده اند زيرا وجود طعم و مزه طبيعي براي برخي محصولات نظير گوجه فرنگي و فلفل سبز حائز اهميّت است. اين مسائل براي ويژگي ماندگاري قفسه اي محصولات نيز مهم است بنابراين ممكن است كه با وجود توانايي اجراي مزارع عمودي لزوماً به اجراي گستردهٔ آنها در حال حاضر اقدام نكنند وليكن كاربرد آنها در آتي اجتناب ناپذير خواهد بود."

متعاقباً طرح هاي معماري متنوعي در دانشگاه كلمبيا توسط "Chris Jacob" و "A . Hranis" و در دانشگاه "واترلو" توسط "G . Graff" ارائه گرديدند. سپس در طي سال ۲۰۰۷ ميلادي مقالات متعددي در نشرياتي چون :
"popular science" ، "U.S News & World report" ، "New York Times" ، "Maxim" و "Scientific American" در مورد مزارع عمودی بچاپ رسيدند و برنامه هاي متعدد راديويي و تلويزيوني تهيّه و پخش شدند (۱۰).

طراحی مزارع عمودی را می توان در اقالیم گرمسیری نیز انجام داد آنچنانکه با حمایت های مالی دانشگاه دولتی سنگاپور به احداث برجی ۲۶ طبقه اقدام شده است که حداقل نیمی از مساحت آنرا به تولید محصولات ارگانیک تخصیص داده اند. پانل های خورشیدی بیش از ۴۰ درصد انرژی آنرا تأمین می کنند و ضایعات انسانی از طریق سیستم های بیوگاز به انرژی تبدیل می گردند. در اینگونه مزارع عمودی تلاش می گردد که تا حد ممکن تمامی مواد را بازیافت نمود و سریعاً به چرخه طبیعی عناصر برگرداند.

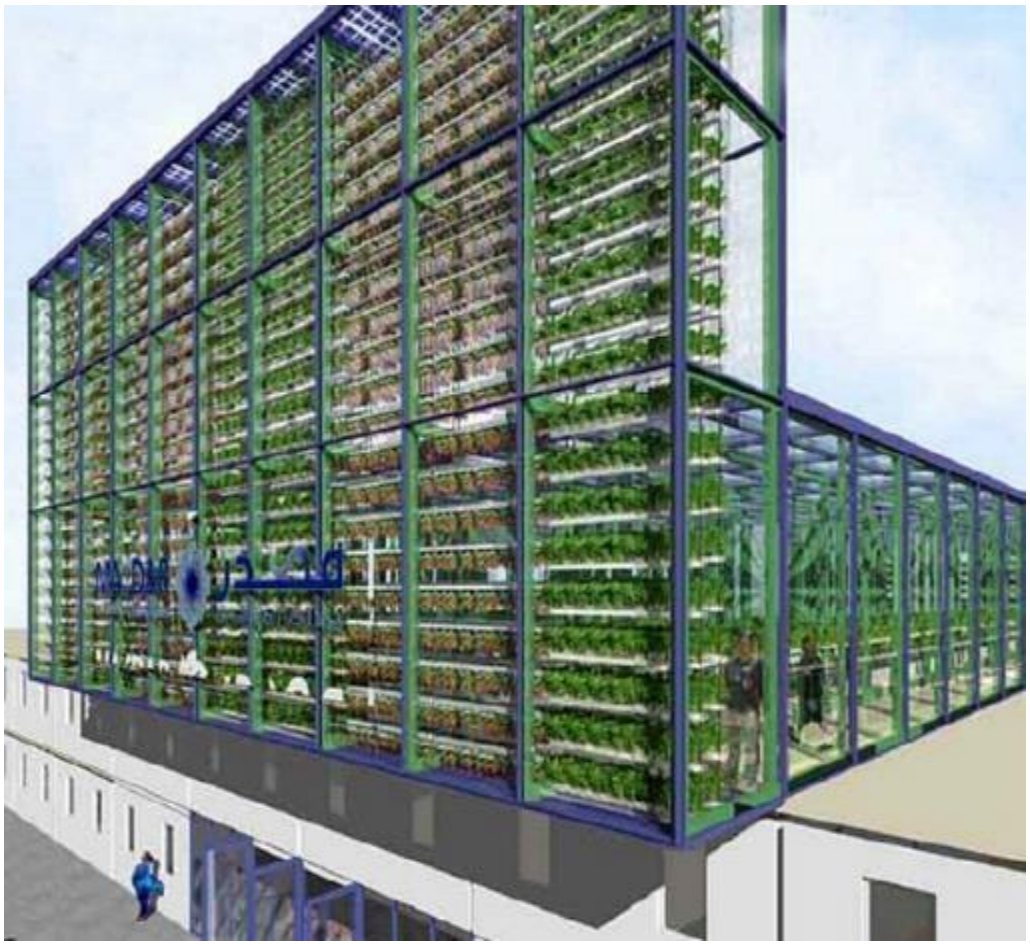
شرکت ساختمانی "Mithun" در سیاتل آمریکا به طراحی و اجرای مرکز کشاورزی شهری پرداخته است که محصولات کشاورزی و دام های کوچک را بصورت تلفیقی در سطحی به وسعت ۷/۲ ایکر پرورش می دهد.

مزرعه شهری "Clepsydra" در شهر "Buckminster" با زیربنای ۱۵۰۰ فوت مربع در ۱۰ طبقه احداث شده است که مزرعه ای به وسعت ۶ ایکر را برای تولید بسیاری از محصولات گیاهی مثلاً ۴۰ تن گوجه فرنگی در سال فراهم ساخته است. چارچوب های این ساختمان را بصورت پیش ساخته و با میله های استیل بدون نیاز به جوشکاری آماده ساخته و سریعاً برهم سوار نموده اند. دیوارهای این ساختمان را از جنس پلاستیک شفاف و بسیار مقاوم (ETFE) ساخته اند. این ساختمان توانسته است القاءگر فضاهای طبیعی و نیز کشاورزی در درون فضاهای سرد و خشک شهری باشد.

شرکت "workac" اقدام به طراحی و احداث مزارع عمودی ترکیبی بصورت تراس هاس پلکانی نموده است آنچنانکه در طبقات پائین نیز فضاهای عمومی و بازارهای عرضه محصولات کشاورزی تولیدی مستقر گشته اند.

پروژه باغ های شهری "Lucie sadocova" بصورت ابتکاری به طراحی باغ های عمودی چندسطحی (multileveled) پرداخته است بطوریکه فضاهای اختصاصی قابل جابجایی برای هر بخش و گیاهان خاص تعیین شده اند. این پروژه علاوه بر تولید محصولات کشاورزی فصلی توانسته است فضای موجود را برای بازدید عموم بویژه دانش آموزان مدارس بگشاید.

شرکت "Howeler" اقدام به احداث "بیورآکتور" عمودی پرورش جلبک ها در حومه شهر "بوستون" نموده است. این ساختمان از انواع پیش ساخته و دوستدار محیط زیست می باشد و محصولاتش را برای تولید سوخت های زیستی (biofuels) به مصرف می رساند. بازوهای روباتیک این مجموعه عمودی می توانند محفظه های زیستی آنرا (eco-pods) بگونه ای جابجا و استقرار دهند که اپتیمم شرایط رشد جلبک ها فراهم شود.



پروژه "Euromedia terranee" در حقیقت یک دهکده عمودی از فعالیت های کشاورزی در مرکز شهر "Marseilles" است.

پروژه "Eco-laboratory" که در مرکز شهری پُر ازدهام احداث شده است، در حقیقت یک سیستم اکولوژیکی متنوع با تولیدات گیاهی پایدار می باشد.

پروژه "Gordon graff" بعنوان یک برج کشاورزی با ۵۸ طبقه در مرکز شهر "تورنتو" طراحی و اجرا گردیده است بطوریکه سر بر آسمان می ساید. این پروژه کشاورزی عمودی بالغ بر ۸ میلیون فوت مربع معادل ۱۹۰ ایکر مساحت ایجاد کرده است که پتانسیل تولید مواد غذایی برای ۳۵ هزار شهروند را در سال دارد.

پروژه "Living tower" در شهر پاریس از جمله طرح های عظیمی است که در خدمت کشاورزی عمودی می باشد.

پروژه "vertical park" از جمله طرح هایی است که در ۳۰ طبقه اجرا گردیده است و بازدیدکنندگان علاوه بر مشاهده پرورش گیاهان می توانند از حضور پرندگان زیبا لذت ببرند بگونه ای که صدای تپش قلب خویش را از مسرّت بشنوند.

پروژه "sustainable yard scraper" از جمله طرح هاي عظيمي است که براي اجراي کشاورزي عمودي در شهر "بروکلين" احداث شده است.

پروژه "Ruwan Fernando" بگونه اي در استراليا طراحي شده است که داراي ۵ قفسه "U" شکل عظيم مي باشد تا از ماکزيمم نور خورشيد و تهويه برخوردار گردد. اين ساختمان را در آبهاي ساحلي کم عمق ساخته اند تا همزمان بتواند از انرژي هاي خورشيدي، بادي و جزر و مدي بهره گيرد.

پروژه "Behold Belgian" از ظاهر سنجاقك ها الهام گرفته و در شهر نيويورك احداث گرديده است. اين ساختمان ۱۳۲ طبقه داراي بخش هايي براي پرورش گوساله هاي پرواري و ماکيان است. همچنين سالن هايي براي پرورش ۲۸ گونه گياهي مختلف دارد که تماماً توسط انرژي هاي پاك محيطي کنترل مي گردند.

پروژه "Michaela Dejdarova" نماد ايجاد مزارع عمودي با توليدات پايدار در شهر "پراگ" است که بصورت تلفيقي اداره مي گردد. ساختمان اين پروژه بفرم خوشه اي از اتاقک هاي چهارگوش است که استخوان بندي خارجي سيستم را مي سازند تا صدها تراس سبز را بمنظور انجام عمليات کشاورزي متحمل گردند.

پروژه "Hydroponic & Office" در فرانسه از جمله طرح هايي است که توليدات گياهي، پرورش آبزيان و امور اداري را بصورت تلفيقي در جوار يکديگر قرار داده است.

پروژه "Merry-grow-round" از جمله طرح هايي است كه سيستم "آكواكالچر" را در كنار سيستم "هيدروپونيك" بكار گرفته است و موسوم به "آكواپونيك" (aquaponic) مي باشد. فضولات ماهيان در اين سيستم بعنوان كود گياهي عمل مي كنند و گياهان موجود باعث پاكيزگي آب سيستم مي گردند (۶).

بيشترين مزارع عمودي طي سال هاي اخير در كشورهاي : كره ، ژاپن ، سنگاپور ، سوئد و ايالات متحده آمريكا احداث گرديده اند.

كنسرسيوم واكسن سازي تگزاس موسوم به "PEVC" در شهر "سان آنتونيو" به تهيّه واكسن ها از طريق پرورش گياهان (plant-expressed vaccine consortium) در سيستم هاي كشاورزي كنترل شدهٔ عمودي پرداخته است (۴).

مهمترين سير وقايع تاريخي ابداع و توسعه مزارع عمودي عبارتند از:

۱) ۲۶۰۰ سال قبل از ميلاد : باغ هاي معلق بابل (hanging garden of Babylon)

۲) ۱۹۳۰ ميلادي : توسعه مزارع هيدروپونيك توسط دكتر "ويليام گريك" (W.F.Gericke)

۳) ۱۹۹۹ ميلادي : ابداع نظريه مزارع عمودي با مفهوم امروزي توسط دكتر "ديكسون ديسپوميير"(Dickson Despommier)

۴) ۲۰۱۰ ميلادي : احداث اولين مزارع عمودي در شهرهاي "Sowon" كره جنوبي ، "Kyoto" ژاپن ، شيكاگو آمريكا

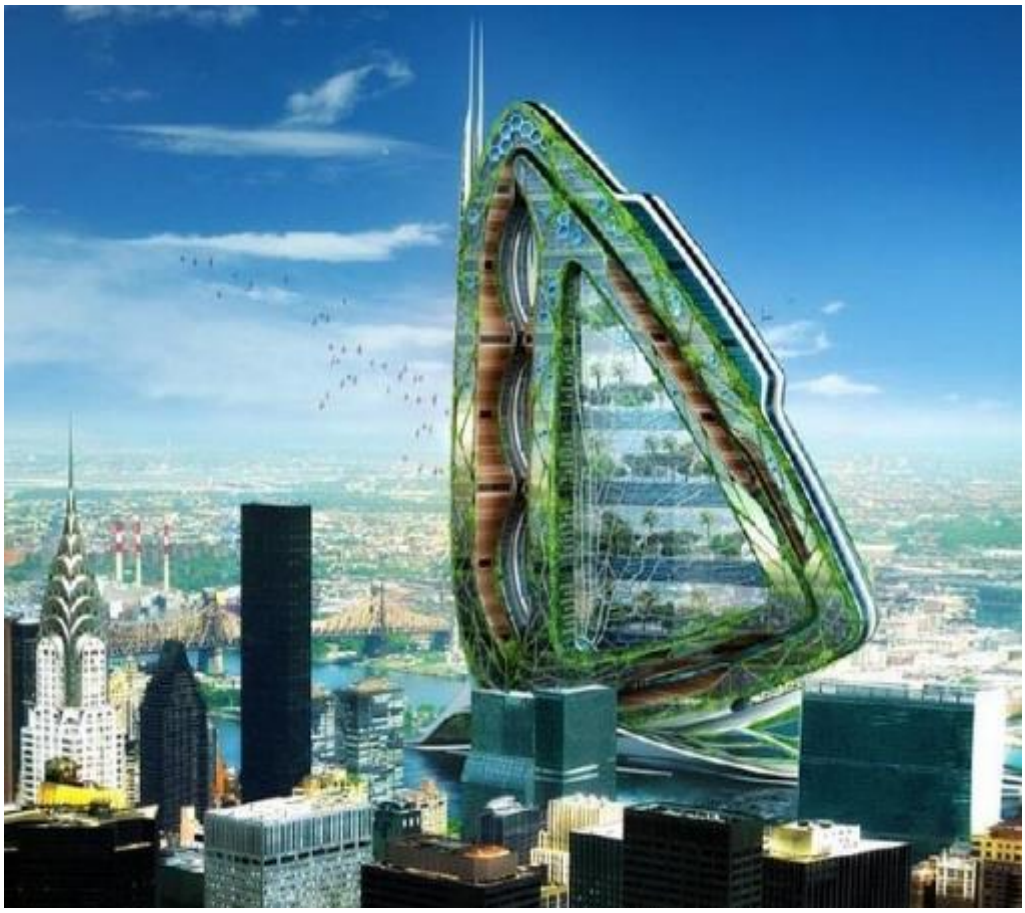
۵) ۲۰۱۱ ميلادي : احداث مزارع عمودي در سنگاپور

۶) ۲۰۱۲ ميلادي : احداث مزارع عمودي در سياتل آمريكا ، مزارع عمودي موسوم به "Planlab" در "Den Bosch" هلند ، مزارع عمودي موسوم به "Alpha house" در منچستر انگليس

۷) ۲۰۱۳ ميلادي : احداث بزرگترين مزارع عمودي جهان موسوم به "Plantagon" در "Linkoping" كشور سوئد(۲).

فواید بکارگیري مزارع عمودي :

مزارع عمودي از تکنولوژي هیدروپونیك بهره مي گیرند که این موضوع امکان کنترل بهتر شرایط محیطي را براي دستیابي به اُپتیمم رشد گیاهان مهیّا مي سازد تا جائیکه بتوان مواد غذایي را در محیط هاي شهري حاصل نمود و بدینگونه از هزینه هاي حمل و نقل کاست ضمن اینکه مناظري خوشایندي عاید شهروندان نمود.



بطور کلي مزارع عمودي سبب کسب اهداف زیر مي شوند :

الف) ایمني غذایي (safety)

ب) امنیّت غذایي (security)

پ) پایداري تولیدات گیاهي (sustainability)

ت) سیادت غذایي (sovereignty)

ث) بکارگیري تکنولوژي هاي نوین (high tech)

ج) خودکفایي غذایي شهرهاي بزرگ (self-sufficent)

چ) پرورش گیاهان براي تولید سوخت هاي زیستي (bio-fuels)

ح) پرورش گياهان دارويي (herbs)
خ) بكارگيري ساختمان هاي متروكه شهرها
د) ايجاد فرصت هاي شغلي جديد
ذ) افزايش درآمد توريسم و آگهي هاي تجارتي
ر) ترميم صدمات وارده بر ساختار اكوسيستم ها
ز) عدم مصرف مواد شيميايي كشاورزي
ژ) عدم مصرف سوخت هاي فسيلي
س) مصرف ۷۰ درصد آب كمتر براي توليدات گياهي
ش) توليد محصول در سراسر طول سال
ص) عدم توليد رواناب هاي كشاورزي
ض) تأمين نور مؤثر دقيقاً در محدودهٔ جذب كلروفيل هاي a و b يعني ۷۸۰-۳۹۰ نانومتر
ط) استفاده از سلول هاي خورشيدي براي تأمين انرژي مصرفي (۲).

با بكارگيري استراتژي مزارع عمودي كه امروزه لزوم و كارآيي اثبات شده اي دارد، مي توان از آنها بعنوان نوعي كشاورزي كنترل شده (indoor agriculture) جهت پرورش مواد غذايي در ساختمان هاي مرتفع مستقر در مناطق شهري بهره برداري نمود (۲).

فواید بالقوه متعددي توسط "ديسپوميز" از مزارع عمودي متصوّر شده اند. بسياري از فوايدي كه اميدواري حصول آنها وجود دارند از طريق بكارگيري شيوه هاي آبياري هيدروپونيك و آيروپونيك امكان پذير هستند. برخي از اين مزيت ها عبارتند از :

۱) آمادگي براي آينده :
تخمين زده مي شود كه در سال ۲۰۵۰ ميلادي نزديك به ۸۰ درصد جمعيّت جهان در شهرها زندگي نمايند و تا آن زمان حدود ۳ ميليارد نفر بر جمعيت كره زمين افزوده خواهد شد. بنابراين براي برآورده سازي نيازهاي غذايي اين جمعيت كثير بايد از طريق افزايش عملكرد مواد غذايی در واحد سطح و يا افزايش سطح زير كشت محصولات كشاورزی اقدام شود. دانشمندان معتقدند كه اراضي لازم و مناسب براي توليد غذاي كافي جمعيت زمين در آينده وجود ندارند و فشار بر خاك جهت بالا بردن راندمان توليد محصولات گياهي نيز باعث تخريب اراضي خواهد شد لذا در صورتيكه مزارع عمودي بخوبي طراحي و اجرا گردند، ممكن است لزومي بر توسعه اراضي كشاورزي نباشد و بر سلامتي محيط زيست افزوده گردد(۱۰).

دانشمندان برآورد نموده اند كه در سال ۲۰۵۰ ميلادی نزديک به ۸۰ درصد جمعيت جهان در شهرها سكنی خواهند گزيد. بكارگيری تخمين های محافظه كارانه در باره آمارگيری نفوس جاری نشان می دهند كه در اين فاصله بميزان ۳ ميليارد نفر بر جمعيت جهان افزوده خواهند شد كه حدوداً ۱۰ ميليارد هكتار از اراضی جديد

کشاورزی یعنی ۲۰ درصد بیشتر از وسعت کشور برزیل برای تأمین مواد غذایی آنان با کاربرد سیستم های سنتی موجود نیاز می باشند.
اینک در سراسر جهان بیش از ۸۰ درصد اراضی که برای کشاورزی مناسبند ، بر طبق منابع اطلاعاتی FAO و NASA در حال بهره برداری می باشند و بطور تاریخی در حدود ۱۵ درصد بواسطه عملیات ضعیف مدیریتی رها شده اند بنابراین سؤالی که مطرح است اینکه برای اجتناب از مصائب و فجایع در شرف وقوع چکار باید کرد ؟(۳).

مهمترین معضلات مبتلابه جامعه جهاني که لزوم بکارگیري کشاورزي عمودي را مستدل مي سازند عبارتند از:
۱-۱- حدود ۷ میلیارد دهان گرسنه وجود دارند.
۱-۲- تغییرات اقلیمي باعث دگرگوني وضعیت کشاورزي مي گردند.
۱-۳- بیماري هاي غذازاد (foodborne) رو به فزوني دارند.
۱-۴- آب هاي آشامیدني در بسیاري از نقاط زمین کمیاب شده اند.
۱-۵- بسیاري از محصولات کشاورزي بواسطه طغیان بیماري ها و آفات گیاهي دچار کاهش گردیده اند.
۱-۶- در حدود نیمي از جمعیت جهان با دهان گرسنه سر بر بالین شبانه مي نهند.
۱-۷- نیمي از جهان پناهگاه ۸۰ درصد کرم هاي مسري روده اي می باشد.

۱-۸- بسياري از اين مصائب باعث فرود ضربات مهلكي بر توليد محصولات گياهي هستند.
۱-۹- در حدود ۱۲۵ ميليون تن از محصولاتی از جمله: سيب زميني، برنج، گندم، ذرت و سويا بطور سالانه ضايع مي گردند.
۱-۱۰- تلاقي رودخانه هاي "ميسوري" و "مي سي سي پي" در آگوست ۱۹۹۳ ميلادي موجب وقوع سيلابي بنيانكن شد كه به ۲۰ ميليارد دلار خسارت انجاميد.
۱-۱۱- افزايش مزارع عمودي منتج به آزادشدن اراضي كشاورزي فعلي مي شوند كه از آنها مي توان براي احداث جنگل هاي مصنوعي جهت توليد چوب و بهبود شرايط زيست محيطي بهره گرفت (۴).

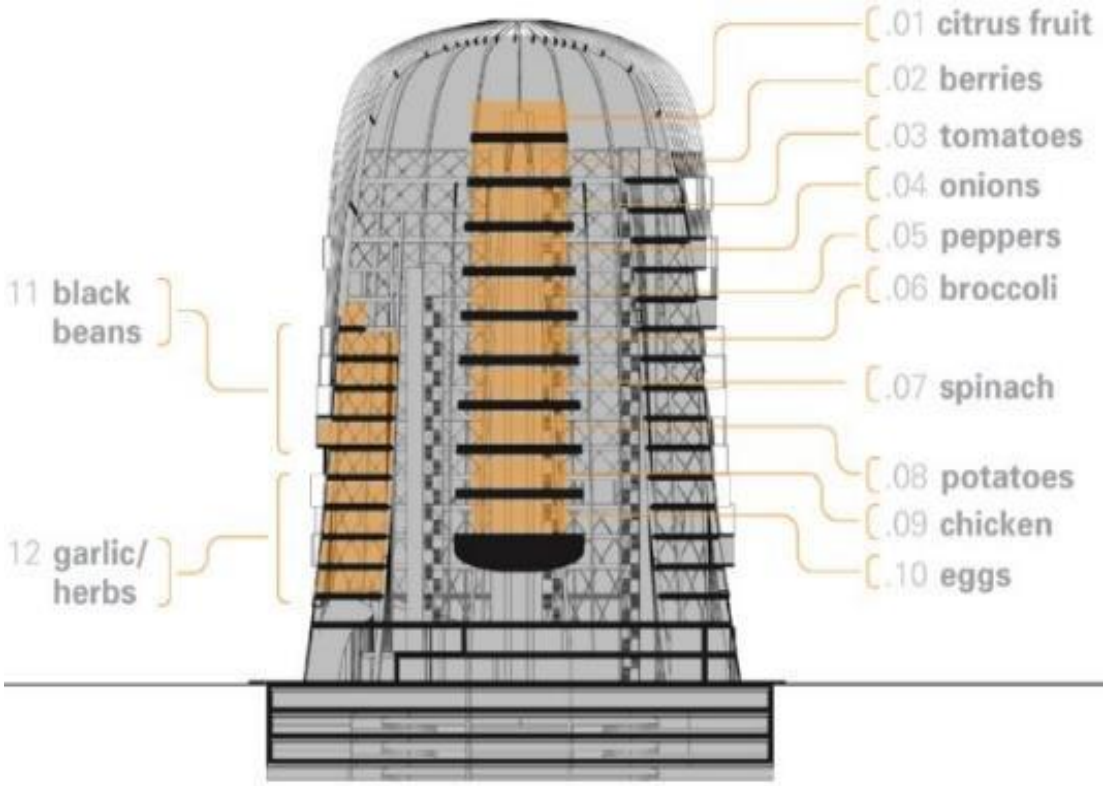
۲) افزايش توليدات كشاورزي :
برخلاف كشاورزي سنتي در مناطق غيرگرمسيري، كشاورزي اندروني (indoor) مي تواند به توليد محصولات كشاورزي در سراسر سال اقدام كند. افزايش توليد محصولات گياهي به ميزان ۶-۴ برابر در سال بستگي به نوع محصول در كشاورزي اندروني امكان پذير است بطوريكه اين ميزان در پرورش توت فرنگي مي تواند به ۳۰ برابر نيز فائق آيد. بعلاوه پرورش مواد غذايي در مزارع عمودي باعث مي شود كه محصولات توليدي بصورت تازه در نزديك ترين محل مصرف به فروش برسند لذا نيازمند حمل و نقل و صرف انرژي اضافی نيستند، دچار كمترين سرايت بيماريها و آفات بواسطه مسدود بودن و كنترل شدن محيط رشد مي گردند و ميزان ضايعات محصول به حداقل ممكن مي رسند.

پژوهش ها نشان مي دهند كه اينک حدود ۳۰ درصد محصولات توليدي در اثر سرايت آفات و بيماريها و برخي ضايعات اتلاف مي گردند و البته اين ميزان در كشورهاي مختلف متفاوت است. دكتر "ديسپومير" پيشنهاد نمود كه از انواع گياهان كوتوله (dwarf) از جمله گندم كوتوله استفاده شود. گندم هاي كوتوله كه توسط سازمان "ناسا" توليد گرديده اند، حائز اندازۀ كوچك ولي دانه هاي غني تري هستند. مزارع عمودي در صورتيكه داراي ۳۰ طبقه و زيربناي ۵ ايكر (۲۰ هزار مترمربع) باشند، مي توانند سالانه معادل ۲۴۰۰ ايكر (۹/۷ كيلومترمربع) از مزارع سنتی محصول توليد كنند (۱۰).

۳) برائت از معضلات آب و هوايي :
محصولات گياهي كه در محيط هاي خارجي (outdoor) بشيوه سنتي توليد مي گردند، غالباً در شرايطي پائين تر از حد اُپتيمم پرورش مي يابند و حتي در برخي مواقع وقايع ژئولوژيكي و آب و هوايي مزاحم بگونه اي شكل مي گيرند كه از جمله :
حرارت ، مقدار بارندگي ، طوفان هاي مونسون ، رگبار تگرگ ، گردبادها ، سيلاب ، آتشسوزي و خشكسالي براي روند عادي توليد محصولات كشاورزی بسيار نامطلوب هستند.

محافظت محصولات از صدمات آب و هوايي حائز اهميت بسياري است زيرا تغييرات اقليمي مضر مداوماً وقوع مي يابند آنچنانكه سه سيلاب اخير در سال هاي ۱۹۹۳ ، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ ميلادي معادل ميلياردها دلار به كشاورزي آمريكا خسارت زده اند و خاك سطح الارض مناطق مربوطه را ويران ساخته اند.

تغييرات الگوي بارندگي و حرارت توانسته اند به ميزان ۳۰ درصد از توليدات كشاورزي هندوستان را در پايان قرن بيستم بكاهند امّا بواسطه اينكه كشاورزي عمودي به كنترل شرايط محيطي مي پردازد لذا توليدات كشاورزي در اين شيوه هيچگونه وابستگي به شرايط آب و هوايي مناطق ندارند و كاملاً از وقايع نامساعد محيطي مصون هستند.
بهرحال باوجوديكه كنترل شرايط محيطي در كشاورزي عمودي مي تواند بسياري از وقايع ناخوشايند را بي اثر سازد وليكن وقوع زمين لرزه ها و گردبادها همچنان براي چنين سازه هايي بعنوان خطرات بالقوه وجود دارند، اگر چه اين موضوعات نيز بستگي كاملي به محل احداث سازه های مزارع عمودی دارند (۱۰).



۴) صرفه جويي منابع :
هر واحد سطح در كشاورزي عمودي مي تواند معادل ۲۰ برابر اراضي هم وسعت در كشاورزي سنتي به توليد محصولات غذايی بپردازد لذا اراضي كشاورزي موجود را مي توان بعنوان اراضي طبيعي بهره برداري نمود.
لذا كشاورزي عمودي مي تواند از ضروريات احداث مزارع جديد براي رفع نيازهاي غذايي جمعيت آتي بكاهد.
با احداث مزارع عمودی علاوه بر حفاظت از منابع طبيعي موجود ، بسياري از تهديدهاي اخير نظير جنگل زدايي و آلودگي هاي زيست محيطي نيز امكان وقوع نخواهند يافت.

جنگل زدايي (deforestation) و بيابان زائي (desertification) از جمله دست اندازي هاي كشاورزي به زيستگاه هاي (biomes) طبيعي كره زمين هستند كه بدينطريق از آنها اجتناب مي گردد زيرا كشاورزي عمودي اجازه مي دهد تا محصولات كشاورزي در نزديك ترين فاصله به محل زندگی مصرف كنندگان پرورش يابند لذا از مصرف سوخت هاي فسيلي جهت حمل و نقل و نگهداري سردخانه اي آنها كاسته مي گردد.

توليد اندروني محصولات كشاورزي عمليات مرسومی نظير: شخم زدن، كاشت و برداشت توسط ماشين آلات مزرعه اي و كاربرد سوخت هاي فسيلي را حذف مي سازد. سوزاندن سوخت هاي فسيلي كمتر باعث كاهش آلودگي هوا و نزول انتشار دي اكسيد كربن مي شود كه عامل تغييرات اقليمي محسوب می گردند لذا محيط زيست سالمي را براي بشر و حيوانات تدارك مي بيند (۱۰).

۵) توليد محصولات ارگانيك :
محيط هاي رشد كنترل شده از نيازمندي به آفت كش ها ، علف كش ها و قارچكش ها مي كاهند. حاميان مزارع عمودي ادعا مي كنند كه توليد محصولات ارگانيك بدينطريق افزايش می پذيرند و براحتي مي توان استراتژي هاي منطبق بر توليد و بازاريابي آنها را پياده نمود (۱۰).

۶) توقف انهدام توده های زيستی :
فعاليت هاي بشر در اراضي بسيار وسيع سطح زمين ممكن است بمرور كاهش و يا حتي متوقف گردند. كشاورزي سنتي باعث گسيختگي حضور و تنوّع توده هاي جمعيتي حيوانات وحشي كه در داخل و يا حواشي

اراضي كشاورزي زندگي مي كنند، شده است و حتي استدلال مي گردد كه كشاورزي بعنوان جايگزين حيات وحش گرديده است. يك مطالعه نشان مي دهد كه جمعيت گوزن شمالي (wood mouse) از ۲۵ رأس در هكتار بعد از آغاز كاربری كشاورزی از اراضی نواحی قطبی به ۵ عدد در هكتار كاهش يافته اند و تخمين زده مي شود كه هرساله از طريق اجراي كشاورزي سنتي به كشتار ۱۰ عدد از اين حيوانات در هكتار منجر گردد. اثبات شده است كه كشاورزي عمودي در مقايسه با كشاورزي های مرسوم به زيان هاي كمتري نسبت به حيات وحش مي انجامد(۱۰).

۷) تأثير بر سلامتي بشر :
كشاورزي سنتي يك شغل زيان آور با مخاطرات خاص محسوب می شود كه ابزارهايش را برضد سلامتي نيروي انساني بكار مي گيرد. مخاطراتي از قبيل :
قرار گرفتن در معرض بيماريهاي مسري نظير : مالاريا (malaria) و كرمك هاي ريز انگل خون انسان و ساير حيوانات (schistosomes)، قرار گرفتن در معرض مواد شيميايي سمّي كه بعنوان آفت كش و قارچكش مصرف مي شوند، مواجهه با موجودات زنده وحشي مثل مارهاي زهرآگين و همچنين صدمات سختي كه در زمان بكارگيري ادوات صنعتي ثقيل وقوع مي يابند.

درحاليكه حيطه كشاورزي سنتي بناچار برخوردار از چنين خطراتي است و حتي برخي ديگر از مخاطرات نظير سوختگي و ضربديدگي نيز به آنها اضافه مي گردند امّا كشاورزي عمودي در محيطي به شدّت كنترل شده و قابل پيشگيري انجام مي شود و قادر به كاهش بسياري از اين مخاطرات است.
اخيراً سيستم هاي غذايي آمريكائيان به شيوه هايی: سريع ، ناسالم و ارزان تبديل شده اند و توليدات غذايي تازه بندرت در دسترس قرار دارند و غالباً گران هستند كه چنين شرايطي باعث عادات غذايي كم ارزش مي شوند. نهايتاً اينگونه عادات غذايي كم ارزش منجر به مشكلاتي براي سلامتي انسان نظير :
بيماري هاي قلبي ، قند خون (diabetes) و چاقي (obesity) منجر مي شوند (۱۰).

۸) رشد و توسعه شهرها :
كشاورزي عمودي در الحاق با ساير تكنولوژي ها و اعمال اجتماعي-اقتصادي مي تواند موجب گسترش شهرها شود درحاليكه بطور معقولانه اي باعث خودكفايي غذايي آنان نيز مي گردد. اين موضوع به مراكز شهري اجازه مي دهد تا بدون اينكه از طريق جنگل زدايي و تخريب محيط زيست به تأمين مواد غذايي بپردازند، بخوبي بتوانند غذاي مردم را تأمين نمايند.
بعلاوه صنعتي كردن مزارع عمودي مي تواند براي بسياري از شهروندان ايجاد اشتغال كند. همچنين نيروي انساني كه از رهاشدن كشاورزي سنتي بيكار می گردند و به شهرها روي می آورند، را بخدمت بگيرد. در هر صورت نمي توان انتظار داشت كه كشاورزي سنتي بكلي متروك شود زيرا بسياري از گياهان را نمي توان در كشاورزي عمودي بدليل دشواري توليد و هزينه زياد بكار گرفت.

مزارع عمودي مي توانند از مولدهاي متان (methane digesters) براي بر طرف سازي بخشي از نيازهاي سيستم به الكتريسيته بهره گيرند. مولدهاي متان را مي توان در جوار مزارع عمودي بكار گرفت تا ضايعات

مواد آلي را به شكل بيوگاز (biogas) در آورند كه حاوي ۶۵ درصد گاز متان و ۳۵ درصد از ساير گازها است. اين شكل از بيوگاز مي تواند براي توليد الكتريسيته مصرفي گلخانه ها سوزانده شود (۱۰).

۹) تكنولوژي ها و تجهيزات :
كشاورزي عمودي متكي بر استفاده از شيوه هاي فيزيكي گوناگون جهت دستيابی به بيشترين كارآيي است لذا تركيب اين تكنولوژي ها و تجهيزات براي تحقق كشاورزي عمودي ضرورت دارند. تاكنون شيوه هاي متفاوتي در اين راستا بررسي گرديده اند لذا بيشترين تكنولوژي هايي كه پيشنهاد مي گردند شامل موارد زير هستند :
الف- گلخانه ها (greenhouse)
ب – ديوارهاي زنده (folkwall) و ساير سازه هاي پرورش عمودي گياهان
پ – آيروپونيك (aeroponics) ، هيدروپونيك (hydroponics) و آكواپونيك (aquaponics)
ت – كمپوست سازي (composting)
ث – گياه علاجي (phytoremediation)
ج – روشناي رشد (grow light)
چ – آسمانخراش ها (skyscraper)
ح – كشاورزي در محيط های كاملاً كنترل شده (C.E.A) (۱۰).

۱۰) طرح ها و نقشه ها :

"ديسپومير" استدلال كرد كه اينک تكنولوژي هاي لازم براي ايجاد كشاورزي عمودي در دسترس قرار دارند. او همچنين عنوان نمود كه سيستم كشاورزي عمودي مي تواند كارآمد و سودآور باشد و شاهد آنرا مواردي عنوان كرد كه استقراريافته اند و هم اينك فعالند. حكومت هاي منطقه اي و توسعه دهندگان متعاقباً علاقه وافري به استقرار و بهره گيري از كشاورزي عمودي بروز دادند كه از جملهٔ آنان عبارتند از :

شهرهای "Incheon" در كره جنوبي ، ابوظبي در امارات متحده عربي ، "Dongtan" در چين و شهرهاي ديگري چون : نيويورك ، پرتلند، "Ore" ، لوس آنجلس ، "لاس وگاس" ، سياتل ، "Surrey" ، "B.C" ، تورنتو ، پاريس ، بنگلور ، دوبي ، شانگهاي و پكن (Beijing) .

مؤسسه تكنولوژي "ايلينويز" در حال طراحي جزئيات نقشه هاي استقرار مزارع عمودي براي شهر شيكاگو است. آنها پيشنهاد كرده اند كه نمونه هاي اوليهٔ مزارع عمودي بايد بدواً برقرار شوند تا پژوهش هاي لازم را به اجرا گذارند و بدينگونه بتوان از شكست هاي بزرگي كه در اثر اجراي پروژه هاي عظيم و سطح جهاني نظير پروژه "بيوسفر ۲" كه در "Oracle" آريزونا پيش آمد، جلوگيري گردد.

در سال ۲۰۰۹ ميلادي، اوّلين پايلوت توليدي مزارع عمودی جهان در پارك طبيعي "Paignton zoo" بريتانيا استقرار يافت. اين پروژه بيانگر راه حل هاي تكنولوژيكي براي مزارع عمودي بود و بدينطريق زمينه

فيزيكي پژوهش ها را براي توليد پايدار مواد غذايي در مناطق شهري فراهم ساخت. از توليدات اين پايلوت براي تغذيه حيوانات باغ وحش مذكور استفاده مي شود درحاليكه پروژه قادر به ارزيابي سيستم ها و تدارك منابع آموزشي جهت حمايت از تغييرات لازم در عمليات غير پايدار محيطي است بطوريكه به تنوع زيستي و احياء اكوسيستم جهاني كمك می كند.

در سال ۲۰۱۰ ميلادي، يهوديان طرفدار صلح سبز (G.Z.A) در سی و هشتمين كنگره جوامع جهاني يهوديت به توسعه مزارع عمودي در سراسر كشور اسرائيل رأي دادند.

در سال ۲۰۱۲ ميلادي، اولين مزرعه عمودي تجارتي در كشور سنگاپور گشايش يافت (۱۰).

مهمترين مزاياي بكارگيري كشاورزي عمودي را مي توان بشرح زير خلاصه نمود :
الف) از زميني به مساحت كشور برزيل مي توان به توليد مواد غذايي كافي براي كل جمعيت زمين در سال ۲۰۵۰ ميلادي پرداخت.
ب) حذف كاربرد آفت كش هاي مصرفي در كشاورزي سنتي كه با بروز بيماري هاي انسان ارتباط دارند.
پ) از بيماريهايي كه از طريق ناقلان در مزارع انتقال مي يابند، اجتناب مي گردد.
ت) گرم شدن جهاني بواسطه كاهش جنگل زدايي به تأخير مي افتد.
ث) تنوّع زيستي حفظ مي گردد.
ج) كمك مي شود تا از مشكلات ناشي از برجا ماندن ضايعات شهري از جمله سرايت آفات نباتی كاسته شود.
چ) كمبودهای عناصر غذايي خاك سطح الارض افزايش نمي يابند.
ح) پايداري در خودكفايي تأمين انرژي وقوع مي يابد (۵).

مشكلات احداث مزارع عمودي :

۱) مشكلات اقتصادي :
معارضين طرح هاي كشاورزي عمودي در مورد پتانسيل سودمندی چنين شيوه هايی ترديد دارند زيرا تاكنون يک آناليز از جزئيات هزينه های: آغازين، عمليات و عايدات انجام نشده است زيرا هزينه های اضافی متعلقه نظير:
نوردهی، گرمايش و تقويت مزارع عمودی ممكن است از سودمندی ناشی از حذف هزينه انتقال مواد غذايی به مراكز مصرف در مزارع عمودی بكاهند.

فوايد اقتصادی و زيست محيطی مزارع عمودی بر نظريه حداقل جابجايی مواد غذايی (food miles) يعنی فاصله ای كه مواد غذايی از مزرعه تا رسيدن به دست مصرف كننده می پيمايد، استوار است. گواينكه آناليزهای اخير پيشنهاد می كنند كه حمل و نقل كمترين مشاركت را در هزينه های اقتصادی و زيست محيطی

تدارک مواد غذایی برای اجتماعات شهری برعهده دارند. همچنین محققین دانشگاه "تورنتو" معتقدند که معضل حمل و نقل مواد غذایی تولیدی را می توان با بازاریابی مناسب بخوبی حل نمود.

متشابهاً اگر نیروی الکتریسیته مزارع عمودی توسط سوخت های فسیلی تأمین شوند آنگاه از اثرات مفید زیست محیطی چنین سیستم هایی کاسته می گردد و مشوّق های لازم جهت رها نمودن سیستم های سنتی وجود نخواهند داشت. هزینه های اولیه احداث سازه ها می توانند بسادگی بیش از ۱۰۰ میلیون دلار به ازای ۶۰ هکتار مزارع عمودی باشند. هزینه های اشتغال دفتری نیز در برخی شهرهای بزرگ نظیر : توکیو ، مسکو ، بمبئی ، دوبی ، میلان ، زوریخ و سائوپولو می توانند، سرسام آور گردند تا جائیکه در محدودهٔ ۸۸۰-۱۸۵۰ دلار برای هر مترمربع بترتیب باشند(۱۰).

۲) کاربرد انرژی :
مزارع عمودی نظیر هر گلخانه ای که از نور مصنوعی بویژه در شب ها بهره می گیرد، می تواند موجب آلودگی نوری (light pollution) شود. درخشش خورشید طی فصل رشد در برخی زوایای مزارع عمودی در مقایسه با مزارعی که در دشت های گسترده وجود دارند، بسیار کمتر است بنابراین باید از نورهای مکمل تا مرحله حصول راندمان اقتصادی بهره گرفت.

یکی از فیزیولوژیست های دانشگاه ایالتی "یوتا" بنام "Bruce Bugbee" باور دارد که تقاضای انرژی مزارع عمودی می تواند خیلی گران باشد و نتواند با مزارع سنتی که فقط از نورهای مجانی طبیعی بهره می گیرند، رقابت نماید.

دانشمند تغییرات اقلیمی بنام "George Monbiot" محاسبه نمود که هزینه لازم تدارک نورهای مکمل جهت تولید غلات برای پختن یک قرص نان حدوداً ۱۰ دلار می باشد. همچنانکه مزارع عمودی در شرایط کنترل شده ای قرار دارند لذا نیازمند هزینه های گرمایشی و سرمایشی مشابه سایر برج های مسکونی هستند. آنها همچنین برای انتقال آب، مواد غذایی ، کارگران و نهاده های کشاورزی نیازمند هزینه های جداگانه ای می باشند. حتی در مناطقی از کره زمین که منابع سوخت های فسیلی با بهای نسبتاً ارزان موجودند نیز برای تأمین گرمایش و سرمایش هر هکتار از مزارع عمودی به بیش از ۲۰۰ هزار دلار هزینه سالانه نیاز می باشد.
برای بر طرف کردن این مشکل بعنوان مثال در مزارع عمودی شیکاگو اقدام به استقرار "سازه الحاقی هضم کننده بی هوازی" (anaerobic digester) نموده اند تا بتوانند چارچوب های مصرفی انرژی را مدیریت نمایند. بعلاوه هضم کننده های بی هوازی می توانند به بازیافت ضایعات کشاورزی بپردازند و از دفن آنها در خاک جلوگیری کنند(۱۰).

۳) آلودگی :
گلخانه های عادی باعث تولید گازهای گلخانه ای بیشتری در قیاس با مزارع سنتی می شوند زیرا انرژی بیشتری را به ازای هر کیلوگرم تولید مواد غذایی به مصرف می رسانند. با مزارع عمودی نیازمند انرژی بیشتری به ازای هر کیلوگرم تولید می باشد زیرا آنها نوردهی بیشتری را در قیاس با گلخانه های معمولی طلب می کنند لذا مقدار آلودگی بیشتری در مقایسه با مزارع سنتی پدید می آورند.

گیاهان تقریباً تمامی کربن مورد نیازشان را از اتمسفر تأمین می کنند. گلخانه داران معمولاً میزان CO_2 را تا ۳-۴ برابر مقدار طبیعی در اتمسفر فراهم می سازند زیرا این میزان افزایش CO_2 باعث تزاید مقدار فتوسنتز تا ۵۰ درصد می شود که نهایتاً باعث بالا رفتن میزان تولید قابل انتظار در مزارع عمودی می گردد.
البته CO_2 افزودنی به گلخانه ها از طریق سوزاندن سوخت های فسیلی تأمین نمی گردد زیرا مواد آلاینده دیگری که از این طریق حاصل می آیند از جمله "دی اکسید گوگرد" و اتیلین می توانند خسارات قابل توجهی را بر گیاهان وارد آورند. این موضوع بدین معنی است که مزارع عمودی نیازمند منابع CO_2 از جمله دستگاه های احتراقی هستند حتی اگر سایر انرژی های مصرفی آنان توسط انرژی سبز (green energy) و تجدید پذیر تأمین گردند.
همچنین بسیاری از CO_2 تأمین شده از طریق سیستم های تهویه به اتمسفر شهر رسوخ می کنند و به هدر می روند.

گلخانه داران عموماً از پدیده فتوپریودیسم یا "تناوب نوری" (photoperiodism) جهت کنترل مراحل رشد رویشی و زایشی گیاهان پرورشی بهره می گیرند. بعنوان بخشی از این کنترل، گلخانه داران از نورهای مکمل پس از غروب خورشید تا قبل از طلوع و یا بصورت متناوب در سراسر شب بهره می گیرند. همچنانکه گلخانه های یک طبقه باعث رنجش همسایگان می شوند زیرا باعث آلودگی نوری می گردند، یقیناً یک مزرعه عمودی ۳۰ طبقه نیز در یک محدوده پُر جمعیت شهری با مشکلاتی نظیر آلودگی نوری مواجه می گردد.

گلخانه های هیدروپونیک معمولی باعث تغییر ماهیّت آب مصرفی در سیستم می شوند زیرا مقادیر عظیمی از آب حاوی کودها و آفت کش ها می گردند که باید مورد رسیدگی و کنترل مداوم واقع شوند. در اینگونه مواقع درحالیکه راه حل هایی برای رفع چنین معضلی وجود دارند ولیکن اخیراً آنها را به مزارع همجوار و یا حتی اراضی باتلاقی هدایت می کنند که بدینگونه مشکلات فزاینده ای برای مزارع عمودی شهری که از این شیوه بهره می گیرند، حادث می شوند(۱۰).

«جدول۱) فهرست عمليات و مواد ضروري اجراي مزارع عمودي (۵):»

مراحل	نهاده ها	بازيافت داخلي	درآمد حاصله
آغازين	-- استفاده از ساختمان هاي بادوام موجود -- استفاده از ساختمان هاي متروكه -- طراحي و ساخت ساختمان هاي جديد -- سازه ها و ابزارهاي سيستم هيدروپونيك و آكواپونيك -- تهيّه "بيورآكتور" بي هوازي جهت توليد متان از فرآيند كمپوست سازي -- تهيّه مواد آلي اوّليه از پارك ها و منازل اطراف -- سيستم هاي تيمار فاضلاب هاي شهري (blackwater) ضمن رعايت هشدارهاي ايمني -- تدارك ابزارهاي باغباني و پرورش آبزيان		
وضعيت آمادۀ كار	-- ضايعات مواد آلي -- فاضلاب هاي شهري -- حداقل نيروي كارگري -- انرژي براي تيمارهاي مربوطه -- مراقبت از ابزارها و ادوات	-- بقاياي مواد آلي (كمپوست) -- آب -- متان -- كِرم ها	-- توليدات كشاورزي -- آبزيان -- برخي ابزارهاي مستعمل
واپسين	-- نيروي كارگري -- سوخت		-- ابزارهاي كل سيستم ها -- فلزات سازه ها -- بقاياي مواد آلي (كمپوست)

مهمترين معايب بكارگيري كشاورزي عمودي را مي توان بشرح زير خلاصه نمود :
الف) محدوديت در تنوّع گياهان پرورشي زيرا اينگونه كشاورزي فقط چشم به بازار مصرف دارد.
ب) بدواً نمي توانند پاسخگوي هزينه ها باشند.
پ) پذيرش مزارع عمودي براي اغلب جوامع بويژه در تلفيق با پرورش حيوانات دشوار است.
ت) كاربرد فاضلاب هاي شهري (waste water يا black water) مي تواند مخاطراتي را براي سلامتي عموم بوجود آورد.
ث) پرورش تلفيقي حيوانات در مزارع عمودي مي تواند به پيامدهاي نامطلوبي منجر گردد (۵).

پويايي با كشاورزي عمودي :

بشر براي حدود ۱۲ هزار سال است كه به كشاورزي با يك شيوهٔ مشابه يعني مزارع افقي بر بستري از خاك مي پردازد و فرآيندهايش هزينه سنگيني را بر كره زمين تحميل مي كند. نظريهٔ مدرن پرورش گياهان بطرف بالا (growing up) نسبت به شيوه پرورش گياهان در فضاي خارج (growing out) اخيراً همه ديدگاه ها را بخود معطوف ساخته است تا ضمن بر طرف ساختن معايب تكنولوژي هاي سنتي و گذشته به افزايش توليد مواد غذايي جهت پاسخگويي به تقاضاهاي فزاينده بشر امروز بپردازند.

گلخانه هاي آسمانخراشي (skyscrapting greenhouse) اگر بنحو مطلوب براي توليد در مقياس بزرگ اجرا شوند، مي توانند مسير جديدي را در داخل شهرها براي حصول توليدات گياهي مكفي بگشايند. اين پديده نبايد فقط بعنوان راه حلي جهت بر طرف كردن تقاضاي بازار مصرف به مواد غذايي به طريق داخلي انگاشته شود بلكه مي تواند راه حلي براي تأمين بحران غذايي، آب و انرژي در آينده نزديك محسوب گردد.

اخيراً (۲۰۱۳ ميلادي) جمعيت جهان از مرز ۷ ميليارد نفر گذشته است و انتظار مي رود كه جمعيت زمين در سال ۲۰۵۰ ميلادي به حدود ۹/۵ ميليارد نفر برسند كه اغلب آنها را در شهرها زندگي خواهند كرد.

"سازمان غذا و كشاورزي" يا "FAO" (Food & Agriculture Organization) معتقد است كه حدود ۸۰ درصد اراضي قابل كشت و زرع جهان در حال بهره برداري هستند. بنابراين چگونه بايد با دو معضل بزرگ بشرح زير مقابله نمود :
الف) افزايش لجام گسيخته جمعيت جهان بويژه در كشورهاي در حال توسعه و جهان سوّم
ب) رها شدن بسياري از اراضي كشاورزي بواسطه نزول توان حاصلخيزي و تخريب محيط زيست
بنابراين تصوّر مي گردد كه كشاورزي عمودي پاسخي مناسب به اينگونه مشكلات است زيرا علاوه بر پايداري توليد نيازمند كمترين منابع و نهاده هاي توليد می باشد (۱).

بنظر مي رسد كه كشاورزي عمودي بشكل درون ساختاري همانند يك كوهسار زيست محيطي (eco-cornucopia) در مقايسه با عمليات كشاورزي صنعتي كنوني قرار مي گيرد. تصوّر مي رود كه محصولاتي چون : خيار ، گوجه فرنگي و غيرو را در سيستم كشاورزي عمودي طي سراسر سال بدون كاربرد آفت كش ها می توان پرورش داد ، نيازمند هزينه هاي گزاف حمل و نقل در مسافات بعيد نيست و اراضي زراعي را دچار تخريب نمی كند. اين شيوه فقط بخش كوچكي از آب مصرفي كنوني در كشاورزي را بكار مي گيرد آنچنانكه علاوه بر مصرف كمترين مقادير آبياري مي تواند فاضلاب هاي شهري را بازيابي و بكار ببرد.

در اين شيوه بواسطه نزديكي مراكز توليد به مراكز مصرف يعني شهرها از محصولات گياهي بصورت تازه و بمحض برداشت كه داراي بيشترين طعم و عطر هستند، مصرف می كنند و ديگر نيازي به برداشت محصولات قبل از مرحله رسيدگي كامل به منظور دوام در برابر صدمات حمل و نقل نخواهد بود.

موضوع بكارگيري كشاورزي عمودي در داخل شهرها طي سال هاي اخير توسط دكتر "ديكسون ديسپومير" (Dickson Despomier) ابداع گرديده است كه هدف آن توليد محصولات گياهي كافي در آسمانخراش هاي ۳۰ طبقه جهت تغذيه ۵۰ هزار نفر در سال در قلب شهرهاي بزرگ مي باشد. اين موضوع مبين مفهوم بكارگيري از منابع منطقه اي (locally sourced) جهت رفع نيازهاي اجتماعات بزرگ شهري است (۱).

فرآيند كشاورزي عمودي درگير استفاده از سيستم هاي پيشرفته آبياري بويژه سيستم هيدروپونيك جهت رشد محصولات گياهي است. در روش هيدروپونيك بدون اينكه نيازي به خاك بعنوان بستر كاشت باشد، به غني سازي آب آبياري با عناصر غذايي مورد نياز گياهان مي پردازند. بدينگونه ميوه ها و سبزيجات را مي توان در محيط هاي مناسب و كنترل شده پرورش داد بطوريكه در معرض موارد محدود كننده اي نظير : آفات، شرايط اقليمي ناجور و آلودگي ها قرار نگيرند.

در پروسه هاي كشاورزي عمودي از تركيب نوردهي طبيعي و مصنوعي استفاده مي شود تا اپتيمم رشد گياهان حاصل آيند. ساير فواید زيست محيطي كاربرد مزارع عمودی عبارت از حذف حمل و نقل مواد غذايي توليدي در خارج و داخل شهرها است كه بدين طريق از آلودگي هاي ناشي از عبور كاميون ها و واگن های حمل و نقل كاسته مي گردد. همچنين پژوهش ها بيانگر اين است كه حدود ۳۰ درصد محصولات گياهي در ضمن عمليات زراعي سنتي و مرسوم ضايع مي گردند درحاليكه كشاورزي عمودي داراي كمترين ضايعات بويژه در مواقع بروز خشكسالي و نتايج آن يعني ريزش برگ ها و ميوه ها خواهد بود. ماشيني شدن كليه فرآيند توليد از جمله شخم زدن و برداشت محصول مي تواند به حذف كامل روابط و معادلات كنوني توليد بينجامند. بعلاوه كاهش مصرف سوخت هاي فسيلي بستگي به بخش هايي از كشاورزي است.

كشاورزي امروزي نشان مي دهد كه واقعاً مي تواند براي جهان وحش (wildlife) زيانبخش باشد. "سازمان جغرافيايي ملي" (national geographic) اظهار مي دارد كه جمعيت گوزن شمالي (wood moose) از تراكم ۲۵ رأس در هكتار به ۵ رأس در هكتار پس از رواج كشت و كار در نواحي زيست آنها كاهش يافته است(۱).

كشاورزي اندروني و مسقوف داراي تهديد براى جهان وحش نيست زيرا به كمترين زيربنا، اراضي جانبي و نهاده هاي زيستي نيازمند است. اين سيستم ايده آل مي تواند به پايداري توليدات گياهي از طريق بكارگيري بازيافت ضايعات و فاضلاب هاي شهري و انرژي هاي تجديد شونده از جنبه هاي مختلف منجر گردد. بازيافت فاضلاب هاي خانگي (grey water) امكان پذير مي شود و بدينگونه بنحو مؤثري از ضرورت استخراج آب هاي زيرزميني بسان شيوه هاي مرسوم كاسته مي گردد.
مزارع عمودي قادرند بخشي از انرژي مورد نياز خود را با تبديل ضايعات كشاورزي به بيوماس و گاز متان تأمين نمايند بدانگونه كه نيازي به مصرف سوخت هاي فسيلي براي تأمين كل انرژي الكتريكي ساختمان هاي سيستم مذكور نباشد. بعلاوه راندمان محصولات هيدروپونيك مزارع عمودي به ميزان ۶-۴ برابر كشاورزي در فضاي آزاد مي باشند كه اين ميزان در مورد برخي گياهان نظير توت فرنگي تا ۳۰ برابر نيز بالغ مي گردند(۱).

با اين وجود آيا همچنان نگران طعم و مزه هاي سيب حاصل از مزارع عمودي هستيد ؟
نگران نباشيد زيرا مواد غذايي حاصل از سيستم هيدروپونيك غالباً بيشترين جوايز جشنواره هاي محصولات كشاورزي را تصاحب كرده اند زيرا مي توان غلظت "فلاونوئيدها" (flavenoids) را كه عامل طعم ها و مزه هاى محصولات گياهى هستند، بخوبي كنترل نمود. اخيراً گلخانه ها از اين شيوه براي كنترل كشاورزي اندروني بهره مي برند امّا هنوز مجبورند كه در مقياس هاي وسيع و سطوح توليد بصورت چندگانه عمل نمايند.

اجراي عمليات كشاورزي مدرن كنونى بسادگي امكان پذير نيست بلكه نيازمند بكارگيري بسياري از منابع زيربنايي است آنچنانكه ممكن است منجر به ظهور بيشمار معضلات زيست محيطي نظير جنگل زدايي (deforestation) ، مصرف آفت كش هاي قوي و كودها گردند كه تماماً باعث آسيب رساني به اكوسيستم هاى طبيعي مي شوند. آنها همچنين جايگاهي براي وقوع آلودگي آبها مي باشند. "سازمان حفاظت محيط زيست" يا "EPA" (Environmental Protection Agency) آمريكا اظهار مي دارد كه پروسه كشاورزي مهمترين عامل آلودگي منابع آب در كره زمين است لذا كشاورزي عمودي مي تواند به رفع چنين معضلاتي كمك نمايد و حتى برخي دانشمندان بر اين باورند كه احتمالاً بدينوسيله قادر به حل بحران گرسنگي جهاني نيز خواهند بود (١).

ادامه روند كنوني كشاورزي اثبات مي كند كه شخم زدن و بذركاري نخواهند توانست بنحو پايداري به تدارك مواد غذايي حدود ١٠ ميليارد جمعيت آينده كره زمين تحقق بخشند. تداوم كشاورزي مدرن كنوني سرانجام صدمات جدّي زيست محيطي را سبب خواهند شد كه نهايتاً پيگيري مسير به دليل عدم دسترسي به اراضي و منابع آب كافي مقدور نخواهند بود.

اگر چه روش جديد كشاورزي "بدون زمين" (farmscrapers) آشكارا متخصصان محيط زيست و پژوهندگان مربوطه را كاملاً خوشبين ساخته است بطوريكه خواهان نظرياتي هستند كه بتواند پيشرفت هاي معني داري در

بكارگيري طرح ها و انرژي هاي تجديد پذير ارائه دهند. گواينكه از نظر اقتصادي يا بازرگاني ممكن است نتوان بخوبي در زمينه كشاورزي عمودي اقدام نمود وليكن بعنوان يک شيوه جدّي جايگزين براي كشاورزي مرسوم مطرح می باشد تا مانع جنگل زدائي و بيابان زائي فزاينده اراضي كره زمين گردد.

كشاورزي عمودي مي تواند تأمين كنندۀ ايمني و پايداري توليدات گياهي در سراسر سال باشد و به اكوسيستم های زخم ديدۀ كنونی اجازه ترميم پس از يک دوران تاراج منابع بدهد. اگر چه براي هزاران سال است كه به كشاورزي در محيط آزاد و بيروني اقدام مي شود امّا كشاورزي عمودي مي تواند با تلفيق تكنولوژي هاي برتر به بالاترين ظرفيت توليدات گياهي دست يابد. بموازات اينكه متخصصان به طراحي صحيح ترين شيوه هاي كشاورزي از جنبه علمي و اقتصادي مي پردازند آنگاه كشاورزي عمودي مي تواند روز به روز اوج گيرد و بطور گسترده اي كاربري يابد (۱).

دورنماي اجراي مزارع عمودي :

توسعه كشاورزی پايدار امري لازم الاجرا و ضروري است. در شهرها، مقادير زيادي از مواد زائد و منابع مصرف شده را بطور روزانه در خاك دفن مي كنند درحاليكه مزارع عمودي مي توانند از آنها براي توليد انرژي در راستاي توليد مواد غذايي بهره گيرند. شهرهاي پُر تراكمي نظير نيويورك از منابع و اراضي پيرامونشان بميزان هشدار دهنده اي استفاده مي كنند آنچنانكه فقط حدود ۲۶۶ هزار ايكر از اراضي را جهت توليد مواد غذايي و ۷ ميليون تن از ضايعات اينگونه مواد غذايي را در خاك دفن مي نمايند.

كشاورزي عمودي به توليد محصولات غذايي در داخل محدودۀ شهرها مي پردازد. كشاورزي شهري نه تنها باعث كاهش بكارگيري اراضي مي شود بلكه ضرورت حمل و نقل مواد غذايي توليدي از مزارع سنتي به شهرها را حذف مي كند. اينگونه اثربخشي از مصرف سوخت هاي فسيلي مي كاهد كه نتيجتاً از انتشار گازهاي گلخانه اي مرتبط با صنايع غذايي به سبب استفاده از مواد غذايي تازه كاسته مي شود.

هدف از كشاورزي شهري فقط استفاده بيشتر از اراضي نيست بلكه ايجاد خوداتكايي غذايي شهرهاي بزرگ مطرح است. وضعيت كنوني شهرها بگونه اي است كه مواد غذايي را وارد مي سازند و ضايعات آنها را صادر مي كنند وليكن كشاورزي شهري نوين مي كوشد تا از ضايعات مواد آلي و ساير منابع موجود در شهرها براي توليد محصولات كشاورزي بهره گيرند. بعلاوه چرخه اي را بوجود آورند كه به خوداتكايي شهرهاي بزرگ بينجامد.
كشاورزي شهري با استفاده از اين منابع قادر به كاهش هزينه هاي توليد مواد غذايي خواهد بود. اين موضوع بويژه زماني اهميّت بيشتري مي يابد كه شهرها در مناطق فقيرتري واقع هستند و هزينه های مواد غذايي بعنوان يك معضل بزرگ مطرح مي باشند.

اهّم منابع قابل دسترسي شهرها براي استفاده در كشاورزي عمودي محدود به موارد زير مي باشند :

۱- فاضلاب هاي شهري (waste water)

۲- رسوبات لجني (waste sludge)

۳- ضايعات مواد آلي مصرفي (post-consumer organic wastes)

۴- اراضي بلااستفاده (vacant lots)

۵- ساختمان هاي بلامصرف (abandoned buildings)

۶- پشت بام ها (rooftops)

۷- افراد بيكار (idle hands)

كه براي استفاده از منابع فوق الذكر در عمليات كشاورزي شهري مي توان شيوه هاي مختلفي را بكار گرفت(۵).

كشاورزي رايج در ايالات متحده آمريكا :

سيستم هاي كشاورزي اوليه فقط بر مزارع روستايي اتكا داشتند تا مواد غذايي لازم جهت مصرف تمامي ساكنين شهرها و روستاها را فراهم سازند. در ايالات متحده آمريكا ۴/۴ ميليارد ايكر از اراضي كشور را در سال ۲۰۰۰ ميلادي بعنوان مزارع كشاورزی (croplands) بهره گرفتند كه ۷۰ درصد محصولات حاصله در داخل كشور مصرف گرديد. درحاليكه جمعيت كشور آمريكا بطور متوسط ۵ هزار نفر در هر روز افزايش مي يابند، مقدار اراضي قابل بقاء كشاورزي حدود ۱۵ هزار ايكر كاهش داشته اند كه اين كاهش اصولاً به سبب فرسايش خاك، دست اندازي صنايع و گسترش شهرنشيني (جاده ها، خانهها و ...) بوده اند.

فوايد مديريت محصولات گياهي مي تواند بر ميزان عملكرد در هر ايكر بيفزايد اگر چه اين فوايد عموماً نيازمند بهره مندي فزايندۀ آفت كش ها، آبياري و كودها مي باشند كه تماماً به آلودگي محيط زيست از طريق رواناب هاي كشاورزي منجر مي شوند. در سال ۱۹۹۸ ميلادي تشخيص داده شد كه يك سوم رسوبات، دو پنجم فسفر و نيمي از نيتروژن موجود در آبهاي سطحي ناشي از رواناب هاي كشاورزي هستند.

عمليات كشاورزي مغاير با ايمني اكولوژيكي بطور متوسط باعث ۲۴ ميليارد تن كاهش سطح الارض در سال مي گردند. بعلاوه عمليات آبياري آزاد منجر به تخليه سفره هاي زيرزميني آبها (aquifer levels) مي شوند. كاهش دسترسي به آبهاي شيرين و اراضي سالم باعث افزايش سرانه (per capita) اشغال اكولوژيكي (ecological footprint) در آمريكا گرديده اند. اِشغال اكولوژيكي جاري براي مصرف مواد غذايي حدوداً ۳/۲ ايكر به ازاي هر نفر است.

حمل و نقل محصولات كشاورزي از مزارع به شهرها از ديگر منابع اصلي آلودگي محيط زيست هستند زيرا امروزه توليدات كشاورزي بسيار دورتر از مراكز مصرف يعني شهرهايی حاصل مي گردند كه ۵۰ درصد جمعيت فعلي كره زمين را در خود جا داده اند. همچنين تخمين زده مي شود كه متوسط حمل و نقل مواد غذايي از مزارع تا دست مصرف كنندگان ۲ هزار كيلومتر است. نتيجتاً گازهاي گلخانه اي بميزان ۱ كيلوگرم به ازاي هر ۸ كيلوگرم ماده غذايي جابجا شده منتشر مي شوند. بنابراين اگر متوسط سرانه مصرف توليدات كشاورزي را ۳۲۲ كيلوگرم بدانيم آنگاه متوسط سالانه آزادسازي گازهاي گلخانه اي به ازاي هر شخص ۴۰ كيلوگرم خواهد بود.

توليد مواد غذايي همچنين از مقدار زياد انرژي براي كاربرد ماشين آلات بهره مي گيرد. برآورد مي شود كه هر "BTU" (واحد بريتانيايي يا "British Thermal Unit" معادل ۱۰۵۵ ژول) از مواد غذايي حدوداً BTU ۲۰ سوخت مصرف مي كند.

عملكرد كنوني توليد سبزيجات در ايالات متحده آمريكا از طريق باغداري مرسوم و مزارع فضاي باز طي سال ۲۰۰۱ ميلادي حدوداً ۲۶۷۵۹ كيلوگرم در هكتار و جمعاً ۳۵۵۱۲۷۸۰ تن بوده است. بهرحال برآورد مي شود كه حدوداً ۳۱۱۰۰۰۰ تن از محصولات توليدی هر ساله در مزرعه باقي مي مانند. اين ميزان كاهش محصولات توليدی در تركيب با كاهش ناشي از حمل و نقل و ضايعات حاصله تا مرحله فروش نشاندهنده ضايع شدن بيش از ۲۰ درصد مواد غذايي توليدي در آمريكا هستند (۵).

نيويورك؛ شهري با عدم پايداري توليدات كشاورزي:

شهر نيويورك بيش از ۹ ميليون نفر در تمامي ۵ بخش خويش دارد. متوسط سرانه مصرف سالانه محصولات كشاورزي حدوداً ۷۱۱ پوند است لذا جمعاً به حدود ۳ ميليون تن مواد غذايي احتياج دارند كه نيازمند مزارعي به وسعت ۱۰۸۰۰۰ هكتار (۲۶۶۰۰۰ ايكر) است. كل اِشغال اكولوژيكي مواد غذايي مصرفي شهر نيويورك بيش از ۲۸/۸ ميليون ايكر است كه اين ميزان حدود ۱/۲ درصد از كل زمين هاي ايالات متحده را تشكيل مي دهند. توليد مواد غذايي براي شهر نيويورك نيازمند حدود ۹/۹ ميليارد گالن سوخت ديزل در سال (1.4E15BTU) مي باشند. بعلاوه انتقال سالانه مواد غذايی از مراكز توليد تا شهر نيويورك منجر به انتشار ۲۴ ميليون تن گازهاي گلخانه اي نيز مي شوند (۵).

منابع و مآخذ :

1) Be Green – 2012 – Moving on with vertical farming – http://botw.org

2) Despommier , Dickson – 2013 – What is a vertical farm ? – Columbia University

3) Despommier , Dicksom – 2012 – The vertical farm – http://www.verticalfarm.com

4) Despommier , Dickson – 2012 – Why vertical farming ? – University of Maryland Conference Center

5) Eco Eng – 2004 – The vertical farm – Eco Eng Newsletter , No. 9 ; International Ecological Engineering Society , Wolhusen Switzerland , http://www.verticalfarm.com

6) Inspiration Green – 2013 – Coming soon : the vertical farm – http://www.InspirationGreen.com

7) Proefrock , Philip & et al – 2009 – Let`s make this clear : vertical farm don`t make sense – http://ecogeek.org

8) Scientific American – 2013 – The rise of vertical farms – http://www.scientificamerican.com

9) TTU – 2013 – Vertical farm – Texas Tech University College of Architecture ; Columbia University ; New York City – http://arch.ttu.edu/wiki/verticalfarm

10) Wikipedia – 2013 – Vertical farming – http://en.wikipedia.org

« روشنايی رشد گياهان» :
"Plants grow light"

مقدّمه :
روشنايي رشد (grow light يا grow lamp) عبارت از يك منبع نور مصنوعي بويژه منبع نور الكتريكي است كه باعث تحريك رشد اپتيمم گياهان از طريق ساطع كردن طيف الكترومغناطيس مطلوب براي فتوسنتز مي شود. روشنايی رشد در مكان هايی بكار گرفته مي شود كه نور طبيعي وجود ندارد و يا نيازمند تدارك نور مكمل باشند.

بعنوان مثال: در ماه های زمستان زمانيكه ممكن است نور كافي در ساعات متمادي از روز براي رشد بهينه گياهان فراهم نباشد آنگاه روشنايي رشد براي افزايش زمان دسترسي گياهان به نور استفاده مي گردد.
روشنايي رشد تلاش مي كند تا طيفي از نور را مشابه تشعشع خورشيد فراهم سازد و يا طيفي از نور كه كليه نيازهاي گياهان را براي رشد بهينه در اختيار بگذارد (۵).

شرايط مزرعه اي (out door) متأثر از نورها و دماهاي گوناگون است كه باعث رشد گياهان مي شوند لذا تقليدي از آنها مي تواند بعنوان معيار انتخاب شدت نور لامپ ها در شرايط مختلف تعيين گردد. بنابراين بر اساس نوع گياه پرورشي و مراحل رشد آن (نظير مراحل : جوانه زني، رشد رويشي، گلدهي، ميوه دهي) و فتوپريود مورد نياز گياهان به محدوده اي از طيف ها، تابش مؤثر (luminous efficacy) و حرارت نوري (colour temperature) بعنوان نوردهي تكميلي جهت دستيابي به رشد بهينه نياز مي باشد (۵).

