

کشاورزی آئروپونیک

تألیف :

اسماعیل پورکاظم

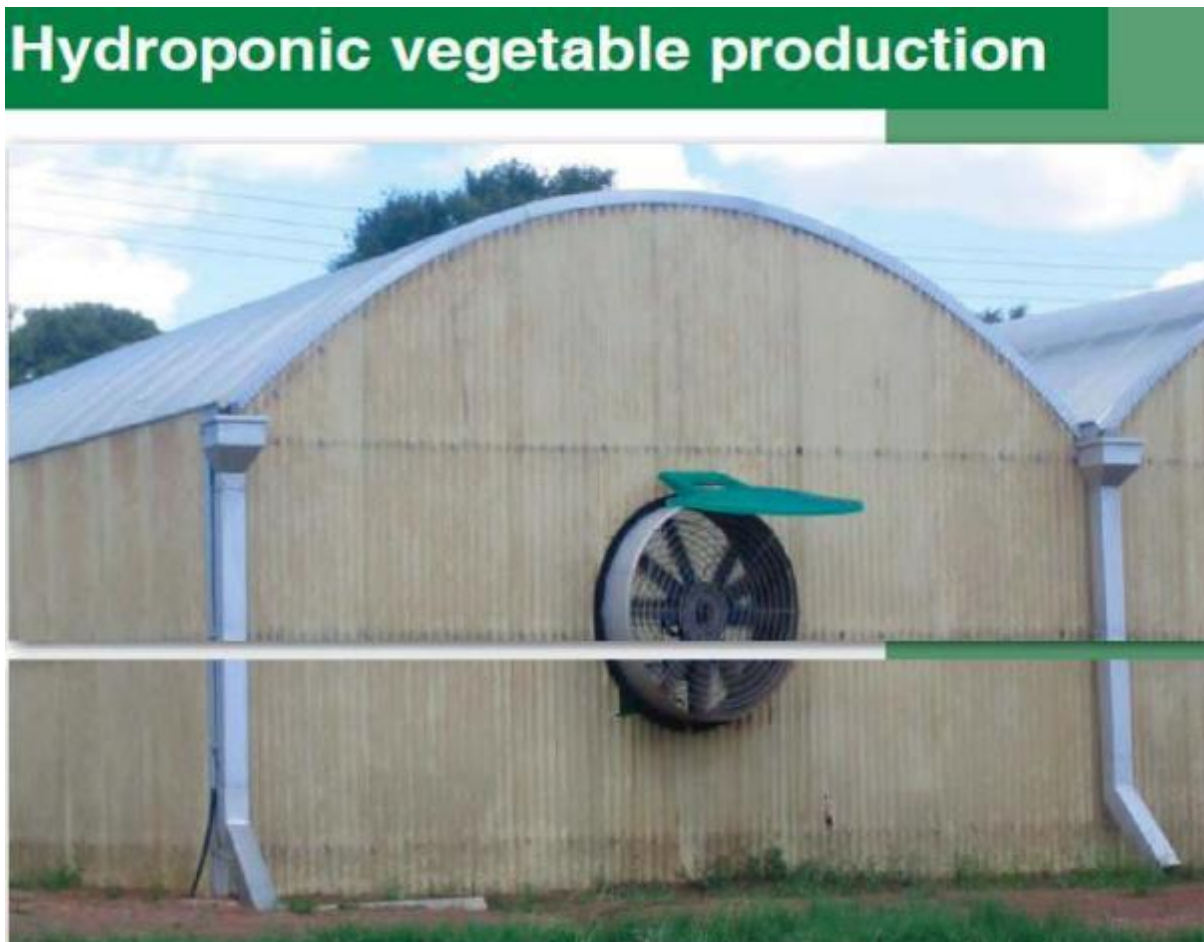
زمستان ۱۳۹۶

ردیف	عنوان مقاله	صفحه
۱	کشاورزی هیدروپونیک	۳
۲	سیستم های کشاورزی آنروپونیک	۵۸
۳	مزارع عمودی آسمانخراشی ؛ هدیه جوامع صنعتی نوین	۹۳
۴	روشنائی رشد گیاهان	۱۳۸
۵	بذور کشاورزی تغییر یافته ژنتیکی	۱۸۱
۶	سیب زمینی برگ جدید	۲۰۶
۷	محصولات مقاوم به علفکش ها	۲۲۳
۸	گیاهان "ترانس ژن" یا "تراریخته"	۲۵۱
۹	پیوند زدن سبزیجات	۲۷۳
۱۰	آراگولا ؛ سبزی سالاد	۳۱۵
۱۱	رشدی ؛ 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) منحصرأ 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 می‌سازد، تا بدین طریق به بالاترین راندمان کمی و کیفی محصولات دست یابند (۱).

بطور کلی سیستم های کشاورزی "هیدروپونیک" مبتنی بر دو روش زیر می‌باشند :

(۱) سیستم هیدروپونیک باز (open system) :

در این سیستم ، محلول غذایی مصرفی پس از رفع نیاز گیاهان مجدداً مورد استفاده واقع نمی‌شود (۱).

(۲) سیستم هیدروپونیک بسته (closed system) :

در این سیستم ، محلول غذایی مازاد متوالیاً تحت عملیات زیر واقع می‌گردد :

(۲-۱) جمع آوری (recovered)

(۲-۲) ترمیم (replenished)

(۲-۳) استفاده مجدد (recycled) (۱).



شبّهات کشاورزی هیدروپونیک :

یقیناً شبّهات و سوالات متعددی در رابطه با تکنولوژی "هیدروپونیک" همانند سایر شیوه های نوین کشاورزی مطرح می باشند ، که باید برای روشننگری آنها تلاش گردد، تا کاربران و علاقمندان فعالیت های کشاورزی نوین با وثوق بیشتری به فعالیت بیشتر تمایل یابند. برخی از شبّهات 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 وسیله 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 نشانی به محصولاتی با کمیت 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 ، CO₂ ، عناصر غذایی و کلروفیل در شرایط مناسب دمایی هستند. آنها تمامی نیازهای خود را در کشاورزی خاکی از انواع بسترهای خاکی تهیه 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 کننده 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) اطلاق 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).

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

نیازهای هیدروپونیک تجاری	نیاز های مزارع عادی
منبع آب مناسب از نظر کمی و کیفی	منبع آب تمیز
بازارهای مصرف	محل مناسب
نیروی انسانی کافی و کارآمد	فرمولاسیون کودی مطلوب
مهارت های مدیریتی (سازه ها ، تولید ، فروش)	مطابقت زمانی
دانش کافی در مورد : ازدیاد ، کوددهی ، آبیاری ، مدیریت آفات و بیماریها	دانش کشاورزی کافی
موقعیت محلی مناسب	دستیابی به درآمد مکفی
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).



"جدول ۲) 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	منحصرأ 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) سلايق 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) علانق 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 اما 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 دارویی (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)
- ۱-۶- سیستم آبیاری قطره ای با بازیافت (recovery)
- ۲-۶- 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 زمره 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 فنتیله 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 پر 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 ۶-۷ 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).

کارایی 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 کارایی 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 (holes ، pits) 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 پردازد 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 دوره 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 :

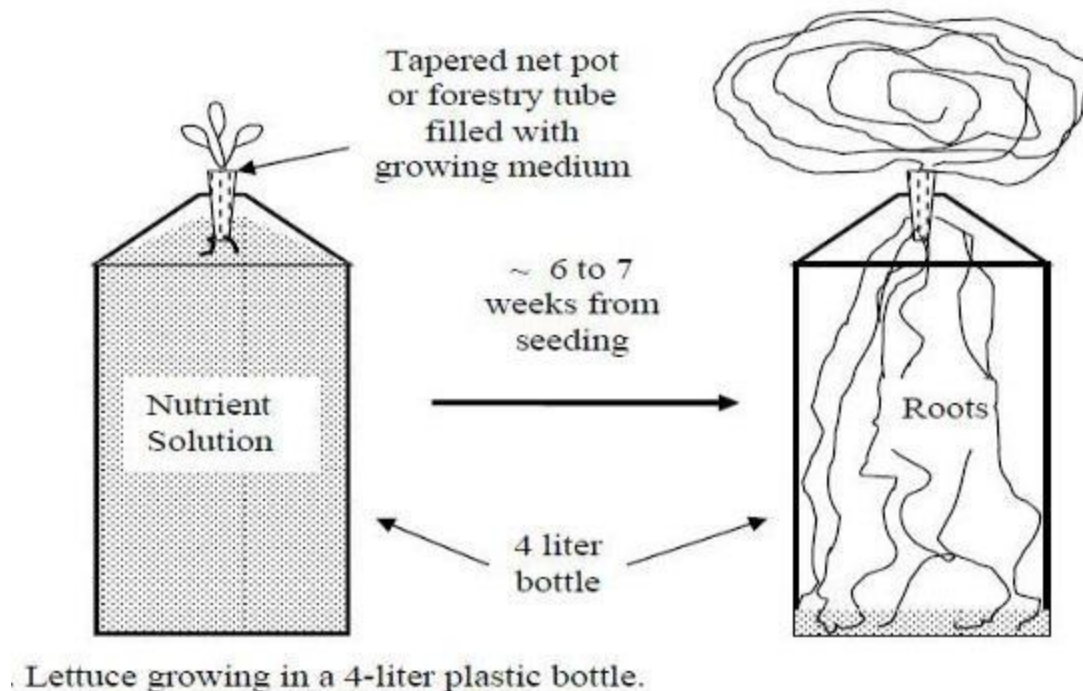
الف) Gro 10-8-22

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.



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 ۱۵-۲۵ 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 ۱۵-۲۰ لیتر محلول غذایی می شود.

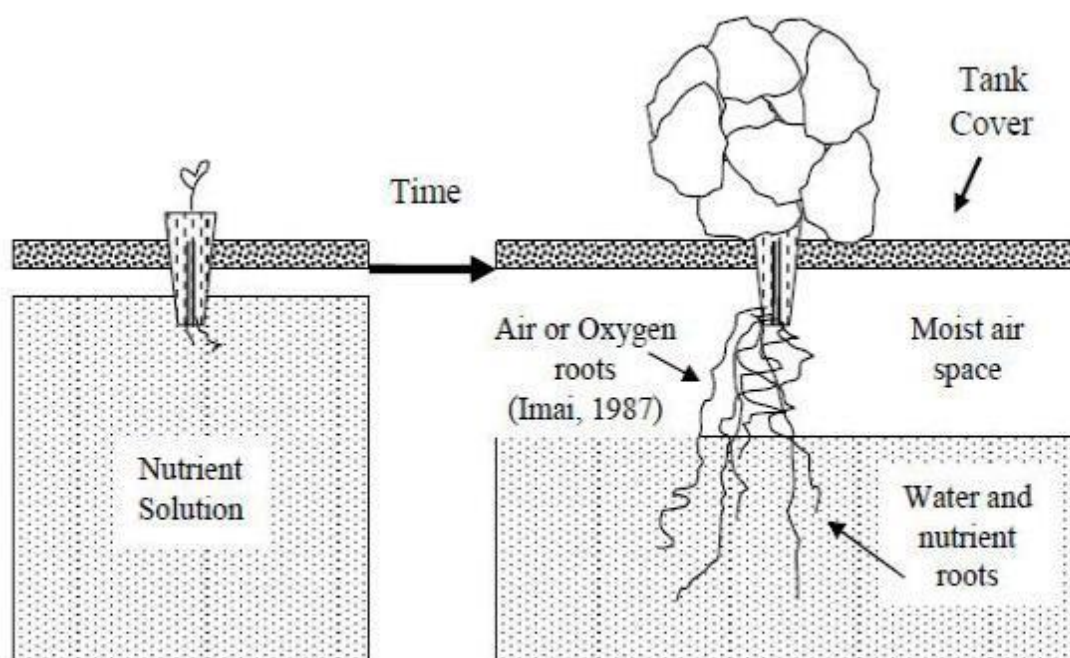
محققین در ضمن این آزمایشات همچنین توانستند تعداد ۶-۸ بوته از کاهوها را بر روی ظروف پلاستیکی بزرگتر پرورش دهند (۲).

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

در این شیوه می توان پرورش گیاهان هیدروپونیک را از سطح آزمایشی به سطوح تجارتي توسعه داد. برای این منظور ابتدا مخازن مورد نظر را با استفاده از پایه هایی از جنس تخته سه لانی (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 استقرار یابند. در ادامه به ایجاد حفره هایی به قطر ۵ سانتیمتر و فواصل ۲۰×۳۰ 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 تجاری ویژه هیدروپونیک نظیر "Hydro-Gardens" یا Colorado مرکب از : ایت ۸٪ ، فسفر ۶/۶٪ ، پتاسیم ۱۹/۹٪ ، بُر ۲۰/۰٪ ، مس ۵/۰٪ ، آهن ۴/۰٪ ، منگنز ۲/۰٪ ، مولیبدن ۱/۰۱٪ و روی ۵/۰٪ علاوه 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 ۱-۲ 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 دوره 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).

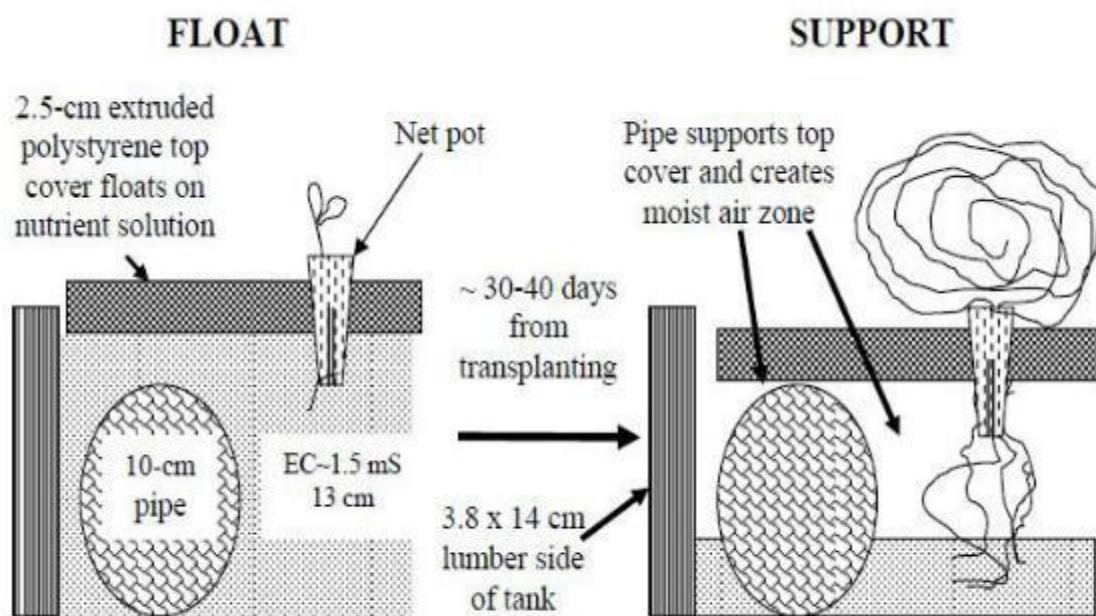
برخی پرورش دهندگان به تخلیه و پُر کردن مجدد مخزن محلول غذایی پس از هر نوبت برداشت محصول اقدام می کنند ولیکن برخی دیگر فقط به پُر کردن حجم خالی شده (top off) مخزن می پردازند. به هر حال نهایتاً باید پس از هر ۳ دوره پرورش گیاهان هیدروپونیک نسبت به تخلیه محلول غذایی قبلی و استفاده از محلول غذایی تازه اقدام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

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

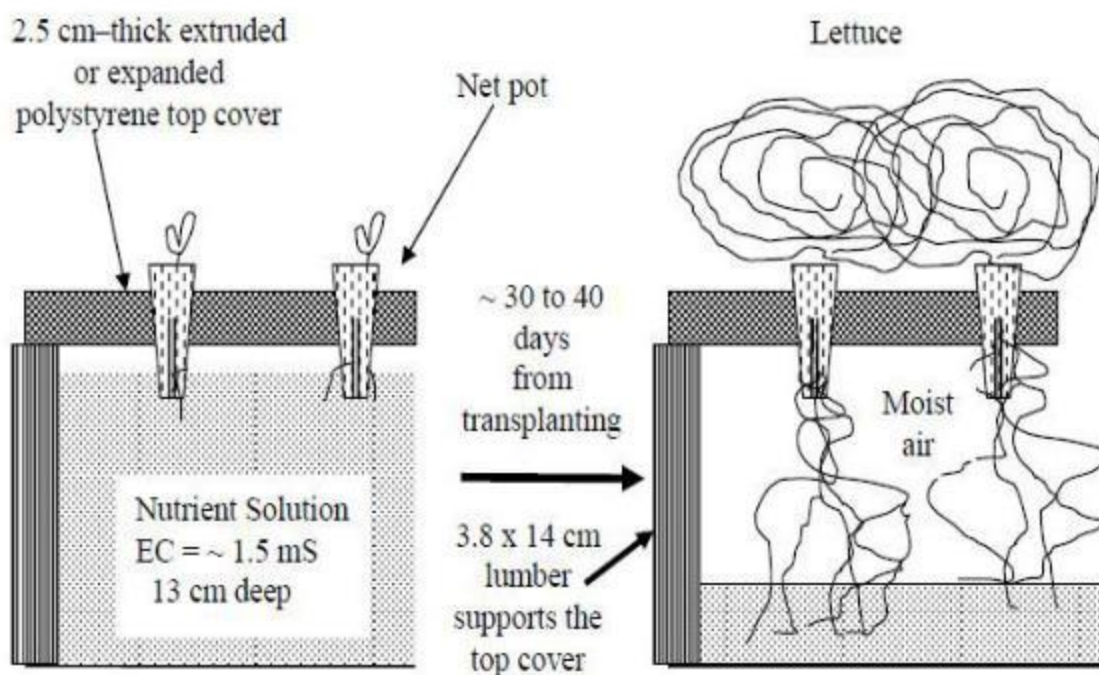
مخازن طویل با عرض ۱/۲۵ متر ، عمق ۱۴ سانتیمتر و طول دلخواه را می توان با پوششی از صفحات پلاستیک یا پلی اتیلین به ضخامت ۰/۱۵ میلیمتر مفروش ساخت سپس آنها را مملو از محلول غذایی نمود. آنگاه ۲ لوله پلاستیکی طویل با قطر ۱۰ سانتیمتر را به صورت موازی و با فاصله ۰/۹ متر در داخل مخزن کانالی جای می دهند، تا توسط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

داخل لوله ها را می توان با کیسه های کوچک حاوی سنگریزه ها پر نمود، تا شناور نگردند. حفره هایی به قطر ۵ سانتیمتر (اضلاع ۱/۳×۲/۵ سانتیمتر) و با فواصل ۲۰-۳۰ سانتیمتر بر روی صفحه پلاتفرم ایجاد می نمایند سپس حفره ها را با بستر رشد (پیت یا پرلیت) پر می سازند. نشاءهایی با عمر ۱-۲ 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 ۳-۹ 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 پر 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 تخمیزی 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).



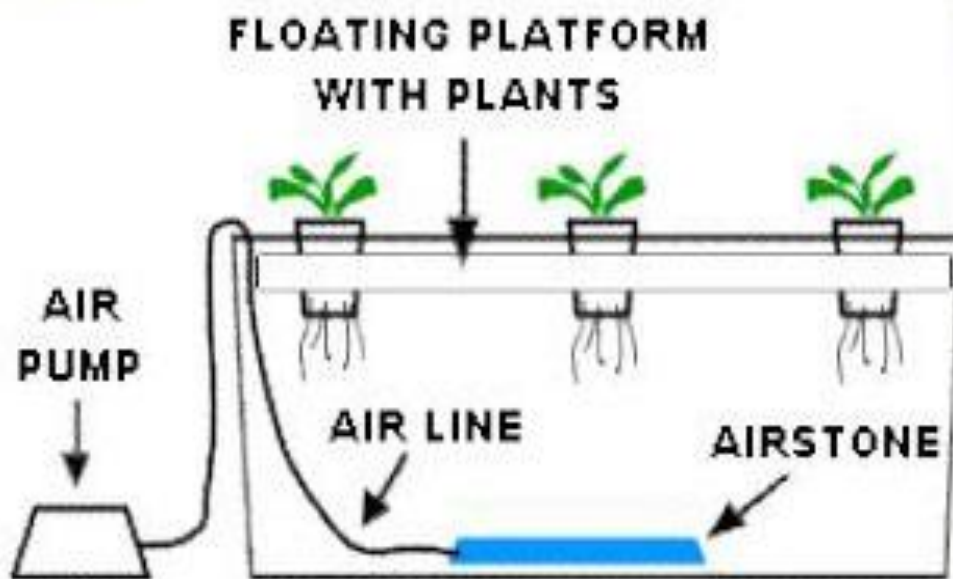
۲) سیستم آبکشت :

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 رشد و آبدوستی نظیر "کاهو برگی" (leaf lettuce) می توان بکار گرفت (۵).

بزرگترین معضل سیستم های آبکشت آن است که کارایی مطلوب را در موارد زیر ندارند :

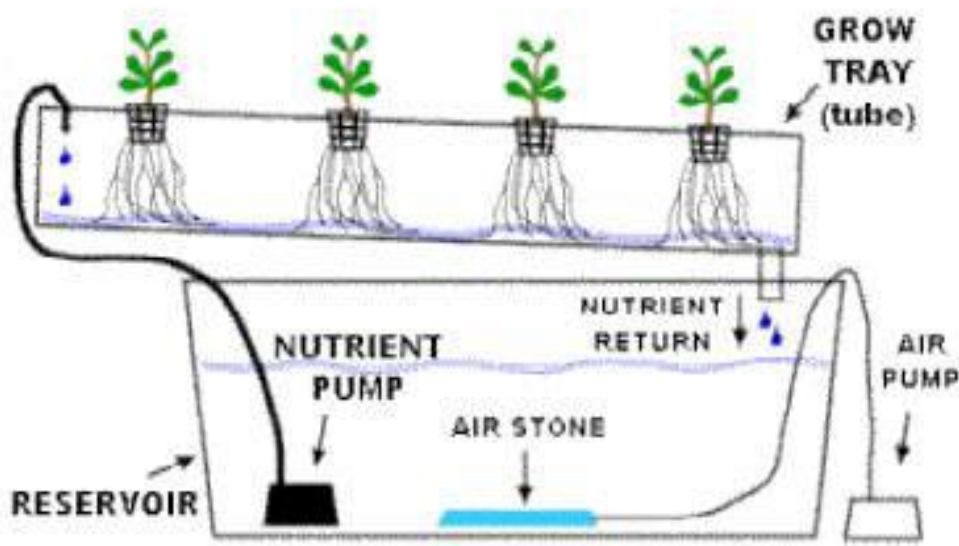
۱-۲- پرورش گیاهان بزرگ (large plants)

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 تایمیری 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 دوره پرورش محصولات گیاهی تعویض نمی کنند لذا در هزینه ها صرفه جوئی به عمل می آید (۵).



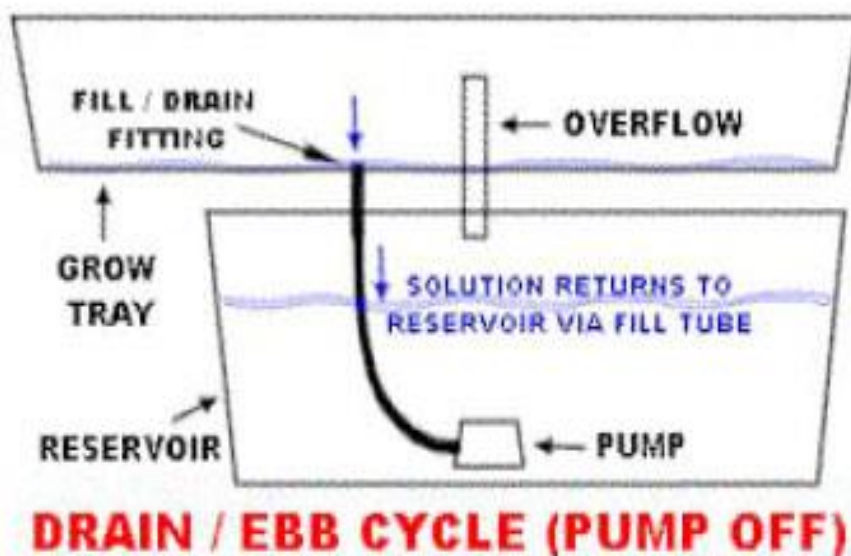
در سیستم لایه نازک عناصر غذایی از محلول حاوی عناصر غذایی و اکسیژن برای پرورش طیف وسیعی از گیاهان نظیر : کاهو ، توت فرنگی ، نباتات دارویی ، گل ها ، گوجه فرنگی ، فلفل ، بادمجان ، خیار و کدو استفاده می شود (۱).

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 بستریهای 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 محدوده 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 جست. 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 (۵، ۱).



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

- ۱-۴- نوع گیاهان (type of plants)
- ۲-۴- اندازه گیاهان (size of plants)
- ۳-۴- دمای محیط پرورش (temperature)
- ۴-۴- رطوبت نسبی محیط (humidity)
- ۵-۴- 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 تهیه 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:

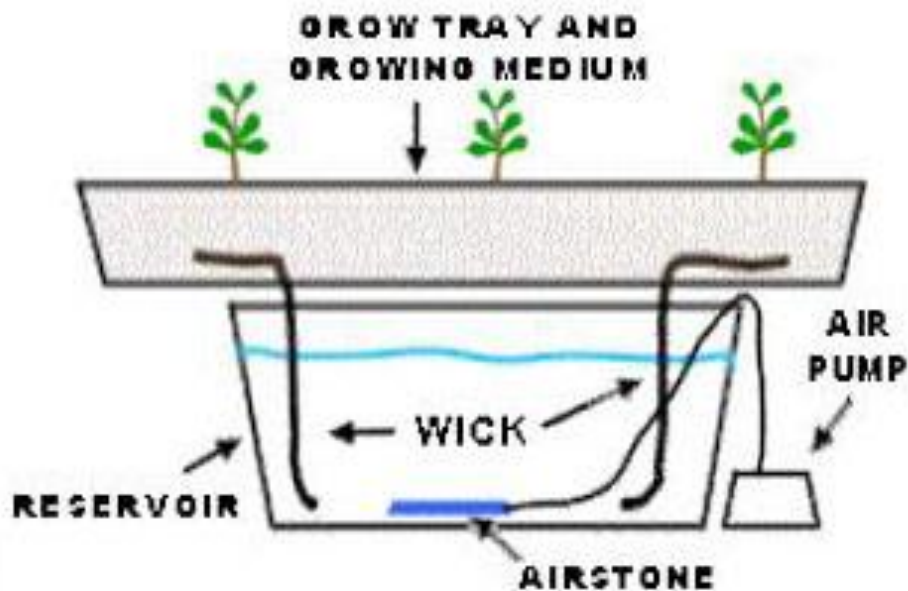
- ۱-۵- پرلیت (perlite)
- ۲-۵- ورمیکولایت (vermiculite)
- ۳-۵- پرومیکس (pro-mix)
- ۴-۵- الیاف نارگیل (coir ؛ coconut fiber) (۵).

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).

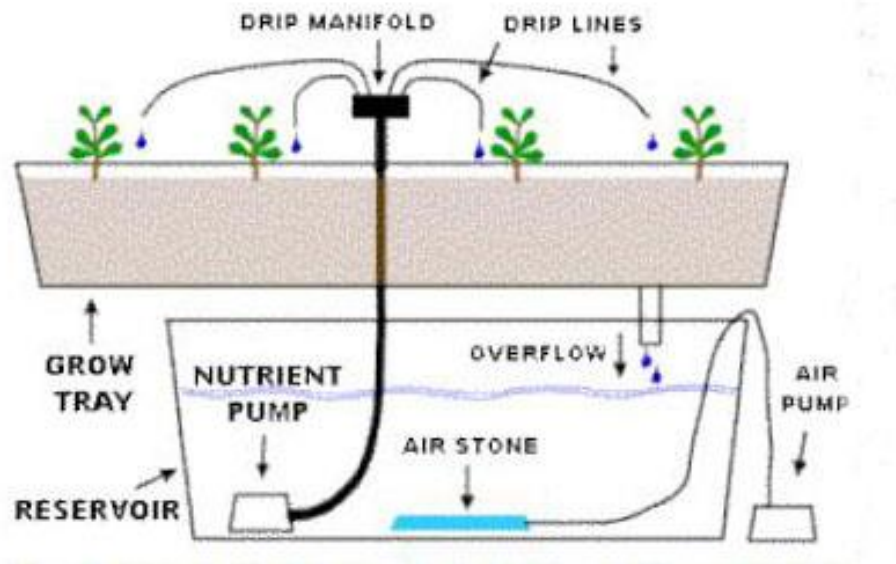


۶) سیستم آبیاری قطره ای :

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 : تجارتي ، سرگرمی و آموزشی پرورش گیاهان هیدروپونیک برای محصولات نظیر : گوجه فرنگی ، خیار ، فلفل ، نباتات دارویی و گل ها سود جست (۵، ۱).

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).

DRIP SYSTEMS RECOVERY / NON-RECOVERY



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 مخزن 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).

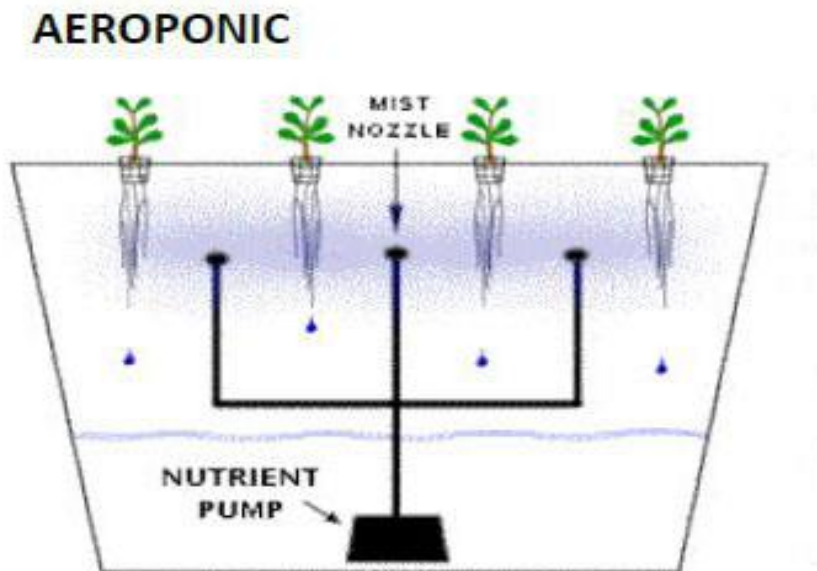
۷) سیستم آئروپونیک :

سیستم "آئروپونیک" (aeroponic) احتمالاً مدرن ترین شیوه 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 "مه پاشی" یا "مست" (mist) به سیستم ریشه ای آنان افشاندن 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 کننده 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 اهمیت است.

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

"جدول ۳) 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 گیاهان هیدروپونیک است. بزرگتر از کانال های پرورش کاهو، توت فرنگی و گیاهان دارویی (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 ۶×۸ اینچ تهیه 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 اما دسترسی به اکسیژن کمتری را میسر 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 شیوه "تک پا" نسبت به حذف انتهای ساقه های گوجه فرنگی پس از تشکیل ۲-۳ برگ در بالای اولین 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 شیوه "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، مناسب 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 آسیمیلایون 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 کمیت 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 دوره 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 اهمیت است و دمای مناسب در تلفیق با نور کافی می تواند به کمیت و کیفیت (رنگ ، طعم ، مزه) میوه های گوجه فرنگی بیفزاید در حالیکه دماهای بالاتر از اپتیمم می توانند بر میزان تولید و طول دوره 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 کمیت 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 ۲/۳-۵ دسی زیمنس بر سانتیمتر تا ۸-۱۰ 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 "ازتک" با ابداعاتی که در بکارگیری باغ های شناور (floating gardens) داشتند، موجب تحیر مهاجمان کشورگشای اسپانیایی گردیدند ولیکن امروزه کشاورزی هیدروپونیک بعد از قرن ها توانسته است، به عنوان تفکری نوین در پرورش محصولات کشاورزی بدون آسیب جدی 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 صفحه "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 بچسبند.

لبه های قاب را دقیقاً بررسی می کنند، تا از استقرار صحیح حواشی صفحه پلی اتیلین و صحت 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 ۱۶-۲۴-۸ استفاده گردد.

برای تأمین میکروالمنت های مورد نیاز نیز می توان از کودهای میکرو کامل تجارتي به میزان ۱-۲ قاشق چایخوری به ازای هر گالن آب بهره گرفت.

بعلاوه باید از ترکیب شیمیایی سولفات منزیم موسوم به "تمک اِپسوم" (Epsom salts) به میزان ۱-۵/۵ 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 جست.

محلول غذایی مصرفی باید دارای PH حدود ۵/۵-۶/۵ باشد.

برای کاهش PH تا محدوده 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 شده ناشی از بارندگی شدید مطلع باشند لذا تعبیه میله اندازه گیری باران (rain gauge) در داخل محفظه مخزن بسیار مفید خواهد بود.

محلول غذایی مورد استفاده را بهتر است، به صورت دوره ای تعویض نمود تا حداکثر کارایی محلول بدست آید.

بطور معمول می توان از هر محلول غذایی برای ۲-۳ دفعه پرورش سبزیجات استفاده نمود.

در برخی مناطق آمریکا و کانادا از صفحات (پلاتفرم) "استیروفوم" تجارتي 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 تجارتي 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 فشردن 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 ۲/۵-۱/۵ 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 سست 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 باقیمانده 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 توده 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 برگ‌گی سالادی نظیر : کاهوها ، خردل ، نعناع ، پیاز کوهی (chive) و کلم برگ (kale) را به خوبی می‌توان طی فصل سرد در سیستم های هیدروپونیک پرورش داد. برای فصل گرم نیز به پرورش محصولاتی چون : ریحان (basil) ، چغندر برگ (chard) ، خیار ، شاهی و برخی گل های شاخه بریده از جمله : گل آهار (zinnia) و آفتابگردان زینتی می‌توان مبادرت ورزید (۷).

بطور کلی محصولاتی که وضعیت ریشه های مرطوب را ترجیح می‌دهند، نسبت به محصولاتی که وضعیت ریشه های خشک را می‌پسندند، 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 موفقیت در کشاورزی هیدروپونیک :

تدارک کلیه 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 سوالات مطروحه 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 موفقیت آمیز گیاهان در سیستم های هیدروپونیک بهره گرفت (۳).

عوامل کلیدی در انتخاب کودها :

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

(۱) قلینیت (alkalinity)

(۲) هدایت الکتریکی یا EC (electrical conductivity)

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

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

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

بطور کلی مقادیر (value) قلینیت 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 قلینیت (یا PH) می تواند بر میزان محلول شدن عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان تأثیر بگذارد.

در مواردی که از آب های قلینیتی 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 قلینیت 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 :

$$1000 \mu\text{s/cm} = 1000 \mu\text{mhos/cm} = 1 \text{ mmhos/cm} = 1 \text{ ms/cm} = 1 \text{ ms/m} \quad (۳)$$

با توجه 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 آلاینده موجود در آب مصرفی (contaminants) (۳).

غلظت عناصر غذایی موجود در آب مصرفی برای تجویز دستورالعمل های کودی در تهیه محلول غذایی گیاهان هیدروپونیک بسیار ضرورت دارد. از جمله اطلاع از مقدار کلسیم ، منیزیم و گوگرد در آب مصرفی حائز اهمیت 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 آلاینده 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 تهیه محلول غذایی برای کاهو، گیاهان دارویی و سبزیجات برگه‌ای :

دستورالعمل های (recipes) تهیه محلول های غذایی برای سبزیجات برگه‌ای (leafy ، vegetative crops) 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).

"جدول (۴) فرمولاسیون Sonneveld جهت پرورش هیدروپونیک کاهو ، گیاهان دارویی ، سبزیجات برگه‌ای ، 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	۰/۰.۲۳	
ZnSO4.7H2O	۰/۲۱۷	
CuSO4.5H2O	۰/۰.۳۵	
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) تهیه نمایند سپس آنها را برای تهیه محلول های آماده مصرف (ready-to-use) به میزان معین در داخل مخازن ذخیره (reservoir containers) رقیق نمایند تا به حلالیت ۱۰۰٪ برسند (۳).

"جدول ۵) مقایسه عناصر غذایی به پی پی ام در ۳ دستورالعمل سیستم هیدروپونیک برای پرورش کاهو ، گیاهان دارویی 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 تجاری فتریلون برای شرایط اسیدی

ب) EDDHA با نام تجاری رکسنول برای شرایط خنثی

پ) DTPA با نام تجاری سکسترون برای شرایط قلیایی

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

"جدول ۶) مقایسه مقدار پی پی ام عناصر محلول غذایی هیدروپونیک برای محصولات میوه ای (۳):"

عنصر	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



"جدول ۷) 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 ۱۷۵-۲۰۰ 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 منیزیم به گیاهانی با ساختار رویشی بهتر دست یابند سپس حدود ۶ هفته پس از نشاء بوته های محصولات میوه ای که در آغاز دوره 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 پردازند، 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 تهیه 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).