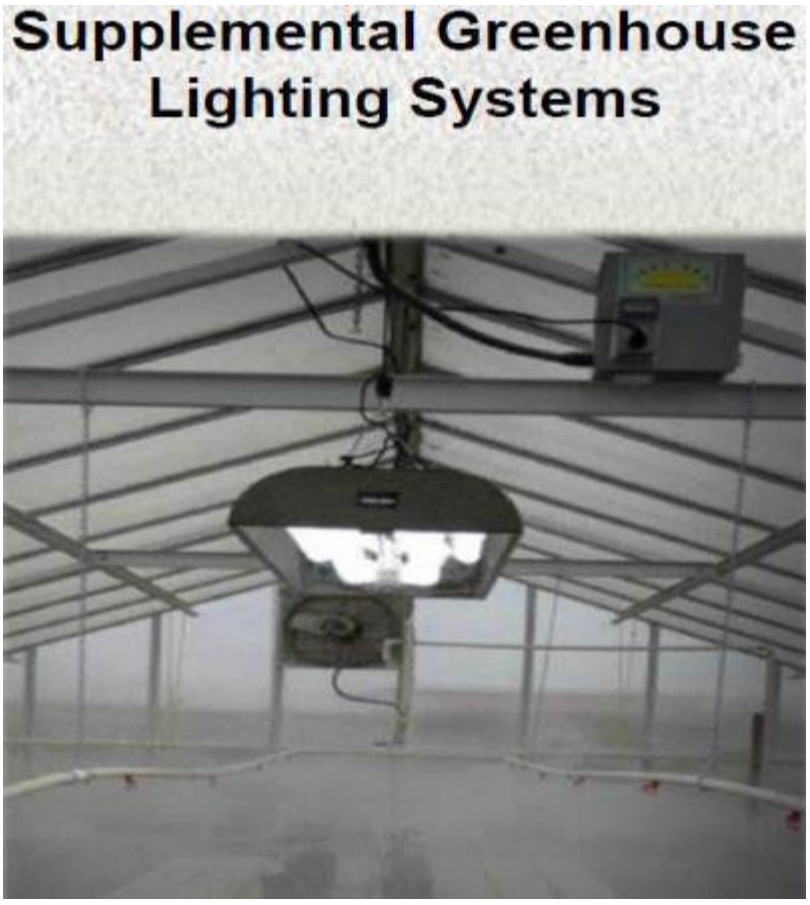
نور در واقع عنصر كليدي تحريك فرآيند فتوسنتز در گياهان است. طول موج هاي مختلف تشكيل دهندۀ نور در مراحل مختلف فرآيند فتوسنتز مؤثرند. اغلب منابع نوردهي سنتي از جمله :
لامپ هاي فلورسنت (fluorescent)، لامپ هاي التهابي (incandescent) و لامپ هاي سديمي پُر قدرت (high pressure sodium) به هدر دادن مقدار زيادي از نور مي انجامند درحاليكه با استفاده از لامپ هاي LED مي توان به سازماندهي نوردهي رشد فقط با طيف مورد نياز گياهان پرداخت.
ضمناً در نظر داشته باشيد كه مدت (duration) و شدت (intensity) نوردهي تكميلي ايفاگر نقش بسيار مؤثري در گياهان مختلف براي انجام فتوسنتز هستند (۴).

فتوسنتز :

واکنش فتوسنتز (photosynthesis) موجب تبدیل انرژی خورشید در حضور "دی اکسید کربن" (CO_2) و آب (H_2O) بفرم کربوئیدرات هایی چون گلوکز با فرمول "$C_6H_{12}O_6$" و اکسیژن آزاد (O_2) می گردد درحالیکه در واکنش های تنفسی (respiration) که متضاد واکنش فتوسنتز است، کربوئیدرات ها مجدداً به دی اکسید کربن، آب و انرژی بفرم ATP تبدیل می شوند (۴).

واکنش فتوسنتز در داخل کلروپلاست ها (chloroplasts) و با کمک کلروفیل ها که رنگدانه های سبز رنگی هستند و در غشاء صفحات "تیلاکوئید" (thylakoid) مستقرند، انجام می پذیرد. تولیدات حاصل از فعالیت کلروفیل بدواً جهت رشد رویشي گیاهان مصرف مي گردند.

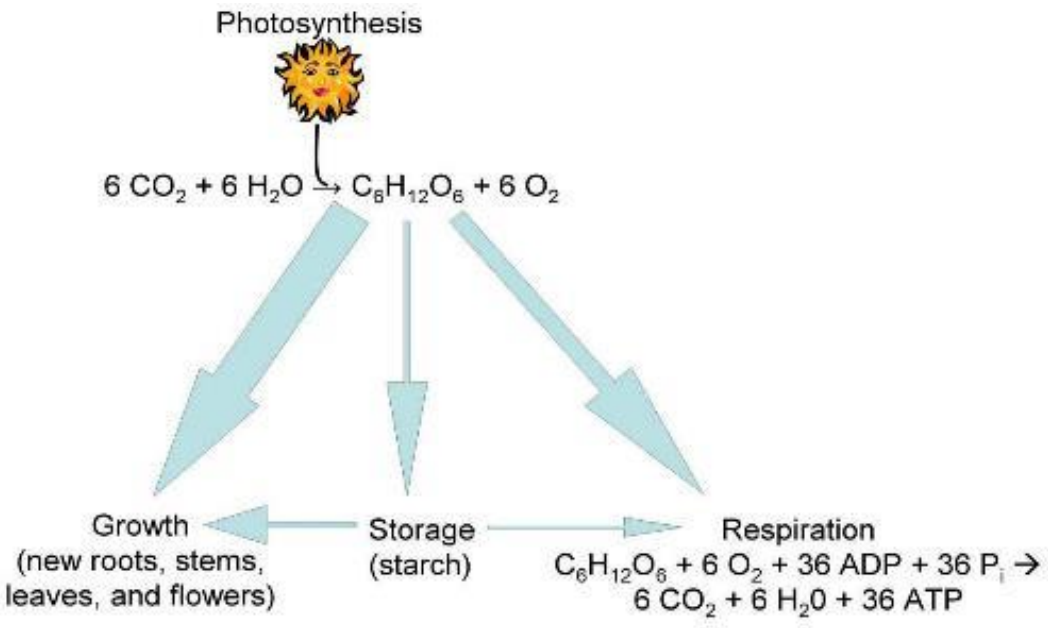
کلروپلاست ها علاوه بر کلروفیل ها داراي پیگمان هایی موسوم به "کارتنوئید" هستند که رنگ هايي از زرد تا قرمز دارند. "کارتنوئیدها" بیشترین نورهاي طیف خورشید را در محدودهٔ رنگ آبي جذب مي کنند. "بتا کاروتن" (beta – carotene) و "کارتنوئیدها" (cartenoids) از جمله رنگدانه هایی (پیگمان) هستند که سایر طیف هاي نور را جذب و تبدیل به انرژي مي کنند. کارتنوئیدها باعث توانمندي کلروپلاست ها در بدام انداختن بخش هاي مختلف طیف نور مي شوند (۴).



فتوسنتز در كلروپلاست ها و با كمك پيگمان هايي نظير كلروفيل و "كارتنوئيدها" انجام مي پذيرد. بيشترين جذب طيف نور توسط كلروفيل ها در محدودهٔ رنگ هاي آبي (۴۰۰-۵۰۰ نانومتر) و قرمز (۶۰۰-۷۰۰ نانومتر) و توسط كارتنوئيدها در ناحيه نور آبي صورت مي گيرد لذا گياهان بايد با نورهايي كه داراى مجموعه اي از نورهاي تكرنگ (monochromatic) هستند و طول موج هاي مختلفي دارند، نوردهي شوند تا بر سرعت فتوسنتز افزوده گردد (۴).

"استومات ها" يا روزنه هاي هوايي (stomates) به مانند حفره هايي هستند كه در اپيدرم برگ ها مستقرند و براي تبادلات گازي بين گياه و اتمسفر بكار مي آيند (۴).

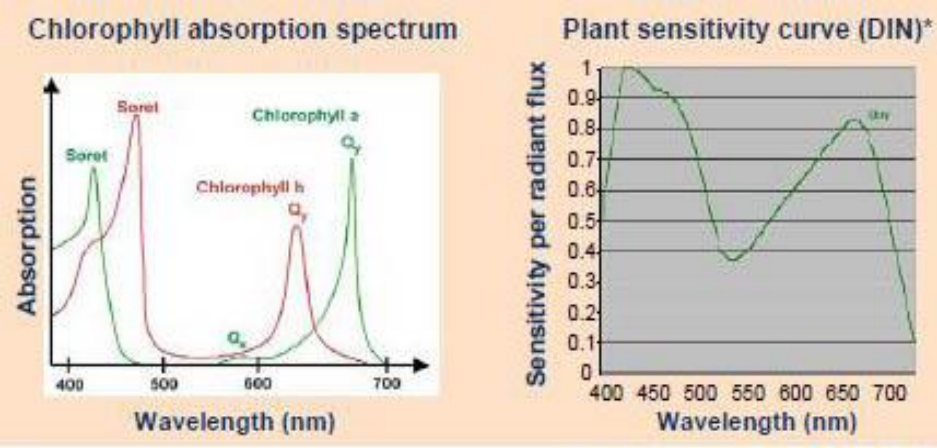
دستگاه (محفظه) اندازه گيري فتوسنتز با داشتن "فلومتر" (flow meter) براي اندازه گيري ميزان هواي عبوري سيستم و محاسبه تفاوت CO2 هواي ورودي و خروجي مي تواند به مقدار فتوسنتز وقوع يافته، دست يابد (۴).



تأثير نور بر فتوسنتز :

نور محرك اصلي واكنش فتوسنتز است و افزايش آن موجب افزايش فتوسنتز و در نتيجه افزايش رشد گياهان مي شود.

طيف كامل نور را از طريق شمارش فوتون هايي (photon counting) كه در ناحيه نور فعال در فتوسنتز (PAR) وجود دارند، محاسبه مي كنند. اندازه گيري طيفي كه از منبع نور ساطع مي شود، توسط منحني حساسيت سنجي طيف نور با مقياس PLm/w انجام مي پذيرد. اين منحني را از طيف جذبي كلروفيل كه انرژي داخلي برگ هاي گياه را تأمين مي كند، بدست مي آورند (۴).



«جدول۱) اندازه گيري نور (۴):»

فلورسنت "سرد و خنك"	التهابي "۱۰۰ وات"	نور خورشيد	موارد استفاده	روش اندازه گيرى	واحد
۱	۱	۱	صنايع (آمريكا)	چشم انسان (نور مرئي)	فوت شمع (footcandle)
۱۰/۷۶	۱۰/۷۶	۱۰/۷۶	صنايع (اروپا)	چشم انسان (نور مرئي)	لوكس (lux)
ساعات روشنايي × ۰/۰۰۰۵۲۴ × فوت شمع	ساعات روشنايي × ۰/۰۰۰۷۷۵ × فوت شمع	ساعات روشنايي × ۰/۰۰۰۷۱۸ × فوت شمع	پژوهش در گياهان زينتي	كوآنتوم هاي محدوده PAR	Umol/m2s1 از PAR
۰/۰۳۲	۰/۰۴۳	۰/۰۴۴	مهندسي ، پژوهشي	انرژي در محدودهٔ PAR	W/m2
۰/۰۸۱	۰/۵۶۷	۰/۱۰۱	مهندسي ، پژوهشي	انرژي كل	W/m2
1 Umol/m2s1 PAR = 5 footcandles (visible) sunlight					

«جدول۲) نوع حسگرها يا سنسورهاي سنجش نور (۴):»

سنسور	طيف	واحدها
پيرانومتر (Pyranometer)	۲۸۰۰- ۲۵۰ نانومتر	W/m2
كوآنتوم (Quantum)	۷۰۰- ۴۰۰ نانومتر	umol/m2s1 يا W/m2
فتومتريك (Photometric)	۷۳۰- ۳۸۰ نانومتر	Ft-cd يا Lux
اسپكترو-راديومتر (Spectroradiometer)	اندازه منفرد طول موج ها	Umol/m2s1nm1 يا W/m2nm1
ديتالاگر (Datalogger)	------	Mol/m2d1

اثرات عوامل محيطي بر فتوسنتز :

عوامل محيطي (environmental factors) تأثيرات مهمي بر فتوسنتز و كارآيي نور دارند. مهمترين اين عوامل عبارتند از :

الف) تأثير CO2 :

ميزان دي اكسيد كربن موجود در هوا برابر با ۳۷۰ پي پي ام (ppm يا قسمت در ميليون) معادل ۰/۰۳۷ درصد از حجم اتمسفر است. مقدار CO2 داخل گلخانه ها مي تواند تا ۲۰۰ پي پي ام كاهش يابد و آن به مقدار حضور مواد غذايي مورد نياز گياهان، نور كافي و كمبود تهويه بستگي دارد. دي اكسيد كربن را مي توان بصورت گاز و يا از طريق احتراق تأمين نمود. با افزايش غلظت CO2 به ۹۰۰ پي پي ام بر سرعت فتوسنتز افزوده مي گردد (۴).

ب) تأثير حرارت :

حرارت (heat) از عوامل مهم انجام فتوسنتز است. فرآيندهاي متابوليكي از جمله فتوسنتز در شرايط حرارتي اپتيمم افزايش مي يابند. آنزيم هاي دخيل در فتوسنتز در حرارت هاي پائين غير فعال مي گردند. گياهان در حرارت هاي بالا دچار خسارت مي شوند (۴).

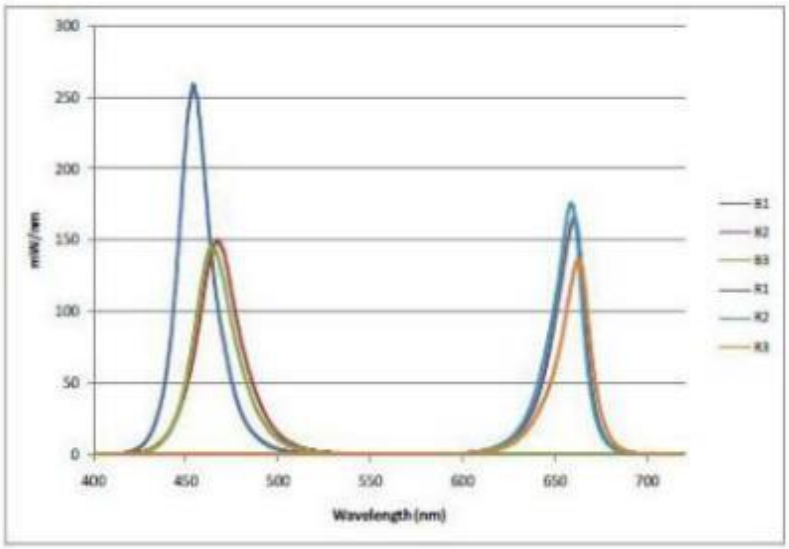
پ) تأثير عناصر غذايي :

كمبود عناصر غذايي (nutrition)، سميّت و ساير استرس ها مي توانند از مقدار فتوسنتز گياهان بكاهند. بعنوان مثال : كمبود عنصر آهن به كلروزيس (زردي) برگ ها منتهي مي شود كه نتيجه فقدان كلروفيل كافي در اثر كاهش وقوع فتوسنتز است (۴).

ت) تأثير آبياري :

وجود آب كافي در گلخانه ها كه از طريق آبيارى (irrigation) تأمين مي گردد، از الزامات وقوع واكنش هاي فتوسنتزي است. زمانيكه گياهان دچار كمبود رطوبت مي گردند، روزنه هاي هوايي (استومات) خود را مي بندند تا از اتلاف آب جلوگيري كنند. بسته شدن "استومات ها" از تبادلات گازي نيز جلوگيري مي كند لذا مانع تدارك CO2 مورد استفادهٔ فتوسنتز مي شود. كمبود رطوبت قابل دسترس گياهان از طويل شدن سلول ها نيز مي كاهد. وقوع خشكي متوسط باعث كوچك شدن اندازهٔ پيكره گياهان مي شود (۴).

Peaks for red and blue are shown below. Our production models correspond to R1 and B1.



فتوپريود و گلدهي :

"فتوپريود" يا "تناوب نوري" (photoperiod) به معني تعداد ساعات روشنايي روزانه است. بسياري از محصولات گلدهنده (floriculture crop) داراي يكي از سه نوع واكنش زير نسبت به فتوپريود هستند :

الف) گياهان روز كوتاه :

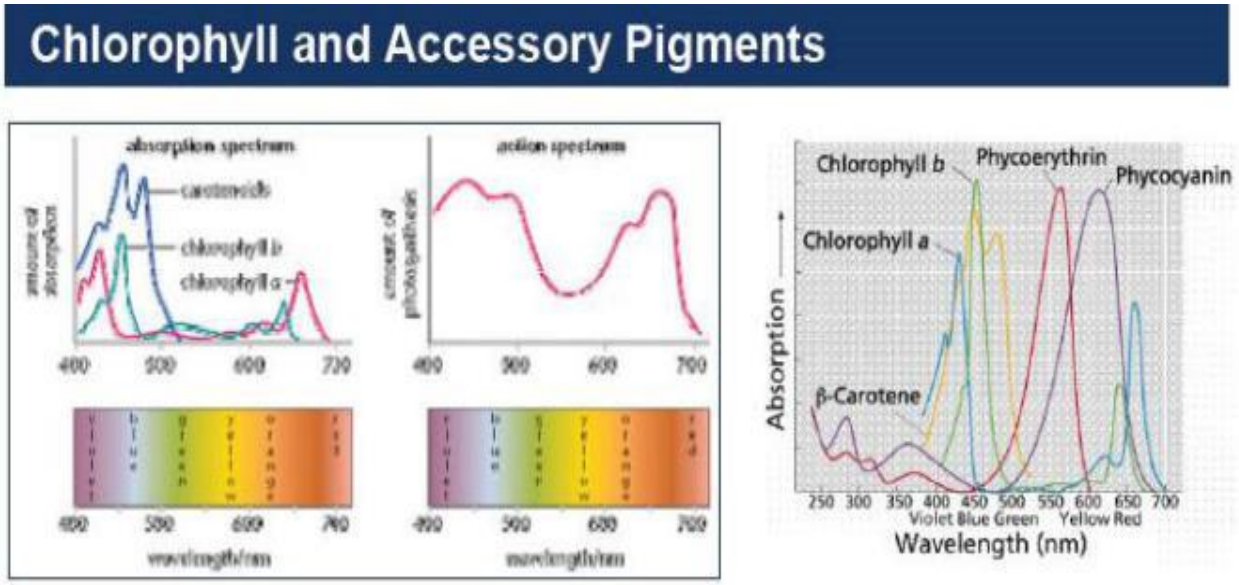
گياهان "SDP" يا "روز كوتاه" (short-day plants) زماني به مرحله گلدهي مي رسند كه فتوپريود كمتر از يك مدت معين باشد.

ب) گياهان روز بي تفاوت :

گياهان "روز بي تفاوت" (day-neutral plants) نسبت به فتوپريود حساسيتي ندارند و پس از طي رشد رويشي به گلدهي در روزهاي كوتاه زمستان و يا روزهاي بلند تابستان اقدام مي كنند.

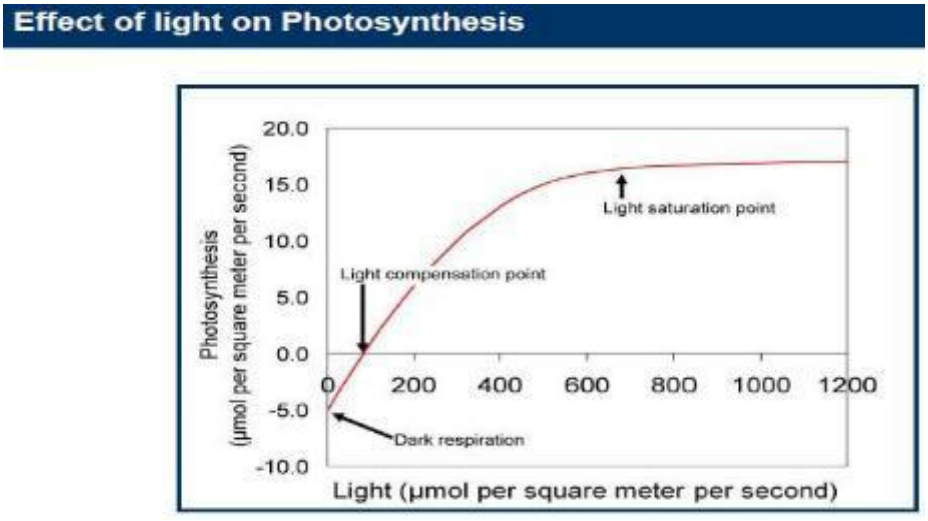
پ) گياهان روز بلند :

گياهان "LDP" يا "روز بلند" (long-day plants) فقط زماني به گلدهي مي پردازند كه در معرض روشنايي روزانه اي بيشتر از يك ميزان معين بعنوان فتوپريود حداقل قرار گيرند (۴).



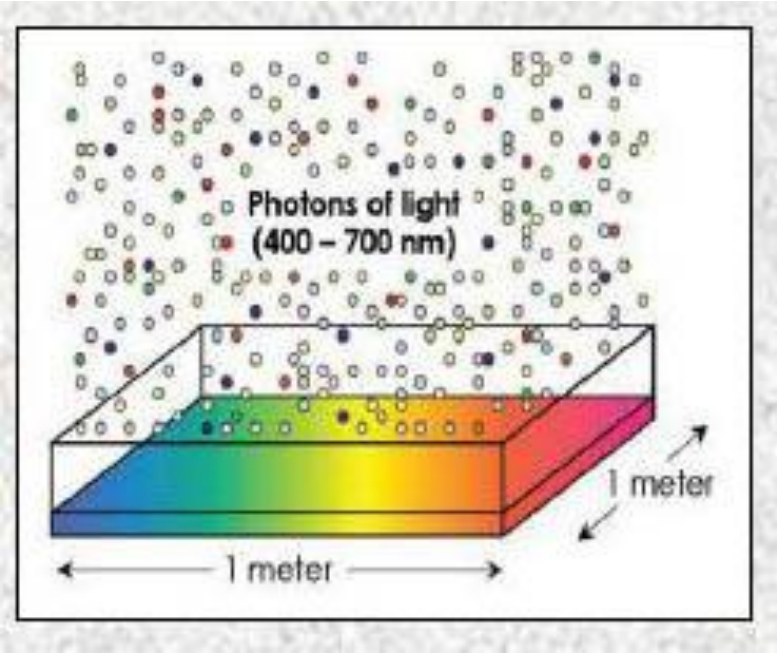
واكنش كيفي يا الزامی :

گياهان تحت واكنش كيفي يا الزامی (qualitative يا obligate) فقط تحت فتوپريود ويژه اي به گلدهي مي پردازند. بعنوان مثال : گياهي كه گلدهي را در تحت فتوپريود كوتاه انجام مي دهد، ملتزم و محظور به ويژگي هاي يك گياه روز كوتاه است (۴).



واكنش كمّي يا اختياري :

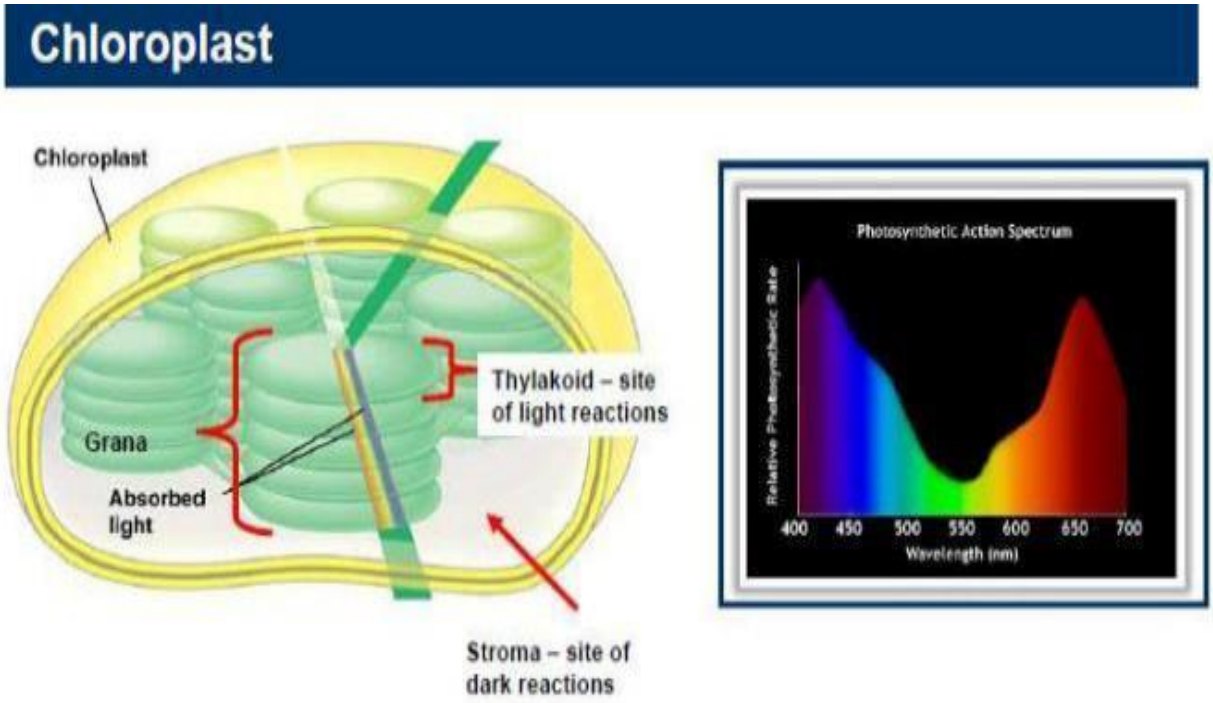
گلدهي گياهان داراي واكنش كمّي يا اختياري (quantitative يا facultative) تحت فتوپريود هاي مختلف رُخ مي دهد امّا سريع ترين گلدهي تحت فتوپريود ويژه اي وقوع مي يابد. بعنوان مثال : يك گياه ممكن است تحت همهٔ انواع طول روزها گلدهي نمايد ولي در شرايط روز بلند به گلدهي سريع تري مي پردازد لذا به چنين گياهاني اصطلاحاً "روز بلند اختياري" مي گويند (۴).



فيتوكروم ها :

برگ ها تشخيص دهندۀ مدت روشنايي و تاريكي محيط از طريق پروتئين هايي موسوم به "فيتوكروم" (phytochrome) هستند كه در تمامي گياهان يافت مي شوند. "فيتوكروم ها" به دو شكل قابل تبديل به همديگر (inter-convertible) وجود دارند چنانكه در تحت نور قرمز ، "فيتوكروم ها" بفرم جاذب نور قرمز دور (far-red) موسوم به Pfr وجود دارند ولي در شرايط نور قرمز دور ، "فيتوكروم ها" بفرم جاذب نور قرمز موسوم به Pr تبديل مي گردند.

اوج جذب "فيتوكروم Pr" در محدودۀ طول موج ۶۶۰ نانومتر و اوج جذب "فيتوكروم Pfr" در محدودۀ طول موج ۷۳۰ نانومتر طيف نور صورت مي پذيرد (۴).

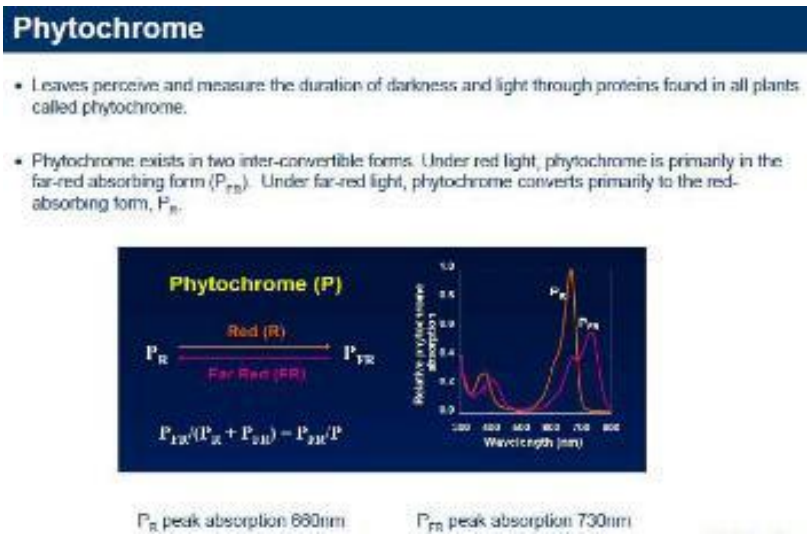


تفاوت هاي كاركرد انساني و گياهي نور ها :

اين موضوع حائز اهميت است كه تفاوت درك نورها توسط انسان و گياهان را بخاطرداشته باشيم زيرا قوي ترين واكنش ها به طيف مرئي در محدودهٔ "سبز- زرد- نارنجي" با طول موج ۶۱۰-۵۱۰ نانومتر در كل طيف الكترومغناطيسي نور خورشيد صورت مي پذيرد.

بهترين واكنش گياهان به طيف گسترده اي شامل طول موج هاي ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر انجام مي پذيرد و بر اين اساس دستگاه هاي سنجش "تشعشع فعال فتوسنتزي" يا "PAR" (photosynthetic active radiation) طراحي و بكار گرفته مي شوند.

چشم انسان بر اساس دريافت نور مرئي كار مي كند و مقياس شدت نور عبارت از: "لوكس بر متر مربع" (Lux) يا "شمع بر فوت مربع" (foot-candle) هستند لذا بايد آنها را با نور مورد نياز گياهان كالييره نمود. براي اين منظور به دستگاه هاي "نقص ياب" (ill-suite) بمنظور اطلاع از ميزان كمبود روشنايي محيط جهت رشد بهينه گياهان نياز مي باشد تا بهترين شرايط نوري براي به حداكثر رسانيدن واكنش هاي "فتوبيولوژيك" (photobiological) گياهان تدارك يابد (۳).



سيستم هاي ايده آل نوردهي مكمل بايد بتوانند هر گونه كاهش نور خورشيد را جبران نمايند و فتوسنتز، گلدهي، واكنش هاي اقليمي نظير كاهش آب و دما، فتوتروپيسم و شكل گياهي يا "فتومورفولوژی" را بهينه سازند آنچنانكه توصيف كنندهٔ توانايي گياهان براي رشد به سمت نور و يا دور شدن از آن باشند. اين موضوعات نشان مي دهند كه نمي توان به استانداردهاي اندازه گيري قدرت بصري انسان اعتماد نمود.

يك روش بهتر براي اندازه گيري نوردهي گياهان اين است كه معين گردد، چگونه بايد بيشترين مقدار انرژي لامپ ها را به مصرف برسانند و چگونه نوردهي مكمل را محدود به نورهاي فعال در فتوسنتز (PAR) نمايند و آنها را فقط به سطح برگ ها بتابانند.
اين اندازه گيري ها باعث جمع آوري اطلاعاتي در رابطه با مقدار فوتون ها است كه منتسب به واحد اندازه گيري "ميكرومول" (micromole = µmole) مي باشد و آن بسته اي از انرژي نوراني است كه بصورت توده حقيقي نيست بلكه انرژي خالص محسوب مي شود (۳).

انرژي تابشي عبارت از : كارآيی طول موج هاي نور است كه با فرمول $E = hc / \lambda$ بيان مي گردد بطوريكه:
h بيانگر ثابت پلانك (Plank`s constant)
c بيانگر سرعت نور
λ بيانگر طول موج نور هستند (۳).

شدت (intensity) شامل كارآيي برخورد فوتون ها به يك سطح ويژه در برهه اي خاص از زمان است.
دو نوع اندازه گيري استاندارد براي تعيين شدت نور يا كارآيي فوتون هاي نور عبارتند از :
الف) واحد µMole/m2-sec براي ارزش لحظه اي (instantaneous vaue)
ب) واحد Mole/m2-day براي كل كميّت روزانه (۳).

گاهاً روشنايي رشد (grow light يا grow lamp) مصنوعي مي تواند ارسال كنندۀ PAR حائز تمامي فوتون ها در ثانيه باشد. اين موضوع معادل روشنايي رشد جهت نورهاي ساطع شونده اي است كه بسوي گياهان گسيل مي گردند و همچون جرياني از فوتون ها (photon flux) يا PPF (photo synthetic photon flux) مي باشند (۳).

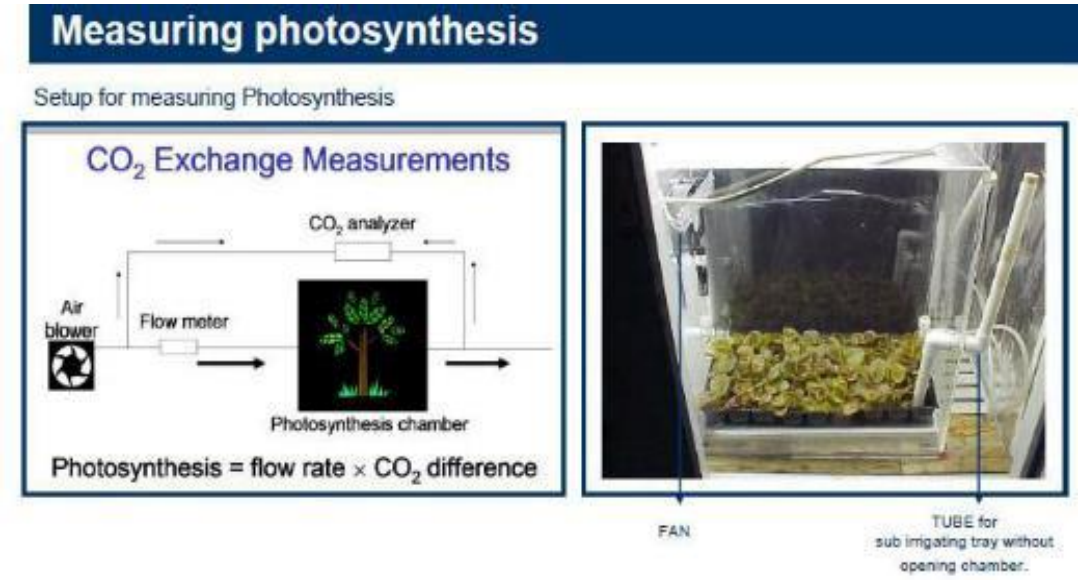
روش ديگر اندازه گيري روشنايي رشد گياهان از طريق انرژي مصرفي براي توليد طول موج هاي نور مؤثر در فتوسنتز (PAR watts) است و آن اينكه چگونه مقدار زيادي از انرژي نور در فاصله نورهاي مؤثر ۴۰۰-۷۰۰ نانومتر جهت انجام فتوسنتز در دسترس قرار گيرند. البته نبايد "PAR watts" را با مقدار مصرف واقعي لامپ ها در واحد زمان اشتباه گرفت (۳).
يكي از دستگاه هايي كه براي اندازه گيري PAR بكار مي روند، موسوم به "كوآنتوم متر" (Quantum meter) مي باشد كه مقدار نور خورشيد را در شرايط مختلف اندازه گيري مي كند و آنرا با نوسانات فصلي تنظيم مي كند. اين دستگاه مشخص مي نمايد كه در هر زمان براي دستيابي به سرعت رشد مطلوب به چه مقدار نور مكمل نياز مي باشد (۳).

منابع نور مصنوعی :

برای نوردهی تکمیلی گیاهان پرورشی در محیط های کنترل شده از منابع مختلفی استفاده می گردد که مهمترین آنها عبارتند از :

۱) لامپ های "متال هالید" :

اکثریت لامپ های "متال هالید" یا "MH" (metal halide) با طیف آبی ساخته می شوند تا القاء کننده آسمان آبی و درخشان فصول بهار و تابستان باشند امّا آنها را امروزه برای متعادل سازی ضربان اولیه امواج بکار می گیرند. اینگونه لامپ ها طیفی از نور آبی (۷۰۰۰K) تا قرمز (۳۰۰۰ K) و حتّی ماوراء بنفش (۱۰۰۰۰K) را تولید می سازند. همواره به پرورش دهندگان توصیه می گردد که توّجه کافی را به چارت "کلوین" (Kelvin) که بر روی جعبه های حاوی لامپ های مختلف وجود دارند، مبذول نمایند (۵).

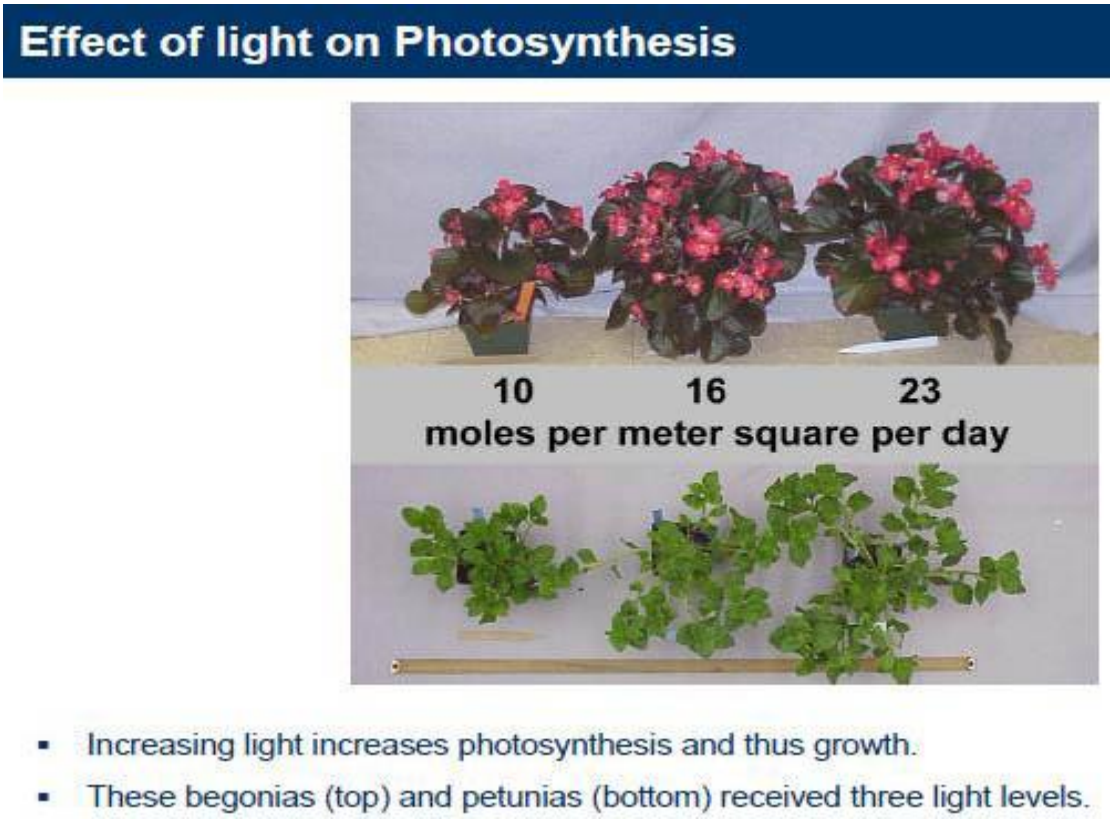


Light in chamber – combination of different saturated wavelengths of light to stimulate growth of the plant a various stages.

۲) لامپ های "التهابی" :

لامپ های "التهابی" (incandescent) بدون روکش عموماً دارای رنگ های قرمز تا زرد هستند و از حرارت نوری نسبتاً کمی در حدود ۲۷۰۰ کلوین برخوردارند. از اینگونه لامپ ها گاهاً برای گیاهان گلخانه ای نورپسند (highlight) استفاده می شود ولی برای گیاهان معمولی کاربرد ندارند.

برخی از لامپ های التهابی که بعنوان روشنایی رشد به بازار عرضه می شوند، حاوی یک فیلتر پوششی به رنگ آبی هستند که از مقدار نور قرمز خروجی می کاهد. این موضوع هیچگونه اثری بر رشد گیاهان ندارد امّا با حذف نور قرمز از طیف خروجی باعث تضعیف آن می گردد. از اینچنین روشنایی رشد انتظار حدود ۷۵۰ ساعت کارآیی وجود دارد. آنها انرژی کافی برای فتوسنتز بهینه تولید نمی نمایند زیرا میزان گرمای تولیدی آنها بیش از نور قابل استفادهٔ آنان است (۵).



۳) لامپ های "فلورسنت" :

امروزه لامپ های فلورسنت (fluorescent) با حرارت نوری مطلوب در محدوده ای از ۷۸۰۰-۲۷۰۰ کلوین در دسترس می باشند. لامپ های فلورسنت استاندارد معمولاً برای پرورش سبزیجات و گیاهان دارویی در محیط های کنترل شده و یا در آغاز پرورش گیاهچه های کاشت بهاره استفاده می شوند. فلورسنت های استاندارد حدوداً دو برابر تشعشع یا "لیومن" به ازای هر وات (watt) انرژی مصرفی در قیاس با لامپ های التهابی تولید می کنند و متوسط طول عمرشان بیش از ۲۰ هزار ساعت است. [تذکر : "لیومن" (lumen) واحد تشعشع برابر با مقدار نور حاصل از یک شمع معمولی با استاندارد بین المللی است.]

از نور سفید و خنک لامپ های فلورسنت غالباً بعنوان روشنایی رشد بهره می گیرند. اینگونه نورها دارای کارآیی نازل و بهای کمتری هستند.

لامپ های "فلورسنت پُر بازده" (high output) نسبت به لامپ های فلورسنت معمولی حدوداً دو برابر نوردهی می کنند. لامپ های "فلورسنت پُر بازده" (HO) ثابت دارای شکل باریکي هستند و از آنها بطور وسیع در محیط های عمودی محدود بهره می گیرند. "فلورسنت های پُر بازده" به ازای مصرف ۵۴ وات انرژی معادل ۵۰۰۰ "لیومن" (شمع) تولید نور می کنند. محدودهٔ تولید حرارت اینگونه لامپ ها ۶۵۰۰-۲۷۰۰ کلوین می باشد. کارآیی مفید لامپ های فلورسنت در حدود ۱۰ هزار ساعت است (۵).

لامپ های "فلورسنت زوج" یا "DSF" (Dual Spectrum Fluorescent) بصورت ۸-۲ تائی تولید می شوند و برای تأمین روشنایی رشد بکار می روند. آنها بطول ۲ فوت ساخته می گردند و از توانایی نوردهی غائی بمیزان ۴۰ هزار "لیومن" برخوردارند.

لامپ های "فلورسنت لوله ای ثابت" غالباً از نوع T5 هستند زیرا کارآیی بیشتری دارند امّا برای تأمین روشنایی رشد از انواع T8 بهره می گیرند که ارزان ترند.

لامپ های "فلورسنت کمپکت دوتایی" یا "DSCF" (Dual Spectrum Compact Fluorescent) که از انواع معمولی کوچکترند، برای مقاصد تکثیر گیاهان بموازات پرورش گیاهان بزرگتر استفاده می گردند. فلورسنت های کمپکت در طرح های انعکاسی که نور را مستقیماً به گیاهان می رسانند، همانند لامپ های "HID" بکار می روند. طول واقعی اینگونه لامپ ها ۴۰ سانتیمتر (۱۶ اینچ) است (۵).

Types of Sensors

Sensor	Spectrum	Units
Pyranometer	250nm - 2800nm	Wm^{-2}
Quantum	400nm -700nm	$\mu mol\,m^{-2}s^{-1}$ or Wm-2
Photometric	380nm - 730nm	ft-cd or lux
Spectroradiometer	Measure individual wavelengths	$\mu mol.m^{-2}s^{-1}nm^{-1}$ or $Wm^{-2}nm^{-1}$
Datalogger		$mol\,m^{-2}d^{-1}$

Datalogger

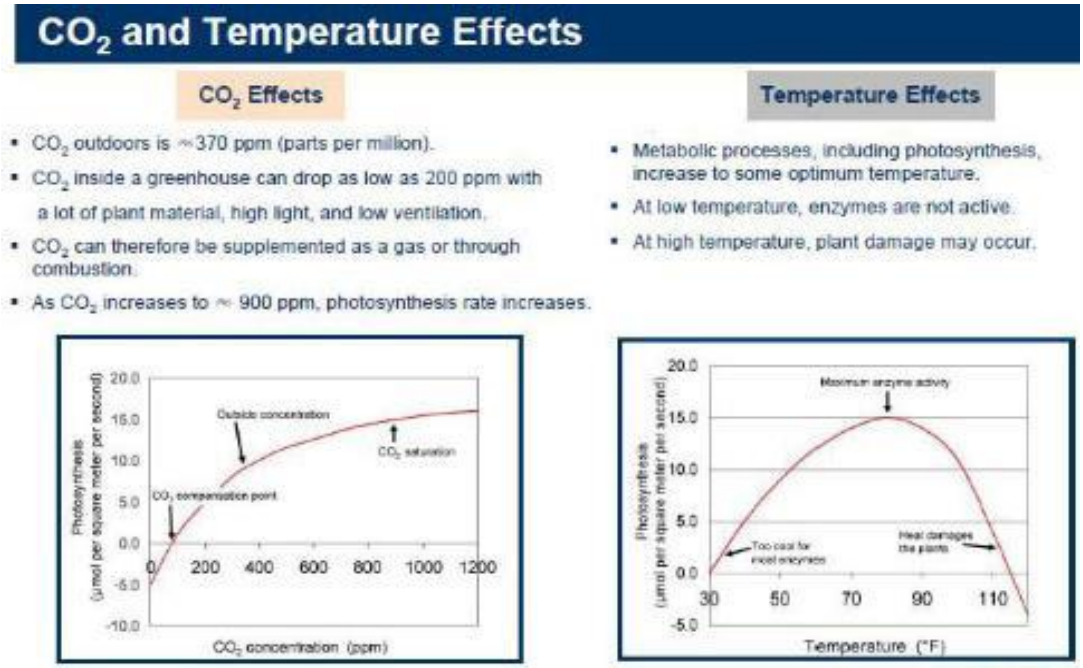
لامپ های فلورسنت کمپکت در انواع زیر قابل دسترسی هستند :
الف) قرمز/گرم با ۲۷۰۰ کلوین
ب) طیف کامل مشابه نور خورشید (daylight) با ۵۰۰۰ کلوین
پ) آبی/خنک با ۶۵۰۰ کلوین
دوام فلورسنت های کمپکت بعنوان روشنایی رشد در حدود ۱۰ هزار ساعت است (۵).

فلورسنت های "پُر بازده هیبرید" با تخلیه الکتریکی شدید ضمن تولید نور خنک می توانند برای پرورش گیاهان متراکم مناسب باشند. برترین فوائد اینگونه ادوات نوردهی عبارتند از :
الف) کاهش مصرف الکتریسته
ب) تولید مخلوطی از نورهای رنگی
پ) پخش کامل نور (۵).

۴) لامپ های "سدیمی پُر قدرت" :
لامپ های "سدیمی پر قدرت" یا "HPS" (High Pressure Sodium) تولید نور مرئی قرمز می نمایند گواینکه بخش کوچکی از سایز نورهای مرئی را نیز حائز هستند. از اینگونه لامپ ها برای رشد گیاهان در مرحله گلدهی یا باروری بهره می برند.
در صورتیکه از لامپ های "سدیمی پُر قدرت" برای مرحله رشد رویشی استفاده شود، معمولاً مقداري بر سرعت رشد آنها اضافه می کنند.
بزرگترین مانع پرورش گیاهان تحت لامپ های "سدیمی پُر قدرت" این است که گیاهان متمایل به رشد پایه دارتر و مرتفع تر از طریق افزایش طول میانگره ها در مقایسه با گیاهان تحت رشد لامپ های "متال هالید" (MH) می شوند. لامپ های "سدیمی پُر قدرت" (HPS) باعث افزایش فرآیند گلدهی و میوه دهی در گیاهان می گردند. کلیه گیاهانی که از لامپ های "HPS" با طیف قرمز نارنجی برای مرحله زایشی بهره می برند، منجر به تولید محصولات بیشتر با کیفیت بالاتر می شوند (۵).

گاهاً گیاهانی که تحت چنین نورهایی پرورش می یابند، بهیچوجه سلامتی بهینه را ظاهر نمی سازند زیرا نورهای ضعیفی از لامپ های "سدیمی پُر قدرت" ساطع می گردند و گیاهان قادر به ساختن کلروفیل کافی نشده لذا کمرنگ (pale) یا رنگ و رو رفته (washed out) می شوند که علامتي مشابه کمبود نیتروژن است.
لامپ های "سدیمی پُر فشار" دارای طول عمر بسیار طولانی هستند و نور حاصله از آنها حدود ۶ برابر بیشتر از لامپ های التهابی به ازای هر وات مصرف انرژی است. با وجود این کارآیی و اینکه گیاهان گلخانه ای تمامی نیازهای طبیعی خود را از نور آبی کسب می کنند لذا ترجیحاً از چنین لامپ هایی در گلخانه ها استفاده می گردد امّا در عرض های جغرافیایی بالاتر، دوره های نوری بگونه ای است که در بخش هایی از طول سال بنحو ملموسی از میزان نور خورشید کاسته می شود و آنگاه بکارگیری نورهای مکمل برای رشد بهینه گیاهان ضرورت می یابند (۵).

لامپ های "HPS" ممکن است موجب تمایز مادون قرمز و اثرات اُپتیکی (optical signatures) شود آنچنانکه می تواند حشرات و سایر گونه های آفات را جذب کند که همواره گیاهان در حال رشد را تهدید می نمایند. لامپ های "سدیمی پُر قدرت" تولید مقدار زیادی حرارت می کنند و بدینطریق باعث افزایش رشد طولی گیاهان می گردند که البته این وضعیت را می توان با کمک "لامپ های بازتابی که با هوا خنک" (air-cooled bulb reflectors) می شوند و یا استفاده از محفظه ها (enclosures) کنترل نمود (۵).



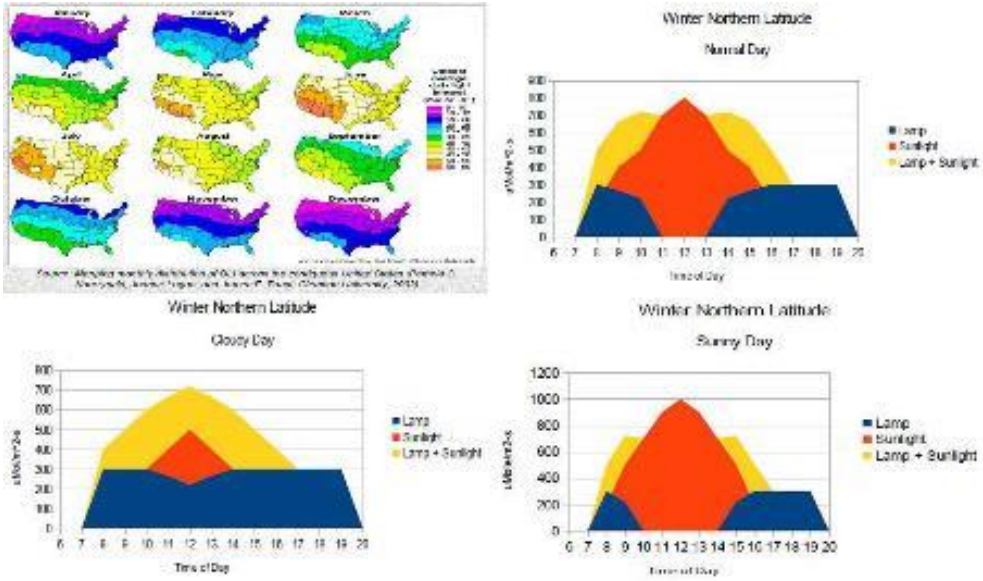
۵) کاربرد ترکیبی لامپ های "MH" و "HPS" :

این موضوع بدین معنی است که لامپ های "MH" و "HPS" را در یکدستگاه بازتابی بصورت مجزا و یا تلفیقی قرار دهند. ترکیبی از لامپ های "متال هالید" آبی با لامپ های "سدیمی پُر قدرت" قرمز توسط کارخانجات سازنده برای خلق تابش ایده آل انجام می گیرد و در واقع امکان بکارگیری اینگونه لامپ ها را در موقعیت گوناگون فراهم می سازد.

چنین لامپ هایی خواهان هزینه بیشتری نسبت به لامپ های استاندارد هستند، ضمناً طول عمر کمتری (life span) دارند. بعلاوه آنها از دو لامپ کوچکتر بجای یک لامپ بزرگتر بکار می روند و بدینگونه فاصله ای که نور می تواند نفوذ یابد، در مقایسه با لامپ های "HID" و بر اساس قانون "عکس مجذور" (inverse-square law) بنحو بارزی کاسته می شود (۵).

۶) لامپ های "تغییر جهت" ، "تبدیل" و "دو سویه" :
نورهای "تغییر جهت" (switchable) ، "تبدیل" (convertible) و "دو سویه" (two-way) از لامپ های "متال هالید" و یا لامپ های "سدیمی پُر قدرت" از یک مکان ولی نه در یک زمان حاصل می شوند. پرورش دهندگان از این ادوات برای تکثیر و پرورش رشد رویشی گیاهان در تحت روشنایی لامپ های "متال هالید" استفاده می کنند.

روشن ساختن لامپ های "سدیمی پُر قدرت" برای مرحله گلدهی و میوه دهی انجام می شود. تغییر نورها نیازمند خاموش و روشن کردن توسط دستگاه های مناسب و قابل تنظیم است. بدینگونه لامپ هایی که از نوع "لامپ های تبدیل" محسوب می شوند، غالباً از انواع "متال هالید" هستند گواینکه امروزه "متعادل کننده های سدیمی پُر فشار" (HPS ballast) نیز کاربرد یافته اند (۵).



۷) لامپ های "LED" :
لامپ های پانلی LED بعنوان منبع نور در یک پژوهش برای پرورش سیب زمینی توسط سازمان "ناسا" بکار گرفته شدند و نتایج رضایت بخشي از نظر کارآیي بروز دادند.

پیشرفت های اخیر در زمینه LED امکان تولید لامپ هایی ارزان تر، روشن تر و بادوام تر را جهت کاربرد بعنوان روشنایی رشد فراهم نموده اند. آنها فقط طول موج هایی از نور را ساطع می سازند که پس از جذب توسط گیاهان منجر به حداکثر فتوسنتز خواهند شد.
لامپ های LED در مقایسه با سایر انواع روشنایی های رشد بمنظور پرورش گیاهان در محیط های کنترل شده مطلوب ترند زیرا آنها :

الف) انرژی الکتریکی بسیار کمتری مصرف می کنند.
ب) نیازی به متعادل کننده (ballast) ندارند.
پ) گرمای نسبتاً قابل ملاحظه ای کمتر از لامپ های فلورسنت و التهابی تولید می کنند.
این ویژگی ها اجازه می دهند تا لامپ های LED را در مقایسه با سایر لامپ ها با فاصله نزدیکتری به کانوپی گیاهان پرورشی قرار دهند. گیاهانی که تحت نور LED رشد می کنند بدلیل دریافت دمای کمتر دارای تعرق (transpire) کمتری خواهند بود لذا به فواصل آبیاری طولانی تری نیازمندند (۵).

رنگدانه های دریافت کننده نور در گیاهان شامل کلروفیل ها و کارتنوئیدها هستند. هر کدام از رنگدانه های فوق از نظر قله جذب (absorption peak) نور متفاوتند لذا با استفاده از لامپ های LED می توان همپوشانی نوری لازم را برای آنها بوجود آورد. توصیه های گوناگونی برای بهترین طراحی با LED وجود دارند. بر اساس یکی از این منابع جهت دستیابی به حداکثر رشد و سلامت گیاهان پرورشی بهتر است از ترکیب زیر استفاده شود بگونه ایکه نسبت نور آبی به نورهای قرمز و نارنجی در حدود ۸-۶ درصد باشد :
الف) دوازده LED قرمز ۶۶۰ نانومتر
ب) شش LED نارنجی ۶۱۲ نانومتر
پ) یک LED آبی ۴۷۰ نانومتر (۵).

همچنین توصیه شده است که برای رشد رویشی ترجیحاً از LED آبی استفاده گردد که دارای طول موج های حدود ۴۰۰ نانومتر (nm یا nanometer) است ولیکن در مواردیکه اقدام به پرورش گل ها و میوه ها می گردد، بهتر است از LED قرمز تیره بهره گیرند که طول موج هایی در حدود ۶۶۰ نانومتر دارند. محاسبه دقیق طول موج های قرمز در مقایسه با طول موج های آبی بسیار حیاتی ترند (۵).

پژوهش های بیشتر نشان می دهند که دیودهای مادون قرمز و ماوراء بنفش قادر به ساطع کردن تمامی طیف های مورد نیاز برای گلدهی گیاهان هستند.

روشنایی رشد "Early LED" از صدها LED کوچکتر تشکیل یافته است لذا از درخشندگی کافی برخوردار نیستند بنابراین کارآیی کافی را برای جایگزینی لامپ های "تخلیه الکتریکی پُر قدرت" (HID) ندارند. پیشرفت های اخیر در زمینه روشنایی رشد LED ممکن است به استفاده از انواع LED درخشان و چندگانه (high-brightness multiple-watt) بینجامند که نوری مشابه HID تولید می کنند (۵).

روشنایی رشد LED بر مصرف انرژی می افزاید که نتیجتاً به افزایش اثربخشی تکنولوژی منجر می گردد. انواع LED با طرح های قدیمی به قدرت ۱ وات بودند گواینکه LED هایی از انواع ۳ وات و ۵ وات نیز وجود داشتند امّا LED های جدید با قدرت بیش از ۶۰۰ وات تولید می گردند (۵).

۸) مقایسه لامپ های LED با HID :
نورهای قرمز (۶۶۰ نانومتر) و آبی (۴۵۰ نانومتر) مناسب ترین طول موج ها از دیدگاه تکنیکی برای فعال سازی واکنش فتوسنتز هستند. بسیاری از انوار طیف HID در محدوده زرد و نارنجی وقوع می یابند.
محاسبات تئوریکی نشاندهنده کارآیی بالاتر لامپ های LED در مقایسه با HID بمیزان ۱/۹ برابر می باشند.
استفاده از لامپ های LED بعنوان منبع روشنایی رشد گیاهان باعث می شود که :

الف) انرژی بیشتری تا میزان ۴۰ درصد صرفه جویی گردد زیرا امکان نوردهی تکمیلی بصورت های فشرده (compact luminare) و همگن (homogenous lamination) بوجود می آید.
ب) استفاده اُپتیمم از نوردهی یعنی بالاترین میزان نورهای آبی و قرمز مطابق با شرایط واقعی و مورد نیاز گیاهان پرورشی تأمین مي شود.
پ) صدماتی که در اثر تولید گرما از لامپ های HID واقع می شوند، توسط لامپ های LED صورت نمی گیرند.
ت) مصرف مواد شیمیایی از جمله تنظیم کننده های رشد (هورمون های گیاهی) کاهش مي یابند.
ث) بر میزان گلدهی و غنچه دهی گیاهان پرورشی افزوده می گردد (۴).

طیف های نور (light spectra):

نور طبیعی روزانه (natural daylight) دارای بیشترین گرمای نوری (colour temperature) است که در حدود ۵۰۰۰ درجه کلوین می باشد. رنگ نور مرئی بر اساس آب و هوای منطقه و زاویه تابش خورشید متفاوت است و کمیّت ویژهٔ نور (میزان تشعشع) باعث تحریک فتوسنتز می شود.
فاصله از خورشید اثرات کمی بر تغییرات فصلی کمیّت و کیفیت نور دارد و نتیجتاً گیاهان رفتارهایشان را بر اساس تغییرات فصلی تنظیم می کنند.
محور کره زمین بر مدار چرخش آن بدور خورشید عمود نیست لذا قطب شمال در نیمی از سال متمایل به خورشید است که در این حالت نیمکره شمالی در معرض تابش مستقیم خورشید قرار می گیرد درحالیکه نیمکره جنوبی با زاویه حاده نسبت به تابش خورشید است و نور خورشید برای اینکه به سطح زمین برسد، باید از میان حجم بزرگتری از اتمسفر بگذرد و این موضوع در نیمهٔ دیگر سال بر عکس می شود (۵).

طیف رنگی نور خورشید تغییر نمی یابد امّا کمیّت آن در تابستان به حداکثر و در زمستان به حداقل می رسد درحالیکه کیفیت نور دریافتی سطح زمین در سراسر سال یکسان باقی می ماند.
شاخص ارائه نور (color rendering index) امکان مقایسه نورهای تشکیل دهندهٔ نور خورشید را فراهم می سازند زیرا طیف های مختلفی از روشنایی های رشد گوناگون حاصل می گردند.
مراحل مختلف رشد گیاهان نیازمند طیف های متفاوتی هستند. گیاهان در اوایل مرحله رشد رویشی نیازمند بخش آبی طیف نور هستند درحالیکه در مرحله گلدهی معمولاً به طیف قرمز متمایل به نارنجی احتیاج خواهند داشت (۵).

نیازهای نوری گیاهان :

گیاهان مختلف دارای نیازهای نوری متفاوتی هستند. نیازهای خاص گیاهان تعیین کننده نوردهی مناسب برای کسب رشد بهینه آنان است. نورهای مصنوعی باید تقلیدی از نورهای طبیعی باشند که گیاهان بالاترین سازگاری را نسبت به آن وضعیت کسب کرده اند. در صورتیکه گیاهان به اخذ نور کافی دست نیابند آنگاه بدون ملاحظهٔ سایر شرایط بخوبی رشد نخواهند کرد.

گیاهان به ذخیره انرژی نورانی بفرم نشاسته می پردازند. آنها بخوبی تشخیص می دهند که چه مقدار انرژی را قبل از فرارسیدن تاریکی جهت رفع نیازهایشان ذخیره کنند. گیاهان بزرگتر نیازهای نوری بیشتری دارند.
بعنوان مثال : سبزیجات بهترین رشد را در تابش کامل نور خورشید انجام می دهند لذا سبزیجات بمنظور گلدهی در محیط های کنترل شده باید به سطوح بیشتری از نور دست یابند که در این میان نورهای فلورسنت و یا "متال هالید" بهترین کارآیی را بروز می دهند.
گیاهان پُر شاخه و برگ (foliage plants) نظیر "فیلودندرون" تمایل به رشد در سایه دارند لذا با سطوح پائین تر نور بخوبی رشد می کنند بنابراین نوردهی با لامپ های التهابی معمولی کفایت می نماید (۵).

گیاهان همچنین نیازمند دوره های روشنایی و تاریکی هستند بنابراین نوردهی باید بطور منظم قطع و وصل گردد. مناسب ترین نسبت دوره های روشنایی به تاریکی بستگی به گونه ها و واریته های گیاهان دارد چنانکه برخی از آنها روزهای بلند و شب های کوتاه را ترجیح می دهند درحالیکه گروهی دیگر نیازمند روزهای کوتاه و شب های بلند و گیاهانی نیز متوسط از هر کدام را می پسندند (۵).

"لوکس" (lux) واحد اندازه گیری نور (photometric) است و مبتنی بر طول موج های مختلف نور می باشد که باعث واکنش های متفاوت چشم انسان به آنها می گردد. این موضوع واحد "لوکس" را بعنوان اندازه گیری نامناسب کارآیی در سیستم نوردهی به گلکاری ها مطرح می سازد (۵).

امروزه در مزارع حرفه ای از دستگاه "رادیومتریک" (radiometric) و واحدهاي :
"Watt/metre2" یا "microeinstein/second.metre2" و یا "تشعشع فعال فتوسنتزی" (PAR) و یا "وات خالص" (PAR watt) بجای واحد "لوکس" استفاده می گردد (۵).

ballasts & bulbs

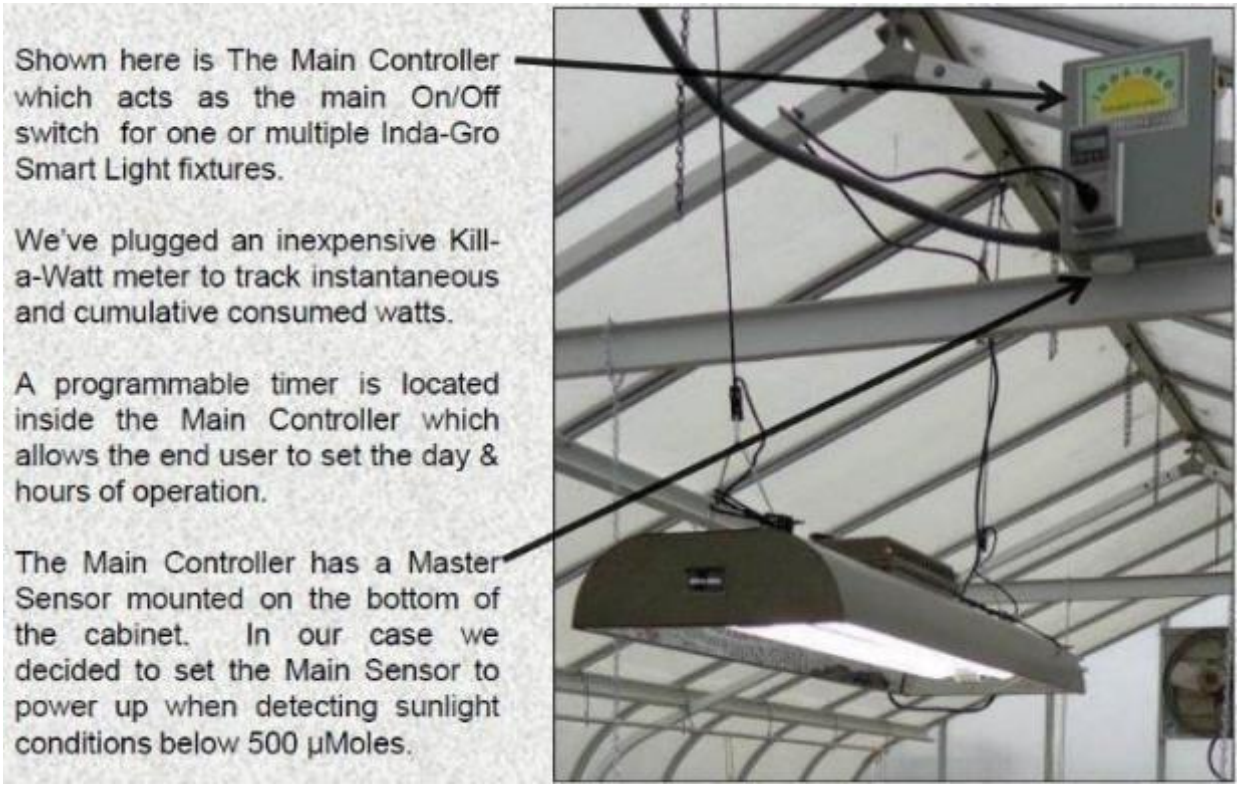
موارد كاربرد نوردهي تكميلي :

روشنايي رشد در پرورش گل ها (horticulture)، باغباني در محيط هاي كنترل شده (indoor gardening)، ازدياد نباتات (plant propagation) و توليد مواد غذايي (food production) استفاده مي شود.

سيستم هايي كه از روشنايي رشد بيش از سايرين بهره مي برند شامل :

هيدروپونيك (hydroponics) و پرورش گياهان آبزي (aquatic plants) هستند.

اكثر موارد كاربرد روشنايي رشد در سطوح كشاورزي صنعتي مي باشند وليكن از آنها مي توان در پرورش گياهان خانگي نيز بهره گرفت (۵).



بر اساس قانون "عكس مجذور " (inverse-square law) :

شدت تشعشع نور از يك منبع نور نظير لامپ هاي حبابي به يك سطح دريافت كننده داراي رابطه معكوس با مربع فاصله سطح از منبع نور است مثلاً در صورتيكه موضوع به فاصله اي معادل دو برابر فعلي انتقال يابد آنگاه فقط يك چهارم از نور را دريافت خواهد كرد لذا اين موضوع براي پرورش دهندگان گياهان در شرايط كنترل شده بعنوان يك معضل مطرح است و بنابراين بايد از تكنيك هاي مناسبي جهت تأمين نور ضروري بهره گيرند.

دستگاه هاي "منعكس كننده" يا "بازتابنده ها" (reflectors) غالباً براي دستيابي به ماكزيمم كارآيي نورهاي موجود در چنين مواردي بكار گرفته مي شوند.
همچنين گياه يا منبع نور را آنچنان حركت مي دهند تا بقدر كافي بهمديگر نزديك گردند تا بدينطريق نوررساني كافي صورت پذيرد. نوررساني بهينه زماني انجام مي گيرد كه نور دريافتي گياهان از منبع نور بسيار بيشتر از نوري باشد كه به محيط اطراف تابيده مي شود (۵).

مجموعه ای از انواع لامپ هاي حبابي (bulb types) را مي توان بعنوان روشنايي رشد بهره گرفت كه شامل :
لامپ هاي التهابي (incandescent)، فلورسنت ها (fluorescent lights)، لامپ هاي "LED" و لامپ هاي تخليه الكتريكي پُر قدرت يا "HIDs" (high intensity discharge lamps) مي باشند.
امروزه اغلب لامپ هايي كه بصورت حرفه اي براي تأمين نور مصنوعي بكار مي روند، از انواع "HIDs" و فلورسنت هستند (۵).

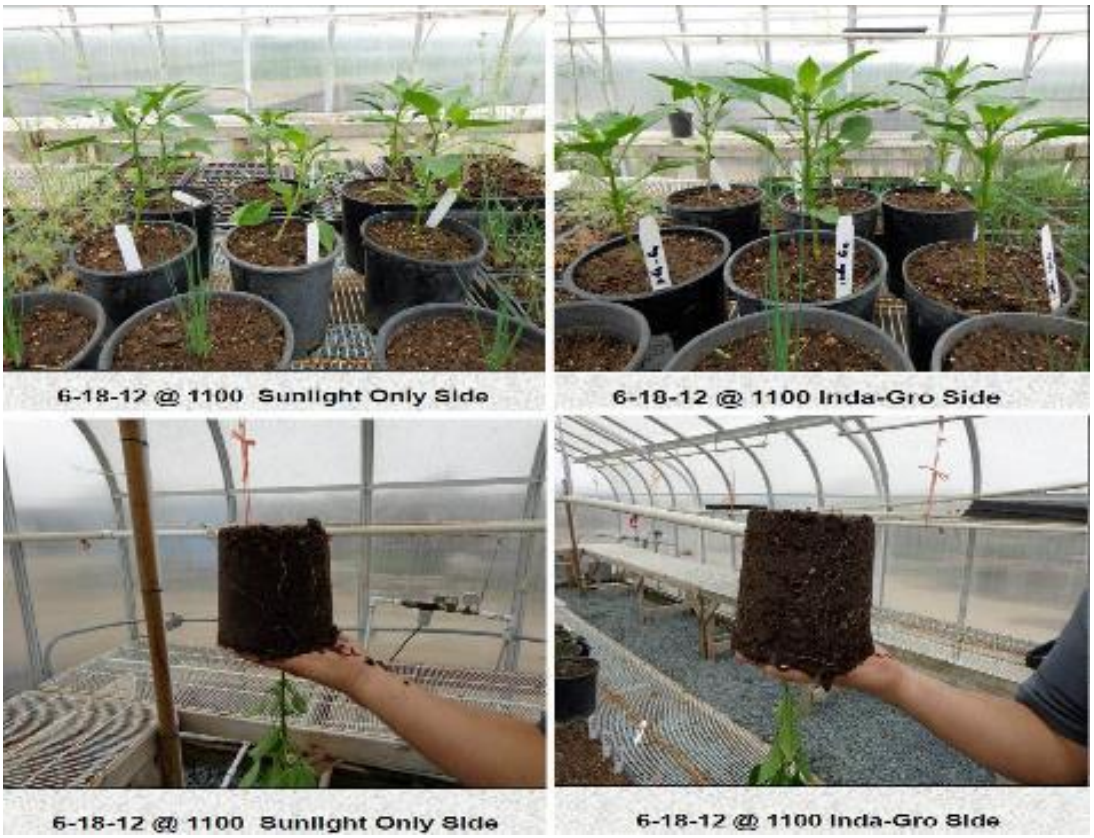
پرورش دهندگان گل ها و سبزيجات در شرايط كنترل شده مشخصاً از لامپ های "سديمی پُر قدرت" يا "HPS/SON" (high pressure sodium) و لامپ های "متال هاليد" يا "MH" (metal halide) و لامپ

های "تخلیه الکتریکی پُر فشار" یا "HID" بهره می گیرند امّا امروزه لامپ های فلورسنت را غالباً بواسطه کارآیی و صرفه اقتصادی جایگزین "MH" می نمایند (۵).

لامپ های "MH" گاهاً برای سبزیجات و یا مراحل اولیه رشد سایر گیاهان استفاده می شوند زیرا آنها دارای مقادیری نور آبی می باشند. آنها حداکثر شدت نور را در محدوده طیف زرد ارائه می دهند.

لامپ های طیف آبی (blue spectrum) ممکن است باعث رشد سبزینگی بیشتر در گیاهان شوند.

لامپ های "سدیمی پُر قدرت" برای مراحل پیشرفته رشد گیاهان از جمله مرحله تجدید نسل یعنی رشد زایشی (reproductive) استفاده می شوند زیرا حاوی نورهای قرمز هستند. نورهای طیف قرمز (red spectrum) قادر به تحریک افزون تر واکنش های گلدهی در گیاهان می باشند.



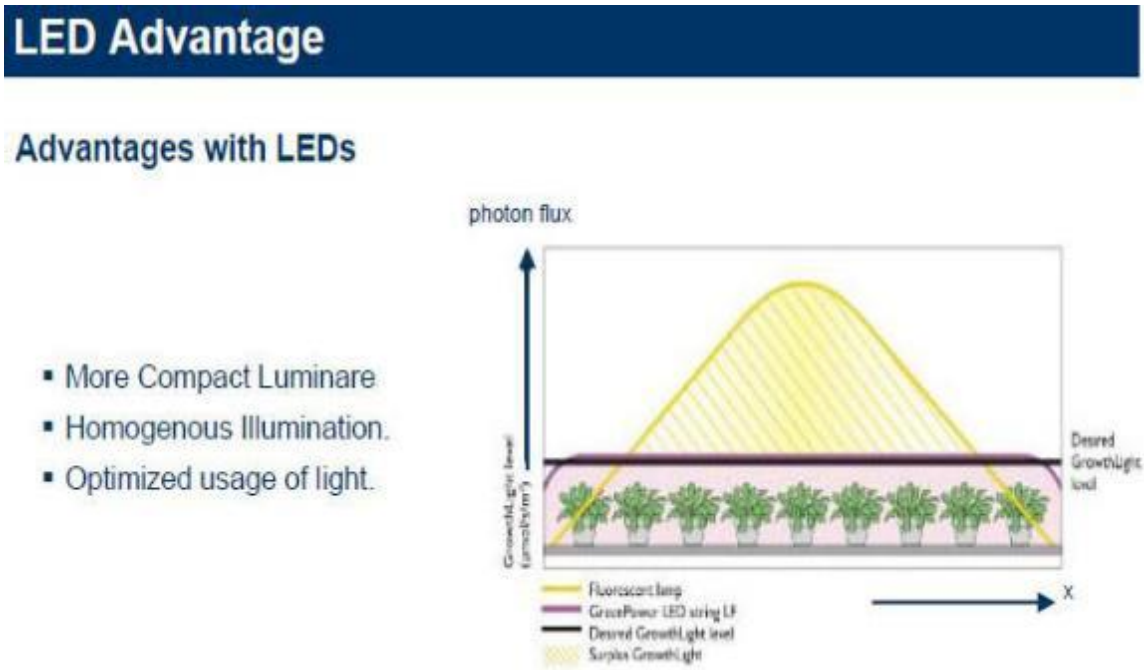
در صورتیکه لامپ های "سدیمی پُر قدرت" برای مرحله رویشی (vegetative) استفاده شوند، فقط اندکی بر سرعت رشد گیاهان افزوده می شود امّا گیاهان پرورشي از طریق افزایش طول میانگره ها نهایتاً به ارتفاع بیشتری دست می یابند.

بعلاوه لامپ های "متال هالید" با افزودن طیف قرمز و لامپ های حبابی "سدیمی پُر قدرت" با افزودن طیف آبی برای تدارك طیف های کامل تر جهت افزایش انعطاف پذیری در فازهای رویشی و زایشی گیاهان در دسترس قرار دارند (۵).

تکنولوژی "LED" در طی سال های اخیر برای تأمین روشنایی رشد گیاهان به بازار عرضه شده اند. با طراحی لامپ های حاوی "دیود" (diodes) جهت رفع نیازهای نوری گیاهان در محیط های کنترل شده می توان امواج نوری با طول موج هایی که دقیقاً برای واکنش های فتوسنتز ضرورت دارند، با لامپ های "LED" فراهم ساخت و آنرا برای هر دو مرحلهٔ رشد رویشی و زایشی گیاهان بکار گرفت. سازمان NASA روشنایی رشد "LED" را بواسطه کارآیی بسیار بالا جهت تولید مواد غذایی در سکونتگاه های فرازمینی برگزیده است(۵).

سیستم های نوردهي تکمیلی گلخانه ها :

گلخانه ها شامل اموال سرمایه اي چشمگیري هستند که درآمدهاي حاشیه اي را از شرایط محیطي با حداقل توانایي ها محرز مي سازند. گلخانه ها اجازه مي دهند تا فاکتورهاي محیطي نظیر : نور، آب، حرارت، اتمسفر و کودها را بخوبي کنترل کنیم و به تولید موفقیت آمیزتري دست یابیم.
بنابراین سیستم هاي نوري که در گلخانه ها بکار گرفته مي شوند، باید بتوانند به تقویت نورهاي ناکافي که در فصول مختلف سال بصورت دوره اي وقوع مي یابند، بپردازند. این سیستم ها باید داراي :
کارآیي بالا با کمترین میزان مصرف انرژي ضمن قیمت مناسب باشند (۳).



نوردهی تکمیلي بر اساس ملاحظات محصول :

نوردهي تکميلي بواسطه دلايل زير مبتني بر ملاحظات محصول (crop considerations) است :

الف) تدارك نور كافي در مواقعي كه نور طبيعي خورشيد ناكافي است.

ب) افزايش عملكرد و اصلاح كيفيت محصول با بهبود فتوسنتز

پ) اطمينان از زمانبندي صحيح ارائه محصول به بازار مصرف

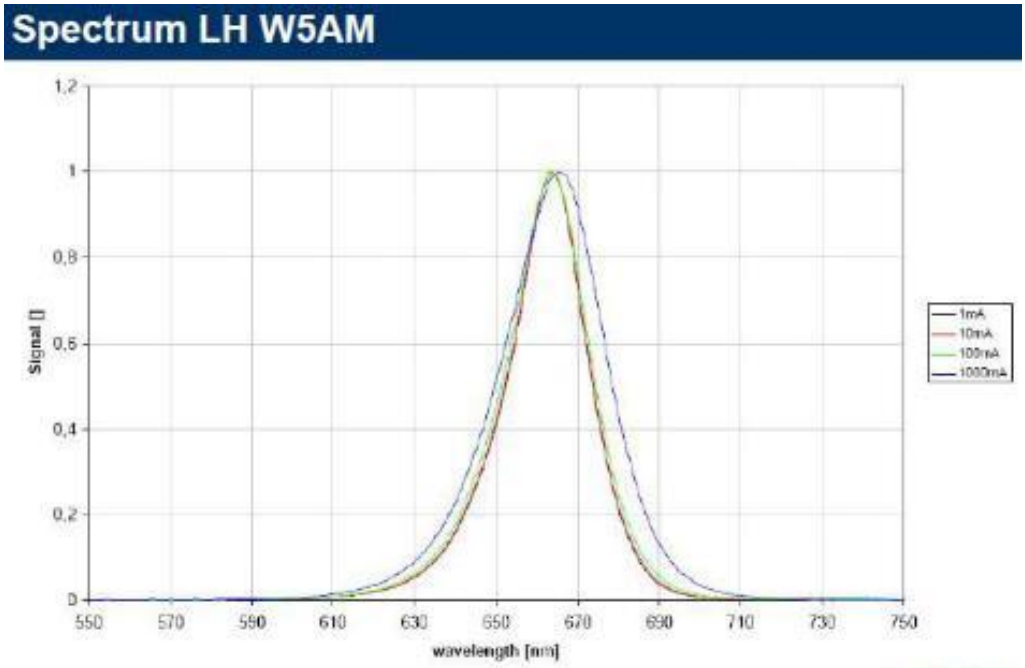
ت) حذف تنش به محصول با تقويت نور خورشيد

ث) تطابق نيازها با تلفيق روزانهٔ نورها يا "DLI" (Daily Light Integrals) با واحد "Mol/m2/day"

ج) مديريت همزمان روشنايي رشد روزانه (DLI) و لحظه اي بر اساس واحدهاي "Mol/m2/day" و "µMol/m2/s"

چ) تلفيق روزانه نور خورشيد بر اساس نيازمندي هر گونه خاص منطبق با ساعات روز

ح) حداكثر عايدي از سرمايه گذاري در اراضي و گلخانه ها (۳).



نوردهی تکمیلي بر اساس ملاحظات نوردهي :

ملاحظات نوردهي (lighting consideration) در موارد زير بر نوردهي تكميلي تأثير گذارند :

الف) حداقل مصرف انرژي بنحوي كه تبديل انرژي الكتريكي به انرژي نوراني ضمن احراز بالاترين ميزان عملكرد با كاهش هزينه هاي توليد نيز همراه گردد.

ب) دوام لامپ (lamp life) زيرا دوام طيف و كاهش نزول تشعشع از هزينه هاي جايگزيني لامپ ها مي كاهند.
ت) نوع لامپ از جنبه بروز صدمات محيطي، مناسبت يا عدم مناسبت براي بازيافت، كل كربن منتشره
ث) نورافكني (luminaire) يعني تلفيقي از سيستم هاي كنترل نور شامل حباب و دستگاه انعكاس
ج) نورافكني خطي (slave يا on board) با قابليت روشن و خاموش شدن لحظه اي (۳).

نوردهي تكميلي بر اساس ملاحظات سيستم كنترل :

نوردهي تكميلي بر اساس ملاحظات سيستم كنترل (control system considerations) تغيير مي يابد :
الف) توانايي ماكزيمم كارآيي نوردهي با فرمان لحظه اي روشن و خاموش كردن بمنظور اجراي تاريكي (dimming)
ب) توانايي كنترل تجمعي (cumulative) و لحظه اي (instantaneous) نور از طريق خاموش و روشن كردن براي محدودسازي آستانهٔ روشني تا حسگرهاي نور قادر به كنترل روشنايي سيستم گردند (۳).

تكميل نور روزانه در حمايت از روشنايي طبيعي :

مقولهٔ تكميل نور روزانه يا "DLI" (Daily Light Integral) براي تبيين مقدار كل PAR هر منطقه است كه بطور روزانه نظير مقدار مول ها در هر روز به سمت هدف روانه مي گردند بنابراين زمانيكه مقدار نور تجمعي روزانه به حد مناسبي رسيد آنگاه به رشد موفقيت آميز دست مي يابند.

اندازه گيري مقدار PAR لحظه اي در يك مترمربع را با معيار "µMole/m2-sec" بيان مي كنند.
از اين اطلاعات مي توان براي مشخص كردن نياز روزانه روشنايي رشد بعبارتي "total/Mole/m2-day" استفاده نمود تا بهترين تركيب نور خورشيد و نورهاي مكمل (مصنوعي) را براي رفع نياز گياه به روشنايي بر طرف ساخت (۳).

فوايد اندازه گيري نورهاي مكمل از طريق اندازه گيري لحظه اي نور را مي توان چنين قياس نمود كه اگر مقدار بارندگي را بدانيم آنگاه مي توان با قرار دادن يك ظرف مناسب به ثبت مقدار آب حاصل از بارندگي روزانه بپردازيم درحاليكه ثبت لحظه اي باران نشانگر مقدار ريزش در هر ثانيه است و واحد كوچكتري مي باشد. اين موضوع مشابه تعيين مقدار نور روزانه از طريق اندازه گيري مقدار نور لحظه اي در اواسط روز است (۳).

امروزه با كمك نقشه هاي رنگي مي توانند مقدار نور روزانه را در هر مكان از كره زمين براي هر موقع از سال بدست آورند و با كمك آنها به رفع مابقي نيازهاي نوري گياهان از طريق نوردهي مصنوعي بپردازند. بطور مثال ميزان نور خورشيد بنحو چشمگيري در طي تابستان و پائيز تغيير مي يابد لذا گياهاني كه در پائيز پرورش داده مي شوند ، از نظر مقدار رشد و كيفيت محصول آسيب مي بينند (۳).

براي اينكه به تعيين مقدار نورهاي تكميلي در برهه هاي زماني براي هر منطقه جغرافيايي اقدام شود، ابتدا بايد مقدار نور روزانهٔ طبيعي منطقه را اندازه گيري نمود و يا آنرا از نقشه هاي "DLI" بدست آورد وليكن بايد توجه داشت كه فقط ۷۰-۳۰ درصد نور اندازه گيري شده در خارج از گلخانه ها حقيقتاً به گياهان داخل گلخانه ها مي رسند لذا پرورش دهندگان نبايد فريب درصد بالاي شفافيت ظاهري شيشه هاي گلخانه ها را بخورند و انتظار داشته باشند كه تمامي روشنايي بيرون گلخانه ها به محصولات گياهي داخل آنها برسند. تحقيقات نشان مي دهند كه ۹۰ درصد نورهايي كه بصورت عمودي بر شيشه ها و صفحات نازك پلي اتيلين بتابند، از آنها عبور مي كنند وليكن اكثريت نور خورشيد در ساعات مختلف روز بصورت عمودي بر سطح گلخانه ها نمي تابند. همچنين ساختارهاي داخلي گلخانه ها از جمله تيرك ها، لامپ ها، سبدهاي آويز و غيرو نيز مانع عبور نور از خارج به داخل گلخانه ها براي رسيدن به گياهان مي شوند لذا همواره بخش هايي از گلخانه ها براي گياهان وجود بصورت سايه در مي آيند (۳).

نور خورشيد كه در زمستان ها، صبح ها و عصرها با زاويه حاده به سطوح شفاف گلخانه ها برخورد مي كند، غالباً منعكس مي شوند و در اطراف گلخانه ها پراكنده مي گردند. بعلاوه عواملي چون :

كهنگي مواد پوششي، غبارها، سبدهاي آويز و سايه ستون ها مي توانند از ميزان عبور نور خورشيد بداخل گلخانه ها بكاهند.
تنها راه درك حقيقي از مقدار نور خارج گلخانه ها كه موفق به ورود به داخل آنها مي شوند اينكه بطور همزمان به اندازه گيري نورها در داخل و خارج گلخانه ها بپردازيم و از اين طريق مقدار كاهش نور عبوري را محاسبه نمائيم سپس نسبت به تأمين نور كافي اقدام كنيم (۳).

بعنوان يك كار تجربي سناريوهاي مختلف از طول روز در يك آزمايش بشرح زير طراحي و اجرا شدند :
روزهاي ابري، روزهاي آفتابي و روزهاي معمولي .
طول روزها از ۸ صبح تا ۱۶ عصر تعيين شدند .
ميزان نور محرك معادل ۳۰۰ "µMol/m2- s" تعيين شد وليكن مقدار آن از ۳۰۰-۱۵۰ ميلي مول بر متر مربع در ثانيه كم و زياد مي شد.
ميزان نور اشباع لحظه اي براي گياهان معادل ۸۰۰ ميلي مول بر مترمربع در ثانيه و نور اشباع روزانه حدود ۲۴ ميلي مول بر مترمربع در روز تعيين گرديد وليكن هيچگاه قابليت دسترسي كامل به آنها بوجود نيامد.
اندازه گيري هاي نهايي نشان دادند كه نتايج حاصله تنها ۶ درصد با همديگر تفاوت داشته اند (۳).

فاکتورهاي دخيل در نوردهي مکمل :
با افزايش نورهاي مصنوعي مي توان رشد و نمو گياهان را در شرايط زير کنترل نمود :
الف) سطوح قابل دسترس نور خورشيد به سبب منطقه و يا موقعي از سال دچار کمبود باشد.
ب) جايگزيني کامل تشعشع خورشيد بر پرورش گياهان در شرايط کنترل شده (indoor)
پ) نوردهي براي ايجاد تناوب نوري (فتوپريود) جهت تأثير يا تحريك گياهان به ايجاد واکنش هايي چون رشد رويشي و آغاز مرحله زايشي (۳).

کيفيت و مقدار نوردهي تکميلي سيستم با در نظر گرفتن عوامل زير تعيين مي گردد :
الف) مقدار نور مورد نياز گونه هاي گياهي
ب) طول روز طبيعي
پ) ساعات متوسط تابش واقعي خورشيد
ت) شدت و زاويه تابش خورشيد (موقعي از سال، عرض جغرافيايي، شرايط آب و هوايي)
ث) بخشی از ساختار سازه ها که باعث سايه اندازي مي شوند (۳).

در بسياري از مناطق براي پيشگيري از کمبود نور خورشيد به دليل شرايط آب و هوايي و يا در مناطقي از کره زمين که في مابين عرض هاي جغرافيايي ۸۰-۴۰ درجه قرار دارند و در ماه هاي زمستان از سطوح کافي نور خورشيد بي بهره اند، جهت دستيابي به رشد موفق گياهان گلخانه اي اقدام به نصب سيستم هاي نوردهي مکمل مي نمايند.
بعنوان مثال : در بخش هايي از واشنگتن و "اوريگون" بطور متوسط روزانه داراي ۳-۲ ساعت نور مؤثر خورشيد در طي ماه هاي زمستان هستند زيرا زاويه تابش خورشيد بسيار کم است لذا شدت تابش خورشيد فقط در حد ۵ درصد اوج تابش خورشيد در ماه هاي تابستان مي رسد (۳).

زمانيکه مناطق نيازمند به نوردهي مکمل مشخص شوند آنگاه پرورش دهندگان ضمن آشنايي با تکنولوژي هاي جديد نوردهي از اختيار کافي براي انتخاب نوردهي هوشمند (smart lighting) با کارآيي زياد بجاي لامپ هاي HID و فلورسنت سنتي بهره مند خواهند شد.
با کاهش هزينه هاي عمليات و نگهداري از طريق بهينه سازي سيستم هاي نوردهي تکميلي و کنترل مي توان موجب افزايش عايدي پرورش دهندگان گرديد. از طريق افزايش کارآيي و طول عمر تکنولوژي هاي نوردهي مي توان به پرورش دهندگان کمك نمود تا بر وسعت زير کشت و ميزان توليداتشان بيفزايند (۳).

«جدول۳) مناسب ترين سطوح نوردهي (Minimum ، Good ، High) براي كسب محصولات با كيفيت (۳):»

گونه ها			متوسط نوردهي روزانه (Moles/day)												
	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰
بامیه گل درشت "Hibiscus rosa"			M	M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H
شمعداني معطر "Pelargonium"			M	M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H
رُز مینیاتوري "Rose (miniature)"			M	M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H
مریم گلی "Salvia"			M	M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H
شفلرا "Schefflera"			M	M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H
آنجلونیا "Angelonia"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
گل مینا "Aster"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
ابریس "Iberis"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
پروانش "Vinca"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
تاج خروس "Celosia"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
داوودي "Chrysanthemum"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
حسن یوسف "Coleus"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
گل اشرفي "Coreopsis"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
گل ستاره اي "Cosmos"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
کروتون "Croton"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
کوکب "Dahlia"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
فیکوس "Ficus"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
سوسن "Hemerocallis"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
شاه پسند گرمسیري "Lantana"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
اسطوقدوس "Lavender"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
گل جعفري (تاجت) "Marigold"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
اطلسي "Peunia"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
فلوکس "Phlox"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
گل ناز "Sedum"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
شاه پسند معمولي "Verbena"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
بنفشه فرنگي "Pansy (Viola)"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
گل آهاري "Zinnia"					M	M	G	G	G	G	H	H	H	H	H
فلفل سبز "Caspicum"					M	M	G	G	G	G	H	H	H	H	H

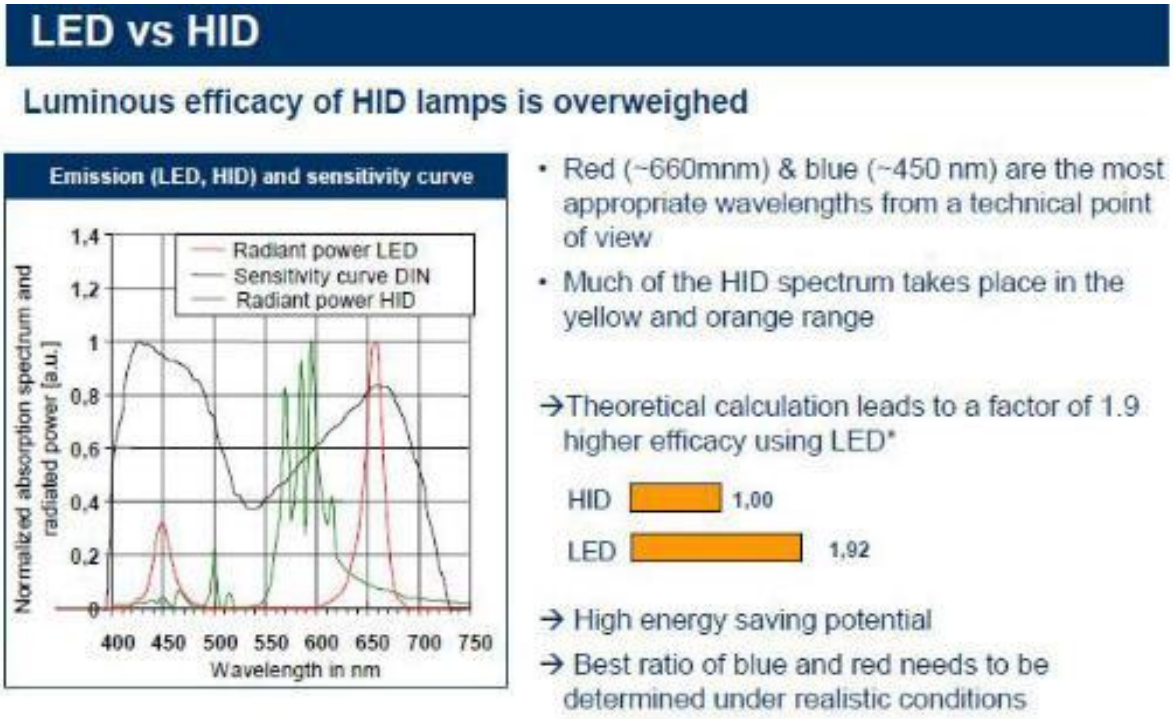
«جدول۴) مناسب ترين سطوح نوردهي (Minimum ، Good ، High) براي كسب محصولات با كيفيت (۳):»

گونه ها			متوسط نوردهي روزانه (Moles/day)												
	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰
ميخك "Dianthus يا "Carnation					M	M	G	G	G	G	H	H	H	H	H
گوجه فرنگي "Lcopersicon"					M	M	G	G	G	G	H	H	H	H	H
گلايول "Gladiolus"					M	M	G	G	G	G	H	H	H	H	H
رُز معمولي "Rose"					M	M	G	G	G	G	H	H	H	H	H
سرخس "Fern"	M	G	H	H	H										
مارانتا "Maranta"	M	G	H	H	H										
ارکيده "Phalaenopsis"	M	G	H	H	H										
اسپاتي "Spathiphyllum"	M	G	H	H	H										
سنبل "Hyacinch"	M	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
نرگس "Narcissus"	M	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
لاله "Tulip"		M	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
آگلونما "Aglaonema"		M	G	H	H	H	H								
آناناس "Bromeliads"		M	G	H	H	H	H								
ديفن باخيا "Dieffenbachia"		M	G	H	H	H	H								
دراسنا "Dracaena"		M	G	H	H	H	H								
عشقه انگليسي "Hedera"		M	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
بگونيا "Begonia"		M	G	H	H	H	H								
سيكلامن "Cyclamen"		M	G	H	H	H	H	H							
گل حنا "Impatiens"		M	G	H	H	H	H	H	H						
زنبق "Iris"		M	G	H	H	H	H	H	H						
پامچال "Primula"		M	G	H	H	H	H	H	H						
فرفيون "Euphorbia"			M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
گل آويز "Fuchsia"			M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
ليليوم (چچم) "Lilium"			M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
گل ادريس "Hydrangea"			M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
گل ابري "Ageratum"			M	M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H
گل ميمون "Antirrhinum" يا "Snapdragon"			M	M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H

مقايسه گلخانه سنتي با سيستم هاي نوردهي تكميلي :

با افزايش هزينهٔ مصرف الكتريسيته، سيستم هاي نوردهي ايده آل گلخانه ها بسوي كمترين مصرف انرژي سوق يافته اند. بدينطريق امكان استفاده از نوردهي بيشتر بدون افزايش هزينه ها فراهم گرديده است.
نوردهي سنتي با شدت زياد يا "HID" (high intensity discharge) براي بيش از ۴۰ سال بعنوان اصلي ترين شيوهٔ نوردهي مكمل در گلخانه ها به خدمت گرفته مي شدند.

دو نمونه از لامپ هاي "HID" كه براي نوردهي گلخانه ها بكار مي روند شامل :
الف) لامپ "متال هاليد" (MH) كه بيشترين امواج نور را بصورت امواج فعال در فتوسنتز (PAR) شامل ۴۰۰-۵۰۰ نانومتر و در محدوه نور آبي گسيل مي دارد كه از ضروريات رشد رويشي است.
ب) لامپ "سديمي پُر فشار" (HPS) كه امواج فعال در فتوسنتز (PAR) را در محدوده زرد- قرمز يعني ۵۵۰-۶۵۰ نانومتر ارسال مي نمايد و از ضروريات وقوع رشد زايشي است.
در مقايسه سيستم هاي "HID" بايد ملاحظه شود كه محدوديت هايي براي كنترل نوردهي اپتيمم در بدو امر وجود خواهد داشت. لامپ هاي "HID" داراي دوره هاي شدت يابي مجدد (restrike) طولاني بيش از ۲۰ دقيقه اي هستند لذا كنترل نوردهي با اينگونه لامپ ها در شرايط نوري متفاوت غير عملي است.
بدينگونه در گلخانه هاي بزرگ كه توليدات فراواني را عرضه مي كنند، با كاربرد لامپ هاي "HID" به تلفات انرژي و لاجرم هزينه هاي زيادتري منتهي مي شوند كه بواسطه عدم تنظيم عمليات نوردهي مي باشند.
بطور كلي لامپ هاي "HID" در سيستم هاي نوردهي تكميلي براي كنترل دوره تاريكي (dimming يا rebates) طراحي نمي گردند (۳).



كاربرد انرژي هاي جايگزين در نوردهي تكميلي :

لامپ هاي القائی (induction lamp) از انواع لامپ هاي فلورسنت پُر نور هستند و بعنوان لامپ هاي "فلورسنت بدون الكترود" يا "EFDL" (Electrodeless Fluorescent Discharge Lamps) شناخته مي شوند. در ساخت اينگونه لامپ ها به همراه گاز آرگون كم فشار از مقدار كمي آلياژ جيوه نيز استفاده مي شود تا در زمان تهييج بخار گردند. البته آنها درون بدنه شيشه اي بدام افتاده اند و راه گريزي ندارند (۳).

انواعي از لامپ هاي "HID" كه داراي الكترودهاي داخلي هستند، داراي روشنايي ۲۰ كلوين در ساعت مي باشند و براي مقاصد عمومي بكار مي روند. لامپ "HID" نيازمند زمان استارت طولاني هستند و قادر به خاموش شدن خودكار (auto-dimming) نيستند (۳).

لامپ هاي "EFDL" امروزه كاربرد گسترده اي يافته اند. آنها با ولتاژهاي ۲۷۷-۱۲۰ ولت برق AC و با آمپراژ ۶۰-۵۰ هرتز كار مي كنند. اين قبيل از لامپ ها حاوي مقادير زيادي از گازهاي قابل التهاب هستند. لامپ هاي "EFDL" از كارآيي بيشتري در مقايسه با لامپ هاي "HID" براي تبديل انرژي الكتريكي به انرژي نوري قابل استفاده گياهان برخوردارند. در صورتيكه از لامپ هاي "EFDL" بجاي لامپ هاي "HID" استفاده شود آنگاه نيازمند لامپ هاي كمتري به نسبت ۱ : ۱۰ خواهيد بود (۳).

لامپ هاي "EFDL" نخستين بار در سال ۱۸۹۱ ميلادي توسط "نيكولا تسلا" معرفي گرديد. آنها در مقايسه با لامپ هاي التهابي (incandescent) بسيار گرانتر هستند ولي اين افزايش بهاء بواسطه تشعشع بيشتر به ازاي هر وات انرژي مصرفي جبران مي گردد. اينگونه لامپ ها دماي بسيار كمي توليد مي كنند و تا ۱۰۰ هزار ساعت دوام مي يابند. بدبختانه لامپ هاي اختراعي "دكتر تسلا" هيچگاه بصورت انبوه توليد نشدند زيرا رقابت را به لامپ هاي التهابي ابدايی "توماس اديسون" باختند (۳).

Standard 1000 watt HPS Greenhouse Lights

مقايسه هزينه هاي نوردهي تكميلي با صدمات محيطي :

زمانيكه از منابع تجديد پذير بمنظور صرفه جويي و حفاظت از منابع در جهت رفع نيازهاي انرژي سيستم بهره مي گيرند آنگاه فوايد محيطي عديده اي حاصل مي شوند.

با كاهش مصرف انرژي از حضور كربن در اتمسفر بروش هاي زير كاسته مي شود :

الف) كاهش انتشار گازهاي گلخانه اي از صنايع و تأسيسات

ب) صرفه جويی هر ۱۰۰۰ كيلووات انرژي باعث كاهش ۸۰۵ پوند CO_2 از اتمسفر مي گردد.

پ) مقدار جيوه به ازاي حذف هر لامپ كاهش مي يابد (۳).

«جدول۵) مقايسه لامپ هاي HID با لامپ هاي القايی (۳):»

نوع لامپ	مقدار جيوه (mg)	انرژی مصرفی (وات)
HID	۷۸	۱۰۰۰
لامپ های القائی (induction)	۲۵	۴۰۰

زمانيكه از لامپ هاي "HID" با طول عمر ۱۰ هزار ساعت استفاده مي شود آنگاه براي ۱۰۰ هزار ساعت نوردهي به به ۱۰ لامپ از اين نوع نياز مي باشد در صورتيكه يك لامپ "Inda-Gro" با قدرت ۴۰۰ وات مي تواند جايگزين همهٔ آنها گردد كه جيوه كمتري در حدود يك سوم هر لامپ "HID" نيز دارد (۳).

«جدول۶) مقايسه لامپ هاي "HID" و "Inda-Gro" (۳):»

ويژگي ها	لامپ "HID"	لامپ "Inda-Gro"
انرژي مصرفي (وات)	۱۰۰۰	۴۲۰-۲۱۰
دوام مؤثر (ساعت)	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
دوام كل (سال)	۴/۵	۲۳
حرارت توليدي	۹۰۰ درجه فارنهايت	۲۰۰ درجه فارنهايت
هزينه بدون خاموشي	۴۳۵ دلار در سال	۱۸۲/۵ دلار در سال

تعداد ساعاتي كه هر لامپ در سال به حالت روشن و يا خاموش در مي آيد، در مقدار هزينه سالانه اش مؤثر است لذا بكارگيري لامپ ها با برنامه ريزي دقيق مي تواند از هزينه هاي توليد بكاهد بنابراين تلاش مي گردد كه بويژه در گلخانه هاي بزرگ تجاري بنحو مؤثري از نور خورشيد در فصول مختلف سال استفاده گردد و از حداقل نور تكميلي براي رشد بهينه گياهان بهره گيرند (۳).

معرفي لامپ "Inda-Gro" مدل "pro-420-PAR-DH":

اين لامپ داراي بالاترين كارآيي انرژي براي نوردهي تكميلي در گلخانه ها است. لامپ هاي تخليه الكتريكي بدون الكترود فلورسنت يا "EFDL" (Electrodeless Fluorescent Discharge Lamps) داراي بيشترين كارآيي انرژي در لامپ هاي القايی موجود هستند. آنها فاقد الكترود داخلي مي باشند و كمترين أفت تشعشع را در طي عمر ۱۰۰ هزار ساعته خويش دارند.
آنها داراي طيف نوراني همسان با نور طبيعی هستند و مي توانند بطور اتوماتيك ميزان نوردهي را كنترل كنند و بدينطريق بيشترين صرفه جويی انرژي را در طي توليد محصولات گلخانه اي حاصل مي نمايند (۳).

عمده ترين مزاياي لامپ هاي "EFDL" عبارتند از :
الف) حدوداً ۷۰ درصد كمتر از لامپ هاي همسان از نوع "HID" انرژي مصرف مي كنند.
ب) لامپ هايی منفرد با طيف گسترده اي از "PAR" بمنظور نوردهي مرحله رشد رويشي گياهان هستند.
پ) داراي ۱۰۰ هزار ساعت دوام هستند كه تا وضعيت ۱۰ درصد كاهش تشعشع حائز ۷۰ هزار ساعت دوام مؤثر خواهند بود.
ت) داراي وظايف دوره اي (duty cycle) نامحدود هستند بطوريكه روشن و خاموش كردن از طول عمرشان نمي كاهند.
ث) داراي ثبات شدت و استواري طيف روشنايي براي توليد مكرر محصولات گياهي گلخانه اي مي باشند.
ج) حائز توانايي كاهش نور از ۱۰۰-۵۰ درصد بر اساس شرايط روشنايي طبيعي هستند.
چ) مصرف انرژي مطابق با مقدار نوردهي حقيقي دارند.
ح) تعهدنامه ۱۰ ساله خدمات و تعميرات در ايالات متحده همراه با گارانتي دارند (۳).

با سنجش و نظاره گري مداوم تغييرات نور خورشيد توسط حسگرهاي روشنايي مي توان بر اساس شرايط به تنظيم روشنايي رشد مورد نياز گياهان با كمك نوردهي تكميلي پرداخت. بدينگونه سوئيچ هاي زياد/كم اجازه مي دهند تا روشنايي لامپ ها را بگونه اي كم و زياد نمود تا ضمن صرفه جويی انرژي بتوان به اپتيمم رشد گياهيان دست يافت.

مثال : لامپ ۴۲۰ وات با حداكثر روشنايي داراي توانايی تبديل شدن به لامپ ۲۱۰ وات با ۵۰ درصد روشنايي است.

ولتاژ مصرفي در محدوده ۲۷۷-۱۲۰ ولت

آمپراژ در حدود ۶۰-۵۰ هرتز

فاكتور قدرت (power factor) در حدود ۰/۹۹

THD كمتر از ۱۰ درصد

و بعبارت خلاصه تر :

High setting : 400-800 µMol/m2-s (fullbright if ≤400,dimmed to 50% if ≥800)

Low setting : 250-500 µMol/m2-s (fullbright if ≤ 250 , dimmed to 50% out put ≥ 500)

(مأخذ ۳).

مقايسه رشد هفتگي گياهان در مجاورت "نور طبيعي" و "Inda-Gro":

اين آزمايش با مشاركت هنرستان آموزش كشاورزي و مزرعه "بيد وحشي" (wild willow farm") مستقر در منطقه "سانديگو" آمريكا انجام گرفته است. آزمايش مزبور به اندازه گيري رشد گياهان به مدت يك هفته (۱۰-۱۸ ژوئن ۲۰۱۲ ميلادي) پرداخت كه در مجاورت نور خورشيد و يا نور حاصل از لامپ هاي "Inda-Gro" قرار داشتند.

گياهان تحت نور "Inda-Gro" داراي ميانگره هاي كوتاهتري شدند وليكن فعاليت گلدهي كمتري داشتند درحاليكه گلدهي در گياهان تحت نور خورشيد بموقع انجام پذيرفت.

در مواريكه از نوردهي تكميلي استفاده گرديد، سرعت رشد اوليه گياهك هاي حاصل از بذور به ۴ برابر افزايش يافت درحاليكه اندازه نهايي اين گياهان نيز داراي رشد ۳-۲ برابري بودند (۳).

نوردهي خاص رشد گياهان و جلبك ها :

نورهاي محيطي شامل مخلوطي از نورهاي قرمز و آبي مي توانند باعث افزايش كارآيي "بيورآكتورها" (bioreactors) شوند و بدينگونه انرژي مصرفي را كاهش دهند. قوي ترين جذب نور توسط كلروفيل در محدوده ۶۶۰ نانومتر يعني نور قرمز تيره و ۴۵۵ نانومتر يعني نور آبي صورت مي پذيرند.

ميله هاي (bars) قرمز و آبي در اينگونه لامپ ها بصورت جداگانه ساخته مي شوند و اين موضوع اجازه مي دهد تا نسبت نورهاي قرمز به آبي را بر اساس ضرورت فرآيندها تعيين گردند و هر زمان كه لازم باشد نسبت به تغيير آن اقدام گردد.

اين ميله ها داراي درجه بندي آزمايشگاهي هستند و براي امور علمي طراحي شده اند لذا محققين بر اساس طراحي هاي آزمايشي نسبت به انتخاب ميله هاي قرمز يا آبي جهت نوردهي تكميلي اقدام مي كنند (۱).

مهمترين ويژگي هاي لامپ هاي ميله اي عبارتند از :
الف) آنها جريان الكتريكي بسيار بالايی دارند. تاكنون نمونه هاي آزمايشي گوناگوني از گره هاي "ال اي دي" (LED nodes) داراي جريان الكتريكي بالا ساخته شده و به شيوه هاي مختلف مونتاژ گرديده اند. هدف از اينكار تدارك بهترين سيستم و نه ارزان ترين آنها بوده است.
ب) لامپ هاي "LED"آبي با طول موج ۴۵۵ نانومتر و قرمز با طول موج ۶۶۰ نانومتر براي پرورش جلبك ها (algae) و ساير گياهان كاربرد يافته اند درحاليكه اغلب مردم انواع ۴۷۰ نانومتر آبي و ۶۲۰ نانومتر قرمز را ترجيح مي دهند. اينگونه لامپ ها اختصاصاً براي تأمين روشنايي رشد طراحي شده اند و براي دكوراسيون مناسب نيستند (۱).
پ) قابليت تيرگي آسان (easy dimmable) :
با استفاده از تعديل كننده ها و يا كاهنده هاي جريان از جمله كاهنده هاي ولتاژ جريان مداوم مي توان به اينكار اقدام نمود. بدينطريق شدت هاي مختلف نور براي اهداف تحقيقاتي و دلايل بيولوژيكي فراهم مي گردند.
ت) كارآيي انرژي (energy efficient) :
كاربرد انرژي در "بيورآكتورها" بسيار گران است. اين ميله ها كه كارآيي بالايي دارند، به ازاي هر وات انرژي مصرفي داراي تشعشع بيشتري هستند لذا به هزينه هاي كمتري براي دستيابي به انوار آبي و قرمز مورد نياز رشد گياهان منجر مي گردند.
ث) طول عمر طولاني (long lived) :
اينگونه لامپ ها قبل از اينكه به كارآيي ۷۰ درصد نزول يابند، حدوداً ۴۰ هزار ساعت عمر مفيد دارند. عمر حقيقي (life time) آنها متفاوت است زيرا مردم آنها را در شرايط غير يكسان به خدمت مي گيرند. با اين وجود باور سازندگان بر آن است كه آنها بيش از ۷ سال دوام مي آورند.
ج) مقاوم به ماوراء بنفش (UV resistant) :
ويژگي مقاومت به UV باعث دوام آنها در مقابل نور خورشيد مي شود.
چ) ضد آب و غبار (waterproof & dust-tight) : اينگونه ابزارهاي روشنايي رشد را حتي مي توان با شوينده هاي پُر قدرت شستشو داد.
ح) هر ميله داراي ۲ فوت طول (۶۰ سانتيمتر) است و با ۲ بست و پيچ در محل مورد نظر محكم مي شوند.
خ) پذيرندۀ "ROHs" يا "كاهندۀ مواد مضر" (Reduction Of Hazardous substances):
در اين توليدات از مواد هادي استفاده نشده است. زمانيكه ۳ جفت از نمونه هاي آزمايشي آنها در آزمايشگاه علوم نور كشور كانادا آزمايش شدند آنگاه نمونه هاي قرمز (R1) و آبي (B1) انتخاب گرديدند سپس مدارها را براي كارآيي بيشتر بدون كاهش نور خروجي اصلاح نمودند (۱).
د) منبع انرژي (power supplies) :
ميله ها از منبع انرژي ۲۴ ولت DC استفاده مي كنند.

مهمترين ملاحظات انتخاب منبع انرژي مناسب عبارتند از :

@- اندازه (size) :

در مواردیکه براي نصب در سطوح کم وسعت استفاده مي شوند، توصيه مي گردد که منبع انرژي را ۲۵ درصد بزرگتر از ظرفيت مورد انتظار انتخاب نمايند. اين حاشيه امنيت باعث بر طرف شدن اشتباه در محاسبات، تطابق دستگاه ها و مقاومت مدار مي شود امّا براي سطوح وسيع تر مي توان طراحي را بگونه اي مهندسي و نصب نمود که ضمن دستيابي به نور کافي از اتلاف هزينه ها نيز کاسته گردد.

@@- در صورتيکه بر اساس نوع تحقيق و يا هر دليل ديگري خواهان کاهش نور در ضمن پرورش گياهان باشد، نيازمند تجهيزات اضافي است وليکن انرژي مصرفي کاهش مي يابد.

@@@- براي غير قابل نفوذ ساختن ميله ها نسبت به نور و غبار نيازمند تجهيزات اضافي و گرانتر مي باشد (۱).

«جدول۷) نتايج حاصل از نمونه هاي آزمايشي تحت نوردهي R1 و B1 (۱):»

فاکتورها	B1	R1
تعداد گره هاي LED در هر ميله	۶۶	۶۶
طول ميله (متر)	۱/۶۴۴	۱/۶۴۴
اوج جذب طول موج (nm)	۴۵۴/۱	۶۶۰/۴
ولتاژ (V DC)	۲۳/۷۸	۲۳/۸۲
جريان (A DC)	۱/۱۲۶	۱/۱۲۷
برق مصرفي (wattage)	۲۶/۷۸	۲۶/۸۵
کل تشعشع خروجي (وات)	۶/۲۳۷	۳/۷۶۳
کارآيی (انرژي مصرفي/ تشعشع خروجي) يا (mW/W)	۲۳۳	۱۴۰

معرفي بسته هاي نوردهي تكميلي "Growace" :

مهمترين بسته هاي نوردهي تكميلي شركت "Growace" عبارتند از :

۱) كيت نوردهي رشد ۴۰۰ وات
۲) كيت نوردهي رشد ۶۰۰ وات
۳) كيت نوردهي رشد ۱۰۰۰ وات
۴) كيت نوردهي رشد LED
۵) كيت نوردهي رشد فلورسنت
۶) لامپ هاي حبابي و متعادل كننده ها (ballasts & bulbs)
۷) ضمائم و لوازم يدكي نوردهي رشد (lighting accessories)
۸) مواد بازتابش (reflective material)
۹) سرپوش هاي رشد (grow lids)
۱۰) چادرهاي رشد (grow tents)، (۲).

منابع و مآخذ :

1) E.L. – 2012 – LEDs for algae and plant growth – http://www.environmentallights.com

2) GROWACE – 2013 – Grow lights – http://growace.com

3) INDA GRO – 2012 – supplemental greenhouse lighting systems – www.inda-gro.com

4) Peiler , K & et al – 2010 – Horticulture application : grow lights – OSRAM opto semiconductors ; http://www.osram-os.com

5) Wikipedia – 2013 – Growth light – http://en.wikipedia.org

" بذور کشاورزی تغییر یافتهٔ ژنتیکی " ؛
" Genetically modified seed یا GMs "

مقدّمه :

پرورش گياهان زراعي از هزاران سال پيش آغاز گرديده و بشر همزمان به اصلاح آنها از طرق مختلفي چون انتخاب ، دورگ گيري و هتروزيس و نهايتاً تكنولوژي انتقال ژن ها از منابع گياهي و غيرگياهي دست يافته است تا جائيكه اينك با مقوله هاي جديدي بشرح زير مواجه و همگام مي باشد :

الف) بذور تغييريافته ژنتيكي يا "GAs" (genetically altered seeds)

ب) غذاهاي تغييريافته ژنتيكي يا "GMf" (genetically modified foods)

پ) ارگانيزم هاي تغييريافته ژنتيكي يا "GMo" (genetically modified organisms)

ت) محصولات مهندسي ژنتيك يا "GEc" (genetically engineering crops)

ث) محصولات تغييريافته ژنتيكي يا "GMc" (genetically modified crops)

لذا در صدد بهره جوئي از آنها براي پاسخگويي به نيازهاي غذايي روزافزون جمعيت لجام گسيخته كره زمين بعنوان تنها شيوهٔ عملی و قابل دسترس موجود مي باشد (۷).

دانشمندان معتقدند كه براي رهايي بشر از گرسنگي گريبانگير بايد به ازاي هر نفر- روز به ميزان ۴/۳ پوند مواد غذايي توليد شود و فقر غذايي بشر امروز را متأثر از كمبود چنين توليداتي مي دانند درحاليكه آمارهاي جهاني توليد مواد غذايي نشان مي دهند كه مشكل گرسنگي جهاني بواسطه مقدار توليد مواد غذايي نيست بلكه بخاطر نابرابري ساكنين زمين در دستيابي به آنها مي باشد (۷).

معرفی محصولات تغییریافته ژنتیکی مناقشات بیشتری نسبت به معرفی بذور هیبرید در اواخر دهه ۱۹۲۰ میلادی برپا نمود زیرا معمولاً گروهی از کشاورزان ریسک پذیر و نوآور نسبت به پذیرش تکنولوژی های نوین از جمله بذور هیبرید و بذور GM اقدام می نمایند درحالیکه درصد بیشتری از کشاورزان از نگرش "انتظار و مشاهده" پیروی می کنند. این گروه کثیر خواهان تکنولوژی و دانش نوین هستند امّا طالب وثوق بیشتری برای خطرپذیری و سرمایه گذاری می باشند. تولیدکنندگان محصولات گیاهی همواره بدنبال افزایش عملکرد محصول، کاهش هزینه های تولید، صرفه جویی در نیروی انسانی مورد نیاز و حفاظت از محیط زیست نظیر کاهش مصرف سموم هستند (۳).

تاريخچه محصولات GM :

انسان از ۱۲ هزار سال قبل از ميلاد مسيح به اهلي كردن گياهان و حيوانات پرداخت كه اين عمل با اصلاح آنها به روش هاي زير همراه بوده است :

۱) روش انتخاب اصلح (selective breeding):
در اين روش به انتخاب ارگانيزم هاي حائز ويژگي مطلوب مي پردازند و ارگانيزم هاي داراي صفات نامطلوب را حذف مي كنند.

۲) روش مهندسي ژنتيك (genetic engineering):
در اين شيوه كه از سال ۱۹۷۳ ميلادي توسط "هربرت بوير" و "استانلي كوهن" ابداع گرديد، ژن ها مستقيماً توسط انسان دستكاري مي گردند. بدين ترتيب دانشمندان توانستند با حذف و يا افزايش ژن ها به واريته هايي از ارگانيزم هاي مختلف به مجموعه اي از صفات دست يابند. اين شيوه از سال ۱۹۷۶ ميلادي وارد مرحله تجارتي شد و توانست غذاها و داروهاي GM را توليد و بفروش برساند (۶).

زمانيكه مواد ژنتيكي از گونه هاي متفاوت به همديگر افزوده مي گردند آنگاه DNA حاصله را DNA "باز تركيب" (recombinant) و ارگانيزم حاصله را موجود ترانس ژنيك (transgenic) مي نامند. اولين DNA "باز تركيب" در سال ۱۹۷۲ ميلادي توسط "پاول برگ" ساخته شد (۶).

اولين گياهان GM تجارتي در سال ۱۹۹۶ ميلادي در موارد زير اصلاح گرديدند:
۱) گياهان مقاوم به گليفوسيت و گلوفوسينيت
۲) درختان پاپاياي مقاوم به بيماري ويروسي لكه حلقوي در هاوايي
۳) توليد گياهان حاوي ژن BT كه براي حشرات سمّي است امّا زياني براي پستانداران ندارد.
۴) توليد گياهان GM از جمله: جلبك ها ، ذرت ، صنوبر و "Jatropha" بمنظور تدارك سوخت هاي زيستي(۶).

در سال ۱۹۹۷ میلادی موفق به تولید بذور واریته های GM سویا شدند که مقاوم به علفکش راندآپ بودند. این بذور سریعاً در آمریکا و سایر کشورهای جهان مقبولیت یافتند. سطح زیر کشت سویای GM در سال های ۱۹۹۷، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ میلادی بترتیب ۲۰ درصد، ۵۷ درصد و ۵۴ درصد از کل مساحت آنرا در آمریکا بخود اختصاص داد. ذرت GM نیز در سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ میلادی بترتیب حدوداً ۳۳ درصد و ۲۵ درصد از کل سطح زیر کشت آنرا در آمریکا اشغال نمود (۳).

محصولات مهندسي ژنتيك (genetic engineering products) (GEp) براي كسب ويژگي هاي زير توليد مي شوند:
۱) مقاومت به آفات
۲) مقاومت به علفكش ها
۳) افزايش عناصر غذايي
۴) توليد محصولات ارزشمند نظير داروها

۵) مقاومت به تنش هاي محيطي نظير شوري و خشكي
۶) افزايش عمر انبارداري و دوام قفسه اي
۷) افزايش راندمان توليد
۸) توليد گياهانی كه براي داشتن برخي صفات مطلوب خاص طراحي مي گردند و موسوم به "cisgenesis" يا "intragenesis" می باشند.
۹) توليد گياهاني كه در روش توليد مثل جنسي مواجه با ژن هاي ناسازگار هستند (۶).

الف) بذور تغييريافته ژنتيكی :

همانگونه كه اوقات سال را در دنياي واقعي به چهار فصل مجزا يعني بهار ، تابستان ، پائيز و زمستان تقسيم بندي مي نمايند، متشابهاً مراحل مختلف سال را بر اساس فعاليت هاي زراعي به صورت زير دسته بندي كرده اند:

۱) دوره آماده سازي بستر (catalog time)
۲) دوره كاشت بذور (seeding time)
۳) دوره داشت (tending time)
۴) دوره برداشت (harvest time)
۵) دوره پاكسازي زمين (clean up time) (۱).

انواع بذور مورد استفاده در كشاورزي عبارتند از :

۱) بذور صفات موروثي (heirloom):

امروزه فقط ۶۰۰ واريته از گياهان داراي صفات موروثي در دسترس هستند درحاليكه تعداد آنها در سال ۱۹۸۱ ميلادي بيش از ۵۰۰۰ واريته بوده اند.

۲) بذور هيبريد (hybrid) :

بذور هيبريد فقط براي يكبار به بروز صفات مطلوب می انجامند و براي دفعات كاشت بعدي مناسب نيستند لذا بايد هر ساله از شركت هاي توليدكننده بذور خريداري شوند.

۳) بذور تغييريافته ژنتيكي (genetically modified):

بذور GM بگونه اي با مهندسي ژنتيك توليد مي گردند كه ژن هاي انتحاري بتوانند با عقيم سازي مانع بكارگيري مداوم آنها شوند (۱).

شش شركت معظم توليدكننده بذور GM جهان كه فروش ۹۸ درصد اينگونه بذور را سالانه در كنترل خويش دارند عبارتند از :

۱) "مونسانتو" (Monsanto)

۲) "سين جنتا" (Syngenta)

۳) "دوپونت" (Dupont)

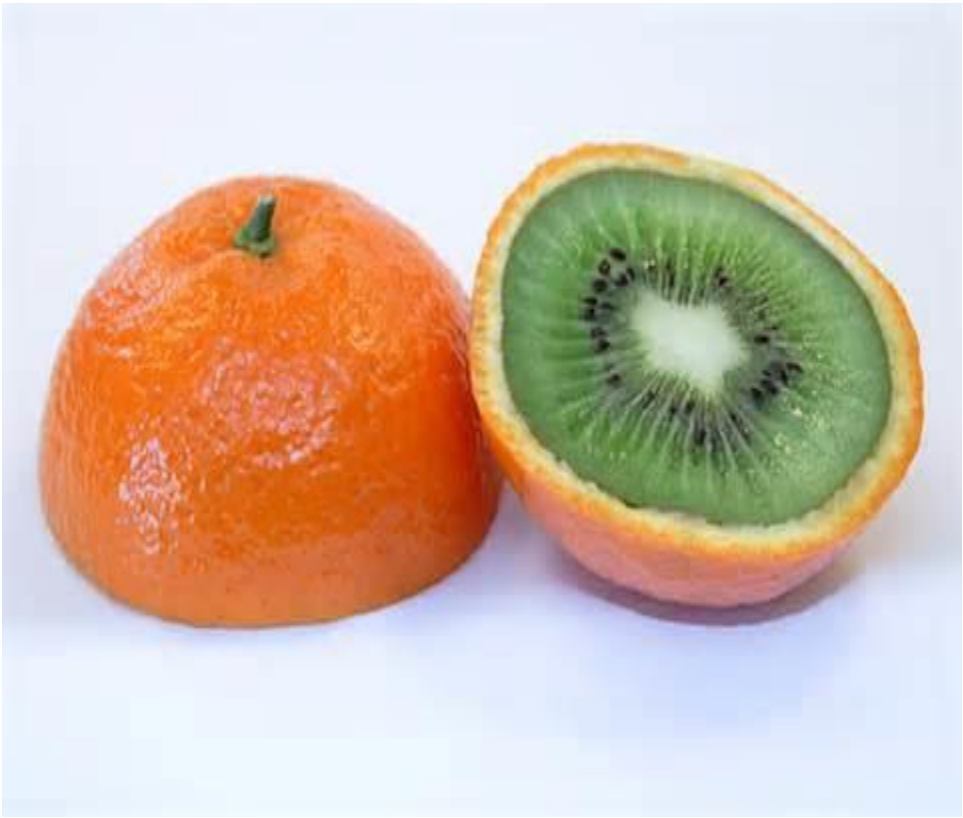
۴) "ميتسوي" (Mitsui)

۵) "آونتيس" (Aventis)

۶) "داو" (Dow) (۱).

شرکت های بیوتکنولوژی نظیر "مونسانتو" ادعا می کنند که بذور تغییریافته ژنتیکی تنها پاسخ برای پایان بخشی به گرسنگی جهانی ، حفاظت از محیط زیست و تقویت بنیه اقتصاد جهانی هستند. برخی از جنبه های دفاع از ایده تولید بذور GM عبارتند از :

۱) تغییر ژنتیکی فقط نوعی توسعه اصلاح سنتی گیاهان است:
اصلاح سنتی گیاهان به روش تلاقی دادن (cross breeding) دارای محدودیت هایی است. این روش بسیار آهسته صورت می پذیرد تا نهایتاً به بروز ویژگی های مطلوب منجر گردد امّا مهندسی ژنتیک اجازه می دهد تا چنین فرآیندی بسیار دقیق تر و سریع تر از طریق استخراج یک ژن مسئول یک ویژگی خاص و انتقال مستقیم آن در داخل DNA گیاه میزبان انجام پذیرد. تغییر ژنتیکی در جهت شکستن مرزهای طبیعی موجود بین گونه ای استفاده می گردد. بعنوان مثال : گیاه توت فرنگی و ماهی را بطور طبیعی نمی توان تلاقی داد امّا دانشمندان از طریق تغییر ژنتیکی قادر به برداشتن یک ژن مطلوب از ماهی و قراردادن آن در ژنوم توت فرنگی برای خلق یک موجود تازه با خواص مورد نظر هستند. تغییر ژنتیکی را می توان در گیاهان ، حیوانات و حتی انسان انجام داد. شرکت های بیوتکنولوژی اظهار می دارند که مهندسی ژنتیک عبارت از یک تغییر ساده بمثابه فرآیندهای اصلاحی سنتی است که توسط کشاورزان طی هزار سال وقوع می یافت (۷).



۲) محصولات تغییر یافته ژنتیکی دارای عملکرد بیشتری نسبت به محصولات سنتی هستند:
شرکت های بیوتکنولوژی ادعا می کنند که کشاورزان خواهان عملکرد بیشتری در هر هکتار هستند زیرا محصولات تغییریافته ژنتیکی قادر به تحمل (withstand) بهتر علفکش ها نسبت به محصولات سنتی می باشند (۷).
آزمایشات متعدد نشان می دهند که بذور GM علاوه بر اینکه دارای ویژگی های منحصر بفردی نظیر کنترل آفات و مقاومت به علفکش ها هستند، غالباً به عملکرد محصول بالاتری دست می یابند (۳).

۳) محصولات مهندسی ژنتیک (GEc) دارای بهره اقتصادی بیشتری می باشند:
با حذف یا کاهش مصرف علفکش ها از هزینه تولید محصولات کشاورزی کاسته می شود. با این وجود کشاورزان مجبور به خریداری مکرر و هرساله بذور مورد نیازشان می باشند که این موضوع بر میزان هزینه های تولید می افزاید. برخی منتقدان ابراز می دارند که کشاورزان کم زمین بواسطه عقد قراردادهایی که برای استفاده از بذور مهندسی ژنتیک (GEs) بمنظور افزایش تولید منعقد می کنند، دچار هزینه های بیشتری می گردند (۷).

۴) محصولات مهندسی ژنتیک برای انسان ها بی خطر هستند:
اگرچه زیانبخش بودن محصولات مهندسی ژنتیک (GEp) که تاکنون در فروشگاه ها عرضه می شوند، به اثبات نرسیده است امّا این موضوع به معنی بی خطر بودن آنها نیست. دانشمندان انجمن غذا و داروی آمریکا (FDA) با پذیرش تفاوت های ژنتیکی گیاهان GE ابراز می دارند که آنها از نظر ترکیبات غذایی مشابه گیاهان سنتی می باشند لذا ضرورتی بر انجام آزمایشات تعیین ایمنی آنها نیست. برخی افراد در تقابل اظهار می دارند که مصرف محصولات GE می تواند موجب بروز آلرژی شود، باکتری های مفید دستگاه گوارش انسان را به سبب تولید برخی آنتی بیوتیک ها نابود سازد ، بر ازدیاد باکتری های مقاوم به داروهای مرسوم بینجامد و بر میزان سموم در برخی غذاها بیفزاید (۷).

۵) هیچ مدرکی مبنی بر زیانبخشی محصولات GE برای محیط زیست موجود نمی باشد:
دانشمندان معتقدند که کاشت محصولات GE از مصرف سموم شیمیایی می کاهد لذا بقایای آنها در محصولات تولیدی و خاک ها کاهش می یابند امّا منتقدان اظهار می دارند که گیاهان GE از طریق دگرگشنی قادر به ظهور علف های هرز مقاوم به علفکش ها (super weeds) و حشرات مقاوم به آفتکش ها هستند. حدود ۷۰ درصد محصولات GE کنونی بمنظور مقاومت در برابر سموم شیمیایی اصلاح یافته اند لذا کاربرد سموم شیمیایی توسعه و لزوم بیشتری می یابند آنچنانکه زارعین بذور GM سویا حدوداً ۵-۲ برابر علفکش های بیشتری مصروف می دارند. بعلاوه محصولات گیاهی مهندسی ژنتیک نظیر ذرت BT که قادر به تولید آفتکش ها می باشند بعنوان جایگزین مطمئنی برای سمپاشی نمی باشند و کاربرد سموم مصرفی همچنان می توانند موجب مخاطراتی برای سلامتی انسان ها باشند (۷).

۶) محصولات GE می توانند موجب تقویت اقتصاد و تجارت خارجی شوند :
بزرگترین بازار تجارتی آمریکا در سیطره گندم های حاصل از مهندسی ژنتیک می باشد. در حدود ۵۰ درصد از گندم صادراتی آمریکا به اروپا و ژاپن ارسال می گردند. اتحادیه اروپا از سال ۱۹۹۸ میلادی تاکنون نسبت به تأئید بی خطر بودن محصولات GE مبادرت ننموده است. دولت ژاپن نیز نسبت به محدودیت های قانونی محصولات و غذاهای حاصل از GE اقدام کرده است (۷).

۷) امکان جلوگیری از آلودگی محصولات سنتی با GE وجود دارد:
دانشمندان برای جلوگیری از آلوده شدن محصولات سنتی از طریق دگرلقاحی با محصولات GE توصیه می کنند که اینگونه محصولات را با فاصله منطقی از همدیگر کشت کنند و آنها را بطور جداگانه انبار و حمل و نقل نمایند امّا تاکنون در مورد میزان فاصله مطمئنه بین مزارع آنها به توافق نرسیده اند و نمی دانند که عوامل اقلیمی نظیر باد را چگونه کنترل کنند (۷).

۸) آزمايش محصولات GE با دشواري هايي همراه است:
وزارت كشاورزي آمريكا (USDA) همانند اداره نظارت غذا و دارو (FDA) و آژانس حفاظت محيط زيست (EPA) با در نظر داشتن مشكلاتي كه براي انجام آزمايش محصولات GE وجود دارد و تشابهات تركيبات آنها با محصولات سنتي بر عدم الزام چنين آزمايشي اعتقاد دارد (۷).

۹) محصولات GE به گرسنگي جهاني پايان مي بخشند:
متخصصين بيوتكنولوژي ادعا مي كنند كه وجود گرسنگي بواسطه عدم توليد مواد غذايي كافي براي جمعيت جهان است درحاليكه برخی ديگر عقيده دارند كه مشكل واقعي گرسنگي از فقدان منابع كافي و عدم توزيع مناسب آنها منشأ مي گيرد (۷).

امروزه شركت هاي بزرگ بيوتكنولوژي جهان حريصانه در تعقيب تكنيك مهندسي ژنتيك موسوم به "ژن هاي نابودگر" (terminator) هستند كه محصولاتي با بذور عقيم توليد مي كنند بطوريكه كشاورزان امكان استفاده از بذور محصولات خويش براي كاشت در سال هاي آتي را نخواهند داشت. آمارها نشان مي دهند كه بيش از نيمي از كشاورزان جهان متكي به بذور ذخيره اي خويش هستند و بيش از ۱/۵ ميليارد نفر از مردم جهان بدينطريق تغذيه مي گردند كه در صورت استفاده از بذور ترميناتور دچار مشكلات عديده اي از جمله وابستگي دائم به بذور خواهند بود(۷).

بذور GM توسط فروشندگان خاص و بر اساس موافقت نامه هایی به پرورش دهندگان فروخته می شوند. این بذور دارای حق انحصاری (patent) هستند و هر گونه تخطی (violate) از موافقت نامه موجب پرداخت خسارت به مؤسسات بیوتکنولوژی تولیدکنندهٔ بذور GM خواهد بود ولیکن رعایت مقررات بر طبق قانون "پرداخت حق سهم" یا "evergreen" موجب بهره مندی پرورش دهندگان از خدمات و پیشرفت های بعدی خواهد بود (۳). شرکت "مونسانتو" از بودجه سالانه ۱۰ میلیون دلاري براي تعقيب قانوني كشاورزاني كه بدون عقد قرارداد از بذورشان استفاده می کنند، بهره می جوید (۱).

ب) مواد غذایی تغییریافته ژنتیکی :

بیوتکنولوژی غذا شاخه ای از علم مواد غذایی است که از دستاوردهای بیوتکنولوژی جدید برای بهبود تولیدات خوراکي بهره می گیرد. فرآیندهای بیوتکنولوژی می توانند به اصلاح مواد غذایی فعلي و یا تولید مواد غذایی جدید و انواع نوشیدنی ها در حیطه: صنایع تخمیری ، محیط کشت گیاهان و مهندسی ژنتیک بینجامند. سابقه بکارگیری بیوتکنولوژی غذا به هزاران سال قبل در دوره سومریان و بابلیان بر می گردد بطوریکه از مخمرها جهت تولید مواد غذایی بهره می گرفتند. استفاده از آنزیم های گیاهی نظیر مالت نیز از هزاران سال پیش مرسوم بوده اند (۵).

غذاهای تغییریافته ژنتیکی یا "GMf" (genetically modified food) عبارت از غذاهای حاصل از ارگانیزم هایی هستند که تغییراتی در DNA آنها از طریق مهندسی ژنتیک حاصل گشته اند. این روش اجازه می دهد تا صفات جدید را بخوبی شیوه های اصلاحی انتخاب (selective) و موتاسیون (mutation) ولی با سرعت و دقت بیشتر در موجودات زنده مورد نظر بصورت ژنتیکی اعمال نمود (۵). غذاهاي تغییریافته ژنتیکي حاصل روند بیوتکنولوژیکي بازترکیب DNA یا rDNA (recombinant DNA) هستند که اجازه مي دهد تا تولید ارگانیزمي با DNA جدید فراهم گردد و این روند در اثر مشارکت ژن هاي موجود در ارگانیزم ها حاصل مي آید (۲).

گیاهان مهندسی ژنتیک را در آزمایشگاه ها و از طریق تغییردادن ساختار ژنتیکی ایجاد می کنند سپس تحت آزمایشات متعدد جهت حصول اطمینان از ایجاد صفت مطلوب قرار می دهند. این عمل با افزودن یک یا چند ژن با کمک تکنیک های مهندسی ژنتیک حاصل می گردد. بسیاری از گیاهان تغییریافته ژنتیکی را با افزودن مستقیم ژن ها (gene addition) موسوم به کلون سازی (cloning) و یا کاهش ژن ها (gene subtraction) از طریق حذف یا غیر فعال سازی تولید می کنند. امروزه گیاهان اصلاح شده را از طریق مهندسی ژنتیک برای اهدافی نظیر : مقاومت به آفات و بیماری های قارچی و ویروسی ، مقاومت به علفکش ها ، تغییر مقدار عناصر غذایی ، بهبود مزه و بالابردن ویژگی انبارداری تولید می کنند. پس از اینکه یک گیاه مطلوب ایجاد گردید آنگاه به جمع آوری تعداد کافی از بذورش اقدام می کنند سپس بذور مزبور را برای انجام آزمایشات مزرعه ای ارسال می دارند. در صورت موفقیت آمیز بودن آزمایشات مزرعه ای متعاقباً نسبت به بازاریابی و فروش آنها به کشاورزان توسط شرکت تولیدکننده بذور از طریق تولید انبوه اقدام می شود (۵).

دانشمندان در سال ۱۹۴۶ میلادی کشف نمودند که DNA را می توان در میان ارگانیزم ها منتقل نمود. اولین گیاه تغییریافته ژنتیکی در سال ۱۹۸۳ میلادی با استفاده از یک بوته توتون مقاوم به آنتی بیوتیک ها صورت گرفت. گوجه فرنگی "Flavr savr" در سال ۱۹۹۴ میلادی توسط FDA با قابلیت تأخیر در رسیدگی پس از برداشت و بسته بندی تولید گردید. در سال ۱۹۹۵ میلادی به انتقال ژن در کلزا (کانولا) بمنظور تغییر ترکیبات روغن توسط شرکت "کالژن" (Calgene) و ژن BT از باکتری "باسیلوس تورینجینسیس" به ذرت توسط شرکت "سیبا گایگی" (Ciba-Gaigy) ، مقاومت توتون نسبت به علفکش "بروموکسینیل" توسط شرکت "کالژن" ، انتقال ژن BT به توتون و سیب زمینی توسط شرکت "مونسانتو" (Monsanto) ، مقاوم سازی سویا نسبت به علفکش گلیفوسیت توسط شرکت "مونسانتو" ، مقاوم سازی کدو حلوایی به بیماری های

ویروسی توسط شرکت های "مونسانتو- آسگرو" و تأخیر در رسیدگی گوجه فرنگی توسط شرکت های "دناپ" ، "زنکا- پتو" و "مونسانتو" انجام پذیرفت. دانشمندان در سال ۲۰۰۰ میلادی با ایجاد برنج طلایی موفق به تغییرات ژنتیکی مواد غذایی به منظور افزایش کیفیت عناصر غذایی برای نخستین دفعه شدند. ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۱۱ میلادی اقدام به انتشار اسامی ۲۵ محصول GM نمود که در چندین کشور جهان به صورت تجارتی پرورش می یافتند. در سال ۲۰۱۳ میلادی حدود ۸۵ درصد ذرت ، ۹۱ درصد سویا و ۸۸ درصد پنبه تولیدی در ایالات متحده آمریکا از انواع محصولات GM بوده اند (۵).

گیاه "پاپایا" (papaya) یا خربزه درختی برای مقاومت در برابر ویروس لکه حلقوی (ring-spot) تحت تغییر ژنتیکی قرار گرفت. امروزه ۸۰ درصد محصولات "پاپایا" در هاوایی از انواع GM می باشند لذا دیگر از شیوه های سنتی و یا ارگانیک برای کنترل بیماری ویروسی لکه حلقوی استفاده نمی گردد.
حدود ۱۳ درصد از کدو خورشتی های آمریکا در سال ۲۰۰۵ میلادی از انواع GM بودند که در برابر ۳ نوع بیماری ویروسی مقاومت داشتند. این محصول بزودی در کانادا نیز رواج یافت.
شرکت "اوکاناگان" در سال ۲۰۱۲ میلادی موفق به تولید ارقام سیب درختی GM مقاوم به قهوه ای شدن (browning) موسوم به سیب قطبی (arctic apple) شد و آنرا در کانادا و آمریکا رواج داد. در این ارقام ماده "پلی فنل اکسیداز" کمتری تولید می گردد زیرا ماده مذکور سبب بروز قهوه ای شدن می شود (۵).