"جدول ۸) مقدار پی پی ام عناصر معدنی محلول غذایی بر اساس مراحل رشد گوجه فرنگی (۳):"

عناصر	۶-۰ هفته ای	۱۲-۶ 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 مأخذ :

- 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 "آیروپونیک"» "Aeroponic agriculture systems"

مقدمه :

آیروپونیک (aeroponic) عبارت از پرورش گیاهان در محفظه ای از هوا (air) و محیطی سرشار از غبارات بسیار ریز محلول غذایی (mist) است بدون اینکه از خاک یا ماده غذایی متراکم و یا بستر دانه بندی (aggregate medium) موسوم به ژئوپونیک (geoponics) بهره گیرند.

واژه آیروپونیک دارای منشأ یونانی و شامل دو بخش :

"aero" به معنی هوا (air)

"ponou" به معنی زحمت و تقلا (labour) می باشد.

کشاورزی آیروپونیک با کشاورزی هیدروپونیک مرسوم و همچنین کشاورزی در شرایط کنترل شده و آزمایشگاهی (in-vitro) نظیر کشت بافت گیاهان (plant tissue culture) متفاوت است. آیروپونیک بر خلاف هیدروپونیک (hydroponics) که از آب بعنوان بستر رشد حاوی مواد ضروری معدنی جهت رشد پایدار بهره می گیرد ، بصورتی طراحی شده است که نیازی به بستر رشد (growing medium) ندارد ولیکن به دلیل اینکه آب مصرفی در آیروپونیک حاوی عناصر غذایی گیاهان پرورشی است لذا گاه آیروپونیک را نوعی از کشاورزی هیدروپونیک محسوب می دارند (۴).

واژگان تخصصی (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 سازنده 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 می 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 می شوند (۴).



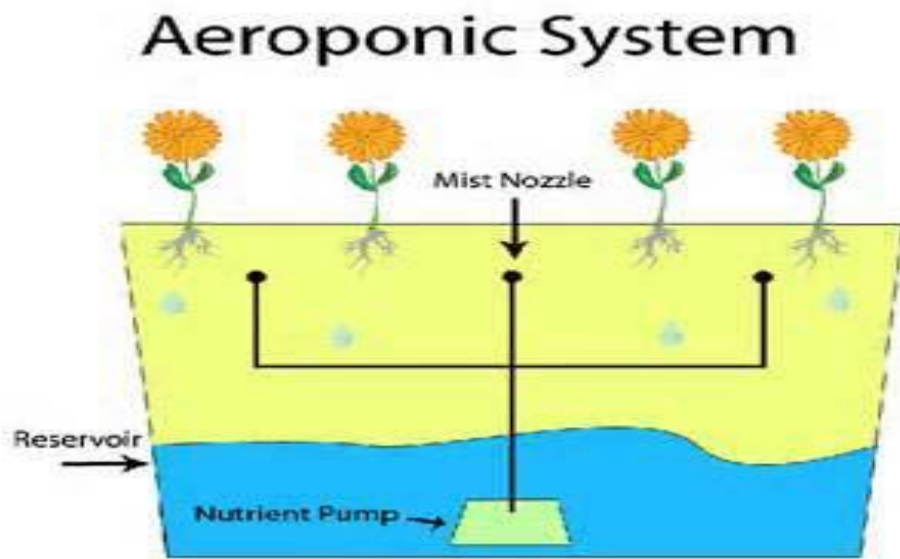
مقایسه کشاورزی هیدروپونیک و آیروپونیک :

واژه هیدروپونیک (hydroponic) در زبان لاتین بمعنی "کارکردن با آب" (water working) می باشد. بنابراین هیدروپونیک شامل عملیات پرورش گیاهان در آب های راکد (bath) و یا جاری (flow) سرشار از اکسیژن و عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان است.

تجزیه بیولوژیکی مواد آلی در خاک صورت می پذیرد و ضمن آن عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان بفرم نمک آنها حاصل می گردند سپس آب تمامی نمک ها را بحالت محلول در می آورد و بدینگونه شرایط را برای جذب آنها از طریق ریشه ها فراهم می سازد.

برای اینکه هر گیاه به دریافت متعادلی از نیازهای غذایی برسد، باید تمامی عناصر غذایی درون خاک بحالت متعادل باشند بنابراین چون شرایط ایده آل برای رشد گیاهان غالباً بندرت در خاک فراهم می شود آنچنانکه فقدان مواد آلی خاک سطحی، وجود آلودگی های مختلف و عدم تعادل مواد بیولوژیکی به رشد ناکافی گیاهان منجر می گردند.

در سیستم هیدروپونیک اقدام به سرشار نمودن آب از فرم نمک عناصر غذایی مصرفی گیاهان می کنند و بدینگونه محلولی بوجود می آید که کلیه نیازهای رشد گیاهان را بر طرف می سازد و همواره مواد محلول در آن بحالت تعادل تنظیم می گردند. بعلاوه بدلیل اینکه محلول مذکور در محوطه بسته قرار دارد ، هیچگاه روانابی ایجاد نمی گردد و شسته شدن مواد بوقوع نمی پیوندد و آلودگی محیط رخ نمی دهد. میزان تلفات آب از طریق تبخیر شدن در سیستم هیدروپونیک کاهش می یابد لذا قابلیت کاربرد در مناطق خشک را دارد.



برای حمایت از گیاهان در نوعی سیستم هیدروپونیک از مواد بی اثر (inert) عاری از مواد غذایی نظیر فیبر ، شن و سنگریزه بعنوان بستر کاشت (medium) استفاده می شود تا بعنوان لنگرگاه ریشه 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 لابلای آن نفوذ يابند زيرا ريشه هاي گياهان نيازمنند 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 مكمّل تقويت مي گردند.

باغداری 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 فرار (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 دهی قلمه ها (cutting) نيز استفاده گردد.

ريشه هاي گياهان آيروپونيك در ميانه 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 غذايي 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 چیست ؟

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 واقعد كه توسط پاشيدن محلول هاي غذايي بصورت قطرات بسيار ريز موسوم به غبارات (mist) يا "آيروسل 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 تعلیق 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

پیش ماده اي بعنوان بستر کاشت (substrate) تماس يابند. باید اطمینان یافت که ریشه ها در تمامی اوقات مرطوب باشند تا دچار وضعیت بحرانی تنش رطوبتی نگردند (۱).



اساس کشاورزي آيروپونيك عبارت از پرورش گیاهان بحالت معلق یا آویزان در محیط های کاملاً یا نیمه مسدود می باشد. ریشه های آویزان (dangling) و ساقه های زیرین گیاهان از طریق پاشش ذرات ریز (atomized یا sprayed) محلول آب سرشار از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان تغذیه می گردند. برگ ها و بخش تاج گیاهان پرورشی که کانوپی (canopy) خوانده می شوند ، به سمت بالا گسترش می یابند و ریشه های گیاهان توسط ساختار نگهدارنده ای از بخش فوقانی مجزا می گردد. گیاهان کوچک را در حفره های کوچکی که بر روی صفحات فوم فشرده (یونیلیت) ایجاد شده اند ، جا می دهند و صفحات را بر روی محفظه های آيروپونيك مستقر می سازند تا بدین طریق از میزان هزینه و کارگر مورد نیاز کاسته شود. گیاهان بزرگتر را به شبکه های داربستی (trellising) متصل می سازند تا متحمل وزن بخش های رویشی و میوه هایشان باشند (۴).

گیاهان آيروپونيك سالم ترند و سرعت رشد بیشتری نسبت به گیاهانی دارند که بر بسترهای کاشت پرورش می یابند زیرا در محیط های عاری از آفات و بیماریها قرار دارند. با در نظر گرفتن این موضوع که اغلب محیط های آيروپونيك کاملاً از محیط خارجی قطع رابطه نمی کنند لذا آفات و بیماریها همچنان بصورت تهدید وجود دارند.

کنترل محیط رشد آيروپونيك باعث ترقی رشد ، سلامتی ، نمو ، گلدهی و میوه دهی انواع گونه ها (species) و ارقام (cultivars) گیاهان می شود.

به سبب حساسیت سیستم های ریشه ای ، سیستم آبروپونیک به ادغام هیدروپونیک مرسوم می پردازد تا از طریق تأمین آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به حفاظت آنها بپردازد مگر اینکه قصوری در دستگاه ها و لوازمات سیستم حادث شود (۴).



تاریخچه آبروپونیک :

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

"کارتز" (Carter-1942) اولین محقق 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 آبروپونیک در سال ۲۰۰۶ میلادی بعنوان یک شیوه 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 آوآکادو بپردازد.

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

"وینت" (Went-1957) اولین فردی بود که به ابداع شیوه 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 پُرفشار 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 شده 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 آیروپونیک پُرفشار از پمپ دیافراگمی با قدرت "550 KPa" استفاده می شود تا فشاری معادل ۸ پوند بر اینچ مربع را در سیستم ایجاد کند و منجر به پاشش محلول عناصر غذایی بصورت غباری با اندازه های ۵۰-۲۰ میکرومتر بر ریشه های گیاهان گردد (۴).

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

سیستم های آیروپونیک تجاری دربرگیرنده سخت افزارهای تأمین کننده فشار زیاد و سیستم های بیولوژیکی هستند. مجموعه سیستم های بیولوژیکی شامل کلیه مواردی هستند که باعث افزایش دوره زندگی گیاهان و بلوغ اینگونه محصولات می گردند.



سیستم های فرعی بیولوژیکی و اجزاء سخت افزاری شامل سیستم های کنترل سیال (effluent) ، پیشگیری از بیماریهای گیاهی ، اشکال مقاوم پاتوژن ها ، زمان بندی دقیق ، ایجاد فشار مناسب در سیستم انتقال محلول غذایی ، حسگرهای سرما و گرما ، کنترل دمای محلول ، آرایش نوری مؤثر ، محدوده طیف فیلتراسیون ، حسگرهای هشدار دهنده نقص سیستم و حفاظتی ، اشکال صرفه جویی در هزینه های کارگری و مراقبت ، ترکیب قابل اعتماد بلند مدت و کاربرد ایمن ماشین آلات (ergonomics) می باشند.

سیستم های آبیروپونیک تجارتي از نوع سیستم های پُرفشار برای پرورش محصولات ارزشمند بصورت تناوب زراعی و یا چند محصولی (multiple) با توجه به فواید اقتصادی آنها بکار می روند.

سیستم های اقتصادی پیشرفته فراگیرنده جمع آوری اطلاعات ، نظارت ، آنالیز بازخورها و ارتباطات انترنتی بوسیله انواع سیستم های فرعی هستند (۴).

جزئیات سیستم آبیروپونیک :

سیستم های سنتی آبیروپونیک از یک طشتک (trough) برای حمایت گیاهان استفاده می کنند اما 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 يك سیستم آبیروپونیک 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 x ۲ فوتی می برند تا حمایت کننده گیاهان شوند.

سوراخ هایی به قطر ۱-۲ اینچ در فوم ها ایجاد می شوند تا گیاهچه های ریشه دار شده 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 فرعی 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 پلاستيك محكم و سراسری بايد در زیر نازل های مه پاش نصب گردد تا توسط برگشتگی فوقانی خویش به جمع آوری رواناب کمک نماید.
ساختمان کامل آیروپونیک آزمایشی دارای ۳ فوت عمق و ۳ فوت پهنا است و طول آن در حدود ۲۰-۶ فوت می رسد.



در این شیوه برای کاهش هزینه ها از تزریق کننده (injector) مناسب محلول غذایی در سیستم بهره می گیرند آنچنانکه به ازای هر مخزن ۵۰ گالنی محلول کودی باید از یک پمپ آکواریوم با ظرفیت کم استفاده نمود.

این سیستم طراحی شده را بر روی یک سکو ، نیمکت و یا ساختار برآمده ای در داخل یک محوطه محافظت شده مثل گلخانه نصب می کنند بنابراین کانوپی محصول در معرض رطوبت و دمای مناسب قرار می گیرد تا اپتیمم رشد خویش را به منصفه ظهور برساند. بهترین دما برای این منظور شامل ۷۲-۸۰ درجه فارنهایت دمای روزانه و ۶۸-۶۰ درجه دمای شبانه همراه با ۷۵-۵۰ درصد رطوبت نسبی است.
منبع نور باید فقط نور خورشید باشد گرچه نورهای تکمیلی را می توان در مواقع ضرورت برای افزایش سرعت رشد گیاهان بکار گرفت.

پس از ساخت استاندارد سخت افزار آیروپونیک نیاز به تهیه محلول های مناسبی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان است که هزینه های زیادی را تحمیل می کند. برای تأمین عناصر غذایی گیاهان می توان از کودهای استاندارد ویژه آیروپونیک نظیر "Botanicare pure Blend pro TM" بهره گرفت (۱).

«جدول ۱) هزینه های تخمینی برای یک محفظه آیروپونیک با گنجایش $8 \times 3 \times 3$ 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 آیروپونیک :

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 می کنند که بهای بیشتری نسبت به انواع معمولی 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).

مهمترین مزایای سیستم آیروپونیک :

شیوه آیروپونیک دارای فواید متعددی بشرح زیر است :

- ۱) از هیچگونه محیط کشت استفاده نمی شود لذا ریشه ها دارای ماکزیم 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 تولید محصولات گیاهی بدلیل افزایش سرعت رشد، کاهش می یابد.
- ۶) رواناب عناصر غذایی و آب بدلیل بازیافت آنها نزول می یابد.
- ۷) در سیستم آیروپونیک می توان به پرورش انواع مختلف گیاهان در کنار یکدیگر و بطور مجزا اقدام کرد.
- 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).



افزایش هوارسانی به ریشه ها در آیروپونیک :

اولین سیستم آیروپونیک در سال ۱۹۸۳ میلادی به بهره برداری رسید. حمایت های عدیده ای که از گیاهان در این سیستم وجود داشتند ، باعث شدند که محصول به رشد بسیار خوبی برسد زیرا گیاهان در محیطی مملو از هوا و رطوبت مناسب پرورش می یافتند آنچنانکه این رویه تاکنون پیگیری می شود.

شیوه آیروپونیک (aeroponic) یا پرورش گیاهان در حالت معلق در هوا (air culture) قابلیت دستیابی گیاهان را به هوای کافی فراهم می سازد تا به رشد موفقیت آمیز خویش نائل آیند.

مواد شیمیایی که در سیستم آیروپونیک بکار می آیند، باید از هجوم بیماری های گیاهی و سایر پاتوژن ها ممانعت ورزند. وجه برتری آیروپونیک واقعی و دستگاه هایش این است که کمترین میزان حمایت از گیاهان بوجود می آید لذا وقوع کمترین تماس بین دستگاه های سیستم و گیاهان پرورشی باعث می شود که گیاهان بصورت کامل در معرض هوا قرار گیرند ولیکن اینگونه شیوه پرورش گیاهان نیازمند آن است که سیستم ریشه ای کمترین فشار را به ساقه ها وارد سازد.

تماس های فیزیکی در سیستم آیروپونیک به حداقل می رسند زیرا تماس های فیزیکی ممکن است از رشد طبیعی گیاه و گسترش ریشه ها بکاهد ، بیماریهای گیاهی را افزایش دهند و موجب آلودگی آب مصرفی و هوای اطراف سیستم شوند (۴).



فواید حضور اکسیژن کافی در اطراف ریشه ها :

حضور اکسیژن در منطقه رشد ریشه ها یا "رایزوسفر" (rhizosphere) برای سلامتی و رشد گیاهان ضروری است. همچنانکه سیستم آیروپونیک اقدام به آمیختن هوا با آب در قالب قطرات بسیار ریز می نماید، باعث می شود تا گیاهان در شرایط وفور فراهمی اکسیژن، آب و عناصر غذایی قرار گیرند و بخوبی رشد یابند.

برخی از کشاورزان معتقدند که سیستم آیروپونیک بر دیگر شیوه های هیدروپونیک برتری دارد زیرا افزایش هوادهی از طریق ذرات ریز محلول حاوی عناصر غذایی که به ریشه ها عرضه می شوند، باعث تحریک رشد گیاهان مزبور می شود و از شکل گیری پاتوژن های بیماریزا جلوگیری می نماید.



هوای پاک حاوی اکسیژن کافی است و این موضوع بعنوان یک پالاینده عالی برای محیط آیروپونیک و گیاهانش عمل می نماید. برای اینکه رشد طبیعی گیاهان حاصل شود، نباید در دستیابی گیاهان به هوای کافی و تمیز وقفه ای پدید آید و گیاهان باید اجازه یابند تا در یک وضعیت طبیعی به نمو فیزیولوژی دست یابند.

گیاهان بیشترین عوامل محدود کننده رشد را در شرایط عادی از جانب بیماری ها تحمل می کنند ولیکن شیوع بیماریها در شیوه آیروپونیک بشدت محدود می گردند. برخی پژوهندگان از سیستم های آیروپونیک برای مطالعه اثرات ترکیبات گازی منطقه حضور ریشه ها بر عملکرد گیاهان بهره می گیرند.

برخی از دانشمندان (Soffer-1988) در مورد اثرات حلالیت غلظت اکسیژن بر شکل گیری ریشه های نابجا (adventitious roots) در شرایطی با هوادهی بیشتر در نوعی سیستم هیدروپونیک با مفهوم "aero-hydroponics" مطالعه کرده اند.

آنها گیاهان را در سه لایه حاوی آب (hydro) و سیستم هوادار (aero) قرار دادند و شکل گیری ریشه ها را در سه شرایط مختلف بررسی نمودند:

اولاً) انتهای ریشه های گیاهان در شرایط مغروق قرار داده شدند.

دوماً) بخش میانی ریشه های گیاهان توسط غباراتی از محلول غذایی تغذیه گردید و سوماً) بخش فوقانی ریشه ها در بالاتر از ناحیه غبارپاشی قرار داده شدند.

نتایج بیانگر این موضوع بودند که وجود اکسیژن محلول برای شکل گیری ریشه ها ضروری است. تعداد و طول ریشه ها در بخش غبارپاشی همواره از دو بخش دیگر بیشتر بود بطوریکه در بخش غبارپاشی حتی در کمترین غلظت نیز دارای ریشه های رشدیافته تری شدند (۴).

هوادهی منتهی به افزایش دسترسی به CO₂ :

گیاهان در شرایط آیروپونیک حقیقی بصورت ۱۰۰ درصد به CO₂ با غلظت ۷۸۰-۴۵۰ پی پی ام جهت انجام فتوسنتز دسترسی دارند درحالیکه بطور طبیعی در ارتفاع ۱ مایلی (۱/۶ کیلومتری) سطح آبهای آزاد به ۴۵۰ پی پی ام CO₂ در ضمن روز دسترسی وجود دارد اما غلظت CO₂ در شبها به ۷۸۰ پی پی ام افزایش می یابد ولیکن مقدار CO₂ در ارتفاع پائین تر تا حدودی بیشتر است.

بهرحال پرورش گیاهان بصورت آیروپونیک در تمامی شرایط به گیاهان امکان بهره گیری از CO₂ کافی برای انجام واکنش های فتوسنتز داده می شود.

بعلاوه پرورش گیاهان در زیر نور مصنوعی در شبانگاهان به گیاهان سیستم آیروپونیک اجازه می دهد تا از وضعیت موجود بخوبی استفاده کنند (۴).



پرورش گیاهان در شرایط عاری از بیماریها :

آیروپونیک می تواند از انتقال بیماریهای گیاهی بکاهد زیرا تماس گیاه به گیاه بدینطریق کاهش می یابد و هر پالس از پاشش محلول می تواند مجدداً استریل گردد درحالیکه شیوه های پرورش گیاهان در خاک ، بسترهای دانه ای (aggregate) و سایر بسترهای کاشت می توانند فرصت گسترش یابی و سرایت بیماریها به گیاهان مجاور را در سراسر فصل رشد فراهم سازند.

در اغلب گلخانه ها نیاز به استریلیزاسیون بسترهای جامد بعد از هر دفعه پرورش و برداشت محصول وجود دارد ولیکن در بسیاری از موارد از اینکار صرف نظر می شود و بسترهای کاشت را کلاً با بسترهای جدید و استریل جایگزین می سازند.

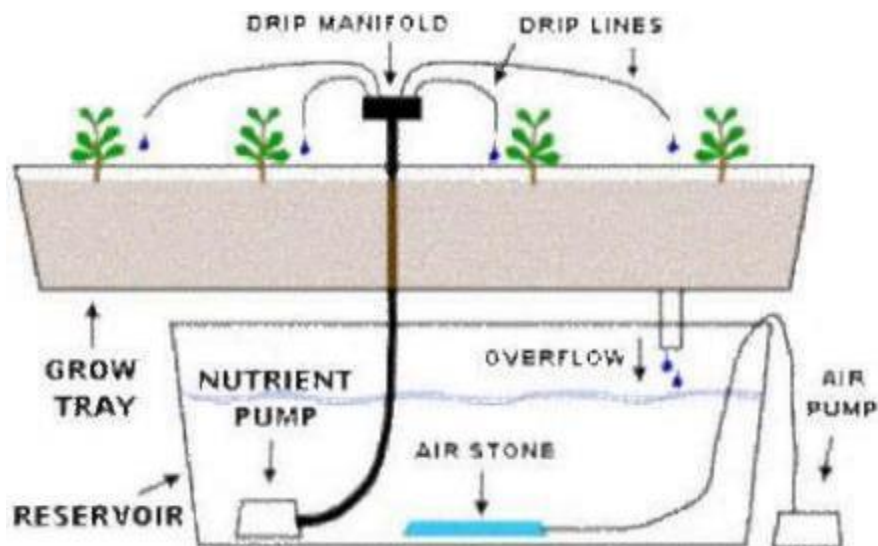
یکی از بارزترین فواید تکنولوژی آیروپونیک چنین است که اگر یکی از گیاهان به بیماری مبتلا گردد ، می توان سریعاً آنرا از ساختار آیروپونیک حذف نمود، بدون آنکه قطعه قطعه شود و یا به دیگر گیاهان سرایت یابد. پرورش گیاه ریحان (basil) از بذرهایش در یک سیستم آیروپونیک در داخل یک گلخانه مدرن از اولین دستاوردها در سال ۱۹۸۶ میلادی بوده است.

بدلیل اینکه محیط های آیروپونیک از بیماریهای گیاهی عاری هستند لذا بسیاری از گیاهان را می توان در این سیستم با تراکم زیادتری در مقایسه با سایر شیوه های کاشت سنتی از قبیل هیدروپونیک ، بستر کشت خاکی و تکنیک غشاء غذایی یا "NFT" (nutrient film technique) پرورش داد.

در سیستم های آیروپونیک تجارتي از دستگاه هایی در تطابق با گسترش ریشه دهی انواع مختلف محصولات گیاهی بهره می گیرند.

محققین از روش آیروپونیک بعنوان شیوه ای ساده ، کیفی و سریع در غربالگری اولیه ژنوتیپ های مقاوم به بیماریهای گیاهی نظیر پوسیدگی ریشه و بادزدگی گیاهچه یاد می کنند.

سیستم های آیروپونیک ایزوله بطور طبیعی امکان شمارش دقیق گیاهچه هایی که از طریق کشت در بستر خاکی آلوده شده اند، را فراهم می سازد و مانع هر گونه اختلال در شمارش می شوند (۴).



پودر کردن محلول آب و عناصر غذایی در آیروپونیک :

دستگاه هایی که در سیستم آیروپونیک برای آبرسانی استفاده می شوند معمولاً شامل : اسپری کننده ها (sprayers) ، غبارپاش ها (mistors) ، مه پاش ها (foggers) و یا دیگر ابزارهایی هستند که محلول آب و عناصر غذایی را بصورت ذرات بسیار ریز در اختیار ریشه های گیاهان قرار می دهند. سیستم های آیروپونیک طبیعتاً تولید سیستم های چرخه ای بسته ای بصورت محیط های ماکرو و میکرو می نمایند که برای پرورش با ثبات ، پایدار و قابل اعتناء گیاهان در هوا بکار می روند. امروزه اختراعات زیادی برای تسهیل اسپری کردن و غبارپاشی محلول های غذایی توسعه یافته اند زیرا کلید توسعه ریشه های گیاهان در محیط های آیروپونیک را اندازه های قطرات آب تشکیل می دهند. در کاربردهای اقتصادی ، از اسپری هایی با چرخش 360° بهره می گیرند تا تمامی فضای اطراف ریشه گیاهان را با غبارپاشی تغذیه و سیراب نمایند. در یک شیوه آیروپونیک از تکنیک غبارپاش ویژه ای بنام "مه پاش اولتراسونیک" (ultrasonic foggers) استفاده می نمایند تا محلول حاوی عناصر غذایی را با فشار کم در محیط اطراف ریشه ها بپاشند.

اندازه قطرات آب برای رشد پایدار گیاهان در سیستم آیروپونیک نقش حیاتی دارد. قطرات درشت آب مؤید کمترین میزان اکسیژن قابل دسترس برای سیستم ریشه ای گیاهان خواهد بود. قطرات بسیار ریز نظیر ذراتی که توسط غبارپاش های اولتراسونیک تولید می گردند ، موجب می شوند تا ریشه های موئین فراوانی ایجاد شوند ، بدون اینکه ریشه های فرعی مورد نیاز جهت رشد پایدار گیاهان تشکیل گردند. مبدل های اولتراسونیک نیازمند حفاظت و نگهداری بیشتری هستند بطوریکه هر گونه قصور موجب معدنی شدن اجزاء سیستم می شوند که این نقطه ضعف بواسطه نوع غبارپاشی و جنس فلزی اسپری کننده های بکار رفته می باشد. نتیجتاً گیاهان بواسطه نقصان دسترسی به رطوبت کافی دچار کاهش آماس سلولی (turgidity) و پژمردگی می شوند (۴).



جذب عناصر غذایی در سیستم آیروپونیک :

مجزا بودن فواصل غبارپاشی و مدت دوام پاشش در سیستم آیروپونیک اجازه سنجش میزان جذب عناصر غذایی را در شرایط مختلف می دهد.

"باراک" (Barak-1996) از يك سیستم آیروپونیک برای اندازه گیری غیر مخرب (non-destructive) سرعت جذب آب و عناصر غذایی در پرورش "کران بری" (cranberries) یعنی نوعی "قره قاط" بهره گرفت. در مطالعات "باراک" با اندازه گیری غلظت و حجم محلول ورودی (input) و خروجی (efflux) به میزان واقعی جذب عناصر نایل آمدند که این دستاوردها با نتایج حاصل از ایزوتوپ های نیتروژن (N-isotope) تأیید می گردند.

"باراک" در ادامه تحقیقاتش به تکمیل اطلاعاتش در پرورش "کران بری" تحت شرایط آیروپونیک برای مواردی چون میزان روزانه جذب عناصر غذایی ، ارتباط بین جذب آمونیوم و پروتون های خروجی ، ارتباط بین غلظت یون ها در محلول و میزان جذب آنها توسط گیاهان پرداخت. اینچنین تحقیقاتی علاوه بر اینکه نشانه نویدبخش بودن آیروپونیک بعنوان ابزاری در پژوهش های مربوط به جذب عناصر غذایی توسط گیاهان است بلکه امکاناتی را برای نظاره گری سلامتی گیاهان و بهینه سازی رشد گیاهان در شرایط مسدود فراهم می سازند.



پژوهش ها نشان می دهند که پاشش محلول غذایی بمیزان بیش از ۶۵ پوند بر هر اینچ مربع (450 KPa) باعث افزایش قابلیت دستیابی زیستی (bioavailability) عناصر غذایی می شود اما پاشش مداوم و شدید عناصر غذایی باید بنحو معنی داری کاهش یابد و گرنه باعث سوختگی ریشه ها و شاخه و برگ ها می شود.

در مواقعي كه دوره پاشش خيلي طولاني است و يا دوره وقفه پاشش خيلي کوتاه باشد ، منجر به پديد آمدن قطرات درشت آب در سيستم مي گردد كه اين موضوع باعث افزايش ريشه هاي مومين و كاهش ريشه هاي فرعي مي شود.

رشد گياهان و دوره ميوه دهی زمانیکه دوره پاشش کوتاه شوند ، بشدت کاهش مي يابند لذا ایده آل چنين است كه ريشه هاي گياهان آيروپونيك نبايد هيچگاه كاملاً خشك و نه كاملاً خيس باشند. يك نمونه بارز شامل دوره هاي پاشش کمتر از دو ثانيه و سپس ۲-۱/۵ دقيقه وقفه است. در مواردیکه از يك سيستم "انباشتگر" يا "اکومولاتور" (accumulator) استفاده مي شود ، دوره هاي پاشش را به يك ثانيه و دوره هاي وقفه را نیز به میزان ۱ ثانيه تنظيم مي کنند (۴).

استفاده از آيروپونيك براي توليد مواد غذايي :

"استونر" (Stoner-1986) اولين شخصي بود كه به توليد مواد غذايي بشيوه آيروپونيك براي عرضه در زنجيره كشوري فروشگاه هاي ميوه و تره بار (chain grocery) پرداخت. او در سلسله سخنراني هايي به بيان اهميت بكارگيري سيستم هاي آيروپونيك بمنظور صرفه جويي در مصرف آب و فضا در راستاي بكارگيري شيوه هاي جديد كشاورزي پرداخت. بدین 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 گستره جهاني توسعه بخشد (۴).



تجارتی کردن سیستم آیروپونیک :

آیروپونیک سرانجام مراحل آزمایشگاهی را پشت سر نهاد و وارد عرصه کشاورزی تجارتی گردید.

"بریگز" (Briggs-1966) از پیشگامان آیروپونیک تجارتی موفق به ریشه دار کردن قلمه های درختان "سخت چوب" در شرایط تعلیق در هوا (air-rooting) گردید. وی دریافت ریشه هایی که در این شرایط تولید می شوند، در مقایسه با ریشه های تولیدی بر بسترهای خاکی از استحکام بیشتری برخوردارند لذا نتیجه گرفت که مبانی ریشه زائی در معرض هوا کاملاً دقیق و بی نقص است. او کشف نمود نهال هایی که در معرض هوا ریشه دار شده اند، در صورت انتقال به خاک هیچگاه دچار شوک ناشی از انتقال نمی شوند و از رشد در مقایسه با گیاهان معمولی عقب نمی مانند در صورتیکه وقوع شوک ناشی از انتقال نهال های هیدروپونیک به زمین اصلی بسیار عمومیت دارد (۴).

"نایر" (Nir-1982) به توسعه شیوه ای انحصاری در کاربرد دستگاه های آیروپونیک تحت شرایط هدایت محلول غذایی کم فشار برای گیاهانی شد که توسط لایه نازکی از یونیلایت (Styrofoam) بحالت معلق در هوا درون یک محفظه فلزی نگهداری می شدند.

"پریور" (Prewer-1976) انگلیسی به انجام یکسری از آزمایشات با استفاده از کاهو واریته "Tom thumb" طی ۲۲ روز با استفاده از بذور در غشاء لوله ای نازکی از جنس پلی اتیلین پرداخت که با پنکه ای هوادهی می شد. این ابزارها باعث می شدند تا محلول مواد غذایی بصورت مه پاشی به تغذیه گیاهان بپردازند.

این پژوهنده در سال ۱۹۸۴ میلادی نیز به طراحی سیستم آیروپونیک تجارتی برای پرورش توت فرنگی پرداخت. گیاهان مزبور سرانجام بخوبی گلدهی نمودند و محصول مطلوبی عرضه کردند که بموقع برداشت شدند. این سیستم بویژه مورد پسند پرورش دهندگانی قرار گرفت که خواهان محصولاتی تمیز و با کیفیت بودند و نیازی به خم شدن در حین برداشت نداشتند (۴).

"استونر" (Stoner-1983) اقدام به ابداع کاربرد اولین ریزپردازنده و نصب آن در حد واسط مجرای خروج محلول غذایی و محفظه آیروپونیک پلاستیکی کرد. "استونر" بمرور گام های بیشتری در زمینه بکارگیری کنترل زیستی (biocontrol) و تشکیلات مختلف برای تولید محصولات آیروپونیک در سطح تجارتی برداشت. در سال ۱۹۸۵ میلادی، کمپانی "استونر" با نام "GTi" بعنوان اولین شرکت سازنده و بازاریاب سیستم های آیروپونیک بسته برای گلخانه ها جهت تولید محصولات گیاهی در سطح تجارتی اقدام نمود. اولین گلخانه آیروپونیک تجارتی برای تولید مواد غذایی در سال ۱۹۸۶ میلادی احداث گردید (۴).

در سال ۱۹۹۰ میلادی، شرکت "GHE" (General Hydroponics Europe) به معرفی هیدروپونیک های فانتزی (hobby) با کاربرد سرگرمی و تفریحی پرداخت که سرانجام موسوم به "aerogarden system" شدند.

البته این مورد را نمی توان در گروه آیروپونیک های حقیقی دسته بندی نمود زیرا سیستم فوق تولید قطرات ریزی (tiny droplets) از محلول غذایی در مقایسه با غبارپاشی می نمایند که منجر به حالتی نظیر بارندگی می شود. تفاوت بین آیروپونیک غبارپاش حقیقی (true mist growing) و آیروپونیک قطره ای (droplet growing) همانا تار بودن سیستم از نظر بینندگان می باشد. بهر حال محصولاتی که عموماً به بازار مصرف معرفی می گردند و ادعای تولیدات هیدروپونیک را دارند، غالباً از انواع آیروپونیک هستند (۴).

در پایان دهه ۱۹۹۰ میلادی شرکتی انگلیسی بنام "Nutriculture" به تشویق صنایع برای گسترش آیروپونیک های حقیقی پرداخت که نهایتاً به دستاوردهای بسیار خوبی نظیر "NFT" و "Ebb & Flood" در قیاس با تکنیک های سنتی رایج منجر گردید. برای اجرای آیروپونیک غبارپاش به یک پمپ ویژه نیاز می باشد که مشکلات عدیده ای را بوجود خواهد آورد. سیستم های آیروپونیک قطره ای مراقبت کمتری نیاز دارند لذا امروزه بسیاری از سیستم های آیروپونیک غبارپاش تبدیل به انواع آیروپونیک قطره ای شده اند.

اخیراً بزرگترین آیروپونیک تجارتي شناخته شده در "Chino valley" ایالت آریزونا با ظرفیت بیش از ۶۰ هزار بوته کاهو در هر ۲۸ روز احداث شده است. بعلاوه حدود ۱۲ هزار بوته از گیاهان دیگر نظیر گوجه فرنگی، لوبیا، فلفل، خیار، گیاهان دارویی، کدو خورشیدی (zucchini)، سبزی خوردن حاصل از بذور جوانه زده (micro-green)، کدو حلوائی (squash) و میوه های سته (berries) در آن پرورش می یابند (۴).

سیستم آیروپونیک قائم (VAP):

اخیراً سیستم جدیدی از کشاورزی در ایتالیا، هاوایی و کالیفرنیا توسعه یافته است که تمامی محیط پرورش بصورت محفظه ای بسته اداره می شود و موسوم به "پناهگاه زیستی" (bioshelter) است. در اینگونه پناهگاه های زیستی از یکسری استوانه های (tubes) آیروپونیک قائم جهت رشد گیاهان با کارایی زیاد بهره می گیرند. چنین ساختارهایی دارای راندمان محصول حدود ۶-۷ برابر بیشتر از گلخانه های مرسوم هستند. در اینگونه مراکز به پرورش سبزیجات باغبانی، سته ها (berries)، گل ها و برخی گیاهان خاص مبادرت می ورزند (۵).

اصول آیروپونیک مبتنی بر پرورش گیاهان بصورتی است که ریشه هایشان داخل هیچگونه بستری (substratum) از انواع مایع نظیر هیدروپونیک و یا انواع جامد نظیر خاک مرسوم استقرار نمی یابند بلکه از محفظه هایی استفاده می گردد که امکان تغذیه گیاهان داخل آن فراهم باشد. ریشه های گیاهان در اینگونه محفظه ها از بهترین شرایط کسب رطوبت و اکسیژن برخوردار می باشند. این شرایط اجازه می دهند تا مواد غذایی و رطوبت بگونه ای برای گیاهان فراهم گردند که بیشترین آسیمیلایون را انجام دهند و در سریعترین زمان توسعه یابند.

در سیستم آیروپونیک قائم یا "VAP" (vertical aeroponic planting system) اقدام به استقرار ظروف یا گلدان های (containers) حاوی گیاهان بر فراز یکدیگر می کنند. این سیستم بگونه ای طراحی شده است که گلدان ها به آسانی بحرکت در آورده می شوند تا نیازهای زیستی آنها برآورده گردند. بنابراین تعداد زیادی از گیاهان را در یک ستون قائم در درون یک ساختار فضایی مشابه گلخانه ها (greenhouse) و یا سایبان ها (shade house) مستقر می سازند. در این سیستم، عناصر غذایی محلول اجازه می یابند تا در ستون رشد از بالا بر روی گیاهان پائینی بچکند.