ذرت های GM را برای مقاومت در برابر انواع علفکش ها و تولید پروتئین BT جهت کنترل برخی آفات اصلاح نموده اند. امروزه ۹۰ درصد ذرت های زراعی آمریکا از انواع GM می باشند.
ایالات متحده آمریکا حدود ۹۰ درصد نیازش به قندها را از طریق استحصال از چغندر قند و نیشکر داخلی تأمین می کند لذا در سال ۲۰۰۵ میلادی اقدام به تولید چغندرهای GM مقاوم به گلیفوسیت نمود بطوریکه ۹۵ درصد چغندرقند آمریکا در سال ۲۰۱۱ میلادی از انواع تغییریافته ژنتیکی بوده اند. امروزه از این گیاه

در استراليا ، كانادا ، كلمبيا ، اتحاديه اروپا ، ژاپن ، كره جنوبى ، مكزيک ، نيوزيلند ، فيليپين ، فدراسيون روسيه و سنگاپور كشت مي كنند (۵).

فروش تجارتى محصولات GM در مقوله رسيدگى گوجه فرنگى توسط شركت "كالژن" در سال ۱۹۹۴ ميلادى آغاز گرديد . توليد دام هاى GM نيز تحت آزمايشات تحقيقاتى قرار گرفتند اما تا سال ۲۰۰۰ ميلادى وارد بازار نشدند. دانشمندان متفق القول هستند كه محصولات غذايى حاصل از GM به هيچوجه بيش از محصولات سنتى باعث مخاطره سلامتى انسان نمى گردند (۵).

مؤسسه گواهي غذا و داروي آمريكا (FDA) گياهان حاصل از GM را "عموماً ايمن" يا "gras" (generally recognized as safe) عنوان كرده است لذا آنها نيازي به تأئيد شدن مجدد براي عرضه به بازار را ندارند (۲).

برخي از مواد غذايي نظير: شير ، تخم مرغ ، گندم ، ماهي ، آجيل هاي درختي ، بادام زميني ، سويا و صدف هاي دريايي حاوي پروتئين هاي حساسيت زا مي باشند لذا اگر چنين ژن هايي به مواد غذايي فاقد آنها منتقل شوند، بدليل خطرناك بودن براي بسياري از افراد جامعه مستلزم نصب برچسب هاي هشدار دهنده خواهند بود. بطور تقريبي حدود ۷۰-۶۰ درصد مواد غذايي كه در خرده فروشي هاي آمريكا عرضه مي شوند، حاوي تركيبات GM مي باشند. ايالات متحده در سال ۱۹۹۸ ميلادي در حدود ۴۵ ميليون ايكر از اراضي كشاورزي را به كاشت محصولات GM اختصاص داده بود كه نسبت به سال ۱۹۹۷ ميلادي تقريباً ۲۵ درصد افزايش داشت. از اين اراضي ۲۵ درصد به ذرت ، ۳۸ درصد به سويا و ۴۵ درصد به پنبه اختصاص دارند (۲).

سطح زير كشت محصولات GM در سراسر جهان در حدود ۶۹ ميليون ايكر در سال ۱۹۹۸ ميلادي بوده است كه فقط ۱۵ درصد آنها در كشورهاي در حال توسعه قرار داشتند. ماهي هاي قزل آلاي GM كه در سال ۲۰۰۰ ميلادي توليد شده اند حدوداً ۲ برابر اندازه انواع معمولي بوده و ۱۰ برابر سريعتر رشد مي كنند درحاليكه ۲۵-۱۰ درصد غذاي كمتري مصرف مي نمايند. اين ماهي ها عقيم هستند و در صورت گريز از محيط هاي پرورش قادر به تكثير در طبيعي نمي باشند (۲).

بر طبق آمارهاي FDA و USDA تاكنون بيش از ۴۰ واريته گياهي پس از تغييرات ژنتيكي به جرگه گياهان اقتصادي پيوسته اند كه برخي از آنها نظير:
۱) گوجه فرنگي و طالبي از نظر ويژگي هاي رسيدگي
۲) سويا و چغندر قند از نظر مقاومت به علفكش ها
۳) ذرت و توتون از نظر مقاومت به آفات مي باشند (۴).

در حدود ۳۰ كشور جهان اقدام به كاشت مجدّانه محصولات مهندسي ژنتيك در سال ۲۰۰۰ ميلادي نمودند بطوريكه ۶۸ درصد آنها در ايالات متحده آمريكا صورت پذيرفته اند و كشورهاي آرژانتين ، كانادا و چين بترتيب ۲۳ درصد ، ۷ درصد و ۱ درصد از سهم مابقي را در اختيار دارند. ساير كشورهاي فعال در اين زمينه عبارت از: استراليا ، بلغارستان ، فرانسه ، آلمان ، مكزيك ، روماني ، آفريقاي جنوبي ، اسپانيا و اروگوئه هستند (۴).

سويا و ذرت از عمده ترين گياهان GM با ۸۲ درصد كل گياهان زراعي تغييريافته ژنتيكي در دنيا مي باشند و گياهاني نظير: توتون ، كلزا (كانولا) و سيب زميني در رتبه هاي بعدي قرار دارند بطوريكه :
۱) ۴۷ درصد آنها بمنظور تحمل علفكش ها
۲) ۱۹ درصد براي مقاومت به آفات
۳) ۷ درصد براي هر دو مورد فوق الذكر دچار تغييرات ژنتيكي گرديده اند (۴).

سطح زير كشت محصولات GM در طي ۵ سال اخير حدوداً ۲۵ برابر شده و از ۴/۳ ميليون ايكر در سال ۱۹۹۶ ميلادي به ۱۰۹ ميليون ايكر در سال ۲۰۰۰ ميلادي رسيده است كه ۹۹ ميليون ايكر از اين مقدار فقط در ايالات متحده آمريكا و آرژانتين واقع هستند (۴).

فواید مواد غذایي GM :

جمعیت کنونی جهان افزون بر ۶ میلیارد نفر است که تا ۵۰ سال دیگر به ۲ برابر افزایش خواهد یافت لذا تأمین غذا برای چنین جمعیت عظیمی بسیار دشوار خواهد بود. بنابراین مواد غذایی GM به روش های زیر می توانند نویدبخش آینده باشند:

۱) مقاوم به آفات گیاهی :
خسارات آفات می تواند موجب خُسران مالی کشاورزان گردد لذا هر ساله هزاران تن از سموم آفتکش برای کاهش صدمات آفات مصرف می شوند. مصرف سموم کشاورزی باعث آلودگی محیط زیست و تهدید سلامتی انسان ها از طریق بقایای موجود در محصولات می شود درحالیکه تولید ذرت BT می تواند از کاربرد سموم شیمیایی و در نهایت هزینه های مصرفی بکاهد (۴).

۲) تحمل علفکش ها :
بدینطریق کشاورزان می توانند بدون نیاز به شیوه های مکانیکی و پُر هزینه کنترل علف های هرز به کاربرد مقادیر زیاد علفکش ها (weed killer یا herbicide) اقدام نمایند و هیچگونه ترسی از آسیب دیدن محصول نداشته باشند. بعنوان مثال: شرکت "مونسانتو" اقدام به تولید نژادهایی از سویای تغییریافته ژنتیکی نموده است که از علفکش راندآپ آسیب نمی بینند و بدین ترتیب پس از کاشت محصول برای کنترل علف های هرز فقط نیازمند یکبار پاشیدن علفکش مذکور در سطح مزرعه خواهند بود (۴).

۳) مقاوم به بیماری های گیاهی:
متخصصین اصلاح نباتات تلاش می کنند تا گیاهانی مقاوم به ویروس ها و باکتری های عامل بیماری های گیاهی تولید نمایند (۴).

۴) تحمل سرما :
ژن های ضد یخزدگی در ماهیان آب های بسیار سرد را به گیاهانی نظیر توتون و سیب زمینی انتقال داده اند تا در اثر یخبندان ها آسیب نبینند (۴).

۵) تحمل شوری و خشکی :
امروزه در بسیاری از مناطق نامساعد جهان اجباراً به کاشت گیاهانی اقدام می گردد که نسبت به دوره های خشکی و مقدار نمک موجود در آب آبیاری متحمل هستند (۴).

۶) تأمین مواد مغذی :

سوء تغذیه (malnutrition) در بسیاری از کشورهای جهان به سبب اتکای مردم به یک محصول غذایی خاص وقوع می یابد. مثلاً برنج معمولي دارای مقادیر کافی از انواع مواد غذایی جهت جلوگیری از سوء تغذیه نیست ولیکن برنج های تغییریافته ژنتیکی به اندازه کافی حاوی ویتامین ها، عناصر معدنی و مواد غذایی جهت تسکین نیازهای غذایی افراد کم بضاعت بویژه روستائیان می باشند. همچنین ارقامی از برنج طلایی (golden rice) حاوی مقادیر کافی از بتاکاروتن می باشند که در داخل بدن به ویتامین A تبدیل شده و از کوری اشخاص جلوگیری بعمل می آورند. این نوع برنج که توسط بنیاد "راکفلر" برایگان توزیع گردیده است، حاوی مقادیر کافی از عنصر آهن نیز می باشد (۴).

۷) جنبه های داروئی :

تولید داروها و واکسن ها بسیار پُر هزینه هستند و گاهاً نیازمند شرایط ویژه ای جهت ذخیره سازی می باشند لذا پژوهشگران اقدام به تولید واکسن های خوردنی (edible vaccine) بعنوان بخشی از ترکیبات سیب زمینی و گوجه فرنگی نموده اند. آنها آسانتر از واکسن های تزریقی حمل و نقل ، انبار و تجویز مي گردند(۴).

۸) گیاه پالایی :

تمامی گیاهان GM بمنظور تولید محصولات کاشته نمی شوند. آلودگی های دامنه دار خاک ها و آب های زیرزمینی از معضلات دنیای مدرن محسوب می شوند و آنها را می توان با کاشت گیاهان خانواده صنوبر (poplar) که توسط مهندسی ژنتیک اصلاح گردیده اند، از آلودگی هایی نظیر فلزات سنگین پاکسازی نمود(۴).

اهمیت گیاهان GM در کنترل علفهای هرز:

علف های هرز موجب کاهش عملکرد محصولات و افزایش هزینه های تولید می گردند. گیاهان هرز باعث سایه اندازی بر گیاهان زراعی می شوند و آنها را از رطوبت، عناصر غذایی و نور کافی محروم می سازند و بدینگونه محدودیت هایی در روند رشد و نمو آنها ایجاد می کنند. علف های هرز باعث آلودگی بذور در حین برداشت محصول می گردند و اثرات زیانبخشی بر انسان ها و حیوانات برجا می گذارند. کشاورزان برای قرن های متمادی در ستیز با علف های هرز از طرق مکانیکی و زراعی (وجین دستی، گیاهان پوششی، آتش زدن) و اخیراً به شیوه های شیمیایی (علفکش ها) بوده اند. این استراتژی ها برای دهه ها مطرح بوده و همچنان کاربرد دارند. کاشت هراکش ، افزایش تراکم ، کاهش فاصله ردیف های کاشت و انتخاب نوع محصول از دیگر استراتژی های کنترل زراعی علف های هرز می باشند (۳).

در تمامی روش های کنترل مرسوم علف های هرز بر بحرانی بودن زمان کنترل آنان تأکید می گردد زیرا گیاهچه ها آسانتر از گیاهان هرز رشدیافته کنترل می شوند. شرایط اقلیمی می تواند در کارآیی عملیات کنترل سنتی علف های هرز تأثیر بگذارند. انتقال یا درج ژن های مقاومت به علفکش از یک گونه گیاهی به ارقام مطلوب از آخرین تکنولوژی ها برای اصلاح گیاهان بمنظور مقاومت در برابر علفکش ها است. در چنین مواردی از علفکش های غیر انتخابی خاص می توان به کنترل علف های هرز بدون خسارت دیدگی محصول اقدام ورزید (۳).

علفکش راندآپ اصلی ترین علفکشی است که گیاهان زراعی نظیر ذرت و سویا را نسبت به آن مقاوم ساخته اند لذا اینگونه گیاهان را غالباً "راندآپ پذیر" (roundup ready) می نامند. تکنولوژی تولید گیاهان "راندآپ پذیر" توانست انقلابی در کنترل علف های هرز بوجود آورد. از این تکنولوژي فقط بعنوان یکی از ویژگی های قابل قبول در پرورش ذرت و سویا بهره مي برند درحالیکه هر گونه استفاده اشتباهی علفکش راندآپ بر گیاهان زراعی معمولی و یا بروز دریفت این علفکش بر اراضي عادي مجاور موجب صدمات جبران ناپذیري خواهد شد (۳).

اهمیت گیاهان GM در کنترل آفات:

آفات موجب معضلاتی برای محصولات و پرورش دهندگان آنها از آغاز رواج کشاورزی تاکنون بوده اند. حشرات از راه های مختلف به گیاهان آسیب می رسانند. آنها از بافت های مختلف گیاهان در ضمن فصل رشد تغذیه می کنند و به محصولات انباری خسارت وارد می کنند. برای کنترل حشرات همانند کنترل علف های هرز از شیوه های مکانیکی، زراعی، شیمیایی و اخیراً محصولات تغییریافته ژنتیکی بهره می برند.
شیوه کنترل شیمیایی از تأثیرات قابل قبولی برخوردار است. این شیوه گواینکه از صدها سال قبل کاربرد داشته ولیکن بعد از جنگ جهانی دوّم شیوع گسترده ای یافته است. کاربرد آفتکش های شیمیایی باعث جلب توجه بشر به اثرات آنها بر انسان، دام ها، حیات وحش و محیط زیست گردید. از آفتکش ها معمولاً در اراضی وسیع استفاده می شود ولیکن اثرات آنها علاوه بر آفات بر حشرات مفید نیز واقع می شوند. با درک چنین معضلاتی بود که نظریه کنترل تلفیقی آفات یا "IPM" (Integrated Pest Management) مطرح گردید. بر این اساس نظاره گری مزرعه (field scouting) برای تعیین حد اقتصادی (economic threshold) خسارات آفات ضرورت یافت تا لزوم کنترل آفات مبتنی بر میزان خسارات واقع گردد (۳).

تولید گیاهان تغییریافته ژنتیکی از شیوه های مدرن کنترل آفات بدون نیاز به سمپاشی و کاربرد آفتکش های شیمیایی است. تولید گیاهان BT با ژن های انتقالی از باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" توانست بسیار مؤثر باشد زیرا ژن انتقال یافته موجب تولید یک ماده سمّی از نوع پروتئین شبه کریستال (crystal-like) موسوم به "پروتئین مرگ آور" (cry protein) می گردد که برای حشرات هلاکت زا است. تولید ذرت های BT موجب توسعه کاشت این محصول در نواحی کمربند ذرت (corn belt) آمریکا برای کاهش خسارت ساقه خوار ذرت با نام علمی "Ostrinia nubilalis" گردید زیرا آفت مذکور موجب میلیون ها بوشل خسارت سالانه بر محصول ذرت می گردید. خسارات این آفت که از ساقه ها و برگ ها آغاز و به بلال ها و دانه ها ادامه می یابد، غالباً از چشم زارعین پنهان می مانند.
تخمین می زنند که حضور یک لارو ساقه خوار اروپایی ذرت (ECB) بر هر بوته می تواند بیش از ۵ درصد خسارت ببار آورد. آفتکش های شیمیایی فقط قادر به کنترل ۹۰-۵۰ درصد لاروهای ECB در مزرعه می باشد درحالیکه ذرت های BT می توانند به کنترل لاروهای ECB بمیزان ۹۹ درصد از اوایل مراحل لاروی در تمامی مراحل رشد گیاه ذرت منجر گردند (۳).

استفاده از ذرت های BT دارای محاسن زیر بوده است :
۱) کنترل عالی لاروهای ساقه خوار اروپائی ذرت
۲) کاهش مصرف آفتکش های شیمیایی
۳) تضمین عملکرد محصول
۴) عدم نیاز به نظاره گری و تعیین حد خسارت اقتصادی
۵) کاهش عارضه پوسیدگی ساقه و خوشه ذرت منبعث از خسارت ECB
۶) عدم خسارتزایی به حشرات مفید و حیات وحش
۷) کنترل آفاتی نظیر "دانه خوار ذرت" (ear worm) و برگخوار ذرت (army worm) (۳).

مضرات مواد غذايي GM:

موضوع مواد غذايي تغييريافته ژنتيكي (GMf) و ارگانيزم هاي تغييريافته ژنتيكي (GMo) منتسب به محصولاتي هستند كه براي مصارف انسان و حيوانات از طريق تكنيك هاي بيولوژي مولكولي خلق گرديده اند. اين گياهان در آزمايشگاه ها براي ايجاد ويژگي هاي مطلوب نظير مقاومت به علفكش ها و يا بهبود عناصر غذايي آنان توليد مي شوند. بعنوان مثال: متخصصين ژنتيك گياهي قادر به جداسازي ژن هاي مسئول تحمل گياهان به خشكي و جايگزيني آن در ساير گياهان مي باشند تا به ويژگي تحمل به خشكي دست يابند. در اين طريق مي توان ژن هاي مطلوب را از گياهان ، حيوانات و ساير موجودات زنده برگزيد و به ديگران انتقال داد آنچنانكه ژن هايي را از باكتري "باسيلوس تورينجينسيس" يا "BT" (Bacillus thuringiensis) انتخاب وبه ذرت و محصولات ديگر منتقل نموده اند. اين ژن مي تواند به توليد پروتئين هاي كريستاله بپردازد كه براي لاروهاي بسياري از حشرات مرگ آور هستند (۴).

مواد غذايي تغييريافته ژنتيكي اخيراً سروصداي زيادي بپا كرده اند زيرا برخي معتقدند كه اينگونه گياهان از جمله پولن هاي ذرت GM مي توانند بر موجودات زنده اي چون زنبورها و پروانه ها ايجاد تغييرات ژنتيكي نمايند. بهرحال بنظر مي رسد كه فعالان محيط زيست ، سازمان هاي مذهبي ، جوامع حرفه اي ، دانشمندان و مسئولين حكومتي هر كدام بطور جداگانه داراي نظرات متفاوتي در مورد گياهان GM مي باشند و بر صحّت نظراتشان شديداً پافشاری می کنند بطوريكه شاهزاده ولز و حكومت واتيكان نيز نظريات خويش را پنهان نمی دارند. مهمترين اين نظرات عبارتند از:

۱) مخاطرات زيست محيطی :
۱-۱- تحقيقات نشان می دهند كه گرده های ذرت BT باعث تلفات عديده ای در لاروهای پروانه سلطنتي (monarch butterfly) می شوند. لارو اين پروانه ها از گياه استبرق (milkweed) تغذيه می كنند امّا احتمال دارد كه از گرده های ذرت كه بر روی استبرق انتقال يافته اند، تغذيه نموده و به هلاكت برسند (۴).

۱-۲- بسياری از پشه ها نسبت به آفتكش ممنوعه DDT مقاوم شده اند. همچنين گزارشاتی از مقاومت آفات نسبت به ژن BT و ساير محصولات مشابه وجود دارند (۴).

۱-۳- برخی از گياهان زراعی كه در اثر تغييرات ژنتيكی از خصيصه مقاومت به علفكش ها بهره مندند، توانسته اند در اثر تلاقی با علف های هرز به انتقال ژن های مقاومت به آنها موفق گردند و علف های هرز مقاوم موسوم به "super weed" را بوجود آورند. همچنين در اثر تلاقی های ناخواسته ممكن است برخی از ژن های نامطلوب به محصولات GM وارد گردند (۴). پژوهش های انجام گرفته در اروپا نشان می دهند كه كاشت بذور GM مقاوم به علفكش راندآپ باعث افزايش علف های هرز مقاوم به علفكش مذكور از جمله شلغم وحشی در مزارع كلزا گرديده است (۳).

۱-۴- دخالت گياهان GM در ثبات و تعادل طبيعی از موضوعاتی است كه برخی منتقدين در اين رابطه مطرح می سازند آنچنانكه كشاورزی ايالات متحده برای سال های متمادی بر مديريت تلفيقی محصولات گياهی

متمرکز بود مثلاً برای کنترل کرم ساقه خوار ذرت در برخی سال ها اقدام به مبارزه شیمیایی می شد ولي گاهاً از آن صرف نظر می گردید درحالیکه تولید ارقام ذرت BT گواینکه از ضرورت کنترل شیمیایی جهت کاهش خسارات ساقه خوار ذرت کاست امّا محققان دانشگاه های "آیوا" و "کورنل" آمریکا نشان دادند که کاشت ذرت BT اولاً موجب ظهور کرم های ساقه خوار ذرت مقاوم به اثرات کشندگی این بذور می گردند و ثانیاً گرده های پخش شدهٔ ذرت BT باعث مرگ بسیاری از لارو پروانه ها می شوند (۳).

۱-۵- انتقال ژن های نابودگر یا "ترمیناتور" از گیاهان GM به گیاهان سنتی می تواند موجب معضلات زیست محیطی و کاهش منابع ژنتیکی موجود مي گردد. چنین وقایعی تاکنون در مورد ذرت (مکزیک) و سویا (چین) گزارش شده اند(۳).

۲) مخاطرات سلامتی انسان :
بسیاری از کودکان اروپایی و آمریکایی نسبت به بادام زمینی و سایر محصولات مشابه آلرژی دارند لذا انتقال ژن های جدید به این محصولات ممکن است به بروز حساسیت های جدید بینجامد. مثلاً طرح انتقال یک ژن مطلوب از بادام درختی برزیلی (brazil nut) به سویا اخیراً لغو گردید زیرا احتمال ایجاد آلرژی وجود داشت(۴).

۳) خسارات اقتصادی :
تولید محصولات GM نیازمند هزینه و زمان است لذا شرکت های بیوتکنولوژی باید از سودآوری فعالیت های خویش مطمئن گردند. بسیاری از محققین اظهار نگرانی می کنند که بهای نسبتاً زیاد بذور GM باعث می شود که کشاورزان خُرده پا از عهده خریداری آنها برنیایند و بدینطریق بر شکاف اقتصادی موجود افزوده گردد. بسیاری از شرکت های تولیدکننده بذور GM ادعا مي کنند کشاورزانی که از طرق نامشروع به تهیّه بذور GM می پردازند، از پرداختن سهم شرکت خودداری می ورزند لذا با ایجاد ژن های انتحاری (suicide

gene) یا نابودگر (terminator) در اینگونه گیاهان باعث شده اند که بذور GM فقط برای یک فصل زراعی قابل کشت باشند و با تولید بذور عقیم از امکان بکاررفتن مجدد عاجز گردند (۴).

محدودیت های کاربرد ذرت BT عبارتند از :
فرمولاسیون های مختلف BT به مدت بیش از ۳۰ سال بصورت غیر ترانس ژنیک استفاده می گردند. بسیاری از نژادهای BT به تولید بیش از ۶۰ نوع پروتئین مرگ آور (cry protein) می پردازند و بدینطریق می توانند برخی حشرات نظیر سوسک ها، مگس ها و پشه ها را با وجو محدودیت هاي زیر کنترل کنند :

۱) در مواقعیکه جمعیت ساقه خوار اروپایی ذرت یا "ECB" (European Corn Borer) در منطقه کم است نمی تواند پاسخگوی قیمت بذور BT باشد.
۲) در صورتیکه بذور BT از کنترل خارج گردند، می تواند به سایر حشرات آسیب برساند.
۳) هرگاه تمامی مزارع زیر کشت گیاهان را به بذور BT اختصاص دهند آنگاه موجب نابودی حشرات مفید خواهند شد لذا توصیه می گردد که هرگز بیش از ۸۰ درصد اراضی را به بذور BT تخصیص ندهند (۳).

نظارت بر مواد غذایی GM :

بسیاری از دولت ها در تلاش برای قانونمند ساختن نظارت بر زراعت گیاهان GM و اصلاح واریته های جدید می باشند ولیکن این موضوع به مسائل اقتصادی ، اجتماعی ، اقلیمی و سیاسی متعددی وابسته است بطوریکه هر کشوری را به واکنش ویژه ای وادار ساخته است.

کشور ژاپن هر گونه آزمایش اثرات محصولات GM را بر سلامتی مردم از سال ۲۰۰۱ میلادی اجباری ساخت و مرتباً در مورد مصرف اینگونه محصولات به مردم هشدار می دهد.

کشور هندوستان نسبت به پژوهش در مورد گیاهان GM بسیار مشتاق است امّا تولید و عرضه چنین محصولاتی در این کشور تاکنون مجاز نشده است. بهرحال هندوستان بواسطه فقر مردم و ازدیاد شدید جمعیت کشور نسبت به بکارگیری گیاهان GM شدیداً نیازمند می باشد.

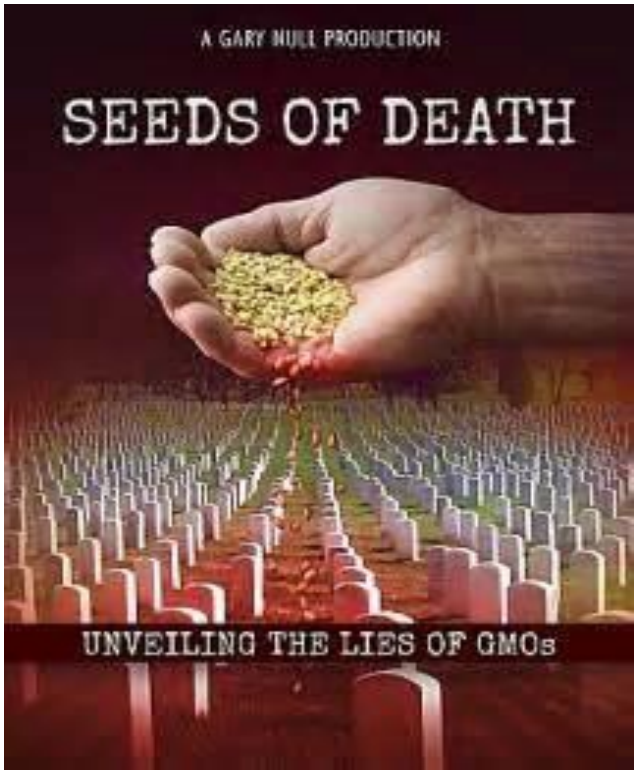
کاشت گیاهان GM در بسیاری از ایالات برزیل کاملاً ممنوع است بطوریکه سازمان دفاع از مصرف کنندگان در همیاری با سازمان صلح سبز از توسعه گیاهان GM ممانعت بعمل می آورد (۴).

معترضین مواد غذایی GM بویژه در اروپا بسیار فعالند زیرا تجربه هايي نظیر شیوع بیماری جنون گاوی (mad cow) را در بریتانیا و آلودگی مواد غذایی به ماده "دیوکسین" (dioxin taint) را در بلژیک داشته اند. جامعه اروپا (EC) اقدام به برچسب زدن مواد غذایی با حداقل ۱ درصد آلودگی به محصولات GM می

نماید. ایالات متحده آمریکا در مورد غذاهای GM بسیار حیران مانده است زیرا ۳ آژانس مختلف مسئول قانون گذاری محصولات GM می باشند و با این وجود اداره محیط زیست (EPA) آنرا برای محیط زیست کاملاً بی خطر می داند و وزارت کشاورزی (USDA) پرورش آنرا ایمن می انگارد و مؤسسه نظارت بر غذا و دارو (FDA) مصرف آنرا مطمئن اعلام نموده است (۴).

برچسب زدن مواد غذایی GM از موضوعات مناقشه انگیز کنوني می باشد. صنایع کشاورزی معتقدند که برچسب زدن باید بصورت اختیاری و برحسب تقاضای فروشگاه های عرضه کننده کالا انجام پذیرد درحالیکه گروه های طرفدار مصرف کنندگان خواهان اجباری شدن برچسب زدن محصولات GM هستند. آنها عنوان می کنند که مصرف کنندگان حق دارند که از آنچه می خورند، آگاهی داشته باشند. FDA معتقد است که محصولات تولیدی GM بصورت خالص عمدتاً ایمن و بدون نیاز به برچسب هستند ولیکن مواد افزودنی باید در برچسب ها ذکر شوند. آنها عنوان می کنند که محصولات GM از نظر ترکیبات شیمیایي کاملاً مشابه محصولات سنتی هستند لذا نیازی به سخت گیری نیست (۴).

موافقت نامه تجارت جهانی (ITA) در سال ۲۰۰۰ میلادی توسط ۱۳۰ کشور جهان از جمله ایالات متحده آمریکا بعنوان بزرگترین تولیدکننده گیاهان GM به امضاء رسید و طبق آن تمامی کشورهای مزبور متعهد گردیدند که نسبت به برچسب زدن محصولات GM صادراتی اقدام ورزند. بر این اساس کشورهای وارد کنندهٔ محصولات تغییریافته ژنتیکی حق دارند در مواردیکه محصولات مذکور را برای سلامتی مردم مضر بدانند، نسبت به عودت آنها به مبدأ اقدام کنند (۴).



پ) ارگانیزم های تغییریافته ژنتیکی :

ارگانيزم هاي تغييريافته ژنتيكي يا "GMo" (genetically modified organisms) از طريق تكنيك هاي مهندسي ژنتيك دچار تغييرات مواد ژنتيكي گرديده اند. ارگانيزم هايي كه دچار تغييرات ژنتيكي شده اند شامل : باكتري ها ، مخمرها ، حشرات ، گياهان ، ماهي ها و پستانداران هستند. ارگانيزم هاي تغيير ژنتيك يافته بعنوان منابع غذاهاي GM بشمار مي آيند (۶).

تغييرات ژنتيكي ارگانيزم ها مستلزم موارد زير مي باشند :
۱) موتاسيون ژني (mutation)
۲) حذف ژني (deletion)
۳) درج ژني (insertion) (۶).

درج ژني معمولاً از گونه هاي متفاوت بفرم انتقال افقي ژن (horizontal gene transfer) صورت مي پذيرد. اين موضوع در طبيعت زماني رُخ مي دهد كه DNA خارجي به هر دليل بتواند بدرون غشاء سلولي نفوذ يابد امّا براي اجراي آن بصورت مصنوعي نيازمند شيوه هاي زير مي باشند :
۱) اتصال ژن ها به يك ويروس
۲) درج فيزيكي DNA خارجي به هسته سلول ميزبان به كمك سرنگ هاي بسيار كوچك
۳) استفاده از روش الكتروپوريشن (electroporation) كه در اين روش DNA مورد نظر را از يك ارگانيزم برداشته و به داخل سلول ميزبان به كمك پالس هاي الكتريكي (امواج ضرباني) منتقل مي سازند.
۴) بصورت ذرات شليك شدني (particles fired) بسيار ريز با استفاده از تفنگ ژني (gene gun)
۵) روش به خدمت گرفتن انتقال دهنده هاي طبيعي ژن هاي گياهي نظير "آگروباكتريوم"
۶) روش بكارگيري ويروس هاي آهسته گستر (lentivirus) در انتقال ژن ها به سلول هاي جانوري (۶).

از ارگانيزم هاي GM براي پژوهش هاي بيولوژيكي و دارويي ، توليد داروها ، مواد آزمايشگاهي جهت ژن تراپي و موارد كشاورزي نظير توليد برنج طلايي و گياهان مقاوم به علفكش ها استفاده مي كنند (۶).

مسئولیت هدایت و پشتیبانی پژوهش ارگانیزم های GM در ایالات متحده آمریکا علاوه بر دولت مزبور بر عهده بخش های خصوصی زیر می باشد :

۱) بنیاد ملی علوم یا NSE (National Science Foundation)
۲) وزارت کشاورزی آمریکا یا USDA (US Department of Agriculture)
۳) وزارت انرژي آمریکا یا DoE (Department of Energy)
۴) مؤسسه ملی بهداشت یا NIH (National Institute of Health)
۵) صنعت بذر (Seed industry)
۶) شرکت های شیمی کشاورزی (Agrichemical companies)
۷) بنیاد راکفلر (Rockefeller foundation)
۸) بنیاد فورد (Ford foundation)
۹) بنیاد مَکنایت (McKnight foundation)
۱۰) طرح توسعه ذرت آیوا (Iowa corn promotion board)
۱۱) اتحادیه ملی پرورش دهندگان ذرت (National corn growers association)
۱۲) طرح توسعه سویای آیوا (Iowa soybean promotion board)
۱۳) طرح سویای ایالتی (united soybean board) (۳).

منابع و مآخذ :

1) GCMGA – 2010 – Seeds : heirloom , hybrid and genetically modified – Jackson County Master Gardener Association
2) Schneider , K.R & et al – 2007 – Genetically modified food – University of Florida
3) TAFB – 2000 – Genetically and non_genetacally modified crops , how they are created , produced and marketed – Tokyo Agro_Forum Bulletin
4) Whitman , D.B – 2000 – Genetically modified foods : harmful or helpful ? – CSA Discovery Guides
5) Wikipedia – 2014 – Genetically modified food – http://en.wikipedia.org
6) Wikipedia – 2014 – Genetically modified organism – http://en.wikipedia.org
7) WORC – 2014 – Genetically modified crops – http://www.worc.org
8) http://www.merriam-webster.com/dictionary
9) http://farsilookup.com

" سيب زمينى برگ جديد " ؛
" NewLeaf Potato"

مقدّمه :

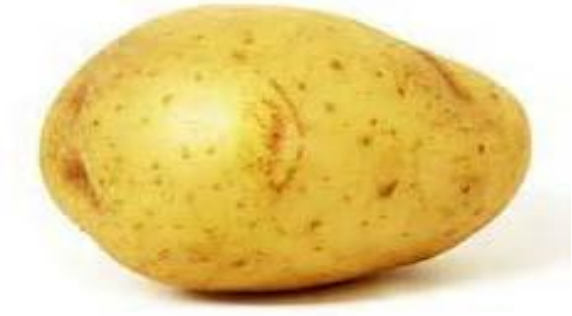
نام : سيب زميني (solanum tubersum)
والدين : "Russet Burbank" و ساير واريته هاي برتر
مبدأ : مكزيك و منطقه آمريكاي جنوبي

فاكتورهاي سمّي و آلرژيك :
مواد سمّي (toxicant) كه بصورت طبيعي در غده هاي سيب زميني توليد مي گردند شامل : "گليكو آلكالوئيدها" (glycoalkaloids) ، سولانين (solanine) و چاكونين (chaconine) هستند كه در انواع برگ جديد نيز در حد سطوح استاندارد سيب زميني هاي پيشين موجودند.

ويژگي خاص :
مقاومت در برابر آفت سوسك كلرادو سيب زميني (CPB)

روش ايجاد ويژگي :
انتقال ژن Bt با ميانجيگري "آگروباكتريوم" (agrobacterium)

ارگانيزم بخشنده (Donor) :
باكتري "باسيلوس تورينجنسيس" زير گونه "tenebrionis" موسوم به "Btt" براي توليد ژن مهلك "cry3A" با هدف ايجاد مقاومت بر عليه سوسك كلرادو سيب زميني (١).



توليد و مصرف سيب زميني :

گياه سيب زميني در بيش از ۱۲۰ كشور جهان عمدتاً براي مصارف انسان ها بصورت هاي مستقيم و يا فرآوري شده كشت مي شود. مردم سيب زميني ها را غالباً براي تغذيه مستقيم قبل از خوردن مي پزند و براي فرآيند بصورت هاي سرخ كرده (fries) ، چيپس (crisp) و آبگيري شده (dehydrate) در مي آورند. از ميوه سيب زميني بعنوان ماده خام جهت استخراج نشاسته نيز بهره مي گيرند. از اين نشاسته براي پوشش كاغذها و آهارزني پارچه هاي پنبه اي در بخش پاياني صنايع نساجي استفاده مي شود. از محصولات فرعي (by-product) سيب زميني نظير پالپ ميوه (pulp) و پروتئين دلمه شدهٔ (coagulated protein) حاصل از آب ميوه براي تعليف دام ها بهره برداري مي شود امّا تمايل براي استفاده غذايي آنها نيز وجود دارد. از سيب زميني همچنين براي تهيّه الكل صنعتي سود مي جويند.

در كشورهايي كه داراي صنايع قابل قبولي براي فرآوري سيب زميني بمنظور تغذيه انسان و يا كاربردهاي صنعتي هستند، از ضايعات و توليدات فرعي (سيب زميني هاي برگشتي ، پالپ هاي جداشده ، پروتئين ها ، پوست هاي كنده شده و زوائد قطع شده) غالباً پس از آبگيري براي تهيّه خوراك دام بهره برداري مي كنند. هدف توليد سيب زميني براي استفاده از محصول حاصله بمنظور تغذيه مستقيم انسان، تعليف دام ها و فرآوري است(۱).

بيماريزايي باكتري Bt :

زيرگونه "tenebrionis" باكتري "باسيلوس تورينجنسيس" از انواع معمولي باكتري هاي خاكزي است كه سابقه اي طولاني و ايمن براي كاربرد بعنوان يك آفتكش ميكربي دارد و تاكنون هيچ گزارشي مبتني بر آلرژي زايي و واكنش هاي سمّي بواسطه توليد پروتئين "cry3A" كه براي بسياري از آفات كُشنده است ، براي انسان و دام ها در دست نيست. توليدات مبتني بر Bt نشان داده اند كه پروتئين حاصله داراي اثرات سمّي فقط بر حشرات جونده (chewing insect) هستند و هيچگونه فعاليتي در دستگاه هاضمه (digestive tract) انسان ها ندارند. ژن "cry3A" قادر به كُد كردن نوعي پروتئين است كه بطور طبيعي توسط باكتري نوع "باكتريوم" در ضمن "اسپورزائي" (sporulation) توليد مي شود و تنها براي سوسك هاي برگخوار سمّي است (١).

تاريخچه سيب زميني برگ جديد :

يك واريته اصلاح شده بنام سيب زميني برگ جديد در سال ۱۹۹۵ ميلادي توسط شركت "نيچر مارك" (Nature Mark) معرفي گرديد. شركت مذكور بعنوان بخشي از شركت معظم "مونسانتو" (Monsanto) آمريكا مي باشد كه تحت هدايت شركت اصلي به توليد ارگانيزم هاي تغيير يافته ژنتيكي (GMo) مي پردازد.

سيب زميني هاي برگ جديد بسيار مشابه ساير محصولاتي هستند كه در فروشگاه ها عرضه مي گردند. سيب زميني برگ جديد نيز همانند ساير محصولات تغيير يافته ژنتيكي از باكتري "باسيلوس تورينجنسيس" موسوم به "Bt" بعنوان تكنولوژي پايه منشأ گرفته است. "Bt" يك نوع باكتري معمولي است كه توسط بسياري از كشاورزان بعنوان آفتكش طبيعي بكار مي رود. امروزه بسياري از كشاورزان ارگانيك از "Bt" بخوبي در روند پرورش محصولات بهره مي برند. موادي كه در اثر حضور "Bt" در گياهان توليد مي شوند، در حقيقت نوعي پروتئين هستند كه براي انسان ها و دام ها بي ضررند امّا براي برخي از آفات بسان آفتكش ها بسيار سمّي و مرگبار هستند و بدينگونه محافظت طبيعي از گياهان زراعي از زمان سبزشدن تا برداشت بدون كاربرد آفتكش هاي شيميايي اعمال مي گردد.

ژن ديگري علاوه بر "Bt" در ساختار ژنتيكي سيب زميني هاي برگ جديد وارد گرديده است تا آنها را نسبت به ۳ بيماري ويروسي : "PVY" (potato virus Y) ، "PVX" (potato virus X) و "PLRV" (potato leafroll virus) ايمن سازد و اين موضوع اهميت بسيار زيادي براي زارعين محصول دارد (۲).

محققاً كشاورزاني كه از بذور سيب زميني هاي برگ جديد استفاده مي كنند، بايد همانند كساني كه از ساير محصولات تغيير يافته ژنتيكي شركت "مونسانتو" بهره مي گيرند، به پرداخت سهم تكنولوژي بكار رفته شركت مذكور اقدام كنند تا شركت بتواند علاوه بر جبران سرمايه بكار رفته به ادامه تحقيقات توانا گردد (۲).

سیب زمینی برگ جدید :

سیب زمینی برگ جدید (newleaf potato) از جمله سیب زمینی های حاصل از مهندسی ژنتیک یا "GEp" (Genetically Engineered) و بعبارتي تغيير يافته ژنتيكی يا "GMp" (Genetically modified) می باشد که توانایی تولید آفتکش خودبخودی را دارد. آفتکش مذکور از نظر ترکیب شیمیایی مشابه ماده ای است که بصورت طبیعی توسط باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" (Bacillus thuringiensis) موسوم به "Bt" تولید می گردد. این گیاه همچنین از طریق مهندسی ژنتیک در مقابل ویروس پیچیدگی برگ سیب زمینی یا "PLRV" (potato leafroll virus) مقاومت یافته است. سیب زمینی هاي برگ جديد فعلاً به دلایلی موقتاً توسط شرکت "مونسانتو" بعنوان مالک حقوق انحصاری در مرحله تولید وسیع در آمریکا و دیگر مناطق جهان قرار ندارد (۳).

وزارت کشاورزی آمریکا در سال ۱۹۹۷ میلادی به دنبال تلاش های شرکت "مونسانتو" (Monsanto) در وضعیت دریافت ۷ لاین از سیب زمینی هایی قرار گرفت که در اثر تغییرات ژنتیکی ارقام " Russet Burbank" موسوم به "RBMT 21-129" و "RBMT 21-350" حاصل شده بودند. سیب زمینی های مذکور را از طریق مهندسی ژنتیک به منظور ایجاد مقاومت به مهمترین آفت سیب زمینی موسوم به سوسک

كلرادو يا "CPB" (Colorado potato beetle) و ويروس پيچيدگی برگ سيب زمينی (PLRV) اصلاح نموده اند. لاين های مزبور از طريق مهندسي ژنتيك حاوي ژن كشنده "cry3A" حاصل از زير گونه "tenebrionis" باكتري "باسيلوس تورينجنسيس" (Btt) گرديده اند و بعنوان سازنده خودبخودي پروتئين آفتكش ضد سوسك كلرادو سيب زميني عمل مي كنند. آنها همچنين حاوي ژن هاي f1 يا f2 حاصل از ويروس پيچيدگي برگ سيب زميني هستند كه به بروز مقاومت به بيماري ويروسي مذكور منجر شده است. اين سيب زميني ها علاوه بر ژن "cry3A" و ژن هاي f1 يا f2 حاوي ژن npt2 هستند كه قادر به كد كردن پروتئين NPT2 جهت استفاده بعنوان ماركر در مراحل اوليه تراريختگي گياه مي باشد (۳).

مقوله اصلاح لاين هاي سيب زميني با كمك باكتري "آگروباكتريوم تومیفاسينس" در روش هاي تراريختگي توسعه يافت و به ژن هاي كنترل كننده اي انجاميد كه اينك حاوي بخش هايي از "آگروباكتريوم تومیفاسينس" و ويروس موزائيك علف خوك مي باشند. سرانجام سرويس نظارت بر سلامتي گياهان و حيوانات آمريكا يا "APHIS" (the animal and plant health inspection service) پس از ارزيابي هاي محيطي بر اساس قوانين زيست محيطي ملي نتيجه گيري نمود كه سيب زميني هاي "GEp" باعث آثار مخرب محيطي يا "FONSI" (finding of no significant impact) نمي شوند لذا در سال ۱۹۹۸ ميلادي از شمول ممنوعيت قانوني مذكور خارج گرديدند (۳).

سیب زمینی برگ جدید Y :

سیب زمینی برگ جدید Y (newleaf Y potato) از طریق مهندسی ژنتیک (GE) و با انتقال ژن های باکتری "باسیلوس تورنجنسیس" (Bt) بر علیه ویروس Y سیب زمینی یا "PVY" (potato virus Y) مقاوم سازی شده است(۴).

سرویس نظارت بر سلامتی گیاهان و حیوانات آمریکا (APHIS) درخواستی از طرف شرکت "مونسانتو" در سال ۱۹۹۷ میلادی با هدف قانون زدایی (حذف از ممنوعیت قانونی) در مورد یک لاین از سیب زمینی های "Russet Burbank" بنام "RBMT 15-101" و ۲ لاین از سیب زمینی های "shepody" با نام های "SEMT 15-15" و "SEMT 15-02" و ۱ لاین از سیب زمینی های "Hilite" بنام "HLMT 15-46" دریافت نمود که جملگی از طریق مهندسی ژنتیک برای مقاومت به سوسک کلرادو سیب زمینی (CPB) و بیماری ویروسی "PVY" سیب زمینی مقاومت یافته اند. تمامی ۴ سیب زمینی اصلاح شدهٔ مذکور حاوی ژن های کشنده "cry3A" هستند که از طریق مهندسی ژنتیک از باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" زیر گونه "tenebrionsis" موسوم به "Btt" اصلاح گردیده و قادر به کد کردن نوعی پروتئین با خاصیت آفتکشی هستند بطوریکه برای سوسک کلرادو سیب زمینی سمّی مي باشند. آنها همچنین حاوی نوعی ژن موسوم به "PVYcp" هستند که قادر به پوشاندن اثرات بیماریزایي "PVY" می باشد و گیاه را نسبت به این بیماری ویروسی مقاوم می سازد. افزودن ژن های "cry3A" ، "PVYcp" به سیب زمینی برگ جدید Y بیانگر دربرداشتن ژن مارکر "npt2" می باشد که از آن در مراحل اولیّه سلکسیون گیاهان بمنظور اصلاح بهره می برند (۴).

هنگامی که دو لینه از "shepody" یعنی "SEMT 15-15" و "SEMT 15-02" و یک لینه از "Hilite" یعنی "HLMT 15-46" نیز دارای ژن مارکر "aad" گردیدند آنگاه آزمایشات نشاندادند که ژن Bt در گیاهان حاصل از آنها ظهور یافته است. موضوع لینه های سیب زمینی با استفاده از سیستم تراریخته سازی با "Agrobacterium tumefaciens" توسعه یافته و به ژن های کنترل کننده ای انجامیده است که حاوی بخش هایی از "آگروباکتریوم" مذکور و ویروس موزائیک علف خوک (figwort mosaic virus) می باشد(۴).

سیب زمینی برگ جدید پلاس :

سیب زمینی برگ جدید پلاس (newleaf plus potato) یک نوع سیب زمینی حاصل از مهندسی ژنتیک می باشد که قادر به تولید آفتکش خودبخودی است. این نوع سیب زمینی با انتقال ژن از باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" (Bt) برای مقاوم سازی گیاه سیب زمینی در مقابل ویروس پیچیدگی برگ (PLRV) حاصل آمده است (۵).

وزارت کشاورزی آمریکا در سال ۱۹۹۹ میلادی در خواستی را در مورد یک لاین از سیب زمینی " Russet Burbank" موسوم به "newleaf plus" بنام "RBMT 22-82" حاصل از شیوه مهندسی ژنتیک دریافت نمود. این سیب زمینی از طریق مهندسی ژنتیک برای مقاوم سازي در مقابل سوسک کلرادو سیب زمینی (CPB) و ویروس پیچیدگی برگ سیب زمینی (PLRV)اصلاح گردیده است. لاین جدید سیب زمینی مشابه لاین های اصلاح شدهٔ قبلی این محصول بوده اند که از شمول ممنوعیت قانونی خارج گردیدند. وزارت کشاورزی

آمریکا در سال ۲۰۰۰ میلادی اقدام به انتشار درخواست از بخش صدور گواهی فدرال نمود که متعاقباً سرویس نظارت بر سلامتی گیاهان و حیوانات (APHIS) پس از ارزیابی بر اساس قوانین زیست محیطی ملی نتیجه گیری نمود که گیاه مذکور هیچگونه مخاطره ای برای طبیعت ندارد لذا در همان سال از شمول ممنوعیت های قانونی خلاصی یافت (۵).

سیب زمینی لاین "RBMT 22-82" حاوی ژن کشنده "cry3A" حاصل از باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" زیر گونه "tenebrionsis" موسوم به "Btt" و همچنین ژن f1 یا f2 حاصل از ویروس عامل پیچیدگی برگ سیب زمینی (PLRV) است. ژن "cry3A" قادر به کد کردن یک نوع پروتئین با قابلیت آفتکشی است که بر علیه سوسک کلرادو سیب زمینی (CPB) مؤثر است و ژن های f1 یا f2 موجب بروز مقاومت در مقابل شیوع بیماری ویروسی پیچیدگی برگ سیب زمینی می گردند (۵).

سیب زمینی لاین "RBMT 22-82" همچنین حاوی ژن مارکر انتخاب پذیر "CP4EPSPS" می باشد درحالیکه ارگانیزم مسبوق حاوی ژن مارکر انتخاب پذیر "npt2" نیز بوده است. موضوع لاین سیب زمینی و ارگانیزم Bt با بکارگیری سیستم تراریخته سازی به کمک "آگروباکتریوم تومیفاسینس" توسعه یافت و به تولید واریته "RBMT 22-82" با کنترل بیماریزایی "آگروباکتریوم" و ویروس موزائیک علف خوک (fwMV) انجامید(۵).

سيب زميني هاي برگ جديد ؛ مفيد يا مضر:

در سال ۱۹۹۵ ميلادي يك نوع سيب زميني جديد به بازارها معرفي گرديد كه داراي ويژگي هاي خاص و منحصر بفردي بود. اين سيب زميني جديد از توانايي مبارزه با آفات و ويروس ها بدون بهره گيري از آفتكش هاي شيميايي برخوردار بود.

لازم به ذكر است كه در پرورش سيب زميني تجاري براي مصارف صنعتي عموماً از مواد شيميايي بهره مي گيرند و اين موضوع بر ميزان هزينه هاي توليد مي افزايد آنچنانكه براي توليد سيب زميني تابستانه در ايالات متحده آمريكا معمولاً از ۱۵-۱۳ مرتبه از آفتكش ها و قارچكش ها بهره مي گيرند. در ايالات متحده آمريكا سالانه ۱/۳ ميليون ايكر سيب زميني كاشته مي شود و متوسط مقدار هزينه آفتكش مصرفي براي اين سطح از مزارع سيب زميني معادل ۲۰۷ دلار در ايكر است لذا تخميناً ۳۰۰ ميليون دلار هزينه براي توليد سيب زميني برجا مي گذارند. اين موضوع همچنين بدين معني است كه چه مقدار مواد شيميايي از طريق سمپاشي گياهان زراعي توسط مصرف كنندگان بلعيده مي شوند. يك مطالعه نشان مي دهد كه كاهش ۵۰ درصدي مصرف آفتكش ها به كاهش ۲۷ درصدي توليد سيب زميني مي انجامد و حذف كامل مصرف آفتكش ها موجب كاهش عملكرد سيب زميني بميزان ۵۷ درصد مي گردند. بر اين اساس مشخص مي شود كه حفاظت طبيعي از اين محصول مي تواند از هزينه متوسط ۱۰۰۰ دلاري مصرف نهاده ها در هر ايكر زراعت سيب زميني بكاهد(۲).

معرفي سيب زميني هاي جديد بدواً با استقبال كشاورزان مواجه گرديد و آنها سعي نمودند كه به پرورش اينگونه سيب زميني ها بپردازند. در سال ۱۹۹۵ ميلادي فقط ۱۵۰۰ ايكر از اين نوع سيب زميني ها در ايالات متحده آمريكا كاشته شدند وليكن سطح زير كشت آن پس از ۵ دوره در سال ۱۹۹۹ ميلادي به ۵۰ هزار هكتار بالغ گرديد آنچنانكه ۵ درصد از بازار مصرف را در اختيار گرفت. بسياري از شركت ها نظير : "Gerber" ، "Frito Lay" و "McDonald" با افزايش اعتراضات در اواخر ۱۹۹۹ ميلادي و اوايل ۲۰۰۰ ميلادي تصميم گرفتند كه خود را از مناضعات متعاقب بكارگيري تكنولوژي نوين خصوصاً در رابطه با

سيب زميني هاي تغيير يافته ژنتيكي (GM) كنار بكشند لذا از خريداري محصولات سيب زميني برگ جديد خودداري نمودند. بدينگونه سطح زير كشت آنها در سال ۲۰۰۰ ميلادي به يك پنجم يعني ۱۰ هزار ايكر كاهش يافت لذا شركت "مونسانتو" در سال ۲۰۰۱ ميلادي تصميم به حذف سيب زميني هاي برگ جديد تا فرارسيدن زمان مناسب از بازارها نمود. اين وضعيت همچنان ادامه دارد درحاليكه بر تعداد افرادي كه معتقد به استفاده از محصولات GM نظير سيب زميني هاي برگ جديد هستند، بصورت روزافزون اضافه مي گردد. در آينده نزديك بسيار محتمل است كه سيب زميني هاي برگ جديد با نتايج بهتر دوباره عرضه گردند تا پاسخگوي نيازهاي روزافزون بازار مصرف باشند (۲).

قابل انكار نيست كه تمامي بيماري هاي ويروسي توسط ناقلين (vector) به گياهان حساس سرايت مي يابند. شته ها مهمترين ناقلين بيماري هاي ويروسي از يك گياه به گياه ديگر هستند. هر چه بر شدت بيماري در مزارع افزوده گردد، بر ميزان خسارت تا نابودي كامل محصول اضافه مي شود آنچنانكه در برخي موارد كشاورزان بيش از بهاي فروش محصول مجبور به پرداخت هزينه هاي سمپاشي بر عليه آفات و بيماري هاي سيب زميني مي باشند. در پرورش سيب زميني هاي سنتي بيش از ۸۰ درصد هزينه هاي به كنترل آفات در رابطه با سوسك كلرادو و شته ها مربوط مي گردند لذا عدم نياز به چنين مواردي مي تواند به صرفه جويي معني دار هزينه ها در سطوح منطقه ، كشور و جهان بينجامد (۲).

در يك پژوهش توسط دانشگاه ايالتي "اوريگون" آمريكا مشخص شد كه ميانگين هزينه هاي آفتكش در ناحيه واشنگتن ۵۸۵ دلار براي هر ايكر در سال است. در مطالعه ديگري توسط مركز ملي نظارت بر كشاورزي و غذا (NCFAP) معلوم شد كه اگر ايالات : "آيداهو" ، "اوريگون" و واشنگتن از سيب زميني هاي برگ جديد بهره گيرند و سطح زير كشت را در سطح ۶۲۰ هزار ايكر فعلي حفظ كنند آنگاه به صرفه جويي ۵۸ ميليون دلاري در سال دست خواهند يافت. اين موضوع همچنين مقدار مصرف آفتكش ها را بميزان ۱/۴۵ ميليون پوند در سال كاهش مي دهد كه براي حفاظت محيط زيست بسيار عالي است (۲).

شركت "مونسانتو" اعلام نموده است كه در صدد افزودن ژن هاي تازه اي به ژنوم سيب زميني هاي برگ جديد فعلي علاوه بر مقاومت نسبت به سوسك كلرادو سيب زميني و بيماري هاي ۳ گانه ويروسي در موارد زير مي باشد :
الف) براي كاهش ميزان كبودشدگي (bruising) غده ها است كه معمولاً پس از برداشت در ضمن انبارداري عارض مي گردد.
ب) از ديگر خصوصيات مطلوب اين است كه سيب زميني هاي برگ جديد را نسبت به رايج ترين علفكش مصرفي يعني راندآپ مقاوم سازند آنچنانكه نمونه هايي از گياهان "راندآپ پذير" (roundup ready) نظير : سويا ، ذرت و گندم تاكنون معرفي گرديده و فعلاً در برخي كشورهاي جهان كشت مي گردند. آنها بيانگر موفقيت زائدالوصفي در توليد محصولات گياهي ضمن كاهش هزينه ها مي باشند و بدينگونه باعث ترغيب دانشمندان به انتقال ويژگي مقاومت به علفكش ها به ساير محصولات زراعي و باغي شده اند.
پ) دانشمندان همچنين درصدد افزودن ژن هايي به سيب زميني هاي برگ جديد براي بهبود تركيب عناصر غذايي و حتي توليد واكسن هاي زنده (biovaccine) مي باشند (۲).

فوايد كاشت سيب زميني هاي برگ جديد ضمن اولين سال كاشت آنها مشخص گرديده است. برخي از اين فوايد مستقيماً به كمك زارعين مي آيند مثلاً كشاورزان از مقدار نهاده هاي ورودي به مزارع مي كاهند. از جمله اينكه ۸۰ درصد از هزينه هاي كاربرد آفتكش ها كاسته مي شوند كه بطور متوسط به صرفه جويي ۱۵۰ دلار در هر ايكر منتهي مي گردند. تجارب سال هاي گذشته نشان مي دهند كه سوسك كلرادو سيب زميني از جمله آفات منعطفي است كه قابليت كسب مقاومت در مقابل بسياري از مواد شيميايي سنتزي قابل مصرف بعنوان آفتكش را دارد درحاليكه سال ها كاربرد Bt نشاندهنده هيچگونه مقاومتي از جانب آفت مزبور در برابر محصولات گياهي حاوي ژن Bt نبوده اند و اين موضوع تداوم كاربرد تكنولوژي انتقال ژن Bt به ساير گياهان زراعي و باغي را نويدبخش مي سازد (۲).

از ديگر فوايد بكارگيري سيب زميني هاي برگ جديد اينكه جملگي كشاورزان خواهان افزايش توليد محصولات مي باشند كه اين هدف ضمن كاهش بروز صدمات آفات و بيماري هايي كه گياه مزبور نسبت به آنها مقاوم گرديده است، توأم با كاهش ميزان هزينه ها و عدم بروز ضايعات برگي حاصل مي آيد. همچنين در صورتي كه غده هاي سيب زميني بدينطريق دچار كبودشدگي كمتري در ضمن انبارداري شوند، بر كيفيت و ارزش آنها افزوده مي گردد.

ارقام "راندآپ پذير" سيب زميني باعث افزايش مديريت علف هاي هرز مي گردند زيرا راندآپ از جمله علفكش هاي غير انتخابي سيستميك است كه باعث نابودي تمامي گياهان پس از تماس با آنها مي شود و بدينگونه فقط ارقام زراعي اصلاح شده و پذيراي راندآپ زنده مي مانند.
ارقام سيب زميني هاي برگ جديد حاوي ژن Bt باعث كاهش مصرف آفتكش ها مي شوند و با اين ترتيب به افزايش سلامتي مصرف كنندگان ، زارعين و خانواده هايشان كمك مي نمايند. كاهش ۸۰ درصدي مصرف آفتكش ها ضمن استفاده از ارقام سيب زميني برگ جديد مي تواند به سلامتي محيط زيست و موجودات زنده از جمله انسان ها كمك نمايد (۲).

از جانب ديگر ۳ دليل اصلي براي بروز واهمه در بكارگيري سيب زميني هاي برگ جديد مطرح مي باشند:
۱) تهديدي است كه از جانب محصولات Bt متوجه محيط زيست مي شود زيرا برخي هراس دارند كه ژن Bt از گياهان هدف به گونه هاي غير هدف منتقل گردد لذا اثرات جانبي حاصل از بكارگيري گياهان تغييريافته ژنتيكي نظير سيب زميني برگ جديد در برخي افراد موجب بروز نگراني نموده است.
۲) سم Bt مي تواند با خاك پيوند يابد و براي يكدوره زماني فعال باقي بماند و بدينگونه براي ارگانيزم هاي غير هدف سبب دشواري نمايد. تحقيقات نشان مي دهند كه بقاياي محصولات Bt مي توانند براي ۲۰-۵ روز در خاك فعال بمانند. اين موضوع مي تواند مطلوب نباشد امّا بسياري از آفتكش ها كه خطرات و دوام بيشتري دارند، هنوز در كشاورزي مصرف مي گردند.

۳) بقاياي محصولات Bt مي توانند بسياري از كشاورزان ارگانيك را تهديد كنند وليكن تاكنون هيچ مدركي دلالت بر مقاوم شدن محصولات ارگانيك و ديگر محصولات سنتي وجود ندارد. ضمناً مقاوم شدن گياهان زراعي نبايد موجب نگراني باشد زيرا غلظت مواد سمّي موجود در سيب زميني هاي برگ جديد حدوداً ۵۰-

۱۰ برابر دز مورد نياز براي كشتن سوسك كلرادو سيب زميني است و با اين وجود هيچگونه خطري براي انسان و دام ها نداشته است.
۴) اينكه موجودات مقاوم به آنتي بيوتيك ها بروز يابند و بدينطريق به انسان ها و دام ها صدمه وارد گردد(۲).

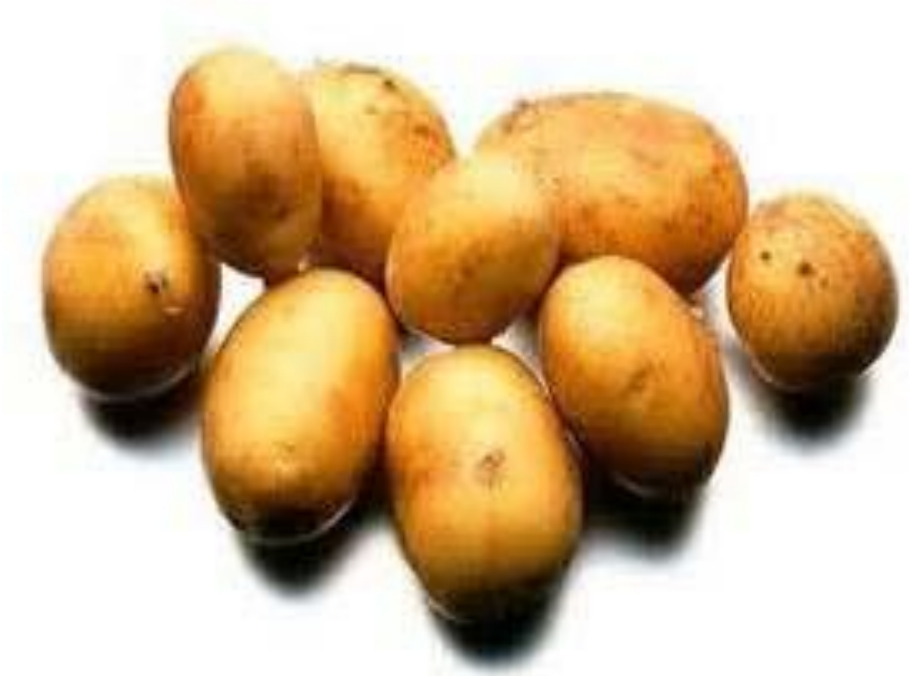
البته تمامي نگراني ها مي توانند مثبت واقع گردند و باعث تقويت دقت انسان در توليد و بكارگيري گياهان و ارگانيزم هاي تغييريافته ژنتيكي باشند وليكن تا منطبق بر نتايج تحقيقاتي و مستندات انكارناپذير نشوند، نبايد حقايق و دستاوردهاي علمي را انكار كنند زيرا تمامي اينگونه مشاجرات و مناضعات فقط باعث گره خوردگي امور پژوهشي گرديده و نهايتاً موجب افزايش رعب و هراس در ميان عامه مردم مي شوند (۲).

تاكنون ۶ واريته مختلف از سيب زميني هاي برگ جديد توسط وزارت كشاورزي آمريكا (USDA) ، اداره نظارت بر غذا و دارو (FDA) و اداره حفاظت محيط زيست (EPA) گواهي سلامت براي مصارف انساني و دامي دريافت نموده اند وليكن شركت "مونسانتو" به دليل برخي مناقشات كه توسط گروه هاي حامي محيط زيست عنوان مي گردند، موقتاً از گسترش عرضه آنها امتناع مي ورزد (۲).

ايمني تغذيه ، تعليف و فرآوري :

روند توليد سيب زميني برگ جديد "Events BT6" (RBBT 02-06) و "SPBT 02-05" با ويژگي مقاومت نسبت به آفات سيب زميني از نظر تفاوت عناصر غذايي مغذي و ايمني با انواع سنتي مقايسه گرديده اند. تمركز پژوهش عمدتاً بر ويژگي هاي جديد يا تغييريافته ژنتيكي و همچنين تغيير در نوع و مقدار تركيبات غذايي و برتري نسبي در قياس با سيب زميني هاي سنتي بوده اند. در پايان ارزيابي ايمني نتيجه گيري شد كه سيب زميني برگ جديد مذكور بسان انواع سنتي ايمن هستند و هيچگونه تفاوتي از نظر مقدار و كيفيت عناصر غذايي با گونه هاي مرسوم در برنامه هاي رژيمي ندارند و از نظر ايمني زيستي (biosafety) مجاز شمرده مي شوند لذا در سال ۲۰۰۸ ميلادي به ليست گياهان مورد تأئيد اضافه گرديدند (۱).

اين موضوع اجازه مي دهد كه از سيب زميني هاي برگ جديد براي تغذيه ، تعليف و فرآوري استفاده گردد. اجازه كشت و كار اينگونه گياهان در كشورهايي نظير فيليپين تاكنون مجاز نشده اند درحاليكه گواهي استفاده از آنها در تغذيه ، تعليف و تهيّه توليدات فرعي از دسامبر ۲۰۰۳ ميلادي مجاز شده اند و طبق آن ايمني زيستي سيب زميني هاي برگ جديد فوق الذكر در غذاي انسان ، علوفه دام ها و مواد فرآيندي همانند انواع سنتي كاملاً ايمن و بي خطر تشخيص داده شده اند (۱).



تشريح ويژگي هاي سيب زميني Bt :

شركت "مونسانتو" فيليپين موفق به معرفي يك رقم از سيب زميني برگ جديد بنام "Events BT6" حاصل از رقم "Russet Burbank" و يك واريته ممتاز نموده است. ارقام حاصله به شماره هاي "RBBT 02-06" و "SPBT 02-05" بمنظور كنترل كاهش عملكرد حاصل از خسارت سوسك كلرادو سيب زميني (CPB) با نام علمي "Leptinotarsa decemlineata" بدون كاربرد آفتكش هاي مرسوم توسعه يافته اند تا نهايتاً شركت "مونسانتو" فيليپين در سال ۲۰۰۳ ميلادي كارآمدي اين ارقام در كنترل آفت "CPB" را تأئيد نمود و آنرا از طريق روزنامه هاي "مالايا" در مالزي و "ديلي تريبيون" در آمريكا منتشر معرفي كرد (۱).

ژن "cry3A" موجود در سيب زميني هاي برگ جديد را از DNA باكتري Btt جداسازي نموده اند. اين ژن قادر به كد كردن پروتئيني با خاصيت آفتكشي همانند پروتئيني است كه باكتري مزبور بطور طبيعي در ضمن اسپورزايي توليد مي كند. اين پروتئين داراي فعاليت انتخابي بر طيف باريكي از گونه هاي سخت بالپوشان (coleoptera) است. اين پروتئين (Btt band 3) بر سيستم گوارش گونه هاي حساس آفات تأثير مي گذارد و بدينترتيب در تغذيه آنان ايجاد اختلال مي كند و آفات پس از مدتي مي ميرند. آزمايشات متعدد نشان مي دهند كه پروتئين هاي cry3A و npt2 هيچكدام براي پستانداران سمّي نيستند و ايجاد آلرژي نمي نمايند. هر دو پروتئين مذكور سريعاً در مايعات معده هضم مي شوند و متعاقباً هيچگونه اسيد امينه سمّي و يا آلرژي زا توليد نمي گردد. مطالعات نشان مي دهند كه غده هاي حاصل از سيب زميني هاي برگ جديد از نظر خصوصيات غذايي كاملاً معادل انواع سنتي مي باشند و از كمترين سطوح مواد ضد تغذيه اي (anti-nutrients) برخوردارند. آنها از نظر مواد سازنده (مواد جامد ، قندها ، ويتامين C و پروتئين) و حاصل از آناليز (خاكستر ، رطوبت و كالري) در محدوده مورد انتظار براي غده هاي سيب زميني معمولي مطابق با دستاوردهاي علمي هستند (۱).

سطوح "گليكو آلكالوئيدها" نظير "سولانين" و "چاكونين" در سيب زميني هاي مقاوم به سوسك كلرادو سيب زميني در محدوده قابل قبول قرار دارند. ضمناً غده هاي مزبور حاوي چندين ممانعت كنندۀ "پروتئاز" (protease inhibitors) هستند كه از فعاليت "تريپسين" (trypsin) ، "چيموتريپسين" (chymotrypsin) و ساير "پروتئازها" جلوگيري مي نمايند. آنها همچنين موجب كاهش قابليت هضم و ارزش بيولوژيكي پروتئين هاي سيب زميني مي گردند. ممانعت كننده هاي "پروتئاز" موجود در سيب زميني در اثر آب پز شدن و ساير فرآيندهاي گرمايي غير فعال مي شوند. در صورتي كه سيب زميني هاي برگ جديد را بصورت هاي خام يا نيم پز به مصرف تغذيه يا تعليف برسانند، احتمال بروز واكنش هاي ضد تغذيه اي وجود خواهد داشت(۱).

"ليستين ها" (Lectins) از "گليكو پروتئين هايي" هستند كه در تمام ارگانيزم هاي زنده حضور دارند. آنها عموماً در سطح سلول ها داراي پيوندهاي ساختاري با كربوهيدرات هاي خاص هستند و اغلب در زمره سلول هاي روده اي و خوني محسوب مي شوند. "ليستين ها" در ضمن گرمادهي غير فعال مي گردند لذا فقط مصرف غده هاي سيب زميني بصورت خام و يا نيم پز ممكن است به اثرات مغايري بينجامد (۱).

منابع و مآخذ :

1) Monsanto – 2012 – Determination of the safety of Monsanto`s newleaf potato events BT6 (RBBT02-06) and SPBT02-05 (insect-resistant potato) for direct use as food , feed and for processing – http://biotech.da.gov.ph

2) Swenson , Rick – 2004 – Newleaf potatoes : friend or foe ; A study of the GMO potato – http://sullivanfiles.net

3) Wikipedia – 2012 – newleaf potato – http://en.wikipedia.org

4) Wikipedia – 2012 – newleaf Y potato – http://en.wikipedia.org

5) Wikipedia – 2012 – newleaf plus potato – http://en.wikipedia.org

6) http://www.merriam-webster.com/dictionary

7) http://farsilookup.com

" محصولات مقاوم به علفكش " ؛
"Herbicide resistant crops"

مقدّمه :

بسياري از گياهان بطور طبيعي در مقابل علفكش هاي خاصي متحمل هستند درحاليكه سايرين چنين تحملي را در ضمن فرآيندهاي تغيير بمنظور سازگاري با شرايط محيطي كسب مي كنند بويژه در مواردي كه علفكش هاي خاصي را به ميزان كافي كه براي علف هاي هرز كشنده باشند، بكار نمي برند درحاليكه ساير گياهان متحمل به علفكش از طريق بيوتكنولوژي توسعه مي يابند (۲).

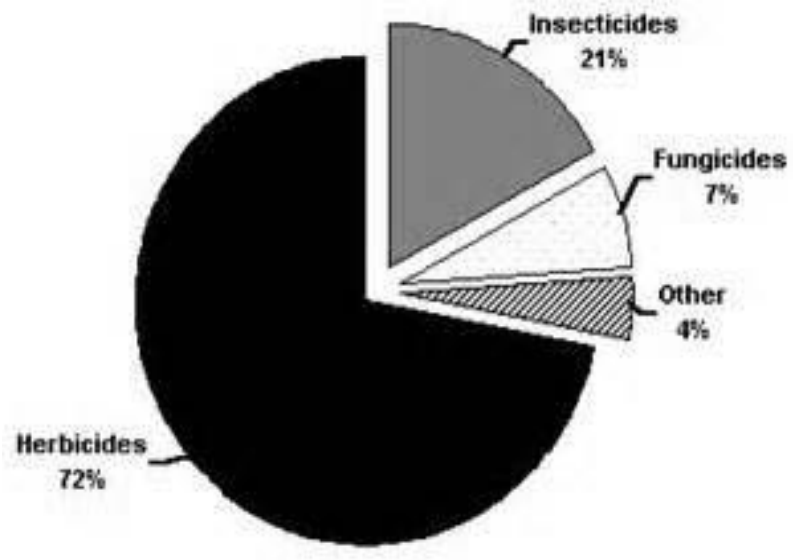
تولید گیاهان "ترانس ژن" یا "تراریخته" موسوم به "GM" مقاوم به برخی از علفکش های قابل تجزیهٔ زیستی از بزرگترین دستاوردهای مهندسی ژنتیک در گیاهان زراعي می باشد. در این شیوه به خلق ابزارها و تکنیک هایی برای تغییر شکل گیاهان و ژن هایی می پردازند که بعنوان مارکر در گزینش ویژگی های مناسب به خدمت می آیند. تاکنون تعدادي از گیاهان مقاوم به علف کش هایی نظیر : گلیفوسیت ، سولفونیل اوره و گلوفوسینیت (Phosphinothricin ، Bialaphos) بنحو موفقیت آمیزی برای مقاصد کشاورزی تجاری در آمریکا و سایر کشورهای جهان تولید گردیده اند (۱۲).

مقاومت به علفكش از ويژگي هاي نادري است كه در اثر تغييرات ژنتيكي گياهان بوجود مي آيد و امروزه در كشاورزي تجاري كاربرد يافته است. گياهان "ترانس ژن" (transgenic) مقاوم به علفكش بعنوان بخشي از سيستم جديد كنترل علف هاي هرز به شمار مي آيند. اين سيستم شامل يك علفكش غير انتخابي و يك محصول زراعي مقاوم به علفكش مزبور است. براي اين منظور يك محصول را نسبت به يك علفكش مناسب مقاوم مي سازند. اين موضوع را از طريق افزودن يك ژن جديد و يا خاموش ساختن يك ژن حاضر انجام مي دهند (۵).

علفكش هاي مكمل طرح همواره از انواع غير انتخابي هستند. علفكش مورد نظر مي تواند بر تمامي گياهان حساس از طريق قطع فعاليت هاي متابوليسمي ضروري آنان تأثير بگذارد. تاكنون دو نوع علفكش براي اين منظور كاربرد بيشتري يافته اند كه عبارتند از :
۱) راندآپ (Roundup) با ماده مؤثره گليفوسيت (Glyphosate)
۲) ليبرتي لينك (Liberty Link) با ماده مؤثره گلوفوسينيت (Glufosinate) (۵).

مفهوم علف های هرز :

علف های هرز (weed) به کلیه گیاهانی گفته می شود که در مزارع می رویند ولیکن مضرّات آنها بیش از فوایدشان است (۷).



«جدول۱) میزان تولید جهانی محصولات و خسارات ناشی از علفهای هرز ؛ میلیون تن (۷) :»

نوع محصول	میزان تولید	خسارات
غلات	۴۳۳/۹۰	۵۴/۳۵
سبزیجات	۲۰۱/۶۹	۲۳/۷۲
میوه ها	۶۶/۵۷	۲/۴۶
انگورها	۵۰/۶۹	۷/۹۱

شیوه کنترل علف های هرز :

برای کنترل علف های هرز از شیوه های متفاوتی بشرح زیر بهره می جویند :
الف) روش مکانیکی نظیر : فوکا زدن ، وجین دستی
ب) روش فیزیکی نظیر : شعله افکنی ، بخار و آب گرم ، مالچ ها
پ) روش بیولوژیکی مثل : ارگانیزم های زنده و گیاهان پوشش سبز
ت) روش شیمیایی مثل : علفکش ها (۷).

معضلات کاربرد علفکش ها :

الف) فقدان تحمل به مواد شیمیایی در یک یا چند محصول اصلی جهان از جمله : برنج ، ذرت ، سویا ، گندم و کلزا

ب) کاربرد چندین نوع علفکش برای تأثیر بر طیف وسیع تری از علف های هرز که منجر به احتمال بروز صدمات بیشتری بر گیاهان زراعی خواهد شد.

پ) نداشتن تأثیرات سمّی کافی بر علف های هرز در راستاي عدم آسیب بر محصولات زراعی (۷).

مفهوم مقاومت به علفکش در گیاهان :

مقاومت به علفکش عبارت از یک نوع توانایی ، ویژگی یا کیفیتی در جمعیت گیاهان شامل یک گونه یا دسته های بزرگتر و یا سلول های گیاهی در محیط های کشت در مقابله با کاربرد دُز کشندهٔ علفکش ها برای گیاهان وحشی است آنچنانکه به بقای آنها منتهی گردد (۷).

بعبارت دیگر گیاهان متحمل به علفکش گیاهاني مي باشند که رشد و نمو آنها بنحو معني داري توسط علفکش هايي که براي کنترل علف هاي هرز آنها مصرف مي شوند، متأثر نمي گردند. امروزه در کشاورزي از برخي از چنين گياهاني بهره مي برند. البته اکثريت گياهان داراي توانايي طبيعي تحمل برخي از علفکش هاي خاص هستند ولي برخي ديگر نظير کلزاهاي متحمل به علفکش از طريق تغييرات ژنتيکي هدفمند نسبت به علفکش ها

متحمل گشته اند. دانشمندان در صدد توسعه نژادهايي از گياهان هستند كه از كاربرد علفكش هاي خاص تأثير نيابند (۲).

تحمل پذيري گياهان نسبت به علفكش ها مقوله جديدي نيست. دانشمندان و كشاورزان براي سال ها مي دانستند كه ويژگي تحمل علفكش ها مي تواند از يك گياه زراعي به سايرين و از محصولات زراعي به گياهان وحشي از طريق دگرلقاحي (crossbreeding)منتقل گردد. اين افراد براي سال هاي مديدي قبل از اينكه تكنولوژي مدرن براي تغيير ژنتيكي گياهان بمنظور ايجاد خصوصيات جديد بكار آيد، فقط به مشاهده ، مطالعه و مديريت انتقال تحمل به علفكش ها پرداختند تا زمانيكه دانشمندان به چنين مطالعه اي توسعه بخشيدند (۲).

انواع مقاومت به علفکش در گیاهان :

۱) مکانیزم های مقاومت از طریق طرد علفکش (exclusionary) :

۱-۱- جذب علفکش (uptake)

۱-۲- انتقال علفکش (translocation)

۱-۳- قطعه کردن علفکش (compartmentation)

۱-۴- غیر سمّی سازی متابولیکی علفکش (detoxification)

۲) تغییر مولکولی یا سلولی مکان هدف علفکش

۳) محل اثرگذاری تولید اضافی (overproduction) (۷).

ضرورت گياهان مقاوم به علفكش :

رشد متراكم علف هاي هرز باعث بروز رقابت شديد آنان با گياهان زراعي براي كسب : آب ، نور خورشيد، مواد غذايي و فضاي بيشتر مي شود كه نتيجتاً به كاهش عملكرد محصول منجر مي گردد. علفكش هاي عمومي قادر به تفاوت گذاري بين گياهان زراعي و علف هاي هرز نيستند لذا در كشاورزي مرسوم فقط مي توان از علفكش هاي انتخابي پس از سبز شدن محصول بهره جست. گواينكه اينگونه علفكش ها صدمه اي به گياه اصلي وارد نمي سازند امّا توانايي كنترل تمامي انواع علف هاي هرز را ندارند. در مواردي كه كشاورزان از گياهان زراعي مقاوم به علفكش استفاده مي نمايند آنگاه مي توانند از علفكش هاي غير انتخابي بصورت مصرف يكباره بهره گيرند تا تمامي علف هاي هرز را به سرعت نابود سازند و بدينگونه كمترين ميزان سمپاشي ، ترافيك و هزينه به عمل مي آيد (۴).

علفكش هاي غير انتخابي (non-selective) و بعبارتي وسيع الطيف (broad-spectrum) قادر به تأثيرگذاري بر محدوده وسيعي از انواع علف هاي هرز هستند امّا معضل اين است كه آنها محصولات ارزشمند را نيز نابود مي سازند بنابراين از آنها فقط قبل از كاشت تا سبزشدن بذور زراعي و يا در باغات ميوه ، تاكستان ها و قلمستان ها مي توان سود جُست (۴).

دلایل ضرورت استفاده از گیاهان "ترانس ژن" مقاوم به علفکش عبارتند از :
الف) خاصیت انتخابی علفکش از معیارهای حائز اهمیت محسوب مي شود.
ب) تمامی علفکش های عمومی پس از مصرف به نابودی اکثریت گیاهان مزرعه از جمله گیاهان زراعی منجر می گردند.
پ) افزایش انتخابی بودن موجب :
۱-پ- ماکزیمم اثربخشی بر علف های هرز می گردد.
۲-پ- حداقل خسارات بر گیاهان زراعی می شود (۷).
ت) اغلب علفکش هايي كه در كشاورزي مرسوم بكار مي روند، از انواع انتخابي (selective) هستند يعني فقط برخي گروه هاي گياهي خاص را هدف قرار مي دهند لذا بطور معمول براي هر محصول عادي و غير "تراريخته" نيازمند يك تركيب علفكش ويژه هستند (۵).

گياهان زراعي متحمل علفكش ها براي كمك به كشاورزان در جهت كنترل علف هاي هرز توسعه مي يابند زيرا علف هاي هرز با گياهان اصلي در جهت كسب عوامل ضروري رشد رقابت مي نمايند. كشاورزاني كه از گياهان متحمل به علفكش هاي خاص در زراعت استفاده مي كنند، قادر خواهند بود كه از آن علفكش ها بدون هيچگونه واهمه اي در مزارع استفاده نمايند. بدينگونه علفكش هاي مزبور موفق به كنترل علف هاي هرز بدون آسيب به گياهان زراعي مي شوند و به كشاورزان كمك مي كنند تا حداكثر راندمان محصول را كسب نمايند. كشاورزان همچنين ممكن است از گياهان مقاوم به علفكش ها به دلايل زيست محيطي بهره گيرند زيرا با بكارگيري گياهان متحمل به علفكش ها ممكن است علفكش هاي كمتري وارد محيط زيست گردد و يا از علفكش هايي استفاده شود كه خسارات كمتري متوجه محيط زيست مي نمايند از جمله آنهايي كه سريعتر تجزيه مي شوند. بعلاوه بدينطريق كشاورزان مجبور به تماس مستقيم با علفكش ها نخواهند بود زيرا در حالت عادي مجبور به استفادهٔ مكرر از آنها هستند (۲).

دانشمندان تاكنون چندين محصول زراعي را از طريق دگرگوني ژنتيكي نسبت به علفكش هاي غير انتخابي مقاوم ساخته اند. اينگونه گياهان "ترانس ژن" حاوي ژن هايي هستند كه آنها را قادر به تجزيه تركيبات فعال علفكش ها مي نمايند تا جائيكه موجب حفاظت آنان گردد بنابراين كشاورزان را قادر مي سازند تا علف هاي هرز را به آساني ضمن فصل رشد كنترل كنند و انعطاف پذيري بيشتري براي تعيين زمان سمپاشي داشته باشند.

محصولات مقاوم به علفكش بي نياز و يا كم نياز به اجراي عمليات شخم هستند لذا به ثبات و پايداري خاك و همچنين توليدات گياهي كمك مي رسانند. فائده ديگر اينكه كشاورزان قادر به مديريت علف هاي هرز بدون توسّل به كاربرد علفكش هايي هستند كه مظنون به آسيب هاي محيطي مي باشند (۴).

گاهاً ادعا مي شود كه كاربرد گياهان زراعي مقاوم به علفكش ها به افزايش استفاده از علفكش ها منتهي مي گردد و علف هاي هرز مقاوم به علفكش ها را گسترش مي بخشد و همچنين به تنوّع زيستي در مزارع آسيب مي رساند. بررسي هاي انجام شده در انگلستان نشان مي دهند كه علفكش هاي مختلف و عمليات متفاوت كاربرد آنها مي توانند بر ميزان علف هاي هرز مزارع مؤثر باشند. جمعيت علف هاي هرز و حيوانات با كاربرد چغندر قند و كلزاي مقاوم به علفكش در قياس با سيستم هاي زراعي مرسوم دچار تأثيرات منفي گرديدند درحاليكه ميزان تنوّع زيستي با كاربرد ذرت متحمل به علفكش افزايش يافت (۴).

اخيراً سيستم هاي بكارگيري محصولات مقاوم به علفكش ها نظير : سويا ، ذرت ، كلزا و پنبه به دو دسته تقسيم شده اند :
۱) گياهان "راندآپ پذير" كه مقاوم به ماده مؤثره گليفوسيت هستند.
۲) گياهان "ليبرتي لينك" كه مقاوم به ماده مؤثره گلوفوسينيت مي باشند (۴).

استراتژی توسعه مقاومت به علفکش :

الف) شیوه سنتی شامل : پوشش دادن بذور

ب) شیوه های مولکولی نظیر :

۱-ب- تغییر پروتئین هدف

۲-ب- تولید مازاد پروتئین هدف

۳-ب- غیر سمّی سازی اجزاء فعال

۴-ب- تولید "آنتی بادی" در مقابله با اجزاء فعال (۷).

تولید گیاهان مقاوم به علفکش راندآپ :

گلیفوسیت با نام تجارتی راندآپ از علفکش های سیستمیک پُر طرفداری است که بصورت غیر انتخابی (non-selective) بر علیه طیف وسیعی از علف های هرز بکار می رود بطوریکه باعث نابودی تمامی گیاهانی می گردد که با آنها تماس می یابد. گلیفوسیت در دهه ۱۹۷۰ میلادی توسط شرکت معظم کشاورزی "مونسانتو" معرفی و توسعه یافت. با وجود قدرت زیاد علفکشی گلیفوسیت معمولاً به گیاهانی بر می خوریم که یا تأثیری از گلیفوسیت نمی پذیرند و یا اینکه بطور کامل و دائمی نابود نمی شوند. ویژگی مقاومت به گلیفوسیت بمرور در گیاهان وقوع می یابد زیرا گیاهان در اثر موارد زیر دچار تغییرات ژنتیکی (genetically altered) می گردند :

۱) عمدی یا اتفاقی

۲) دگرگونی های محیطی

۳) کاربرد غلط علفکش منجر به کاهش اثربخشی (۱).

دانشمندان در دهه ۱۹۸۰ میلادی موفق به کشف شیوه ای در جهت تغییر DNA گیاهان شدند بطوریکه نتاج آنها مقاوم به گلیفوسیت شوند. شرکت "مونسانتو" از این تکنولوژی برای تولید محصولات زراعی تغییریافته ژنتیکی از قبیل : سویا ، پنبه ، کلزا ، ذرت و گندم استفاده نمود تا کشاورزان بتوانند از گلیفوسیت بدون آسیب رسانی به گیاهان زراعی جهت کنترل علف های هرز مزارع بهره گیرند. به اینگونه گیاهان زراعی که تغییر ژنتیکی یافته اند، اصطلاحاً گیاهان "راندآپ پذیر" (roundup ready) می گویند زیرا راندآپ نام تجارتی کارخانجات "مونسانتو" برای علفکش گلیفوسیت می باشد. امروزه بذور گراس های حاصل از مهندسی ژنتیک نیز علاوه بر محصولات زراعی فوق الذکر در دسترس قرار دارند که نسبت به گلیفوسیت مقاومند و برای ایجاد فضای سبز و میدان های ورزشی عاری از علف های هرز با کمك علفکش هاي عمومي استفاده می گردند (۱).

محصولات زراعی مقاوم به علفکش از دو فرآیند ذیل حاصل آمده اند :

الف) انتخاب گیاهان متحمل (tolerance selection) :

انتخاب گیاهان متحمل درگیر با انتخاب سلول های متحمل به علفکش در ارقام زراعی مطلوب و یا حاصل از کشت سلولي آنان می باشد که متعاقباً نسبت به مشارکت دادن آنها در سایر واریته های زراعی و دورگ گیری به روش های اصلاح سنتی نباتات پرداخته مي شود (۹).

ب) شیوه های مهندسی ژنتیک (gene engineering) :

گیاهان مقاوم به علفکش حاصل از مهندسی ژنتیک درگیر انتقال یک ژن مسئول یک ویژگی مطلوب از یک ارگانیزم به دیگری مثلاً از یک باکتری به یک گیاه با کمک تکنولوژی های چندگانه است. صفات ژنتیکی منتقله در واریته های محصولات زراعی از طریق تکنیک های تلاقی دادن مشارکت می جوید. تاکنون از تکنولوژی مهندسی ژنتیک مشابهی برای ایجاد گیاه ذرت Bt مقاوم به آفات بهره جسته اند. برخی از شرکت های شیمیایی حفظ نباتات و مؤسسات تولید بذر در رابطه با توسعه و بازاریابی چنین گیاهانی همکاری می کنند (۹).

ذرت های IMI(IR/IT) و Clearfield(CL) به شیوه انتخاب گیاهان متحمل یا مقاوم به علفکش های خانواده "آمیدازولینون" از جمله : Pursiut و Scepter حاصل گردیده اند. اگر چه اینگونه هیبریدها بدواً برای کمک به مدیریت علفکش "pursuit" وترکیبات حاوی آن نظیر Lightning بوده اند امّا آنها را مستقیماً می توان در ذرت های IMI بعنوان بخشی از برنامه های مدیریت علف های هرز بکار گرفت. برخی از واریته های ذرت IMI نظیر IR از توانایی تحمل در برابر علفکش های گروه "سولفونیل اوره" نظیر : Accent و Spirit و علفکش های گروه "سولفونامید" نظیر Python به صورت کاربرد منفرد و یا در ترکیب با آفتکش های "ارگانوفسفات" (OP) برخوردارند (۹).

ذرت Liberty/Link/GR که از طریق مهندسی ژنتیک تولید گشته است، اجازه کاربرد علفکش Liberty با ماده مؤثره "گلوفوسینیت" را بصورت پاشش از بالا می دهد و بدینطریق طیف وسیعی از گیاهان پهن برگ یکساله و گراس ها در جمعیت کم تا متوسط کنترل می شوند. بهرحال برای کنترل گیاهانی که متعاقب کاربرد علفکش رشد می یابند و همچنین گیاهان چندساله می بایست از تکرار سمپاشی و یا علفکش های ترکیبی بهره گرفت. امروزه بیشترین عملکرد ذرت و سویا با بکارگیری تکنیک های مهندسی ژنتیک حاصل آمده اند زیرا امکان کاربرد علفکش گلیفوسیت با مصرف مستقیم بر روی بوته های محصولات سبزشده فراهم می گردد. پدیده مقاومت به علفکش در گیاهان "راندآپ پذیر" از طریق افزایش متابولیسم علفکش حاصل می گردد (۹).

تولید گیاهان مقاوم به علفکش کلومازون :

جهش زایی گرده ها (pollen mutagenesis) از روش هاي توليد گياهان تراريخته است. اين شيوه می تواند به تفاوت های زیادی در مقایسه با سایر روش های قابل دسترس منتهی گردد ولیکن غالباً برای ایجاد مقاومت به علفکش ها توصیه نمی شود. یکی از تکنیك های مهمی که در این شیوه محبوبیت زیادی یافته است را غربالگری فنوتیپی می دانند. از جهش زایی گرده ها یا بذور قبلاً برای تولید جمعیت زیادی از میوتانت هاي تصادفی در گیاهان استفاده می گردید سپس از میان آنها به جداسازی با مقاصد تجارتی پرداخته شد. جداسازی ها را در زمینه کشاورزی بر اساس قابلیت زراعی انجام می دهند مثلاً ذرت PCT/GB 90/00753 را بر اساس مقاومت به علفکش "امیدازولینون" (imidazolinone) یا علفکش های "سولفونیل اوره" ایزوله سازی نموده اند (۱۱).

"کلومازون" (clomazone) یک علفکش انتخابی از خانواده "ایزوکسازولیدینون" (isoxazolidinone) برای استفاده در مزارع سویا است بطوریکه کاربرد یکبار مصرف آن قبل از کاشت یا قبل از سبز شدن بذور سویا می تواند به کنترل بسیاری از گراس ها و برخی پهن برگ های هرز منتهی گردد. علفکش مذکور موجب کاهش یا قطع تجمع قطعات پلاستید در گونه های حساس از طریق ممانعت از آنزیم "ترپنوئید" (terpenoid) می شود که نتیجتاً به تولید بوته هاي سفید ، زرد یا سبز کمرنگ منتهی می گردد(۱۱).

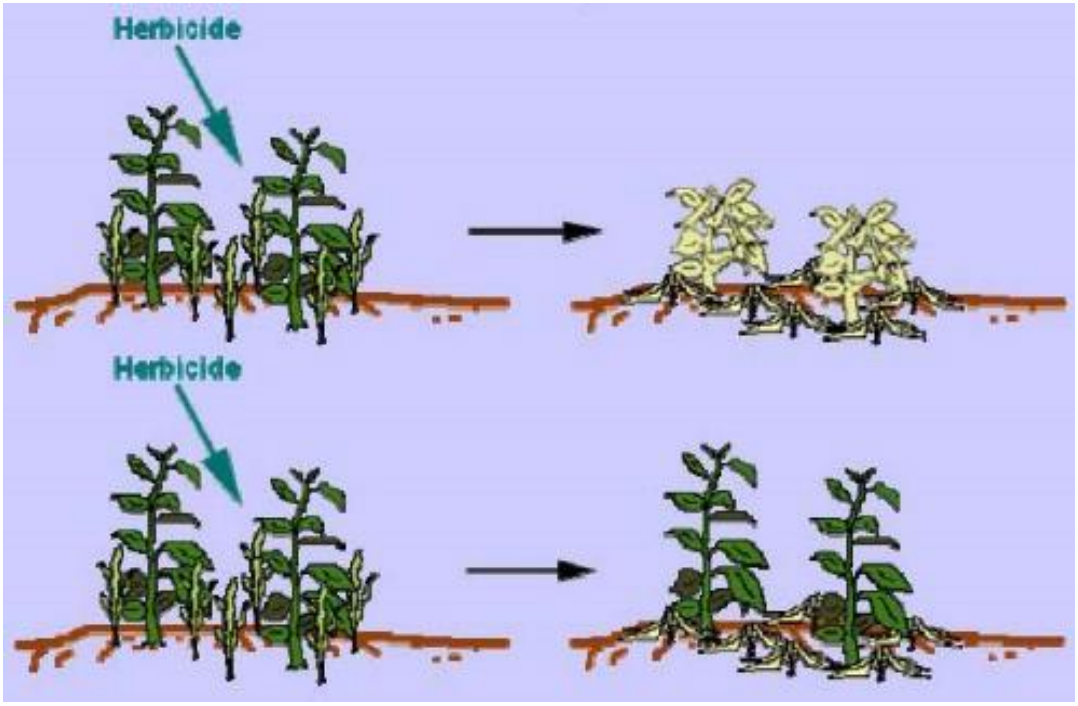
دانشمندان معتقدند که هیچگونه تفاوتی بین گونه های متحمل به علفکش "کلومازون" نظیر سویا و گونه های حساس به آن نظیر ذرت از جهات : جذب ، انتقال و متابولیسم علفکش وجود ندارد بلکه تفاوت های موجود بر اساس محل اثر (mode of action) آن است. ذرت نسبت به "کلومازون" بسیار حساس است لذا معرفی ارقام متحمل به آن می تواند برای کشاورزان سودمند باشد زیرا انعطاف پذیری بیشتری از نظر زمان کنترل علف های هرز پهن برگ و گراس ها ایجاد می نماید. علفکش "کلومازون" علاوه بر سویا در زراعت های :

کاساوا ، ذرت ، کلزا ، نیشکر و توتون کاربرد دارد. ذرت هایی که نسبت به "کلومازون" متحمل گردیده اند، به درجاتی نسبت به سایر علفکش هایی که از محل اثر مشابهی برخوردارند، متحمل می باشند(۱۱).

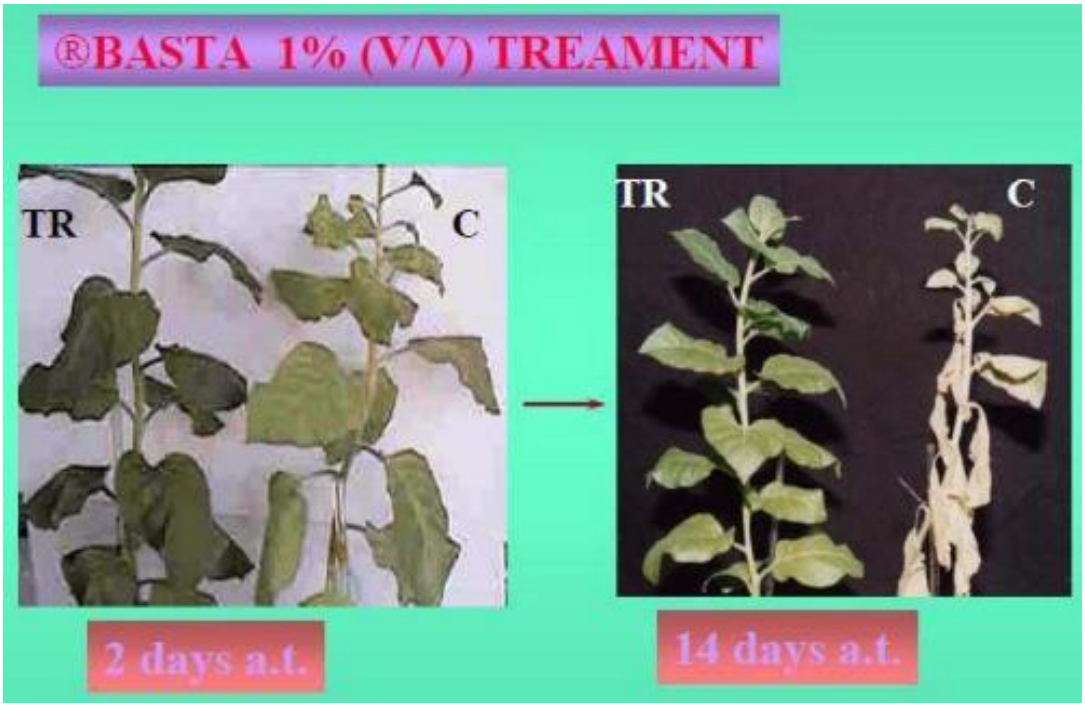
برای تولید گیاهان مقاوم به علفکش به شیوه های زیر عمل می کنند :
مثال۱) تولید بذور ذرت MI :
بطور کلی برخی از ذرت ها از توانایی تحمل علفکش "کلومازون" برخوردارند لذا برای تولید بذور ذرت باید به ایزولاسیون میوتانت ها (MI) بترتیب زیر پرداخت :

الف) یک محلول ذخیره ای (stock solution) از "اتیل متان سولفونات" (EMS) حاوی ۱ میلی لیتر از EMS در ۱۰۰ میلی لیتر از روغن پارافین تهیّه می کنند. محلول ذخیره ای را در یخچال نگهداری می نمایند .
ب) دانه های گرده تازه را به همراه بساک (anther) ذرت های "اینبرد لاین" UE 95 برداشت می کنند.
پ) پولن ها را از بساک جدا نموده و در پاکت های تهیّه شده از کاغذ مومی شفاف جمع آوری می کنند.
ت) در حدود ۳ میلیگرم از گرده ها را به همراه ۴۵ میلی لیتر از EMS درون یک بطری به حجم ۶۰ میلی لیتر می ریزند.
ث) ظرف حاوی محلول و گرده ها را برای ۳۰ ثانیه بشدت تکان می دهند سپس در یک دوره ۴۰ دقیقه ای بصورت هر ۳ دقیقه یکبار به تعداد ۵-۴ دفعه تکان می دهند تا دانه های گرده رسوب نکنند.
ج) گرده های مزبور را به آرامی بر روی کاکل های ابریشمی والد ماده قرار می دهند.

چ) گیاه را تا مرحله بلوغ پرورش می دهند سپس بذور MI را برداشت می کنند (۱۱).



مثال ۲) غربالگری :
برای این منظور بذور MI را کشت می کنند. براي اين منظور در حدود ۱۵۰ بذر را انتخاب و در یک سینی بدون سوراخ زهکش حاوی حدوداً ۷ کیلوگرم مخلوط ۲:۱ شن و خاک باغچه با PH ۷ بعنوان بستر رشد قرار می دهند و روی بذور را با همان مخلوط می پوشانند. سینی ها را با محلول ۵۰۰ میلی لیتری حاوی ۱۵/۵ میلیگرم از ماده فعاله "کلومازون" اسپری می کنند. غلظت "کلومازون" در هر سینی در حدود ۱/۷۵ پی پی ام از ماده فعاله در شن و خاک به نسبت وزنی می باشد. این مقدار تقریباً معادل ۱/۵ پنت (pint معادل ۰/۸۷ لیتر) از کاربرد فرم تجارتی FMC در ایکر است. هر ۱۰ روز یکبار به تعداد ۵۲ عدد بذر را درون سینی می کارند و با آنچه گفته شد، محلول پاشی می کنند. بذور را در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد درون گلخانه پرورش می دهند. عملیات متعاقب را بنحوی انتخاب می کنند تا به جوانه زنی حدود ۱۰۰ درصد دست یابند درحالیکه تمامی گیاهان حساس بسختی با علفکش متأثر گردند. اولین اثرات علفکش به مدت کوتاهی پس از سبز شدن آشکار می گردند که بصورت های کلروزیس نواری یا تکه ای بر روی برگ ها هستند. بعد از ۴-۳ هفته تمامی گیاهان حساس کاملاً نابود می گردند. گیاهان UE 95 که بعنوان شاهد بموازات گیاهان مذکور بدون هیچگونه تیماری پرورش یافته اند، نسبتاً با بقیه متمایزند و ملاکی برای انتخاب بوته های متحمل به علفکش محسوب می شوند (۱۱).



مثال ۳) سلکسیون و رویاندن :
از غربالگری ۲۳۴۰۰ عدد بذر فقط ۱ عدد میوتانت مقاوم حاصل گشت. گیاه مقاوم در مقایسه با بوته های اطراف به رنگ سبز پُر رنگ بود. گیاه مقاوم پس از ۱۲ روز بخوبی رشد یافت درحالیکه تمامی بوته های داخل سینی از بین رفتند. برای اندازه گیری مقدار و فلورسنت کلروفیل گیاه مقاوم از طریق پیگمان های نرمال و فعالیت آنها اقدام گردید. گیاه مقاوم موسوم به CLT1 را به محل مناسبی منتقل نموده و تا مرحله بلوغ رشد دادند. گیاه CLT با خاصیت خودگشنی را با گیاه تغییر نیافته ای موسوم به UE 95 "بک کراس" دادند سپس CLT1 را با لاین BD 68 تلاقی داده تا بذور F بدست آیند. بذور F را تا مرحله بلوغ پرورش داده و از طریق خودگشني ازدیاد نمودند و تحت آنالیز RFLP قرار دادند و متعاقباً با BD 68 "بك كراس" نموده تا بذور BC ۸ حاصل آیند (۱۱).

مثال ۴) آنالیز ژنتیکي بذور BC ۸ :
تعداد ۱۵۰ بذر CLT1 را کشت داده و با محلول "کلومازون" مذکور اسپري کردند آنگاه بعد از ۹ روز به ارزیابي میزان تحمل گیاهچه ها پرداختند. از ۱۵۰ بذر فوق الذکر فقط ۷۶ عدد جوانه زدند و رشد نمودند که از این تعداد ۳۹ عدد به رنگ سبز و ۳۷ عدد سفید رنگ بودند. بدین ترتیب تفرق صفات (segregation) به نسبت ۱:۱ انجام گرفت و تصوّر مي گردد که يك ژن غالب يا نسبتاً غالب موجب تحمل نسبت به علفکش شده است. ۳۹ عدد گیاهچه مقاوم را پس از انتقال در شرایط گلخانه اي تا مرحله بلوغ پرورش دادند. گیاهان خودگشن مذکور را با گیاه تغییر نیافتهٔ UE 95 "بك كراس" دادند تا ژن CLT1 در UE 95 تثبیت گردد. بذور حاصل از "بك كراس" طبق دستورالعمل مذکور غربالگري شدند. در این آزمایش از بستر کشت ۱۰۰ درصد شن براي افزایش اثربخشي دُز مصرفي علفکش بر بوته ها استفاده گردید. بعد از ۹ روز که از رشد بوته ها

گذشت به ارزيابي ميزان تحمل آنها نسبت به علفكش پرداخته شد. نتايج مبين تعداد بوته هاي حساس ، مقاوم هتروزايگوت و مقاوم هموزايگوت به نسبت ۱:۲:۱ بودند لذا نسبت كل بوته هاي مقاوم به حساس ۳:۱ تعيين گرديد كه بيانگر حضور ژن منفرد براي تحمل "كلومازون" است.
حدود ۱۶۴ گياه متحمل به "كلومازون" را به مزرعه منتقل و پرورش دادند تا در مرحله بلوغ خودگشني نمايند. گياهان را از نظر فنوتيپي بر اساس مشابهت با UE 95 جدا ساختند بطوريكه از ۱۶۴ خوشه فقط ۱۰۰ خوشه بجا ماندند. بوته هاي موجود نيز مجدداً غربالگري گرديدند تا عدم تفرق پذيري ثابت گردد (۱۱).

مثال ۵) مطالعه تفرق پذيري :
گياهان مقاوم را در "بك كراس" دو گانه (reciprocal) با هموزايگوت UE 95 با ويژگي حساسيت به علفكش قرار دادند. فراواني فرزندان مقاوم در ميوتانت هاي حاصل از "بك كراس هاي" ۱ و ۲ را مي توان با تيمار "كلومازون" و شمارش بقاء يافته ها دريافت. نسبت گياهان مقاوم به حساس در فرزندان حاصل از "بك كراس" بنحو معني داري از نسبت ۱:۱ تفاوت نمي يافتند كه نشاندهنده كنترل ويژگي مقاومت توسط يك ژن منفرد غالب است (۱۱).

مثال ۶) بوته هاي ميوتانت حاصل از "بك كراس" (M.BC) از طريق خودگشني به توليد نسل پرداختند و مداوماً از نظر خلوص و عدم تفرق صفات و هموزايگوتي بررسي شدند. از هموزايگوت هاي حاصله براي

توليد هيبريدهايي كه برخوردار از مقاومت در برابر "كلومازون" هستند، در كارهاي اصلاحي آتي بهره مي برند (۱۱).

سوياي تغيير يافتهٔ ژنتيكي :

سوياي تغيير يافتهٔ ژنتيكي در حقيقت همان گياه سويا (soybean) با نام علمي "Glycine max" است كه قطعه اي از DNA مطلوب را به كمك تكنيك هاي مهندسي ژنتيك به داخل هسته اش وارد نموده اند و امروزه براي توليد غذاهاي GM بطور وسيع كشت مي شود. ساختار ژنتیکی گیاه سویا بگونه ای است که برای مقاصد مختلفي قابل استفاده می باشد لذا دارای خواستاران بسیاری مي باشد :
اولاً اینکه کارخانه داران تمایل دارند تا با کمک سویاهای ترانس ژن به مقادیر بیشتری از محصول سویا دست یابند تا پاسخگوی نیاز متقاضیان باشند.
دوماً از معضلات فرآیند تولید سویا بکاهند.
سوماً دستیابی به محصول سویا با کیفیت بهتر و سالم تر مهیّا شود (۱۰).

براي ساختن يك گياه سوياي GM بايد ابتدا ژن مورد نظر براي ادخال در سويا را جداسازي نمود. اگر ژن قادر به بروز قابل مشاهده فنوتيپ و خصوصيت مشهود نباشد آنگاه از يك ماركر متصل (linked) به آن استفاده مي گردد تا سلول هاي تغييريافته را از سلول هاي تغييرنيافته متمايز سازد.

پژوهندگان بخش بيولوژي مولكولي دانشگاه "كومينيوس" اسلواكي معتقدند كه :
ژن هاي ماركر كه بنحو بارزي باعث انتخاب صفت مقاومت به علفكش ها هستند، غالباً از نوع آنتي بيوتيك ها مي باشند لذا در محيط هاي غذايي خاص فقط به بقاي سلول هاي تغييريافته ژنتيكي مي انجامند (۱۰).

بطور كلي براي شناسايي ژن هاي تغييريافته از ماركرهاي ژني بشرح زير بهره مي گيرند :
الف) ژن هاي مسئول خصوصيات آگرونوميكي نظير : مقاومت به استرس ، آفات ، علفكش ها
ب) ژن هاي مسئول خصوصيات كيفي نظير : مزه ، ماندگاري ، كيفيت عناصر غذايي (۱۰).

ژن هاي مطلوب را پس از ايزوله سازي به روش هاي زير در DNA گياهان هدف قرار مي دهند :
الف) پرتاب ژنی (biolistic) :
پرتاب هدفمند ژن که آنرا بمباران هدفمند (ballistic bombardment) نیز می گویند، عبارت از فرآیندی است که ذرات عناصر فلزی سنگین نظیر تنگستن یا آهن را با ژن های مطلوب سازگار با گیاه می پوشانند سپس با تفنگ ژنی بدرون سلول های گیاه هدف شلیک می کنند. ذرات مزبور بدینطریق بدرون دیواره سلولی نفوذ می یابند و ژن ها را آزاد می سازند تا جزئی از DNA گیاه گردند. این شیوه از قدیمی ترین روش های مؤثر در مهندسی ژنتیک می باشد که از سال ۱۹۹۰ میلادی توسعه یافته است و شامل یک فرآیند انفجاری غیر پیچیده می باشد (۱۰).

ب) کاربرد آگروباکتریوم (agrobacterium) :

در این روش از باکتری ها برای انتقال ژن مطلوب به داخل ژنوم گیاهان بهره می برند. "آگروباکتریوم تومیفاسینس" (agrobacterium tumefaciens) نوعی باکتری می باشد که DNA آنرا بمنظور انتقال افقی ژن برای ایجاد تومور در گیاهان بکار می گیرند لذا از این توانایی در مهندسی ژنتیک نیز استفاده می گردد. از این باکتری بویژه زمانی استفاده می شود که یک آنزیم باعث محدودسازی انتقال DNA به درون سلول هدف توسط سایر روش ها می شود بنابراین ژن مطلوب را بصورت یک پلاسمید نوساخته در نژادی از باکتری "آ . تومیفاسینس" قرار می دهند تا بدرون سلول گیاه در محیط کشت هدایت گردد. درحالیکه چنین نظریه ای نسبتاً بغرنج بحساب می آید امّا بطور ساده می توان آنرا به یک عمل بریدن و چسباندن تشبیه کرد (۱۰).

پ) معبر الکتریکي (electroporation) :

معبر الکتریکی دقیقاً دلالت بر معانی آن است زیرا در این روش با کمک الکتریسیته به ایجاد روزنه ای بعنوان معبر در دیواره سلول می پردازند. این اتفاق زمانی رُخ می دهد که ضربات امواج یک میدان مغناطیسی باعث بروز روزنه ای در دیواره سلول هدف می شود و معبری برای عبور ژن ها بفرم DNA برهنه بوجود می آید تا وارد سلول گردیده و جزئی از ژنوم آن گردند (۱۰).

بکارگیری "ژن ویرانگر" (gene knockout) از ملزومات تولید اقتصادی گیاهان ترانس ژن از جمله محصولات متحمل علفکش می باشد. ژن ویرانگر را که بعنوان تکنولوژی ضد شعور و احساس (antisense) یا ژن خنثی ساز (gene neutralization) نیز می شناسند، زمانی استفاده می کنند که :
#۱) یک ژن نامطلوب در گیاه هدف وجود دارد.
#۲) یک ژن محدود کنندهٔ عمل ژن جدید در گیاه هدف حضور دارد.
برای نابود کردن یا از پا در آوردن چنین ژن هایی از یک رشتهٔ کد نشدهٔ DNA (رشته ای از DNA که در هیچ ژنی ترجمه نمی گردد) برای خاموشی صفت نامطلوب استفاده می کنند (۱۰).

مقاومت به گلیفوسیت می تواند در گیاهان ترانس ژن در راستای اهداف زیر ایجاد شود :
الف) تولید آنزیمی که موجب غیر فعال شدن گلیفوسیت گردد.
ب) قطع شدن تولید آنزیم EPSPS
پ) کدکردن یک آنزیم EPSPS که متحمل گلیفوسیت است (۱۲).

گلیفوسیت با اخلال در سنتز آمینواسیدهای ضروری فنیل آلانین ، تیروزین و تریپتوفان موجب مرگ گیاهان می شود. این آمینواسیدها را "ضروری" می خوانند زیرا حیوانات قادر به سنتز آنها نیستند بلکه فقط در گیاهان و برخی میکروارگانیزم ها ساخته می شوند سپس حیوانات از طریق مصرف گیاهان به آنها دست می یابند. گیاهان و گروهی از میکروارگانیزم ها بواسطه برخورداری از آنزیمی موسوم به EPSPS قادر به سنتز آمینواسیدهای ضروری می باشند. این آنزیم در حیوانات وجود ندارد لذا اجباراً آمینواسیدهای آروماتیک ضروری را از رژیم غذایی کسب می کنند.
سویاهای راندآپ پذیر دارای نسخه ای از آنزیم EPSPS حاصل از "آگروباکتریوم تومیفاسینس" نژاد CP4 هستند که یک تقویت کننده (پروموتر) بنام E35S حاصل از ویروس موزائیک کلم گل (CaMV) آنرا تنظیم می کند. پلاسمید حاوی EPSPS و سایر عناصر ژنتیکی مزبور را جهت درج در ژرم پلاسم سویا توسط تفنگ ژنی در شرکت های "مونسانتو" و "Asgrow" انتقال داده اند (۱۰).

سویاهای "رانداپ پذیر" (roundup ready) با نام های تجارتی "GTS 40-3-2" و "MON 04032-6" از ارقام حاصل از مهندسی ژنتیک می باشند که توسط شرکت "مونسانتو" در برابر علفکش راندآپ (گلیفوسیت) مقاوم شده اند. گلیفوسیت از جمله علفکش های وسیع الطیفی است که سنتز آنزیم EPSPS را محدود می سازد. آنزیم مذکور درگیر با بیوسنتز آمینواسیدهای آروماتیک (معطر) در گیاهان است لذا تأثیر گلیفوسیت می تواند موجب فقدان آمینواسیدهای آروماتیک در داخل سلول ها گردیده و بدینگونه در ساخت پروتئین ها اخلال ورزد (۱۰،۱۲).

اولین موافقت ها برای کشت سویاي تراریخته متحمل به علفکش در سطح تجارتی در سال ۱۹۹۴ میلادی در ایالات متحده آمریکا انجام پذیرفت سپس متعاقباً رقم GTS 40-3-2 در سال ۱۹۹۵ میلادی در کانادا ، در سال ۱۹۹۶ میلادی در آرژانتین ، در سال ۱۹۹۷ میلادی در اروگوئه ، در سال ۱۹۹۸ میلادی در مکزیک و برزیل و همچنین در سال ۲۰۰۱ میلادی در آفریقای جنوبی معرفی گردید. رقم GTS 40-3-2 را می توان با استفاده از دو روش زیر آشکارسازی نمود :
الف) روش آنالیز پروتئین
ب) روش اسیدهای نوکلئیک (۱۰).

شرکت "مونسانتو" بعلاوه موفق گردید که یک رقم سویا از طریق درج دو ژن با ویژگی چندگانه (stacked traits) را اصلاح نماید و آنرا در سال ۲۰۱۰ میلادی در برزیل توسعه دهد. ژن های مذکور عبارتند از :
الف) ژن مقاومت به گلیفوسیت
ب) ژن سازندۀ پروتئین مرگ آور موسوم به cry1Ac از باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" (۱۰).

گیاه سویا (soy) را بمنظور بهبود کیفیت روغن نیز از طریق تغییرات ژنتیکی اصلاح نموده اند. روغن سویا دارای برخی اسیدهای چرب حساس به اکسیداسیون می باشد آنچنانکه آنرا فاسد (racid) می کند لذا کاربرد

این روغن را در صنایع غذایی دچار محدودیت می سازد. تغییرات ژنتیکی سویا باعث گردیده اند که بر مقدار اسیدهای اولئیک و استئاریک افزوده گردیده و میزان اسید لینولینیک دچار کاهش گردد که این عمل از طریق خاموش سازی (silencing) و یا از کار انداختن آنزیم های ضد اشباع (desaturases) موسوم به delta 9 و delta 12 انجام پذیرفته است. رقم Dupont pioneer سویا دارای اسید اولئیک بمیزان بیش از ۸۰ درصد مي باشد که از سال ۲۰۱۰ میلادی وارد بازارهای تجاری گردیده است (۱۰).

ارزیابی گیاهان مقاوم به علفکش :

علفکش های مدرن اینك مشارکت زیادی در تولید جهانی مواد غذایی از طریق حذف علف های هرز و لغو عملیات زراعی منجر به تخریب خاک ها دارند. بهرحال علفکش های ماندگار در صورت کاربرد در سطوح وسیع می توانند منجر به ایجاد تحولاتی در گیاهان هرز در جهت بروز مقاومت به علفکش ها گردند. از مکانیزم های مقاومت به علفکش ها اینکه گیاهان از رسیدن علفکش به منطقه هدف جلوگیری می کنند. یکی از خطرات خاص این است که آنزیم سیتوکروم P450 از طریق تجزیه علفکش ها می تواند به غیر سمّی شدن علفکش های موجود بینجامد. گونه های مختلف علف های هرز در سطح جهانی می توانند به جمع آوری مکانیزم های مقاومت به علفکش ها اقدام ورزند و از این طریق به بروز مقاومت چندگانه نسبت به علفکش های مختلف بپردازند که منجر به شکل گیری معضلات شدیدی در کشاورزی جهانی براي استفاده از علفکش ها خواهد شد (۸).

ظهور علف های هرز مقاوم به علفکش :

گیاهان زراعي متحمل به علفکش مي توانند با سایر گیاهان زراعي و علف هاي هرز تلاقي یابند و موجب ظهور علف هاي هرزي شوند که با دشواري کنترل مي گردند و اصطلاحاً علف هاي هرز فوق العاده یا استثنایي (super weeds) خوانده مي شوند. البته انتقال ویژگي تحمل به علفکش ها در حالت طبیعي فقط از محصولات زراعي به گیاهان خویشاوند نزدیك امکان پذیر است. بعنوان مثال برخي گیاهان زراعي ترانس ژن نظیر : ذرت ، گوجه فرنگي ، سیب زميني و سویا داراي علف هاي هرز مهم و خویشاوند نزدیك در کشور کانادا نیستند لذا امکان انتقال ویژگي تحمل به علفکش بنحوي که کنترل علف هاي هرز را با دشواري همراه سازد، عملاً وجود ندارد (۲).

در مواردیکه علف هاي هرز خویشاوند گیاهان اصلي در مزرعه وجود داشته باشند، مي توان از روش هاي دیگري براي کنترل علف هاي هرز مقاومت یافته بهره گرفت که عبارتند از :

الف) استفاده از سایر علفکش ها

ب) شخم زدن زمین بلافاصله قبل از مرحله بذردهي علف هاي هرز

پ) کاربرد مخلوط علفکش ها براي تیمار مزارع

ت) کاربرد متناوب علفکش هاي مختلف

ث) استفاده از شیوه هاي غیر شیمیایي علف هاي هرز نظیر تبدیل محصول به سیلاژ یا کود سبز

ج) استفاده از تناوب زراعي
چ) برداشت بموقع محصولات زراعي (۲).

مؤسسات تحقيقاتي همواره بايد كشاورزان را در مورد ظهور علف هاي هرز مقاوم به علفكش ها هشدار دهند تا از گسترش علف هاي هرز مقاوم جلوگيري گردد. اينگونه مؤسسات همچنين بايد گياهان زراعي را نسبت به ساير علفكش هاي مناسب مقاوم سازند تا بتوان از بذور GM متحمل به علفكش هاي خاص در قالب تناوب زراعي بهره گرفت. در مواردیكه علف هاي هرز مقاوم به علفكش خاص با همديگر تلاقي يابند، احتمالاً به ظهور علف هاي هرز جديدي (offspring) مي انجامند كه نسبت به چند علفكش متحمل مي باشند زيرا آنها خصوصيات خويش را از والدين كسب مي كنند. دانشمندان چنين پديده اي را اصطلاحاً "تجميع ژني" (gene stacking) مي گويند. تجميع ژني براي تمامي گياهاني كه از طريق بيوتكنولوژي توسعه يافته اند، بطور يكسان وقوع نمي يابد (۲).

گياهان هرز ممكن است در برابر بيش از يك نوع علفكش مقاوم گردند و آن در مواردي است كه علفكش هاي مربوطه را با دُز مناسب براي مديريت علف هاي هرز بكار نبرند. اين نگراني زماني افزايش مي يابد كه علف هاي هرز مقاوم شده به زيستگاه طبيعي خويش در خارج از مزارع گسترش يابند و از كنترل خارج گردند. مطالعات نشان مي دهند كه گياهان متحمل به علفكش موجب مشكلات بيشتري نسبت به سايرين نمي گردند زيرا كاربرد علفكش هاي خاص فقط يكي از شيوه هاي خلاصي از رقابت علف هاي هرز با گياهان زراعي است. بررسي ها همچنين نشان مي دهند كه گياهان اهلي از جمله گياهان زراعي بدون حمايت هاي انساني قادر به بقاء نيستند. اين موضوع بدين معني است كه اگر گياهان زراعي متحمل به علفكش در خارج از مزارع كشاورزان برويند آنگاه از كمترين شانس براي بقاء و تلاقي با ساير گياهان برخوردار مي شوند. پژوهش هاي ۱۰ ساله منتهي به ۲۰۰۱ ميلادي در مورد ۴ نوع از محصولات زراعي GM نشانداندند كه گياهان زراعي تراريخته قادر به بقاء در شرايط وحشي نيستند و در مقايسه با همتاهاي معمولي بهيچوجه قادر به تهاجم به سكونتگاه هاي غير زراعي نمي باشند (۲).

علف هاي هرز از قابليت تغيير و تكامل بهره مندند بطوريكه نسبت به مواد شيميايي كه براي حذف آنها بكار مي روند، مقاومت مي يابند. اين موضوع در مورد گليفوسيت نيز واقع مي شود. بطور كلي به علف هاي هرزي كه نسبت به گليفوسيت مقاومت يافته اند، علف هاي هرز فوق العاده (superweeds) گفته مي شود. از سال ۱۹۹۶ ميلادي بنحو آشكاري بر تعداد علف هاي هرز كه نسبت به گليفوسيت مقاومند، افزوده شده است. دانشمندان معتقدند كه علف هاي هرز فوق العاده با محصولات زراعي "راندآپ پذير" مجاورشان دگرگشني داشته اند و بدينطريق با گذشت زمان دچار تغيير و دگرگوني شده و به علف هاي هرز استثنايي مقاوم به گليفوسيت تبديل گشته اند (۱).

گليفوسيت موجب بلوكه شدن حركت مواد غذايي به سمت سيستم ريشه اي گياهان مي گردد وليكن اگر كاربرد آنها از قدرت يا مقدار كافي برخوردار نباشد آنگاه مواد غذايي همچنان به سيستم ريشه اي گياه وارد گرديده و موجب تغذيه آن مي شوند و بدينگونه گياه به بقاء خويش ادامه مي دهد لذا شاخه و برگ هاي سفت و خشن برخي گياهان چندساله نظير : عشقه (Ivy) ، پروانش (periwinkle) ، تمشك (blackberry) و بلوط سمّي (poison oak) بايد با گليفوسيت در پايان فصل رشد تيمار شوند يعني زمانيكه اكثريت مواد غذايي حاصل از فتوسنتز به سيستم ريشه ها منتقل و ذخيره مي گردند. بدين ترتيب بيشترين ميزان گليفوسيت به ريشه ها انتقال يافته و موجب مرگ گياهان فوق الذكر خواهد شد (۱).

بر طبق تعریف دانشگاه ایالتی کالیفرنیای آمریکا :
گیاهان مقاوم به علفکش از توانایی بقاء و ازدیاد متعاقب قرار گرفتن در معرض دُزی از علفکش ها که معمولاً باعث نابودی گونه های وحشی گیاهان می شوند، برخوردارند. گونه های گیاهی بزرگتر و قوی تر که به علفکش شیمیایی گلیفوسیت واکنش نشان نمی دهند از بزرگترین تهدید برای تولیدات زراعی مي باشند(۶).

از مهمترین اینگونه علفهای هرز که تاکنون نسبت به راندآپ مقاومت یافته اند عبارتند از :
۱) تاج خروس (pigweed) :
گیاه هرز تاج خروس دارای ارقام رایجی نظیر تاج خروس معمولی (waterhemp) و تاج خروس نخلی (palmer amaranth) با نام علمی "Amaranthus sp" می باشد. تاج خروس حدوداً ۳ اینچ در روز رشد می یابد و با گیاهان زراعی در جهت کسب آب و عناصر غذایی خاک به رقابت می پردازد. برخی کشاورزان در سال ۲۰۰۰ میلادی گزارش دادند که بوته های علف هرز تاج خروس حاضر در مزارع سویا حتی با ۸ برابر دُز معمولی علفکش راندآپ نابود نگردیده اند. بذور "راندآپ پذیر" سویا که از انواع محصولات تغییریافته ژنتیکی (GM) هستند، اجازه می دهند تا بدون هیچگونه آسیب رسانی گیاه اصلی به نابودی علف های هرز در اثر کاربرد علفکش راندآپ بینجامد لذا کشاورزان انگیزه کمتری برای خریداری بذور گران قیمت GM خواهند داشت اگر در اثر کاربرد علفکش ها به کنترل مطلوب علف های هرز دست نیابند (۶).

۲) علف اسب یا شیخ بهار یا پیر بهار (horseweed) :
این علف هرز با نام های علمی Conyza sp و Erigeron sp با اسامی متفاوتی نظیر : Horseweed ، Marestail و Canada Fleabane شناخته می شود. علف اسب از سال ۲۰۰۱ میلادی نسبت به علفکش گلیفوسیت مقاوم گردیده بطوریکه این علفکش در بیش از ۲۰ ایالت آمریکا نظیر کالیفرنیا و ایالات غرب میانه کاملاً غیر مؤثر شده است. کاربرد علفکش گلیفوسیت در فاصله سال های ۲۰۰۳-۱۹۹۷ میلادی به میزان ۷۵۲ درصد افزایش یافته است لذا گیاهان مقاوم نیز به موازات بیشتر شده اند. بذور تغییر یافتهٔ ژنتیکی گیاهان زراعی در قیاس با کاهش نیاز برای علفکش ها با کاربرد روزافزونی مواجه شده اند (۶).

۳) اَرجی یا زیلان (Ragweed) :
علف هرز اَرجی با نام علمی "Ambrosia sp" بر طبق تحقیقات دانشگاه اوهایو از مهمترین معضلات مناطق شرقی کمربند ذرت آمریکا محسوب می گردد. کشاورزان اظهار می دارند که راندمان محصول را به میزان ۳۰-۵۰ درصد در موارد عدم کنترل گیاه هرز اَرجی از دست داده اند زیرا علف هرز مزبور نسبت به علفکش (herbicide یا weedkiller) راندآپ مقاومت یافته است بطوریکه کشاورزان را مجبور به استفاده از شیوه های پُر زحمت و پُر هزینه قدیمی نظیر وجین دستی (hand picking) و شخم زدن ساخته است. بعلاوه بسیاری از کشاورزان نیز به علفکش های قدیمی تر که سمیّت بیشتری نسبت به راندآپ دارند، متوسل گردیده اند.

"بیل فریس" رئیس مرکز ایمنی غذایی واشنگتن معتقد است که :
صنایع بیوتکنولوژی موجب وابستگی تولیدات کشاورزی به آفتکش ها گشته اند درحالیکه امیدواری به عدم کاربرد مواد شیمیایی در فعالیت های زراعی-باغی وجود داشت (۶).

۴) سوروف (Barnyard grass) :
سوروف بعنوان یک علف هرز مهم شالیزارها در سراسر مناطق جنوبی ایالات متحده آمریکا می روید و در زمره گیاهانی است که در طی دهه ۱۹۸۰ میلادی نسبت به علفکش ها مقاوم گردید. این گیاه در گذشته با

کاربرد علفکش پروپانیل بخوبي کنترل می گردید امّا اینک حتی در مقابل کاربرد ۲۰ برابری دُز معمول بقاء می یابد. این میزان علفکش نه تنها برای خاک و محصولات موجود در مزارع خطرناک است بلکه برای محیط زیست اطراف نیز زیانبخش می باشد. با این وجود کشاورزان بزودی دریافتند که بهره گیری از یک تناوب زراعی ساده می تواند به از بین رفتن و یا لااقل تضعیف بوته های سوروف مقاوم تا حد کنترل توسط علفکش پروپانیل با دُز عادی کمک نماید (۳).

مناقشات محصولات تراریخته :

امروزه برخی نگرانی ها و دلواپسی ها در مورد کاربرد محصولات مقاوم به علفکش ایراد می گردند که عبارتند از:

الف) پراکنش علفکش به گیاهان حساس مجاور

ب) کاربرد اشتباه علفکش بر محصولات معمولی

پ) محصولات متحمل به علفکش به علف های هرز برای سایر محصولات تبدیل گردند و کنترل را دشوار سازند.

ت) کاربرد اشتباهي قوطی های حاوی بذور تراریخته

ث) واکنش منفی عامه مردم به محصولات مهندسی ژنتیک

ج) قابلیت بازارپسندی

چ) افزایش علف های هرز مقاوم و تغییر در جمعیت آنها (۹).

امروزه در بین دانشمندان نوعی توافق وجود دارد که مواد غذایی حاصل از محصولات تراریخته برای سلامتی انسان و دام ها خطرناک تر از مواد غذایی معمول نیستند. محصولات غذایی GM دارای برخی فواید اکولوژیکی نیز می باشند. البته آنها در برخی زمینه ها از جمله ایمنی غذایی با انتقاداتی مواجه هستند. اینگونه انتقادات گاهاً به اندازه ای باعث مشاجرات و مباحثات گردیده اند که باعث محدودیت هایی در کاشت و توزیع محصولات تراریخته در برخی کشورهای جهان شده است (۱۰).

مقرّرات محصولات تراریخته :

مقررات مربوط به مهندسی ژنتیک توسط دولت ها جهت ارزیابی و مدیریت خطرات مرتبط با کاشت و توسعه محصولات تراریخته (GM) وضع می گردند ولیکن تفاوت هایی در مقررات مزبور وجود دارند آنچنانکه موجب بروز اختلافاتی در بازارهای تجاري آمریکا و اروپا گردیده است. تفاوت های مقررات در کشورها بستگی به تمایلات مصرف محصولات مهندسی ژنتیک دارند. بعنوان مثال محصولاتی که دارای کاربردهای غذایی نیستند غالباً توسط مسئولین امنیت غذایی بازبینی نمی گردند (۱۰).

دانشمندان كانادائي بررسي نموده اند كه چه مسائلي باعث محدوديت بروز برخي ويژگي هاي نوظهور در گياهان زراعي حاصل از بيوتكنولوژي مي شوند. آنها همچنين در صدد تدوين دستوالعمل هايي براي تدارك شرايط مناسب جهت مديريت گياهان زراعي تراريخته هستند. گروه هاي تحقيقاتي دولتي و خصوصي با حمايت برخي شركت ها براي اين منظور در سراسر كانادا به فعاليت مشغولند. آنها از كمك هاي مشاوره اي سازمان هاي حامي محيط زيست نيز برخوردارند. دولت كانادا خود را متعهد به افزايش اطلاعات در مورد اثرات گياهان مقاوم به علفكش ها در سلامتي مردم و محيط زيست مي داند (۲).

منابع و مآخذ :

1) Carpenter , Kate – 2007 – Genetically engineered – http://www.gardenguides.com

2) CFIA – 2014 – Biotechnology products : plants that tolerate herbicides – Canadian Food Inspection Agency

3) eHow – 2014 – Investing stream lined – http://www.ehow.com

4) GMO compass – 2014 – Herbicide resistant crops – http://www.gmo-compass.org

5) GMO compass – 2013 – Herbicide resistance (herbicide tolerance) – http://www.gmo-compass.org

6) Norton , Joan – 2010 – Herbicide resistant plants – http://www.gardenguides.com

7) Oktem – 1995 – Herbicide resistant transgenic plants – Dekker and Duke

8) Powles , S.B & et al – 2010 – Evolution in action : plants resistant to herbicides – Annual Review of Plant Biology ; Vol 61 : 317-347

9) PSE – 2014 – Herbicide resistant crops : part 2 – Penn. State University , College of Agricultural Sciences

10) Wikipedia – 2014 – Genetically modified soybean – http://en.wikipedia.org

11) WIPO – 1993 – Herbicide resistant plants – http://www.whatisthebiotechnology.com

12) WITB – 2013 – Herbicide resistance plants – http://www.whatisthebiotechnology.com

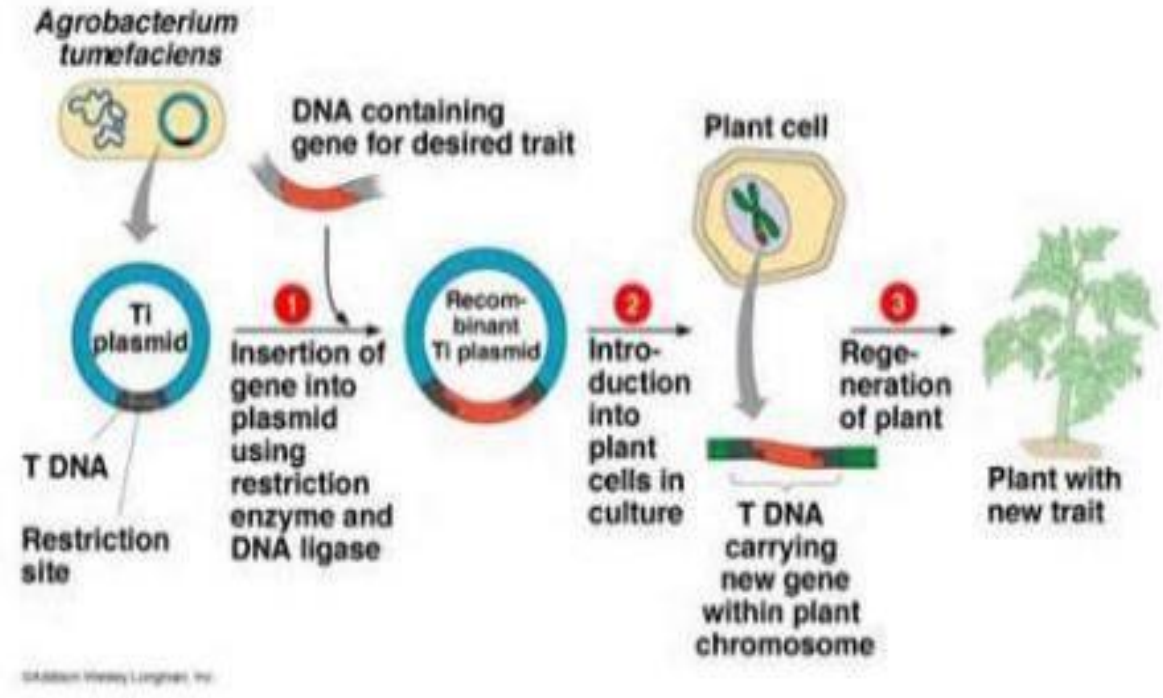
13) http://www.merriam-webster.com/dictionary

14) http://farsilookup.com

گياهان "ترانس ژن" يا "تراريخته" ؛
" Transgenic Plants "

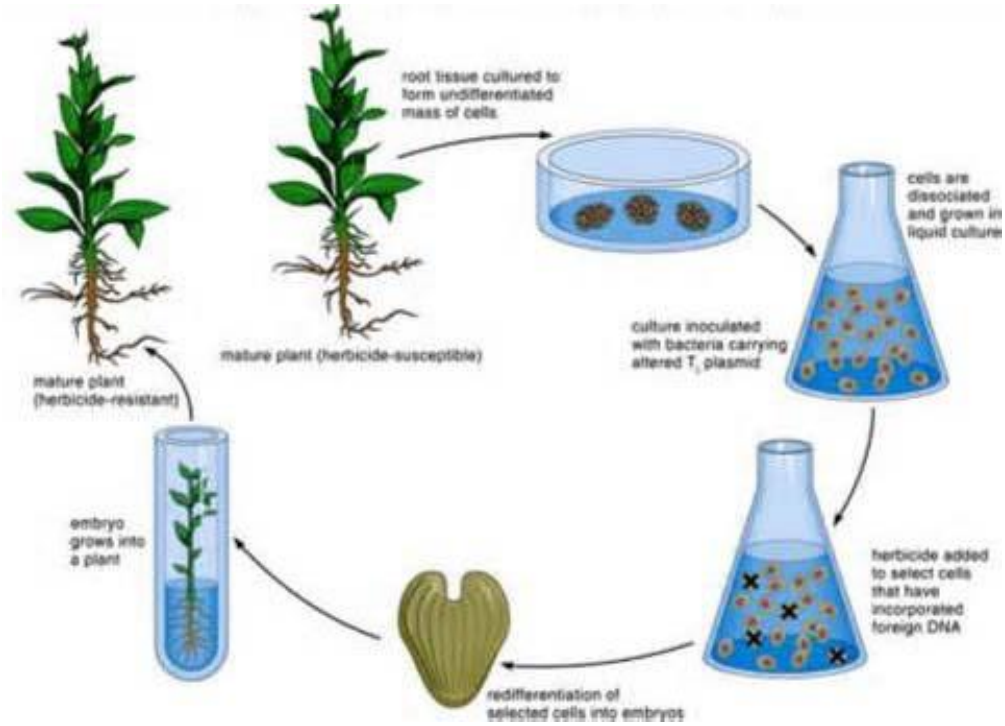
مقدّمه :

بيوتكنولوژي گياهي جنبه هاي گوناگوني از سودمندي توليدات كشاورزي در دراز مدت را از طريق ارائه واريته هاي ترانس ژن حائز خصوصيات تغييريافتهٔ برتر عرضه نموده است. نتايج اين تحوّل جديد موجب بروز ايمني در محصولات كشاورزي و توسعه سريع توليدات غذايي گرديده است. اين دستاوردها نه تنها ضروري هستند بلكه با تلفيق شيوه هاي بيوتكنولوژي در گياهان مرسوم موجب امنيت غذايي جهاني ، مقاومت به بيماري ها ، مقاومت به تنش هاي زنده و غير زنده و ارتقاء وضعيت سلامتي مردم مي شوند. اين موضوع همچنين به تغيير بسياري از عمليات كشاورزي و كاهش صدمات حاصل از فعاليت هاي توليد محصولات غذايي بر محيط زيست مي گردد (۴).



گياهان ترانس ژن (TP) :

تاكنون پيشرفت هايي در برخي جنبه ها براي معرفي گياهان ترانس ژن (transgenic plants) حائز ويژگي هاي جديد با استفاده از تكنولوژي بازتركيب DNA (DNA recombinant) حاصل آمده اند. دستكاري (manipulation) ژنتيكي گياهان در صدد گشودن افق هاي نويني براي كشاورزي است امّا تا سال هاي اخير تنها به دگرلقاحي (cross-breeding) متكي بوده است كه روندي بسيار كند را به همراه دارد. امروزه مهندسي ژنتيك (genetic engineering) نويدبخش فرآيندهاي سريع و چشم اندازي گسترده از پيشرفت در زمينه هاي مختلف كشاورزي مي باشد (۳).



توليد گياهان ترانس ژن :

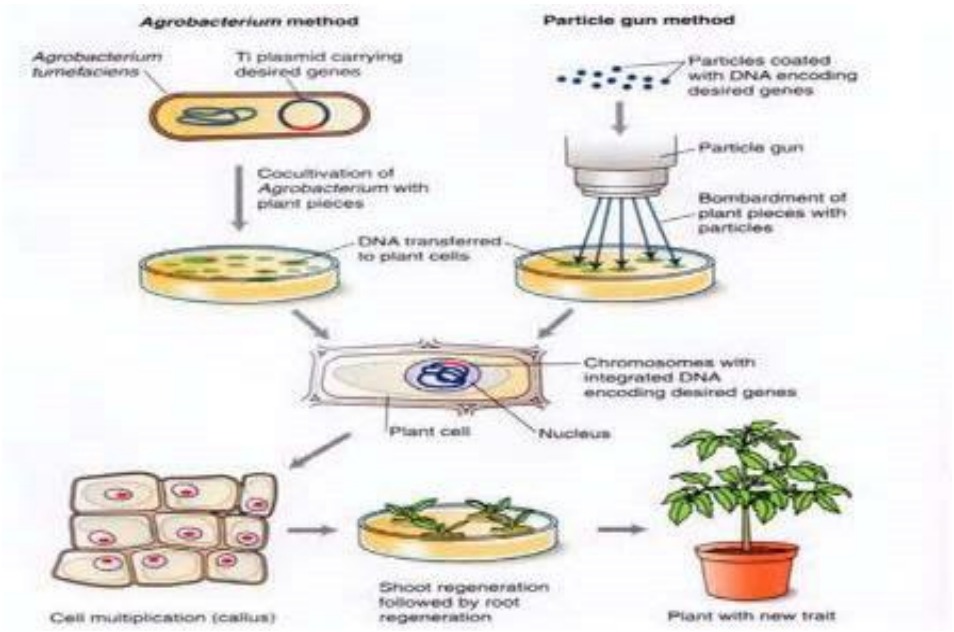
از چندين روش براي درج ژن در گياهان هدف بهره مي برند :

الف) آلوده سازي سلول هاي گياه با پلاسميدها (plasmids) بعنوان ناقلين (victors) ژن هاي مطلوب

ب) شليك ذرات ميكروسكوپي حاوي ژن مطلوب بطور مستقيم به داخل سلول هدف .

اصولاً در گياهان برخلاف حيوانات هيچگونه ناهمگوني حقيقي بين سلول هاي غيرجنسي يا "سوماتيك" (somatic) و سلول هاي بوجود آورندۀ سلول تخم در شيوه توليد مثل جنسي (germline) وجود ندارد آنچنانكه از بافت "سوماتيك" گياهان نظير سلول هاي ريشه در كشت بافت استفاده مي گردد.

پ) ژنوم گياهان را در آزمايشگاه ها با ژن هاي مطلوب تغيير مي دهند.
ت) از طريق گل ها در گياهان بالغ .
در صورتيكه عمل انتقال ژن مطلوب بخوبي صورت پذيرد آنگاه ژن جديد بعنوان بخشي از گرده ها و سلول تخم گياه هدف مي شود و بدينطريق به نسل هاي بعدي منتقل خواهد شد. توليد گياهان ترانس ژن بسيار آسانتر از ايجاد حيوانات ترانس ژن است (۳).