بسیاری از گیاهان نیازمندند که در ضمن مراحل اولیه زندگی با نور مستقیم خورشید مواجه گردند اما بمرور از وابستگی آنها به نور مستقیم خورشید کاسته می شود لذا بر اساس چنین مشاهدات و تجاربی است که گلدان های حاوی گیاهان در سیستم آیروپونیک قائم بصورت متوالی جابجا می گردند آنچنانکه گیاهان جوان را در بالاترین سطوح ستون رشد جا می دهند اما بمرور آنها را تحت یک سیستم مکانیکی بحرکت در می آورند و به سطوح پائین تر منتقل می سازند. این روند مداوماً تکرار می شود تا اجازه رشد پایدار به تمامی گیاهان بدون هیچ تداخلی داده شود.

این سیستم آیروپونیک به کشاورزی بدون هیچگونه توقف در چرخه تولید رویکرد دارد و عناصر غذایی محلول در یک سیستم مداری بسته (closed circuit) جریان دارند. مقدار مصرف آب بواسطه محدودیت در کمیت جذب آن باعث صرفه جویی در آب مصرفی می شود. بعنوان مثال: تولید هر کیلوگرم گوجه فرنگی در روش سنتی کشاورزی بر بستر خاکی نیازمند ۴۰۰-۲۰۰ لیتر، در شیوه هیدروپونیک خواهان ۷۰ لیتر و در شیوه آیروپونیک احتیاج به ۲۰ لیتر آب دارد (۵).

سیستم آبروپونیک قائم عبارت از يك چرخه مداوم در محیطی بسته است که به کاهش نیروی انسانی در یکسری از عملیات کشاورزی روزانه و سالانه می انجامد. این موضوع کارگران را قادر می سازد تا مهارت های لازم را در يك دوره زمانی چندماهه کسب نمایند درحالیکه تولیدات کشاورزی تجارتي سنتی حاصل سال ها تجربه کاربران مربوطه است.

ابزارها و دستگاه های آبروپونیک را در داخل گلخانه ها و یا سرپناه های مقاوم به تگرگ و وزش باد در انطباق با عرض های جغرافیایی زمین استقرار می بخشند زیرا کنترل شرایط اقلیمی در گلخانه ها تأمین کننده اپتیمم شرایط رشد است و منتهی به بالاترین میزان عملکرد می شود (۵).

برای استقرار "VAP" یا سیستم آبروپونیک قائم باید موارد زیر فراهم گردند :

(۱) نور خورشید (sunshine) :

توجه داشته باشید که اراضی وسیع تحت تأثیر سایه انداز کوه ها و ساختمان های مرتفع قرار نمی گیرند لذا اولویت دارند. البته اینگونه اراضی باید قابلیت دسترسی به جاده ها را داشته باشند.

(۲) آب :

دسترسی به آب مناسب جهت فعالیت های کشاورزی حائز اهمیت است گواينکه نیاز آبی سیستم آبروپونیک در حدود ۱۰ درصد نیاز آبی گیاهان مشابه در کشاورزی معمولی است.

(۳) نیروی الکتریسته :

در این سیستم به مقادیر کمی از نیروی برق نیاز است ولیکن بهتر است آنرا از طریق سلول های خورشیدی تأمین نمایند. این موضوع نیازمند آن است که پناهگاه زیستی سیستم "VAP" را در پهنه اراضی سرپا نمایند سپس به کاشت گل ها، سبزیجات و میوه ها در آن بپردازند (۵).

موارد زیر در يك پناهگاه زیستی (VAP) قابل پرورش هستند :

(الف) محصولات یکساله (annual crop) :

عملکرد محصولات یکساله در پناهگاه های زیستی حداقل بمیزان سه برابر کشاورزی معمولی و شش برابر کشاورزی گلخانه ای عادی می گردد.

ب (تولید محصولات با کیفیت و مزه ای معادل با کشاورزی معمولی

پ (تولید محصولات کشاورزی با حداقل مصرف کودها

ت (تولید محصول در تمامی فصول سال آنچنانکه موضوع فصل رشد برای گیاهان بی معنی می گردد.

ت (امکان مدیریت دقیق سود سالانه (۵).

فوايد سيستم پرورش آيروپونيك قائم عبارتند از :

مزايای سيستم "VAP" در مقايسه با كشاورزی سنتی عبارتند از :

۱ (\$) محدودیت مصرف آب :

این سیستم دارای موفقیت های تجارتي در مناطق بیابانی نظیر عربستان سعودي و اسرائیل بوده است.

۲ (\$) موفقیت های كشاورزی به وضعیت اراضي و کیفیت خاک بستگی دارد. در سیستم كشاورزی آيروپونيك اهمیتی به خاک داده نمی شود زیرا هیچگاه در فرآیند تولید آيروپونيك بکار نمی آید.

۳ (\$) تولید مواد غذایی بصورت متراکم (intensive) را می توان در اراضي کم وسعت به اجرا گذاشت. ثابت شده است که سیستم پرورش ۳ بعدی دارای بیشترین راندمان تولید سالانه در واحد سطح است.

۴ (\$) سیستم های پرورش گیاهان را می توان در جوار محل زندگی مصرف کنندگان احداث نمود ، بدینگونه احداث گلخانه ها در جوار مناطق شهری و بازارهای مصرف از هزینه های حمل و نقل می کاهند و همچنین محصولات تولیدی در کوتاه ترین زمان بصورت تازه و شاداب به خریداران عرضه می گردند.

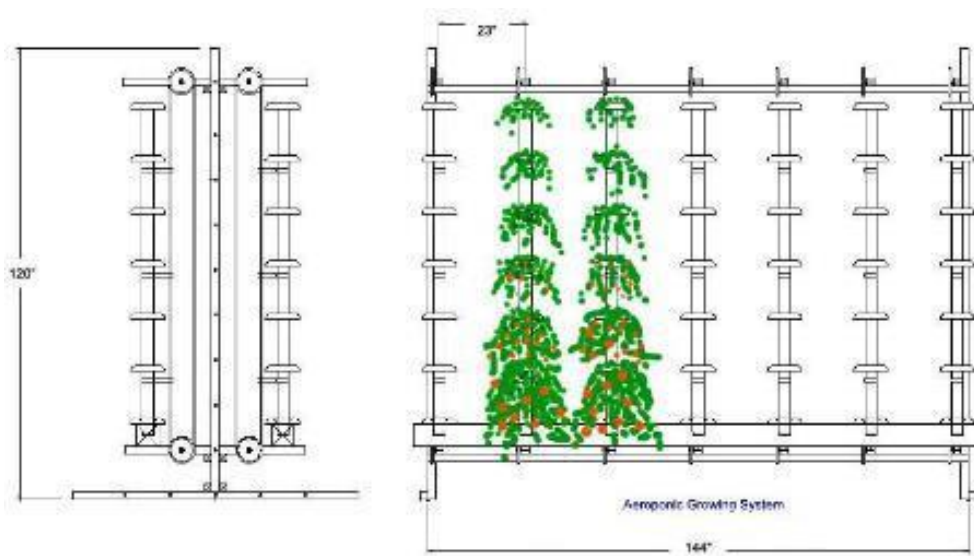
۵ (\$) عملکردها وابستگی به تنوع فصلی ندارند لذا سرما ، گرما ، خشکسالی و وزش بادهای تأثیر چندانی در عملکرد محصولات كشاورزی ندارند.

۶ (\$) عدم توقف چرخه تولید محصولات كشاورزی و ثبات عرضه آنها به بازارهای مصرف غالباً به بی ثباتی قیمت ها منجر نمی شود.

۷ (\$) اتوماسیون عملیات كشاورزی در سیستم آيروپونيك باعث کاهش نیاز به نیروی انسانی و ادوات مزرعه ای می شود لذا نیاز به نیروی انسانی ماهر و پُرهزینه کاهش می یابد. بدینگونه تولید محصولات كشاورزی در مقیاس تجارتي بدون انجام بسیاری از عملیات سنتی فراهم می گردد.

۸ (\$) تولید محصولات كشاورزی بصورت ارگانیک امکان پذیر است آنچنانکه تولیدات آلی در مناطق جلگه ای شور بیش از ۳۰ درصد افزایش می یابد.

۹ (\$) کارگران كشاورزی همانند کارگران صنایع می توانند ساعات کار روزانه ، ماهانه و سالانه معینی داشته باشند و این نکته از نظر اجتماعی بسیار اهمیت دارد (۵).



عمده ترین فواید سیستم پرورش آیروپونیک قائم عبارتند از :

سیستم "VAP" عبارت از شیوه ای مدرن از کشاورزی سازگار با مناطق بیابانی و جزایری است که محدودیت زمین و آب شیرین دارند. گرچه واژه "گلخانه" را در توصیف ساختارهای سیستم "VAP" بکار می برند ولیکن هیچگونه تشابه عمده ای بین پناهگاه زیستی "VAP" با گلخانه های عادی وجود ندارد.

- عمده ترین فواید پناهگاه های زیستی سیستم "VAP" نسبت به گلخانه های عادی بقرار زیر هستند :
- #۱ عملکرد گیاهان یکساله در هر فوت مربع از سیستم های پناهگاه زیستی "VAP" حدود ۶ برابر گلخانه های عادی است بنابراین یک پناهگاه زیستی "VAP" به وسعت ۵۰۰۰ فوت مربع معادل یک گلخانه عادی ۳۰۰۰۰ فوت مربعی محصول تولید می کند.
 - #۲ سیستم پناهگاه زیستی "VAP" بواقع هیچگونه وابستگی به فصول ندارد و می تواند به تولید محصول در سراسر سال مبادرت ورزد.
 - #۳ محیط داخلی سیستم را می توان مشابه حالت طبیعی ایجاد نمود.
 - #۴ در گلخانه های معمولی زمانی می توان به تولید محصول در سراسر سال اقدام کرد که از دستگاه های تهویه مطبوع (گرماساز و سرماساز) بهره گیرند که محیط را کاملاً به وضعیت مصنوعی اداره می کنند لذا سرمایه گذاری و هزینه های لازم برای چنین اهدافی در بسیاری از موقعیت ها غیر اقتصادی خواهد بود.
 - #۵ مصرف آب در سیستم پناهگاه زیستی "VAP" فقط حدود ۱۰ درصد آب مصرفی گلخانه های عادی است. در سیستم "VAP" هیچگاه فاضلابی تولید نمی شود زیرا محلول غذایی اجازه می یابد تا در یک سیستم بسته بازیابی گردد لذا تمامی آب مصرفی را رطوبتی تشکیل می دهد که توسط گیاهان جذب می شوند.
 - #۶ در یک سیستم پناهگاه زیستی آیروپونیک قائم تمامی عناصر غذایی مورد نیاز را در یک محلول قرار می دهند تا در یک سیستم بسته به جریان در آیند و در دسترس گیاهان واقع شوند و ترکیبات محلول مداوماً بطور اتوماتیک کنترل می گردند. ریشه های گیاهان در این سیستم فقط بخشی از مواد محلول را که مورد نیازشان است، جذب می کنند لذا محصولات تولیدی با بالاترین کیفیت و کمترین کود مصرفی حاصل می آیند.
 - #۷ در سیستم پناهگاه زیستی "VAP" به خاک های حاصلخیز نیازی نیست زیرا محلول غذایی حاوی ترکیب کامل عناصر غذایی (compost tea) سازنده گیاهان است بنابراین از نیاز گیاهان گلخانه ای به مقادیر بالایی از خاک های حاصلخیز کاسته می شود.
 - #۸ کارگران بسیار کمی در این سیستم بکار گرفته می شوند. بعنوان مثال هر پناهگاه زیستی آیروپونیک قائم به مساحت ۴۵۰۰۰ فوت مربع نیازمند فقط ۲ تکنیسین و ۶ کارگر غیر ماهر است.
 - #۹ سیستم های "VAP" را بصورت ۱۰ x ۶ x ۱۲ فوت و مشابه آن طراحی می کنند و حداقل اندازه تجارتي مفید را ۱۰۰۰۰ فوت مربع در نظر می گیرند (۵).

عملکرد محصولات کشاورزی در سیستم VAP :

عملکرد محصولات درون استوانه های کاشت (planting tubes) برای هر نوع گیاه و موارد مصرف متغیر است. بعنوان مثال :

*** تولید گوجه فرنگی در سیستم آبروپونیک قائم :

تراکم کاشت در استوانه کاشت عبارت از یک بوته به ازای هر یارد (حدود ۴۵ سانتیمتر) مربع از سطح پوشش

هر استوانه دارای ۶ سطح کاشت (cultivation level) با ۴ گیاه در هر کدام
چرخه کاشت شامل ۹۰ روز که هر گیاه دارای محصولی معادل ۳/۳ پوند می گردد.

بنابراین عملکرد محصول گوجه فرنگی شامل :

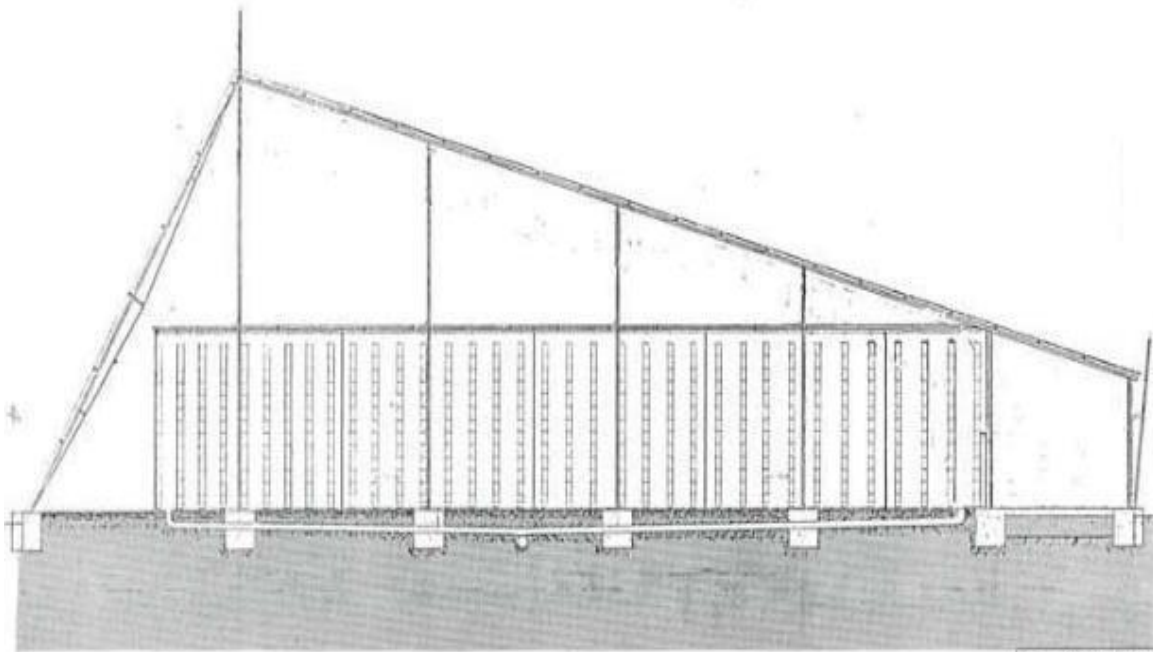
= گیاه ۴ × پوند محصول ۳/۳

= سطح ۶ × پوند / سطح ۱۳/۲

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

= یارد مربع / سال / پوند ۳۱۶/۸

فوت مربع / سال / پوند ۳۵/۱ (مأخذ ۵).



C 12 1000m2 Standard

The VAP Systems Greenhouse

آیروپونیک در مناطق گرمسیری:

آشیانه آیروپونیک که در دومین ناحیه جنگلی در "Kranji" سنگاپور تأسیس شده است، حاوی مزارع گوناگونی است که برای بازدید افرادی با سنین مختلف بسیار جالب است. فعالیت های مزرعه با اهداف گوناگون انجام می پذیرند تا بهترین و سالم ترین محصولات را جهت عرضه به بازار مصرف فراهم سازند. این آشیانه جزو مزارع آیروپونیک نواحی گرمسیری (tropical) محسوب می گردد.

"کاهوی سرشکفته" (butterhead lettuce) از مهمترین محصولات این آشیانه است که برای سوپرمارکت های محلی تولید می شود و بدینوسیله کنجکاوای عموم را در مورد آیروپونیک بر می انگیزاند زیرا بدون هیچگونه بهره گیری از خاک بعنوان بستر رشد بعمل می آید.

بازدیدکنندگان آشیانه مذکور می توانند از گردش داخلی با یکنفر راهنما که از ۹ صبح آغاز می شود، استفاده کنند و ضمن آن با پرداخت بهایی اندک به دریافت نمونه هایی از محصولات آشیانه نائل آیند. این تور با ۱۵ دقیقه تماشای ویدئویی فعالیت های آشیانه آیروپونیک همراه با نوشیدن لیوانی از عصاره های گیاهی آغاز می گردد. تور مزبور فقط یکساعت بطول می کشد سپس بازدیدکنندگان می توانند در تمامی بخش های آشیانه که دارای تولیدات گیاهی مختلفی چون گیاهان دارویی (herbs)، معطر و سبزیجات هستند، به گشت و گذار بپردازند.

این مزرعه تولیدی- نمایشی به بازدیدکنندگان اجازه کندن گیاهان فصلی را جهت لذت بردن از فعالیت های کشاورزی می دهد. بسیاری از فعالیت های آشیانه بویژه جوانه دار کردن بذور، تهیه نشاءها و تولید سریع برخی از محصولات در گلخانه های آیروپونیک انجام می شود و اینگونه محصولات پس از برداشت و بسته بندی به بازار عرضه می گردند (۲).

آیروپونیک بعنوان ابزار پژوهش:

آیروپونیک خیلی زود پس از توسعه یافتن بعنوان یک ابزار ارزشمند پژوهشی پذیرفته شد. آیروپونیک راهی غیر تهاجمی را به پژوهشگران عرصه رشد و نمو ریشه ها ارائه نمود. این تکنولوژی جدید به محققان اجازه داد تا تعداد بیشتری از آزمایشات را با پارامترهای آزمایشی وسیعتر در کارهایشان بکار گیرند. توانایی کنترل دقیق سطوح رطوبت و مقدار آب مصرفی در سیستم آیروپونیک، آن را روشی ایده آل برای مطالعه اثرات استرس رطوبت در گیاهان ساخته است.

"هابیک" (Hubick) شیوه آیروپونیک را وسیله ای ارزشمند جهت تولید با ثبات با کمترین نیاز آبی جهت آزمایشات فیزیولوژی گیاهان در شرایط خشکی و غرقابی دانسته است. آیروپونیک همچنین ابزاری ایده آل برای مطالعه در زمینه مورفولوژی ریشه گیاهان می باشد.

در صورت فقدان بسترهای دانه بندی (aggregate) می توان از شیوه آیروپونیک برای مطالعه ریشه ها بهره گرفت بطوریکه امکان خارج ساختن ریشه ها بطور کامل و بی نقص وجود دارد درحالیکه ممکن است خروج ریشه ها از بسترهای خاک و یا دانه بندی به ناقص شدن آنها بینجامد. ضمن اینکه ریشه های تولیدی در روش آیروپونیک دارای طبیعی ترین حالت رشد نسبت به دیگر شیوه ها حتی شیوه هیدروپونیک هستند (۴).

سیستم های تکوین رشد آیروپونیک :

اولین دستگاه آیروپونیک تجارتي در سال ۱۹۸۳ میلادي توسط شرکت "GTi" ساخته شد و در اختیار علاقمندان قرار گرفت. این دستگاه را بر مبنای فیلم سینمایی "سفر ستاره ای ۲" (Star Trek II) با عنوان "خشم خاقان" (The wrath of khan) بنام ماشین تکوین (Genesis machine) نام گذاری کردند زیرا از آن برای تکوین سیستم ریشه ای گیاهان بهره می گیرند. دستگاه مذکور به کمک يك "ریزپردازنده" (microchip) با سیستم چرخشی سیال تحت فشار بالا به اسپری محلول غذایی بصورت ذرات ریز درون محفظه آیروپونیک می پردازد. این وقایع در آن زمان بعنوان انقلابی در توسعه تکنولوژی پرورش گیاهان در هوا محسوب می گردید. سیستم ساده ماشین تکوین از یکطرف به شیر آب ورودی (water faucet) و از طرف دیگر به يك دریچه خروج (outlet) آب نوع الکتریکی مرتبط است (۴).

سیستم آیروپونیک تکوین رشد "GTi" برای تسهیل در امور گلخانه ای در سال ۱۹۸۵ میلادي بوجود آمد بنابراین در سال ۱۹۸۵ میلادي ، شرکت "GTi" دومین سخت افزار تکثیر گیاهان به روش آیروپونیک را با عنوان "Genesis growing system" معرفی نمود. این دستگاه از سیستم کاملاً بسته ای الهام گرفته بود. سیستم مذکور تمامی محلول غذایی و فاضلاب های تولیدی را با "ریزپردازنده ای" کنترل می نمود و آنها را بصورت بازیافت بکار می گرفت.

بدین ترتیب سیستم های آیروپونیک توانایی خود را در حمایت از جوانه زنی بذور تا مرحله برداشت محصولات گیاهی به اثبات رساندند. امروزه از برخی سیستم های بسته (closed-loop) و باز (open-loop) شرکت "GTi" همچنان بهره برداری می شود (۴).

ازدیاد آیروپونیک گیاهان (کلون سازی) :

دستگاه آیروپونیک "GTi" از طریق ریشه زایی قلمه های گیاهان به تکثیر غیرجنسی آنان مبادرت می ورزد. پرورش آیروپونیک انقلابی را در کلون سازی (cloning) با تکثیر از طریق قلمه های گیاهان از سال ۱۹۸۳ میلادي بوجود آورد.

اولاً آیروپونیک اجازه می دهد تا کلیه فرآیندهای پرورش در داخل یکدستگاه منفرد انجام پذیرند. ثانیاً تعداد زیادی از گیاهانی که قبلاً امکان تکثیر نداشتند و یا بسختی ازدیاد می یافتند ، بدین وسیله می توانستند با تهیه قلمه از يك ساقه منفرد به آسانی زیاد شوند.

این شیوه بعنوان عطیه ای برای گلخانه دارانی بود که همواره در صدد تکثیر درختان "سخت چوب" (hardwoods) و کاکتوس ها (cacti) با بذورشان بر می آمدند زیرا در صورت بکارگیری قلمه ها جهت تکثیر در خاک با امکان سرایت بیماری های باکتریایی مواجه می گردند.

امروزه سیستم آبروپونیک بر شیوه های هیدروپونیک و کشت بافت در مقوله ازدیاد استریل گونه های مختلف گیاهان تفوق یافته است. بوسیله ماشین تکوین و یا سایر دستگاه های آبروپونیک مشابه ، بسیاری از دست اندرکاران و علاقمندان عرصه کشاورزی به تولید کلون های گیاهی موفق گردیده اند و به سبب اتوماسیون بسیاری از بخش های فرآیند ، گیاهان را می توان به تعداد صدها و یا حتی هزاران عدد کلون سازی کرد. بطور خلاصه ، کلون سازی بسیار ساده تر شده است زیرا دستگاه های آبروپونیک امکان ریشه زایی سریعتر و پاک تر در محیط های استریل سرشار از اکسیژن ، مواد غذایی و رطوبت را فراهم ساخته اند (۴).

ریشه زایی نشاءها در آبروپونیک (air- rooted) :

آبروپونیک بنحو بارزی پیشرفته تر از تکنولوژی کشت بافت است. این روش در کمترین زمان باعث کلون سازی می شود و از تعداد نیروی انسانی که در کشت بافت بکار گرفته می شوند ، می کاهد. نشاءهای ریشه دار سیستم آبروپونیک را می توان مستقیماً در خاک قرار داد. آبروپونیک می تواند مراحل ۱ و ۲ را در شیوه کاشت گیاهان در خاک حذف کند. گیاهان کشت بافت باید در محیط کشت استریل کاشته شوند (مرحله ۱) و جهت توسعه بیشتر مجدداً به خاک استریل دیگری (مرحله ۲) انتقال یابند آنگاه پس از آنکه نشاءها به اندازه کافی قوی گردیدند ، به انتقال آنها مستقیماً به خاک مزرعه اقدام می گردد.

تمامی مراحل فرآیند کشت بافت علاوه بر اینکه به نیروی انسانی زیادی نیازمند است ، بشدت در معرض سرایت بیماریهای گیاهی و شکست در دستیابی به اهداف می باشند.

در صورت بکارگیری سیستم آبروپونیک ، پرورش دهندگان کلون های گیاهی می توانند نشاءهای ریشه دار شده را مستقیماً به خاک مزرعه انتقال دهند. ریشه هایی که در شرایط آبروپونیک تولید شده اند، هیچگاه حساس به پژمردگی و از دست دادن برگ ها در اثر شوک ناشی از انتقال به خاک مزرعه نیستند در صورتیکه نشاءهای حاصل از هیدروپونیک چنین توانایی را ندارند زیرا گیاهان آبروپونیک از سلامتی کامل بهره می برند و بنابراین با احتمال کمتری در معرض سرایت پاتوژن های بیماریزای گیاهی قرار می گیرند ولیکن اگر میزان رطوبت نسبی (RH) در محیط رشد ریشه ها بالغ بر ۷۰ درصد شود آنگاه بر احتمال رشد اندام های قارچی ، جلبک ها و باکتریهای بی هوازی افزوده می گردد.

کوشش هایی که بوسیله شرکت "GTi" در سال های اخیر انجام گرفته است ، نشان می دهد که حمایت مصنوعی از گیاهان تحت سیستم آبروپونیک می تواند بر رشد آنها بیش از شرایط هیدروپونیک و یا بسترهای خاکی بیفزاید.

شرکت "GTi" مجوزی برای شیوه های تمام پلاستیک و کنترل سیستم توسط "ریزپردازنده ها" در سال ۱۹۸۵ میلادی دریافت داشت لذا امروزه از آبروپونیک بعنوان شیوه ای در صرفه جویی زمان و هزینه ها استفاده می شود. سیستم های آبروپونیک از نظر اقتصادی توانسته اند مشارکت بسیار خوبی در جبران هزینه ها داشته باشند و از این طریق به پیشرفت کشاورزی کمک نمایند (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 "مینرالیزاسیون" (mineralization) مواد تشکیل دهنده 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).

گیاهان فضایی (space plants) :

گیاهان از جمله اولین موجودات زنده ای بودند که در سال ۱۹۶۰ میلادی در طی دو مأموریت جداگانه توسط سفینه های "اسپوتنیک ۴" و "دیسکوری ۱۷" به خارج از جو زمین برده شدند. در ضمن اولین سفرهای فضایی انسان بذور گیاهانی چون : گندم ، نخود سبز (pea) ، ذرت ، پیازچه (spring onion) ، گل شوییدی (nigella damascene) و همچنین سلول های خزه سبز تك یاخته ای موسوم به "کلورلا" (chorella pyrenoidosa) به مدار زمین برده شدند (۴).

برخی از اولین نتایج پژوهشی نشاندهنده اثرات کاهش نیروی جاذبه بر جهت گیری ریشه ها و ساقه های گیاهان در فضا بودند. متعاقباً پژوهش های عدیده ای در مورد تأثیر کاهش جاذبه بر ارگانیزم ، سلول ها و سطوح زیر سلولی گیاهان انجام گرفتند. در سطوح سلولی مثلاً واریته هایی از کاج (pine) ، یولاف ، لوبیای مانگ (mung bean یا vigna radiate) ، کاهو ، شاهی یا ترتیزک (cress) و صمغ عربی (Arabidopsis thaliana) نشاندهنده کاهش رشد گیاهچه ها ، ریشه ها و ساقه ها در شرایط کاهش نیروی جاذبه بودند درحالیکه کاهش جاذبه در چنین شرایطی موجب اثرات رشد متضادی در گیاهان می گردد.

بنظر می رسد که وضعیت جذب مواد معدنی توسط گیاهان نیز در شرایط فضا تأثیر می پذیرد. بطور مثال : نخود سبزیهایی که در شرایط فضا پرورش یافتند ، از سطوح فسفر و پتاسیم بیشتر و میزان کلسیم ، منیزیم ، منگنز ، روی و آهن کمتری برخوردار شدند (۴).



کنترل زیستی در فضا (Biocontrols in space) :

سازمان فضایی آمریکا (ناسا) در سال ۱۹۹۶ میلادی به حمایت از پژوهش های "استونر" در مورد کنترل زیستی مایع طبیعی (nature liquid) تحت عنوان "ODC" یا "Organic Disease Control" پرداخت. این فعالیت در ارتباط با پرورش گیاهان بدون نیاز به آفت کش ها بعنوان وسیله کنترل پاتوژن ها در يك سیستم بسته بود. "ODC" از مواد آبی طبیعی ناشی شده بود.

آزمایشات کنترل زیستی "استونر" در سال ۱۹۹۷ میلادی توسط "ناسا" مدیریت گردید. "ناسا" آزمایشات دیگری را در زمینه فواید کنترل زیستی طراحی و اجرا نمود. "ODC" امروزه بعنوان شیوه استاندارد برای پرورش گیاهان در شرایط آیروپونیک و بدون نیاز به آفت کش ها در جهت تولید ارگانیک محصولات گیاهی مطرح گردیده است.

پرورش دهندگان گیاهان در شرایط خاک و یا هیدروپونیک می توانند از مشارکت "ODC" در تکنیک های کاربردی خویش بنحو سودمندی بهره گیرند (۴).



آیروپونیک برای زمین و فضا :

"استونر" در سال ۱۹۹۸ میلادی دریافت که "ناسا" در صدد توسعه سیستم های آیروپونیک کارآمد در زمین و فضا است. "استونر" نشان داد که بیوماس خشک کاهو را می توان به شیوه آیروپونیک افزایش داد و بدین طریق "ناسا" را متقاعد نمود تا از برخی سیستم های پیشرفته آیروپونیک "استونر" بهره گیرد. هدف از پژوهش های هدایت شده "ناسا" عبارت از شناسایی و آزمایش تکنولوژی های کارآمد مربوط و منجر به رشد گیاهان در محیط هایی با نیروی جاذبه مختلف بود. بعنوان مثال : محیطی با نیروی جاذبه کم دارای مشکلاتی در تأمین مؤثر آب و سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و ترمیم مداوم سیال است.

تولید مواد غذایی در محیط هایی با نیروی جاذبه کم در فضا درگیر دشواری هایی نظیر : انتقال آب ، حداقلی از مصرف آب و وزن سیستم های آیروپونیک می باشد. تولید مواد غذایی در سطح سیاراتی نظیر ماه و مریخ نیازمند سنجش کامل شرایط جاذبه کم (hypogravity) است زیرا فشار حاصل از جریان سیال در محیط هایی با نیروی جاذبه کم باعث اپتیمم رشد گیاهان می شود.



امروزه روش های مختلف آیروپونیک برای محیط های کم جاذبه و شرایط زمین جهت رساندن عناصر غذایی به گیاهان ابداع شده اند. "سوبسترات های" (بسترهای کاشت) که در این شیوه ها بکار می روند شامل : بستر سنتی خاک ، "زنوپونیک" یعنی "سیلیکات هیدراته مضاعف آلومینیم سدیم یا کلسیم یا پتاسیم" (zeoponics) ، آگار و رزین های تبادل یونی عناصر غذایی می باشند. بعلاوه در برخی از شیوه ها که از خاک بهره نمی گیرند ، از شیوه های توسعه یافته ای نظیر تکنیک غشاء عناصر غذایی (nutrient film) ، آیروپونیک و شیوه جزر و مدی (ebb & flow) استفاده می کنند.

در شیوه آیروپونیک ، آب حاوی عناصر غذایی را بصورت ذرات ریز اسپری می کنند لذا میزان مصرف آب کاهش ولی میزان اکسیژن رسانی به ریشه ها افزایش می یابد که منجر به رشد عالی گیاهان می شود. گواينکه در شیوه آیروپونیک به حذف سوبسترات (بستر) اقدام می شود ولیکن برای کاهش بقایای مازاد حاصل از ذخیره مواد غذایی به انجام فرآیندهایی توسط سایر سیستم های زنده نیازمندند.

همچنین عدم حضور بستر کاشت (سوبسترات) باعث :

الف) تسهیل در عملیات برداشت می شود.

ب) شرایط را برای اتوماسیون تولیدات گیاهی فراهم می سازد.

پ) از حجم و وزن مواد معدنی قابل پخش می کاهد.

ت) مسیر انتقال پاتوژن ها را حذف می نماید.

این قبیل از فواید در ترکیب با نتایج پژوهش های مشابه ضمن اصلاح زیست پذیری آیروپونیک می تواند سیستم مذکور را بعنوان بهترین گزینه جهت تولید مواد غذایی کافی در فضا مطرح سازند (۴).

دستگاه های آیروپونیک قابل بادشدن (inflatable) :

در سال ۱۹۹۹ میلادی ، "استونر" با حمایت "ناسا" به توسعه سیستم های آیروپونیک کم حجم یا "AIS" (Inflatable Aeroponic System) با کارایی بالایی در تولید مواد غذایی جهت کاربرد در شرایط زمین و فضا مبادرت ورزید.

آیروپونیک بین المللی (AI's) سازمانی خودنگهدار است که در جهت اصلاح سیستم های آیروپونیک از جمله تطبیق آنها با شرایط مختلف و کنترل هدایت آب و مواد غذایی به ریشه های گیاهان فعالیت می کند.

"ناسا" برای اینکه نیازهای غذایی فضانوردانی را که قرار است به سیاره مریخ گسیل نماید ، بطریقی برآورده سازد و به دلیل اینکه انتقال و استقرار دستگاه های فعلی آیروپونیک موجب دشواری هایی می شوند لذا در صدد تولید ساختارهای آیروپونیک قابل بادشدن (inflatable aeroponic) می باشد تا براحتی به فضا منتقل و سپس مستقر گردند و به تولید مواد غذایی مورد نیاز فضانوردان بپردازند (۴).

"ناسا" در حال طراحی سناریوهایی است تا خدمه مستقر در مریخ را در ۶۰ درصد فرصت ها و زمان بیکاری آنان برای امور کشاورزی و تولید مواد غذایی مورد نیازشان بخدمت بگیرد. "ناسا" یقین یافته است که سیستم آیروپونیک تنها گزینه ای است که می تواند در شرایط فضا با کمترین میزان مصرف آب و انرژی به حداکثر راندمان محصول دهی منجر گردد.

گیاهانی که به شیوه آیروپونیک پرورش می یابند حدوداً ۹۹/۹۸ درصد از دوره زندگی خود را در مجاورت هوا و فقط ۰/۲ درصد آنرا در تماس با ذرات بسیار ریز محلول حاوی آب و مواد غذایی سپری می کنند لذا گیاهان در ضمن زمانی که بدون آب هستند ، اجازه می یابند تا از طریق ریشه ها به جذب اکسیژن با قابلیت بالاتر بپردازند.

ب عنوان مثال :

گیاهان در سیستم "NFT" به جذب عناصر غذایی از يك لیتر آب در دقیقه در مقایسه با ۱/۵ میلی لیتر آب در دقیقه برای سیستم آیروپونیک می پردازند.

از آیروپونیک می توان برای پرورش گیاهان دارویی در جهت توسعه "زیست داروها" (bio-pharma) بهره گرفت. چنانکه تکنولوژی امروزی به دانشمندان اجازه می دهد تا گیاهان دارویی را در سیستم های بسته آیروپونیک برای تهیه تولیدات جانبی دارویی پرورش دهند.

ب عنوان نمونه :

پژوهندگان دانشگاه "داکوتای جنوبی" در سال ۲۰۰۵ میلادی بنحو موفقیت آمیزی به پرورش ذرت های "ترانس ژنیک" پرداختند و بدین وسیله از دخالت کرده های سایر ارقام ذرت به محیط پرورش آیروپونیک برخوردار از سیستم بسته جلوگیری نمودند. ذرت ترانس ژنیک پرورش یافته دارای خوشه های کامل بود و برای تهیه داروهای گیاهی مورد نظر استفاده گردید (۴).

منابع و مأخذ :

- 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"

مقدمه :

فرآیند شهرنشینی (urbanization) در پایان قرن بیستم میلادی در جهان اوج گرفت بطوریکه امروزه حدود ۵۰ درصد مردم دنیا در مناطق شهری زندگی می کنند و انتظار می رود که هر ساله حدود ۲ درصد بر این میزان افزوده گردند، تا جاییکه حدود ۳ میلیارد نفر دیگر در سال ۲۰۵۰ میلادی بر جمعیت کره زمین افزوده گردند .

یقیناً بدنبال افزایش جمعیت و درصد شهرنشینی جهانی بر میزان تقاضای مواد غذایی افزوده می شود و این موضوع بر نزول کیفیت و تخریب اراضی کشاورزی اضافه می کند. بنابراین با توجه بر سرعت رشد جمعیت شهری باید در صدد پایداری تأمین نیازهای شهروندان بود. در یک سکونتگاه شهری ایده آل باید از تخریب محیط زیست کاسته شود بگونه ای که از طریق بازیافت ضایعات به تولید انرژی و مواد غذایی مصرف کنندگان پرداخت.

مزارع عمودی نظریه ای است که در صدد تبیین معضلات اساسی ناشی از تنزل کیفیت شرایط محیطی موجود برمی آید و تلاش دارد تا آنها را از طریق کمپوست سازی، بازیافت ضایعات غذایی و کشاورزی درون سازه های شهری بر طرف سازد. معضلات اکولوژیکی شهرها بدین طریق می تواند کاهش یابند و نتیجتاً شهرها پایداری بیشتری می یابند. کاهش ضایعات و افزایش تولید مواد غذایی برای مصرف شهروندان قادر است بر کیفیت زندگی در شهرها و حومه ها بیفزایند. کاهش حجم حمل و نقل ضایعات و مواد غذایی تولیدی و بکارگیری ساختمان های مستعمل می توانند مستقیماً بر کیفیت سکونت در شهرها اضافه نمایند. مدل مزارع عمودی شهری را می توان در شهرهای بزرگی نظیر نیویورک اجرا نمود اما پیامدهای منفی استقرار و صدمات مزارع عمودی شهری می باید قبلاً بخوبی بررسی و تبیین گردند (۵).

کشاورزی عمودی چیست ؟

"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. ایده 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 اما 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 کارایی بالا، امنیت و هزینه مطلوب برخوردار باشند. مزارع عمودی را در ساختمان های چندطبقه و در مراکز شهرهای بزرگ جهان احداث می کنند. آنها در صورتیکه بخوبی اجرا شوند، می توانند نویدبخش حیاتی دوباره، تولیدات کشاورزی پایدار و ایمنی تدارک غذاهای متنوع 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 اما اینک زمانی فرا رسیده 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. گواينکه 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 از محصولات 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 اشغال 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.

ایده 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 توجه 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 کارایی زیاد اجازه می دهد تا بسیاری از اراضی زراعی آزاد گردند اما زمانی که 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 تهیه 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 اما 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 جاذب 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 نفر جمعیت 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 بخريد زيرا به هيچوجه بيش 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 اهمیت 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) تکنولوژی هیدروپونیک (hydroponics)
- ۲) تکنولوژی آیروپونیک (aeroponics)
- ۳) تکنولوژی آبیاری قطره ای (drip irrigation)
- ۴) انرژی حاصل از ضایعات (waste to energy)
- ۵) اتوماسیون (automation)
- ۶) بازیافت آب های مصرفی (water re-capture)
- ۷) استفاده از انرژی های منفعل (passive energy)
- ۸) کاربرد لامپ های "ال ای دی" (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 یینگ" (Ken Yeang) حداقل ۱۰ سال قبل از "دیسپومیر" طراحی و اجرا شد. "یینگ" 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 بنیانگذار و اولین نظریه پرداز کشاورزی در آسمانخراش ها و مزارع عمودی مطرح نیستند (۱۰).



پ (آسمانخراش های "دیسپومیر" :

سومین 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 کارایی 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 زنده 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 تجاری 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 "هلیس" یا "پیچ ارشمیدس" (Archimedes screw) جهت آبیاری باغ های پلکانی بهره می گرفته اند. براساس مدارك تاریخی تخمین زده می شود که باغ های معلق بابل بطور روزانه نیازمند حداقل ۸۲۰۰ گالن (هر گالن معادل ۳/۸ لیتر) برابر با ۳۷۰۰۰ لیتر آب جهت آبیاری بوده اند.

مزارع پیشرفته ای نظیر مزارع عمودی را هیچگاه نمی توان بدون در نظر گرفتن مسائل قانونی و بررسی های گسترده زیست محیطی و امکانات قابل دسترس احداث نمود. بررسی مدارك جدید نشان می دهند که يك برج کشاورزی هیدروپونیک موسوم به "هیدروپونیکوم" (hydroponicum) قبل از سال ۱۹۵۱ میلادی در ارمنستان وجود داشته است.

مقامات مسئول استدلال می کنند که مزارع سنتی بیرونی اگر تبدیل به مزارع عمودی گردند علاوه بر اینکه از مصرف انرژی جهت حمل و نقل محصولات تولیدی کاسته می شود، یقیناً از تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش CO2 اتمسفر نیز کم خواهد شد اما منتقدان اظهار می دارند که هزینه های مصرف انرژی برای تدارك روشنائی، گرما، سرما و دیگر نیازهای کشاورزی عمودی می تواند بسیار بیشتر از سود حاصل از چنین ساختارهایی باشند.



يکي از اولين نوشتارها در مورد بکارگيري ساختمان هاي بلند مرتبه بمنظور توليد مواد غذايي توسط "ريم کولاس" (Rem Koolhaas) در اولين شماره هاي مجله "لايف" (life) در سال ۱۹۰۹ ميلادي منتشر گرديد. آنزمان تصور بر ايجاد مزارع عمودي در ميان مزارع سنتي بوده است اما بمرور آنرا به استفاده از ساختمان هاي متروکه شهرها بسط دادند. مقالات متعاقب عرضه کننده پيشنهادهاي براي توليد بذور مناسب جهت مزارع عمودي بودند که 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) نشاندنده حضور کشاورزي عمودي حدود ۴۰ سال قبل از مطرح شدن و رواج آن در عصر حاضر بوده است.



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

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

در طی دوره ای که بشر به توسعه و تجربیات علمی می پرداخت، اولین واحد برج هیدروپونیک در کشور ارمنستان احداث گردید. برج هیدروپونیکوم ارمنستان اولین ساختمان مزارع عمودی می باشد که در اسناد هیدروپونیک "Sholto Douglas" جهان مستند گردیده است.

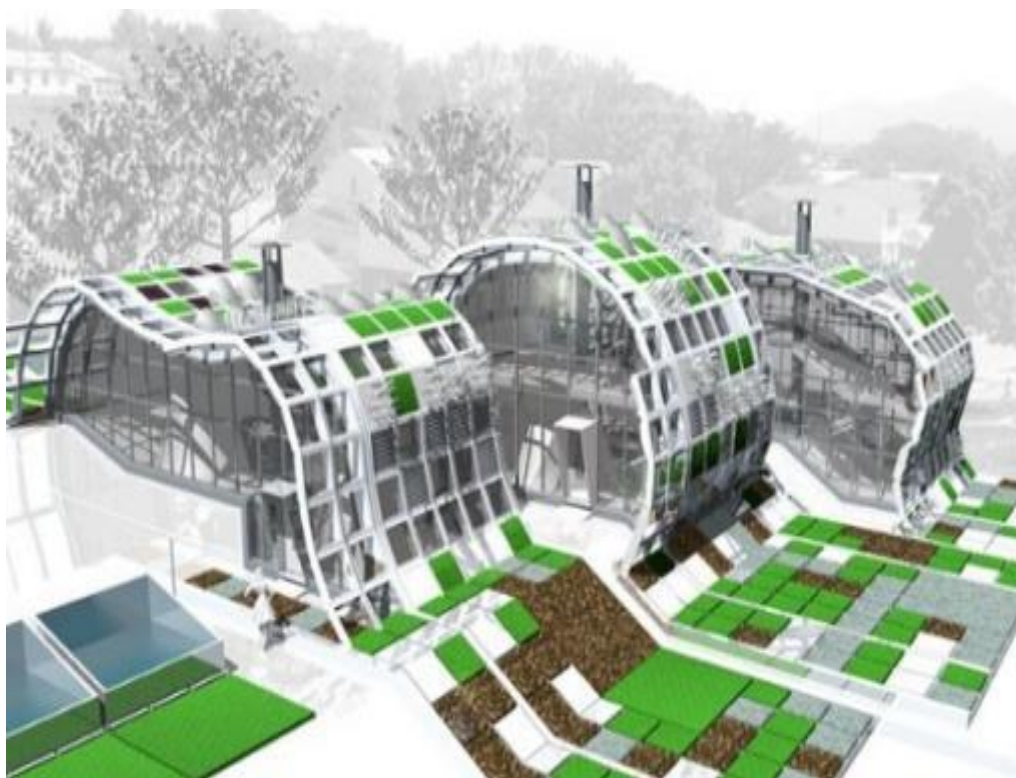
"سیستم بنگال" (Bengal system) بعنوان نوعی از مزارع عمودی اولین دفعه در سال ۱۹۵۱ میلادی منتشر شد. کشورهای که از سیستم کشاورزی عمودی بهره می گرفتند، برای بیش از ۵۰ سال به پیشرفت های بیشتری گام نهادند تا اینکه پیشران جدیدی ظهور کردند و ساختارهایی چون :
 "اقلیم زنده آسمانخراشی" (Bioclimate skyscraper-1992) ، "pigcity-2000" ، " - Meta city
 2000" و "Garden Tower -2001" احداث شدند.



"Ken Yeang" احتمالاً اولین شخصی است که به استفاده ترکیبی از اقلیم زنده آسمانخراشی پرداخت آنچنانکه در آنها علاوه بر واحدهای زیستی به تولید مواد غذایی نیز اقدام گردید.

"دیکسون دیسپومیر" پروفیسور رشته بهداشت محیط و میکروبیولوژی در دانشگاه کلمبیا شهر نیویورک بوده است. او ایده کشاورزی عمودی را در سال ۱۹۹۹ میلادی در دوره های اکولوژی پزشکی مطرح ساخت. وی نظریه خود را با به اجرا گذاشتن "باغ های پشت بامی" (rooftop garden) در منطقه "منهاتن" نیویورک حائز حدود ۲ میلیون نفر جمعیت در سطح ۵/۵ هکتار به چالش کشید اما محاسبات نشان دادند که با بکارگیری شیوه باغ های پشت بامی فقط می توان مواد غذایی لازم برای حدود ۲ درصد ساکنین شهرها فراهم ساخت.

عدم رضایتمندی از چنین نتایجی باعث شد تا "دیسپومیر" پیشنهاد عجیب دیگری را از آستین ابداعات خارج سازد و آن عبارت از ایده پرورش گیاهان بصورت اندرونی یعنی شیوه کشاورزی عمودی بود. بدینگونه جرّقه بکارگیری کشاورزی درون شهری در آسمانخراش ها نضج گرفت لذا در سال ۲۰۰۱ میلادی اولین مزارع عمودی واقعی معرفی گردید و متعاقباً دانشمندان ، پژوهندگان ، آرشیکت های کثیری به کار در این زمینه پرداختند تا به پیشرفت آن کمک نمایند.



دکتر "دیسپومیر" در مصاحبه با سایت "Miller-McCune.com" اینچنین عنوان نموده است :

" هر طبقه از مزارع عمودی باید دارای کنترل کننده آب و عناصر غذایی جداگانه ای باشد. هر نوع از گیاهان باید سنسور ویژه ای داشته باشند تا مقدار و نوع عناصر غذایی جذب شده را برملا سازند. با استفاده از تکنولوژی "DNA chip" می توان به دیده باتی بیماری های گیاهی پرداخت و از طریق نمونه گیری هوا و اجسام به حضور پاتوژن های گیاهی و ویروس های مختلف و باکتری های مسری پی برد. همچنین توسط "کروماتوگرافی گازی" می توان دریافت که کدام نوع از "فلاونوئیدهای" (flavenoids) سازنده طعم ها و مزه ها در محصولات پرورشی تولید شده اند زیرا وجود طعم و مزه طبیعی برای برخی محصولات نظیر گوجه فرنگی و فلفل سبز حائز اهمیت است. این مسائل برای ویژگی ماندگاری قفسه ای محصولات نیز مهم است بنابراین ممکن است که با وجود توانایی اجرای مزارع عمودی لزوماً به اجرای گسترده آنها در حال حاضر اقدام نکنند ولیکن کاربرد آنها در آتی اجتناب ناپذیر خواهد بود."

متعاقباً طرح های معماری متنوعی در دانشگاه کلمبیا توسط "Chris Jacob" و "A . Hranis" و در دانشگاه "واترلو" توسط "G . Graff" ارائه گردیدند. سپس در طی سال ۲۰۰۷ میلادی مقالات متعددی در نشریاتی چون : "popular science" ، "U.S News & World report" ، "New York Times" ، "Maxim" و "Scientific American" در مورد مزارع عمودی بچاپ رسیدند و برنامه های متعدد رادیویی و تلویزیونی تهیه 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 القاعگر 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 مسرت بشنوند.

پروژه "sustainable yard scraper" از جمله طرح های عظیمی است که برای اجرای کشاورزی عمودی در شهر "بروکلین" احداث شده است.

پروژه "Ruwan Fernando" بگونه ای در استرالیا طراحی شده است که دارای ۵ قفسه "U" شکل عظیم می باشد تا از ماکزیم نور خورشید و تهویه برخوردار گردد. این ساختمان را در آبهای ساحلی کم عمق ساخته اند تا همزمان بتواند از انرژی های خورشیدی، بادی و جزر و مدی بهره گیرد.

پروژه "Behold Belgian" از ظاهر سنجاقک ها الهام گرفته و در شهر نیویورک احداث گردیده است. این ساختمان ۱۳۲ طبقه دارای بخش هایی برای پرورش گوساله های پرواری و ماکیان است. همچنین سالن هایی برای پرورش ۲۸ گونه گیاهی مختلف دارد که تماماً توسط انرژی های پاک محیطی کنترل می گردند.

پروژه "Michaela Dejdaroova" نماد ایجاد مزارع عمودی با تولیدات پایدار در شهر "پراگ" است که بصورت تلفیقی اداره می گردد. ساختمان این پروژه بفرم خوشه ای از اتاقک های چهارگوش است که استخوان بندی خارجی سیستم را می سازند تا صدها تراس سبز را بمنظور انجام عملیات کشاورزی متحمل گردند.

پروژه "Hydroponic & Office" در فرانسه از جمله طرح هایی است که تولیدات گیاهی، پرورش آبزیان و امور اداری را بصورت تلفیقی در جوار یکدیگر قرار داده است.

پروژه "Merry-grow-round" از جمله طرح هایی است که سیستم "آکواکالچر" را در کنار سیستم "هیدروپونیک" بکار گرفته است و موسوم به "آکواپونیک" (aquaponic) می باشد. فضولات ماهیان در این سیستم بعنوان کود گیاهی عمل می کنند و گیاهان موجود باعث پاکیزگی آب سیستم می گردند (۶).

بیشترین مزارع عمودی طی سال های اخیر در کشورهای : کره ، ژاپن ، سنگاپور ، سوئد و ایالات متحده آمریکا احداث گردیده اند.

کنسرسیوم واکسن سازی تگزاس موسوم به "PEVC" در شهر "سان آنتونیو" به تهیه واکسن ها از طریق پرورش گیاهان (plant-expressed vaccine consortium) در سیستم های کشاورزی کنترل شده عمودی پرداخته است (۴).



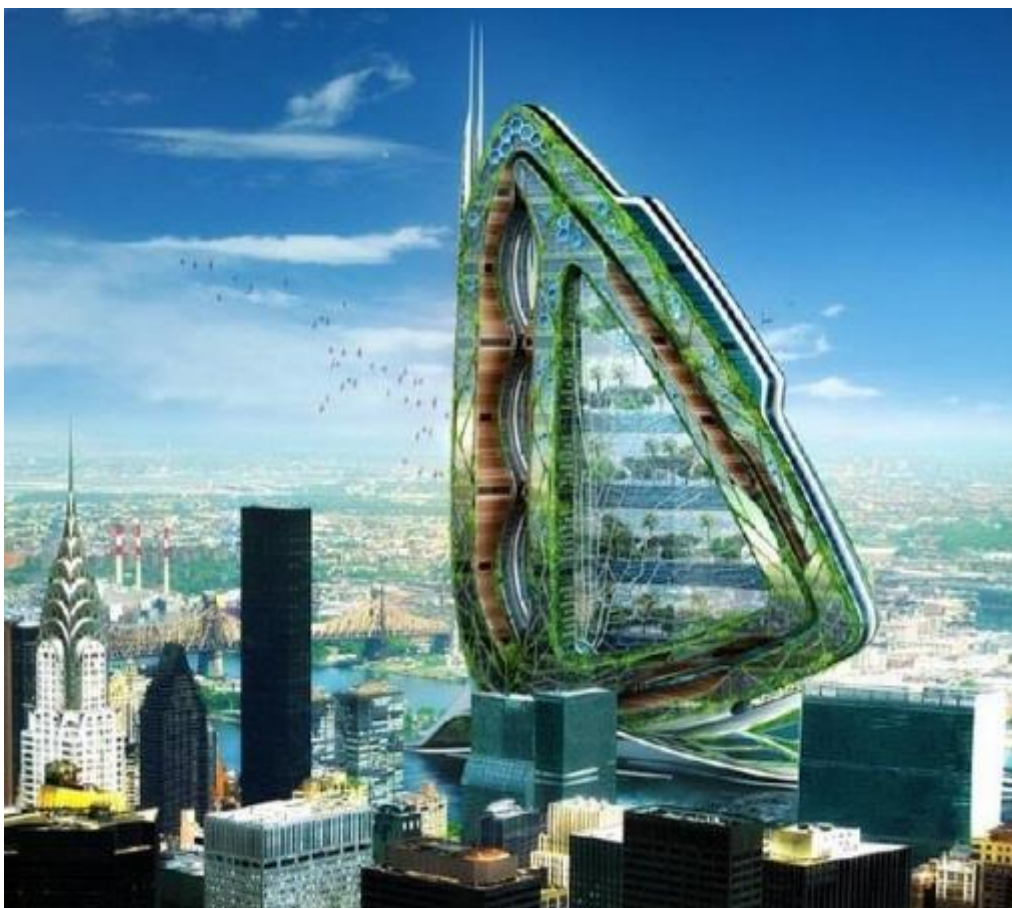
مهمترین سیر وقایع تاریخی ابداع و توسعه مزارع عمودی عبارتند از:

- (۱) ۲۶۰۰ سال قبل از میلاد : باغ های معلق بابل (hanging garden of Babylon)
- (۲) ۱۹۳۰ میلادی : توسعه مزارع هیدروپونیک توسط دکتر "ویلیام گریک" (W.F.Gericke)
- (۳) ۱۹۹۹ میلادی : ابداع نظریه مزارع عمودی با مفهوم امروزی توسط دکتر "دیکسون دیسپومیر" (Dickson Despommier)
- (۴) ۲۰۱۰ میلادی : احداث اولین مزارع عمودی در شهرهای "Sowon" کره جنوبی ، "Kyoto" ژاپن ، شیکاگو آمریکا
- (۵) ۲۰۱۱ میلادی : احداث مزارع عمودی در سنگاپور
- (۶) ۲۰۱۲ میلادی : احداث مزارع عمودی در سیاتل آمریکا ، مزارع عمودی موسوم به "Planlab" در "Den Bosch" هلند ، مزارع عمودی موسوم به "Alpha house" در منچستر انگلیس
- (۷) ۲۰۱۳ میلادی : احداث بزرگترین مزارع عمودی جهان موسوم به "Plantagon" در "Linkoping" کشور سوئد (۲).



فواید بکارگیری مزارع عمودي :

مزارع عمودي از تکنولوژی هیدروپونیک بهره می گیرند که این موضوع امکان کنترل بهتر شرایط محیطی را برای دستیابی به آپتیمم رشد گیاهان مهیا می سازد تا جاییکه بتوان مواد غذایی را در محیط های شهری حاصل نمود و بدینگونه از هزینه های حمل و نقل کاست ضمن اینکه منازری خوشایندی عاید شهروندان نمود.



بطور کلی مزارع عمودي سبب کسب اهداف زیر می شوند :

- الف) ایمنی غذایی (safety)
- ب) امنیت غذایی (security)
- پ) پایداری تولیدات گیاهی (sustainability)
- ت) سیادت غذایی (sovereignty)
- ث) بکارگیری تکنولوژی های نوین (high tech)
- ج) خودکفایی غذایی شهرهای بزرگ (self-sufficient)
- چ) پرورش گیاهان برای تولید سوخت های زیستی (bio-fuels)

- ح) پرورش گیاهان دارویی (herbs)
 خ) بکارگیری ساختمان های متروکه شهرها
 د) ایجاد فرصت های شغلی جدید
 ذ) افزایش درآمد توریسم و آگهی های تجارتي
 ر) ترمیم صدمات وارده بر ساختار اکوسیستم ها
 ز) عدم مصرف مواد شیمیایی کشاورزي
 ژ) عدم مصرف سوخت های فسیلي
 س) مصرف ۷۰ درصد آب کمتر برای تولیدات گیاهی
 ش) تولید محصول در سراسر طول سال
 ص) عدم تولید رواناب های کشاورزي
 ض) تأمین نور مؤثر دقیقاً در محدوده جذب کلروفیل های a و b یعنی ۷۸۰-۳۹۰ نانومتر
 ط) استفاده از سلول های خورشیدی برای تأمین انرژی مصرفی (۲).

با بکارگیری استراتژی مزارع عمودی که امروزه لزوم و کارایی اثبات شده ای دارد، می توان از آنها بعنوان نوعی کشاورزي کنترل شده (indoor agriculture) جهت پرورش مواد غذایی در ساختمان های مرتفع مستقر در مناطق شهری بهره برداري نمود (۲).



فواید بالقوه متعددي توسط "ديسپومير" از مزارع عمودي متصور 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 جمعيت جهان در شهرها زندگي نمايند و تا آن زمان حدود ۳ ميليارد نفر بر جمعيت كره زمين افزوده خواهد شد. بنا بر اين براي برآورده سازي نيازهاي غذايي اين جمعيت كثير بايد از طريق افزايش عملكرد مواد غذايي در واحد سطح و يا افزايش سطح زير كشت محصولات كشاورزي اقدام شود. دانشمندان معتقدند كه اراضي لازم و مناسب براي توليد غذايي 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 ميلادي نزديك به ۸۰ درصد جمعيت جهان در شهرها سكوني خواهند گزيد. بكارگيري تخمين هاي محافظه كارانه در باره آمارگيري نفوس جاري نشان مي دهند كه در اين فاصله بميزان ۳ ميليارد نفر بر جمعيت جهان افزوده خواهند شد كه حدوداً ۱۰ ميليارد هكتار از اراضي 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 سوآلی که مطرح است اینکه برای اجتناب از مصائب و فجایع در شرف وقوع چکار باید کرد ؟(۳).



مهمترین معضلات مبتلابه جامعه جهانی که لزوم بکارگیری کشاورزی عمودی را مستدل می سازند عبارتند از:

- ۱-۱- حدود ۷ میلیارد دهان گرسنه وجود دارند.
- ۲-۱- تغییرات اقلیمی باعث دگرگونی وضعیت کشاورزی می گردند.
- ۳-۱- بیماری های غذازاد (foodborne) رو به فزونی دارند.
- ۴-۱- آب های آشامیدنی در بسیاری از نقاط زمین کمیاب شده اند.
- ۵-۱- بسیاری از محصولات کشاورزی بواسطه طغیان بیماری ها و آفات گیاهی دچار کاهش گردیده اند.
- ۶-۱- در حدود نیمی از جمعیت جهان با دهان گرسنه سر بر بالین شبانه می نهند.
- ۷-۱- نیمی از جهان پناهگاه ۸۰ درصد کرم های مسری روده ای می باشد.

- ۸-۱- بسیاری از این مصائب باعث فرود ضربات مهلکی بر تولید محصولات گیاهی هستند.
- ۹-۱- در حدود ۱۲۵ میلیون تن از محصولات از جمله: سیب زمینی، برنج، گندم، ذرت و سویا بطور سالانه ضایع می گردند.
- ۱۰-۱- تلاقی رودخانه های "میسوری" و "می سی سی پی" در آگوست ۱۹۹۳ میلادی موجب وقوع سیلابی بنیانکن شد که به ۲۰ میلیارد دلار خسارت انجامید.
- ۱۱-۱- افزایش مزارع عمودی منتج به آزاد شدن اراضی کشاورزی فعلی می شوند که از آنها می توان برای احداث جنگل های مصنوعی جهت تولید چوب و بهبود شرایط زیست محیطی بهره گرفت (۴).

۲) افزایش تولیدات کشاورزی :

برخلاف کشاورزی سنتی در مناطق غیرگرمسیری، کشاورزی اندرونی (indoor) می تواند به تولید محصولات کشاورزی در سراسر سال اقدام کند. افزایش تولید محصولات گیاهی به میزان ۴-۶ برابر در سال بستگی به نوع محصول در کشاورزی اندرونی امکان پذیر است بطوریکه این میزان در پرورش توت فرنگی می تواند به ۳۰ برابر نیز فائق آید. بعلاوه پرورش مواد غذایی در مزارع عمودی باعث می شود که محصولات تولیدی بصورت تازه در نزدیک ترین محل مصرف به فروش برسند لذا نیازمند حمل و نقل و صرف انرژی اضافی نیستند، دچار کمترین سرایت بیماریها و آفات بواسطه مسدود بودن و کنترل شدن محیط رشد می گردند و میزان ضایعات محصول به حداقل ممکن می رسند.

پژوهش ها نشان می دهند که اینک حدود ۳۰ درصد محصولات تولیدی در اثر سرایت آفات و بیماریها و برخی ضایعات اتلاف می گردند و البته این میزان در کشورهای مختلف متفاوت است. دکتر "دیسپومیر" پیشنهاد نمود که از انواع گیاهان کوتوله (dwarf) از جمله گندم کوتوله استفاده شود. گندم های کوتوله که توسط سازمان "ناسا" تولید گردیده اند، حائز اندازه کوچک ولی دانه های غنی تری هستند. مزارع عمودی در صورتیکه دارای ۳۰ طبقه و زیربنای ۵ ایکر (۲۰ هزار مترمربع) باشند، می توانند سالانه معادل ۲۴۰۰ ایکر (۹/۷ کیلومترمربع) از مزارع سنتی محصول تولید کنند (۱۰).

۳) برآنت از معضلات آب و هوایی :

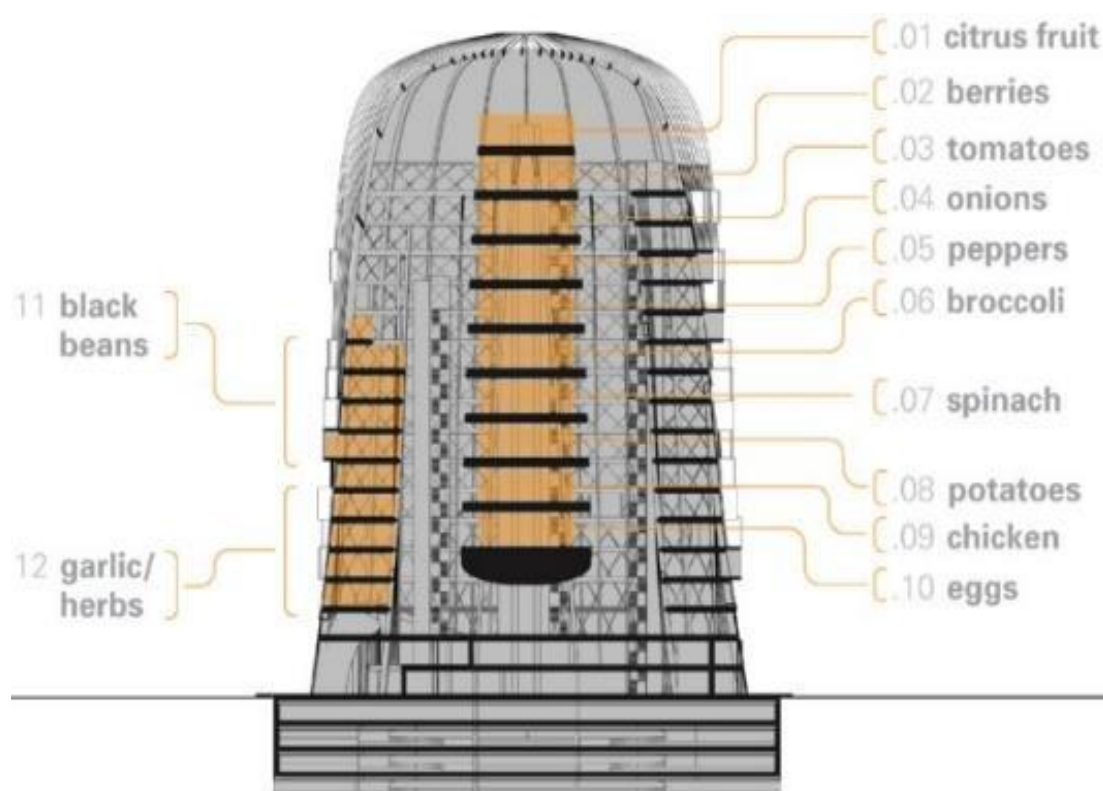
محصولات گیاهی که در محیط های خارجی (outdoor) بشیوه سنتی تولید می گردند، غالباً در شرایطی پائین تر از حد آپتیمم پرورش می یابند و حتی در برخی مواقع وقایع ژئولوژیکی و آب و هوایی مزاحم بگونه ای شکل می گیرند که از جمله :

حرارت ، مقدار بارندگی ، طوفان های مونسون ، رگبار تگرگ ، گردبادها ، سیلاب ، آتشفشانی و خشکسالی برای روند عادی تولید محصولات کشاورزی بسیار نامطلوب هستند.

محافظت محصولات از صدمات آب و هوایی حائز اهمیت بسیاری است زیرا تغییرات اقلیمی مضر مداوماً وقوع می یابند آنچنانکه سه سیلاب اخیر در سال های ۱۹۹۳ ، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ میلادی معادل میلیاردها دلار به کشاورزی آمریکا خسارت زده اند و خاک سطح الارض مناطق مربوطه را ویران ساخته اند.

تغییرات الگویی بارندگی و حرارت توانسته اند به میزان ۳۰ درصد از تولیدات کشاورزی هندوستان را در پایان قرن بیستم بکاهند اما بواسطه اینکه کشاورزی عمودی به کنترل شرایط محیطی می پردازد لذا تولیدات کشاورزی در این شیوه هیچگونه وابستگی به شرایط آب و هوایی مناطق ندارند و کاملاً از وقایع نامساعد محیطی مصون هستند.

بهرحال باوجودیکه کنترل شرایط محیطی در کشاورزی عمودی می تواند بسیاری از وقایع ناخوشایند را بی اثر سازد ولیکن وقوع زمین لرزه ها و گردبادها همچنان برای چنین سازه هایی بعنوان خطرات بالقوه وجود دارند، اگر چه این موضوعات نیز بستگی کاملی به محل احداث سازه های مزارع عمودی دارند (۱۰).



۴) صرفه جویی منابع :

هر واحد سطح در کشاورزی عمودی می تواند معادل ۲۰ برابر اراضی هم وسعت در کشاورزی سنتی به تولید محصولات غذایی بپردازد لذا اراضی کشاورزی موجود را می توان بعنوان اراضی طبیعی بهره برداری نمود. لذا کشاورزی عمودی می تواند از ضروریات احداث مزارع جدید برای رفع نیازهای غذایی جمعیت آتی بکاهد. با احداث مزارع عمودی علاوه بر حفاظت از منابع طبیعی موجود ، بسیاری از تهدیدهای اخیر نظیر جنگل زدایی و آلودگی های زیست محیطی نیز امکان وقوع نخواهند یافت.

جنگل زدایی (deforestation) و بیابان زایی (desertification) از جمله دست اندازی های کشاورزی به زیستگاه های (biomes) طبیعی کره زمین هستند که بدین طریق از آنها اجتناب می گردد زیرا کشاورزی عمودی اجازه می دهد تا محصولات کشاورزی در نزدیک ترین فاصله به محل زندگی مصرف کنندگان پرورش یابند لذا از مصرف سوخت های فسیلی جهت حمل و نقل و نگهداری سردخانه ای آنها کاسته می گردد.

تولید اندرونی محصولات کشاورزی عملیات مرسوم نظیر: شخم زدن، کاشت و برداشت توسط ماشین آلات مزرعه ای و کاربرد سوخت های فسیلی را حذف می سازد. سوزاندن سوخت های فسیلی کمتر باعث کاهش آلودگی هوا و نزول انتشار دی اکسید کربن می شود که عامل تغییرات اقلیمی محسوب می گردند لذا محیط زیست سالمی را برای بشر و حیوانات تدارک می بیند (۱۰).



۵) تولید محصولات ارگانیک :

محیط های رشد کنترل شده از نیازمندی به آفت کش ها ، علف کش ها و قارچ کش ها می کاهند. حامیان مزارع عمودی ادعا می کنند که تولید محصولات ارگانیک بدین طریق افزایش می پذیرند و براحتی می توان استراتژی های منطبق بر تولید و بازاریابی آنها را پیاده نمود (۱۰).

۶) توقف انهدام توده های زیستی :

فعالیت های بشر در اراضی بسیار وسیع سطح زمین ممکن است بمرور کاهش و یا حتی متوقف گردند. کشاورزی سنتی باعث گسیختگی حضور و تنوع توده های جمعیتی حیوانات وحشی که در داخل و یا حواشی

اراضي کشاورزي زندگي مي کنند، شده است و حتي استدلال مي گردد که کشاورزي بعنوان جايگزين حيات وحش گرديده است. يك مطالعه نشان مي دهد که جمعيت گوزن شمالي (wood mouse) از ۲۵ رأس در هکتار بعد از آغاز کاربري کشاورزي از اراضي نواحی قطبی به ۵ عدد در هکتار کاهش یافته اند و تخمین زده مي شود که هرساله از طریق اجراي کشاورزي سنتي به کشتار ۱۰ عدد از اين حيوانات در هکتار منجر گردد. اثبات شده است که کشاورزي عمودي در مقایسه با کشاورزي های مرسوم به زیان هاي کمتری نسبت به حيات وحش مي انجامد (۱۰).



۷) تأثیر بر سلامتي بشر :

کشاورزي سنتي يك شغل زیان آور با مخاطرات خاص محسوب می شود که ابزارهایش را برضد سلامتي نيروي انساني بکار مي گیرد. مخاطراتي از قبیل :

قرار گرفتن در معرض بیماریهاي مسري نظیر : مالاریا (malaria) و کرمك هاي ریز انگل خون انسان و سایر حيوانات (schistosomes)، قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی سمّی که بعنوان آفت کش و قارچکش مصرف مي شوند، مواجهه با موجودات زنده وحشي مثل مارهاي زهرآگین و همچنین صدمات سختي که در زمان بکارگیری ادوات صنعتي ثقیل وقوع مي یابند.

در حالیکه حیطة کشاورزي سنتي بناچار برخوردار از چنین خطراتي است و حتي برخي دیگر از مخاطرات نظیر سوختگی و ضربیدگی نیز به آنها اضافه می گردند اما کشاورزي عمودي در محیطي به شدت کنترل شده و قابل پیشگیری انجام می شود و قادر به کاهش بسیاری از این مخاطرات است. اخیراً سیستم های غذایی آمریکاییان به شیوه هایی: سریع ، ناسالم و ارزان تبدیل شده اند و تولیدات غذایی تازه بندرت در دسترس قرار دارند و غالباً گران هستند که چنین شرایطی باعث عادات غذایی کم ارزش می شوند. نهایتاً اینگونه عادات غذایی کم ارزش منجر به مشکلاتی برای سلامتی انسان نظیر : بیماری های قلبی ، قند خون (diabetes) و چاقی (obesity) منجر می شوند (۱۰).



۸) رشد و توسعه شهرها :

کشاورزي عمودي در الحاق با سایر تکنولوژی ها و اعمال اجتماعی-اقتصادی می تواند موجب گسترش شهرها شود در حالیکه بطور معقولانه ای باعث خودکفایی غذایی آنان نیز می گردد. این موضوع به مراکز شهری اجازه می دهد تا بدون اینکه از طریق جنگل زدایی و تخریب محیط زیست به تأمین مواد غذایی بپردازند، بخوبی بتوانند غذای مردم را تأمین نمایند.

بعلاوه صنعتی کردن مزارع عمودي می تواند برای بسیاری از شهروندان ایجاد اشتغال کند. همچنین نیروی انسانی که از رهاشدن کشاورزي سنتی بیکار می گردند و به شهرها روی می آورند، را بخدمت بگیرد. در هر صورت نمی توان انتظار داشت که کشاورزي سنتی بکلی متروک شود زیرا بسیاری از گیاهان را نمی توان در کشاورزي عمودي بدلیل دشواری تولید و هزینه زیاد بکار گرفت.

مزارع عمودي می توانند از مولدهای متان (methane digesters) برای بر طرف سازی بخشی از نیازهای سیستم به الکتریسیته بهره گیرند. مولدهای متان را می توان در جوار مزارع عمودي بکار گرفت تا ضایعات

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 دستيابي به بيشترين كارايي 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 آكوپونيك (aquaponics)

ت - كمپوست سازي (composting)

ث - گياه عللاجي (phytoremediation)

ج - روشنائي رشد (grow light)

چ - آسمانخراش ها (skyscraper)

ح - كشاورزي در محيط هاي كاملاً كنترل شده (C.E.A) (۱۰).



۱۰ طرح ها و نقشه ها :

"دیسپومیر" استدلال کرد که اینک تکنولوژی های لازم برای ایجاد کشاورزی عمودی در دسترس قرار دارند. او همچنین عنوان نمود که سیستم کشاورزی عمودی می تواند کارآمد و سودآور باشد و شاهد آنرا مواردی عنوان کرد که استقرار یافته اند و هم اینک فعالند. حکومت های منطقه ای و توسعه دهندگان متعاقباً علاقه و آفری به استقرار و بهره گیری از کشاورزی عمودی بروز دادند که از جمله آنان عبارتند از :

شهرهای "Incheon" در کره جنوبی ، ابوظبی در امارات متحده عربی ، "Dongtan" در چین و شهرهای دیگری چون : نیویورک ، پرتلند ، "Ore" ، لوس آنجلس ، "لاس وگاس" ، سیاتل ، "Surrey" ، "B.C" ، تورنتو ، پاریس ، بنگلور ، دوبی ، شانگهای و پکن (Beijing) .