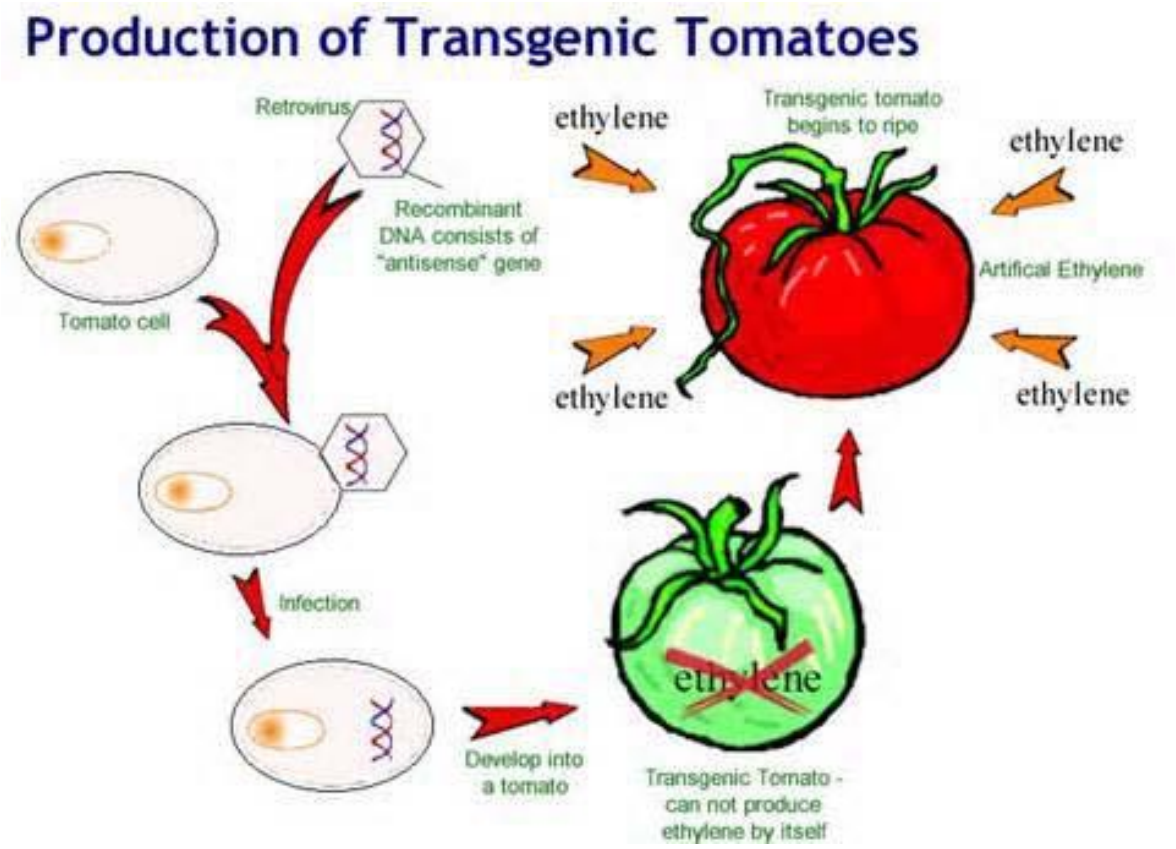
دستاوردهاي توليد گياهان ترانس ژن :
۱) اصلاح كيفيت عناصر غذايي :
برنج سفيد (milled rice) ماده غذايي اصلي براي بخش عمده اي از جمعيت زمين مي باشد. در ضمن تبديل شلتوك به برنج سفيد اقدام به حذف پوسته (husk) حاوي ماده بتاكاروتن مي گردد. بتاكاروتن ماده اوليه ساخت ويتامين A در بدن انسان است لذا بروز عارضه كمبود ويتامين A در بسياري از مناطق برنج خيز جهان بويژه جنوب شرقي آسيا تعجب آور نيست. سنتز بتاكاروتن نيازمند تعدادي از آنزيم هاي كاتاليزور است. در ژانويه سال ۲۰۰۰ ميلادي گروهي از پژوهندگان اروپايي گزارش نمودند كه موفق به درج ۳ ژن به درون سلول گياه برنج شده اند و بدينطريق آنها را قادر ساخته اند تا بتاكاروتن را در آندوسپرم خويش توليد كنند (۳).

۲) مقاومت به آفات گياهي :

باكتري "باسيلوس تورينجنسيس" يا Bt (Bacillus thuringiensis) مي تواند براي برخي آفات زيان آور باشد. اثرات مهلك اين باكتري بواسطه توليد يك نوع پروتئين سمّي است. از طريق روش هاي بازتركيب DNA مي توان ژن توليد كننده ماده سمّي را از باكتري مزبور مستقيماً بدرون ژنوم گياهان هدف وارد ساخت تا از اين گياهان در مقابل هجوم آفات مهلك مراقبت كند (۳).

۳) مقاومت به بيماري هاي گياهي :

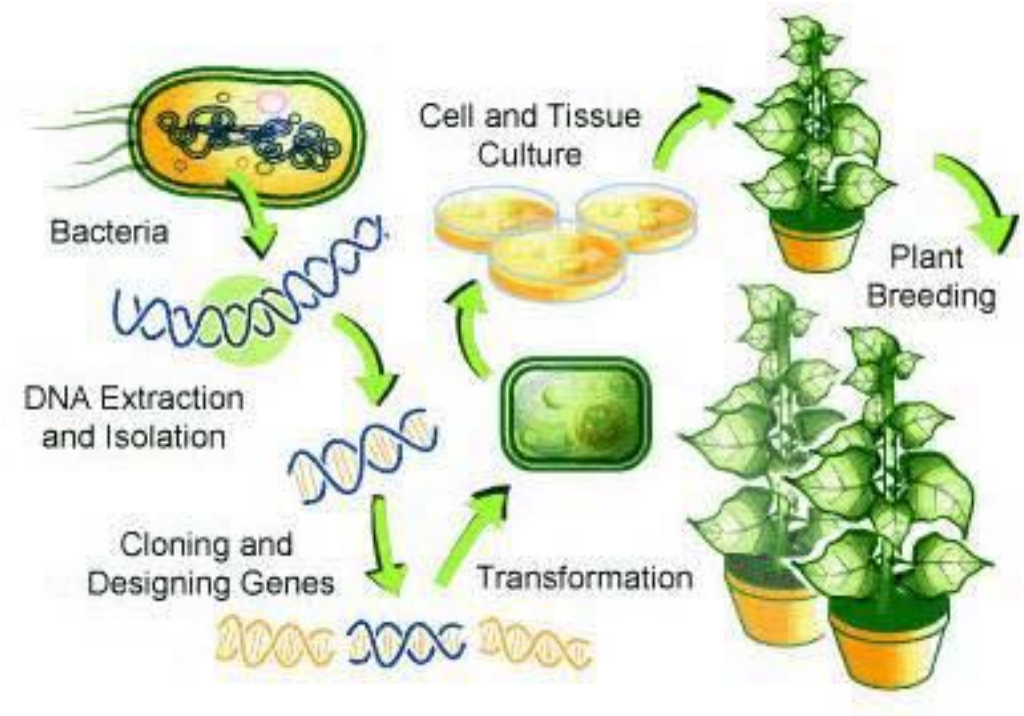
ژن هايي كه به مقاومت گياهان در مقابل بيماري هاي ويروسي منجر مي گردند، به صورت موفقيت آميزي در محصولاتي چون : تنباكو ، گوجه فرنگي و سيب زميني تعبيه شده اند. بعنوان مثال گوجه فرنگي هاي مقاوم شدهٔ شركت "مونسانتو" (Monsanto) آمريكا نسبت به انواع معمولي در شرايط سرايت بيماري هاي ويروسي به توليد بيش از ۳ برابري محصول مي پردازند زيرا نسبت به بيماري هاي ويروسي مخرب مقاومت يافته اند (۳).



۴) مقاومت به برخي علفكش ها :

استفهام در مورد ايمني انسان ها و محيط زيست در مورد برخي علفكش هاي گياهان پهن برگ نظير 2,4-D بوجود آمده است. گواينكه علفكش هاي جايگزين در دسترس هستند امّا احتمال خسارت محصولات بموازات آسيب علف هاي هرز نيز مي رود. ژن هاي مقاومت به علفكش هاي جديد از برخي گياهان به محصولات زراعي منتقل گرديده اند تا موجب بقاي آنها در مواقع مواجهه با علفكش هاي خاص گردند. تأثير علفكش "بروموكسينيل" بر گياه توتون به كمك يك ژن باكتريايي تغيير يافته است زيرا علفكش مذكور سريعاً توسط گياه GM تجزيه مي گردد (۳).

۵) تحمل شوري :
بخش بزرگي از اراضي فاريابِ محصولات زراعي در معرض شوري قرار دارند بطوريكه امكان كاشت بسياري از محصولات مهم در آنها وجود ندارد. پژوهندگان دانشگاه كاليفرنيا موفق به توليد گوجه فرنگي ترانس ژني شده اند كه قادر به رشد در اراضي شور هستند. ژن ترانس يافته باعث تشكيل نوعي پمپ پروتوني ضد سكني سديم (sodium/proton antiport) مي شود كه قادر به مصادره سديم مازاد در داخل واكوئول سلول ها است. در اين حالت هيچگونه سديمي در ميوه ها تجمع نمي يابند (۳).

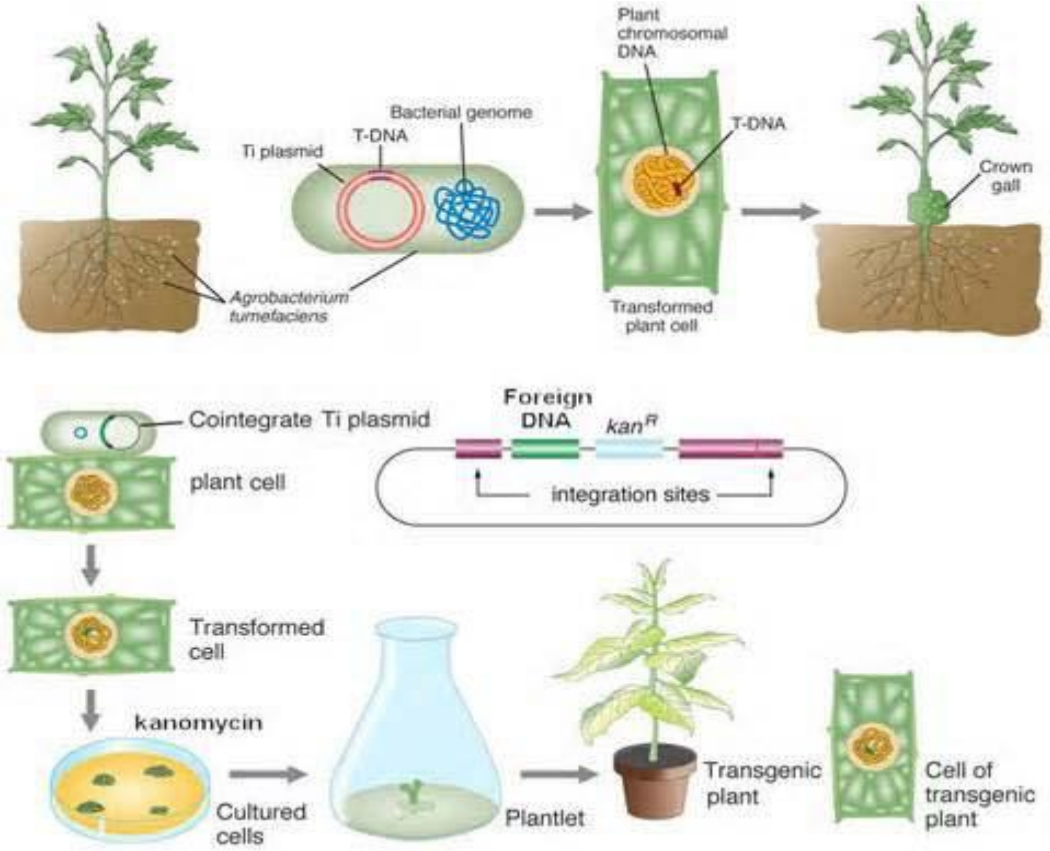


۶) ژن هاي نابودگر :
انتقال ژن هاي نابودگر بموازات انتقال ژن هاي مطلوب به داخل گياهان GM انجام مي گيرد تا موجب عقيم شدن بذور تغيير يافته ژنتيكي گردند و بدينگونه قابليت نگهداري بخشي از بذور توليد شدهٔ هر سال جهت كاشت در سال بعد منتفي مي شود و كشاورزان را مجبور به خريد بذور جديد از شركت هاي توليد كننده بذور به صورت هر ساله مي كنند. چنين فرآيندي درگير با انتقال ۳ ترانس ژن به داخل گياه است :
الف- ژن كدكننده مواد سمّي كه براي بذور در حال نمو بسيار مهلك است امّا براي بذور بالغ و گياه زيان آور نمي باشد.
ب – اين ژن بطور معمول غير فعال است زيرا قطعه اي از DNA در بين ژن مزبور و بخش فعال كننده اش (promoter) قرار دارد.
پ – يك ژن كدكننده آنزيم بازتركيب (recombinase) كه باعث حذف قطعه مابين مي شود و بدينگونه به ژن نابودگر (terminator) اجازه ظهور مي دهد.

ت – ژن محدود کننده (repressor) که پروتئين توليدي را به ماده فعال کننده پيوند مي دهد و بدينگونه آنرا غير فعال مي سازد (۳).

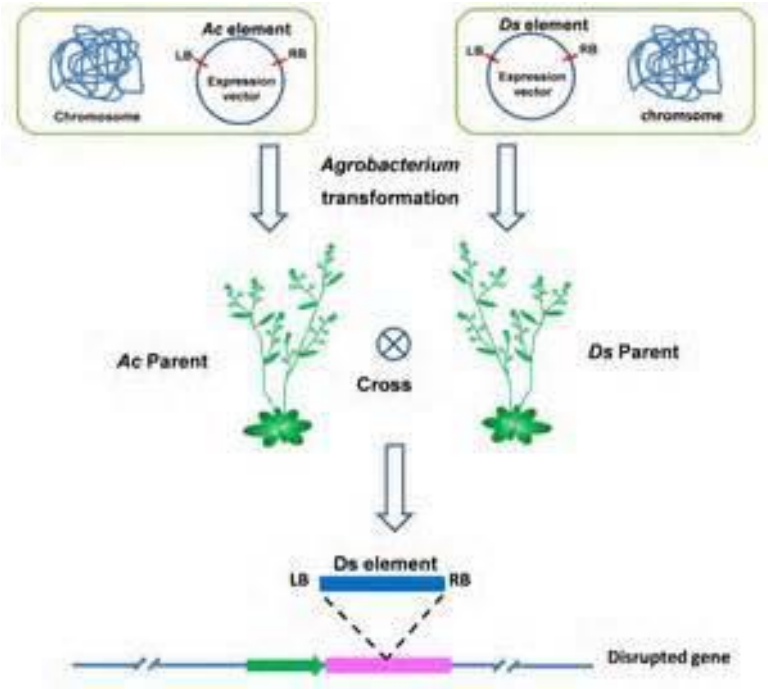
چگونگي کاربرد آنها بشرح زير است :
الف) بذور را قبل از فروش در محلولي از "تتراسيکلين" مي خيسانند.
ب) سنتز ماده محدودکننده مختومه مي گردد.
پ) ژن آنزيم بازترکيب فعال مي شود.
ت) قطعه فاصله انداز از ژن سميّت زا (toxingene) برچيده مي شود تا بدينطريق فعال شود زيرا سم حاصله به گياه در حال رشد صدمه نمي زند و گياه مي تواند به حالت عادي رشد يابد بجز اينکه بذورش در مرحله نمو عقيم مي شوند (۳).

استفاده از ژن هاي نابودگر (terminator) باعث بروز مناقشاتي بشرح زير شده است :
الف) کشاورزان بويژه در کشورهاي در حال توسعه همواره تمايل دارند تا بخشي از محصول مکتسبه را براي کاشت در سال بعد ذخيره سازند.
ب) شرکت هاي توليدکننده بذور متقابلاً علاقمند به حفظ بازار فروش بصورت هرساله هستند (۳).



۷) ترانس ژن هاي كدكنندۀ زنجيره ضد فعاليت RNA (antisense RNA) .
اين زنجيره شامل يك رشته از نوكلئوتيدها است كه به RNA پيامبر متصل مي گردد و بدينگونه آنرا غير فعال مي سازد (۳).

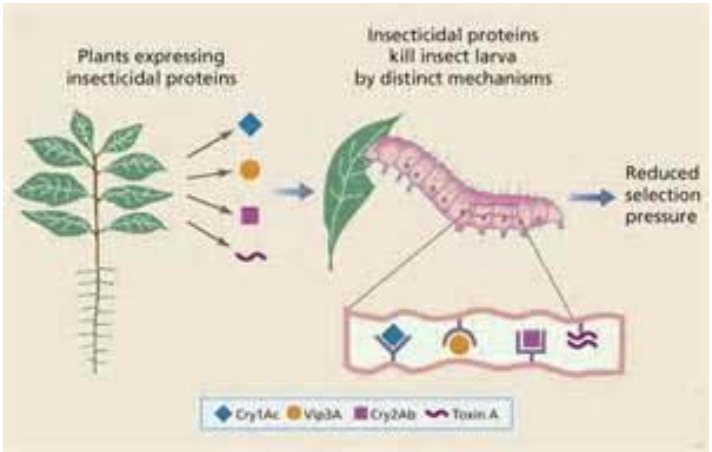
۸) داروهاي زيستي :
ژن هاي مسئول ساخت پروتئين هاي مؤثر در ساخت داروهاي زيستي (biopharmaceutical) مصرفي انسان و دام ها را مي توان داخل گياهان مناسب قرار داد و توسط آنها به اهداف مربوطه نائل آمد . فوايد اينكار عبارتند از :
الف- گليكوپروتئين ها (glycoproteins) را بدينطريق مي توان توليد نمود درحاليكه بطور عادي باكتري هايي نظير "اشرشيا كولي" (E . Coli) قادر به اينكار نيستند.
ب – مقادير واقعاً نامحدودي از آنها را مي توان در مزارع پرورش داد درحاليكه توليدشان در مخازن تخمير بسيار گران تمام مي شود.
پ – از خطرات آلودگي سلول هاي پستانداران (mammalian) و محيط هاي كشت بافت توسط عوامل مسري اجتناب مي گردد.
ت – خالص سازي (purification) با سهولت بيشتري انجام مي پذيرد.
ذرت مطلوب ترين گياه براي اين منظور است امّا سلول هاي توتون ، گوجه فرنگي ، سيب زميني ، برنج و هويج نيز با پرورش در شيوه كشت بافت براي اين منظور استفاده مي گردند (۳).



برخي از پروتئين هايي كه توسط گياهان ترانس ژن توليد مي شوند عبارتند از :
الف) هورمون هاي رشد انساني از طريق وارد نمودن ژن هاي مربوطه در DNA كلروپلاست گياه توتون
ب) آنتي بادي هاي انساني براي مقابله با بيماري هاي مسري نظير :
۱ب- ايدز (HIV)
۲ب- ويروس پيوستگي تنفس (RSV)
۳ب- نابودي اسپرم
۴ب- ويروس HSV عامل تبخال (cold sore)
۵ب- ويروس "ابولا" (Ebola) عامل تب خونريزي دهنده (hemorrhagic fever)
پ- پروتئين هاي آنتي ژن براي استفاده در واكسن هاي نظير : واكسن ضد سرطان غدد لنفاوي (antilymphoma) كه در اين مورد از گياه توتون ترانس ژن براي توليد پروتئين هاي ضد آنتي بادي مربوطه بهره مي برند.
ت- ساير پروتئين هاي مفيد نظير : ليزوزيم (lysozyme) و تريپسين (trypsin)
ث- توليد نوعي آنزيم بنام "گلوكوسربروسيداز" (Glucocerebrosidase) در سلول هاي هويج ترانس ژن در روش كشت بافت براي درمان عارضه ژنتيكي "تجمع مولكول هاي چربي در طحال" موسوم به "گاچر" (Gaucher) (۳).

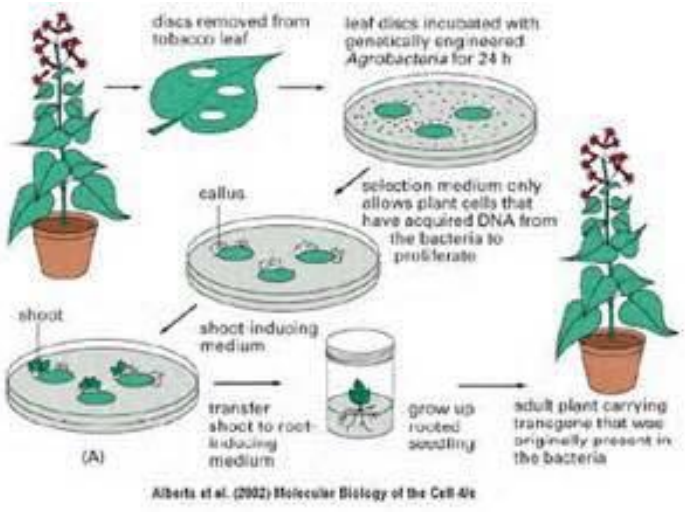
مناقشات توليد گياهان ترانس ژن :

معرفي گياهان ترانس ژن در كشاورزي با مناقشات و مناضعات شديدي مواجه گرديده است. برخي معتقدند كه گياهان ترانس ژن ممكن است گياهان بومي و غير هدف را به مخاطره بيندازد. بعنوان مثال :
الف) در صورتيكه ژن مقاومت به علفكش از گياه دگرگشن ذرت به گياهان هرز منتقل گردد، باعث دشواري در كنترل علف هاي هرز مزبور خواهد شد.
ب) ژن مولد سم Bt مي تواند از طريق گرده ها در ضمن گرده افشاني باعث نابودي حشرات مفيد از جمله زنبوران عسل گردد (۳).



مطالعات مزرعه اي بر پنبه و ذرت حاوي ژن Bt نشانداد كه از تعداد برخي حشرات غير هدف در مزارع كاسته شده است گواينكه قابل مقايسه با حالت كاربرد آفتكش هاي شيميايي نبوده اند.
نگراني ديگر در مورد تلفيق غير عمدي محصولات ترانس ژن با محصولات غذايي عادي است اگر چه اين موضوع بصورت دوره اي وقوع يافته است امّا مطلقاً شواهدي براي تهديد سلامتي انسان موجود نيست (۳).

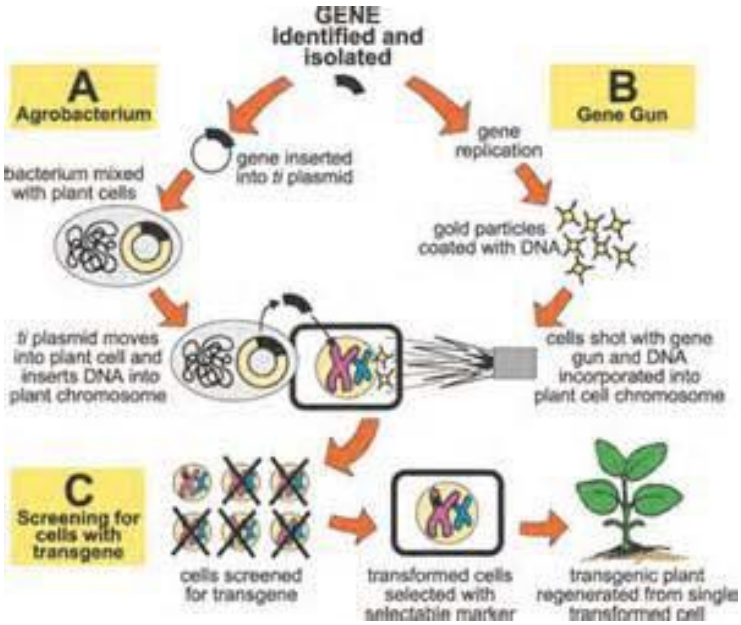
بسياري از كشاورزان سراسر جهان با وجود مناقشات مذكور از محصولات ترانس ژن استقبال نموده اند بطوريكه امروزه بيش از ۸۰ درصد ذرت ، سويا و پنبه زراعي ايالات متحده آمريكا را محصولات تغيير يافته ژنتيكي يا "GM" (genetically modified) تشكيل مي دهند از جمله :
الف) گياهان مقاوم به علفكش گليفوسيت موسوم به گياهان "راندآپ پذير" (roundup ready) آنچنانكه با سمپاشي اينگونه مزارع باعث مي شوند تا تمامي علف هاي هرز بدون هيچگونه آسيبي به گياهان اصلي نابود گردند.
ب) مقاومت گياهان به هجوم آفات خطرناك از طريق توليد سم Bt يا "باسيلوس تورينجنسيس" (۳).



گياهان ترانس ژن بعنوان بيورآكتورهاي توليد واكسن خوراكي :

استفاده از گياهان بعنوان رآكتورهاي زنده بمنظور توليد پروتئين هاي بازتركيب با كمك متخصصين ژنتيك گياهي ، بيولوژي مولكولي و بيوتكنولوژي در حال گسترش است. بر اساس يك نظريه مطروحه در دهه اخير، بيورآكتورهاي گياهي از جمله گياهان تغييريافته ژنتيكي هستند كه مجموعه ژني يا ژنوم هاي آنها (genomes) بصورت مصنوعي دستكاري گرديده اند تا بتوانند بعنوان منابع توليد بيولوژيكي پروتئين ها و برخي ديگر از مواد ايمن ساز عمل نمايند. در اين رابطه ، سيستم بيورآكتور مبتني بر گياهان داراي فوايد عديده اي در مقايسه با ساير شيوه هاي بيولوژيكي توليد پروتئين خواهند بود. بيورآكتورهاي گياهي را مي

توان در اراضي كشاورزي و يا گلخانه ها پرورش داد و از كمترين انرژي هاي ورودي نظير : نور ، آب و عناصر كودي بهره گرفت (١).

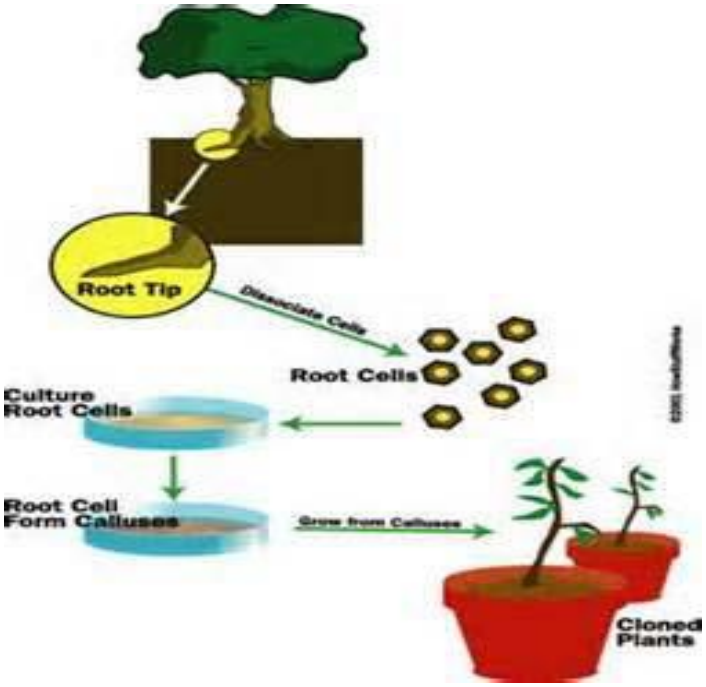


سيستم هاي بيورآكتور گياهي را به آساني مي توان در اراضي وسيع با تعداد فراواني از گياهان پرورش داد. بعنوان مثال : با وضعيت تكنولوژي موجود مي توان واكسن كافي حاوي آنتي ژن هاي بيماري هپاتيت B را براي ١٣٣ ميليون نوزادي كه هر ساله متولد مي شوند ، در زميني به وسعت ٢٠٠ ايكر بدست آورد. سلول هاي مولد از كمترين آلودگي با سموم بالقوه يا پاتوژن هاي انساني مورد استفاده در سيستم هاي بيورآكتور گياهي مواجه مي شوند. توزيع واكسن هاي خوراكي (oral ، edible) نشانداده است كه كارآيي بيشتري در قياس با واكسن هايي دارد كه بصورت تزريق زير پوستي (subcutaneous) و يا عضلاني (intramuscular) باعث برخي واكنش هاي پوستي مي گردند (١).

از ديگر فوايد مهم تكنولوژي واكسن هاي خوراكي اين است كه آنها را مي توان از طريق تلاقي لينه هاي مختلف گياهي بصورت واكسن هاي چندگانه (multi-component) توليد نمود. واكسن هاي چندگانه داراي آنتي ژن هاي متعددي هستند و مي توانند بصورت همزمان براي ايمن سازي بر عليه چندين پاتوژن بكار روند و انسان و دام ها را برعليه چندين بيماري از جمله موارد زير مصون مصون دارند :
الف) مسموميّت باكتريايي روده اي يا "ETEC" (Enterotoxigenic E.Coli)
ب) وبا (Cholera)
پ) Tota virus (١).

استفاده از آنتي ژن ها (antigen) بعنوان واكسن در جهت ايمن سازي بر عليه آنتي بادي ها (antibody) با كمك گياهان ترانس ژن بسان رآكتورهاي زنده بسيار آسان و ارزان است و منتج به توليد مولكول هاي ايمن

ساز با كيفيت بالا مي گردد. در راستاي توسعه واكسن هاي خوراكي (edible vaccine) توانسته اند آنتي بادي ها و آنتي ژن هاي گوناگون را بنحو موفقيت آميزي در گياهان ترانس ژن توليد سازند بطوريكه وظايف سنتي را نيز بخوبي انجام مي دهند (١).



تاكنون آنتي ژن هاي مربوط به چندين پاتوژن را از تعدادي انسان و دام به گياهان ترانس ژن منتقل ساخته اند كه برخي از آنها عبارتند از :
infection ، anthrax ، hepatitis B ، measles ، HIV ، rabies ، Norwalk virus
.(١) avian influenza virus ، avian reo virus ، bursal disease virus

چالش براي ساخت گياهان قابل پرورش مولد پروتئين هاي داروئي توسط اتحاديه اروپا در چارچوب برنامه هاي ٢٠١٣-٢٠٠٧ ميلادي مورد تأئيد قرار گرفته و تأكيد ورزيده اند كه عملكرد پروتئين هاي بازتركيب بايد به موازات توليد بيوماس گياهان ترانس ژن بهبود يابد. پژوهش هاي جاري تلاش دارند تا موجب افزايش بيوماس گياهان ترانس ژن از جمله "شاهي گوش موشي" (Arabidopsis thaliana) بعنوان يك سيستم بيورآكتور گياهي مناسب گردند (١).

پروتئين هاي با ارزشي كه قابل توليد در سيستم هاي بيورآكتور گياهي بمنظور اهداف داروئي در مبارزه با بيماري هاي انسان و دام ها هستند عبارتند از :

الف) انسولين (Insulin)

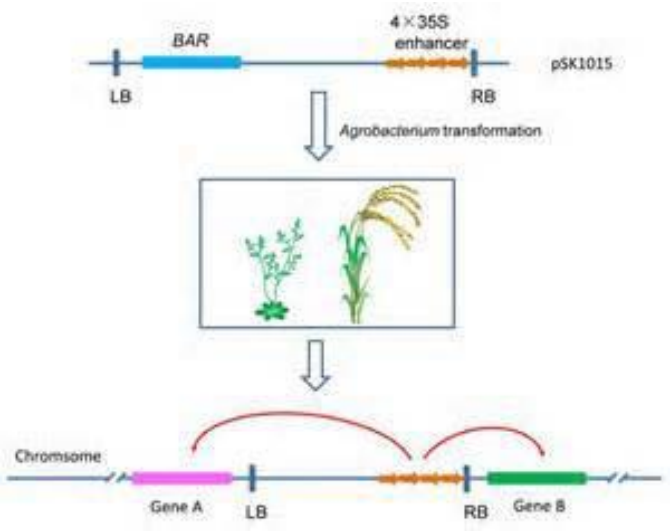
ب) هورمون رشد انساني (HGH)

پ) پروتئين هاي ضد كم خوني (antihemopoietic) نظير فاكتور ٨

ت) آنتي بادي ها

ث) واكسن هاي خوراكي (١).

توليد پروتئين هاي با ارزش مبتني بر گياهان بعنوان مواد خام داروهاي بيولوژيك از دستاوردهاي بنيادييني مي باشد كه اخيراً توجه جهاني را بخود معطوف داشته است. موضوع كشاورزي مولكولي (molecular farming) به توضيح توليدات ترانس ژن از نوع پروتئين هاي بازتركيب در گياهان مي پردازد. برخي مطالعات براي توليد پروتئين ها در گياهان ضمن سال هاي اخير بيانگر زيست پذيري تكنيك ها از منظر علمي و عملي هستند. پروتئين هايي نظير : "سوماتروپين" (somatropin) و سَم تتانوس (tetanus) بسادگي قابل توليد در گياهان مي باشندد (١).



تعداد زيادي از آنتي ژن هاي واكسني را مي توان بنحو موفقيت آميزي در گياهان توليد نمود و اين عمل از تكنيك هاي مطلوب در آينده خواهد بود. از چنين آنتي ژن هايي مي توان به موارد زير اشاره داشت :

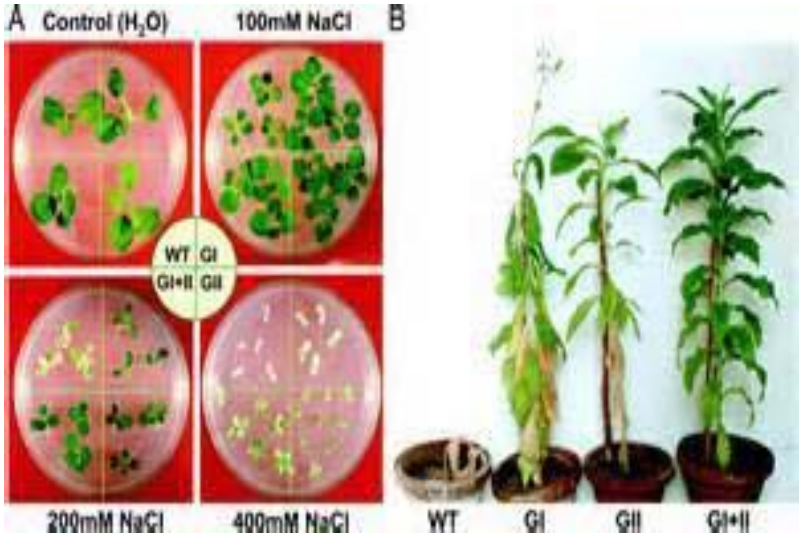
الف) پروتئين "Ospa" از باكتري "Borrelia burgdorferi"

ب) آنتي ژن سطحي ويروس هپاتيت B

پ) واحدهاي وابسته به سم "E.Coli" ناپايدار در برابر گرما

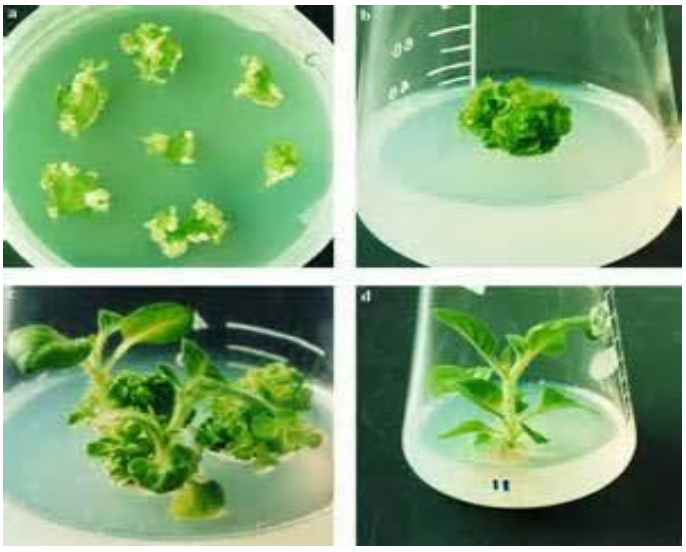
ت) آنتي ژن ويروس "Norwalk"

ث) آنتي ژن سرخك (measles) (١).



ايمني سازي دهاني (oral يا feeding) حيوانات كوچك با برخي از آنتي ژن هاي خوراكي به واكنش هاي معني داري در ايجاد ايمني مطلوب منتهي گرديده اند. آزمايشات مقدماتي بر انسان نشاندهنده واكنش هاي آنتي بادي سرمي بعد از مصرف خوراكي آنتي ژن هاي حاصل از گياهان ترانس ژن بوده اند (١).

بيشترين ملاحظات اين است كه مي توان با كمك گياهان ترانس ژن و چالش هاي تكنيكي با كمترين محدوديت به توليد پروتئين هاي عامل ايمني پرداخت. با اين طريق مي توان گياهان را به رآكتورهاي زنده مولد واكسن هاي آينده مبدل ساخت و توليدات آنها را جايگزين واكسن هاي سنتي نمود. توليد واكسن هاي خوراكي بازتركيب بصورتهاي : برگ يا ميوه مي تواند كارآمدتر ، سهل تر و با قابليت حمل و نقل و انبارداري بهتر انجام پذيرد. چنين واكسن هايي بدون نياز به شرايط يخچالي در عين عدم تنزل كيفيت در ضمن حمل و نقل خواهند بود (١).



توليد واكسن هاي خوراكي تجارتي بنحو بارزي به نيروي انساني حداقل و كمترين آموزش هاي تخصصي داروئي نيازمند است و نيازي به حضور دام ها ندارد. با اين وجود چالش هايي بشرح زير در جهت توليد واكسن هاي خوراكي وجود دارند :
الف) دستيابي به حداكثر ميزان كارآمدي
ب) ميزان تحمل ايمني
پ) ميزان بروز آلرژي
ت) امكان بروز آلودگي هاي محيطي (١).

امروزه تلاش هاي زيادي براي توليد واكسن هاي خوراكي جهت برخي بيماري هاي انساني و دامي انجام مي گيرد كه از جمله آنها مي توان به توليد واكسن خوراكي بيماري مسري ويروسي "تورّم عفوني بورسال" يا "گامبرو" ماكيان موسوم به "IBDV" (Infectious Bursal Disease Virus) در گياه "شاهي گوش موشي" موسوم به "گياه مين ياب" از خانواده "براسيكاسه" با نام علمي " Arabiodopsis thaliana" مي باشد (١).

توليد واكسن خوراكي از گياهان ترانس ژن :

On the left are CMV infected nontransgenic tomato plants, and on the right are CMV resistant transgenic tomato plants. Note the differences in growth and fruiting.

مراحل آماده سازي واكسن هاي خوراكي از طريق گياهان ترانس ژن عبارتند از :
١) انتخاب ژن و گياه مطلوب :
در مرحله اوّل بايد به انتقال ژن مطلوب به داخل گياه مورد نظر پرداخت سپس گياه تغيير ژنتيك يافته را وادار به توليد پروتئين هاي آنتي ژن نمود. اين پديده را "تغيير يافتگي" (transformation) و گياهان حاصله

را گياهان ترانس ژن (transgenic plants) مي نامند. در راستاي توسعه واكسن هاي پروتئيني بايد بخش مورد نظر از گياه (epitope) را كه به توليد بيشترين مقدار آنتي ژن مي پردازد ، با دقت انتخاب نمود.
واكسن هاي خوراكي مطلوب بايد بسيار ايمن ، فاقد پاتوژن و قادر به توانايي ايمن سازي از طرق گوارشي و تزريقي باشند. واكسن هاي خوراكي ثمربخش بايد به شرايط اسيدي شديد داخل معده مقاوم باشند و بتوانند بفرم زيستي فعال به سلول هاي هدف برسند. ژن هاي آنتي ژن مورد نظر بايد با گياه منتخب سازگار باشند(١).

آنتي ژن هاي توليدي گياهان ترانس ژن را از پيكره گياهان استخراج نموده و بصورت كپسول هاي زيستي در مي آورند. توليد كپسول هاي زيستي از آنتي ژن هاي گياهان ترانس ژن اجازه مي دهد كه آنها از تأثيرات نامطلوب ترشحات معده تا رسيدن به ديوارهاي روده بصورت سالم باقي بمانند. دام هايي كه از گياهان ترانس ژن نظير : يونجه ، سيب زميني و "شاهي گوش موشي" تعليف شدند به بروز آنتي ژن مربوطه پرداختند و آنها را در برابر بيماري هاي زير مقاوم ساختند :
الف) Bovine Rota Virus (BRV)
ب) Bovine Viral Diarrhea Virus (BVDV) (١).

گياهان ايده آل براي توليد واكسن هاي خوراكي بايد داراي برخي خصوصيات زير باشند :
الف) قابليت تجميع آنتي ژن هاي توليدي به ميزان مؤثر
ب) حفظ خاصيت ايمن سازي آنتي ژن هاي بازتركيب
ت) عدم توليد آنتي ژن هاي مختل كننده (١).

۲) حاملیني با تشدید کننده هاي خاص گیاهي :
توسعه واکسن هاي خوراکي در چالش با بروز سطوح کم پروتئین هاي خارجي در گیاهان ترانس ژن است. بر اساس گزارشات مقادیري از ۲-۰/۰۱ درصد کل پروتئین محلول (TSP) مي توانند موجب کاهش میزان ایمن سازي شوند. فعالیت تشدید کننده ها در ریشه هاي توتون و ذرت بسیار بیشتر از برگ ها بوده اند. همچنین میزان فعالیت تشدید کننده ها در برگ هاي بالغ توتون بیشتر از برگ هاي جوان اندازه گیري شده اند درحالیکه میزان فعالیت تشدید کننده ها در بخش هاي مختلف هوایي گیاه ذرت تفاوت بسیار اندکي داشتند و میزان فعالیت تشدید کننده هاي ذرت از آنچه فعلاً بکار مي روند، بیشتر بوده اند (۱).

۳) تولیدات گیاهان ترانس ژن مشابه محصولات کشاورزي مرسوم مي باشند و تنها تفاوت آنها در فرآیند آهسته پروتئین هاي تغییر یافته است. امروزه سه روش براي تولید گیاهان ترانس ژن وجود دارند :
الف- هدایت ذرات ژني توسط تفنگ ژني (gene-gun)
ب – استفاده از باکتري "آگروباکتریوم تومیفاسینس" (Agrobacterium tumefaciens) بعنوان تسهیل کننده
پ – شیوه هدایت الکتروني (electroporation) که عمومیت بیشتري از دو شیوه قبلي دارد (۱).

تفنگ ژني در راستاي تغییرات ژني به درج DNA مطلوب به داخل ژنوم گیاهان هدف از طریق بمباران سوسپانسیون جنیني کشت سلول انجام مي گیرد. در موارد درج ژن ها به صورت مکرر و چندگانه یعني "multi-site" یا "multi-copy" ژن هاي خاموش معمولاً از روش تفنگ ژني بهره مي گیرند (۱).

تغيير پذيري با ميانجيگري "آگروباكتريوم" در توليد گياهان ترانس ژن بسيار معمول است. "آگروباكتريوم ها" بطور طبيعي در خاك ها حضور دارند و قادر به درج قطعاتي از DNA خارجي به درون گياهان از طريق زخم هايي نظير خراشيدگي ها هستند و بدينطريق در ژنوم گياهان وارد شده و جزئي از آن مي گردند (۱).

۴) غربالگري گياهان ترانس ژن :
از ژن هاي مقاوم به آنتي بيوتيك ها و علفكش ها بعنوان ماركر استفاده مي گردد. ژن هاي مطلوب بصورت تصادفي به داخل ژنوم گياهان منتقل مي گردند و بدينگونه آنتي ژن هاي متفاوتي اجازه توليد و بروز مي يابند. در اينگونه موارد معمولاً ۱۰۰-۵۰ گياه بصورت همزمان تغيير مي يابند كه تكثير آنها بر اساس گونه ها به ۹-۳ ماه زمان نيازمند است(۱).

۵) ارزيابي پروتئين آنتي ژن با مدل حيواني :
هر آنتي ژن حاصل از گياهان ترانس ژن را بايد بصورت جداگانه و منفرد با شيوه اي خاص آزمايش نمود زيرا ممكن است در مطالعات حيواني به نتايج مغايري بينجامند. آنتي ژن ها را غالباً توسط آزمايش "Elisa" (enzyme-linked immune-sorbent assay) ارزيابي مي نمايند. از ضروریاتي كه در اين مرحله احساس مي گردد اينكه پروتكل هاي جديد و مناسبي بايد براي واكسن هاي خوراكي انساني و دامي حاصل از گياهان ترانس ژن وضع گردند تا از نظر مقدار مواد و ميزان تأثيرات يكسان سازي شوند (۱).

برخي موارد ديگر نيز قبل از اينكه واكسن هاي خوراكي بتوانند جايگاه خويش را در داروخانه هاي پزشكي و دامپزشكي مسجل سازند ، بايد بخوبي واضح گردند نظير :

الف- انتخاب آنتي ژن

ب – ميزان كارآيي در سيستم

پ – انتخاب گياه

ت – شيوه حمل و نقل و توزيع

ث – دُز مصرفي

ج – ميزان ايمني

چ – آگاهي عمومي

ح – كنترل كيفي

خ – صدور مجوز (۱).

اصولاً قوانين مصوبه دولت ها در مورد غذاهاي تغيير يافته ژنتيكي (GMf) مي توانند بر آينده سرمايه گذاري در مورد پژوهش واكسن هاي خوراكي و توسعه آنها تأثير بگذارند. دانشمندان معتقدند كه توليد واكسن هاي خوراكي آينده روشن و بارزي را در بهبود سلامتي انسان ها و حيوانات در پيش دارد (۱).

ملزومات و دورنماي آينده گياهان TP :

براي موفقيت در تغيير شكل ژنتيكي گياهان به برخي دستاوردهاي علمي از جمله ميانجيگري "آگروباكتريوم" براي انتقال ژن هاي مطلوب به گياهان هدف نياز مي باشد. "آگروباكتريوم" نه تنها بعنوان يك ابزار پايه در مهندسي ژنتيك و پژوهش هاي علمي بكار مي رود بلكه مي تواند وسيعاً بعنوان يك سيستم تجربي در مطالعات مرتبط با فرآيندهاي بيولوژيكي زير در سلول هاي گياهي استفاده گردد :

الف) تشخيص سلول از سلول (cell-cell recognition)

ب) انتقال از سلول به سلول (cell-to-cell transport)

پ) وارد كردن ژن به سلول (nuclear import)

ت) همگذاري و غير همگذاري تركيبات پروتئين-DNA (-assembly & disassembly protein DNA)

ث) بازتركيب DNA (DNA recombination)

ج) تنظيم بروز ژن ها (regulation of gene expression) (۴).

بسياري از گونه هاي گياهان بويژه درختان از سطوح بالايي از هتروزيگوتي ، نقصان باروري و دوره جواني طويل المدت (گاهاً تا ۲۰ سال) برخوردارند لذا اصلاح آنها بروش هاي سنتي بسيار دشوار و طولاني است. بعلاوه متخصصين اصلاح نباتات تحت شرايط دشواري چون "چند جنيني" (polyembryony) و برخي ناسازگاري هاي بين گونه اي نيز قرار دارند. بنابراين از تغييرات ژنتيكي بعنوان روشي كارآمد در جهت ايجاد ويژگي هاي جديد و مورد علاقه در گونه هاي مختلف گياهي بدون توجه به تفاوت هاي ژنتيكي آنها استفاده مي كنند (۴).

از مهندسي ژنتيك همچنين مي توان در دستكاري آنزيم هايي استفاده نمود كه پس از برداشت موجب پيري مي شوند تا بدينگونه بر عمر انباري و قفسه اي ميوه ها و سبزيجات افزود. پيشرفت هاي اخير در رابطه با گياهان ترانس ژن بر استفاده از قابليت گياهان بعنوان رآكتورهاي زنده (bio-reactor) يا كارخانجات زيستي (bio-factory) بمنظور توليد مولكول هاي ايمن ساز تمركز يافته اند. اين اهداف از طريق بروز آنتي بادي ها و آنتي ژن ها در گياهان ترانس ژن قابل دستيابي هستند آنچنانكه امروزه واكسن هپاتيت B در گياه توتون (tobacco) با نام علمي "Nicotiana tabacum" رقم "Kanchun" توليد مي گردد(۴).

گياهان ترانس ژن مي توانند منابع ارزان و آساني براي توليد مولكول هاي ايمن ساز باشند. شيوه مهندسي ژنتيك موجب گشودن دورنماي جديدي از "گياه پالايي" (phytoremediation) از طريق تغيير ظرفيت گياهان در جذب ، انتقال ، تحمل و تجميع فلزات شده است. در توليد گياهان ترانس ژن به ايجاد خصيصه افزايش تحمل و تجميع فوق العاده گياهان اصلاحي بمنظور "گياه پالايي" عناصر سمّي آرسنيك و كروم از مناطق آلوده پرداخته اند (۴).

ايجاد تغييرات در سلول هاي گياهان معمولاً بندرت وقوع مي يابد و نيازمند سيستم هاي خاص براي تشخيص سلول هاي تغييريافته از تغييرنيافته ها مي باشد. براي تشخيص چنين مواردي از ژن هاي "خبر دهنده" (reporter gene) و ژن هاي ماركر منتخب بهره مي گيرند آنچنانكه در اصلاح لوبيا چشم بلبلي هندي با نام علمي "cicer arietinum" از ميانجيگري آگروباكتريوم و ژن ماركر npt2 بعنوان نشانه (bar) استفاده شده است. در اصلاح ژنتيكي پنبه تجاري ايران پس از بهينه سازي آگروباكتريوم بعنوان ميانجي به انتقال ژن از طريق نوك ساقه هاي جوان (shoot apex) از ژن gus بعنوان خبردهنده و از ژن npt2 بعنوان ماركر منتخب استفاده گرديد (۴).

در طي دهه هاي اخير به پيشرفت هاي شاياني در شناسايي ژن هاي جديد جهت افزايش رشد ، متابوليسم و نمو گياهان ، درك طبيعت تنظيم ژن ها ، فرآيند سرايت آگروباكتريوم و تغييرات ژنتيكي دست يافته اند لذا اين اميدواري وجود دارد كه مطالعات فراگير بتوانند برانگيزانندهٔ پژوهش هاي علمي بيشتر و تصحيح توافق نامه هاي جاري شوند. پيشرفت هايي كه در زمينه علوم ژنومي انجام مي گيرد ، مي تواند به ژنوم هاي مختلفي از گونه هاي گياهي منتهي گردند و اين موضوع مي تواند با افزايش درك موجود به شناسايي و كلون سازي ژن هاي مطلوب بينجامد. سرانجام اينكه اينگونه ژن ها را مي توان براي اصلاح ساختار ژني گياهان با ايجاد تغييرات ژنتيكي بكار گرفت (۴).

منابع و مآخذ :

1) Gunn , K.S & et al – 2012 – Using transgenic plants as bioreactors to produce edible vaccines – Journal of Biotech Research , 4 : 92-99

2) Oktem – 1995 – Herbicide resistant transgenic plants – Dekker and Duke

3) RCN – 2014 – Transgenic plants – http://users.rcn.com

4) Soneji , Yaha.R & et al – 2009 – Genetic transformation : promises and prospects – Transgenic Plant Journal ; University of Florida , USA

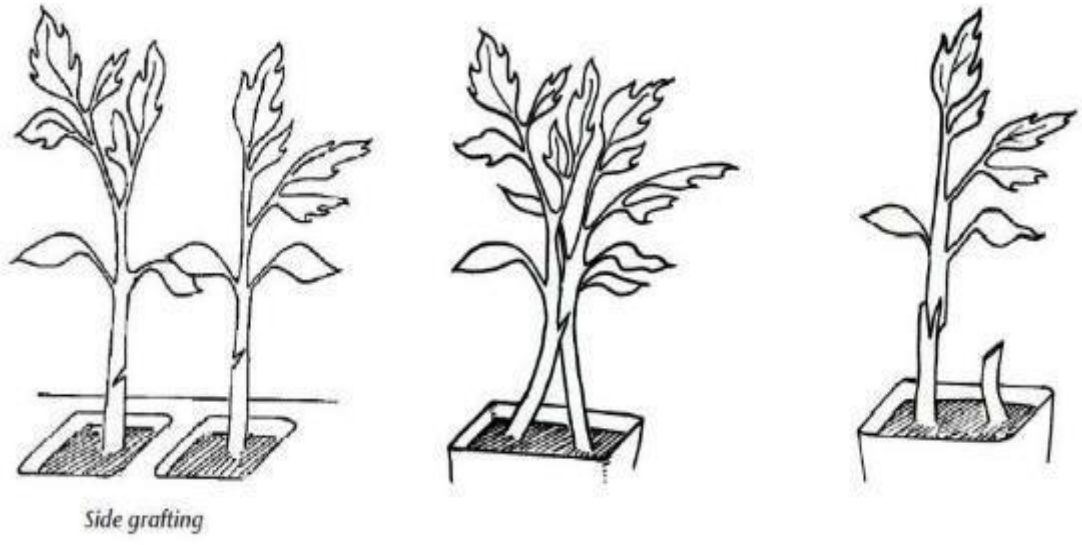
5) http://www.merriam-webster.com/dictionary

6) http://farsilookup.com

" پیوندزدن سبزیجات " ؛
"vegetable grafting"

مقدّمه :

از پيوند بوته هاي گوجه فرنگي (tomato grafting) در گستره جهاني از جمله در آسيا ، اروپا و ايالات متحده آمريكا براي توليد محصولات بيشتر گلخانه اي و تونل هاي بلند بهره مي گيرند. براي اين منظور معمولاً از بخش ابتدايي ساقه هاي جوان (stock) يعني ناحيه ريشه و طوقه ارقام بومي (heirloom) بواسطه قابليت مقابله با آفات خاكزي و توانايی افزايش عملكرد بعنوان پايه (rootstock) استفاده مي گردد. پيوندك (scion) را نيز از بخش هاي فوقاني ارقامي از گياه گوجه فرنگي برمي گزينند كه ميوه هاي كمي و كيفي بهتري عرضه مي كنند. پيوند زدن بوته هاي جوان سبزيجات به چند صورت انجام مي گيرد كه هر كدام داراي مزايا و معايب خاصي هستند. گياهچه هاي پيوند شده را بايد به داخل اتاقك هايي با رطوبت نسبي بيش از ۹۰ درصد و روشنايي ناچيز منتقل نمود تا تنش رطوبتي بروز نيابد و اتصال پيوند (graft union) بتدريج كامل شود (۱۱). اولین گزارشات پیوند سبزیجات بعنوان یک تاکتیک IPM مربوط به قاره آسیا در سال های دهه ۱۹۲۰ میلادی بوده است که آنرا با هدف کاهش خسارت پژمردگی فوزاریومی خربزه ها (طالبی ، گرمک) بکار می گرفتند. این شیوه مقبولیت زیادی در کشورهای ژاپن و کره جنوبی بویژه برای سیستم های تولید گلخانه ای و تونل های بلند یافته است بطوریکه در سال ۲۰۰۳ میلادی حدود ۸۱ درصد تولید سبزیجات کره جنوبی و ۵۴ درصد تولید سبزیجات ژاپن از این طریق حاصل گردیدند (۹،۶).



Side grafting

تاريخچه پيوند زدن گياهان :

پيوند زدن گياهان معمولاً در بين گونه هاي مختلف يك جنس مرسوم است و پيوند گياهان درون خانوادگي نيز ندرتاً وجود دارد وليكن پيوند گياهان متعلق به خانواده هاي متفاوت همواره با ناسازگاري (incompatible) همراه مي گردد. بروز سازگاري در پيوند گياهان خواهان قرابت تاكسونومي (taxonomic affinity) في مابين است. بعنوان مثال ارقام مختلف "افراي قندي" (sugar maple) را مي توان به همديگر پيوند زد امّا ارقام مختلف افراي قرمز (red maple) از اين نظر داراي خصيصه ناسازگاري هستند. همچنين گياه بادام درختي قابل پيوند زدن به درخت هلو است ولي گياه بادام درختي براي پيوند با زردآلو ناسازگار مي باشد (۸).

Rootstock and scion stems are severed at a 45-degree angle and united with a silicon clip.

"آندريو" و "ماركز" (۱۹۹۳) به دسته بندي عوامل مختلف ناسازگاري گياهان از جهت پيوند زدن بشرح زير پرداخته اند :

۱) تقبل سلولي (cellular recognition)
۲) واكنش به زخم (wounding response)
۳) تنظيم كننده هاي رشد (growth regulators)
۴) سموم ناسازگاري (incompatibility toxins)

بعلاوه موارد زير نيز در اين راستا مؤثرند :

۵) اتصال نادرست (mismatching)
۶) عدم مهارت (poor craftsmanship)
۷) شرایط اقلیمي (environmental condition)
۸) بیماریهاي گیاهي (plant disease) (۸).
۹) گیاهچه های ناسالم
۱۰) گیاهچه هایی با قطر ساقه ناهمسان
۱۱) گیاهچه های بسیار کوچک
۱۲) عدم رعایت بهداشت گیاهی
۱۳) مدیریت نادرست محفظه های التیام بخشی نظیر :
۱۳-۱) دمای زیاد
۱۳-۲) رطوبت نسبی زیاد
۱۳-۳) آبپاشی از بالا
۱۳-۴) نوردهی مازاد
۱۳-۵) نور ناکافی (۱).

كاربردهاي پيوند گياهان :

از پيوندزدن گياهان غالباً براي موارد زير بهره مي جويند :

۱) تكثير غير جنسي يا رويشي (vegetative propagation) :

اين شيوه مي تواند بمنظور تكثير گياهاني كه در روند ازدياد دچار مشكلاتي هستند ، بكار گرفته شود كه در ضمن آن از بخش هاي زايد گياهان بعنوان عامل تكثير يا پيوندك بهره مي گيرند.

۲) پرهيز از جوان سازي گياهان چوبي (avoidance of juvenility) :

در اين شيوه از قطع گياهان مسن كه موجب جوان سازي آنها گردد بطوريكه تا چندين سال از ثمردهي باز مي مانند،جلوگيري مي شود.

۳) تغيير ارقام گياهان (cultivar change) :

در اين طريقه مي توان با پيوندزدن ارقام مرغوب بر پايه هاي نامرغوب بمنظور تغيير ارقام موجود اقدام ورزيد.

۴) ايجاد نحوه رشد مطلوب (unusual growth form) :

در اين روش كه بويژه در مورد گياهان زينتي رُخ مي دهد ، مي توان ارقام مجنون (weeping) و كوتوله (dwarf) را بر ساقه هاي ارقام بلند مرتبه و سازگار پيوند زد.

۵) ترميم بخش هاي آسيب ديده (repair) :

در مواردي كه بخشي از پوست درختان دچار آسيب شده اند ، با كمك "پيوند پلي" (bridge grafting) مي توان به ترميم آسيب ها پرداخت.

۶) كنترل اندازه گياه (size control) :

برخي پايه ها مي توانند موجب كاهش رشد پيوندك ها گردند. مثلاً با تعداد پيوندهايي كه بر روي درخت سيب انجام مي دهند ، مي توانند ارتفاع آنرا از ۱۰-۲ متر كنترل نمايند. همچنين پيوند برخي گياهان نظير گلابي بر روي به و پرتقال معمولي بر روي مركبات سه برگ مي توانند به كوتولگي منجر گردند.

۷) مقاومت به تنش هاي زنده و غيرزنده :

در اين روش از گياهاني كه نسبت به تنش ها مقاوم يا متحمل هستند، بعنوان پايه و از گياهاني كه محصول مرغوب تري در شرايط عدم تنش ها توليد مي كنند، بعنوان پيوندك بهره مي گيرند.

۸) توليد گياهان عاري از ويروس :

گياهان مبتلا به ويروس ها را مي توان از طريق بخش هاي مريستمي كه ديرتر به ويروس آلوده مي شوند، تكثير نمود و گياهان سالم تري بدست آورد.

۹) مطالعات فيزيولوژي گياهي :

از پيوند زدن بطور گسترده اي در مطالعات ژنتيكي و فيزيولوژيكي براي تعيين انتقال عناصر متحرّك در گياهان از جمله آلكالوئيدها و متابوليت هاي ثانويه بهره مي گيرند (۸).

فواید پیوند سبزیجات بطور خلاصه عبارتند از :
۱) مقاومت نسبت به بیماریها و آفات خاکزی نظیر :
۱-۱) کاهش شیوع بیماری پژمردگی فوزاریومی کدوئیان
۱-۲) کاهش شیوع بیماری پژمردگی باکتریایی بادمجانیان
۲) تحمل تنش های غیر زنده
۳) بهبود جذب آب و عناصر غذایی
۴) افزایش کمیت و کیفیت محصول
۵) افزایش کارآیی زمین
۶) پرورش گیاهان در گستره وسیعی از شرایط اقلیمی از طریق متحمل ساختن آنها نسبت به تنش های محیطی(۱،۶).

بیشترین موارد کاربرد پیوند سبزیجات عبارتند از :
الف) کدوئیان شامل : خیار ، هندوانه و خربزه ها
ب) بادمجانیان نظیر : گوجه فرنگی ، بادمجان و فلفل ها (۱).

تاريخچه پيوند سبزيجات :

پيوند زدن گياهان چوبي از قرن ۱۷ ميلادی بصورت معمول انجام مي گرفت امّا پيوند گياهان علفي در سيستم هاي كشاورزي جديد مرسوم شده است. پرورش سبزيجات پيوندي از اواخر دهه ۱۹۲۰ ميلادي در كره جنوبي و ژاپن آغاز گرديد بطوريكه بوته هاي هندوانه را بر ساقه هاي كدو حلوايي پيوند مي زدند. اين تكنيك متعاقباً به سراسر آسيا و اروپا گسترش يافت. امروزه حدود ۸۱ درصد سبزيجات پرورشي كره جنوبي و ۵۴ درصد آنها در ژاپن از طريق پيوند زدن حاصل مي آيند. بر طبق اطلاعات موجود ، گياه بادمجان از اولين سبزيجاتی بوده اند كه در سال های ۱۹۵۰ ميلادی در سطح وسيع پيوند گرديد و گوجه فرنگی و خيار ضمن سال های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ ميلادی در مراتب بعدی به مرحله پيوند تجارتی رسيدند (۱۱،۶).

استفاده از اين شيوۀ پرورش گياهان اصولاً در سيستم هاي كشاورزي فشرده (intensive) از جمله در گلخانه ها و تونل هاي بلند مرسوم شده است. پرورش سبزيجات پيوندي بويژه در كشورهاي شرق آسيا بشدت طرفدار دارد بگونه اي كه در سال ۱۹۹۸ ميلادي بطور تخمين ۵۴۰ ميليون گياهچه در كره جنوبي و ۷۵۰ ميليون از آنها در ژاپن پيوند شدند. اين تكنيك تدريجاً به نواحي خاور ميانه ، اروپای غربی و ايالات متحده آمريكا گسترش يافت و بعنوان شيوه اي جهت افزايش توليدات گياهي و مديريت بيماريهاي خاكزاد (soilborn) متداول شد. نهال هاي پيوندي گوجه فرنگي در اسپانيا از يك ميليون بوته در سال ۲۰۰۰-۱۹۹۹ ميلادي به بيش از ۴۵ ميليون بوته در سال ۴-۲۰۰۳ ميلادي و به ۱۲۹ ميليون بوته در سال ۲۰۰۹ ميلادی افزايش يافت. گوجه فرنگي پيوندي در فرانسه و ايتاليا پرورش مي يابند بطوريكه به سال ۲۰۰۹ ميلادی در ايتاليا به ۴۷ ميليون بوته و در فرانسه به ۲۸ ميليون بوته بالغ گشتند. ايالات متحده آمريكا در سال ۲۰۰۵ ميلادی با ۴۵-۴۰ ميليون بوته از جايگاه ارزنده ای در اين رابطه برخوردار شده است. همچنين بيش از ۲۰ ميليون بوته آنها طي سال ۲۰۰۴ ميلادي در مراكش بكار گرفته شدند (۱۱،۷).

پيوند زدن را مي توان بر روي بسياري از سبزيجات انجام داد گواينكه اين عمل بر ميزان هزينه هاي توليد مي افزايد. امروزه بسياري از گياهان خانواده كدوئيان نظير خربزه و گياهان خانواده تاجريزي نظير بادمجان و گوجه فرنگي را پيوند مي زنند. پيوند بوته هاي گوجه فرنگي از دهه ۱۹۶۰ ميلادي با هدف كاهش بيماريهاي خاكزاد نظير "Raletonia solanacearum" رواج يافت وليكن امروزه آنرا عمدتاً براي متحمل ساختن گياهان در برابر تنش هاي غير زنده (abiotic) نظير : خشكي ، شوري و شرايط غرقابي بكار مي برند(۱۱).

نخستين پيوند سبزيجات در اوايل قرن بيستم بمنظور كاهش تهاجم ميكروارگانيزم هايي نظير "فوزاريوم" عامل بوته ميري در هندوانه يعني "Fusarium oxysporum" انجام پذيرفت. پژوهش ها نشان دادند كه پيوند سبزيجات مي تواند در مقابله با انواع بيماريهاي قارچي ، باكتريايي ، ويروسي و نماتدي مؤثر واقع شود. بررسي ها تأئيد نمودند كه بكارگيري پايه هايي از ارقام مقاوم مي تواند جايگزين كاربرد سموم تدخيني ضد عفوني خاك (soil fumigant) نظير "متيل بروماید" گردد. پيوند سبزيجات مي تواند تأثيرات بارزي در غلبه بر تنش هاي غير زنده مثل : شوري ، حرارت زياد و رطوبت مازاد خاك داشته باشد. از پيوند سبزيجات بمنظور كاهش اثر شرايط غرقابي در مناطقي با فصول مرطوب استفاده مي شود. پيوند گوجه فرنگي بر پايه هاي متحمل به شوري داراي تأثيرات شگرفي بر ميزان توليد ارقام هيبريد حساس به اينگونه تنش دارد زيرا پژوهش ها روشن ساخته اند كه برخي پايه ها از انتقال سديم و كلريد به داخل ساقه ها جلوگيري مي كنند (١١).

بسياري از سبزيجات حائز اهميت اقتصادي نظير : گوجه فرنگي ، كدو حلوايي ، خيار و هندوانه حساسيت زيادي به تنش دمايي ريشه ها در سراسر دوره هاي رشد و نمو دارند وليكن استفاده از پايه هاي متحمل به گرما و سرما مي تواند باعث افزايش دوره رشد آنان گردد كه منجر به عملكرد بيشتر و ثبات اقتصادي بالاتر

در طول سال خواهد شد. اگر چه پيوند سبزيجات عمدتاً بمنظور كاهش خسارات بيماريهاي گياهي و تنش هاي غير زنده انجام مي گيرد امّا نهايتاً در عدم حضور چنين منابع استرس زائي نيز به عملكرد بيشتر نائل مي شوند (١١).

افزايش عملكرد ميوه هاي گوجه فرنگي عمدتاً بصورت افزايش اندازه ميوه ها بروز مي يابد. پژوهش ها نشان مي دهند كه مكانيزم هاي ممكن براي افزايش عملكرد محصول احتمالاً به سبب تزايد جذب آب و عناصر غذايي از طريق بكارگيري پايه هايي با ژنوتيپ قوي ميّسر مي شوند. مثلاً هدايت روزنه اي در گياه گوجه فرنگي پس از پيوند بر پايه هاي قوي بهبود مي يابد و جذب ماكروالمنت هايي نظير: فسفر و نيتروژن در اثر پيوند زدن فزوني می پذيرد (١١).

پيوند سبزيجات ؛ شيوه قديمي با تكنيك جديد :

گوجه فرنگي هاي رسمي (heirloom) فاقد مقاومت ژنتيكي نسبت به بيماريهاي گياهي هستند لذا در شرايط شيوع مزرعه اي آنها بسيار حساس مي باشند. كشاورزان به اين موضوع بسيار اهميّت مي دهند امّا حاضر به دست كشيدن از ميوه هاي باكيفيت چنين ارقامي نيستند. پيوندزدن در چنين مواقعي مي تواند علاوه بر حفظ كيفيت محصول موجب افزايش راندمان محصول و مقاومت گياهان نسبت به آفات و بيماريهاي خاكزي گردد(١٠).

در اين شيوه بدواً به انتخاب ارقامي كه مقاوم به بيماريها و آفات خاكزاد هستند ، بعنوان پايه پيوند مي پردازند درحاليكه پيوندك ها را بواسطه قابليت توليد ميوه هايي با كيفيت و كميت برتر برمي گزينند. پيوند نيمانيم (tube grafting) يا پيوند رأسي ژاپني (Japanese top grafting) محبوب ترين شيوه پيوند گوجه فرنگي در سطوح تجارتي بويژه در گلخانه هاي مدرن جهان بنابر دلايل زير مي باشد :

١) سهولت و آساني پيوند

٢) سرعت زياد جهت تهيّه تعداد زياد بوته هاي پيوندي

٣) امكان مديريت در سرتاسر دوره التيام بخشي (١٠).

در اين شيوه ابتدا بوته ها را از قسمت بالاي برگ هاي لپه اي قطع مي كنند آنگاه بخش فوقاني گياهي كه از نظر باردهي مطلوب (پيوندك) است ، بر روي گياهي كه از نظر مقاومت به آفات ، بيماريها و تنش هاي محيطي برتر (پايه) است، مستقر مي سازند. متعاقباً به نگهداري از بوته هاي پيوندي تا مرحله التيام پيوند مي پردازند سپس بوته ها را به بستر دائمي منتقل مي نمايند تا تحت مراقبت هاي مرحله داشت به توليد محصول بپردازند. اگرچه پيوند سبزيجات موضوعي نسبتاً جديد است ولي مبتني بر اصول قديمي مي باشد(۱۰).

پيوند زدن از قرون گذشته معمولاً در باغباني براي اصلاح گونه هاي چوبي نظير سيب و انگور استفاده مي گرديد. از پيوند سبزيجات در سال هاي ۱۹۰۰ ميلادي براي كاهش پژمردگي فوزاريومي در بوته هاي هندوانه بهره مي گرفتند درحاليكه امروزه از پيوند سبزيجات در موارد بسياري استفاده مي شود كه موجب كاهش كيفيت و اندازه ميوه ها مي گردند و از آن جمله براي كاهش شيوع بيماري پژمردگي باكتريايي ناشي از "Ralstonia solanacearum" در گوجه فرنگي بهره مي گيرند. اين بيماري از اين جهت حائز اهميّت است كه :

اولاً) داراي مجموعه وسيعي از ميزبان ها است.

ثانياً) قادر به بقاء در طي دوره هاي طولاني تناوب زراعي مي باشد.