مؤسسه تکنولوژی "ایلینویز" در حال طراحی جزئیات نقشه های استقرار مزارع عمودی برای شهر شیکاگو است. آنها پیشنهاد کرده اند که نمونه های اولیه مزارع عمودی باید بدواً برقرار شوند تا پژوهش های لازم را به اجرا گذارند و بدینگونه بتوان از شکست های بزرگی که در اثر اجرای پروژه های عظیم و سطح جهانی نظیر پروژه "بیوسفر ۲" که در "Oracle" آریزونا پیش آمد، جلوگیری گردد.

در سال ۲۰۰۹ میلادی، اولین پایلوت تولیدی مزارع عمودی جهان در پارک طبیعی "Paignton zoo" بریتانیا استقرار یافت. این پروژه بیانگر راه حل های تکنولوژیکی برای مزارع عمودی بود و بدینطریق زمینه

فیزیکی پژوهش‌ها را برای تولید پایدار مواد غذایی در مناطق شهری فراهم ساخت. از تولیدات این پایلوت برای تغذیه حیوانات باغ وحش مذکور استفاده می‌شود درحالی‌که پروژه قادر به ارزیابی سیستم‌ها و تدارک منابع آموزشی جهت حمایت از تغییرات لازم در عملیات غیر پایدار محیطی است بطوریکه به تنوع زیستی و احیاء اکوسیستم جهانی کمک می‌کند.

در سال ۲۰۱۰ میلادی، یهودیان طرفدار صلح سبز (G.Z.A) در سی و هشتمین کنگره جوامع جهانی یهودیت به توسعه مزارع عمودی در سراسر کشور اسرائیل رأی دادند.

در سال ۲۰۱۲ میلادی، اولین مزرعه عمودی تجارتي در کشور سنگاپور گشایش یافت (۱۰).

مهمترین مزایای بکارگیری کشاورزی عمودی را می‌توان بشرح زیر خلاصه نمود :

الف) از زمینی به مساحت کشور برزیل می‌توان به تولید مواد غذایی کافی برای کل جمعیت زمین در سال ۲۰۵۰ میلادی پرداخت.

ب) حذف کاربرد آفت‌کش‌های مصرفی در کشاورزی سنتی که با بروز بیماری‌های انسان ارتباط دارند.

پ) از بیماری‌هایی که از طریق ناقلان در مزارع انتقال می‌یابند، اجتناب می‌گردد.

ت) گرم شدن جهانی بواسطه کاهش جنگل‌زدایی به تأخیر می‌افتد.

ث) تنوع زیستی حفظ می‌گردد.

ج) کمک می‌شود تا از مشکلات ناشی از برجا ماندن ضایعات شهری از جمله سرایت آفات نباتی کاسته شود.

چ) کمبودهای عناصر غذایی خاک سطح الارض افزایش نمی‌یابند.

ح) پایداری در خودکفایی تأمین انرژی و وقوع می‌یابد (۵).

مشکلات احداث مزارع عمودی :

۱) مشکلات اقتصادی :

معارضین طرح‌های کشاورزی عمودی در مورد پتانسیل سودمندی چنین شیوه‌هایی تردید دارند زیرا تاکنون یک آنالیز از جزئیات هزینه‌های: آغازین، عملیات و عایدات انجام نشده است زیرا هزینه‌های اضافی متعلقه نظیر:

نوردهی، گرمایش و تقویت مزارع عمودی ممکن است از سودمندی ناشی از حذف هزینه انتقال مواد غذایی به مراکز مصرف در مزارع عمودی بکاهند.

فواید اقتصادی و زیست محیطی مزارع عمودی بر نظریه حداقل جابجایی مواد غذایی (food miles) یعنی فاصله‌ای که مواد غذایی از مزرعه تا رسیدن به دست مصرف‌کننده می‌پیماید، استوار است. گواينکه آنالیزهای اخیر پیشنهاد می‌کنند که حمل و نقل کمترین مشارکت را در هزینه‌های اقتصادی و زیست محیطی

تدارک مواد غذایی برای اجتماعات شهری بر عهده 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 مشوق 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 سانوپولو می توانند، سرسام آور گردند تا جائیکه در محدوده 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 CO₂ را تا ۳-۴ برابر مقدار طبیعی در اتمسفر فراهم می سازند زیرا این میزان افزایش CO₂ باعث تزاید مقدار فتوسنتز تا ۵۰ درصد می شود که نهایتاً باعث بالا رفتن میزان تولید قابل انتظار در مزارع عمودی می گردد. البته CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 ماهیت 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).

«جدول ۱) فهرست عملیات و مواد ضروری اجرای مزارع عمودی (۵):»

مراحل	نهاده ها	بازیافت داخلی	درآمد حاصله
آغازین	-- استفاده از ساختمان های بادوام موجود -- استفاده از ساختمان های متروکه -- طراحی و ساخت ساختمان های جدید -- سازه ها و ابزارهای سیستم هیدروپونیک و آکواپونیک -- تهیه "بیورآکتور" بی هوازی جهت تولید متان از فرآیند کمپوست سازی -- تهیه مواد آلی اولیه از پارک ها و منازل اطراف -- سیستم های تیمار فاضلاب های شهری (blackwater) ضمن رعایت هشدارهای ایمنی -- تدارک ابزارهای باغبانی و پرورش آبزیان		
وضعیت آماده کار	-- ضایعات مواد آلی -- فاضلاب های شهری -- حداقل نیروی کارگری -- انرژی برای تیمارهای مربوطه -- مراقبت از ابزارها و ادوات	-- بقایای مواد آلی (کمپوست) -- آب -- متان -- کرم ها	-- تولیدات کشاورزی -- آبزیان -- برخی ابزارهای مستعمل
واپسین	-- نیروی کارگری -- سوخت		-- ابزارهای کل سیستم ها -- فلزات سازه ها -- بقایای مواد آلی (کمپوست)

- مهمترین معایب بکارگیری کشاورزی عمودی را می توان بشرح زیر خلاصه نمود :
- (الف) محدودیت در تنوع گیاهان پرورشی زیرا اینگونه کشاورزی فقط چشم به بازار مصرف دارد.
- (ب) بدو نمی توانند پاسخگویی هزینه ها باشند.
- (پ) پذیرش مزارع عمودی برای اغلب جوامع بویژه در تلفیق با پرورش حیوانات دشوار است.
- (ت) کاربرد فاضلاب های شهری (waste water یا black water) می تواند مخاطراتی را برای سلامتی عموم بوجود آورد.
- (ث) پرورش تلفیقی حیوانات در مزارع عمودی می تواند به پیامدهای نامطلوبی منجر گردد (۵).



پویایی با کشاورزی عمودی :

بشر برای حدود ۱۲ هزار سال است که به کشاورزی با یک شیوه مشابه یعنی مزارع افقی بر بستری از خاک می پردازد و فرآیندهایش هزینه سنگینی را بر کره زمین تحمیل می کند. نظریه مدرن پرورش گیاهان بطرف بالا (growing up) نسبت به شیوه پرورش گیاهان در فضای خارج (growing out) اخیراً همه دیدگاه ها را بخود معطوف ساخته است تا ضمن برطرف ساختن معایب تکنولوژی های سنتی و گذشته به افزایش تولید مواد غذایی جهت پاسخگویی به تقاضاهای فزاینده بشر امروز بپردازند.

گلخانه های آسمانخراشی (skyscraping greenhouse) اگر بنحو مطلوب برای تولید در مقیاس بزرگ اجرا شوند، می توانند مسیر جدیدی را در داخل شهرها برای حصول تولیدات گیاهی مکفی بگشایند. این پدیده نباید فقط بعنوان راه حلی جهت برطرف کردن تقاضای بازار مصرف به مواد غذایی به طریق داخلی انگاشته شود بلکه می تواند راه حلی برای تأمین بحران غذایی، آب و انرژی در آینده نزدیک محسوب گردد.

اخيراً (۲۰۱۳ میلادی) جمعیت جهان از مرز ۷ میلیارد نفر گذشته است و انتظار می رود که جمعیت زمین در سال ۲۰۵۰ میلادی به حدود ۹/۵ میلیارد نفر برسند که اغلب آنها را در شهرها زندگی خواهند کرد.

"سازمان غذا و کشاورزی" یا "FAO" (Food & Agriculture Organization) معتقد است که حدود ۸۰ درصد اراضی قابل کشت و زرع جهان در حال بهره برداری هستند. بنابراین چگونه باید با دو معضل بزرگ بشرح زیر مقابله نمود :

الف) افزایش لجام گسیخته جمعیت جهان بویژه در کشورهای در حال توسعه و جهان سوم
ب) رها شدن بسیاری از اراضی کشاورزی بواسطه نزول توان حاصلخیزی و تخریب محیط زیست
بنابراین تصوّر می گردد که کشاورزی عمودی پاسخی مناسب به اینگونه مشکلات است زیرا علاوه بر پایداری تولید نیازمند کمترین منابع و نهاده های تولید می باشد (۱).

بنظر می رسد که کشاورزی عمودی بشکل درون ساختاری همانند يك كوهسار زیست محیطی (eco-cornucopia) در مقایسه با عملیات کشاورزی صنعتی کنونی قرار می گیرد. تصوّر می رود که محصولاتی چون : خیار ، گوجه فرنگی و غیره را در سیستم کشاورزی عمودی طی سراسر سال بدون کاربرد آفت کش ها می توان پرورش داد ، نیازمند هزینه های گزاف حمل و نقل در مسافتات بعید نیست و اراضی زراعی را دچار تخریب نمی کند. این شیوه فقط بخش کوچکی از آب مصرفی کنونی در کشاورزی را بکار می گیرد آنچنانکه علاوه بر مصرف کمترین مقادیر آبیاری می تواند فاضلاب های شهری را بازیابی و بکار ببرد.



در این شیوه بواسطه نزدیکی مراکز تولید به مراکز مصرف یعنی شهرها از محصولات گیاهی بصورت تازه و بمحض برداشت که دارای بیشترین طعم و عطر هستند، مصرف می کنند و دیگر نیازی به برداشت محصولات قبل از مرحله رسیدگی کامل به منظور دوام در برابر صدمات حمل و نقل نخواهد بود.

موضوع بکارگیری کشاورزی عمودی در داخل شهرها طی سال های اخیر توسط دکتر "دیکسون دیسپومیر" (Dickson Despomer) ابداع گردیده است که هدف آن تولید محصولات گیاهی کافی در آسمانخراش های ۳۰ طبقه جهت تغذیه ۵۰ هزار نفر در سال در قلب شهرهای بزرگ می باشد. این موضوع مبین مفهوم بکارگیری از منابع منطقه ای (locally sourced) جهت رفع نیازهای اجتماعات بزرگ شهری است (۱).

فرآیند کشاورزی عمودی درگیر استفاده از سیستم های پیشرفته آبیاری بویژه سیستم هیدروپونیک جهت رشد محصولات گیاهی است. در روش هیدروپونیک بدون اینکه نیازی به خاک بعنوان بستر کاشت باشد، به غنی سازی آب آبیاری با عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان می پردازند. بدینگونه میوه ها و سبزیجات را می توان در محیط های مناسب و کنترل شده پرورش داد بطوریکه در معرض موارد محدود کننده ای نظیر : آفات، شرایط اقلیمی ناجور و آلودگی ها قرار نگیرند.

در پروسه های کشاورزی عمودی از ترکیب نوردهی طبیعی و مصنوعی استفاده می شود تا اپتیمم رشد گیاهان حاصل آیند. سایر فواید زیست محیطی کاربرد مزارع عمودی عبارت از حذف حمل و نقل مواد غذایی تولیدی در خارج و داخل شهرها است که بدین طریق از آلودگی های ناشی از عبور کامیون ها و واگن های حمل و نقل کاسته می گردد. همچنین پژوهش ها بیانگر این است که حدود ۳۰ درصد محصولات گیاهی در ضمن عملیات زراعی سنتی و مرسوم ضایع می گردند درحالیکه کشاورزی عمودی دارای کمترین ضایعات بویژه در مواقع بروز خشکسالی و نتایج آن یعنی ریزش برگ ها و میوه ها خواهد بود. ماشینهای شستن کلیه فرآیند تولید از جمله شخم زدن و برداشت محصول می تواند به حذف کامل روابط و معادلات کنونی تولید بینجامد. بعلاوه کاهش مصرف سوخت های فسیلی بستگی به بخش هایی از کشاورزی است.



کشاورزی امروزی نشان می دهد که واقعاً می تواند برای جهان وحش (wildlife) زیانبخش باشد. "سازمان جغرافیایی ملی" (national geographic) اظهار می دارد که جمعیت گوزن شمالی (wood moose) از تراکم ۲۵ رأس در هکتار به ۵ رأس در هکتار پس از رواج کشت و کار در نواحی زیست آنها کاهش یافته است (۱).

کشاورزی اندرونی و مسقوف دارای تهدید برای جهان وحش نیست زیرا به کمترین زیربنا، اراضی جانبی و نهاده های زیستی نیازمند است. این سیستم ایده آل می تواند به پایداری تولیدات گیاهی از طریق بکارگیری بازیافت ضایعات و فاضلاب های شهری و انرژی های تجدید شونده از جنبه های مختلف منجر گردد. بازیافت فاضلاب های خانگی (grey water) امکان پذیر می شود و بدینگونه بنحو مؤثری از ضرورت استخراج آب های زیرزمینی بسان شیوه های مرسوم کاسته می گردد. مزارع عمودی قادرند بخشی از انرژی مورد نیاز خود را با تبدیل ضایعات کشاورزی به بیوماس و گاز متان تأمین نمایند بدانگونه که نیازی به مصرف سوخت های فسیلی برای تأمین کل انرژی الکتریکی ساختمان های سیستم مذکور نباشد. بعلاوه راندمان محصولات هیدروپونیک مزارع عمودی به میزان ۶-۴ برابر کشاورزی در فضای آزاد می باشند که این میزان در مورد برخی گیاهان نظیر توت فرنگی تا ۳۰ برابر نیز بالغ می گردند (۱).

با این وجود آیا همچنان نگران طعم و مزه های سیب حاصل از مزارع عمودی هستید ؟ نگران نباشید زیرا مواد غذایی حاصل از سیستم هیدروپونیک غالباً بیشترین جوایز جشنواره های محصولات کشاورزی را تصاحب کرده اند زیرا می توان غلظت "فلاونوئیدها" (flavonoids) را که عامل طعم ها و مزه های محصولات گیاهی هستند، بخوبی کنترل نمود. اخیراً گلخانه ها از این شیوه برای کنترل کشاورزی اندرونی بهره می برند اما هنوز مجبورند که در مقیاس های وسیع و سطوح تولید بصورت چندگانه عمل نمایند.



اجرای عملیات کشاورزی مدرن کنونی بسادگی امکان پذیر نیست بلکه نیازمند بکارگیری بسیاری از منابع زیربنایی است آنچنانکه ممکن است منجر به ظهور بیشمار معضلات زیست محیطی نظیر جنگل زدایی (deforestation)، مصرف آفت کش های قوی و کودها گردند که تماماً باعث آسیب رسانی به اکوسیستم های طبیعی می شوند. آنها همچنین جایگاهی برای وقوع آلودگی آبها می باشند. "سازمان حفاظت محیط زیست" یا "EPA" (Environmental Protection Agency) آمریکا اظهار می دارد که پروسه کشاورزی مهمترین عامل آلودگی منابع آب در کره زمین است لذا کشاورزی عمودی می تواند به رفع چنین معضلاتی کمک نماید و حتی برخی دانشمندان بر این باورند که احتمالاً بدینوسیله قادر به حل بحران گرسنگی جهانی نیز خواهند بود (۱).



ادامه روند کنونی کشاورزی اثبات می کند که شخم زدن و بذرکاری نخواهند توانست بنحو پایداری به تدارک مواد غذایی حدود ۱۰ میلیارد جمعیت آینده کره زمین تحقق بخشند. تداوم کشاورزی مدرن کنونی سرانجام صدمات جدی زیست محیطی را سبب خواهند شد که نهایتاً پیگیری مسیر به دلیل عدم دسترسی به اراضی و منابع آب کافی مقدور نخواهند بود.

اگر چه روش جدید کشاورزی "بدون زمین" (farmscrapers) آشکارا متخصصان محیط زیست و پژوهندگان مربوطه را کاملاً خوشبین ساخته است بطوریکه خواهان نظریاتی هستند که بتواند پیشرفت های معنی داری در

بکارگیری طرح ها و انرژی های تجدید پذیر ارانه دهند. گواينکه از نظر اقتصادي يا بازرگاني ممکن است نتوان بخوبي در زمينه کشاورزي عمودي اقدام نمود وليکن بعنوان یک شیوه جدی جایگزین برای کشاورزي مرسوم مطرح می باشد تا مانع جنگل زدائي و بيابان زائي فزاينده اراضي کره زمین گردد.

کشاورزي عمودي مي تواند تأمين کننده ايمني و پايداري توليدات گياهي در سراسر سال باشد و به اکوسيستم های زخم دیده کنونی اجازه ترميم پس از یک دوران تاراج منابع بدهد. اگر چه برای هزاران سال است که به کشاورزي در محيط آزاد و بيروني اقدام مي شود اما کشاورزي عمودي مي تواند با تلفيق تکنولوژي هاي برتر به بالاترين ظرفيت توليدات گياهي دست يابد. بموازات اينکه متخصصان به طراحي صحيح ترين شیوه هاي کشاورزي از جنبه علمي و اقتصادي مي پردازند آنگاه کشاورزي عمودي مي تواند روز به روز اوج گیرد و بطور گسترده اي کاربري يابد (۱).

دورنماي اجراي مزارع عمودي :

توسعه کشاورزی پایدار امري لازم الاجرا و ضروري است. در شهرها، مقادير زيادي از مواد زائد و منابع مصرف شده را بطور روزانه در خاک دفن مي کنند درحاليکه مزارع عمودي مي توانند از آنها برای توليد انرژی در راستاي توليد مواد غذايي بهره گیرند. شهرهاي پُر تراکمي نظير نيويورک از منابع و اراضي پيرامونشان بميزان هشدار دهنده اي استفاده مي کنند آنچنانکه فقط حدود ۲۶۶ هزار ايکر از اراضي را جهت توليد مواد غذايي و ۷ ميليون تن از ضايعات اينگونه مواد غذايي را در خاک دفن مي نمايند.

کشاورزي عمودي به توليد محصولات غذايي در داخل محدوده شهرها مي پردازد. کشاورزي شهري نه تنها باعث کاهش بکارگيري اراضي مي شود بلکه ضرورت حمل و نقل مواد غذايي توليدي از مزارع سنتي به شهرها را حذف مي کند. اينگونه اثريشه از مصرف سوخت هاي فسيلي مي کاهد که نتيجتاً از انتشار گازهاي گلخانه اي مرتبط با صنايع غذايي به سبب استفاده از مواد غذايي تازه کاسته مي شود.

هدف از کشاورزي شهري فقط استفاده بيشتر از اراضي نيست بلکه ايجاد خوداتکايي غذايي شهرهاي بزرگ مطرح است. وضعيت کنوني شهرها بگونه اي است که مواد غذايي را وارد مي سازند و ضايعات آنها را صادر مي کنند وليکن کشاورزي شهري نوين مي کوشد تا از ضايعات مواد آلي و ساير منابع موجود در شهرها برای توليد محصولات کشاورزي بهره گیرند. بعلاوه چرخه اي را بوجود آورند که به خوداتکايي شهرهاي بزرگ بينجامد.

کشاورزي شهري با استفاده از اين منابع قادر به کاهش هزينه هاي توليد مواد غذايي خواهد بود. اين موضوع بويژه زماني اهميت بيشتري مي يابد که شهرها در مناطق فقيرتري واقع هستند و هزينه های مواد غذايي بعنوان يك معضل بزرگ مطرح مي باشند.

اهم منابع قابل دسترسي شهرها براي استفاده در کشاورزي عمودي محدود به موارد زير مي باشند :

۱- فاضلاب هاي شهري (waste water)

۲- رسوبات لجنی (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 بيکار (idle hands)

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



کشاورزی رایج در ایالات متحده آمریکا :

سیستم های کشاورزی اولیه فقط بر مزارع روستایی اتکا داشتند تا مواد غذایی لازم جهت مصرف تمامی ساکنین شهرها و روستاها را فراهم سازند. در ایالات متحده آمریکا ۴/۴ میلیارد ایکر از اراضی کشور را در سال ۲۰۰۰ میلادی بعنوان مزارع کشاورزی (croplands) بهره گرفتند که ۷۰ درصد محصولات حاصله در داخل کشور مصرف گردید. درحالیکه جمعیت کشور آمریکا بطور متوسط ۵ هزار نفر در هر روز افزایش می یابند، مقدار اراضی قابل بقاء کشاورزی حدود ۱۵ هزار ایکر کاهش داشته اند که این کاهش اصولاً به سبب فرسایش خاک، دست اندازی صنایع و گسترش شهرنشینی (جاده ها، خانه ها و ...) بوده اند.

فواید مدیریت محصولات گیاهی می تواند بر میزان عملکرد در هر ایکر بیفزاید اگر چه این فواید عموماً نیازمند بهره مندی فزاینده آفت کش ها، آبیاری و کودها می باشند که تماماً به آلودگی محیط زیست از طریق رواناب های کشاورزی منجر می شوند. در سال ۱۹۹۸ میلادی تشخیص داده شد که یک سوم رسوبات، دو پنجم فسفر و نیمی از نیتروژن موجود در آبهای سطحی ناشی از رواناب های کشاورزی هستند.

عملیات کشاورزی مغایر با ایمنی اکولوژیکی بطور متوسط باعث ۲۴ میلیارد تن کاهش سطح الارض در سال می گردند. بعلاوه عملیات آبیاری آزاد منجر به تخلیه سفره های زیرزمینی آبها (aquifer levels) می شوند. کاهش دسترسی به آبهای شیرین و اراضی سالم باعث افزایش سرانه (per capita) اشغال اکولوژیکی (ecological footprint) در آمریکا گردیده اند. اشغال اکولوژیکی جاری برای مصرف مواد غذایی حدوداً ۳/۲ ایکر به ازای هر نفر است.

حمل و نقل محصولات کشاورزی از مزارع به شهرها از دیگر منابع اصلی آلودگی محیط زیست هستند زیرا امروزه تولیدات کشاورزی بسیار دورتر از مراکز مصرف یعنی شهرهایی حاصل می گردند که ۵۰ درصد جمعیت فعلی کره زمین را در خود جا داده اند. همچنین تخمین زده می شود که متوسط حمل و نقل مواد غذایی از مزارع تا دست مصرف کنندگان ۲ هزار کیلومتر است. نتیجتاً گازهای گلخانه ای بمیزان ۱ کیلوگرم به ازای هر ۸ کیلوگرم ماده غذایی جابجا شده منتشر می شوند. بنابراین اگر متوسط سرانه مصرف تولیدات کشاورزی را ۳۲۲ کیلوگرم بدانیم آنگاه متوسط سالانه آزادسازی گازهای گلخانه ای به ازای هر شخص ۴۰ کیلوگرم خواهد بود.

تولید مواد غذایی همچنین از مقدار زیاد انرژی برای کاربرد ماشین آلات بهره می گیرد. برآورد می شود که هر "BTU" (واحد بریتانیایی یا "British Thermal Unit" معادل ۱۰۵۵ ژول) از مواد غذایی حدوداً ۲۰ سوخت مصرف می کند.

عملکرد کنونی تولید سبزیجات در ایالات متحده آمریکا از طریق باغداری مرسوم و مزارع فضای باز طی سال ۲۰۰۱ میلادی حدوداً ۲۶۷۵۹ کیلوگرم در هکتار و جمعاً ۳۵۵۱۲۷۸۰ تن بوده است. بهرحال برآورد می شود که حدوداً ۳۱۱۰۰۰۰ تن از محصولات تولیدی هر ساله در مزرعه باقی می ماند. این میزان کاهش محصولات تولیدی در ترکیب با کاهش ناشی از حمل و نقل و ضایعات حاصله تا مرحله فروش نشاندهنده ضایع شدن بیش از ۲۰ درصد مواد غذایی تولیدی در آمریکا هستند (۵).

نیویورک؛ شهری با عدم پایداری تولیدات کشاورزی:

شهر نیویورک بیش از ۹ میلیون نفر در تمامی ۵ بخش خویش دارد. متوسط سرانه مصرف سالانه محصولات کشاورزی حدوداً ۷۱۱ پوند است لذا جمعاً به حدود ۳ میلیون تن مواد غذایی احتیاج دارند که نیازمند مزارعی به وسعت ۱۰۸۰۰۰ هکتار (۲۶۶۰۰۰ ایکر) است. کل اِشغال اکولوژیکی مواد غذایی مصرفی شهر نیویورک بیش از ۲۸/۸ میلیون ایکر است که این میزان حدود ۱/۲ درصد از کل زمین های ایالات متحده را تشکیل می دهند. تولید مواد غذایی برای شهر نیویورک نیازمند حدود ۹/۹ میلیارد گالن سوخت دیزل در سال (1.4E15BTU) می باشند. بعلاوه انتقال سالانه مواد غذایی از مراکز تولید تا شهر نیویورک منجر به انتشار ۲۴ میلیون تن گازهای گلخانه ای نیز می 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 , Dickson – 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>

« روشنایی رشد گیاهان » :

"Plants grow light"

مقدمه :

روشنایی رشد (grow light یا grow lamp) عبارت از يك منبع نور مصنوعي بویژه منبع نور الكتريكي است كه باعث تحريك رشد اپتیمم گیاهان از طریق ساطع كردن طیف الكترومغناطیس مطلوب برای فتوسنتز می شود. روشنایی رشد در مكان هایی بكار گرفته می شود كه نور طبیعی وجود ندارد و یا نیازمند تدارك نور مكمل باشند.

بعنوان مثال: در ماه های زمستان زمانیکه ممکن است نور کافی در ساعات متمادی از روز برای رشد بهینه گیاهان فراهم نباشد آنگاه روشنایی رشد برای افزایش زمان دسترسی گیاهان به نور استفاده می گردد. روشنایی رشد تلاش می کند تا طیفی از نور را مشابه تشعشع خورشید فراهم سازد و یا طیفی از نور كه کلیه نیازهای گیاهان را برای رشد بهینه در اختیار بگذارد (۵).

شرایط مزرعه ای (out door) متأثر از نورها و دماهای گوناگون است كه باعث رشد گیاهان می شوند لذا تقلیدی از آنها می تواند بعنوان معیار انتخاب شدت نور لامپ ها در شرایط مختلف تعیین گردد. بنابراین بر اساس نوع گیاه پرورشی و مراحل رشد آن (نظیر مراحل : جوانه زنی، رشد رویشی، گلدهی، میوه دهی) و فتوپریود مورد نیاز گیاهان به محدوده ای از طیف ها، تابش مؤثر (luminous efficacy) و حرارت نوری (colour temperature) بعنوان نوردهی تکمیلی جهت دستیابی به رشد بهینه نیاز می باشد (۵).

نور در واقع عنصر کلیدی تحريك فرآیند فتوسنتز در گیاهان است. طول موج های مختلف تشکیل دهنده نور در مراحل مختلف فرآیند فتوسنتز مؤثرند. اغلب منابع نوردهی سنتی از جمله : لامپ های فلورسنت (fluorescent)، لامپ های التهابی (incandescent) و لامپ های سدیمی پُر قدرت (high pressure sodium) به هدر دادن مقدار زیادی از نور می انجامند درحالیكه با استفاده از لامپ های LED می توان به سازماندهی نوردهی رشد فقط با طیف مورد نیاز گیاهان پرداخت. ضمناً در نظر داشته باشید كه مدت (duration) و شدت (intensity) نوردهی تکمیلی ایفاگر نقش بسیار مؤثری در گیاهان مختلف برای انجام فتوسنتز هستند (۴).

فتوسنتز :

واکنش فتوسنتز (photosynthesis) موجب تبدیل انرژی خورشید در حضور "دی اکسید کربن" (CO_2) و آب (H_2O) بفرم کربونیدرات هایی چون گلوکز با فرمول " $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ " و اکسیژن آزاد (O_2) می گردد درحالیکه در واکنش های تنفسی (respiration) که متضاد واکنش فتوسنتز است، کربونیدرات 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 بدو جهت رشد رویشی گیاهان مصرف می گردند.

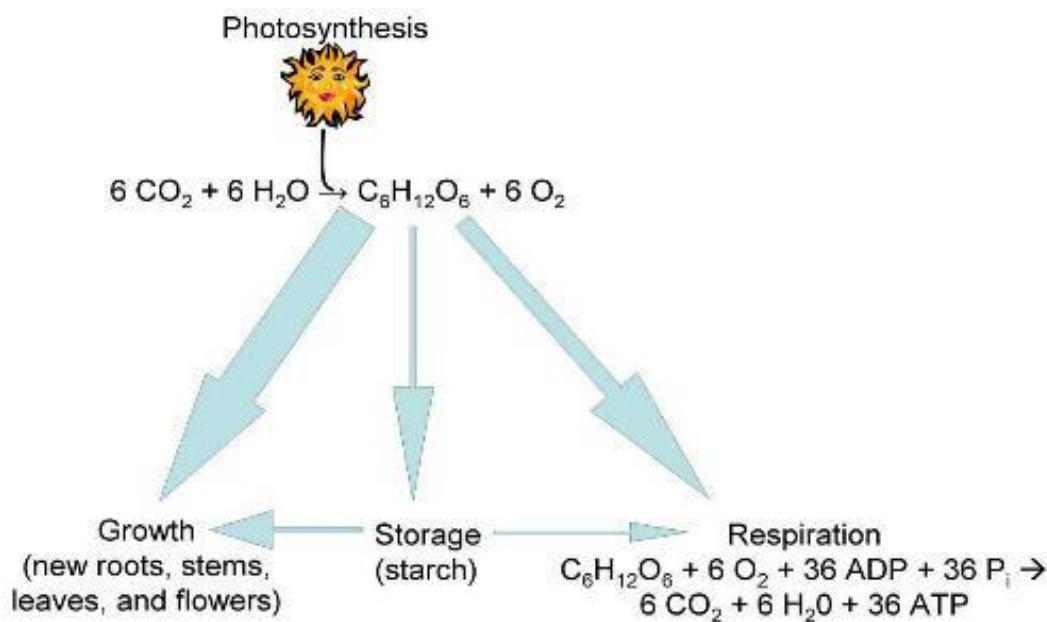
کلروپلاست ها علاوه بر کلروفیل ها دارای پیگمان هایی موسوم به "کارتنوئید" هستند که رنگ هایی از زرد تا قرمز دارند. "کارتنوئیدها" بیشترین نورهای طیف خورشید را در محدوده رنگ آبی جذب می کنند. "بتا کاروتن" (beta – carotene) و "کارتنوئیدها" (cartenoids) از جمله رنگدانه هایی (پیگمان) هستند که سایر طیف های نور را جذب و تبدیل به انرژی می کنند. کارتنوئیدها باعث توانمندی کلروپلاست ها در بدام انداختن بخش های مختلف طیف نور می شوند (۴).



فتوسنتز در کلروپلاست ها و با کمک پیگمان هایی نظیر کلروفیل و "کارتنوئیدها" انجام می پذیرد. بیشترین جذب طیف نور توسط کلروفیل ها در محدوده رنگ های آبی (۴۰۰-۵۰۰ نانومتر) و قرمز (۶۰۰-۷۰۰ نانومتر) و توسط کارتنوئیدها در ناحیه نور آبی صورت می گیرد لذا گیاهان باید با نورهایی که دارای مجموعه ای از نورهای تک رنگ (monochromatic) هستند و طول موج های مختلفی دارند، نوردهی شوند تا بر سرعت فتوسنتز افزوده گردد (۴).

"استومات ها" یا روزنه های هوایی (stomates) به مانند حفره هایی هستند که در اپیدرم برگ ها مستقرند و برای تبادلات گازی بین گیاه و اتمسفر بکار می آیند (۴).

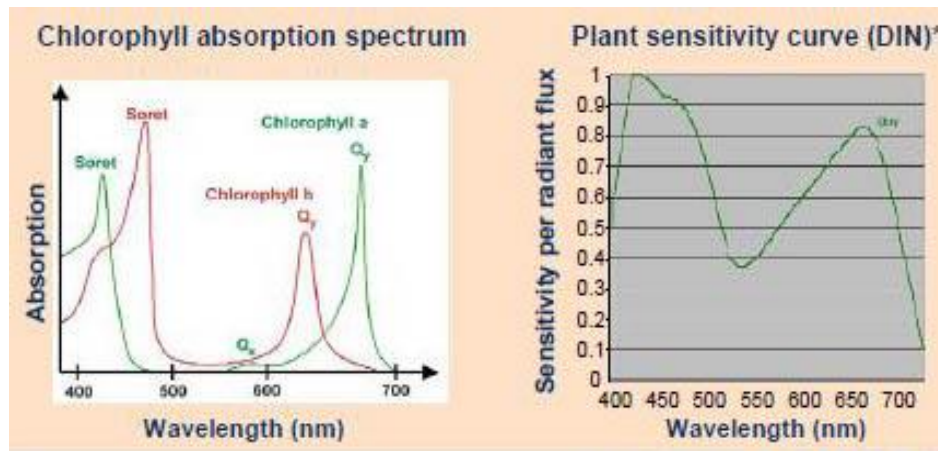
دستگاه (محفظه) اندازه گیری فتوسنتز با داشتن "فلومتر" (flow meter) برای اندازه گیری میزان هوای عبوری سیستم و محاسبه تفاوت CO_2 هوای ورودی و خروجی می تواند به مقدار فتوسنتز وقوع یافته، دست یابد (۴).



تأثیر نور بر فتوسنتز :

نور محرك اصلي واكنش فتوسنتز است و افزایش آن موجب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد گیاهان می شود.

طیف کامل نور را از طریق شمارش فوتون هایی (photon counting) که در ناحیه نور فعال در فتوسنتز (PAR) وجود دارند، محاسبه می کنند. اندازه گیری طیفی که از منبع نور ساطع می شود، توسط منحنی حساسیت سنجی طیف نور با مقیاس $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ انجام می پذیرد. این منحنی را از طیف جذبی کلروفیل که انرژی داخلی برگ های گیاه را تأمین می کند، بدست می آورند (۴).



«جدول ۱) اندازه گیری نور (۴):»

واحد	روش اندازه گیری	موارد استفاده	نور خورشید	التهابی "۱۰۰ وات"	فلورسنت "سرد و خنک"
فوت شمع (footcandle)	چشم انسان (نور مرئی)	صنایع (آمریکا)	۱	۱	۱
لوکس (lux)	چشم انسان (نور مرئی)	صنایع (اروپا)	۱۰/۷۶	۱۰/۷۶	۱۰/۷۶
$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR از	کوآنتوم های محدوده PAR	پژوهش در گیاهان زینتی	ساعات روشنایی × ۰/۰۰۰۷۱۸ × فوت شمع	ساعات روشنایی × ۰/۰۰۰۷۷۵ × فوت شمع	ساعات روشنایی × ۰/۰۰۰۵۲۴ × فوت شمع
W/m^2	انرژی در محدوده PAR	مهندسی، پژوهشی	۰/۰۴۴	۰/۰۴۳	۰/۰۳۲
W/m^2	انرژی کل	مهندسی، پژوهشی	۰/۱۰۱	۰/۵۶۷	۰/۰۸۱
1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR = 5 footcandles (visible) sunlight					

«جدول ۲) نوع حسگرها یا سنسورهای سنجش نور (۴):»

واحد ها	طیف	سنسور
W/m ²	۲۵۰ - ۲۸۰۰ نانومتر	پیرانومتر (Pyranometer)
umol/m ² s یا W/m ²	۴۰۰ - ۷۰۰ نانومتر	کوانتوم (Quantum)
Lux یا Ft-cd	۳۸۰ - ۷۳۰ نانومتر	فتومتریک (Photometric)
Umol/m ² s1nm یا W/m ² nm1	اندازه منفرد طول موج ها	اسپکترو-رادیومتر (Spectroradiometer)
Mol/m ² d1	-----	دیتالاگر (Datalogger)

اثرات عوامل محیطی بر فتوسنتز :

عوامل محیطی (environmental factors) تأثیرات مهمی بر فتوسنتز و کارایی نور دارند. مهمترین این عوامل عبارتند از :

الف) تأثیر CO₂ :

میزان دی اکسید کربن موجود در هوا برابر با ۳۷۰ پی پی ام (ppm یا قسمت در میلیون) معادل ۰/۰۳۷ درصد از حجم اتمسفر است. مقدار CO₂ داخل گلخانه ها می تواند تا ۲۰۰ پی پی ام کاهش یابد و آن به مقدار حضور مواد غذایی مورد نیاز گیاهان، نور کافی و کمبود تهویه بستگی دارد. دی اکسید کربن را می توان بصورت گاز و یا از طریق احتراق تأمین نمود. با افزایش غلظت CO₂ به ۹۰۰ پی پی ام بر سرعت فتوسنتز افزوده می گردد (۴).