بعلاوه ارقام گوجه فرنگي مقاوم به پژمردگي باكتريايي از توانايي توليد ميوه هاي درشت و بازارپسند بي بهره اند. امروزه استفاده گسترده از پيوند بر پايه هاي مقاوم بنحو معني داري موجب كاهش پژمردگي باكتريايي شايع گرديده است درحاليكه كيفيت ميوه هاي گوجه فرنگي حتي در شديدترين وضعيت ابتلا همچنان محفوظ مي باشد(۱۰).

مهمترين فوايد پيوند سبزيجات عبارتند از :

۱) مقاومت به بيماريهاي گياهي :

پژوهش ها نشان مي دهند كه پيوند سبزيجات مي تواند در كاهش خسارات بسياري از قارچ هاي خاكزاد ، باكتريها ، ويروس ها و نماتدها مؤثر باشد. پيوندزدن توانسته است باعث حذف پژمردگي ورتيسيليومي و فوزاريومي كدوئيان و گوجه فرنگي در سيستم هاي پرورش سبزيجات كشورهاي ژاپن ، كره جنوبي و يونان گردد. از پيوند سبزيجات در نيوزيلند براي كاهش سطوح پوسيدگي چوب پنبه اي ريشه (corky root rot) استفاده مي شود. در كشورهاي مراكش و يونان از پيوند سبزيجات جهت كنترل نماتد غده ريشه (root-knot) با عامليت "Meloidogyne sp" در بوته هاي گوجه فرنگي و كدوئيان سود مي جويند (۱۰).

بسياري از پژوهندگان توصيه نموده اند كه پيوند سبزيجات بايد وسيعاً جايگزين استفاده از گاز "متيل بروماید" در مديريت بيماريهاي خاكزاد گردد. از پيوندزدن سبزيجات در توليدات باغباني قاره آسيا براي حذف پژمردگي باكتريايي گياهان خانواده سولاناسه نظير فلفل و گوجه فرنگي استفاده مي شود. از پيوندزدن سبزيجات در مناطق گرمسيري جهان نظير برونئي در شرق آسيا كه پژمردگي باكتريايي بشدت شايع و خسارتزا است، بهره مي گيرند. در يك بررسي با استفاده از بوته هاي پيوندي و غير پيوندي گوجه فرنگي براي مقابله با بيماري پژمردگي باكتريايي در هندوستان مشخص شد كه ۱۰۰% بوته هاي غيرپيوندي در طي يك دوره بسيار كوتاه نابود مي شوند درحاليكه بوته هاي پيوندي به مرحله توليد رسيده و ۴ برابر حالت عادي بوته هاي رسمي به توليد محصول مي پردازند (۱۰).

۲) تحمل تنش هاي غيرزنده :

پيوند سبزيجات مي تواند تأثيرات شگرفي بر توليدات گياهي در شرايط تنش هاي غير زنده يا محيطي بگذارد و عملكرد را از كاهش برهاند. بايد توجه داشت كه بيش از يك سوّم كل اراضي فارياب جهان متأثر از شوري هستند كه موجب نزول كمي و كيفي توليدات كشاورزي مي شوند درحاليكه پيوند سبزيجات بر روي پايه هاي متحمل به شوري مي تواند از كاهش راندمان محصول در چنين شرايطي بكاهد. پيوند سبزيجات براي كاهش اثرات منفي تنش رطوبت اشباع خاك نيز كاربرد يافته است. پيوند سبزيجات نشانداده است كه گياهان را نسبت به محيط هاي بسيار گرم و نسبتاً سرد متحمل مي سازد و بدينگونه بر دوره رشد گياهان و نتيجتاً ميزان توليدات گياهي و درآمدهاي حاصله زارعين افزوده مي گردد (۱۰).

۳) افزايش توليدات گياهي :

عملكرد محصول در برخي ارقام هندوانه با استفاده از پايه هاي مقاوم بميزان ۱۰۶ درصد در استراليا افزايش داشته است. ارقامي نظير "Maxifor" براي استفاده بعنوان پايه پيوند اصلاح گرديده اند و جهت استفاده در گلخانه ها مناسبند. چنين ارقامي داراي توانايي بيشتري در جذب آب و عناصر غذايي هستند (۱۰).

«جدول۱) ويگوريته و مقاومت به بيماريها در ارقام تجارتي گوجه فرنگي (۱۰):»

شركت توليدكننده	ارقام تجارتي	موزائيك ويروسي	ريشه چوب پنبه اي	پژمردگي فوزاريومي	پژمردگي ويرتيسيليومي	پژمردگي باكتريايي	نماتدها	ويگوريته
deRuiter	Maxifort	زياد	زياد	متوسط	زياد	حساس	زياد	۵
	Beaufort	زياد	زياد	متوسط	زياد	حساس	زياد	۳
Takii	Anchor-T	زياد	حساس	زياد	زياد	متوسط	زياد	۵
	Survivor	زياد	حساس	زياد	زياد	متوسط	زياد	۵
	Aegis	زياد	متوسط	زياد	زياد	متوسط	زياد	۴
Bruinsma	Body	زياد	زياد	حساس	زياد	حساس	زياد	۵
	Robusta	زياد	زياد	حساس	زياد	حساس	حساس	۳

«جدول۲) كدهاي مقاومت سنتي و بين المللي ۲۰۰۵ ارقام گوجه فرنگي (۱۰):»

نام عمومي بيماري	كدُ سنتي	كدُ بين المللي ۲۰۰۵
موزائيك ويروسي	Tm	ToMV
پژمردگي خالدار ويروسي	Tswv	Tswv
پژمردگي باكتريايي	R	Rs
پژمردگي فوزاريومي	FF , F2	FoL : 0 , 1
پوسيدگي فوزاريومي ريشه و تاج	Fr	For
پوسيدگي چوب پنبه اي ريشه	K	Pt
پژمردگي ويرتيسيليومي	V	Va , Vd
نماتد گره ريشه	N	Mj , Mi , Ma

مراحل پيوندزدن سبزيجات :

اگرچه پيوند سبزيجات بسيار سهل و ساده است امّا بايد طي مراحلي چون : انتخاب پايه ، تاريخ بذركاري ، زمان پيوند ، دوره التيام و زمان انتقال به مزرعه بشرح زير با دقت مديريت گردد :

۱) انتخاب پايه و پيوندك مناسب :

معمولاً از ارقامي بعنوان پيوندك بهره مي گيرند كه داراي خصوصيات ميوه دهي مطلوب باشند لذا در گروه گوجه فرنگي هاي رسمي ارقامي نظير : "Clude german Johnson" ، "Cherokee purple" و "Kellogg`s breakfast" از سايرين بارزترند.

ضمناً ارقامي بعنوان پايه پيوند انتخاب مي گردند كه از توانايي مقاومت در برابر شيوع بيماريها و آفات خاكزاد و تنش هاي غير زنده و همچنين قابليت توليد محصول مناسب حتي در عدم حضور عوامل پارازيتي برخوردار باشند. براي انتخاب بهترين پايه ها ضرورت دارد كه پتانسيل حضور پاتوژن ها در مزارع شناسايي گردد.

مزارعي كه به پرورش بادمجانيان اختصاص مي يابند، معمولاً در معرض ابتلا به بيماريهاي پژمردگي باكتريايي قرار دارند. اين بيماري در مناطقي نظير شمال شرقي كاليفرنيا آنچنان شيوع يافته كه باعث رها شدن بسياري مزارع گرديده است. پژمردگي ويرتيسيليومي در مزارع منطقه "آپالاچاين" منجر به خسارات سختي بر بوته هاي گوجه فرنگي شد زيرا شرايط اقليمي براي گسترش بيماري مذكور فراهم بوده است. نماتدهاي گره ريشه را مي توان در نمونه هاي خاك قبل از كاشت تشخيص داد امّا آنها فراواني بيشتري در خاك هاي شني دارند. كمپاني هاي ژاپني "Sakata" و "Takii" و شركت هاي هلندي "deRuiter" و "Bruinsma" به اصلاح ارقام مطلوب جهت استفاده بعنوان پايه پيوند در مقابله با خسارات نماتدها نموده اند(١٠).

٢) كاشت بذور پايه و پيوندك :

براي كاشت بذور پايه و پيوندك بايد نكات بهداشتي را رعايت نمود بطوريكه ابزارهاي پيوندزني را بخوبي استريل كرده و از مخلوط خاك هاي سبك بعنوان بستر بذور بهره گرفت. بذور بايد حدود ٢ هفته قبل از آغاز فرآيند پيوندزدن و التيام بخشي كاشته شوند. گياهچه هاي پيوندشده را به مدت يك هفته در محفظه التيام و متعاقباً يك هفته جهت سازگاري با نور طبيعي در داخل گلخانه نگهداري مي كنند سپس به مزرعه منتقل مي نمايند. براي تنظيم گوناگوني قدرت ناميه بين پايه و پيوندك بايد نسبت به تفاوت در زمان كاشت آنها مبادرت ورزيد. پايه ها در بسياري از موارد به ٥-٢ روز زمان بيشتر نسبت به پيوندك ها نياز دارند لذا زودتر كاشته مي شوند. گواينكه سرعت رشد پايه هاي هيبريد نسبت به پايه هاي رسمي بيشتر است وليكن كاهش دماي محيط نيز مي تواند از سرعت رشد گياهچه ها بكاهد و باعث تغييراتي در برنامه پيوندزني گردد (١٠).

گاهاً ضرورت دارد که بمنظور تهیّه پایه و پیوندک هایی که در زمان پیوندزنی دارای قطر ساقه یکسانی باشند، نسبت به کاشت بذورشان با فاصله زمانی اقدام گردد و بدین دلیل توصیه می گردد که ابتدا بذور مورد نیاز برای تدارک پایه و پیوندک را در هر منطقه بکارند تا فواصل زمانی مورد لزوم براي كاشت آنها به درستی محاسبه گردد. بطور معمول برای تهیّه پایه و پیوندک به ۲۱-۱۴ روز زمان نیاز می باشد (۴). از میزان آبیاری و کوددهی مازاد گیاهچه ها بپرهیزید تا آنها به حالت دوکی (spidly) با ساقه های ظریف در نیایند. البته با مدیریت آبیاری و کوددهی نیز می توان به همسان سازی رشد آنان در زمان پیوندزنی کمک نمود (۶).

۳) انتخاب زمان پيوندزني :
پيوند نيمانيم را زماني انجام مي دهند كه گياهچه ها (seedlings) داراي ۴-۲ برگ حقيقي با ساقه اي به قطر ۲-۱/۵ ميليمتر باشند. براي اينكه التيام زخم پيوند بخوبي انجام پذيرد، بايد بافت آوندي پايه و پيوندك بنحوي تراز شوند تا بتوانند به سهولت در همديگر رشد يابند و مسير انتقال آب و عناصر غذايي جذب شده را هموار سازند. پايه و پيوندك در زمان پيوند زدن بايد از نظر اندازه قطر ساقه مشابه باشند. گياهچه ها در زمان پيوند زني نبايد تحت تنش رطوبتي قرار گيرند لذا اوايل و انتهاي روز توصيه مي گردند زيرا تعرق گياهان در اين زمان ها بشدت نقصان مي يابد. عمليات پيوند زني بايد در شرايط سايه و ترجيحاً در محيط هاي بسته (indoor) انجام پذيرد. در صورتيكه ملزم به انجام عمليات پيوندزني در شرايط روشنايي روز بواسطه تسريع در كارها و استفاده بهينه از نيروي انساني هستيد، بايد گياهچه ها را قبل از افزايش تعرق به مكان سايه منتقل سازيد تا در طي مدت پيوندزني تحت تنش رطوبتي قرار نگيرند (۱۰،۴).

۴) فرآيند پيوندزني گياهچه ها :

پايه و پيوندک را ۲۴-۱۲ ساعت قبل از پيوندزدن بخوبی آبياری می کنند. مگر در مواقع ضرورت هيچگاه دقيقاً قبل از پيوندزدن به آبپاشی پايه و پيوندک نپردازيد. رعايت مسائل بهداشتي در طي فرآيند پيوندزني حائز اهميت است. همواره از دستکش لاستيکي استفاده کنيد و ابزارهای پيوند از جمله تيغ و گيره ها را بخوبی با صابون ضد ميکرب پاکيزه سازيد تا گياهچه ها در معرض پاتوژن هاي گياهي نظير قارچ ها ، باکتريها و ويروس ها قرار نگيرند. پيوندزنی را در شرايط سايه و دور از وزش باد انجام دهيد. براي انجام پيوند ابتدا ساقه گياه پايه را با زاويه ۴۵ درجه از بالاي برگ هاي لپه اي قطع کنيد سپس گياه پيوندك حائز ساقه اي با قطرمشابه را انتخاب و آنرا بسان گياه پايه قطع نمائيد و متعاقباً گياه پايه و پيوندك را به همديگر متصل ساخته و محل اتصال را با گيره لاستيکي يا سيليکوني مستحکم سازيد. محل پيوند را همواره در بالاي برگ هاي لپه اي در نظر مي گيرند تا از ايجاد ريشه هاي نابجا (adventitious) در ناحيه پيوندك که حساس به بيماريهاي خاکزاد است، جلوگيري گردد. گياهچه هاي پيوندشده را تا زمان انتقال به مزرعه ضرورتاً در محفظه التيام بخشي نگهداري مي کنند تا محل پيوند بخوبي جوش بخورد (۱۰،۴،۶).

۴-۰) تكنيك هاي پيوند سبزيجات :

بسياري از تكنيك هاي مورد استفاده در پيوند سبزيجات مشابه آن بر روي درختان هستند. فرآيند پيوندزني درگير با انتخاب پايه و پيوندك سازگار و مناسب ، شيوه پيوندزني درست ، مراحل ترميم جراحت پيوند و سازگارسازي گياهان پيوندي با شرايط طبيعي مي باشد. غالب پيوندهاي تجاري توسط دست انجام می پذيرند امّا تکنولوژی ماشینی کردن پیوند سبزیجات بسرعت در حال پیشرفت می باشد (۷).

۴-۱) پیوند مجاورتی :

در روش پیوند مجاورتی (side grafting ، side by side grafting ، tongue approach grafting) اقدام به ایجاد یك برش با عمقی معادل 3/4 قطر ساقهٔ پایه و پیوندک در گیاهچه های هم ضخامت می نمایند. برش ها باید در خلاف جهت یکدیگر و در ارتفاع یکسان ایجاد شوند تا در همدیگر ادخال گردند. از فواید این روش که با موفقیت بسیار زیادی همراه است اینکه هیچکدام از گیاهچه های پایه و پیوندک کاملاً قطع نمی شوند لذا با احتمال کمتری دچار تنش رطوبتی می گردند. این شیوه در اقالیم مرطوب نیاز مبرمی به محفظه های التیام بخشی ندارد. در این روش باید پایه و پیوندک در یک گلدان پرورش یابند لذا به فضای بیشتری برای پرورش گیاهچه های پیوندی نیاز می باشد. این شیوه نسبتاً دشوارتر و نیازمند زمان بیشتری برای انجام شدن در قیاس با شیوه پیوند نیمانیم است (۴).

در پیوند مجاورتی ساده موسوم "approach grafting" با بریدن بخش کوچکی از سطح ساقهٔ پایه و پیوندک بحالت متضاد جهت چسبانیدن آنها به همدیگر اقدام می شود سپس گیاهچه ها را با نخ یا نوار بهم می بندند. البته بعد از اینکه محل اتصال ترمیم یافت، باید آنها را از بخش هاي ناخواسته پایه و پیوندک مجزا ساخت(۱۱).

۲-۴) پیوند نیمانیم :

در روش پیوند نیمانیم (Splice grafting ، Japanese top grafting ، Tube grafting ، Slant cut grafting) اقدام به قطع ساقهٔ پایه ها و پیوندک های هم قطر با زاویه ۴۵ درجه می نمایند سپس آنها را پس از عمل اتصال با گیره محکم می سازند. این روش بسیار ساده و سریع است و در سطح وسیع قابل اجرا می باشد. این شیوه نیازمند گیره هایی برای تثبیت و نگهداری محل پیوند تا پایان دوره التیام است. تمامی گیره ها را در طی ۳-۲ هفته پس از انتقال بوته ها به مزرعه از روي آنها برمی دارند. گیاهان پیوندی را حداقل هفته ای یکبار بازرسی می کنند تا در صورت مشاهده جوانه هایی که بر روی پایه های پیوند و از زیر محل پیوند ظهور یافته اند، سریعاً حذف نمایند (۴).

Silicon grafting clips used in splice grafting eggplant and tomato.

بیشترین تکنیک های اقتصادی که برای پیوند گوجه فرنگی استفاده می شود از نوع پیوند نیمانیم می باشند. پیوند نیمانیم غالباً زمانی اجرا می شود که گیاهک های پایه و پیوندک بسان دانهال ها نسبتاً زبر و خشبی شده اند و آنها را می توان با یک گیره یا لوله سیلیکونی بهم متصل ساخت. این طریقه بسیار مؤثر است زیرا آنرا می توان در زمانی انجام داد که گیاه بسیار کوچک است لذا نیازی به محفظه های بزرگ برای نگهداری و

التیام بخشی گیاهچه های پیوندی نمی باشد. پیوند نیمانیم از اولین شیوه های مرسوم پیوند سبزیجات در مزارع بوده است زیرا :
اولاً به محفظه های کوچکی برای التیام بخشی گیاهچه های پیوندی نیازمند است.
ثانیاً ۹۰-۸۵ درصد پیوندها به موفقیّت می انجامند (۱۱).

امروزه از پیوند نیمانیم بصورت صنعتی استفاده می گردد که شامل ۴ مرحله بشرح زیر است :
الف) تولید گیاهچه های پایه و پیوندک (rootstock & scion)
ب) پیوندزنی گیاهچه ها (grafting)
ت) التیام بخشی گیاهچه های پیوند شده (healing)
ث) مقاوم سازی گیاهچه های پیوندی (hardening) (۵).

۴-۳) پیوند زبانه ای :

روش پیوند زبانه ای (Tongue grafting ، cleft grafting) بدینطریق انجام می شود که یک شکاف V شکل بر روی پایه پیوند ایجاد می شود سپس برش مثلثی مقارن آنرا بر روی پیوندک بوجود می آورند. پایه و پیوندک را به همدیگر متصل می سازند و آنها را با گیره مناسبی تا زمان التیام محل پیوند و جوش خوردن بریدگی ها نگه می دارند. پس از آنکه التیام محل پیوند صورت گرفت ، باید نسبت به حذف پیوندک ناجور و تفکیک پایه نامناسب اقدام نمود تا فقط پایه و پیوندک مطلوب باقی بمانند و رشد کنند (۱۱).

در این شیوه معمولاً بذور پایه های پیوند را ۷-۵ روز زودتر از بذور بوته های پیوندک مي کارند (۶).

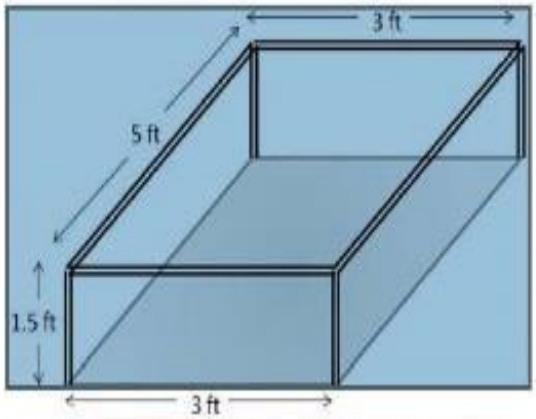
۴-۴) ریز پیوندی :

ریز پیوندی (micro-grafting) از تکنیک های جدیدی است که اخیراً در شیوه ریز ازدیادی (micro-propagation) برای پرورش گوجه فرنگی هیبرید کاربرد یافته است. در این روش از نوساقه ها (shoots) بعنوان پیوندک بر روی دانهال هایی (seedling) استفاده می شود که ۳ هفته از عمر آنها می گذرد (۱۱).

۵) ساخت و مديريت محفظه التيام :

امروزه بسياري از سبزيجات نظير بادمجان ، گوجه فرنگي رسمي و هندوانه تريپلوئيد را بمنظور افزايش ويگوريته و عملكرد ، تحمل شوري و حرارت و مقاومت نسبت به بيماريها پيوند مي زنند. پيوندك در ضمن هفته اوّل پس از پيوند از توانايي كسب آب و مواد غذايي كافي از طريق پايه برخوردار نيست لذا كنترل شرايط محيطي مي تواند از تلفات رطوبتي گياهچه پيوندي بكاهد و التيام زخم پيوند را تسريع بخشد. اندازه لازم براي ساختن محفظه هاي التيام بخشي خانگي بصورت ۳-۱/۵ فوت عرض ، ۸-۶ اينچ فاصله بين نوك گياهچه ها تا سقف و حدوداً ۵ فوت طول مي باشد (۳).

بعد از اينكه پايه و پيوندك به همديگر متصل شدند ، بايد بافت هاي آوندي (vascular tissue) آنها به همديگر متصل گردند تا آب و مواد غذايي بتوانند از پايه به پيوندك منتقل شوند. اين فرآيند در محفظه التيام انجام مي گيرد زيرا نور ، دما و رطوبت نسبي آنرا مي توان بخوبي كنترل نمود. گرچه ساختن محفظه هاي التيام با وجود گراني نسبتاً ساده است امّا كشاورزان ممكن است براي انتقال آن به محل مزرعه دچار مشكل گردند لذا ساخت آنرا در محل استقرار توصيه مي كنند (۱۰).



Approximate dimensions of a vegetable grafting healing chamber.

Healing chamber constructed on a bench in a greenhouse. Plastic sheeting holds in water to maintain high humidity, and shade cloth limits light to reduce photosynthesis and water loss from the scion.

محفظه هاي التيام در دوره بهبود زخم پيوند بايد داراي خصوصيات زير باشند :

۱) رطوبت نسبي ۹۵-۸۰ درصد

۲) حداقل برخورداري از نور مستقيم خورشيد

۳) محدوده دمايي ۸۰-۷۰ درجه فارنهايت (۱۰).

سقف ، كف و ديوارهاي محفظه التيام را قبل از قرار دادن گياهچه هاي پيوندي بخوبي مرطوب سازيد. گياهچه ها را قبل از انتقال به داخل محفظه از طريق ميست مرطوب نمائيد بطوريكه قطرات آب از آنها بچكند. سرپوش و درب محفظه را بمحض انتقال گياهچه ها كاملاً مسدود نمائيد. گياهچه ها را پس از يك هفته از محفظه به داخل گلخانه منتقل كنيد تا با شرايط رطوبت نسبي كمتر و روشنايي ملايم عادت نمايند. در صورتيكه آثار پژمردگي در برخي گياهچه ها مشاهده نموديد ، بايد آنها را مرطوب ساخته و مجدداً به محفظه التيام بخشي برگردانيد (۳).

در صورتيكه رطوبت نسبي محفظه بسيار بالا باشد و يا گياهچه ها براي مدت بيش از يك هفته در آنجا نگهداري شوند آنگاه گياهچه ها دچار اختلالات فيزيولوژيك موسوم به "etema" خواهند شد. در اين حالت بخش هايي از رگبرگ ها متورّم مي شوند و بصورت يك توده كالوس در مي آيند. اين عارضه برگشت پذير نيست امّا با كاهش رطوبت نسبي از بروز آن بر برگ هاي جديد جلوگيري مي شود. مكرراً ريشه هاي نابجا را كه از بالاي محل پيوند ظاهر مي گردند ، با تيغ تيز و تميز قطع كنيد (۳).

يك محفظه التيام بخشي ساده شامل يك اسكلت چوبي با پوششي از صفحات پلي اتيلين است تا رطوبت نسبي مناسب را در طي دوره التيام فراهم سازد. تغييرات دماي روزانه بايد در حداقل حفظ شود زيرا كمترين استرس ها نيز مي توانند از ميزان موفقيت درگيرايي پيوندها بكاهند. محفظه هاي التيام را مي توان در انبارها و گاراژهاي خانگي برخوردار از دستگاه هاي گرمايي قرار داد و از لامپ هاي فلورسنت جهت نوردهي بهره گرفت. محفظه هاي التيام را بويژه در طي بهار و پائيز مي توان در داخل گلخانه ها تعبيه نمود زيرا گلخانه ها

از تجهيزات لازم جهت گرمادهي و سايه دهي برخوردارند. كف محفظه هاي التيام بايد مرطوب نگهداشته شوند. سطح محفظه در طي روزهاي اوليه بايد با لايه اي غير شفاف پوشش يابد تا بوته هاي پيوند شده را از نور خارجي محفوظ دارد(۱۰).

محفظه هاي التيام بخشي همواره داراي رطوبت نسبي و گرماي بيشتري هستند لذا براي رشد پاتوژن ها و كپك ها مناسبند. بنابراين توصيه مي گردد كه در مواقع عدم استفاده نسبت به ضد عفوني آنها با محلول سفيد كننده ۱۰% و يا محلول "ايزو پروپيل الكل" ۷۰% اقدام گردد (۳).

گياهچه ها بلافاصله پس از انجام پيوند به توليد بافت كالوس مبادرت مي ورزند تا دسته هاي آوندي را به همديگر مرتبط سازد و بدين طريق امكان تغذيه پيوندك فراهم آورند. هدف از محفظه التيام بخشي اين است كه گياهچه هاي پيوندي را در طي دوره التيام بخشي از تنش رطوبتي محفوظ دارند و اين موضوع از طريق كاهش ميزان تعرق گياهچه ها يعني كاهش انتشار آب از گياه به اتمسفر انجام مي پذيرد. بهترين شيوه براي دستيابي به چنين هدفي عبارت از افزايش رطوبت نسبي ، كاهش نور و كاهش دماي محيط مي باشد. با كاهش دما از شدت شكل گيري بافت كالوس كاسته مي گردد بنابراين كليد موفقيت محفظه التيام بخشي شامل فراهم سازي رطوبت نسبي بالا و جلوگيري از تابش مستقيم نور خورشيد در طي ۴-۲ روز اولية پس از پيوندزني است (۱۰،۶).

اصلي ترين معضل التيام بخشي پيوند را تنش رطوبتي گياهچه ها تشكيل مي دهد زيرا بخش پيوندك عملاً از بخش پايه مجزا بوده و به سبب كاهش دريافت رطوبت بوبژه در اولين ساعات پس از پيوند در معرض پژمردگي قرار دارد. با تنظيم شرايط محيطي بر شانس بقاء پيوندها افزوده مي شود درحاليكه بروز مقدار اندكي از حالت پژمردگي در روز اوّل التيام بخشي امري طبيعي و قابل قبول است. رطوبت نسبي بالا در محفظه التيام بخشي ضمن روزهاي ۴-۲ پس از پيوندزني مي تواند باعث ايجاد فشار تورژسانس كافي در پيوندك گردد و آثار پژمردگي را تخفيف بخشد(۱۰).

گياهچه هاي پيوندي براي ۴-۲ روز در داخل محفظه التيام بخشي با شرايط رطوبت نسبي بالا و عدم روشنايي نگهداري مي گردند تا با موفقيت در اتصال آوندها از بروز پژمردگي خلاصي يابند. هر گونه حركت گياهچه هاي پيوندي مي تواند بين پايه و پيوندك فاصله ايجاد نمايد و موفقيت پيوند را به مخاطره اندازد لذا گياهچه ها را از ابتدا با دقت در داخل محفظه قرار دهيد تا نيازي به جابجايي آنها نباشد. پاشيدن آب مازاد و يا با فشار زياد مي تواند از ارتباط بين پايه و پيوندك بكاهد. در تمامي مدت التيام بخشي بايد از پاشيدن آب بر روي گياهچه هاي پيوندي حتي بصورت غبارپاشي (mist) خودداري ورزيد و آبياري لازم از طريق كف محفظه انجام پذيرد (۱۰).

۶) سازگارسازي پيوندها با شرايط طبيعي :

در سرتاسر دوره التيام بخشي (healing process) حداقل دو مرتبه در هر روز به گشودن درب محفظه اقدام مي كنند تا دي اكسيد كربن كافي در اختيار گياهچه ها قرار گيرد. پس از ۴-۲ روز كه فشار تورژسانس در گیاهچه ها به حد طبیعی رسید آنگاه می بایست از مقدار رطوبت نسبی محفظه التیام کاست و بر میزان نور محیط افزود. البته ایجاد سریع چنین تغییراتی می تواند برای موفقیت پیوند خسارتزا باشد. آغاز نوردهی بهتر است بصورت غیر مستقیم و از ورای محفظه ها و یا در خلاف جهت تابش خورشید انجام پذیرد. اگر محفظه ها در فضای بسته قرار دارند، بهتر است از لامپ های فلورسنت برای روشنایی استفاده شود بگونه ای که

آنها را بر فراز محفظه التیام روشن سازند. برای استفاده از نور خورشید در گلخانه ها می توان با قرار دادن وسایلی در مسیر نور از شدت آن کاست. پس از این مرحله باید رطوبت نسبی محفظه را کاهش داد لذا لبه های پوشش محفظه را بتدریج بالا مي آورند و یا از دستگاه خنک کننده تبخیری (cool water vaporizer) بهره مي گيرند (۱۰).

بدین ترتیب گیاهچه های پیوند شده را در محل های سرپوشیده و سایه با دمای ۷۵-۷۰ درجه فارنهایت برای ۵-۷ روز قرار می دهند تا زخم ها بخوبی التیام یابند. پس از اینکه توده کالوس در محل پیوند شکل گرفت و سطح زخم التیام یافت، باید گیاهچه هاي مزبور را در شرایط آبیاری میست تحت پوششی از پلاستیک شفاف قرار داد تا با شرایط نور طبیعی سازگار شوند (۷).

گیاهچه های پیوندی حداقل به مدت ۲ روز باید در شرایط نور و رطوبت کم نگهداری گردند سپس به محیط آزاد منتقل شوند. در این مرحله نیز به سبب ضعیف بودن محل اتصال پیوندها بهتر است آبیاري بصورت نشتی و از طریق ریشه ها انجام پذیرد. همچنان که گیاهچه ها رشد می کنند و بر ضخامت ساقه ها افزوده می گردد، باعث گشوده شدن گیره های پیوند می شوند و بدینطریق گیره ها بر زمین می افتند. گیاهچه ها را پس از ۷-۵ روز نگهداری در گلخانه ها می توان به مزرعه و یا گلخانه های اصلي پرورش محصول انتقال داد(۱۰).

۷) اجتناب از خطرات غیر منتظره :
پایه های پیوند اگر چه مقاوم به بیماریها هستند امّا ممکن است در ضمن انتقال با برخی مخاطرات غیر منتظره (pitfalls) نظیر آماس برگی (edema) ، بد شکلی (disfigurement) و برخی بیماریهای گیاهی دچار گردند که موجب تضعیف آنها می شوند. باید به دقت از ورود باکتریها ، قارچ ها و ویروس ها از طریق زخم ناحیه پیوند جلوگیری نمائید لذا محل کار ، ابزارها و محفظه التیام را بخوبی پاکیزه نگهدارید. از مخلوط خاک سبک بعنوان بستر کاشت بذور بهره گیرید تا رطوبت کمتری در خود نگهدارد. عارضه آماس برگی موجب ظهور نقاط متورّم بر سطح برگ های گیاهچه هاي پیوندي می شود که به سبب نگهداری بیش از حد گیاهچه ها در محفظه رُخ می دهد. آماس برگی نوعی اختلال فیزیولوژیکی در اثر رطوبت نسبی مازاد است و

ضایعه ای جدی براي سلامتي گیاهچه ها محسوب نمی شود زیرا با قرار گرفتن گیاهچه ها در شرایط کاهش رطوبت نسبی بزودی مرتفع می گردد. در مواقعی که پایه و پیوندک بخوبی متصل نشوند آنگاه محل پیوند (graft union) دچار بدشکلی می گردد و ممکن است توانایی تحمل میوه هایی که در آینده تولید می شوند را نداشته باشد (۱۰).

گرچه پیوندزدن دارای فواید متعددی است امّا گاهاً با معضلاتی نیز همراه می گردد از جمله اینکه نیازمند هزینه بیشتری می باشد. همچنین برخی پایه ها و پیوندک ها ممکن است در اثر مشکلات فیزیولوژیکی دارای ناسازگاری نسبي باشند که نهایتاً منجر به : کاهش تولید ، نزول کیفیت محصول و تضعیف گلدهی و میوه دهی می گردد لذا قبل از اقدام به پیوند سبزیجات در مورد فواید و مضرّات احتمالی آن بررسی و تحقیق نمائید (۶).

۸) بازرسی گیاهچه های پیوندی در مزرعه :
گیاهچه های پیوندی را در مزرعه و سایر محل هاي پرورش مرتباً تحت بازرسی قرار دهید زیرا :
۱) تماس بخش پیوندک با خاک می تواند موجب شیوع بیماریها و خسارات آفات گردد زیرا اغلب پیوندک ها نسبت به اینگونه موارد حساس هستند.
۲) ایجاد ساقه های ناخواسته یا "دستک ها" (suckers) از بخش زیرین ناحیه پیوند می تواند مقادیر زیادی از آب و مواد غذایی را بخود تخصیص دهد و باعث کاهش محصول شود .
۳) میوه هایی که از ساقه های ناخواستهٔ حاصل از پایه پیوند حاصل می شوند، موجب گوناگونی و ناخالصی محصول می گردند (۱۰).

پيوند گياهچه هاي بادمجان :

شيوه هاي پيوند گياهچه هاي بادمجان و گوجه فرنگي بسيار مشابهند لذا پيوند نيمانيم (splice grafting) از مرسوم ترين شيوه هايي است كه در مورد بادمجان و گوجه فرنگي كاربرد يافته است زيرا ميزان موفقيت آن تا ۹۵ درصد مي رسد. پيوند نيمانيم روشي نسبتاً ساده است و آنرا مي توان براي پيوند تعداد بسيار زيادي از بوته ها در طي يك مدت كوتاه بكار گرفت. براي دستيابي به پيوندهاي موفقيت آميز بايد كامبيوم (cambium) پايه و پيوندك بخوبي با يكديگر تراز گرديده و كاملاً مماس شوند. كامبيوم لايه اي نازك از سلول هاي در حال تقسيم و فعال است كه بلافاصله در زير پوست ساقه قرار دارد. پايه و پيوندك بايد از نظر قطر ساقه در زمان پيوند زدن يكسان باشند لذا الزاماً نبايد دارای جوانه زني و سبز شدن همزمان بذورشان باشند. بنابراين ابتدا به تعيين تجربي سرعت رشد ارقام مختلف مي پردازند تا به امكان كاشت همزمان يا غير همزمان بذور آنها واقف گردند. بذور پايه و پيوندك را حدوداً ۲۱-۱۴ روز قبل از پيوند زدن مي كارند. بندرت ممكن است ۱۰۰% پيوندها موفقيت آميز باشند لذا توصيه مي گردد كه همواره تعداد بيشتري از بوته ها را به نسبت نياز تدارك نمايند. بوته هايي كه داراي ۴-۲ برگ حقيقي هستند، براي پيوند زدن آمادگی دارند. پيوند زدن را اغلب صبحگاهان انجام مي دهند تا گياه با كمترين تنش رطوبتي مواجه گردد (۲).

بوته هاي پايه و پيوندك را ۲۴-۱۲ ساعت قبل از پيوند زدن آبياري مي كنند. بجز در مواقع ضروري نبايد گياهچه ها را بلافاصله قبل از پيوند زدن آبياري كرد. گيره هاي (clips) بكار رفته را قبل از كاربرد مجدد ضد عفوني می كنند. چند ساعت قبل از پيوند زدن بايد سطوح محفظه التيام بخشي گياهچه هاي پيوندي (healing chamber) را آبپاشي نمود تا از رطوبت نسبي كافي برخوردار گردند. لبه تيغ ها را كاملاً

پاكيزه سازيد و دست ها را با صابون ضد باكتري يا ژل بهداشتی تميز كنيد. همواره ۲-۱ محفظه اسپري را با آب لوله كشي پُر كنيد تا سطح برگ های گياهچه ها را در زمان پيوند زدن مكرراً مرطوب نمائيد (۲).

گياهچه پايه را با زاويه ۴۵ درجه از زير برگ هاي لپه اي قطع كنيد تا مانع رشد مجدد گردد. پيوندك را با قطر مشابه پايه انتخاب نمائيد و ساقه آنرا با زاويه ۴۵ درجه از بالا يا زير برگ هاي لپه اي قطع كنيد. محل قطع شدن پيوندك بايد داراي قطري معادل محل قطع شدن ساقه گياهچه پايه باشد. يك گيره سيليكوني را بر روي ساقه گياهچه پايه مستقر سازيد و پيوندك را در داخل گيره بنحوي قرار دهيد كه سطوح برش كاملاً در مجاورت همديگر قرار گرفته و بخوبي چفت شوند بطوريكه هيچگونه هوايي در بين آنها محبوس نباشد (۲).

در صورتيكه سطوح برش نسبتاً خشك شوند، از موفقيت و گيرايي پيوند بشدت كاسته مي گردد. هرگاه در فرآيند پيوند زدن تبحّر يافتيد آنگاه مي توانيد چندين پايه و پيوندك را همزمان قطع كنيد تا در روند پيوند زدن تسريع گردد. براي كاهش آشفتگي و درهم ريختگي بهتر است بخش هاي قطع شده گياهچه هاي پايه را بفوريت دور بريزيد. مكرراً به آبپاشي بوته هاي پايه و پيوندك بصورت ذرات بسيار ريز و غبار مانند (ميست) بپردازيد تا كمترين تنش رطوبتي حاصل گردد. پس از اينكه پيوند زدن گياهچه هاي محتوي يك سيني به اتمام رسيد، بايد بفوريت آنها را به داخل محفظه التيام بخشي انتقال دهيد (۲).

بلافاصله قبل از اينكه گياهچه هاي پيوند شده را درون محفظه التيام بخشي قرار دهيد ، بايد ديواره ها و سقف محفظه التيام را بصورت ميست آبپاشي نمائيد سپس محفظه را براي مدت ۲ روز مسدود سازيد و در اين مدت از هر گونه آشفته سازي محفظه بپرهيزيد. درب محفظه را در روز سوّم بگشائيد و ديواره هاي پلاستيكي آنرا مجدداً آبپاشي كنيد تا رطوبت نسبي در حد بالا حفظ گردد. جمع شدن آب در محل پيوند مي تواند باعث بافت مردگي و شيوع بيماري هاي گياهي گردد و عمل پيوند را با شكست توأم نمايد. در صورتيكه هر گونه علائم غير طبيعي ملاحظه شد ، بايد از پاشيدن مستقيم آب خودداري ورزيد. محفظه را در روز چهارم بحال خويش رها سازيد وليكن آنرا در روز پنجم به مدت ۳۰ دقيقه بگشائيد و پس از اين مدت بايد محفظه را بخوبي آبپاشي نموده و مجدداًمسدود سازيد. محفظه را در روز ششم به مدت يك ساعت مفتوح سازيد و در پايان پس از آبپاشي كاملاً مسدود نمائيد. محفظه را در روز هفتم براي ۸-۶ ساعت باز كنيد و در انتهاي مدت بدواً آبپاشي و سپس كاملاً ببنديد. گياهچه ها را در روز هشتم از محفظه التيام بخشي خارج نمائيد. برنامه هاي التيام بخشي براي شرايط محيطي گوناگون متفاوتند وليكن عدم سازگارسازي بوته هاي پيوندي بشرح مذكور مي تواند سريعاً موجب پژمردگي آنها گردد (۲).

گياهچه ها حدوداً ۱۴ روز پس از پيوند زدن به التيام كامل محل پيوند نائل مي آيند. پس از خروج بوته هاي پيوندي از محفظه التيام بخشي بايد آنها را براي ۲-۱ روز به گلخانه منتقل سازيد سپس قبل از نشاء در زمين اصلي براي ۷-۵ روز در شرايط طبيعي قرار دهيد تا با محيط سازگار (hardening) گردند. بوته هاي پيوندي را در شرايط وزش باد به مزرعه انتقال ندهيد. در صورتيكه منطقه در معرض وزش دائمي بادها قرار دارد، نسبت به باقي گذاردن گيره مخصوص پيوند و يا بستن محل پيوند با نوارهاي مناسب اقدام ورزيد. نوارهاي ويژه ای كه براي اين منظور بكار مي روند، غالباً با افزايش قطر ساقه بخودي خود گسيخته مي شوند. گيره هاي سيليكوني را پس از افزايش قطر ساقه ها بر داريد. در زمان انتقال بوته هاي پيوندي به

مزرعه بخوبي مراقب باشيد تا محل پيوند را بالاتر از سطح خاك قرار دهيد زيرا هر گونه تماس پيوندك با خاك موجب لغو مقاومت پايه به بيماري هاي خاكزاد خواهد شد (۲).

در مواردي كه گيره ها را در محل پيوندها باقي گذارده ايد، بايد مرتباً به بازرسي بوته ها بپردازيد تا موجب بريدگي ساقه ها در ضمن افزايش رشد گياه نشوند. گيره ها را حداكثر ۳-۲ هفته پس از انتقال گياهچه هاي پيوندي به مزرعه بر می دارند. بوته ها را يكبار در هر ۲-۱ هفته بازرسي كنيد تا اگر پايه ها از زير محل پيوند به شاخه دهي پرداخته اند ، بلافاصله نسبت به حذف آنها اقدام نمائيد زيرا برخي پايه هاي تجارتي آنچنان قوي هستند كه در صورت عدم حذف شاخه هاي نوظهور مي توانند سريعاً بر پيوندك غلبه نمايند (۲).

دستاوردهای جدید پیوند سبزیجات :

۱) امروزه بسیاری از کشاورزان برای تولید گیاهچه های پیوندی با کیفیت ترجیحاً از بذور دارای پوشش (primed seeds) استفاده می کنند تا بدین طریق بر موفقیّت پیوند بیفزایند.

۲) استفاده از بستر مناسب برای کاشت بذور می تواند باعث سبزشدن یکنواخت و رشد بهینه گیاهچه ها گردد.

۳) جهت گیری صحیح زاویه کاشت (sowing angle) دارای نقش بسزایی در یکنواختی جوانه زنی و ویگوریته بذور کدوئیان دارد.

۴) پیوند سبزیجات در ژاپن سابقه ای ۸۰ ساله دارد بطوریکه اینک (۲۰۱۱میلادی) در حدود ۹۷% هندوانه، خیار و بادمجان پرورشی را از این طریق در گلخانه ها و تونل ها تولید می نمایند.

۵) پیوند سبزیجات به دلیل ظرافت کار و ۳-۲ دفعه پرورش سالیانه به نیروی انسانی زیاد و ماهر نیازمند است لذا اکثر کشاورزان ترجیح می دهند که گیاهچه های پیوندی مورد نیازشان را از قلمستان های مطمئن تهیّه نمایند. قلمستان های پرورش نهال پیوندی نیز به سبب مواجهه با حجم عظیم تقاضا به ساخت روبات های نیمه اتوماتیک پیوند سبزیجات بویژه در مورد خیار پرداخته اند. این دستگاه ها دارای دو مسیر تغذیه پایه و پیوندک هستند و بخش کنترل به انجام پیوند گیاهچه ها مبادرت می ورزند. این روبات ها قادر به پیوند ۸۰۰ گیاهچه در هر ساعت با موفقیّت ۹۹-۹۵ درصد به ترتیب در مورد هندوانه و خیار هستند که این میزان بیش از ۳ برابر سریعتر از کارگران ماهر است. این روبات نیمه اتوماتیک در سال ۲۰۱۰ میلادی به بازار عرضه گردید.

۶) دستگاه های اتوماتیک پیوندزنی سبزیجات در حال تکمیل شدن هستند که با ۳ نفر کارگر می توانند ۹۰۰ گیاهچه گوجه فرنگی را در هر ساعت پیوند بزنند. آنها به همراهی ۳ کارگر نیازمندند. این دستگاه ها نیازی به بخش های تغذیه دستی گیاهچه های پایه و پیوندک ندارند.
۷) دستگاه های پیوندزنی مرسوم در قلمستان های ایتالیا با یک اپراتور می توانند ۱۵۰-۱۲۰ گیاهچه را در هر ساعت پیوند بزنند.
۸) بهداشت گیاهی (phytosanitary) در مواردی که ضمن مرحله پیوندزنی بخوبی رعایت نگردد، می تواند موجب گسترش خسارات چشمگیری شود زیرا عوامل بیماریزای خاکزی نظیر " Clavibacter michiganesis" می توانند سریعاً از طریق چاقوی باغبانی آلوده منتقل گردند ولیکن از سال ۲۰۰۷ میلادی برای رفع این معضل از اشعه لیزر (laser beam) برای آماده سازی گیاهچه های پایه و پیوندک بهره می گیرند.

۹) در شیوه جدید سازگارسازی گیاهچه های پیوندی با محیط طبیعی (acclimatization) اقدام به گرم کردن محل پیوند (graft union) با جریان کنترل شده ای از هوای کم دما موسوم به "CLAT" (Controled Low-Air temperatute) می نمایند. در یک آزمایش با روش های پیوند نیمانیم و پیوند حفره ای (hole insertion graft) بر روی گیاهچه های گوجه فرنگی ، کدو و خیار انجام پذیرفت. گیاهچه های پیوندی را در شرایط روشنایی کم (dim) و سرما نگهداری کردند سپس آنها را در آب ولرم با دمای ۲۵ و ۳۱ درجه سانتیگراد از پایه تا محل پیوند غوطه ور ساختند و متعاقباً در معرض جریانی از هوا با دماهای ۱۲ و ۹ درجه سانتیگراد به مدت ۴ و ۲ روز قرار دادند. هوای گرم منجر به توسعه محل پیوند و پریموردیای ریشه ها شد و نهایتاً از تأثیر تنش خشکی پس از پیوندزنی کاست. این شیوه منجر به بهبود توسعه ریشه دهی گیاهچه ها گردید و بر موفقیت گیرایی گیاهچه های انتقالی به مزرعه افزود (۵).
۱۰) مطالعات اخیر نشان می دهند که ساقه های برخی سبزیجات بنحو بیسابقه ای متحمل بیماریهای خاکزاد نظیر : فوزاریوم ، ورتیسیلیوم ، فایتوفترا ، نماتدها و برخی از سایر آفات هستند. بعضی از این بوته ها نیز مقاومت هایی در برابر شیوع بیماریهای ویروسی بروز داده اند. بررسی های اخیر در ایالت آریزونا نشانداد که پیوند طالبی (muskmelon) رقم "Olympic gold" بر کدو حلوایی هیبرید رقم "Tetsukabuto" موجب مقاومت نسبت به بیماریهای قارچی پیتیوم و نماتدهای گره ریشه در قیاس با بوته های غیرپیوندی گردید.

متشابهاً در کارولینای شمالی ضمن یک آزمایش به پیوند ارقام رسمی گوجه فرنگی بر روی پایه هایی از ارقام "CRA 66" و "Hawaii 7996" پرداختند که نتیجتاً موجب کنترل پژمردگی باکتریایی در یک آلودگی مزرعه ای در مقایسه با بوته های غیرپیوندی شد.

در آزمایش دیگری که در سیستم پرورش سبزیجات ارگانیک انجام گرفت، اقدام به پیوند گوجه فرنگی رسمی بر روی ارقام "Maxifort" و "Robusta" بمنظور کنترل نژادهای ۲ و ۱ قارچ فوزاریوم شد. نتیجتاً هر دو رقم مزبور به کنترل مناسبی در برابر شیوع پژمردگی فوزاریومی دست یافتند و یا لااقل سرعت سرایت بیماری را بشدت به تأخیر انداختند.

مقاومت پایه ها در برابر هجوم آفات در پیوند سبزیجات بویژه در سیستم های هیدروپونیک ، کشت ارگانیک و تونل های مرتفع بسیار اهمیّت دارد.

پیوند سبزیجات همچنین می تواند باعث افزایش ویگوریته و تسریع در باردهی گیاهچه ها گردد. مطالعات بر روی گوجه فرنگی رسمی در کالیفرنیای شمالی نشان داد که بوته های پیوندی بر روی پایه "Maxifort" در طی یک دورهٔ ۱۲ ساله ضمن ارائه تولید باثبات به تولید بیوماس بیشتری در قیاس با بوته های غیرپیوندی پرداختند. این مطالعات مبین آن است که پیوند گوجه فرنگی بر روی برخی پایه ها می تواند جایگزین تناوب زراعی گردد. چنین فوایدی در بوته های پیوندی هندوانه نیز مشاهده شده اند.

پیوند سبزیجات در بسیاری از موارد به افزایش راندمان تولید منجر می گردد. پژوهش های انجام شده در کره جنوبی و ژاپن حاکي از افزايش ۵۰-۲۵ درصدي عملكرد بوته هاي پيوندي گوجه فرنگي ، خربزه ، هندوانه ، فلفل و بادمجان در مقايسه با بوته هاي غيرپيوندي هستند.

افزايش توليد حاصل از پيوند سبزيجات غالباً منبعث از : بهبود رشد گياهچه ها ، كاهش خسارات آفات و بيماريها و نزول توليد ميوه هاي بدشكل (deformed) بوده است.

ساير فواید پيوند سبزيجات شامل : افزايش مقاومت به دماهاي بالا و پائين ، بهبود جذب عناصر غذايي ، افزايش تحمل به شرايط تنش خشكي و غرقابي ، بهبود كارآيي مصرف آب ، افزايش تحمل به PH بالا خاك و تنش نمك ها مي باشند. بكارگيري تجارتي پايه هاي كدو قلياني برگ انجيري (figleaf gourd) موجب افزايش تحمل بوته هاي هندوانه ، خيار ، خربزه و كدو حلوايي در شرايط كاهش دماي خاك مي گردد.
افراد علاقمند به فعاليت هاي ذوقي و هنري (hobbyists) با استفاده از تكنيك پيوند سبزيجاتي نظير : گوجه فرنگي ، بادمجان و فلفل بر روي سيب زميني و همچنين پيوند كلم چيني و كلم برگ بر روي تربچه به توليد چندين نوع سبزي از يك گياه پرداخته اند (۷).

هزينه هاي پيوند سبزيجات :

"ريوارد" و همكاران در سال ۲۰۱۰ ميلادي به تحقيق در مورد هزينه هاي اقتصادي گوجه فرنگي هاي پيوندي در كشاورزي ارگانيك منطقه كارولينا شمالي و كشاورزي سنتي منطقه پنسيلوانيا پرداختند. آنها هزينه توليد بوته هاي غيرپيوندي را در مناطق مذكور به ترتيب ۱۳ و ۵۱ سنت و هزينه توليد بوته هاي پيوندي را به ترتيب ۵۹ و ۱۲۵ سنت برآورد كردند. آناليز هزينه ها نشانداد كه ۳۷ درصد براي تداركات پيوند ، ۴۵ درصد براي تهيّه بذور ، ۱۲ درصد براي تأمين نيروي انساني و ۱۰ درصد براي هزينه هاي متفرقه مصرف شده اند. نتايج مزبور حاكي از آن است كه هزينه تداركات و تهيّه بذور بسيار بيشتر از هزينه هاي كارگري براي پيوندزني گياهچه ها بوده اند. اخيراً تعداد محدودي از ارقام سبزيجات براي توليد پايه هاي مناسب هندوانه ، خربزه ، گوجه فرنگي ، فلفل دلمه اي و خيار به بازار عرضه شده و در دسترس قرار گرفته اند لذا انتظار مي رود كه با افزايش تقاضا از هزينه هاي تهيّه بذور و تداركات پيوندزني كاسته گردد (۷).

منابع و مآخذ :

1) Chaudhari , sushila & et al – 2012 – Tomato grafting technique – Departmant of Horticulture Science ; North Carolina State University

2) Johnson , sacha & et al – 2014 – How to graft eggplants and tomatoes – Washington State University

3) Johnson , sacha & et al – 2011 – Vegetable grafting ; the healing chamber – Washington State University Extension

4) Johnson , sacha – 2011 – Vegetable grafting ; eggplants and tomato – Washington State University Extension

5) ISVG – 2011 – Vegetable grafting – International Symposium on Vegetable Grafting ; University of Tuscia Viterbo , Italy

6) Kichura , venice – 2010 – Vegetable grafting – http://www.gardenguides.com

7) Kushad . mosbah – 2011 – Vegetable grafting – University of Illinois

8) Mudg , ken & et al – 2009 – A history of grafting – Horticultural Reviews , volume 35

9) Rivard , cary.l – 2011 – Vegetable grafting as an IPM tactic for tomato production – Kansas State University

10) Rivard , cary – 2005 – Grafting for disease resistance in heirloom tomato – North Carolina State University ; Cooperation Extension Service

11) Wikipedia – 2014 – Tomato grafting – http://en.wikipedia.org

12) http://farsilookup.com

" آراگولا : سبزی سالاد " ؛
" Arugula "

مقدّمه :

"آراگولا" گیاه بومی منطقه مدیترانه است که بصورت وحشی از سواحل پرتغال تا مناطق سرزمینی شرق ترکیه می روید. این گیاه یکساله معمولاً تا ارتفاع ۲ فوت رشد می کند امّا ممکن است ارتفاعش در اواخر تابستان تا ۳ فوت برسد (۴). آراگولا از سبزیجات سالادی با برگ های معطر و طعم تند است. این گیاه که در آشپزی ایتالیایی مقبولیت زیادی دارد، بصورت گسترده ای در ایالات متحده آمریکا مصرف می شود (۳). آراگولا از اولین سبزیجات بهاره محسوب می شود که قابلیت چندین برداشت را دارد. آراگولا ۶-۴ هفته پس از کاشت قابلیت برداشت می یابد و ضمن هر برداشت فقط برگ های تُرد و جوان کنده می شوند. برگ های آراگولا بشدت مورد توجه آفات گیاهی نظیر کک ها (flea) قرار می گیرند لذا در صورتیکه از حمله کک ها جلوگیری نشود، در اثر تغذیه آنان با برگ های مشبک (filigreed) مواجه می شوید که فاقد بازارپسندی مطلوب است. برای اینکه برگ های تازه آراگولا در سراسر فصل رشد در اختیار باشند، بهتر است بسترهای مجزایی را با فواصل زمانی چند هفته ای بذرکاری نمائید. بطور کلی آراگولا از ماه مه تا اکتبر (اواسط بهار تا اواخر پائیز) در دسترس می باشد. آراگولا قابلیت تحمل گرمای تابستان و یخبندان های سبک پائیزه را دارد ولیکن این گیاه در شرایط شب های خنک به تولید برگ های نرم تر و شیرین تر می پردازد. از برگ های آراگولا برای ایجاد طعم بهتر در ترکیب با چغندر ، پنیر بُز ، پنیر آبی (پنیر مخلوط با کپک پنسیلیوم) ، آجیل ها ، مرکبات و زیتون استفاده می کنند (۵).

گیاهشناسی آراگولا :

آراگولا (arugula) از گیاهان یکساله خوراکی است که با اسامی مصطلحی نظیر : Rucola ، Rugula ، Rocket ، Salad rocket ، Garden rocket ، Cress ، Roquette و Colewort شناخته می شود. آراگولا با نام علمی Eruca sativa جزو خانواده کلم ها (Brassicaceae) یا صلیبیان (Cruciferae) محسوب می گردد. واژه "ساتیوا" منبعث از واژه لاتین Satum بمعنی زراعی است. برخی گیاهشناسان بین گونه E.sativa و E.vesicaria تمایز قائلند زیرا گونه اخیر دچار ریزش زودهنگام کاسبرگ ها می گردد (۹،۸،۳،۵).

آراگولا از خویشاوندان تربچه ، شاهی و آب تره به ارتفاع ۱۰۰-۲۰ سانتیمتر رشد می کند. برگ هایش بطول ۷/۲۰-۵ سانتیمتر دارای ۱۰-۴ بریدگی جانبی و یک بریدگی بزرگ است که آنرا به برگ های بلوط شباهت می دهد و بدینگونه آراگولا با ظاهری بسان بوته های کاهو با برگ های باریک ، طویل و شل بنظر می آید. گل ها به قطر ۴-۲ سانتیمتر که بصورت گل آذین دیهیم (corymb) آرایش یافته اند. گل ها به رنگ سفید متمایل به کرم با رگبرگ های تیره و پرچم های زرد رنگ دیده می شوند و کاسبرگ ها پس از بازشدن گل ها ریزش می یابند. میوه به شکل خورجین (siliqua) بطول ۳۵-۱۲ میلیمتر با نوک باریک و حاوی چندین بذر خوراکی است (۹،۸).

«جدول۱) مشخصات گیاهشناسی گوجه فرنگی درختی (۹):»

موارد		مشخصات	
سلسله	Kingdom	گیاهان	Plantae
---	---	نهاندانگان	Angiosperms
شاخه	Division	دو لپه ای ها	Eudicots
---	---	---	Rosids
راسته	order	---	Brassicales
خانواده	Family	کلم ها	Brassicaceae
جنس	Genus	اروکا	Eruca
گونه	Species	ساتیوا	sativa
اسامی مشابه		Eruca vesicaria Brassica eruca	

اکولوژی آراگولا :

آراگولا از خانواده خردل ها (mustard family) گیاه بومی منطقه مدیترانه است که در گستره ای از : مراکش ، پرتغال ، سوریه ، لبنان و ترکیه می روید. این گیاه اصولاً در اراضی خشک و بهم خورده رشد می نماید. برگ های آراگولا توسط لاروهای بسیاری از بیدها (moth) مصرف می گردند. ریشه های آراگولا نسبت به سرایت نماتدها بسیار حساس است. آراگولا در شرایط یخبندان های متوسط بحالت چمنی رشد می کند و رنگ برگ هایش از سبز به قرمز متمایل می گردد (۹). آراگولا از محصولات فصل خشک با رشد سریع است که خاک های حاصلخیز و زهکش دار را ترجیح می دهد و در شرایط برخورداری از نور کامل خورشید به گلدهی آغاز می نماید. این گیاه معمولاً به ارتفاع ۳-۲ فوت رشد می کند و گل های خوراکی به رنگ سفید متمایل به کرم می دهد (۷).

تاریخچه کاشت آراگولا :

تاریخچه استفاده از آراگولا به مفاد کتاب مقدس (biblical) بر می گردد. آراگولا از دوره رومیان برای برگ ها و بذرهایش بصورت محدود کاشته می شد. از بذرهای آراگولا برای تهیّهٔ روغن معطر استفاده می گردید.از این بذرها در تهیّه معجون هایی برای تقویت قوای جنسی (aphrodisiac) در نخستین قرون پس از میلاد بهره می جستند. رومیان از برگ های آراگولا ، کاسنی ، خطمی ، اسطوخودوس و کاهو در تهیّه سالاد استفاده می نمودند.

آراگولا را در هندوستان بعنوان سبزی خوردن (green) کشت نمی کنند بلکه اصولاً برای استخراج روغن از دانه ها پرورش می یابد.

استفاده از آراگولا در آمریکا به دوران مستعمراتی بر می گردد ولیکن از سال های ۱۹۹۰ میلادی مقبولیت بیشتری یافته است بطوریکه از جمله سبزیجات اصلی قابل عرضه در فروشگاه ها محسوب می گردد (۳،۵).

از دوران رومیان تا سال های ۱۹۸۰ میلادی فقط از انواع وحشی آراگولا استفاده می شد لذا اغلب در مدت زمان محدودی از سال قابل دسترسی بودند امّا امروزه انواع اصلاح شده و پرورشی در بسیاری از سوپرمارکت های اروپا و آمریکا و از برزیل تا مصر بصورت تازه و نسبتاً ارزان عرضه می گردند و بخشی از وعده های غذایی مردم را تشکیل می دهند (۴).

پرورش آراگولا در خانه :

آراگولا بسادگی قابل پرورش در شرایط خانگی است. برای این منظور باید بذور آنرا در بخش های آفتابگیر حیاط یا تراس کشت نمود. کاشت آراگولا از اوایل بهار تا پائیز با فواصل زمانی ۳۰-۲۰ روز قابل اجرا است ولیکن کاشت آن در اواسط بهار تا اوایل تابستان اولویت دارد. کاشت بذور آراگولا پس از این زمان باید در تحت شرایط سایه متوسط درختان و یا سایه اندازهای مشابه صورت پذیرد وگرنه گیاه به تولید برگ های کوچکتر با طعم تندتری می پردازد. ضمناً این گیاه را نباید در شرایط کاملاً سایه کشت نمود (۳).
جوانه زنی بذور و سبزشدن گیاهچه هاي آراگولا نسبتاً سریع است و در مدت کوتاهي به مرحله برداشت مي رسد. از برگ های تازه و شاداب آراگولا برای تهیّه سالاد استفاده می شود امّا شاخه های گلدهنده را برای تولید بذر باقی می گذارند لذا در صورتیکه قطعات زیر کشت را با فواصل زمانی مناسب کشت نمائید آنگاه با پایان دوره برداشت قطعات قبلی می توانید از قطعات جدید آماده برداشت بهره گیرید (۳).

آراگولا گیاهی است که بعضاً در پائیز از طریق بذور کشت مي شود و زمستان را بحالت روزت رشد می یابد. از آراگولا می توان برای کاهش علف های هرز و به حداقل رسانیدن فشردگی خاک بهره گرفت. آراگولا گواینکه پوشش کمتری نسبت به شلغم و کلزا بر سطح زمین ایجاد می کند امّا بهتر از آنها باعث ضد عفونی زیستی خاک (biofumigation) می گردد. گلوکزینولات های (glucosinolates) موجود در براسیکاها از ترکیبات مسئول جلوگیری بسیاري از بیماریهای گیاهی می باشند (۲).

بستر کاشت آراگولا باید کاملاً صاف ، عاری از علف های هرز و بخوبی زهکش گردد و از رطوبت کافی برخوردار باشد. مقدار بذر ۴-۲ پوند در ایکر که باید در عمق ۱-۰/۵ سانتیمتری خاک کاشته شوند. زمان کاشت آراگولا در بسیاری از نقاط در ماه آگوست می باشد. در صورتیکه هدف از کاشت آراگولا ضد عفونی خاک باشد، باید سبزینگي آنرا در بهار پس از گرم شدن هوا و قبل از بذردهی موور بزنند سپس خاک را شخم نمایند تا بقایاي گیاه در خاک مدفون شوند. آراگولا طبق برخی گزارشات علمی موجب کاهش نماتدهای مولد غده ریشه در محصولاتی نظیر گوجه فرنگی می شود. پس از شخم زمین زیر کشت آراگولا برای آغاز کاشت گیاه بعدی باید حداقل ۱۰ روز صبر کنید. آراگولا را در تناوب زراعی هیچگاه در کنار سایر براسیکاها قرار ندهید زیرا باعث افزایش کک ها در مزرعه می شوند. از ایجاد حالت اشباعی در خاک مزارع آراگولا بشدت بپرهیزید (۲).

آراگولا را می توان حتی زمستان ها در گلخانه ها پرورش داد امّا در مزارع آزاد و شرایط طبیعی مناطق معتدله بخوبی در فاصله زماني اواخر بهار تا اواسط پائیز بعمل می آید. آراگولا قابلیت نگهداری در یخچال بصورت تازه به مدت ۵-۳ روز را دارد امّا بمحض قهوه ای شدن برگ ها باید دور ریخته شود. آراگولا را بصورت سرخ کرده و بخارپز نیز مصرف می نمایند (۴).

برداشت آراگولا بسادگی با کندن برگ های جوان انجام می شود و گیاه متعاقباً تا ماهها همچنان به تولید برگ های جدید ادامه می دهد. البته برگ های قدیمی تر اندکی خشبی تر و تندترند. گل های آراگولا کوچک و سفید رنگ با مرکز تیره هستند و مزه ای تند و گزنده دارند. از گل های آراگولا برای تهیّه سالاد استفاده می شود امّا جهت تأمین بذور سال بعد حتماً بعضی از آنها را برداشت نکنید و بر روی گیاه باقی بگذارید (۳).

برگ های برداشت شده را در آب خنک بشوئید سپس با حوله کاغذی خشک کنید و در پاکت پلاستیکی بپیچید تا بدینگونه امکان نگهداری چند روزه را در یخچال بیابند. آراگولا در تهیّه سالادها می تواند جایگزین اسفناج ، قاصدک و ترتیزک گردد (۳).

ابتیاع و نگهداری آراگولا :

آراگولا بصورت تازه در سراسر سال در سوپرمارکت های اروپا و آمریکا عرضه می شود. در زمان خرید باید به رنگ سبز و تردی برگ های جوان توجه کنید. در صورتیکه خودتان آنها را پرورش مي دهید، باید از برداشت ساقه های گلدار گیاه خودداری ورزید زیرا چنین برگ هایی نسبتاً خشن و تلخ مزه هستند. آراگولاي حاصل از مزارع را معمولاً در بازارهای محلی به همراه ریشه هایش بفروش می رسانند لذا آنها را پس از ابتیاع بلافاصله از پاکت خارج سازید و ساقه زیرین آنها را قطع کنید آنگاه برگ های آسیب دیده ، زرد و پژمرده را جدا سازید و دور بریزید. برگ های سالم را در ظرفی از آب سرد قرار دهید و به آرامی بشوئید تا ذرات گل و شن از برگ ها جدا گردند. متعاقباً آنها را آبکش نمائید و یا با حوله کاغذی خشک کنید و برای مصرف آماده سازید. آنها را همچنین مي توان نظیر کلم پیچ ، اسفناج و جعفری نگهداری نمائید. چنین سبزیجاتی باید در طبقاتی از یخچال که رطوبت نسبتاً بالائی دارند، نگهداری شوند (۷).

مصارف غذایی آراگولا :

آراگولا گیاهی یکساله ، کوچک و کم رشد مشابه قاصدک (dandelion) است. این گیاه دارای برگ های طویل ، آبدار و چند قسمتی (lobular) با رگبرگ های سبز رنگ مي باشد. گیاه آراگولا همانند خردل ، کلم برگ و گل کلم به خانواده صلیبیان تعلق دارد. برگ های سبز روشن این گیاه شباهت بسیاری به برگ های اسفناج دارد بویژه اینکه برگ های جوانش یکپارچه اند. برگ های جوان ، شاداب و ظریف آراگولا از طعم شیرین و گوارایی برخوردارند و مزه گزنده (peppery) کمتری در قیاس با طعم تند و قوی برگ های بالغ دارند (۷).

آراگولا گیاهی با طعم خوشایند و برگ هایی بلند بسان کاهوی باز شده است. برگ ها ، گل ها ، نیام و بذور کاملاً رسیده اش قابلیت خوراکی دارند. آراگولا را در قدیم بعنوان محرک قوای جنسی می شناختند لذا کاشت آنرا در صومعه ها ممنوع مي ساختند. این گیاه در زبان هندی و عربی موسوم به Gargeer می باشد(۹).

برگ های جوان آراگولا بسیار ظریفند و طعم لطیفی دارند. برگ های مسن آراگولا ارزش غذایی چندانی ندارند امّا از طعم تندتری بهره می برند. برگ های قدیمی آراگولا را بصورت بخارپز یا سرخ شده مصرف می کنند ولیکن در این حالت نیز اندکی تلخ مزه هستند. بوته های وحشی جنس "Eruca" موسوم به منداب که نوعي علف هرز محسوب مي شوند، از ارتفاع کوچکتر و برگ های تندتری نسبت به ارقام اهلی برخوردارند (۸).

پس از خریدن آراگولا از نگهداری آنها به همراه برگ های خالدار بپرهیزید زیرا سریعاً پژمرده و فاسد خواهند شد. فقط از برگ های آراگولا برای مصرف استفاده نمائید و از مصرف ساقه هایش به دلیل تجمیع مقادیر زیاد نیترات بپرهیزید. باقیمانده سالاد آراگولا را بیش از یکروز نگهداری نکنید (۶).

مهمترین موارد استفاده از آراگولا عبارتند از :
۱- در برزیل بوفور در تهیّه سالاد همراه با سایر سبزیجات بکار می رود.
۲- در غرب ایتالیا و غرب اسلوونی بصورت خام همراه با ماکارونی و گوشت مصرف می شود.
۳- برگ های آنرا در آخرین مرحله پخت پیتزا به آن اضافه می کنند.
۴- برگ های آنرا پس از خرد کردن همراه با سیر در روغن زیتون سرخ می کنند سپس بعنوان چاشنی به گوشت و ماهی می افزایند.
۵- آنرا در اسلوونی با سیب زمینی آب پز می کنند و برای تهیّه سوپ بکار می گیرند.
۶- خوردن برگ های آراگولا همراه با پنیر گاومیش و گوجه فرنگی آفتاب خشک بسیار طرفدار دارد.
۷- آنرا با گوشت و غذاهای دریایی بعنوان صبحانه سرو می کنند.
۸- در هندوستان از روغن دانه های آراگولا در تهیّه سالاد و از دانه های پخته اش (seed cake) برای تغذیه حیوانات اهلي استفاده می گردد (۹).
۹- برگ های تازه و ظریف آراگولا را در تهیّه ساندویچ و یا همراه با گوشت سرخ کرده مصرف می کنند.
۱۰- از برگ های تازه آراگولا در سوپ ها ، عصاره ها ، تاس کباب و بعنوان سبزی پخته استفاده می شود.
۱۱- از این برگ ها همراه با پنیر بُز در تهیّه مایه ماکارونی بهره می گیرند.
۱۲- از آراگولا همراه با تره فرنگی و سیر سُرخ کرده در تهیّه سوپ ویشی (vichyssoise) استفاده می گردد(۷).
۱۳- از آن مایه ماکارونی (pesto) تهیّه و همراه با رشته های ماکارونی (pasta) ، سیب زمینی و یا گوشت سرخ شده می خورند (۸).

ارزش غذایی آراگولا :

آراگولا همانند سایر سبزیجات برگی از کالری کمی برخوردار است بطوریکه ۱۰۰ گرم از برگ های سبز آن فقط ۲۵ کالری انرژی تولید می کنند امّا با این حال حاوی برخی ترکیبات گیاهی نظیر : آنتی اکسیدان ها ، ویتامین ها و عناصر معدنی می باشد که تأثیرات شگرفی بر سلامتی انسان برجا می گذارند. آراگولا دارای ارزش آنتی اکسیدانی موسوم به "ظرفیت جذب رادیکال های اکسیژن" یا "ORAC value" (Oxygen Radical Absorbance Capacity) معادل ۱۹۰۴ میکرومول تیلوریوم (µmol TE) در هر ۱۰۰ گرم مي باشد. تیلوریوم (Tellurium) با علامت شیمیایی TE از عناصر شبه فلزی گروه اکسیژن است (۷).

آراگولا یکی از منابع غنی ترکیبات گیاهی بشرح زیر است :

۱- اندول ها (indoles)

۲- تیوسیانات ها (thiocyanates)

۳- سولفورافان (sulforaphane)

۴- ایزوتیوسیانات ها (isothiocyanates)

این ترکیبات دارای اثرات ضد سرطانی مشابه استروژن هستند بطوریکه با اثرات مخربی که بر سلول های سرطانی می گذارند، باعث جلوگیری از ابتلا به سرطان های پستان ، پروستات ، کولون ، تخمدان و دهانه رحم می شوند. ماده "دی اندول متان" (DIM) از چربی های محلول حاصل از اندول (indol) می باشد که نقش تنظیم سیستم ایمنی بدن با خواص ضد باکتریایی و ضد ویروسی را از طریق پذیرنده های "انترفرون گاما" (interferon gamma) دارد. از DIM اخیراً برای درمان غدد خوش خیم پوستی ناشی از ویروس یا HPV (Human Papilloma Virus) و در آزمایشات کلینیکی فاز ۳ تشخیص نابهنجاری های گردن رحم (cervical dysplasia) بهره می گیرند (۷).

آراگولا منبع سرشاری از فولیت ها (folates) است. فولیت ها نظیر اسید فولیک (folic acid) که یک نوع ویتامین B می باشد، از عوامل اصلی سنتز اسیدهای نوکلئیک نظیر DNA و RNA بشمار می آیند بطوریکه هر یکصد گرم از برگ های سبز آراگولا حاوی ۹۷ میکروگرم یعنی ۲۴% از اسید فولیک مورد نیاز روزانه بدن انسان است. مصرف آراگولا توسط مادران باردار در دوران حاملگی از بروز نقص های عصبی در نوزادان جلوگیری بعمل می آورد (۷).
آراگولا نظیر کلم پیچ (kale) از منابع غنی ویتامین A محسوب می شود. هر یکصد گرم از برگ های تازه حاوی ۱۴۲۴ میکروگرم از بتاکاروتن و ۲۳۷۳ واحد بین المللی (IU) از ویتامین A است. کاروتن ها در بدن به ویتامین A تبدیل می گردند. بررسی ها نشان می دهند که ویتامین A و فلاونوئیدهای موجود در سبزیجات برگی از ابتلا به سرطان پوست ، ریه و حفره دهانی جلوگیری می نمایند (۷). ویتامین A همچنین تبدیل به "رتین آلدئید" (retinaldehyde) می گردد که از ترکیبات حیاتی برای تقویت قوّه بینایی افراد است (۴).

سبزیجات همچنین سرشار از ویتامین های گروه B نظیر : تیامین ، ریبوفلاوین ، نیاسین ، پیریدوکسین (ویتامین B6) و پانتوتنیک اسید می باشند که برای فعالیت آنزیم های سلولی و اعمال متابولیکی بدن ضرورت دارند (۷). اسید فولیک (ویتامین B12) به بهبود واکنش هاي عصبی و سنتز DNA کمک می کند و نقش بارزی در سلامتی گلبول های قرمز خون دارد. اسید فولیک تنها ویتامین محلول در آب قابل ذخیره شدن در بدن انسان است (۴).

برگ های تازه آراگولا حاوی مقادیر مناسبی از ویتامین C هستند. ویتامین C از آنتی اکسیدان های قوی طبیعی محسوب می شود. غذاهای حاوی این ویتامین به بدن انسان در محافظت از عوارض کمبود ویتامین (scurvy disease) ، افزایش مقاومت در مقابل ابتلا به بیماری ها ، پاکسازی بدن از مواد مضر و پیشگیری از فعالیت رادیکال های آزاد در بدن کمک می نمایند (۷). ویتامین C می تواند از ناراحتی های تنفسی نظیر آسم (asthma) بکاهد و فشار خون را کاهش دهد (۴).

سالاد آراگولا از عالی ترین منابع تأمین ویتامین K برای بدن انسان است بطوریکه هر یکصد گرم از برگ هایش می توانند ۹۰ درصد نیازهای روزانه انسان را برآورده سازند. ویتامین K نقش بارزی در فعالیت های تشکیل و طویل شدن استخوان ها دارد. بعلاوه حضور سطوح کافی از ویتامین K در رژیم غذایی موجب کاهش صدمات عصبی مغز می گردد لذا از آن در کاهش عوارض ناشی از بیماری آلزایمر (Alzheimer) بهره می جویند (۷).

برگ های آراگولا حاوی مقادیر کافی از مواد معدنی بویژه مس و آهن هستند. آنها دارای مقادیر کمی از سایر عناصر معدنی ضروری و الکترولیت ها نظیر کلسیم ، پتاسیم ، منگنز و فسفر می باشند (۷).

پتاسیم تنظیم کننده مایعات بدن و مؤثر در سنتز پروتئین و سلامتی قلب و عروق است بطوریکه با بهبود فشار خون از بروز سکته می کاهد. پتاسیم باعث ترمیم استخوان ها می شود.

آهن در سلول های قرمز خون یافت می شود و بخش مهمّی از هموگلوبین را تشکیل می دهد. هموگلوبین وظیفه انتقال اکسیژن از ریه ها به سلول های بدن را متقبل است. آهن بخش مهمّی از آنزیم های ضروری بدن را برای شرکت در واکنش های شیمیایی بدن تشکیل می دهد.

کلسیم از عناصر معدنی سازندهٔ استخوان ها و دندان ها است و نقش بارزی در کارکرد صحیح عروق قلب دارد.

منگنز به متابولیزم غذاها کمک می کند و اعمال سیستم عصبی را بهبود می بخشد. منگنز بعنوان آنتی اکسیدان از سرطان و بیماریهای قلبی جلوگیری می کند.

مس موجب بهبود سیستم ایمنی، کنترل قند خون ، هضم غذا و سوخت و ساز بدن در جهت تولید انرژی مورد نیاز است. مس از عناصر معدنی ضروری برای رشد مناسب، واکنش های آنزیمی، تنظیم ضربان قلب و سلامتی بافت های اتصال دهندهٔ بدن است.

منزیم به اعمال طبیعی بافت عصبی و ماهیچه ای بدن کمک می کند و ضربان قلب را بهبود می بخشد. منزیم به تقویت استخوان ها و سلامتی سیستم ایمنی کمک می نماید (۴).

برگ های آراگولا را از نظر عناصر غذایی با کلم برگ و کلم بروکلی مقایسه می کنند. متخصصین عقیده دارند که برگ های گیاهان خانواده کلم (cabbage family) دارای ترکیبات ضد سرطان نظیر : بتاکاروتن ، فیبر و ویتامین C هستند. آنها معتقدند که برگ های تیره تر حاوی عناصر غذایی بیشتری می باشند. محققین دریافته اند که میزان ویتامین A و C در برگ های آراگولا حدوداً ۷ برابر مقدار آنها در کاهو است (۶). گرمادهی برگ های تازه و لطیف آراگولا در راستاي تهیّه سوپ و مایه ماکارونی موجب کاهش طعم و مزه طبیعی آنها می شود (۵).

«جدول۲) ترکیبات غذایی موجود در یکصد گرم ماده خام آراگولا (۷):»

موارد	ارزش غذایی	نیاز روزانه	موارد	ارزش غذایی	نیاز روزانه
انرژی	۲۵ کیلوکالری	۱%	ویتامین K	۱۰۸ میکروگرم	۹۰%
کربوهیدرات	۳/۶ گرم	۳%	سدیم	۲۷ میلی گرم	۲%
پروتئین	۲/۶ گرم	۵%	پتاسیم	۳۶۹ میلی گرم	۸%
چربی کل	۰/۷ گرم	۳%	کلسیم	۱۶۰ میلی گرم	۱۶%
فیبر غذایی	۱/۶ گرم	۴%	مس	۰/۱ میلی گرم	۸%
فولیت	۹۶ میکروگرم	۲۴%	آهن	۱/۷ میلی گرم	۱۸%
نیاسین	۰/۳ میلی گرم	۲%	منزیم	۴۷ میلی گرم	۱۲%
پانتوتنیک اسید	۰/۴ میلی گرم	۸%	منگنز	۰/۳ میلی گرم	۱۴%
پیریدوکسین	۰/۱ میلی گرم	۶%	فسفر	۵۲ میلی گرم	۸%
ریبوفلاوین	۰/۱ میلی گرم	۷%	سلنیوم	۰/۳میکروگرم	۱%
تیامین	۰/۰۴میلیگرم	۴%	روی	۰/۵ میلی گرم	۵%
ویتامین C	۱۵ میلی گرم	۲۵%	بتاکاروتن	۱۴۲۴میکروگرم	---
ویتامین A	۲۳۷۳ IU	۷۹%	لوتئین	۳۵۵۵میکروگرم	---
ویتامین E	۰/۴ میلی گرم	۳%	---	---	---

طرز تهیّه سالاد آراگولا و پنیر :

الف) ترکیبات :

۱- یک دسته از برگ های "آراگولا" که باید ابتدا با آب سرد بخوبی شسته و با حوله کاغذی رطوبت گیری شوند.

۲- دو قاشق غذاخوری روغن زیتون تازه

۳- دو قاشق چایخوری سرکه ملایم

۴- نمک و فلفل کافی

۵- یک اونس (حدوداً ۳۰ گرم) پنیر پارمیزان

توضیح : پارمیزان (parmesan) یک نوع پنیر خشک و سفت حاصل از شیر گاو است که معمولاً در شمال ایتالیا تهیّه می گردد و آنرا پس از رنده کردن بر سطح غذاها می ریزند (۱).

ب)روش تهیّه :

۱- برگ های آراگولا را از ساقه ها جدا نمائید.

۲- برگ ها را قطعه قطعه کنید و در کاسه ای بریزید.

۳- نمک ، سرکه ، روغن زیتون و فلفل را با همدیگر مخلوط سازید.

۴- معجون حاصله را بر روی قطعات برگ آراگولا بریزید و بخوبی بهم بزنید.

۵- با رَنده مناسبی به رنده کردن پنیر پارمیزان بر سطح سالاد بپردازید (۱).

منابع و مآخذ :

1) Ann Marie , F – 2004 – Arugula (Rocket) and Parmesan salad – http://www.food.com

2) Bjorkman , Thomas – 2009 – Arugula – Cornel University ; College of Agriculture and Life Sciences

3) Bowman , Barbara – 2015 – Arugula – http://www.gourmetsleuth.com

4) H . F – 2013 – Arugula (Rocket) – http://www.healthiestfoods.com

5) H . V . F – 2015 – Arugula (Rocket) – Harmony Valley Farm ; www.harmonyvalleyfarm.com

6) Kweigl – 2014 – Arugula – Syracuse University Food Services

7) P . Y . D – 2015 – Arugula nutrition facts – Power Your Diet ; www.nutrition-and-you.com

8) Smith , S.N – 2015 – What is arugula ? – http://topics.wisegeek.org

9) Wikipedia – 2015 – Eruca sativa – http://en.wikipedia.org

10) http://farsilookup.com

11) http://www.merriam-webster.com/dictionary

12) http://www.medicinenet.com

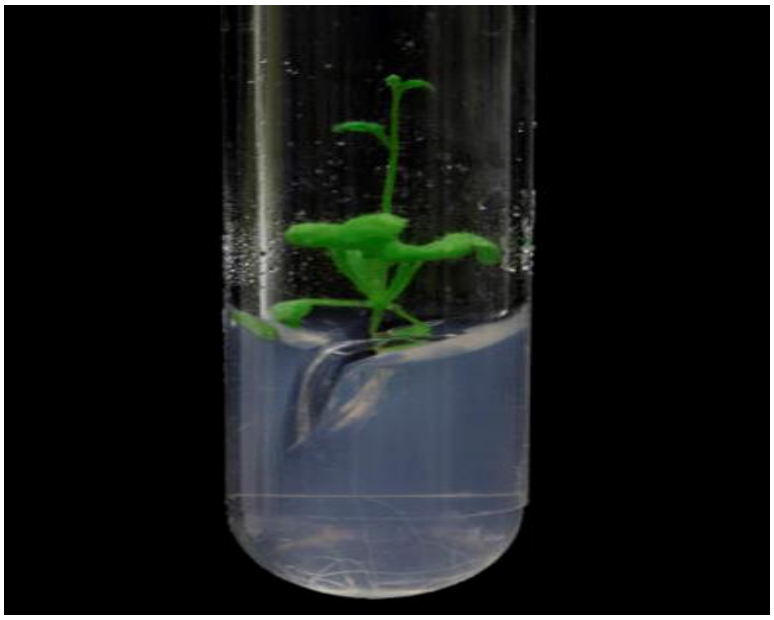
"رشادی ؛ ارگانیزم مدل در پژوهش های بیولوژی گیاهی" :
"Arabidopsis as model organism for biology studies"

مقدّمه :

گیاه "رشادی" با نام علمی "Arabidopsis thaliana" و نام های عمومی : "Thale cress" ، "Mouse-ear cress" ، "wall cress" ، "rock cress" و "Arabidopsis" گیاهی کوچک و گلدار است که بومی "اوراسیا" یعنی مناطقی از اروپا و آسیا می باشد. "رشادی" در زمرهٔ گیاهان خوراکی برای انسان محسوب می شود لذا آنرا نظیر سایر گیاهان خانواده خردل بعنوان سبزی خوردن (green) و یا جهت تهیّه سالادها مصرف می کنند. "رشادی" همچنین همانند سایر علف های هرز در حواشی جاده ها و اراضی بهم خورده رشد می نماید.

"رشادی" اصولاً جزو گیاهان هرز یکسالهٔ زمستانه با دوره زندگی کوتاه محسوب می گردد. این گیاه دارای ژنوم کوچک به طول Mb ۱۲۵-۱۳۷ است چنانکه دارای یکی از کوتاهترین ژنوم ها در تمامی گیاهان گلدار می باشد. کوتاهترین ژنوم گیاهان گلدار به طول Mbb ۶۱ متعلق به گیاهی با نام علمی " Genlisea tuberosa" از راسته "Lamiales" است که گیاهی گوشتخوار (carnivorous) محسوب می گردد.

"رشادی" اولین گیاهی است که نقشه ژنومی شناخته شده ای دارد لذا از آن بعنوان ابزاری جهت درک بیولوژی مولکولی بسیاری از ویژگی های گیاهان از جمله نمو گل ها و حساسیت به نور بهره می گیرند (۶،۵،۳).



سابقه کشف و نامگذاری :

گیاه "رشادی" برای نخستین دفعه در سال ۱۵۷۷ میلادی توسط دو داروساز آلمانی به اسامی "هارز مونتاین" و "یوهانز تال" در کوههای "هارز" شناسایی شد و موسوم به "Pilosella siliquosa" گردید. "رشادی" در سال ۱۷۵۳ میلادی توسط "کارل لینه" به افتخار یابنده اش "Arabis thaliana" و در سال ۱۸۴۲ میلادی توسط گیاهشناس آلمانی به اسم "گوستاو هاین هولد" در جنس جدیدی به نام "Arabidopsis" قرار گرفت (۶،۵).

«جدول۱) مشخصات گیاهشناسی گیاه رشادی (۷):»

موارد		مشخصات	
سلسله	Kingdom	گیاهان	Plantae
---	---	نهاندانگان	Angiosperms
شاخه	Division	دو لپه ای ها	Eudicots
---	---	---	Rosids
راسته	order	---	Brassicales
خانواده	Family	صلیبیان	Brassicaceae
جنس	Genus	رشادی	Arabidopsis
گونه	Species	---	thaliana

مشخصات ژنتیکی گیاه رشادی :

جنس "Arabidopsis" دارای ۱۰ گونه و ۸ زیر گونه می باشد که بر اساس خصوصیات مورفولوژی و فیلوژنی (phylogenies) مولکولی توسط "اوکان" و "آلشباز" در سال ۲۰۰۳ میلادی تشخیص داده شدند.
گونه های ده گانه جنس "رشادی" عبارتند از :

۱) A . cebenensis که تا سال ۲۰۰۵ میلادی تحت بررسی ژنومی قرار نگرفته است.
۲) A . croatica که تا سال ۲۰۰۵ میلادی تحت بررسی ژنومی قرار نگرفته است.
۳) A . halleri که تا سال ۲۰۰۵ میلادی تحت بررسی ژنومی قرار نگرفته است.
۴) A . neglecta که گیاهی هاپلوئید (n) با ژنوم ۸ کروموزومی است.
۵) A . pedemontana که تا سال ۲۰۰۵ میلادی تحت بررسی ژنومی قرار نگرفته است.
۶) A . suecica که گیاهی هاپلوئید (n) با ژنوم ۱۳ کروموزومی می باشد.
۷) A . arenicola که تا سال ۲۰۰۵ میلادی تحت بررسی ژنومی قرار نگرفته است.
۸) A . arenosa که گیاهی تتراپلوئید (4n) محسوب می گردد.
۹) A . lyrata که گیاهی دیپلوئید (2n) بشمار می آید.
۱۰) A . thaliana که هاپلوئید (n) با ژنوم ۵ کروموزومی است (۷).

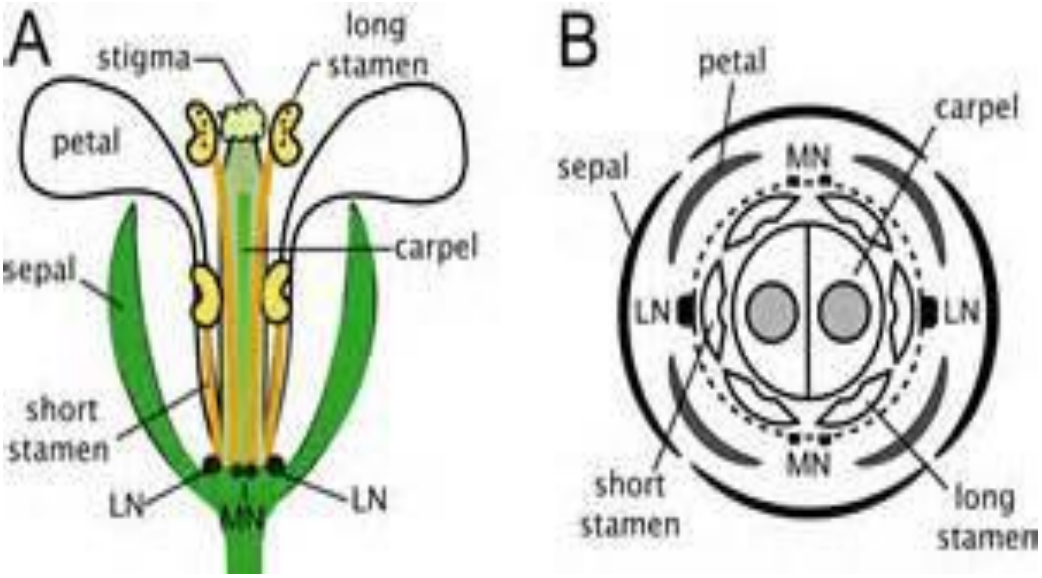
جنس "رشادی" بواسطه ساختار ساده ژنتیکی جزو گیاهان پُر تبار (polyphyletic) محسوب می شود. تمامی گونه های گیاه "رشادی" بومی قاره اروپا هستند درحالیکه فقط دو گونه از گیاه مزبور بصورت گسترده ای در آسیا و آمریکای شمالی یافت می شوند.

در طی دو دهه اخیر از گیاه "رشادی" بعنوان مدل زیستی یا ارگانیزم مدل جهت بسیاری از پژوهش های بیولوژی مولکولی بهره گرفته اند تا از این طریق مکانیزم تکثیر جنسی گیاهان را بخوبی مطالعه نمایند. گیاه "رشادی" را به شیوه کشت بافت بر سطح بسترهای مایع بسیار کوچک (microfluidic) پرورش می دهند(۷).

سکونتگاه و مورفولوژی :

"رشادی" (Arabidopsis sp) متعلق به خانواده خردل ها یا صلیبیان (Cruciferae یا Brassicaceae) است. چندین گونه متعلق به این جنس وجود دارند ولیکن اغلب از گونه "A.thaliana" با ۱۰= 2n برای پژوهش های بیولوژی بهره می گیرند (۳).

"رشادی" بطور طبیعی و بومی در سراسر مناطق معتدله دنیا از جمله : اروپا بویژه ایرلند ، آسیا بویژه ژاپن ، آمریکای شمالی ، استرالیا ، شرق و شمال غربی آفریقا رشد می کند. "رشادی" همچنین بعنوان یک گیاه بومی در اکوسیستم های مرتفع آفریقایی (afroalpine) یافت می گردد. سکونتگاه طبیعی "رشادی" شامل اراضی باز دارای زهکشی نظیر خاک های شنی و سنگریزه ای فقیر ، اراضی بایر (wasteland) و زمین های اطراف ریل های راه آهن و پارکینگ های اتومبیل می باشد. این گیاه یکساله (بندرت دو ساله) که به ارتفاع ۲۵-۲۰ سانتیمتر می رسد، می تواند دوره کامل رشد خود را ضمن ۶ هفته سپری سازد (۶،۳).



ریشه های "رشادی" ساختار ساده ای دارند بطوریکه بدواً با یک ریشه اولیه منفرد بصورت عمودی به عمق خاک نفوذ می یابند و در مراحل بعدی به تولید ریشه های کوچکتر جانبی می پردازند. ریشه های "رشادی" قادر به واکنش های متقابل با باکتری های رایزوسفری نظیر "Bacillus megaterium" می باشند.
برگ های "رشادی" از ناحیه طوقه به صورت روزت (rosette) می رویند و فقط تعداد معدودی از برگ ها بر روی ساقه ظهور می یابند. برگ های طوقه ای به رنگ سبز تا متمایل به ارغوانی به طول ۵-۱/۵ سانتیمتر و پهنای ۱-۰/۲ سانتیمتر با حواشی مضرّس (serrated) هستند. برگ ها پوشیده از پُرزهای تک سلولی کوچک موسوم به "تریکوم" (trichomes) می باشند.
ساقه مرکزی مولد گل ها پس از ۳ هفته ظاهر می شود.

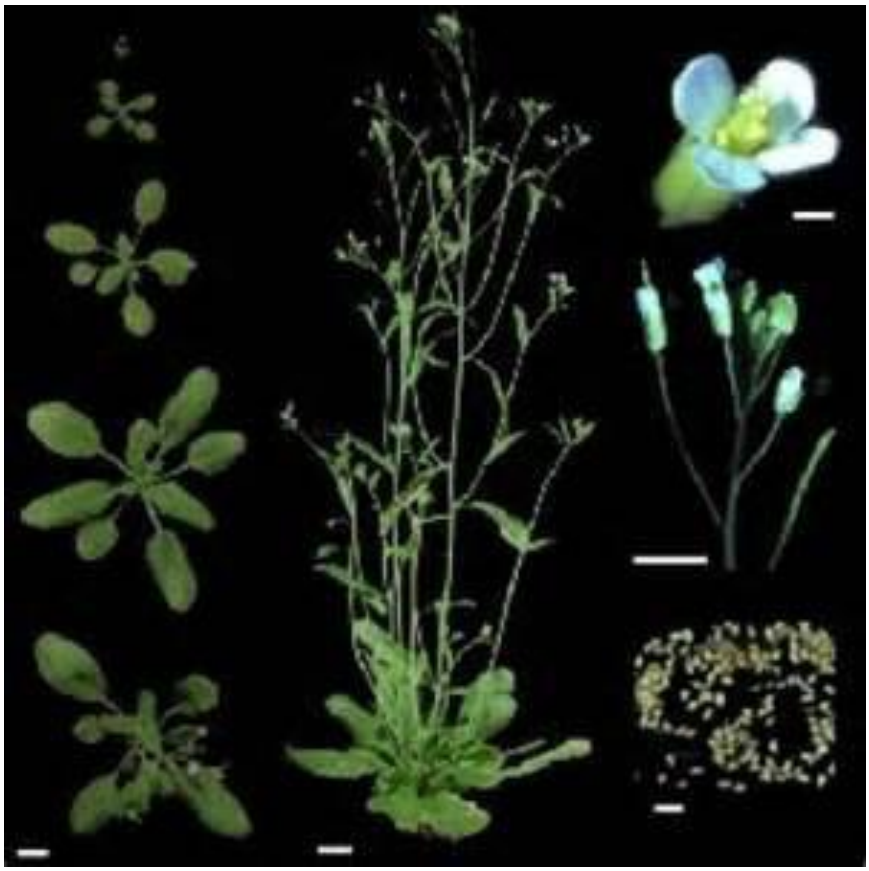
گل ها به قطر ۳ میلیمتر هستند که بر روی گل آذین دیهیم (corymb) بعنوان مشخصه خانواده براسیکاسه مرتب شده اند. گل های "رشادی" بطور طبیعی خودگشن (self-pollinate) می باشند.
میوه ها به فرم خورجین (silique) به طول ۲۰-۵ میلیمتر که حاوی ۳۰-۲۰ عدد بذر هستند.
بوته های "رشادی" را می توان درون پتری و بطری در شرایط آزمایشگاهی و یا در گلخانه ها بصورت هیدروپونیک تحت روشنایی لامپ های فلورسنت پرورش داد (۶).

تاکنون بیش از ۷۵۰ منتسب طبیعی "A.thaliana" از سراسر جهان جمع آوری شده اند و در ۲ مرکز اصلی ذخیره بذور این گیاه بنام های ABRC و NASC نگهداری می شوند. این انساب (accessions) از نظر شکل و نمو نظیر: وضعیت ظاهری برگ ها و پُرزدار بودن (hairiness) و همچنین ویژگی های فیزیولوژی نظیر: زمان گلدهی و مقاومت به بیماریهای گیاهی با یکدیگر متفاوتند. پژوهندگان سراسر جهان از تفاوت های موجود در انساب مختلف گیاه "رشادی" برای آشکارسازی واکنش های متقابل ترکیبات ژنتیکی نظیر واکنش های گیاهان به شرایط محیطی و ارزیابی ویژگی های مورفولوژیک استفاده می کنند. نقشه پراکنش جهانی گیاه "رشادی" بر اساس طول جغرافیایی (longitude) ، عرض جغرافیایی (latitude) و ارتفاع (elevation) توسط دانشگاه تورنتو تهیّه شده است و شامل بیش از ۳۰ اکوتیپ می باشد (۵).

رشادی بعنوان ارگانیزم مدل :

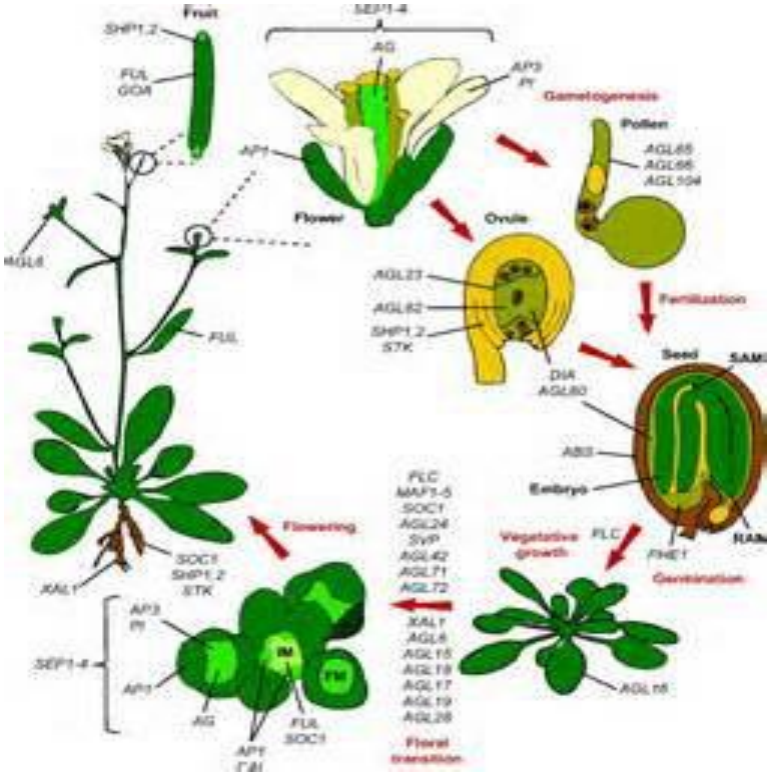
"رشادی" در زمره گیاهان گلدهنده کوچکی محسوب می شود که بعنوان ارگانیزم مدل در بیولوژی گیاهی کاربرد یافته است. این گیاه عضو خانواده صلیبیان که از خویشاوندان گیاهانی نظیر : تربچه ، کلم ، خردل ، کلزا ، شلغم و ... محسوب می شود، اصولاً نقش بارزی در گروه گیاهان زراعی برعهده ندارد بلکه اهمیت آن بواسطه فواید بسیار مهمّی است که در پژوهش های پایه از جمله بیولوژی مولکولی و ژنتیک عرضه می دارد (۴).

گیاهشناسان و زیست شناسان پژوهش های خویش را از اوایل سال های ۱۹۰۰ میلادی در رابطه با گیاه "A.thaliana" آغاز کردند و اوّلین کلکسیون سیستماتیک آنرا در حوالی سال ۱۹۴۵ میلادی فراهم ساختند آنچنانکه امروزه از آنها وسیعاً برای پژوهش های علوم گیاهی نظیر: ژنتیک ، تکامل ، رشد و نمو گیاهان بهره می گیرند. نقشی که گیاه "رشادی" در مطالعات بیولوژی گیاهی ایفاء می کند مشابه نقش موش های آزمایشگاهی و مگس میوه (Drosophila) در تحقیقات بیولوژی جانوری است (۶).



اگرچه گیاه "رشادی" نقش بسیار ناچیزی در مقوله کشاورزی برعهده دارد ولیکن حائز ویژگی های برجسته ای بشرح زیر برای برگزیدن بعنوان ارگانیزم مدل (model organism) در پژوهش هایی نظیر: بیولوژی سلولی ، مولکولی و ژنتیک گیاهان گلدار است :

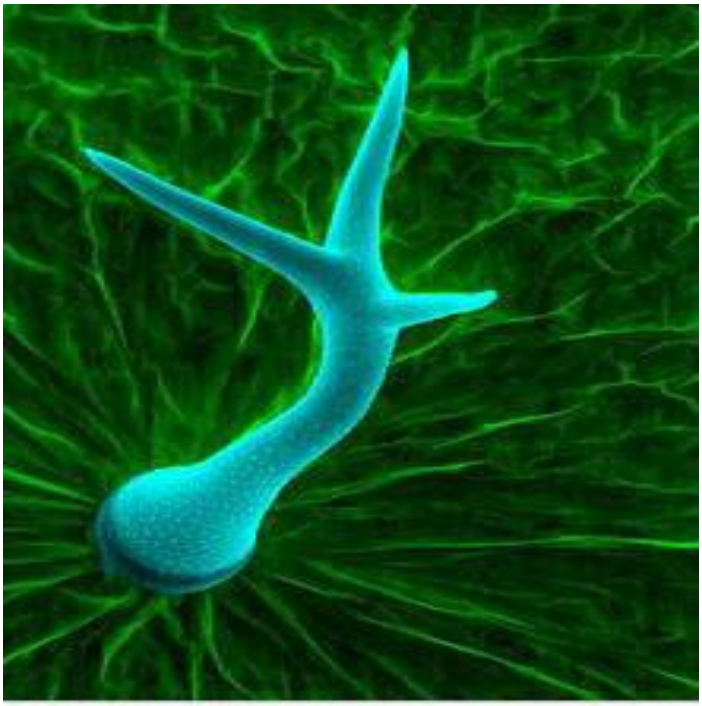
۱) اندازه کوچک
۲) سیکل زندگی کوتاه
۳) دیپلوئیدی
۴) تولید بذور فراوان
۵) ژنوم کوچک و ساده
۶) دسترسی به میوتانت های متعدد (۶،۳).



از گیاه "رشادی" برای تهیّه نقشه های ژنتیکی و تعیین مکان ژن ها (sequencing) استفاده می شود زیرا دارای ۵ جفت کروموزوم به طول تقریبی Mb ۱۲۵-۱۳۷ است.
Mb مخفف واژه "مگابیث" (Megabase) بعنوان واحد طول زنجیره DNA معادل ۱ میلیون نوکلئوتید می باشد که اصطلاحاً "سانتی مورگان" (centimorgan) نامیده می شود.

نقشه ژنتیکی و ترتیب ژن های "رشادی" بعنوان اوّلین گیاه در سال ۲۰۰۰ میلادی تکمیل گردید و اینک نقشه جامع فیزیکی و ژنتیکی تمامی ۵ کروموزوم گیاه "رشادی" در دسترس قرار دارد. آخرین ورژن ژنومی "A.thaliana" در پایگاه منابع اطلاعاتی گیاه "رشادی" موسوم به TAIR (The Arabidopsis Information Resource) نگهداری می گردد. نتایج تحقیقاتی نشان می دهند که گیاه "رشادی" دارای ۲۷۰۰۰ ژن است که آنها قادر به رمز کردن ۳۵۰۰۰ نوع پروتئین می باشند. پژوهش های بالاتر از سطح ژنوم (post-genomic) نظیر سوخت و ساز گیاهان بیانگر تأثیرگذاری شرایط اقلیمی در فرآیندهای متابولیسمی "رشادی" هستند (۶،۴).

"رشادی" گیاهی کوچک با دوره رشد کوتاه و سریع است بطوریکه از زمان جوانه زنی تا بالغ شدن بذور حدوداً به ۶ هفته زمان نیاز دارد لذا آنرا یک گیاه بهارهٔ بی دوام (spring ephemeral) محسوب می دارند. اندازه کوچک گیاه امکان کاشت آنرا در فضاهای کوچک جهت کسب بذور فراوان فراهم می سازد. طبیعت خودگشنی و توانایی گیاه "رشادی" در تولید بذور فراوان کمک می کند تا آزمایشات ژنتیکی به نتایج دقیق تری نائل گردند(۶،۴).



Scanning electron micrograph of a trichome, a leaf hair of *Arabidopsis thaliana*, a unique structure that is made of a single cell

تغییر شکل گیاه "رشادی" بطور معمول با استفاده از باکتری "Agrobacterium tumefaciens" برای انتقال DNA به ژنوم گیاه انجام می شود. دستورالعمل های جدید با موضوع غوطه ورسازی گل (floral-dip) مربوط به فرو بردن گل "رشادی" در داخل محلول حاوی مجموعه ای از: آگروباکتریوم ، DNA مطلوب و یک ماده زداینده (دترجنت) می باشند. در این روش از بکارگیری شیوه کشت بافت برای ازدیاد گیاه بی نیاز می گردند. میوتانت پذیری گیاه "رشادی" باعث شده است که تاکنون حدود ۳۰۰ هزار لینه ترانس ژن از آن تولید گردند که مجموعه ای از ژن ها و ویژگی ها را برای تحقیقات مربوطه فراهم ساخته اند. ریشه های گیاه "رشادی" نسبتاً شفاف هستند لذا برای مطالعه توسط میکروسکوپ های نوری مناسبند. سازمان های TAIR و NASC از مهمترین مراکز جمع آوری و تدارک منابع ژنتیکی بذور و DNA گیاه "رشادی" برای مطالعات بیولوژی مولکولی هستند (۶،۴).
تغییرات در گیاه "رشادی" به سادگی مشهود است و این موضوع آنرا برای استفاده در مطالعات ژنتیکی مطلوب ساخته است. آژانس فضایی آمریکا موسوم به "ناسا" (NASA) در صدد اجرای برنامه هایی برای پرورش گیاه "رشادی" در سال ۲۰۱۵ میلادی بر سطح ماه و در سال ۲۰۲۱ میلادی بر سطح مریخ می باشد(۷).

تاریخچه پژوهش های رشادی :

اولین میوتانت گیاه "رشادی" با فنوتیپ گل های دوگانه (double flower) در سال ۱۸۷۳ میلادی توسط "الکساندر براون" تشریح گردید. این ژن با عنوان "آگاموس" (Agamous) در سال ۱۹۹۰ میلادی کلون سازی و ثبت گردید.
تعداد کروموزوم های گیاه "رشادی" در سال ۱۹۰۷ میلادی توسط "فریدرش لاباچ" تعیین شد و نامبرده در سال ۱۹۴۳ میلادی پیشنهاد نمود که از گیاه "رشادی" بعنوان ارگانیزم مدل در پژوهش های بیولوژی گیاهی بهره گیرند.

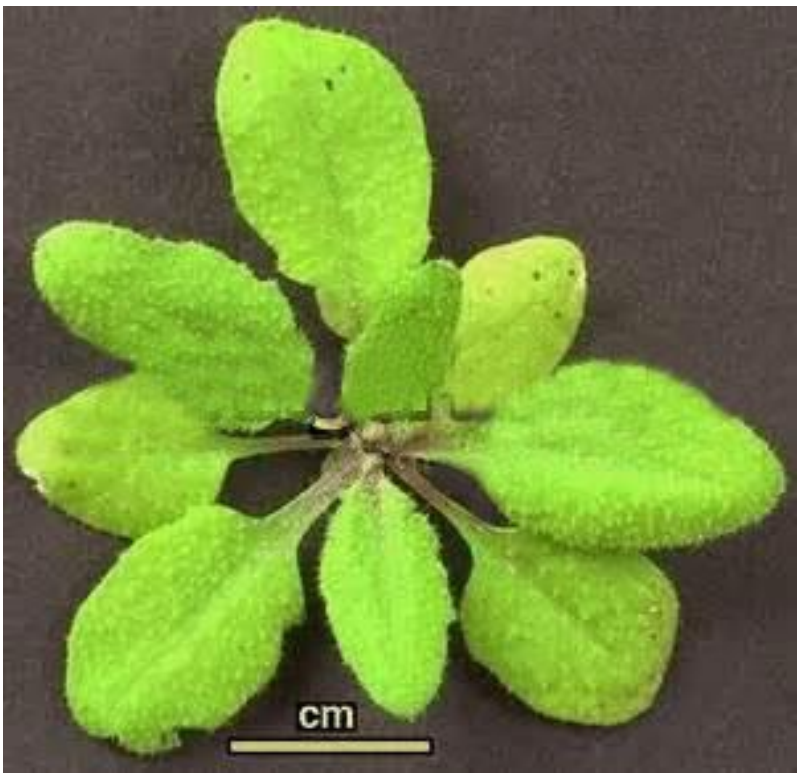
شاگرد دکتر "لاباچ" بنام "ارنا راینولز" پایان نامه اش را در سال ۱۹۴۷ میلادی در تشریح کلکسیون میوتانت های گیاه "رشادی" با استفاده از اشعه X در فرآیند میوتانت زائی (mutagenesis) تحریر نمود. دکتر "لاباچ" به تحقیقات خویش با جمع آوری تعداد کثیری از اکوتیپ های گیاه "رشادی" ادامه داد. وی با همراهی "آلبرت کرانز" (کاشف آناتومی کرانز در گیاهان چهار کربنه) توانست بصورت سازمان یافته ای به جمع آوری ۷۵۰ عدد از انساب طبیعی گیاه "A.thaliana" از سراسر جهان توفق یابد.
در طی سال های ۶۰-۱۹۵۰ میلادی اشخاصی نظیر "جان لانگرید" و "جورج رایدی" به ایفای نقش برجسته ای در اثبات گیاه "رشادی" بعنوان ارگانیزم زنده برای پژوهش های آزمایشگاهی رشته بیولوژی پرداختند. آنها در بسیاری از گردهمایی های علمی بین المللی به معرفی راهکارهای بکارگیری "رشادی" اقدام ورزیدند(۶،۵).

اوّلین کنفرانس بین المللی تخصصی گیاه "رشادی" در سال ۱۹۶۵ میلادی در آلمان برگزار شد. در سال های ۱۹۸۰ میلادی به استفاده گسترده از گیاه "رشادی" برای پژوهش های آزمایشگاهی در سراسر جهان پرداختند. "رشادی" برای این منظور در رقابت با گیاهان: ذرت ، اطلسی و توتون قرار داشت زیرا ذرت دارای مدل ژنتیکی اثبات شده ای است و همچنین اطلسی و توتون با تکنولوژی های موجود براحتی تغییر می یابند (۶).

پروژه همکاری های بین المللی مطالعه ژنوم گیاه "A.thaliana" در سال ۱۹۹۰ میلادی آغاز گردید تا بتوانند از گونه های مختلف این گیاه بعنوان یک ارگانیزم مدل جهت درک ژنتیک ، فیزیولوژی ، بیوشیمی ، بیولوژی سلولی و پاتولوژی گیاهی بهره برداری بهتری صورت دهند (۲).

گیاه "رشادی" نظیر سایر اعضاء خانواده صلیبیان (کروسیفره) دارای ۴ کاسبرگ (sepals) ، ۴ گلبرگ (petals) و ۶ پرچم (stamens) و مادگی (pistils) است.
میوتانت های متشابه (homeotic) گیاه "رشادی" از تبدیل یک ارگان به ارگان (اندام) دیگر حاصل می آیند مثلاً پرچم ها در میوتانت "آگاموس" تبدیل به گلبرگ و برچه ها (carpels) با گل های جدید جایگزین گردیده اند که نتیجتاً الگوی کاسبرگ-گلبرگ-گلبرگ تکرار شده است.
فیتوکروم ها بعنوان پذیرنده های نور نسبت به نور قرمز واکنش نشان می دهند لذا درک اعمال اینگونه پذیرنده های نور می تواند به متخصصین بیولوژی گیاهی در درک سیگنال های تنظیم کننده تناوب نوری (photoperiodism) ، جوانه زنی (germination) ، برگشت پذیری اتیولاسیون (de-etiolation) و سایه گریزی (shade avoidance) در گیاهان کمک نمایند. از گیاه "رشادی" بطور گسترده ای برای مطالعه اساس ژنتیکی گرایش به نور (phototropism) ، تطابق پذیری کلروپلاست ها ، تنظیمات روزنه ای و سایر فرآیندهای متأثر از نور آبی گیاهان بهره می گیرند. ویژگی واکنش به نور آبی از طریق پذیرنده های نوری "فتوتروپین" (phototropin) و "کریپتوکروم" (cryptochrome) صورت می پذیرد.
پذیرنده های نور حتی در ریشه های گیاهان یافت می شوند. بسیاری از اشخاص ریشه های گیاهان را نسبت به نور غیرحساس می پندارند درحالیکه واکنش گرایش به جاذبه زمین (gravitropic) در ریشه های گیاه "رشادی" در واقع بیانگر واکنش منفی آنها نسبت به نورهای سفید و آبی است امّا دارای واکنش مثبت به نور قرمز است که نشاندهنده گرایش نوری مثبت چنین ریشه هایی می باشد (۶).

دکتر "جانت برام" در سال ۲۰۰۰ میلادی اقدام به مهندسی ژنتیک گیاه "رشادی" برای برخورداری از ویژگی برافروختگی آنان در تاریکی در اثر تماس نمود و این موضوع را با کمک دوربین های فوق حساس به نمایش گذاشت.



دانشمندان در سال ۲۰۰۵ میلادی دریافتند که گیاه "رشادی" دارای مکانیزم ترمیم DNA موسوم به " DNA repair" می باشد و آنرا "مسیر موازی وراثت" (parallel path of inheritance) نامیدند زیرا برخی میوتانت های "رشادی" قادر به ارائه اندام های ترکیبی می باشند بطوریکه گرده ها علاوه بر سطح کلاله می توانند بر تمامی سطوح گیاه جوانه بزنند.
دانشمندان همچنین پی بردند که میوتانت های "رشادی" پس از حداقل ۴ سال به وضعیت اوّلیه یا اجدادی بر می گردند.
از گیاه "رشادی" در مطالعات درک واکنش های متقابل گیاهان با پاتوژن هایی نظیر : باکتری ها ، قارچ ها ، اُأمایست ها ، ویروس ها و نماتدها استفاده می نمایند زیرا از این طریق می توانند باعث مقاومت گیاهان در مقابل پاتوژن ها شوند و بر تولیدات غذایی بیفزایند.
گیاه "رشادی" اصولاً خودگشن است ولیکن کمتر از ۰/۳ درصد دگرگشنی را پذیرا می گردد (۶).

منابع و مآخذ :

1) ABRC – 2012 – The ethics of sharing resources produced as a result of research – Arabidopsis Biological Resources Center , The Ohio State University

2) Gerd , Jurgens & et al – 2004 – Multinational coordinated Arabidopsis Thaliana genome research project – http://nasc.nott.ac.uk/progreport7.html

3) NASC – 2014 – What is Arabidopsis ? – uNASO (The European Arabidopsis Stock Centre) ; http://www.arabidopsis.org

4) NIH – 2014 – Arabidopsis – National Institutes of Health ; Model Organisms for Biomedical Research

5) Tair – 2014 – About Arabidopsis – http://www.arabidopsis.org

6) Wikipedia – 2015 – Arabidopsis Thaliana – http://en.wikipedia.org

7) Wikipedia – 2014 – Arabidopsis – http://en.wikipedia.org

8) http://farsilookup.com

" گیاه نرگس " ؛
"Narcissus plant"

مبانی تاریخی و فرهنگی گیاه نرگس :
گیاه نرگس از قرن ۱۶ میلادی در اروپا محبوب گردید و پرورش آن در قرن ۱۹ میلادی بویژه در هلند شدن یافت (۶).
گیاه نرگس در بسیاری از فرهنگ ها به عنوان نماد فرارسیدن فصل بهار مطرح است (۶).
گل نرگس برای بسیاری به عنوان سنبل مرگ افراد در نهایت خوشبختی محسوب می گردد (۶).
در یک افسانه یونانی آمده است که جوانی زیبارو تصویر خویش را در آب جویبار می بیند و مفتون آن می گردد. وی در اشتیاق خارج شدن تصویرش از آب آنقدر آنجا می ماند تا از گرسنگی هلاک می گردد لذا خداوند او را به شکل یک گیاه زیبا تجلی بخشید تا برای همیشه در کنار جویبارها باقی بماند و جلوه گری کند (۲).
گل نرگس نماد ملی کشور ولز محسوب می شود بطوریکه مردم ولز آنرا در روز "دیوید مقدّس" (St. David`s day) بر سر می گذارند (۲،۶).
گل نرگس به عنوان نشانه مؤسسات خیریه کمک به بیماران سرطانی (cancer charities) انتخاب شده است(۶).
برخی افراد گل های نرگس زرد را برای متولدین برج "دو خواهران" (geminians) و گل های نرگس سفید را برای متولدین "برج ماهی" (Pisceans) با شگون می دانند (۵).
چشمان درشت و زیبا در فرهنگ و ادبیات پارسیان به "نرگس شهلا" تشبیه می گردند (۶).

مشخصات گیاهشناسی :

نرگس (Narcissus) نامی مصطلح برای گیاهان خانواده "آماریلیداسه" (Amaryllidaceae) و معادل نام انگلیسی "دافودیل" (daffodil) است. بسیاری بر این عقیده هستند که نام مذکور را به این دلیل برگزیده اند که پیازهای نرگس دارای نوعی ماده سمّی است که در زبان یونانی آن را "نارک" (narke) به معنی "رخوت آور" و "سستی آفرین" می دانند. امروزه این ترکیب شیمیایی در زمره مواد مخدر (narcotic) طبیعی قرار دارد(۲،۵).

نرگس از جمله گیاهان چندساله، بهاره، پیازدار، علفی و خاکزی محسوب می شود که سرشاخه هایش پس از گلدهی می میرند درحالیکه گیاه مذکور از طریق پیازهای زیر زمینی همچنان بقاء می یابد (۶).

گیاه نرگس دارای برخی صفات بیولوژی کاملاً متمایز است. برخی از ویژگی های گیاهشناسی نرگس عبارتند از :

الف) برگ های نرگس :

از هر پیاز نرگس چندین برگ قاعده ای ، باریک و نواری شکل به رنگ سبز تا سبز مایل به آبی با ظاهری براق (waxy) خارج می گردند که تا پایان مرحله گلدهی بقاء می یابند سپس ابتدا به رنگ زرد در می آیند و به تدریج خشک می شوند که این زمان بیانگر رسیدگی میوه ها و دانه های گیاه است. برگ های گیاه نرگس اکثراً افراشته اند درحالیکه در برخی گونه ها به حالت نسبتاً آویزان نیز دیده می شوند. برگ های نرگس در غلافی بدون رنگ قرار دارند (۶).

ب) ساقه های نرگس :

ساقه های نرگس از نوع لوله ای (tubular) ، طویل ، منفرد و بدون برگ (scapose) با یک برآمدگی انتهایی موسوم به "هایپنتیوم" (hypanthium ، projection) هستند که قاعده گل ها را تشکیل می دهد. برگها از اوایل تا اواخر بهار ظهور می یابند و تولید ۲۰-۱ غنچه می کنند. ساقه های گیاه نرگس از نوع گرد ، توخالی و قائم هستند امّا در برخی گونه ها مثل "N. hedraeanthus" به حالت مایل (oblique) شکل می گیرند. ساقه های نرگس در بخش مجاور پیازها با مواد اسفنجی مملو گردیده اند (۲،۵،۴).

ارتفاع گیاه نرگس به ۸۰-۵ سانتیمتر می رسد که بستگی به نوع گونه ها دارد بطوریکه گونه " N. asturiensis" به ارتفاع ۸-۵ سانتیمتر و گونه "N. tazetta" به ارتفاع ۸۰ سانتیمتر رشد می کنند(۶).

پ) گل های نرگس :
گل های انواع مختلف گیاه نرگس طی اکتبر تا آوریل (بیش از ۱۰۰ روز) ظاهر می گردند که این موضوع بستگی به ۲ عامل : گونه گیاهی و زمان آغاز اولین یخبندان پائیزی دارد. به هر حال بیشترین گلدهی گونه های نرگس در اوایل بهار صورت می پذیرد (۶،۵).
گل های نرگس در انتهای ساقه های بدون برگ (scapose) و توخالی گیاه ظاهر می شوند. گل های نرگس کاملاً واضح و نمایان (consoicuous) هستند. آنها غالباً منفرد (solarity) می باشند امّا گاهاً به شکل مجموعه ای از گل ها بفرم چتر شامل ۱۵-۲ لغایت ۲۰ گل دیده می شوند (۶).
گل های نرگس تا قبل از بازشدن در داخل یک غلاف خشک کاغذی و غشایی موسوم به "اسپات" (spathe) محبوسند. آنها از نوع "هرمافرودیت" (hermaphroditi) یا "دو جنسی" (bisexual) محسوب می گردند(۶).

گل های نرگس دارای تاج مرکزی (central crown) به شکل ترومپت موسوم به "کرونا کاپ" (corona cup) می باشند. این گل ها دارای قطعات پوششی ۳ قسمتی (tripartite) یعنی ۳ گلبرگ (petals) و ۳ گلپوش (perianth) می باشند که در حقیقت کاسبرگ های (sepals) "شبه گلبرگ" به شمار می آیند. گل های نرگس به حالت شعاعی (radial ، actinomorphic) تا گاهاً "دوجانبه" (bilateral ، zygomorphic) شکل می گیرند. این گل ها به رنگ های زرد ، سفید ، قرمز ، نارنجی و صورتی دیده می شوند. تاج مرکزی برآمده و فنجانی شکل گل های نرگس گاهاً با رنگی متمایز و متغایر از رنگ گل هایش مشاهده می گردند. گل های نرگس غالباً معطرند (۲،۶،۵).

میوه گیاه نرگس از نوع کپسول خشک است که پس از شکافته شدن باعث آزادسازی تعداد زیادی بذور سیاه رنگ می گردد (۶،۴).

ت) پیاز نرگس :
پیازهای نرگس به شکل تخم مرغی ، نیام دار (tunicate) و با پوست قهوه ای روشن هستند.
پیاز نرگس پس از گلدهی و مرگ سرشاخه ها (die back) به حالت دورمانسی فرو می روند. در این هنگام ریشه های گیاه نرگس منقبض می گردند و بدینگونه بیشتر به درون خاک کشیده می شوند.
ساقه ها و برگ های جدید طی دوره دورمانسی در داخل پیازهای نرگس شکل می گیرند و آماده سبزشدن مجدد در بهار آتی می شوند. باید توجه داشت که اغلب گونه های نرگس از تابستان تا اواخر زمستان در مرحله دورمانسی قرار می گیرند و با فرارسیدن بهار به گلدهی می پردازند. برخی گونه های نرگس نیز در طی پائیز گل می دهند (۶).

«جدول۱) مشخصات رده بندی گیاه نرگس (۶،۵) :»

سلسله (kingdom)	گیاهان (Plantae)
زیر سلسله (subkingdom)	آونددارن (Tracheobionta)
سرگروه (super division)	بذرزادان (Spermatophyte)
گروه (division)	گیاهان گلدار (Magnoliophyta)
شاخه (phylum)	نهاندانگان (Angiosperms)
رده (class)	تک لپه ای ها (liliopsida ، monocots)
راسته (order)	Asparagales
خانواده (family)	Amaryllidaceae
جنس (genus)	Narcissus
گونه (species)	Poeticus و بیش از ۵۰ گونه دیگر
اسامي مشابه : Jonquil ، Daffa down dilly ، Daffodil	

گونه های مختلف گیاه نرگس :

گیاه نرگس را از جهاتی چون شکل و رنگ گل ها به دستجات مختلفی دسته بندی نموده اند (۶).

جنس "Narcissus" دارای گونه ها ، واریته ها ، فرم ها و هیبریدهای مختلفی است که غالباً از انواع پرورشی می باشند. انواعی از گل های نرگس که بیشترین مقبولیت را در جوامع امروزی دارند عبارتند از:

۱) نرگس های سفید کاغذی (paper whites) :
از واریته های زودگل گیاه نرگس محسوب می شود که دارای گلبرگ ها و تاج سفید است. این گل ها به شکل خوشه ای و بسیار معطرند.

۲) نرگس های دو رنگ یا "دافودیل" (daffodils) :
آنها امروزه بدون شک محبوب ترین انواع گل نرگس را در جهان تشکیل می دهند. بخش فنجانی این نوع گل به رنگ های زرد ، صورتی تا نارنجی و با لبه های پیوسته یا بریده دیده می شود.

۳) نرگس های "ژانکوئل" (jonquils) :
آنها دارای برگ های گرد و شبه جگنی به رنگ سبز تیره هستند. غنچه های این نوع نرگس در قالب خوشه های کوچک و زرد رنگ دیده می شوند. آنها زودگل و معطر می باشند (۲،۵).

"جدول۲) مهمترین انواع نرگس ها (۵):"

ردیف	نام عمومی	نام علمی
۱	Cyclamineus daffodil	Narcissus cyclamineus
۲	Double-flowered daffodil	Narcissus Sp.double flowered cultivars
۳	Jonquil	Narcissus jonquilla
۴	Poet`s Narcissus , Poet`s flower , Pheasant`s eye Narcissus ,	Narcissus poeticus
۵	Tazetta Narcissus	Narcissus tazetta
۶	Trumpet-flowered daffodil	Narcissus Sp.trumpet flowered cultivars
۷	Hoop-petticoat daffodil	Narcissus bulbocodium
۸	Triandrus daffodil	Narcissus triandrus
۹	Paper white Narcissus	Narcissus tazetta papyraceous
۱۰	Campernelle Jonquil	Narcissus odorus
۱۱	Texas star Jonquil	Narcissus intermedius

سکونتگاه های گیاه نرگس :

پژوهندگان گیاه نرگس را بومی منطقه مدیترانه می دانند ولیکن برخی گونه های آن را می توان در سایر مناطق آسیای مرکزی تا چین یافت. بیشترین مناطق کاشت گیاه نرگس در قاره اروپا شامل : هلند ، جزیره سیسیل و بریتانیای کبیر هستند. امروزه گونه های مختلف گیاه نرگس را بدون استثناء می توان در سراسر آمریکا مشاهده نمود. این گیاه ابتدا توسط مهاجرین اروپائی به آمریکا آورده شد سپس از غرب تا شرق آن گسترش یافت. (۲،۵).

گیاه نرگس بطور طبیعی در مرغزارها ، اطراف جویبارها و در کانوپی جنگل های تنک مرطوب در جنوب اروپا ، شمال آفریقا و غرب مدیترانه رشد می کند.

امروزه بسیاری از گونه های گیاه نرگس منقرض شده اند درحالیکه بسیاری دیگر با گسترش شهرها و فعالیت توریسم در حال نایاب شدن هستند (۶).

انبارداری و تیمار پیاز نرگس :

پیازهای گیاه نرگس را در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد تدریجاً خشک می کنند سپس آنها را در دمای ۱۵-۵ درجه سانتیگراد (کمتر از ۱۷ درجه سانتیگراد) نگهداری می نمایند.

پیازهای گیاه نرگس را قبل از کاشت برای حذف آلودگی های قارچی با آب داغ تیمار می دهند و برای این منظور از آب با دمای ۴۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۱۰-۵ دقیقه بر اساس ریزی یا درشتی پیازها بهره می گیرند (۱).

کاشت بذر و پیاز گیاه نرگس :

گیاه نرگس را غالباً از طریق پیازهایش (bulb) به آسانی تکثیر می نمایند. بدین ترتیب برای ازدیاد گل های نرگس باید مجموعه بوته ها (clumps) را در اواخر تابستان به صورت یکجا از زمین خارج سازند و هر پیازچه جانبی (offsets) را به صورت مجزا در محل مورد نظر بکارند (۲،۵).

پیازهای گیاه نرگس بهترین حالت رشد را در خاک های دارای زهکشی مناسب نمایان می سازند.

پیازهای نرگس را در فاصله آگوست تا نوامبر می کارند ولیکن کاشت آن در آگوست ارجحیت دارد.

پیازهای نرگس را باید در عمقی معادل ۳ برابر قطر بزرگ آن در خاک مناسب دفن نمود. اینگونه پیازها را در بسترهای چمنی معمولاً در عمق ۱۵ سانتیمتری (فاصله سطح خاک تا قاعدهٔ پیاز) قرار می دهند.

پیازهای نرگس را می توان در گلدان ها و یا بسترهای مسطح و حتی اراضی ناهموار کشت نمود.

پیازهای نرگس بیشترین گلدهی را زمانی بروز می دهند که بر روی مرزها و پشته ها (borders) و یا به صورت پراکنده در اطراف درختان برگریز (deciduous) کاشته شوند.

بهتر است پیازهای نرگس ها را به صورت مجتمع های ۸ تایی یا بیشتر بکارند تا حالت طبیعی تری را تشکیل دهند (۲،۵).

برای ازدیاد برخی از گونه های نرگس می توان از طریق بذوری که آنها در طی تابستان تولید می کنند ، بهره گرفت. اینگونه بذور را در اواخر تابستان یا پائیز درون گلدان هایی که در محیط آزاد قرار دارند ، کشت می کنند (۵).

گیاه نرگس در بسیاری از شرایط خاک رشد می کند ولیکن وضعیت دارای زهکش و آفتابگیر تا نیمه سایه (برخوردار از تابش صبحگاهی) را بیشتر می پسندد. بخاطر داشته باشید که برخی گونه های گیاه نرگس ممکن است خواهان نیازمندی های ویژه ای برای ورود به فاز گلدهی باشند (۵،۴).

گیاه نرگس را می توان به صورت "کشت همراه" (companion planting) با گیاهان زیر بکار گرفت :
الف) ماشک گل خوشه ای (purple vetch)
ب) ماشک معمولی (common vetch)
پ) شبدر برسیم (barseem clover)
ت) کلزا (oilseed)
ث) از گیاه سیب زمینی نیز می توان به عنوان "گیاه تله" (trap crops) جهت جذب نماتدها در باغ های گیاه نرگس سود جُست (۱).

مراقبت از گیاه نرگس :

گواینکه گیاه نرگس نیاز چندانی به نگهداری و مراقبت ندارد ولیکن گاهاً در معرض هجوم حشرات، قارچ ها، کنه ها و نماتدها واقع می گردد. نرگس ها در صورتیکه بخوبی مراقبت گردند، قادرند بنحو مطلوبی رشد کنند و وارد مرحله گلدهی شوند (۲،۶،۵).

این گیاه زمانی که گلدهی را به پایان می رساند، سرشاخه هایش خشک می شوند و هم زمان به تولید بذور پیازی جدید می پردازند.

گل ها و برگ های خشک شدهٔ گیاه نرگس را جدا نمی سازند زیرا آنها می توانند مواد غذایی ذخیره را به گیاه برگردانند و باعث سلامت ماندن آن تا سال بعد شوند. در مواردی که الزام به حذف برگ های پژمرده نرگس ها دارند ، لااقل آنها را باید تا ۶ هفته پس از گلدهی برجا بگذارند (۲،۵).

اصولاً زمانیکه سرشاخه های گیاه نرگس پژمرده (faded) می شوند، در حقیقت بهترین موقع برای بیرون آوردن گیاه از خاک است زیرا این زمان تمامی انرژی سرشاخه ها برای ذخیره شدن به پیازها منتقل می گردند تا برای رشد مجدد در بهار آتی آماده شوند (۵).

گیاه نرگس نیز همانند بسیاری از گیاهان چندساله در طی ماههای رشد فعال (مارس تا مه) به آبیاری در حدود ۱ اینچ در هفته نیازمند است.
استفاده از مالچ ها به منظور حفظ رطوبت خاک می تواند بسیار مفید باشد.
بهترین شرایط بستر کاشت برای نرگس ها آن است که سرشار از مواد آلی و حائز زهکشی مناسب باشد.
از کودهای آلی پوسیده می توان در حفره های کاشت پیازهای نرگس سود جُست. اینگونه کودها بسیار ملایم هستند و به تدریج به آزادسازی عناصر غذایی می پردازند لذا موجب سوختگی گیاه نمی شوند.
نرگس گیاهی چندساله محسوب می شود لذا بهتر است هر ۱۰-۵ سال یکبار آنها را پس از اتمام گلدهی در اوایل تابستان به صورت دسته ای از خاک خارج ساخت و پس از تقسیم پیازها مجدداً درزمین کاشت.
گلدان های گیاه نرگس را پس از گلدهی از نور مستقیم خورشید خارج می سازند و در محلی سایه و خنک نگهداری می کنند تا عمر طولانی تری را نصیب آنها گردانند (۵).

بیماریهای گیاه نرگس :

بطور کلی قارچ "رایزوکتونیا" و نماتدها بیشترین خسارات را به پیازهای گیاه نرگس وارد می سازند (۳).

مهمترین بیماری های گیاه نرگس عبارتند از :

۱) کپک سفید (white mold) توسط قارچ "رامولاریا" (Ramularia vallisubrosae)

۲) سوختگی نرگس (Narcissus smoulder) توسط قارچ "بوتریتیس" (Botrytis narcissicola)

۳) پوسیدگی قاعده فوزاریومی (Fusarium basal rot) توسط قارچ "فوزاریوم" (Fusarium oxysporum f.sp. Narcissii) موسوم به "FON" (۱).

"جدول۳) بیماریهای گیاه نرگس ؛ عوامل – علائم و مدیریت آنها (۳) :"

بیماری	عامل	علائم	کنترل
پوسیدگی قاعده (basal rot)	Fusarium oxysporum f.sp. narcissii	بازماندگی رشد	از کاشت پیازهای دارای مواد قارچی سفید یا صورتی بپرهیزید.
		خشکیدگی زودهنگام سرشاخه ها	
		قهوه ای شدن ریشه ها	از پیازهایی استفاده نمائید که تحت تیمار آب داغ واقع شده اند.
		فساد صفحه قاعده ای	
		ظهور لایه ای از قارچ های سفید تا صورتی بین فلس ها	
آتشک (fire)	Botryotinia polyblastis	گل ها خالدار و قهوه ای می شوند سپس خشک می گردند.	گیاهان آلوده را منهدم سازید.
		نقاط کوچک و مدوّر به رنگ قهوه ای سوخته در نزدیکی انتهای برگها ظاهر می شوند.	برای محافظت از بقیّه بوته های گیاه نرگس از قارچکش های مناسب بهره گیرید.
		بخش انتهایی برگها دارای نوارهای زرد روشن می شوند.	
نماتد زخم (lesion nematode)	Pratylenchus penetrans	بروز بازماندگی رشد و خشکیدگی سرشاخه های گیاه قبل از بلوغ	از پیازهایی استفاده نمائید که تحت تیمار آب داغ واقع شده اند.
			گیاهان آلوده را منهدم سازید.
تاول زدگی (Scorch)	Stagnospora curtisii	ظهور نقاط قهوه ای قرمز با هاله زرد در نوک برگهای در حال سبزشدن	از پیازهایی استفاده نمائید که تحت تیمار آب داغ واقع شده اند.
		لکه ها به همدیگر می پیوندند و طویل می شوند.	
		مرگ برگ ها	برای محافظت از سایر بوته های نرگس از قارچکش مناسب سود جوئید.
		نقاط بسیار ریز و قهوه ای در داخل لکه ها دیده می شوند.	
نماتدهای ساقه و پیاز (stem & bulb nematodes)	Ditylenchus dipsaci	ظهور برگهای کوچک از پیازهای آلوده	از پیازهایی استفاده نمائید که تحت تیمار آب داغ واقع شده اند.
		برگها خمیده و متورم می شوند.	
		پیازهای آلوده به رنگ روشن تری دیده شوند و متعاقباً می پوسند.	برای محافظت از سایر بوته های نرگس از قارچکش مناسب سود جوئید.
ویروس ها (viruses)	نوار سفید (white streak)	برگها دارای نوارهای سفید می گردند.	گیاهان آلوده را منهدم سازید.
	نکروز انتهایی (tip necrosis)	نوک برگها خشک می شود.	
	موزائیک خیار (cucumber mosaic)	برگها به حالت موزائیک دیده می شوند.	
	نوار زرد (yellow stripe)	برگها دارای نوارهای زرد می گردند.	کنترل مناسبی بر آفات داشته باشید.
	لکه حلقوی توتون (tobacco ring spot)	سرشاخه ها قبل از بلوغ از بین می روند.	
	لکه حلقوی گوجه فرنگی (tomato ring spot)	سرشاخه ها قبل از بلوغ از بین می روند.	

آفات گیاه نرگس :

مهمترین آفات گیاه نرگس عبارتند از :

۱) نماتد زخم ریشه (root lesion) توسط نماتد "Pratylenchus penetrans"

۲) نماتد پیاز و ساقه (stem & bulb) توسط نماتد "Ditylenchus dipsaci"

۳) لیسه ها (slugs) و حلزون ها (snails)

۴) علف های هرز (weeds) از جمله : "بید گیاه" (willow-herb) (۱).

کاربردهای گیاه نرگس :

گیاه نرگس از محبوب ترین گل های جهان محسوب می گردد. این گیاه نظیر سایر گیاهان جنس نرگس متعلق به خانواده "آماریلیداسه" به تولید برخی مواد آلکالوئیدی (alkaloids) می پردازد که می تواند برای گیاهان مجاور موجب محافظت شوند ولیکن در صورت مصارف انسانی می توانند ایجاد مسمومیت نمایند(۶،۵).

اولین نوع از این قبیل آلکالوئیدها به نام "لیکورین" (lycorine) در سال ۱۸۷۷ میلادی شاخته شد و متعاقباً به کشف آلکالوئیدهای دیگری نظیر "ایزوکیونولین" (isoquinoline) انجامید. تاکنون نزدیک به ۱۰۰ نوع آلکالوئید در گیاهان جنس نرگس شناخته شده اند (۶).

از ترکیبات شیمیایی گیاه نرگس در تهیّه داروهایی نظیر "galantamine" استفاده می شود که برای درمان عارضه زوال عقل ناشی از بیماری آلزایمر (Alzheimer`s dementia) بهره می گیرند (۶).

پیازهای نرگس بخش سمّی گیاه را تشکیل می دهند. مصارف غذایی پیازهای نرگس باعث آسیب به دستگاه هاضمه می شود درحالیکه تماس با آن می تواند به التهاب های پوستی منجر گردد. متخصصین منبع اصلی سمیّت گیاه نرگس را آلکالوئیدهای "anthridine" از جمله "لیکورین" و کریستال های اگزالات کلسیم" می دانند. شدت بروز مسمومیت گیاه نرگس فقط در صورت مصرف مقادیر زیاد آن بروز می کند امّا ناراحتی های پوستی ناشی از تماس با اندام های مختلف گیاه نرگس می تواند شدید باشد.

مهمترین علائم مسمومیت با پیاز نرگس عبارتند از :

تهوّع (nausea) ، استفراغ (vomiting) ، اسهال (diarrhea) ، ترشح بزاق (salivation) ، لرزیدن (trembling) ، تشنج (convulsion) ، خارش پوستی متعاقب دستمالی پیازها- گل ها و ساقه ها (lily rash) و احتمال مرگ (fatal) (۴).

پرورش گل نرگس سفید کاغذی :

این نوع از نرگس ها را که دارای منشأ جنوب اروپا هستند ، با اسامی : paper white و Tazettas می شناسند. گیاه مزبور از جمله گیاهان چندساله ، پیازدار ، علفی و سمّی محسوب می شود که در حاشیه جویبارها و چشمه ها رشد می نماید لذا به "پیاز چشمه ها" (spring bulbs) نیز موسوم می باشد. آن را می توان در فضاهای خانگی ، بین خانگی ، فضاهای سبز و باغ های گل یافت (۴).

نرگس سفید کاغذی به ارتفاع ۱۸-۱۲ اینچ رشد می کند. این گیاه دارای برگ های باریک تسمه ای (strap-like) است که از سطح زمین منشعب می گردند. نرگس سفید کاغذی مساحت ۳-۱ اینچ را می پوشاند لذا می تواند ۱۵-۱۰ بوته در هرفوت مربع رشد می نماید. این گیاه نظیر سایر انواع نرگس ها بسیار معطر (fragrant) است (۴).

ازدیاد طبیعی نرگس سفید کاغذی از طریق پیازچه های فرعی آن انجام می پذیرد. پیازهای "پوشش دار" (tunicated) آن را به عمق ۵ اینچ در خاک مستقر می سازند. آنها نیازمند گرمای ۸۵-۷۰ درجه فارنهایت و خنکی ۵۵-۴۰ درجه فارنهایت به عنوان سیکل دمائی سالانه هستند تا به مرحله گلدهی برسند(۴).
این گیاه که نسبت به خشکی تابستان متحمل می باشد ولیکن نیازمند رطوبت کافی در فصل رشد است.
گیاه نرگس از لحاظ حساسیت به سرما در گروه گیاهان "حساس ۳" (tender III) قرار می گیرد زیرا پس از کاشت در اثر سرمای کمتر از ۲ درجه سانتیگراد دچار صدمات جدی می گردد (۴).

گلدهی نرگس سفید کاغذی از اوایل فصل سرما (دسامبر- ژانویه) آغاز می شود و بستگی به زمان وقوع یخبندان ها تا مدت حدوداً ۱۰۰ روز تداوم می یابد. گل های این نوع از نرگس ها در انتهای ساقه های عریان (naked stem) آن ظاهر می شوند (۴).

نرگس سفید کاغذی را در موارد زیر بکار می گیرند :

۱) باغ های صخره ای (rock garden)

۲) اراضی مسطح (beds)

۳) گل های شاخه بریده (fresh cut flowers)

۴) باغ های جنگلی (woodland gardens) (۴).

منابع و مآخذ :

1) Narcissus growers workshops ; optimizing bulb treatments post lifting – Horticultural Development Company ; www.hdc.org.uk

2) Interflora – 2017 – Narcissus – www.flowers.org.uk

3) Moorman , Gary W. – 2017 – Narcissus Diseases – The Pennsylvania State University

4) NCSU – 2017 – Narcissus (paper whites) – North Carolina State University ; http://www.ces.ncsu.edu

5) T.F.E – 2017 – Narcissus – The Flower Expert ; guide on flowers & gardening

6) Wikipedia – 2017 – Narcissus (plant) – http://en.wikipedia.org