ب) تأثیر حرارت :

حرارت (heat) از عوامل مهم انجام فتوسنتز است. فرآیندهای متابولیکی از جمله فتوسنتز در شرایط حرارتی اپتیمم افزایش می یابند. آنزیم های دخیل در فتوسنتز در حرارت های پائین غیر فعال می گردند. گیاهان در حرارت های بالا دچار خسارت می شوند (۴).

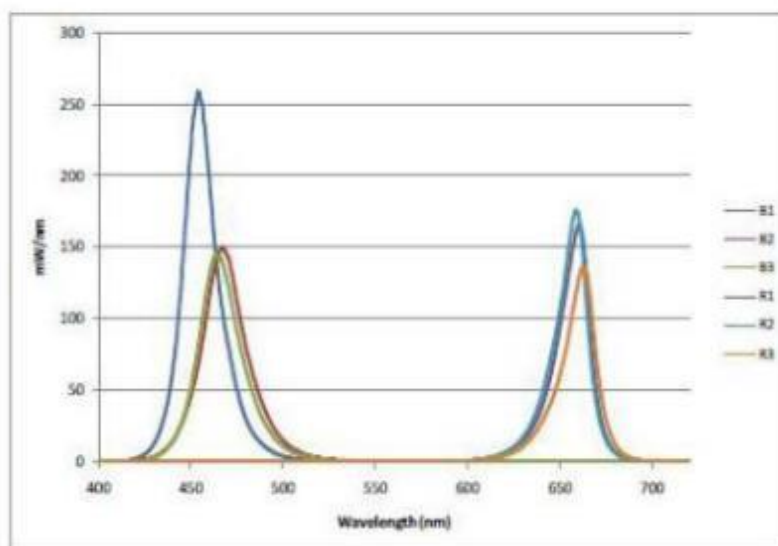
پ) تأثیر عناصر غذایی :

کمبود عناصر غذایی (nutrition)، سمیت و سایر استرس ها می توانند از مقدار فتوسنتز گیاهان بکاهند. بعنوان مثال : کمبود عنصر آهن به کلروزیس (زردی) برگ ها منتهی می شود که نتیجه فقدان کلروفیل کافی در اثر کاهش وقوع فتوسنتز است (۴).

ت (تأثیر آبیاری :

وجود آب کافی در گلخانه ها که از طریق آبیاری (irrigation) تأمین می گردد، از الزامات وقوع واکنش های فتوسنتزی است. زمانیکه گیاهان دچار کمبود رطوبت می گردند، روزنه های هوایی (استومات) خود را می بندند تا از اتلاف آب جلوگیری کنند. بسته شدن "استومات ها" از تبدلات گازی نیز جلوگیری می کند لذا مانع تدارك CO2 مورد استفاده فتوسنتز می شود. کمبود رطوبت قابل دسترس گیاهان از طویل شدن سلول ها نیز می کاهد. وقوع خشکی متوسط باعث كوچك شدن اندازه پیکره گیاهان می شود (۴).

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



فتوپریود و گلدهی :

"فتوپریود" یا "تناوب نوری" (photoperiod) به معنی تعداد ساعات روشنایی روزانه است. بسیاری از محصولات گلدهنده (floriculture crop) دارای یکی از سه نوع واکنش زیر نسبت به فتوپریود هستند :

الف) گیاهان روز کوتاه :

گیاهان "SDP" یا "روز کوتاه" (short-day plants) زمانی به مرحله گلدهی می رسند که فتوپریود کمتر از يك مدت معین باشد.

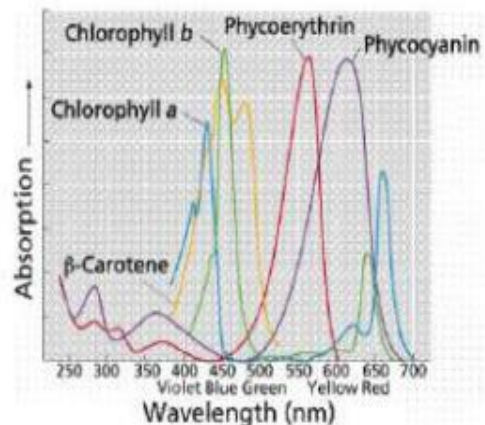
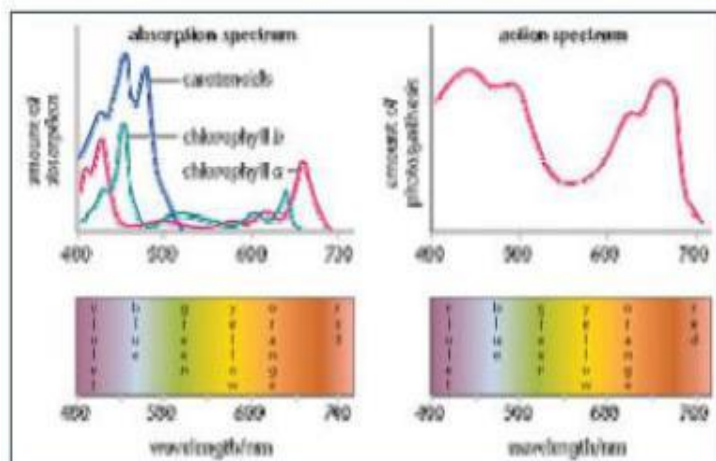
ب) گیاهان روز بی تفاوت :

گیاهان "روز بی تفاوت" (day-neutral plants) نسبت به فتوپریود حساسیتی ندارند و پس از طی رشد رویشی به گلدهی در روزهای کوتاه زمستان و یا روزهای بلند تابستان اقدام می کنند.

پ (گیاهان روز بلند :

گیاهان "LDP" یا "روز بلند" (long-day plants) فقط زمانی به گلدهی می پردازند که در معرض روشنائی روزانه ای بیشتر از یک میزان معین بعنوان فتوپریود حداقل قرار گیرند (۴).

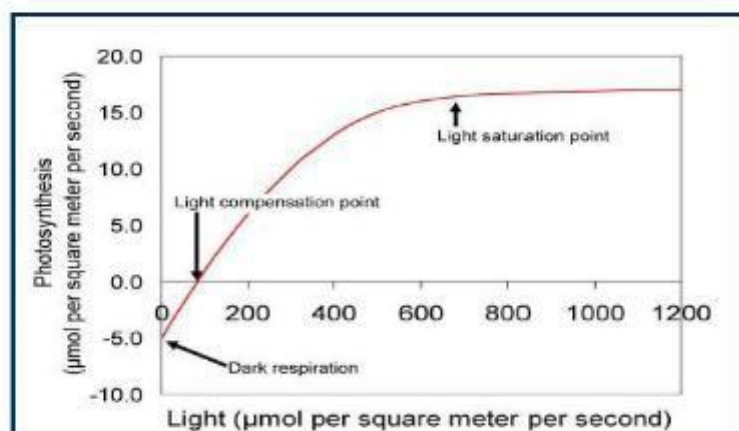
Chlorophyll and Accessory Pigments



واکنش کیفی یا الزامی :

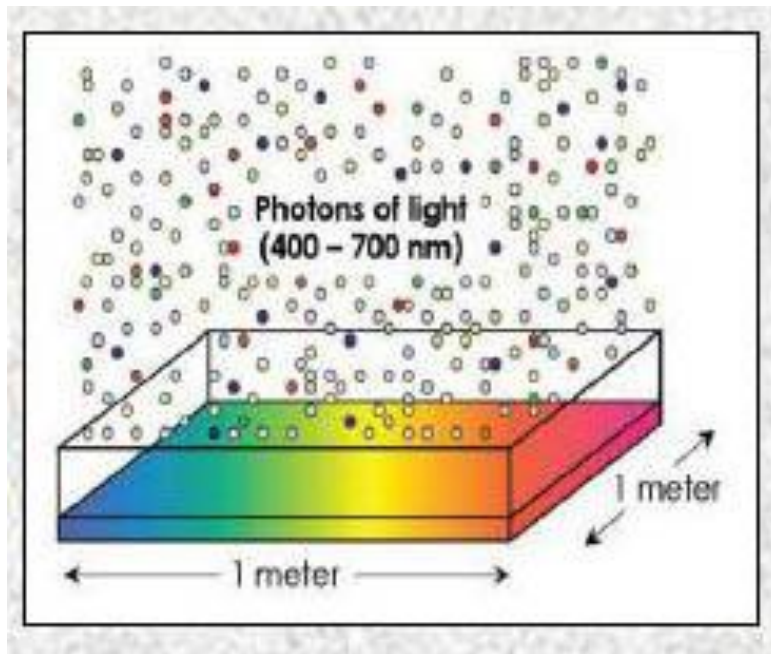
گیاهان تحت واکنش کیفی یا الزامی (obligate یا qualitative) فقط تحت فتوپریود ویژه ای به گلدهی می پردازند. بعنوان مثال : گیاهی که گلدهی را در تحت فتوپریود کوتاه انجام می دهد، ملترم و محظور به ویژگی های یک گیاه روز کوتاه است (۴).

Effect of light on Photosynthesis



واکنش کمی یا اختیاری :

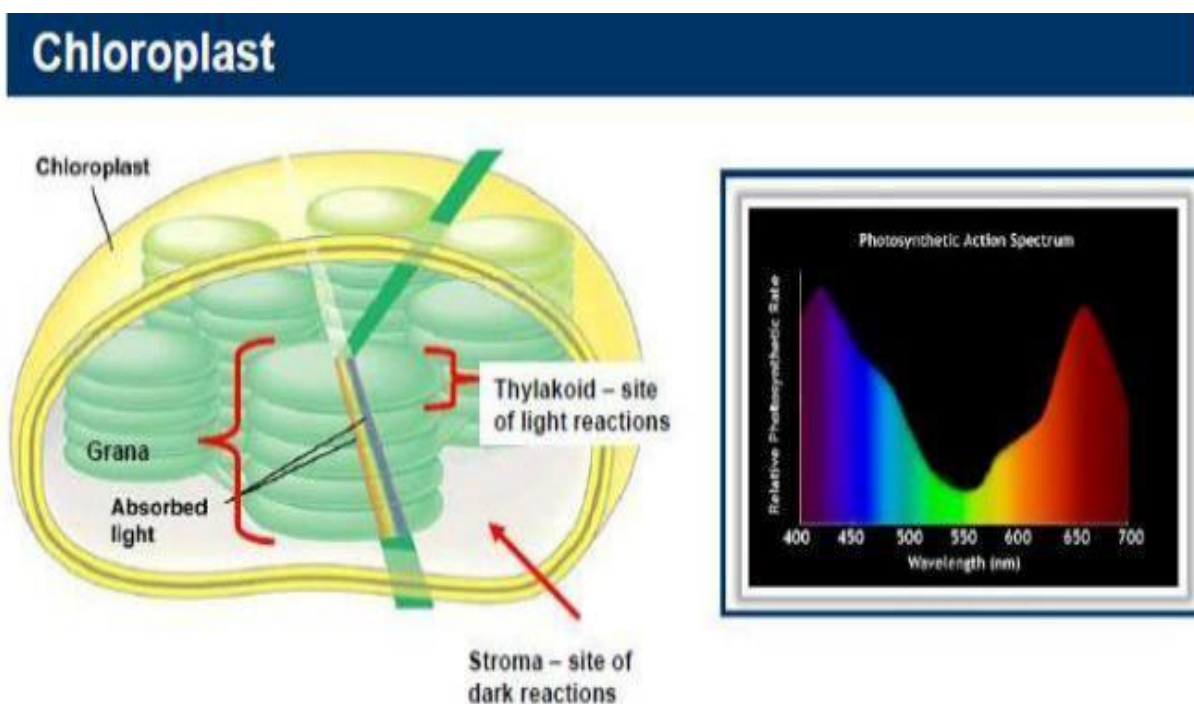
گلدهی گیاهان دارای واکنش کمی یا اختیاری (quantitative یا facultative) تحت فتوپریود های مختلف رخ می دهد اما سریع ترین گلدهی تحت فتوپریود ویژه ای وقوع می یابد. بعنوان مثال : یک گیاه ممکن است تحت همه انواع طول روزها گلدهی نماید ولی در شرایط روز بلند به گلدهی سریع تری می پردازد لذا به چنین گیاهانی اصطلاحاً "روز بلند اختیاری" می گویند (۴).



فیتوکروم ها :

برگ ها تشخیص دهنده مدت روشنایی و تاریکی محیط از طریق پروتئین هایی موسوم به "فیتوکروم" (phytochrome) هستند که در تمامی گیاهان یافت می شوند. "فیتوکروم ها" به دو شکل قابل تبدیل به همدیگر (inter-convertible) وجود دارند چنانکه در تحت نور قرمز ، "فیتوکروم ها" بفرم جاذب نور قرمز دور (far-red) موسوم به Pfr وجود دارند ولی در شرایط نور قرمز دور ، "فیتوکروم ها" بفرم جاذب نور قرمز موسوم به Pr تبدیل می گردند.

اوج جذب "فیتوکروم Pr" در محدوده طول موج ۶۶۰ نانومتر و اوج جذب "فیتوکروم Pfr" در محدوده طول موج ۷۳۰ نانومتر طیف نور صورت می پذیرد (۴).



تفاوت های کارکرد انسانی و گیاهی نور ها :

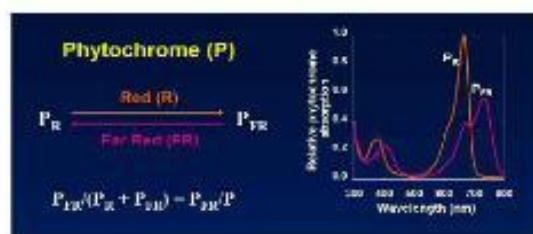
این موضوع حائز اهمیت است که تفاوت درک نورها توسط انسان و گیاهان را بخاطر داشته باشیم زیرا قوی ترین واکنش ها به طیف مرئی در محدوده "سبز- زرد- نارنجی" با طول موج ۶۱۰-۵۱۰ نانومتر در کل طیف الکترومغناطیسی نور خورشید صورت می پذیرد.

بهترین واکنش گیاهان به طیف گسترده ای شامل طول موج های ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر انجام می پذیرد و بر این اساس دستگاه های سنجش "تشعشع فعال فتوسنتزی" یا "PAR" (photosynthetic active radiation) طراحی و بکار گرفته می شوند.

چشم انسان بر اساس دریافت نور مرئی کار می کند و مقیاس شدت نور عبارت از: "لوکس بر متر مربع" (Lux) یا "شمع بر فوت مربع" (foot-candle) هستند لذا باید آنها را با نور مورد نیاز گیاهان کالیبره نمود. برای این منظور به دستگاه های "نقص یاب" (ill-suite) بمنظور اطلاع از میزان کمبود روشنائی محیط جهت رشد بهینه گیاهان نیاز می باشد تا بهترین شرایط نوری برای به حداکثر رسانیدن واکنش های "فتوبیولوژیک" (photobiological) گیاهان تدارک یابد (۳).

Phytochrome

- Leaves perceive and measure the duration of darkness and light through proteins found in all plants called phytochrome.
- Phytochrome exists in two inter-convertible forms. Under red light, phytochrome is primarily in the far-red absorbing form (P_{FR}). Under far-red light, phytochrome converts primarily to the red-absorbing form, P_R .



P_R peak absorption 680nm

P_{FR} peak absorption 730nm

سیستم های ایده آل نوردهی مکمل باید بتوانند هر گونه کاهش نور خورشید را جبران نمایند و فتوسنتز، گلدهی، واکنش های اقلیمی نظیر کاهش آب و دما، فتوتروپیسم و شکل گیاهی یا "فتومورفولوژی" را بهینه سازند آنچنانکه توصیف کننده توانایی گیاهان برای رشد به سمت نور و یا دور شدن از آن باشند. این موضوعات نشان می دهند که نمی توان به استانداردهای اندازه گیری 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" ($\mu\text{mole} = \text{micromole}$) 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 : كارآيي 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 $\mu\text{Mole}/\text{m}^2\text{-sec}$ براي ارزش لحظه اي (instantaneous vaue)
 ب) واحد $\text{Mole}/\text{m}^2\text{-day}$ براي كل كميت روزانه (۳).

Autumn Foliage



گاهاً روشنایی رشد (grow light یا grow lamp) مصنوعی می تواند ارسال کننده PAR حائز تمامی فوتون ها در ثانیه باشد. این موضوع معادل روشنایی رشد جهت نورهای ساطع شونده ای است که بسوی گیاهان گسیل می گردند و همچون جریانی از فوتون ها (photon flux) یا PPF (photo synthetic photon) (flux) می باشند (۳).

روش دیگر اندازه گیری روشنایی رشد گیاهان از طریق انرژی مصرفی برای تولید طول موج های نور مؤثر در فتوسنتز (PAR watts) است و آن اینکه چگونه مقدار زیادی از انرژی نور در فاصله نورهای مؤثر ۴۰۰-۷۰۰ نانومتر جهت انجام فتوسنتز در دسترس قرار گیرند. البته نباید "PAR watts" را با مقدار مصرف واقعی لامپ ها در واحد زمان اشتباه گرفت (۳).

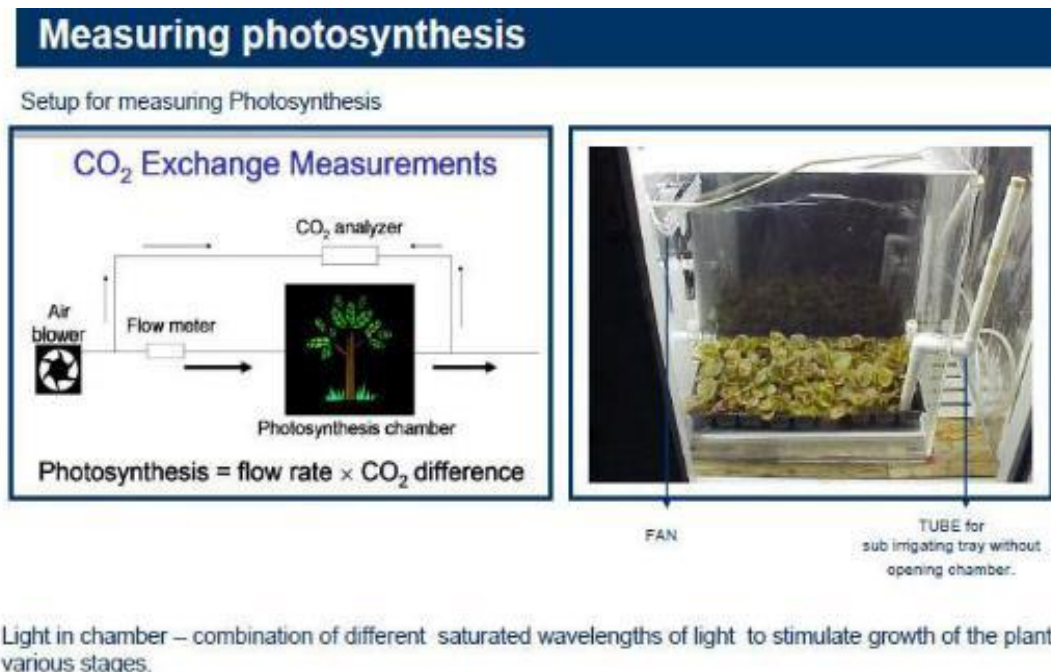
یکی از دستگاه هایی که برای اندازه گیری PAR بکار می روند، موسوم به "کوانتوم متر" (Quantum meter) می باشد که مقدار نور خورشید را در شرایط مختلف اندازه گیری می کند و آنرا با نوسانات فصلی تنظیم می کند. این دستگاه مشخص می نماید که در هر زمان برای دستیابی به سرعت رشد مطلوب به چه مقدار نور مکمل نیاز می باشد (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 اما 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 حتی ماوراء بنفش (۱۰۰۰۰K) را تولید می سازند. همواره به پرورش دهندگان توصیه می گردد که توجه کافی را به چارت "کلوین" (Kelvin) که بر روی جعبه های حاوی لامپ های مختلف وجود دارند، مبذول نمایند (۵).

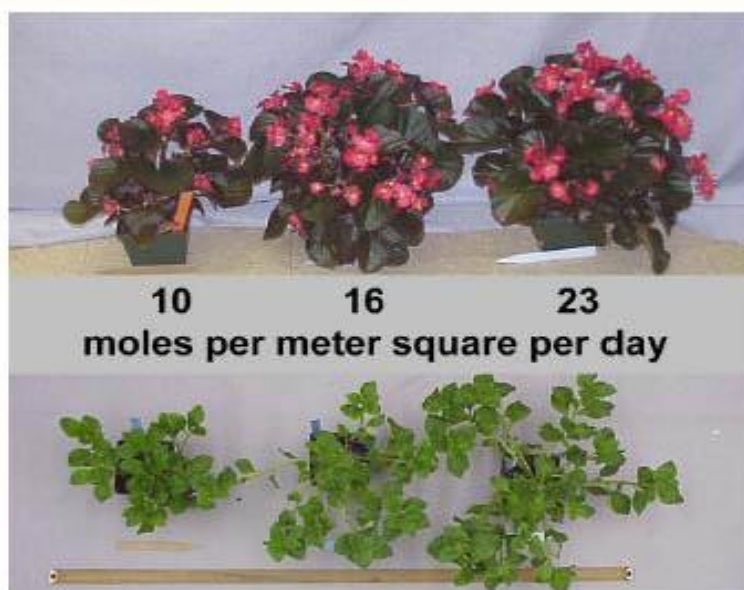


۲) لامپ های "التهابی" :

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 گاهی 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 اما با حذف نور قرمز از طیف خروجی باعث تضعیف آن می گردد. از اینچنین روشنایی رشد انتظار حدود ۷۵۰ ساعت کارایی وجود دارد. آنها انرژی کافی برای فتوسنتز بهینه تولید نمی نمایند زیرا میزان گرمای تولیدی آنها بیش از نور قابل استفاده آنان است (۵).

Effect of light on Photosynthesis



- Increasing light increases photosynthesis and thus growth.
- These begonias (top) and petunias (bottom) received three light levels.

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 کارایی 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 باریکی 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. محدوده تولید حرارت اینگونه لامپ ها ۶۵۰۰-۲۷۰۰ کلوین می باشد. کارایی مفید لامپ های فلورسنت در حدود ۱۰ هزار ساعت است (۵).

لامپ های "فلورسنت زوج" یا "DSF" (Dual Spectrum Fluorescent) بصورت ۸-۲ تایی 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 کارایی بیشتری دارند اما 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	μmol.m ⁻² .s ⁻¹ or Wm ⁻²
Photometric	380nm - 730nm	ft-cd or lux
Spectroradiometer	Measure individual wavelengths	μmol.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 پُر قدرت" یا "HPS" (High Pressure Sodium) تولید نور مرئی قرمز می نمایند گوا اینکه بخش کوچکی از سائز 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 مقداری 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 میانگرمه 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 علامتی مشابه کمبود نیتروژن است.

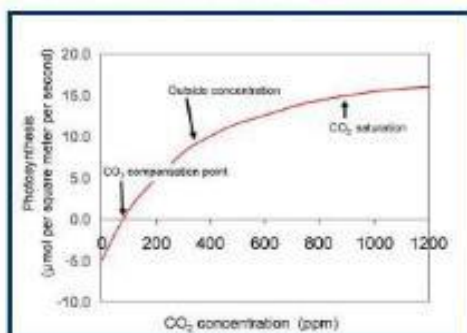
لامپ های "سدیمی پُر فشار" دارای طول عمر بسیار طولانی هستند و نور حاصله از آنها حدود ۶ برابر بیشتر از لامپ های التهابی به ازای هر وات مصرف انرژی است. با وجود این کارایی و اینکه گیاهان گلخانه ای تمامی نیازهای طبیعی خود را از نور آبی کسب می کنند لذا ترجیحاً از چنین لامپ هایی در گلخانه ها استفاده می گردد اما 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 آپتیکی (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).

CO₂ and Temperature Effects

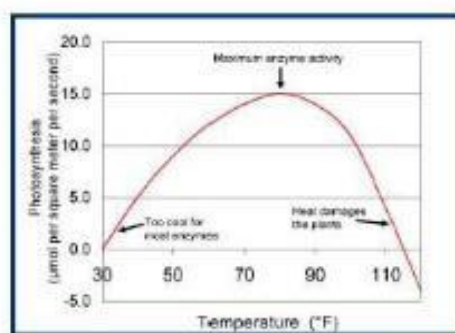
CO₂ Effects

- CO₂ outdoors is ~370 ppm (parts per million).
- CO₂ inside a greenhouse can drop as low as 200 ppm with a lot of plant material, high light, and low ventilation.
- CO₂ can therefore be supplemented as a gas or through combustion.
- As CO₂ increases to ~900 ppm, photosynthesis rate increases.



Temperature Effects

- Metabolic processes, including photosynthesis, increase to some optimum temperature.
- At low temperature, enzymes are not active.
- At high temperature, plant damage may occur.



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

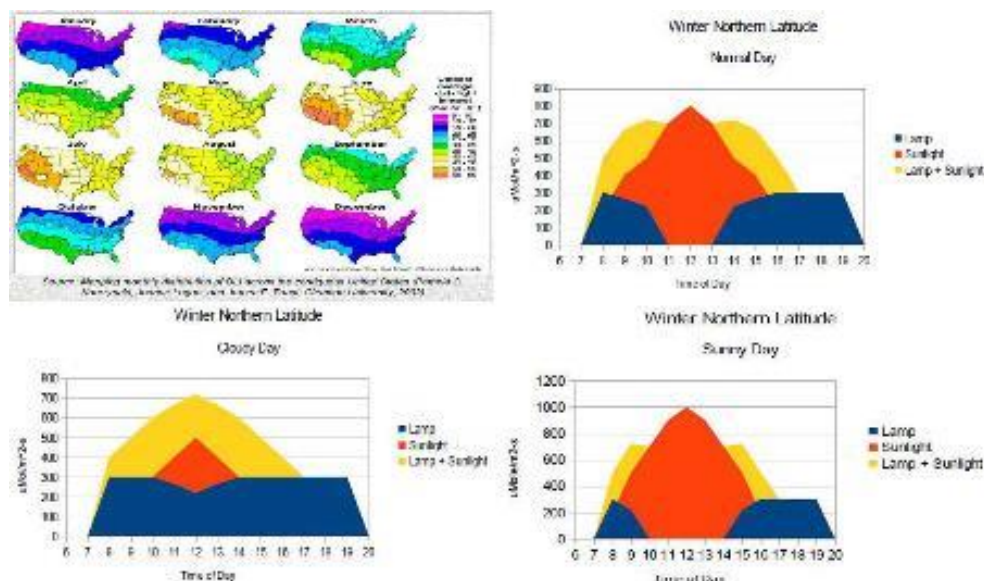
این موضوع بدین معنی است که لامپ های "MH" و "HPS" را در یکدستگاه بازتابی بصورت مجزا و یا تلفیقی قرار دهند. ترکیبی از لامپ های "متال هالید" آبی با لامپ های "سدیمی پُر قدرت" قرمز توسط کارخانجات سازنده برای خلق تابش ایده آل انجام می گیرد و در واقع امکان بکارگیری اینگونه لامپ ها را در موقعیت گوناگون فراهم 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 مجنور" (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 گوا اینکه 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 بخشی از نظر کارایی 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) (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 ای که 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 کارایی کافی را برای جایگزینی لامپ های "تخلیه الکتریکی پر 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 گوا اینکه LED هایی از انواع ۳ وات و ۵ وات نیز وجود داشتند اما 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 تنوریکی نشاندهنده کارایی 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 luminaire) و همگن (homogenous lamination) بوجود می آید.

ب) استفاده آپتیمم از نوردهی یعنی بالاترین میزان نورهای آبی و قرمز مطابق با شرایط واقعی و مورد نیاز گیاهان پرورشی تأمین می 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 می 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 کمیت و ویژه نور (میزان تشعشع) باعث تحریک فتوسنتز می شود. فاصله از خورشید اثرات کمی بر تغییرات فصلی کمیت 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 نیمه دیگر سال بر عکس می شود (۵).

طیف رنگی نور خورشید تغییر نمی یابد اما کمیت 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 دهنده 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 ملاحظه 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 کارایی 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 کارایی در سیستم نوردهی به گلکاری ها مطرح می سازد (۵).

امروزه در مزارع حرفه ای از دستگاه "رادیومتریک" (radiometric) و واحدهای :
 "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).

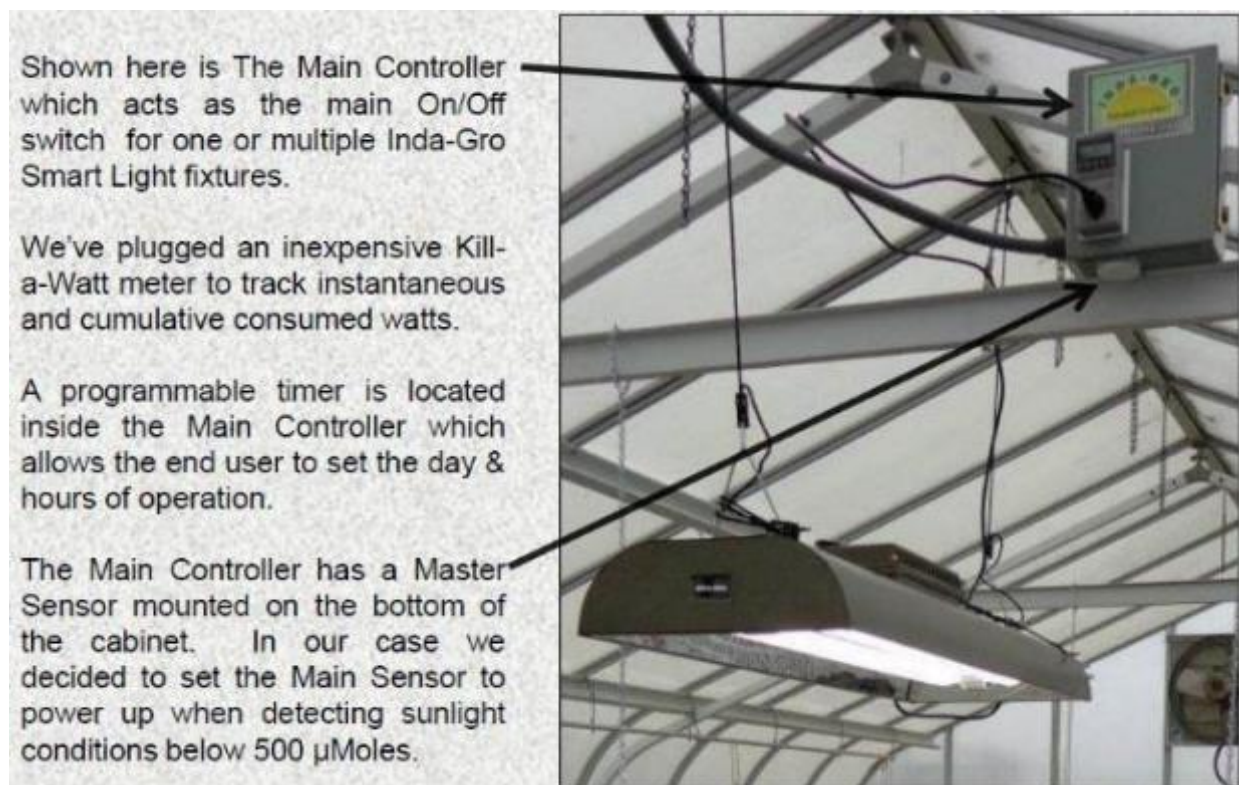


ballasts & bulbs

موارد کاربرد نوردهی تکمیلی :

روشنایی رشد در پرورش گل ها (horticulture)، باغبانی در محیط های کنترل شده (indoor gardening)، ازدیاد نباتات (plant propagation) و تولید مواد غذایی (food production) استفاده می شود.

سیستم هایی که از روشنایی رشد بیش از سایرین بهره می برند شامل : هیدروپونیک (hydroponics) و پرورش گیاهان آبی (aquatic plants) هستند. اکثر موارد کاربرد روشنایی رشد در سطوح کشاورزی صنعتی می باشند ولیکن از آنها می توان در پرورش گیاهان خانگی نیز بهره گرفت (۵).



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

شدت تشعشع نور از یک منبع نور نظیر لامپ های حبابی به یک سطح دریافت کننده دارای رابطه معکوس با مربع فاصله سطح از منبع نور است مثلاً در صورتیکه موضوع به فاصله ای معادل دو برابر فعلی انتقال یابد آنگاه فقط یک چهارم از نور را دریافت خواهد کرد لذا این موضوع برای پرورش دهندگان گیاهان در شرایط کنترل شده بعنوان یک معضل مطرح است و بنابراین باید از تکنیک های مناسبی جهت تأمین نور ضروری بهره گیرند.

دستگاه های "منعکس کننده" یا "بازتابنده ها" (reflectors) غالباً برای دستیابی به ماکزیمم کارایی نورهای موجود در چنین مواردی بکار گرفته می شوند. همچنین گیاه یا منبع نور را آنچنان حرکت می دهند تا بقدر کافی بهمدیگر نزدیک گردند تا بدینطریق نوررسانی کافی صورت پذیرد. نوررسانی بهینه زمانی انجام می گیرد که نور دریافتی گیاهان از منبع نور بسیار بیشتر از نوری باشد که به محیط اطراف تابیده می شود (۵).

مجموعه ای از انواع لامپ های حبایی (bulb types) را می توان بعنوان روشنایی رشد بهره گرفت که شامل :

لامپ های التهابی (incandescent)، فلورسنت ها (fluorescent lights)، لامپ های "LED" و لامپ های تخلیه الکتریکی پُر قدرت یا "HIDs" (high intensity discharge lamps) می باشند. امروزه اغلب لامپ هایی که بصورت حرفه ای برای تأمین نور مصنوعی بکار می روند، از انواع "HIDs" و فلورسنت هستند (۵).



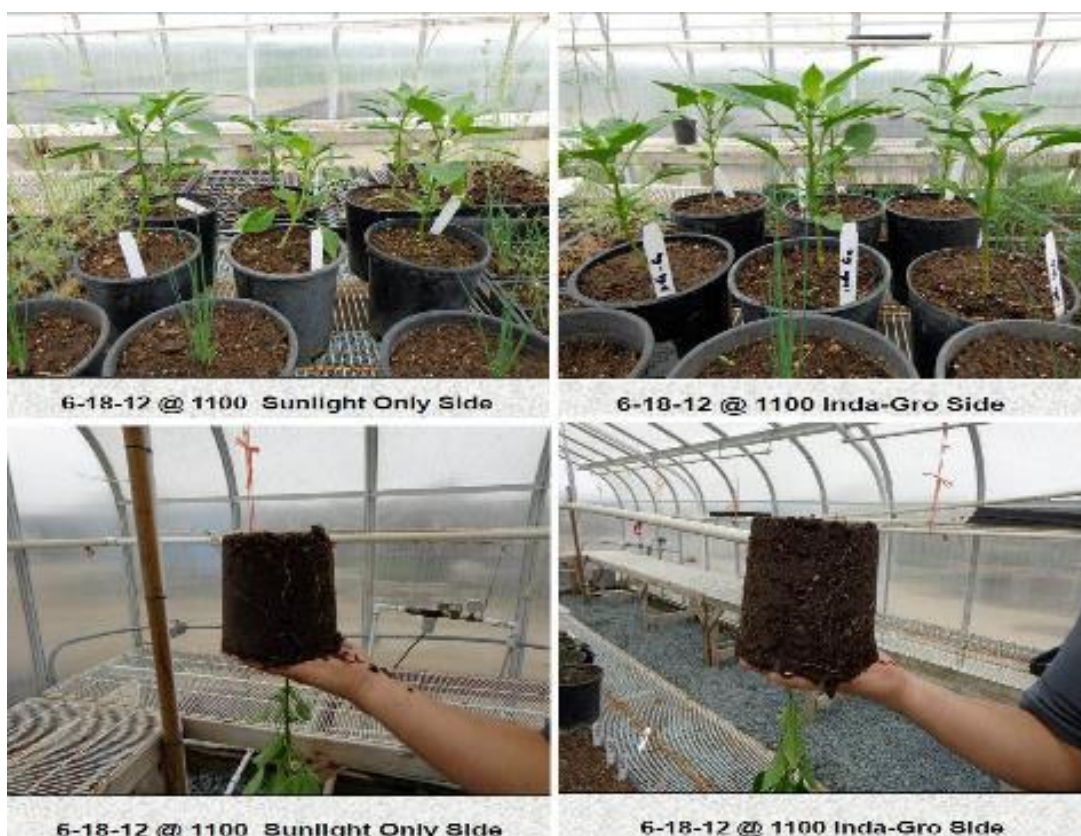
پرورش دهندگان گل ها و سبزیجات در شرایط کنترل شده مشخصاً از لامپ های "سدیمی پُر قدرت" یا "HPS/SON" (high pressure sodium) و لامپ های "متال هالید" یا "MH" (metal halide) و لامپ

های "تخلیه الکتریکی پُر فشار" یا "HID" بهره می گیرند اما امروزه لامپ های فلورسنت را غالباً بواسطه کارایی 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 اما گیاهان پرورشی 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 مرحله رشد رویشی و زایشی گیاهان بکار گرفت. سازمان NASA روشنایی رشد "LED" را بواسطه کارایی بسیار بالا جهت تولید مواد غذایی در سکونتگاه های فرازمینی برگزیده است (۵).

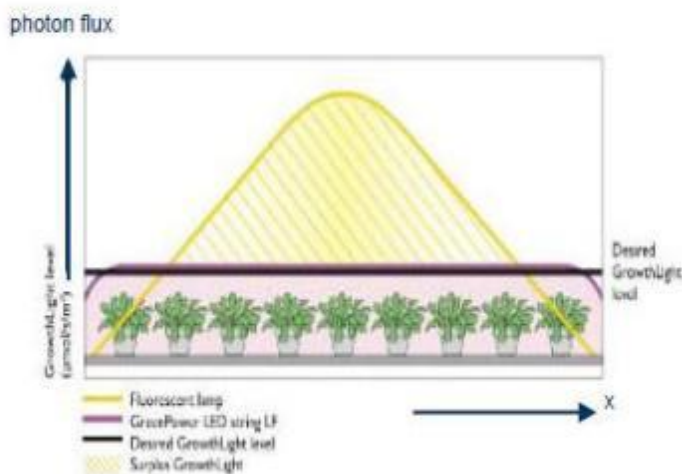
سیستم های نوردهی تکمیلی گلخانه ها :

گلخانه ها شامل اموال سرمایه ای چشمگیری هستند که درآمدهای حاشیه ای را از شرایط محیطی با حداقل توانایی ها محرز می سازند. گلخانه ها اجازه می دهند تا فاکتورهای محیطی نظیر : نور، آب، حرارت، اتمسفر و کودها را بخوبی کنترل کنیم و به تولید موفقیت آمیزتری دست یابیم. بنابراین سیستم های نوری که در گلخانه ها بکار گرفته می شوند، باید بتوانند به تقویت نورهای ناکافی که در فصول مختلف سال بصورت دوره ای وقوع می یابند، بپردازند. این سیستم ها باید دارای : کارایی بالا با کمترین میزان مصرف انرژی ضمن قیمت مناسب باشند (۳).

LED Advantage

Advantages with LEDs

- More Compact Luminaire
- Homogenous Illumination.
- Optimized usage of light.



نوردهی تکمیلی بر اساس ملاحظات محصول :

نوردهی تکمیلی بواسطه دلایل زیر مبتنی بر ملاحظات محصول (crop considerations) است :

الف) تدارك نور كافي در مواقعى كه نور طبيعى خورشيد ناكافي است.

ب) افزایش عملکرد و اصلاح کیفیت محصول با بهبود فتوسنتز

پ) اطمینان از زمانبندی صحیح ارائه محصول به بازار مصرف

ت) حذف تنش به محصول با تقویت نور خورشید

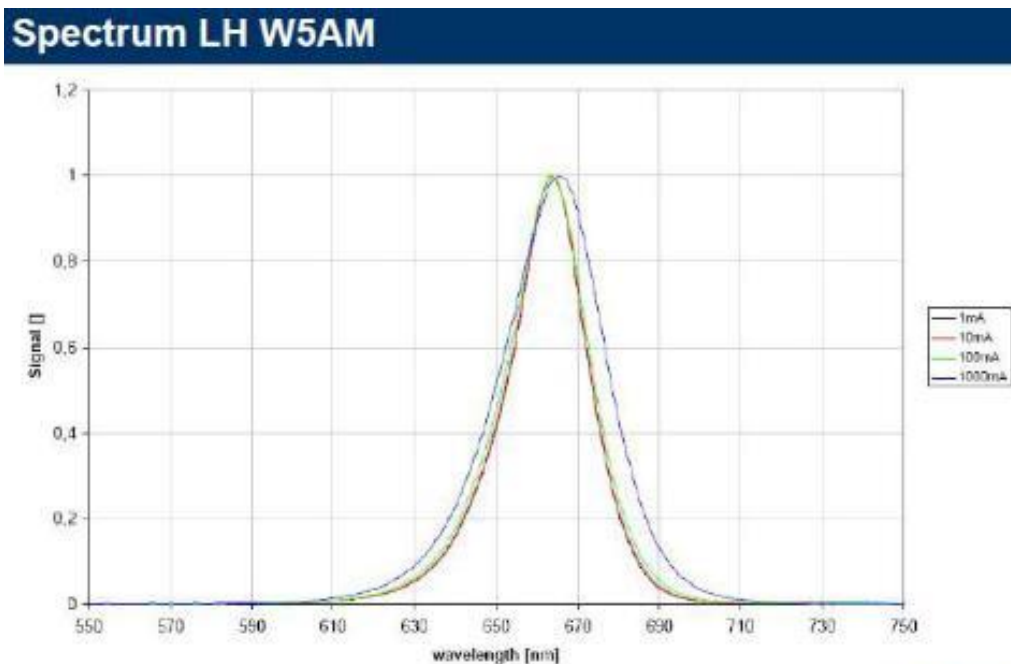
ث) تطابق نیازها با تلفیق روزانه نورها یا "DLI" (Daily Light Integrals) با واحد " $\text{Mol/m}^2/\text{day}$ "

ج) مدیریت همزمان روشنائی رشد روزانه (DLI) و لحظه ای بر اساس واحدهای " $\text{Mol/m}^2/\text{day}$ " و

" $\mu\text{Mol/m}^2/\text{s}$ "

چ) تلفیق روزانه نور خورشید بر اساس نیازمندی هر گونه خاص منطبق با ساعات روز

ح) حداکثر عایدی از سرمایه گذاری در اراضی و گلخانه ها (۳).



نوردهی تکمیلی بر اساس ملاحظات نوردهی :

ملاحظات نوردهی (lighting consideration) در موارد زیر بر نوردهی تکمیلی تأثیر گذارند :

الف) حداقل مصرف انرژی بنحوی که تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی نورانی ضمن احراز بالاترین میزان عملکرد با کاهش هزینه های تولید نیز همراه گردد.

ب (دوام لامپ (lamp life) زیرا دوام طیف و کاهش نزول تشعشع از هزینه های جایگزینی لامپ ها می کاهند.

ت (نوع لامپ از جنبه بروز صدمات محیطی، مناسبیت یا عدم مناسبیت برای بازیافت، کل کربن منتشره
ث (نورافکنی (luminaire) یعنی تلفیقی از سیستم های کنترل نور شامل حباب و دستگاه انعکاس
ج (نورافکنی خطی (on board یا slave) با قابلیت روشن و خاموش شدن لحظه ای (۳).

نوردهی تکمیلی بر اساس ملاحظات سیستم کنترل :

نوردهی تکمیلی بر اساس ملاحظات سیستم کنترل (control system considerations) تغییر می یابد :
الف) توانایی ماکزیمم کارایی نوردهی با فرمان لحظه ای روشن و خاموش کردن بمنظور اجرای تاریکی (dimming)

ب (توانایی کنترل تجمعی (cumulative) و لحظه ای (instantaneous) نور از طریق خاموش و روشن کردن برای محدودسازی آستانه روشنی تا حسگرهای نور قادر به کنترل روشنایی سیستم گردند (۳).



تکمیل نور روزانه در حمایت از روشنایی طبیعی :

مقوله تکمیل نور روزانه یا "DLI" (Daily Light Integral) برای تبیین مقدار کل PAR هر منطقه است که بطور روزانه نظیر مقدار مول ها در هر روز به سمت هدف روانه می گردند بنابراین زمانیکه مقدار نور تجمعی روزانه به حد مناسبی رسید آنگاه به رشد موفقیت آمیز دست می یابند.

اندازه گیری مقدار PAR لحظه ای در یک مترمربع را با معیار " $\mu\text{Mole}/\text{m}^2\text{-sec}$ " بیان می کنند. از این اطلاعات می توان برای مشخص کردن نیاز روزانه روشنایی رشد بعبارتی " $\text{total}/\text{Mole}/\text{m}^2\text{-day}$ " استفاده نمود تا بهترین ترکیب نور خورشید و نورهای مکمل (مصنوعی) را برای رفع نیاز گیاه به روشنایی بر طرف ساخت (۳).

فواید اندازه گیری نورهای مکمل از طریق اندازه گیری لحظه ای نور را می توان چنین قیاس نمود که اگر مقدار بارندگی را بدانیم آنگاه می توان با قرار دادن یک ظرف مناسب به ثبت مقدار آب حاصل از بارندگی روزانه پردازیم درحالیکه ثبت لحظه ای باران نشانگر مقدار ریزش در هر ثانیه است و واحد کوچکتري می باشد. این موضوع مشابه تعیین مقدار نور روزانه از طریق اندازه گیری مقدار نور لحظه ای در اواسط روز است (۳).

امروزه با کمک نقشه های رنگی می توانند مقدار نور روزانه را در هر مکان از کره زمین برای هر موقع از سال بدست آورند و با کمک آنها به رفع مابقی نیازهای نوری گیاهان از طریق نوردهی مصنوعی پردازند. بطور مثال میزان نور خورشید بنحو چشمگیری در طی تابستان و پائیز تغییر می یابد لذا گیاهانی که در پائیز پرورش داده می شوند ، از نظر مقدار رشد و کیفیت محصول آسیب می بینند (۳).

برای اینکه به تعیین مقدار نورهای تکمیلی در برهه های زمانی برای هر منطقه جغرافیایی اقدام شود، ابتدا باید مقدار نور روزانه طبیعی منطقه را اندازه گیری نمود و یا آنرا از نقشه های "DLI" بدست آورد ولیکن باید توجه داشت که فقط ۷۰-۳۰ درصد نور اندازه گیری شده در خارج از گلخانه ها حقیقتاً به گیاهان داخل گلخانه ها می رسند لذا پرورش دهندگان نباید فریب درصد بالای شفافیت ظاهری شیشه های گلخانه ها را بخورند و انتظار داشته باشند که تمامی روشنایی بیرون گلخانه ها به محصولات گیاهی داخل آنها برسند. تحقیقات نشان می دهند که ۹۰ درصد نورهایی که بصورت عمودی بر شیشه ها و صفحات نازک پلی اتیلین بتابند، از آنها عبور می کنند ولیکن اکثریت نور خورشید در ساعات مختلف روز بصورت عمودی بر سطح گلخانه ها نمی تابند. همچنین ساختارهای داخلی گلخانه ها از جمله تیرک ها، لامپ ها، سبدهای آویز و غیره نیز مانع عبور نور از خارج به داخل گلخانه ها برای رسیدن به گیاهان می شوند لذا همواره بخش هایی از گلخانه ها برای گیاهان وجود بصورت سایه در می آیند (۳).

نور خورشید که در زمستان ها، صبح ها و عصرها با زاویه حاده به سطوح شفاف گلخانه ها برخورد می کند، غالباً منعکس می شوند و در اطراف گلخانه ها پراکنده می گردند. بعلاوه عواملی چون :

کهنگی مواد پوششی، غبارها، سبدهای آویز و سایه ستون ها می توانند از میزان عبور نور خورشید بدخل گلخانه ها بکاهند.

تنها راه درک حقیقی از مقدار نور خارج گلخانه ها که موفق به ورود به داخل آنها می شوند اینکه بطور همزمان به اندازه گیری نورها در داخل و خارج گلخانه ها بپردازیم و از این طریق مقدار کاهش نور عبوری را محاسبه نمائیم سپس نسبت به تأمین نور کافی اقدام کنیم (۳).

بعنوان يك كار تجربي سناريوهاي مختلف از طول روز در يك آزمایش بشرح زیر طراحی و اجرا شدند :

روزهاي ابري، روزهاي آفتابي و روزهاي معمولي .

طول روزها از ۸ صبح تا ۱۶ عصر تعیین شدند .

میزان نور محرك معادل $300 \mu\text{Mol/m}^2\cdot\text{s}$ تعیین شد ولیکن مقدار آن از ۱۵۰-۳۰۰ میلی مول بر متر مربع در ثانیه کم و زیاد می شد.

میزان نور اشباع لحظه ای برای گیاهان معادل ۸۰۰ میلی مول بر مترمربع در ثانیه و نور اشباع روزانه حدود ۲۴ میلی مول بر مترمربع در روز تعیین گردید ولیکن هیچگاه قابلیت دسترسی کامل به آنها بوجود نیامد.

اندازه گیری های نهایی نشان دادند که نتایج حاصله تنها ۶ درصد با همدیگر تفاوت داشته اند (۳).

Key Data LH W5AM (660nm)

Golden DRAGON Plus and OSLO SSL LEDs with their efficiency of 37% are among the most efficient light sources on the market in the deep red range (660 nm wavelength).

- Golden Dragon Plus HyperRed
- Peak wavelength: 650-670 nm
- Typ. output power: ~320 mW @ 400 mA
- Performance increase planned shortly to 400mW



- Alternative package: Oslo SSL 80* (LH CP7P)
- → no secondary lens required
- → compact design
- → higher robustness



فاکتورهای دخیل در نوردهی مکمل :

با افزایش نورهای مصنوعی می توان رشد و نمو گیاهان را در شرایط زیر کنترل نمود :

الف) سطوح قابل دسترس نور خورشید به سبب منطقه و یا موقعی از سال دچار کمبود باشد.

ب (جایگزینی کامل تشعشع خورشید بر پرورش گیاهان در شرایط کنترل شده (indoor)

پ (نوردهی برای ایجاد تناوب نوری (فتوپریود) جهت تأثیر یا تحریک گیاهان به ایجاد واکنش هایی چون رشد رویشی و آغاز مرحله زایشی (۳).

کیفیت و مقدار نوردهی تکمیلی سیستم با در نظر گرفتن عوامل زیر تعیین می گردد :

الف) مقدار نور مورد نیاز گونه های گیاهی

ب (طول روز طبیعی

پ (ساعات متوسط تابش واقعی خورشید

ت (شدت و زاویه تابش خورشید (موقعی از سال، عرض جغرافیایی، شرایط آب و هوایی)

ث (بخشی از ساختار سازه ها که باعث سایه اندازی می شوند (۳).

در بسیاری از مناطق برای پیشگیری از کمبود نور خورشید به دلیل شرایط آب و هوایی و یا در مناطقی از کره زمین که فی مابین عرض های جغرافیایی ۸۰-۴۰ درجه قرار دارند و در ماه های زمستان از سطوح کافی نور خورشید بی بهره اند، جهت دستیابی به رشد موفق گیاهان گلخانه ای اقدام به نصب سیستم های نوردهی مکمل می نمایند.

بعنوان مثال : در بخش هایی از واشنگتن و "اوریگون" بطور متوسط روزانه دارای ۲-۳ ساعت نور مؤثر خورشید در طی ماه های زمستان هستند زیرا زاویه تابش خورشید بسیار کم است لذا شدت تابش خورشید فقط در حد ۵ درصد اوج تابش خورشید در ماه های تابستان می رسد (۳).

زمانیکه مناطق نیازمند به نوردهی مکمل مشخص شوند آنگاه پرورش دهندگان ضمن آشنایی با تکنولوژی های جدید نوردهی از اختیار کافی برای انتخاب نوردهی هوشمند (smart lighting) با کارایی زیاد بجای لامپ های HID و فلورسنت سنتی بهره مند خواهند شد.

با کاهش هزینه های عملیات و نگهداری از طریق بهینه سازی سیستم های نوردهی تکمیلی و کنترل می توان موجب افزایش عایدی پرورش دهندگان گردید. از طریق افزایش کارایی و طول عمر تکنولوژی های نوردهی می توان به پرورش دهندگان کمک نمود تا بر وسعت زیر کشت و میزان تولیداتشان بیفزایند (۳).

«جدول ۳) مناسب ترین سطوح نوردهی (High ، Good ، Minimum) برای کسب محصولات با کیفیت (۳):»

گونه ها	متوسط نوردهی 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
شمعدانی معطر "Pelargonium"			M	M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H
رُز مینیاتوری "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
آنجلیونیا "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
داوودی "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 اشرفی "Coreopsis"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
گل ستاره ای "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 گرمسیری "Lantana"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
اسطوخودوس "Lavender"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
گل جعفری (تاجت) "Marigold"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
اطلسی "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 معمولی "Verbena"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
بنفشه فرنگی "Pansy (Viola)"				M	M	G	G	G	H	H	H	H	H	H	H
گل آهاری "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

«جدول ۴) مناسب ترین سطوح نوردهی (High ، Good ، Minimum) برای کسب محصولات با کیفیت (۳):»

گونه ها	متوسط نوردهی روزانه (Moles/day)														
	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰
میخک "Dianthus" یا "Carnation"					M	M	G	G	G	G	H	H	H	H	H
گوجه فرنگی "Lcopersicon"					M	M	G	G	G	G	H	H	H	H	H
گلابول "Gladiolus"					M	M	G	G	G	G	H	H	H	H	H
رُز معمولی "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										
ارکیده "Phalaenopsis"	M	G	H	H	H										
اسپاتی "Spathiphyllum"	M	G	H	H	H										
سنبل "Hyacinth"	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								
دیفن باخیا "Dieffenbachia"		M	G	H	H	H	H								
دراسنا "Dracaena"		M	G	H	H	H	H								
عشقه انگلیسی "Hedera"		M	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
بگونیا "Begonia"		M	G	H	H	H	H								
سیکلامن "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						
فرفیون "Euphorbia"			M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
گل آویز "Fuchsia"			M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
لیلیوم (چچم) "Lilium"			M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
گل ادریس "Hydrangea"			M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
گل ابری "Ageratum"			M	M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H
گل میمون "Antirrhinum" یا "Snapdragon"			M	M	G	G	H	H	H	H	H	H	H	H	H

مقایسه گلخانه سنتی با سیستم های نوردهی تکمیلی :

با افزایش هزینه مصرف الکتریسیته، سیستم های نوردهی ایده آل گلخانه ها بسوی کمترین مصرف انرژی سوق یافته اند. بدین طریق امکان استفاده از نوردهی بیشتر بدون افزایش هزینه ها فراهم گردیده است. نوردهی سنتی با شدت زیاد یا "HID" (high intensity discharge) برای بیش از ۴۰ سال بعنوان اصلی ترین شیوه نوردهی مکمل در گلخانه ها به خدمت گرفته می شدند.

دو نمونه از لامپ های "HID" که برای نوردهی گلخانه ها بکار می روند شامل :

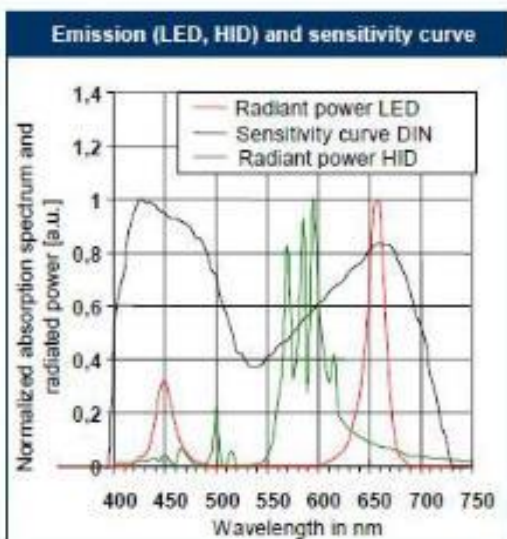
الف) لامپ "متال هالید" (MH) که بیشترین امواج نور را بصورت امواج فعال در فتوسنتز (PAR) شامل ۴۰۰-۵۰۰ نانومتر و در محدوده نور آبی گسیل می دارد که از ضروریات رشد رویشی است.

ب) لامپ "سدیمی پُر فشار" (HPS) که امواج فعال در فتوسنتز (PAR) را در محدوده زرد- قرمز یعنی ۵۵۰-۶۵۰ نانومتر ارسال می نماید و از ضروریات وقوع رشد زایشی است.

در مقایسه سیستم های "HID" باید ملاحظه شود که محدودیت هایی برای کنترل نوردهی اپتیمم در بدو امر وجود خواهد داشت. لامپ های "HID" دارای دوره های شدت یابی مجدد (restrike) طولانی بیش از ۲۰ دقیقه ای هستند لذا کنترل نوردهی با اینگونه لامپ ها در شرایط نوری متفاوت غیر عملی است. بدینگونه در گلخانه های بزرگ که تولیدات فراوانی را عرضه می کنند، با کاربرد لامپ های "HID" به تلفات انرژی و لاجرم هزینه های زیادتري منتهی می شوند که بواسطه عدم تنظیم عملیات نوردهی می باشند. بطور کلی لامپ های "HID" در سیستم های نوردهی تکمیلی برای کنترل دوره تاریکی (dimming) یا rebates طراحی نمی گردند (۳).

LED vs HID

Luminous efficacy of HID lamps is outweighed



- Red (~660nm) & blue (~450 nm) are the most appropriate wavelengths from a technical point of view
- Much of the HID spectrum takes place in the yellow and orange range

→ Theoretical calculation leads to a factor of 1.9 higher efficacy using LED*

HID 1,00

LED 1,92

→ High energy saving potential

→ Best ratio of blue and red needs to be determined under realistic conditions

کاربرد انرژی های جایگزین در نوردهی تکمیلی :

لامپ های القایی (induction lamp) از انواع لامپ های فلورسنت پُر نور هستند و بعنوان لامپ های "فلورسنت بدون الکتود" یا "EFDL" (Electrodeless Fluorescent Discharge Lamps) شناخته می شوند. در ساخت اینگونه لامپ ها به همراه گاز آرگون کم فشار از مقدار کمی آلیاژ جیوه نیز استفاده می شود تا در زمان تهییج بخار گردند. البته آنها درون بدنه شیشه ای بدام افتاده اند و راه گریزی ندارند (۳).

انواعی از لامپ های "HID" که دارای الکترودهای داخلی هستند، دارای روشنایی ۲۰ کلوین در ساعت می باشند و برای مقاصد عمومی بکار می روند. لامپ "HID" نیازمند زمان استارت طولانی هستند و قادر به خاموش شدن خودکار (auto-dimming) نیستند (۳).

لامپ های "EFDL" امروزه کاربرد گسترده ای یافته اند. آنها با ولتاژهای ۲۷۷-۱۲۰ ولت برق AC و با آمپراژ ۵۰-۶۰ هرتز کار می کنند. این قبیل از لامپ ها حاوی مقادیر زیادی از گازهای قابل التهاب هستند. لامپ های "EFDL" از کارایی بیشتری در مقایسه با لامپ های "HID" برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی نوری قابل استفاده گیاهان برخوردارند. در صورتیکه از لامپ های "EFDL" بجای لامپ های "HID" استفاده شود آنگاه نیازمند لامپ های کمتری به نسبت ۱ : ۱۰ خواهید بود (۳).

لامپ های "EFDL" نخستین بار در سال ۱۸۹۱ میلادی توسط "نیکولا تسلا" معرفی گردید. آنها در مقایسه با لامپ های التهابی (incandescent) بسیار گرانتز هستند ولی این افزایش بهاء بواسطه تشعشع بیشتر به ازای هر وات انرژی مصرفی جبران می گردد. اینگونه لامپ ها دمای بسیار کمی تولید می کنند و تا ۱۰۰ هزار ساعت دوام می یابند. بدبختانه لامپ های اختراعی "دکتر تسلا" هیچگاه بصورت انبوه تولید نشدند زیرا رقابت را به لامپ های التهابی ابدایی "توماس ادیسون" باختند (۳).



Standard 1000 watt HPS Greenhouse Lights

مقایسه هزینه های نوردهی تکمیلی با صدمات محیطی :

زمانیکه از منابع تجدید پذیر بمنظور صرفه جویی و حفاظت از منابع در جهت رفع نیازهای انرژی سیستم بهره می گیرند آنگاه فواید محیطی عدیده ای حاصل می شوند.

با کاهش مصرف انرژی از حضور کربن در اتمسفر فروش های زیر کاسته می شود :

(الف) کاهش انتشار گازهای گلخانه ای از صنایع و تأسیسات

(ب) صرفه جویی هر ۱۰۰۰ کیلووات انرژی باعث کاهش ۸۰۵ پوند CO₂ از اتمسفر می گردد.

(پ) مقدار جیوه به ازای حذف هر لامپ کاهش می یابد (۳).

«جدول ۵) مقایسه لامپ های HID با لامپ های القایی (۳):»

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

زمانیکه از لامپ های "HID" با طول عمر ۱۰ هزار ساعت استفاده می شود آنگاه برای ۱۰۰ هزار ساعت نوردهی به به ۱۰ لامپ از این نوع نیاز می باشد در صورتیکه يك لامپ "Inda-Gro" با قدرت ۴۰۰ وات می تواند جایگزین همه آنها گردد که جیوه کمتری در حدود يك سوم هر لامپ "HID" نیز دارد (۳).



«جدول ۶) مقایسه لامپ های "HID" و "Inda-Gro" (۳):»

ویژگی ها	لامپ "HID"	لامپ "Inda-Gro"
انرژی مصرفی (وات)	۱۰۰۰	۴۲۰-۲۱۰
دوام مؤثر (ساعت)	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
دوام کل (سال)	۴/۵	۲۳
حرارت تولیدی	۹۰۰ درجه فارنهایت	۲۰۰ درجه فارنهایت
هزینه بدون خاموشي	۴۳۵ دلار در سال	۱۸۲/۵ دلار در سال

تعداد ساعاتی که هر لامپ در سال به حالت روشن و یا خاموش در می آید، در مقدار هزینه سالانه اش مؤثر است لذا بکارگیری لامپ ها با برنامه ریزی دقیق می تواند از هزینه های تولید بکاهد بنابراین تلاش می گردد که بویژه در گلخانه های بزرگ تجاری بنحو مؤثری از نور خورشید در فصول مختلف سال استفاده گردد و از حداقل نور تکمیلی برای رشد بهینه گیاهان بهره گیرند (۳).

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

این لامپ دارای بالاترین کارایی انرژی برای نوردهی تکمیلی در گلخانه ها است. لامپ های تخلیه الکتریکی بدون الکتروود فلورسنت یا "EFDL" (Electrodeless Fluorescent Discharge Lamps) دارای بیشترین کارایی انرژی در لامپ های القایی موجود هستند. آنها فاقد الکتروود داخلی می باشند و کمترین افت تشعشع را در طی عمر ۱۰۰ هزار ساعته خویش دارند. آنها دارای طیف نورانی همسان با نور طبیعی هستند و می توانند بطور اتوماتیک میزان نوردهی را کنترل کنند و بدینطریق بیشترین صرفه جویی انرژی را در طی تولید محصولات گلخانه ای حاصل می نمایند (۳).

عمده ترین مزایای لامپ های "EFDL" عبارتند از :

- الف) حدوداً ۷۰ درصد کمتر از لامپ های همسان از نوع "HID" انرژی مصرف می کنند.
- ب) لامپ هایی منفرد با طیف گسترده ای از "PAR" بمنظور نوردهی مرحله رشد رویشی گیاهان هستند.
- پ) دارای ۱۰۰ هزار ساعت دوام هستند که تا وضعیت ۱۰ درصد کاهش تشعشع حائز ۷۰ هزار ساعت دوام مؤثر خواهند بود.
- ت) دارای وظایف دوره ای (duty cycle) نامحدود هستند بطوریکه روشن و خاموش کردن از طول عمرشان نمی کاهند.
- ث) دارای ثبات شدت و استواری طیف روشنایی برای تولید مکرر محصولات گیاهی گلخانه ای می باشند.
- ج) حائز توانایی کاهش نور از ۱۰۰-۵۰ درصد بر اساس شرایط روشنایی طبیعی هستند.
- چ) مصرف انرژی مطابق با مقدار نوردهی حقیقی دارند.
- ح) تعهدنامه ۱۰ ساله خدمات و تعمیرات در ایالات متحده همراه با گارانتی دارند (۳).

با سنجش و نظاره گري مداوم تغييرات نور خورشيد توسط حسگرهاي روشنایي مي توان بر اساس شرایط به تنظیم روشنایي رشد مورد نیاز گیاهان با كمك نوردهي تکميلي پرداخت. بدینگونه سوئیچ هاي زياد/كم اجازه مي دهند تا روشنایي لامپ ها را بگونه اي كم و زياد نمود تا ضمن صرفه جویی انرژی بتوان به اپتیمم رشد گیاهیان دست یافت.

مثال : لامپ ۴۲۰ وات با حداکثر روشنایي داراي توانایی تبدیل شدن به لامپ ۲۱۰ وات با ۵۰ درصد روشنایي است.

ولتاژ مصرفي در محدوده ۲۷۷-۱۲۰ ولت

آمپراژ در حدود ۵۰-۶۰ هرتز

فاکتور قدرت (power factor) در حدود ۰/۹۹

THD کمتر از ۱۰ درصد

و بعبارت خلاصه تر :

High setting : 400-800 $\mu\text{Mol/m}^2\text{-s}$ (fullbright if ≤ 400 , dimmed to 50% if ≥ 800)

Low setting : 250-500 $\mu\text{Mol/m}^2\text{-s}$ (fullbright if ≤ 250 , dimmed to 50% out put ≥ 500)

(مأخذ ۳).



مقایسه رشد هفتگی گیاهان در مجاورت "نور طبیعی" و "Inda-Gro":

این آزمایش با مشارکت هنرستان آموزش کشاورزی و مزرعه "بید وحشی" (wild willow farm) مستقر در منطقه "ساندیاگو" آمریکا انجام گرفته است. آزمایش مزبور به اندازه گیری رشد گیاهان به مدت یک هفته (۱۰-۱۸ ژوئن ۲۰۱۲ میلادی) پرداخت که در مجاورت نور خورشید و یا نور حاصل از لامپ های Inda-Gro قرار داشتند.

گیاهان تحت نور "Inda-Gro" دارای میانگین های کوتاهتری شدند ولیکن فعالیت گلدهی کمتری داشتند درحالیکه گلدهی در گیاهان تحت نور خورشید بموقع انجام پذیرفت. در مواردیکه از نوردهی تکمیلی استفاده گردید، سرعت رشد اولیه گیاهک های حاصل از بذور به ۴ برابر افزایش یافت درحالیکه اندازه نهایی این گیاهان نیز دارای رشد ۲-۳ برابری بودند (۳).

Fluorescent



نوردهی خاص رشد گیاهان و جلبک ها :

نورهای محیطی شامل مخلوطی از نورهای قرمز و آبی می توانند باعث افزایش کارایی "بیوراکتورها" (bioreactors) شوند و بدینگونه انرژی مصرفی را کاهش دهند. قوی ترین جذب نور توسط کلروفیل در محدوده ۶۶۰ نانومتر یعنی نور قرمز تیره و ۴۵۵ نانومتر یعنی نور آبی صورت می پذیرند.

میله های (bars) قرمز و آبی در اینگونه لامپ ها بصورت جداگانه ساخته می شوند و این موضوع اجازه می دهد تا نسبت نورهای قرمز به آبی را بر اساس ضرورت فرایندها تعیین گردند و هر زمان که لازم باشد نسبت به تغییر آن اقدام گردد.

این میله ها دارای درجه بندی آزمایشگاهی هستند و برای امور علمی طراحی شده اند لذا محققین بر اساس طراحی های آزمایشی نسبت به انتخاب میله های قرمز یا آبی جهت نوردهی تکمیلی اقدام می کنند (۱).

مهمترین ویژگی های لامپ های میله ای عبارتند از :

الف) آنها جریان الکتریکی بسیار بالایی دارند. تاکنون نمونه های آزمایشی گوناگونی از گره های "ال ای دی" (LED nodes) دارای جریان الکتریکی بالا ساخته شده و به شیوه های مختلف مونتاژ گردیده اند. هدف از اینکار تدارک بهترین سیستم و نه ارزان ترین آنها بوده است.

ب) لامپ های "LED" آبی با طول موج ۴۵۵ نانومتر و قرمز با طول موج ۶۶۰ نانومتر برای پرورش جلبک ها (algae) و سایر گیاهان کاربرد یافته اند درحالیکه اغلب مردم انواع ۴۷۰ نانومتر آبی و ۶۲۰ نانومتر قرمز را ترجیح می دهند. اینگونه لامپ ها اختصاصاً برای تأمین روشنائی رشد طراحی شده اند و برای دکوراسیون مناسب نیستند (۱).

پ) قابلیت تیرگی آسان (easy dimmable) :

با استفاده از تعدیل کننده ها و یا کاهنده های جریان از جمله کاهنده های ولتاژ جریان مداوم می توان به اینکار اقدام نمود. بدینطریق شدت های مختلف نور برای اهداف تحقیقاتی و دلایل بیولوژیکی فراهم می گردند.

ت) کارایی انرژی (energy efficient) :

کاربرد انرژی در "بیورآکتورها" بسیار گران است. این میله ها که کارایی بالایی دارند، به ازای هر وات انرژی مصرفی دارای تشعشع بیشتری هستند لذا به هزینه های کمتری برای دستیابی به انوار آبی و قرمز مورد نیاز رشد گیاهان منجر می گردند.

ث) طول عمر طولانی (long lived) :

اینگونه لامپ ها قبل از اینکه به کارایی ۷۰ درصد نزول یابند، حدوداً ۴۰ هزار ساعت عمر مفید دارند. عمر حقیقی (life time) آنها متفاوت است زیرا مردم آنها را در شرایط غیر یکسان به خدمت می گیرند. با این وجود باور سازندگان بر آن است که آنها بیش از ۷ سال دوام می آورند.

ج) مقاوم به ماوراء بنفش (UV resistant) :

ویژگی مقاومت به UV باعث دوام آنها در مقابل نور خورشید می شود.

چ) ضد آب و غبار (waterproof & dust-tight) : اینگونه ابزارهای روشنائی رشد را حتی می توان با شوینده های پُر قدرت شستشو داد.

ح) هر میله دارای ۲ فوت طول (۶۰ سانتیمتر) است و با ۲ بست و پیچ در محل مورد نظر محکم می شوند.

خ) پذیرنده "ROHs" یا "کاهنده مواد مضر" (Reduction Of Hazardous substances) :

در این تولیدات از مواد هادی استفاده نشده است. زمانیکه ۳ جفت از نمونه های آزمایشی آنها در آزمایشگاه علوم نور کشور کانادا آزمایش شدند آنگاه نمونه های قرمز (R1) و آبی (B1) انتخاب گردیدند سپس مدارها را برای کارایی بیشتر بدون کاهش نور خروجی اصلاح نمودند (۱).

د) منبع انرژی (power supplies) :

میله ها از منبع انرژی ۲۴ ولت DC استفاده می کنند.

مهمترین ملاحظات انتخاب منبع انرژی مناسب عبارتند از :

@- اندازه (size) :

در مواردیکه برای نصب در سطوح کم وسعت استفاده می شوند، توصیه می گردد که منبع انرژی را ۲۵ درصد بزرگتر از ظرفیت مورد انتظار انتخاب نمایند. این حاشیه امنیت باعث بر طرف شدن اشتباه در محاسبات، تطابق دستگاه ها و مقاومت مدار می شود اما برای سطوح وسیع تر می توان طراحی را بگونه ای مهندسی و نصب نمود که ضمن دستیابی به نور کافی از اتلاف هزینه ها نیز کاسته گردد.

@@- در صورتیکه بر اساس نوع تحقیق و یا هر دلیل دیگری خواهان کاهش نور در ضمن پرورش گیاهان باشد، نیازمند تجهیزات اضافی است ولیکن انرژی مصرفی کاهش می یابد.

@@@- برای غیر قابل نفوذ ساختن میله ها نسبت به نور و غبار نیازمند تجهیزات اضافی و گرانتز می باشد (۱).

«جدول ۷) نتایج حاصل از نمونه های آزمایشی تحت نوردهی R1 و B1 (۱):»

R1	B1	فاکتورها
۶۶	۶۶	تعداد گره های LED در هر میله
۱/۶۴۴	۱/۶۴۴	طول میله (متر)
۶۶۰/۴	۴۵۴/۱	اوج جذب طول موج (nm)
۲۳/۸۲	۲۳/۷۸	ولتاژ (V DC)
۱/۱۲۷	۱/۱۲۶	جریان (A DC)
۲۶/۸۵	۲۶/۷۸	برق مصرفی (wattage)
۳/۷۶۳	۶/۲۳۷	کل تشعشع خروجی (وات)
۱۴۰	۲۳۳	کارایی (انرژی مصرفی/ تشعشع خروجی) یا (mW/W)

معرفی بسته های نوردهی تکمیلی "Growace" :

مهمترین بسته های نوردهی تکمیلی شرکت "Growace" عبارتند از :

- ۱) کیت نوردهی رشد ۴۰۰ وات
- ۲) کیت نوردهی رشد ۶۰۰ وات
- ۳) کیت نوردهی رشد ۱۰۰۰ وات
- ۴) کیت نوردهی رشد LED
- ۵) کیت نوردهی رشد فلورسنت
- ۶) لامپ های حبابی و متعادل کننده ها (ballasts & bulbs)
- ۷) ضمايم و لوازم يدکی نوردهی رشد (lighting accessories)
- ۸) مواد بازتابش (reflective material)
- ۹) سرپوش های رشد (grow lids)
- ۱۰) چادرهای رشد (grow tents)، (۲).

منابع و مأخذ :

- 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.indagro.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 یافته ژنتیکی " ؛ " Genetically modified seed یا GMs "

مقدمه :

پرورش گیاهان زراعی از هزاران سال پیش آغاز گردیده و بشر همزمان به اصلاح آنها از طرق مختلفی چون انتخاب ، دورگ گیری و هتروزیس و نهایتاً تکنولوژی انتقال ژن ها از منابع گیاهی و غیرگیاهی دست یافته است تا جائیکه اینک با مقوله های جدیدی بشرح زیر مواجه و همگام می باشد :

(الف) بذور تغییر یافته ژنتیکی یا "GAs" (genetically altered seeds)

(ب) غذاهای تغییر یافته ژنتیکی یا "GMf" (genetically modified foods)

(پ) ارگانیسم های تغییر یافته ژنتیکی یا "GMO" (genetically modified organisms)

(ت) محصولات مهندسی ژنتیک یا "GEc" (genetically engineering crops)

(ث) محصولات تغییر یافته ژنتیکی یا "GMc" (genetically modified crops)

لذا در صدد بهره جویی از آنها برای پاسخگویی به نیازهای غذایی روزافزون جمعیت لجام گسیخته کره زمین بعنوان تنها شیوه عملی و قابل دسترس موجود می باشد (۷).

دانشمندان معتقدند که برای رهایی بشر از گرسنگی گریبانگیر باید به ازای هر نفر- روز به میزان ۴/۳ پوند مواد غذایی تولید شود و فقر غذایی بشر امروز را متأثر از کمبود چنین تولیداتی می دانند درحالیکه آمارهای جهانی تولید مواد غذایی نشان می دهند که مشکل گرسنگی جهانی بواسطه مقدار تولید مواد غذایی نیست بلکه بخاطر نابرابری ساکنین زمین در دستیابی به آنها می باشد (۷).

معرفی محصولات تغییر یافته 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 اما 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).

تاریخچه محصولات GM :

انسان از ۱۲ هزار سال قبل از میلاد مسیح به اهلی کردن گیاهان و حیوانات پرداخت که این عمل با اصلاح آنها به روش های زیر همراه بوده است :

۱) روش انتخاب اصلح (selective breeding):

در این روش به انتخاب ارگانیزم های حائز ویژگی مطلوب می پردازند و ارگانیزم های دارای صفات نامطلوب را حذف می کنند.

۲) روش مهندسی ژنتیک (genetic engineering):

در این شیوه که از سال ۱۹۷۳ میلادی توسط "هربرت بویر" و "استانی کوهن" ابداع گردید، ژن ها مستقیماً توسط انسان دستکاری می گردند. بدین ترتیب دانشمندان توانستند با حذف و یا افزایش ژن ها به واریته هایی از ارگانیزم های مختلف به مجموعه ای از صفات دست یابند. این شیوه از سال ۱۹۷۶ میلادی وارد مرحله تجارتي شد و توانست غذاها و داروهای GM را تولید و بفروش برساند (۶).



زمانیکه مواد ژنتیکی از گونه های متفاوت به همدیگر افزوده می گردند آنگاه DNA حاصله را DNA "باز ترکیب" (recombinant) و ارگانیزم حاصله را موجود ترانس ژنیک (transgenic) می نامند. اولین DNA "باز ترکیب" در سال ۱۹۷۲ میلادی توسط "پاول برگ" ساخته شد (۶).

اولین گیاهان GM تجارتي در سال ۱۹۹۶ میلادي در موارد زیر اصلاح گردیدند:

- (۱) گیاهان مقاوم به گلوفوسینیت و گلوفوسینیت
- (۲) درختان پاپایای مقاوم به بیماری ویروسی لکه حلقوي در هاوایی
- (۳) تولید گیاهان حاوي ژن BT که برای حشرات سمی است اما زیانی برای پستانداران ندارد.
- (۴) تولید گیاهان GM از جمله: جلبك ها ، ذرت ، صنوبر و "Jatropha" بمنظور تدارك سوخت هاي زیستی(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 (GEp) (genetic engineering products) برای کسب ویژگی های زیر تولید می شوند:

- (۱) مقاومت به آفات
- (۲) مقاومت به علفکش ها
- (۳) افزایش عناصر غذایی
- (۴) تولید محصولات ارزشمند نظیر داروها

- ۵) مقاومت به تنش های محیطی نظیر شوری و خشکی
- ۶) افزایش عمر انبارداری و دوام قفسه ای
- ۷) افزایش راندمان تولید
- ۸) تولید گیاهانی که برای داشتن برخی صفات مطلوب خاص طراحی می گردند و موسوم به "cisgenesis"
- یا "intragenesis" می باشند.
- ۹) تولید گیاهانی که در روش تولید مثل جنسی مواجه با ژن های ناسازگار هستند (۶).



الف) بذور تغییر یافته ژنتیکی :

همانگونه که اوقات سال را در دنیای واقعی به چهار فصل مجزا یعنی بهار ، تابستان ، پائیز و زمستان تقسیم بندی می نمایند، متشابهاً مراحل مختلف سال را بر اساس فعالیت های زراعی به صورت زیر دسته بندی کرده اند:

- ۱) دوره آماده سازی بستر (catalog time)
- ۲) دوره کاشت بذور (seeding time)
- ۳) دوره داشت (tending time)
- ۴) دوره برداشت (harvest time)
- ۵) دوره پاکسازی زمین (clean up time) (۱).

انواع بذور مورد استفاده در کشاورزی عبارتند از :

(۱) بذور صفات موروثی (heirloom):

امروزه فقط ۶۰۰ واریته از گیاهان دارای صفات موروثی در دسترس هستند درحالیکه تعداد آنها در سال ۱۹۸۱ میلادی بیش از ۵۰۰۰ واریته بوده اند.

(۲) بذور هیبرید (hybrid) :

بذور هیبرید فقط برای یکبار به بروز صفات مطلوب می انجامند و برای دفعات کاشت بعدی مناسب نیستند لذا باید هر ساله از شرکت های تولیدکننده بذور خریداری شوند.

(۳) بذور تغییر یافته ژنتیکی (genetically modified):

بذور GM بگونه ای با مهندسی ژنتیک تولید می گردند که ژن های انتحاری بتوانند با عقیم سازی مانع بکارگیری مداوم آنها شوند (۱).



شش شرکت معظم تولیدکننده بذور GM جهان که فروش ۹۸ درصد اینگونه بذور را سالانه در کنترل خویش دارند عبارتند از :

(۱) "مونسانتو" (Monsanto)

(۲) "سین جنتا" (Syngenta)

(۳) "دوپونت" (Dupont)

(۴) "میتسوی" (Mitsui)

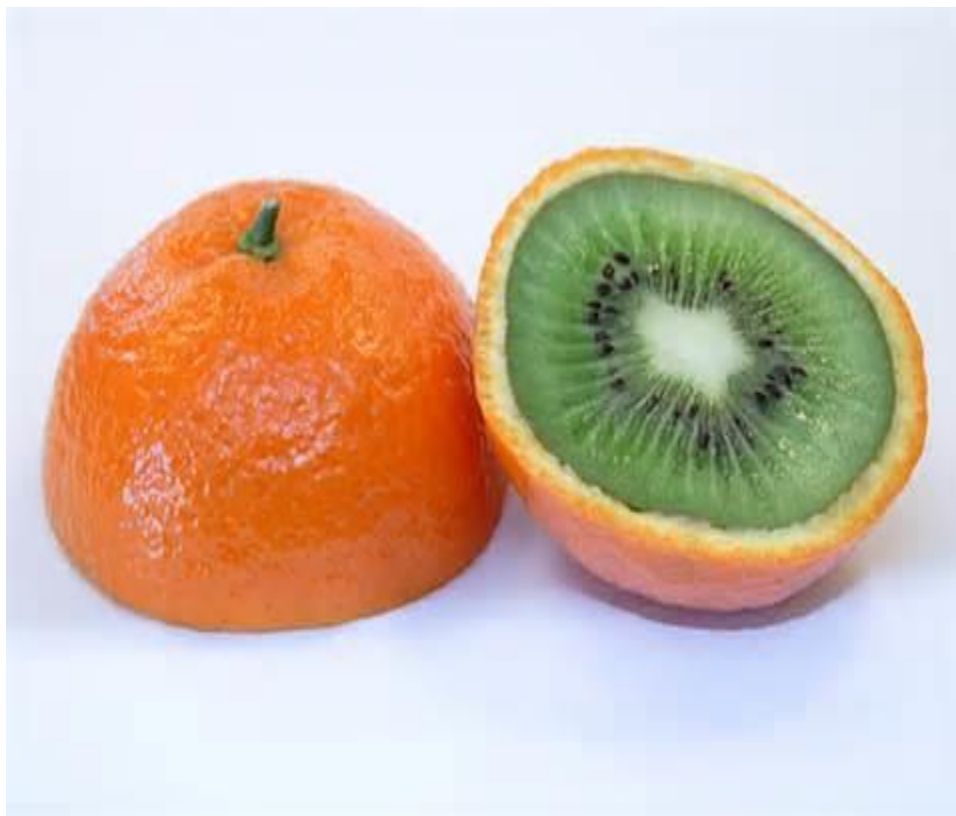
(۵) "آونتیس" (Aventis)

(۶) "داو" (Dow) (۱).

شرکت های بیوتکنولوژی نظیر "مونسانتو" ادعا می کنند که بذور تغییر یافته 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 اما 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 اما 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 بمتابۀ 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 تغییر یافته 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 اما 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 اما منتقدان اظهار می دارند که گیاهان GE از طریق دگرگشتی 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 مصرف 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 تجارتي 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 تأیید 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 اما 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) آزمایش محصولات GE با دشواری هایی همراه است: وزارت کشاورزی آمریکا (USDA) همانند اداره نظارت غذا و دارو (FDA) و آژانس حفاظت محیط زیست (EPA) با در نظر داشتن مشکلاتی که برای انجام آزمایش محصولات GE وجود دارد و تشابهات ترکیبات آنها با محصولات سنتی بر عدم الزام چنین آزمایشی اعتقاد دارد (۷).

۹) محصولات GE به گرسنگی جهانی پایان می بخشند: متخصصین بیوتکنولوژی ادعا می کنند که وجود گرسنگی بواسطه عدم تولید مواد غذایی کافی برای جمعیت جهان است درحالیکه برخی دیگر عقیده دارند که مشکل واقعی گرسنگی از فقدان منابع کافی و عدم توزیع مناسب آنها منشأ می گیرد (۷).

امروزه شرکت های بزرگ بیوتکنولوژی جهان حریصانه در تعقیب تکنیک مهندسی ژنتیک موسوم به "ژن های نابودگر" (terminator) هستند که محصولاتی با بذور عقیم تولید می کنند بطوریکه کشاورزان امکان استفاده از بذور محصولات خویش برای کاشت در سال های آتی را نخواهند داشت. آمارها نشان می دهند که بیش از نیمی از کشاورزان جهان متکی به بذور ذخیره ای خویش هستند و بیش از ۱/۵ میلیارد نفر از مردم جهان بدینطریق تغذیه می گردند که در صورت استفاده از بذور ترمیناتور دچار مشکلات عدیده ای از جمله وابستگی 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 تولیدکننده 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 دلاری برای تعقیب قانونی کشاورزانی که بدون عقد قرارداد از بذورشان استفاده می کنند، بهره می جوید (۱).



ب) مواد غذایی تغییر یافته ژنتیکی :

بیوتکنولوژی غذا شاخه ای از علم مواد غذایی است که از دستاوردهای بیوتکنولوژی جدید برای بهبود تولیدات خوراکی بهره می گیرد. فرآیندهای بیوتکنولوژی می توانند به اصلاح مواد غذایی فعلی 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 تغییر یافته 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). غذاهای تغییر یافته ژنتیکی حاصل روند بیوتکنولوژیکی باز ترکیب DNA یا rDNA (recombinant DNA) هستند که اجازه می دهد تا تولید ارگانیزمی با DNA جدید فراهم گردد و این روند در اثر مشارکت ژن های موجود در ارگانیزم ها حاصل می آید (۲).

گیاهان مهندسی ژنتیک را در آزمایشگاه ها و از طریق تغییر دادن 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 تغییر یافته 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 تولید کننده 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 تغییر یافته 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 حلوائی 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 تجاری 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 چغندر قند آمریکا در سال ۲۰۱۱ میلادی از انواع تغییر یافته ژنتیکی بوده اند. امروزه از این گیاه

در استرالیا ، کانادا ، کلمبیا ، اتحادیه اروپا ، ژاپن ، کره جنوبی ، مکزیک ، نیوزیلند ، فیلیپین ، فدراسیون روسیه و سنگاپور کشت می کنند (۵).

فروش تجارتي محصولات GM در مقوله رسیدگی گوجه فرنگی توسط شرکت "کالژن" در سال ۱۹۹۴ میلادی آغاز گردید . تولید دام های GM نیز تحت آزمایشات تحقیقاتی قرار گرفتند اما تا سال ۲۰۰۰ میلادی وارد بازار نشدند. دانشمندان متفق القول هستند که محصولات غذایی حاصل از GM به هیچوجه بیش از محصولات سنتی باعث مخاطره سلامتی انسان نمی گردند (۵).



مؤسسه گواهی غذا و داروی آمریکا (FDA) گیاهان حاصل از GM را "عموماً ایمن" یا "gras" (generally recognized as safe) عنوان کرده است لذا آنها نیازی به تأیید شدن مجدد برای عرضه به بازار را ندارند (۲).

برخی از مواد غذایی نظیر: شیر ، تخم مرغ ، گندم ، ماهی ، آجیل های درختی ، بادام زمینی ، سویا و صدف های دریایی حاوی پروتئین های حساسیت زا می باشند لذا اگر چنین ژن هایی به مواد غذایی فاقد آنها منتقل شوند، بدلیل خطرناک بودن برای بسیاری از افراد جامعه مستلزم نصب برچسب های هشدار دهنده خواهند بود. بطور تقریبی حدود ۷۰-۶۰ درصد مواد غذایی که در خرده فروشی های آمریکا عرضه می شوند، حاوی ترکیبات GM می باشند. ایالات متحده در سال ۱۹۹۸ میلادی در حدود ۴۵ میلیون ایکر از اراضی کشاورزی را به کاشت محصولات GM اختصاص داده بود که نسبت به سال ۱۹۹۷ میلادی تقریباً ۲۵ درصد افزایش داشت. از این اراضی ۲۵ درصد به ذرت ، ۳۸ درصد به سویا و ۴۵ درصد به پنبه اختصاص دارند (۲).

سطح زیر کشت محصولات GM در سراسر جهان در حدود ۶۹ میلیون ایکر در سال ۱۹۹۸ میلادی بوده است که فقط ۱۵ درصد آنها در کشورهای در حال توسعه قرار داشتند. ماهی های قزل آلاي GM که در سال ۲۰۰۰ میلادی تولید شده اند حدوداً ۲ برابر اندازه انواع معمولي بوده و ۱۰ برابر سریعتر رشد مي کنند درحاليکه ۲۵-۱۰ درصد غذاي کمتری مصرف مي نمایند. این ماهي ها عقیم هستند و در صورت گریز از محیط های پرورش قادر به تکثیر در طبیعی نمی باشند (۲).

بر طبق آمارهای FDA و USDA تاکنون بیش از ۴۰ واریته گیاهی پس از تغییرات ژنتیکی به جرگه گیاهان اقتصادی پیوسته اند که برخی از آنها نظیر:

- (۱) گوجه فرنگی و طالبی از نظر ویژگی های رسیدگی
- (۲) سویا و چغندر قند از نظر مقاومت به علفکش ها
- (۳) ذرت و توتون از نظر مقاومت به آفات می باشند (۴).



در حدود ۳۰ کشور جهان اقدام به کاشت مجدّانه محصولات مهندسي ژنتيك در سال ۲۰۰۰ میلادی نمودند بطوریکه ۶۸ درصد آنها در ایالات متحده آمریکا صورت پذیرفته اند و کشورهای آرژانتین ، کانادا و چین بترتیب ۲۳ درصد ، ۷ درصد و ۱ درصد از سهم مابقی را در اختیار دارند. سایر کشورهای فعال در این زمینه عبارت از: استرالیا ، بلغارستان ، فرانسه ، آلمان ، مکزیک ، رومانی ، آفریقای جنوبی ، اسپانیا و اروگوئه هستند (۴).

سویا و ذرت از عمده ترین گیاهان GM با ۸۲ درصد کل گیاهان زراعي تغییریافته ژنتیکی در دنیا می باشند و گیاهانی نظیر: توتون ، کلزا (کانولا) و سیب زمینی در رتبه های بعدی قرار دارند بطوریکه :

- (۱) ۴۷ درصد آنها بمنظور تحمل علفکش ها
- (۲) ۱۹ درصد برای مقاومت به آفات
- (۳) ۷ درصد برای هر دو مورد فوق الذکر دچار تغییرات ژنتیکی گردیده اند (۴).

سطح زیر کشت محصولات GM در طی ۵ سال اخیر حدوداً ۲۵ برابر شده و از ۴/۳ میلیون ایکر در سال ۱۹۹۶ میلادی به ۱۰۹ میلیون ایکر در سال ۲۰۰۰ میلادی رسیده است که ۹۹ میلیون ایکر از این مقدار فقط در ایالات متحده آمریکا و آرژانتین واقع هستند (۴).

فواید مواد غذایی 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 خسران 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 تغییر یافته 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 معمولی دارای مقادیر کافی از انواع مواد غذایی جهت جلوگیری از سوء تغذیه نیست ولیکن برنج های تغییر یافته 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 دارویی :

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 می 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 کارایی 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 تکنولوژی فقط بعنوان یکی از ویژگی های قابل قبول در پرورش ذرت و سویا بهره می برند درحالیکه هر گونه استفاده اشتباهی علفکش راندآپ بر گیاهان زراعی معمولی و یا بروز دریافت این علفکش بر اراضی عادی مجاور موجب صدمات جبران ناپذیری 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 تغییر یافته ژنتیکی بهره می برند. شیوه کنترل شیمیایی از تأثیرات قابل قبولی برخوردار است. این شیوه گواهی که از صدها سال قبل کاربرد داشته ولیکن بعد از جنگ جهانی دوم 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 تغییر یافته 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 سمی 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 اروپایی 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 منبث 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 غذایی GM:

موضوع مواد غذایی تغییر یافته ژنتیکی (GMf) و ارگانیزم های تغییر یافته ژنتیکی (GMO) منتسب به محصولات هستند که برای مصارف انسان و حیوانات از طریق تکنیک های بیولوژی مولکولی خلق گردیده اند. این گیاهان در آزمایشگاه ها برای ایجاد ویژگی های مطلوب نظیر مقاومت به علفکش ها و یا بهبود عناصر غذایی آنان تولید می شوند. بعنوان مثال: متخصصین ژنتیک گیاهی قادر به جداسازی ژن های مسئول تحمل گیاهان به خشکی و جایگزینی آن در سایر گیاهان می باشند تا به ویژگی تحمل به خشکی دست یابند. در این طریق می توان ژن های مطلوب را از گیاهان ، حیوانات و سایر موجودات زنده برگزید و به دیگران انتقال داد آنچنانکه ژن هایی را از باکتری "باسیلوس تورینجینسیس" یا "BT" (*Bacillus thuringiensis*) انتخاب و به ذرت و محصولات دیگر منتقل نموده اند. این ژن می تواند به تولید پروتئین های کریستاله بپردازد که برای لاروهای بسیاری از حشرات مرگ آور هستند (۴).

مواد غذایی تغییر یافته ژنتیکی اخیراً سروصدای زیادی بپا کرده اند زیرا برخی معتقدند که اینگونه گیاهان از جمله پلن های ذرت GM می توانند بر موجودات زنده ای چون زنبورها و پروانه ها ایجاد تغییرات ژنتیکی نمایند. بهرحال بنظر می رسد که فعالان محیط زیست ، سازمان های مذهبی ، جوامع حرفه ای ، دانشمندان و مسئولین حکومتی هر کدام بطور جداگانه دارای نظرات متفاوتی در مورد گیاهان GM می باشند و بر صحت نظراتشان شدیداً پافشاری می کنند بطوریکه شاهزاده ولز و حکومت واتیکان نیز نظریات خویش را پنهان نمی دارند. مهمترین این نظرات عبارتند از:

۱) مخاطرات زیست محیطی :

۱-۱- تحقیقات نشان می دهند که گرده های ذرت BT باعث تلفات عدیده ای در لاروهای پروانه سلطنتی (monarch butterfly) می شوند. لارو این پروانه ها از گیاه استبرق (milkweed) تغذیه می کنند اما احتمال دارد که از گرده های ذرت که بر روی استبرق انتقال یافته اند، تغذیه نموده و به هلاکت برسند (۴).

۱-۲- بسیاری از پشه ها نسبت به آفتکش ممنوعه DDT مقاوم شده اند. همچنین گزارشاتی از مقاومت آفات نسبت به ژن BT و سایر محصولات مشابه وجود دارند (۴).

۱-۳- برخی از گیاهان زراعی که در اثر تغییرات ژنتیکی از خصیصه مقاومت به علفکش 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. همچنین در اثر تلاقی های ناخواسته ممکن است برخی از ژن های نامطلوب به محصولات GM وارد گردند (۴). پژوهش های انجام گرفته در اروپا نشان می دهند که کاشت بذور GM مقاوم به علفکش رانداپ باعث افزایش علف های هرز مقاوم به علفکش مذکور از جمله شلغم وحشی در مزارع کلزا گردیده است (۳).

۱-۴- دخالت گیاهان GM در ثبات و تعادل طبیعی از موضوعاتی است که برخی منتقدین در این رابطه مطرح می سازند آنچنانکه کشاورزی ایالات متحده برای سال های متمادی بر مدیریت تلفیقی محصولات گیاهی

متمرکز بود مثلاً برای کنترل کرم ساقه خوار ذرت در برخی سال ها اقدام به مبارزه شیمیایی می شد ولی گاهی از آن صرف نظر می گردید درحالیکه تولید ارقام ذرت BT گواينکه از ضرورت کنترل شیمیایی جهت کاهش خسارات ساقه خوار ذرت کاست اما 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 شده 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 می 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 خرده پا از عهده خریداری آنها برنیایند و بدینطریق بر شکاف اقتصادی موجود افزوده گردد. بسیاری از شرکت های تولیدکننده بذور GM ادعا می کنند کشاورزانی که از طرق نامشروع به تهیه 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 های 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 اما 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).



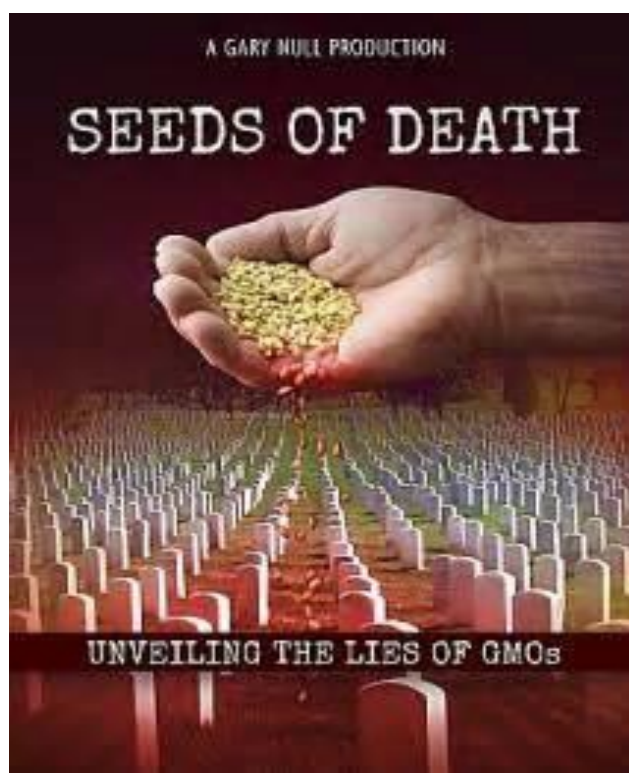
معترضین مواد غذایی GM بویژه در اروپا بسیار فعالند زیرا تجربه هایی نظیر شیوع بیماری جنون گاوی (mad cow) را در بریتانیا و آلودگی مواد غذایی به ماده "دیوکسین" (dioxin taint) را در بلژیک داشته اند. جامعه اروپا (EC) اقدام به برچسب زدن مواد غذایی با حداقل ۱ درصد آلودگی به محصولات GM می

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 کنونی 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 شیمیایی 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 کننده محصولات تغییر یافته 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 تغییر یافته ژنتیکی :

ارگانیزم های تغییر یافته ژنتیکی یا "GMO" (genetically modified organisms) از طریق تکنیک های مهندسی ژنتیک دچار تغییرات مواد ژنتیکی گردیده اند. ارگانیزم هایی که دچار تغییرات ژنتیکی شده اند شامل : باکتری ها ، مخمرها ، حشرات ، گیاهان ، ماهی ها و پستانداران هستند. ارگانیزم های تغییر ژنتیک یافته بعنوان منابع غذاهای GM بشمار می آیند (۶).



تغییرات ژنتیکی ارگانیزم ها مستلزم موارد زیر می باشند :

۱) موتاسیون ژنی (mutation)

۲) حذف ژنی (deletion)

۳) درج ژنی (insertion) (۴).

درج ژنی معمولاً از گونه های متفاوت بفرم انتقال افقی ژن (horizontal gene transfer) صورت می پذیرد. این موضوع در طبیعت زمانی رخ می دهد که DNA خارجی به هر دلیل بتواند بدون غشاء سلولی نفوذ یابد اما برای اجرای آن بصورت مصنوعی نیازمند شیوه های زیر می باشند :

۱) اتصال ژن ها به یک ویروس

۲) درج فیزیکی DNA خارجی به هسته سلول میزبان به کمک سرنگ های بسیار کوچک

۳) استفاده از روش الکتروپوریشن (electroporation) که در این روش DNA مورد نظر را از یک ارگانیزم برداشته و به داخل سلول میزبان به کمک پالس های الکتریکی (امواج ضربانی) منتقل می سازند.

۴) بصورت ذرات شلیک شدنی (particles fired) بسیار ریز با استفاده از تفنگ ژنی (gene gun)

۵) روش به خدمت گرفتن انتقال دهنده های طبیعی ژن های گیاهی نظیر "آگروباکتریوم"

۶) روش بکارگیری ویروس های آهسته گستر (lentivirus) در انتقال ژن ها به سلول های جانوری (۴).

از ارگانیزم های GM برای پژوهش های بیولوژیکی و دارویی ، تولید داروها ، مواد آزمایشگاهی جهت ژن تراپی و موارد کشاورزی نظیر تولید برنج طلایی و گیاهان مقاوم به علفکش ها استفاده می کنند (۴).



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 انرژی 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 مک نایت (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>

" سیب زمینی برگ جدید " ؛ " NewLeaf Potato"

مقدمه :

نام : سیب زمینی (solanum tubersum)
والدین : "Russet Burbank" و سایر واریته های برتر
مبدأ : مکزیک و منطقه آمریکای جنوبی

فاکتورهای سمی و آلرژیک :

مواد سمی (toxicant) که بصورت طبیعی در غده های سیب زمینی تولید می گردند شامل : "گلیکو آکالوئیدها" (glycoalkaloids) ، سولانین (solanine) و چاکونین (chaconine) هستند که در انواع برگ جدید نیز در حد سطوح استاندارد سیب زمینی های پیشین موجودند.

ویژگی خاص :

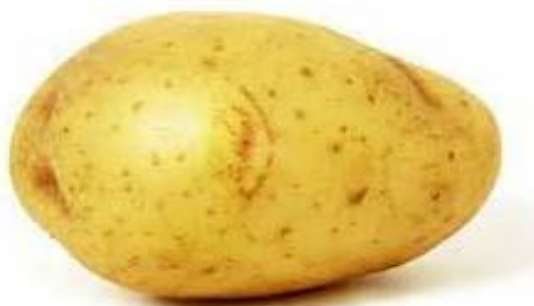
مقاومت در برابر آفت سوسک کلرادو سیب زمینی (CPB)

روش ایجاد ویژگی :

انتقال ژن Bt با میانجیگری "آگروباکتریوم" (agrobacterium)

ارگانیزم بخشنده (Donor) :

باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" زیر گونه "tenebrionis" موسوم به "Btt" برای تولید ژن مهلك "cry3A" با هدف ایجاد مقاومت بر علیه سوسک کلرادو سیب زمینی (۱).



تولید و مصرف سیب زمینی :

گیاه سیب زمینی در بیش از ۱۲۰ کشور جهان عمدتاً برای مصارف انسان ها بصورت های مستقیم و یا فرآوری شده کشت می شود. مردم سیب زمینی ها را غالباً برای تغذیه مستقیم قبل از خوردن می پزند و برای فرآیند بصورت های سرخ کرده (fries) ، چیپس (crisp) و آبگیری شده (dehydrate) در می آورند. از میوه سیب زمینی بعنوان ماده خام جهت استخراج نشاسته نیز بهره می گیرند. از این نشاسته برای پوشش کاغذها و آহারزی پارچه های پنبه ای در بخش پایانی صنایع نساجی استفاده می شود. از محصولات فرعی (by-product) سیب زمینی نظیر پالپ میوه (pulp) و پروتئین دلمه شده (coagulated protein) حاصل از آب میوه برای تغلیف دام ها بهره برداری می شود اما تمایل برای استفاده غذایی آنها نیز وجود دارد. از سیب زمینی همچنین برای تهیه الکل صنعتی سود می جویند.

در کشورهایی که دارای صنایع قابل قبولی برای فرآوری سیب زمینی بمنظور تغذیه انسان و یا کاربردهای صنعتی هستند، از ضایعات و تولیدات فرعی (سیب زمینی های برگشتی ، پالپ های جدا شده ، پروتئین ها ، پوست های کنده شده و زوائد قطع شده) غالباً پس از آبگیری برای تهیه خوراک دام بهره برداری می کنند. هدف تولید سیب زمینی برای استفاده از محصول حاصله بمنظور تغذیه مستقیم انسان، تغلیف دام ها و فرآوری است (۱).



بیماریزایی باکتری Bt :

زیرگونه "tenebrionis" باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" از انواع معمولی باکتری های خاکزی است که سابقه ای طولانی و ایمن برای کاربرد بعنوان يك آفتکش میکربی دارد و تاکنون هیچ گزارشی مبتنی بر آلرژی زایی و واکنش های سمّی بواسطه تولید پروتئین "cry3A" که برای بسیاری از آفات کُشنده است ، برای انسان و دام ها در دست نیست. تولیدات مبتنی بر Bt نشان داده اند که پروتئین حاصله دارای اثرات سمّی فقط بر حشرات جونده (chewing insect) هستند و هیچگونه فعالیتی در دستگاه هاضمه (digestive tract) انسان ها ندارند. ژن "cry3A" قادر به کُدن نوعی پروتئین است که بطور طبیعی توسط باکتری نوع "باکتریوم" در ضمن "اسپورزائی" (sporulation) تولید می شود و تنها برای سوسك های برگخوار سمّی است (۱).



تاریخچه سیب زمینی برگ جدید :

يك واریته اصلاح شده بنام سیب زمینی برگ جدید در سال ۱۹۹۵ میلادی توسط شرکت "نیچر مارك" (Nature Mark) معرفی گردید. شرکت مذکور بعنوان بخشی از شرکت معظم "مونسانتو" (Monsanto) آمریکا می باشد که تحت هدایت شرکت اصلی به تولید ارگانیزم های تغییر یافته ژنتیکی (GMO) می پردازد.

سیب زمینی های برگ جدید بسیار مشابه سایر محصولات هستند که در فروشگاه ها عرضه می گردند. سیب زمینی برگ جدید نیز همانند سایر محصولات تغییر یافته ژنتیکی از باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" موسوم به "Bt" بعنوان تکنولوژی پایه منشأ گرفته است. "Bt" يك نوع باکتری معمولی است که توسط بسیاری از کشاورزان بعنوان آفتکش طبیعی بکار می رود. امروزه بسیاری از کشاورزان ارگانیک از "Bt" بخوبی در روند پرورش محصولات بهره می برند. موادی که در اثر حضور "Bt" در گیاهان تولید می شوند، در حقیقت نوعی پروتئین هستند که برای انسان ها و دام ها بی ضررند اما برای برخی از آفات بسان آفتکش ها بسیار سمی و مرگبار هستند و بدینگونه محافظت طبیعی از گیاهان زراعی از زمان سبز شدن تا برداشت بدون کاربرد آفتکش های شیمیایی اعمال می گردد.



ژن دیگری علاوه بر "Bt" در ساختار ژنتیکی سیب زمینی های برگ جدید وارد گردیده است تا آنها را نسبت به ۳ بیماری ویروسی : "PVY" (potato virus Y) ، "PVX" (potato virus X) و "PLRV" (potato leafroll virus) ایمن سازد و این موضوع اهمیت بسیار زیادی برای زارعین محصول دارد (۲).

محققاً کشاورزانی که از بذور سیب زمینی های برگ جدید استفاده می کنند، باید همانند کسانی که از سایر محصولات تغییر یافته ژنتیکی شرکت "مونسانتو" بهره می گیرند، به پرداخت سهم تکنولوژی بکار رفته شرکت مذکور اقدام کنند تا شرکت بتواند علاوه بر جبران سرمایه بکار رفته به ادامه تحقیقات 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 عبارتی تغییر یافته ژنتیکی یا "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 های برگ جدید 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

کلرادو یا "CPB" (Colorado potato beetle) و ویروس پیچیدگی برگ سیب زمینی (PLRV) اصلاح نموده اند. لاین های مزبور از طریق مهندسی ژنتیک حاوی ژن کشنده "cry3A" حاصل از زیر گونه "tenebrionis" باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" (Btt) گردیده اند و بعنوان سازنده خودبخودی پروتئین آفتکش ضد سوسك کلرادو سیب زمینی عمل می کنند. آنها همچنین حاوی ژن های f1 یا f2 حاصل از ویروس پیچیدگی برگ سیب زمینی هستند که به بروز مقاومت به بیماری ویروسی مذکور منجر شده است. این سیب زمینی ها علاوه بر ژن "cry3A" و ژن های f1 یا f2 حاوی ژن npt2 هستند که قادر به کد کردن پروتئین NPT2 جهت استفاده بعنوان مارکر در مراحل اولیه تراریختگی گیاه می باشد (۳).



مقوله اصلاح لاین های سیب زمینی با کمک باکتری "آگروباکتریوم تومیفاسینس" در روش های تراریختگی توسعه یافت و به ژن های کنترل کننده ای انجامید که اینک حاوی بخش هایی از "آگروباکتریوم تومیفاسینس" و ویروس موزائیک علف خوک می باشند. سرانجام سرویس نظارت بر سلامتی گیاهان و حیوانات آمریکا یا "APHIS" (the animal and plant health inspection service) پس از ارزیابی های محیطی بر اساس قوانین زیست محیطی ملی نتیجه گیری نمود که سیب زمینی های "GEp" باعث آثار مخرب محیطی یا "FONSI" (finding of no significant impact) نمی شوند لذا در سال ۱۹۹۸ میلادی از شمول ممنوعیت قانونی مذکور خارج گردیدند (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 "SEM 15-15" و "SEM 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 شده مذکور حاوی ژن های کشنده "cry3A" هستند که از طریق مهندسی ژنتیک از باکتری "باسیلوس تورنجنسیس" زیر گونه "tenebrionis" موسوم به "Btt" اصلاح گردیده و قادر به کد کردن نوعی پروتئین با خاصیت آفتکشی هستند بطوریکه برای سوسک کلرادو سیب زمینی سمی می باشند. آنها همچنین حاوی نوعی ژن موسوم به "PVYcp" هستند که قادر به پوشاندن اثرات بیماریزایی "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 اولیه سلکسیون گیاهان بمنظور اصلاح بهره می برند (۴).



هنگامی که دو لینه از "shepody" یعنی "SEM 15-15" و "SEM 15-02" و یک لینه از "Hilite" یعنی "HLMT 15-46" نیز دارای ژن مارکر "aad" گردیدند آنگاه آزمایشات نشان دادند 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 درخواستی 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 سازی 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 شده 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 "tenebrionis" 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 "CP4EPPS" می باشد درحالیکه ارگانیسم مسبوق حاوی ژن مارکر انتخاب پذیر "npt2" نیز بوده است. موضوع لاین سیب زمینی و ارگانیسم 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).



سیب زمینی های برگ جدید ؛ مفید یا مضر:

در سال ۱۹۹۵ میلادی يك نوع سیب زمینی جدید به بازارها معرفی گردید که دارای ویژگی های خاص و منحصر بفردی بود. این سیب زمینی جدید از توانایی مبارزه با آفات و ویروس ها بدون بهره گیری از آفتکش های شیمیایی برخوردار بود.

لازم به ذکر است که در پرورش سیب زمینی تجاری برای مصارف صنعتی عموماً از مواد شیمیایی بهره می گیرند و این موضوع بر میزان هزینه های تولید می افزاید آنچنانکه برای تولید سیب زمینی تابستانه در ایالات متحده آمریکا معمولاً از ۱۵-۱۳ مرتبه از آفتکش ها و قارچکش ها بهره می گیرند. در ایالات متحده آمریکا سالانه ۱/۳ میلیون ایکر سیب زمینی کاشته می شود و متوسط مقدار هزینه آفتکش مصرفی برای این سطح از مزارع سیب زمینی معادل ۲۰۷ دلار در ایکر است لذا تخمیناً ۳۰۰ میلیون دلار هزینه برای تولید سیب زمینی برجا می گذارند. این موضوع همچنین بدین معنی است که چه مقدار مواد شیمیایی از طریق سمپاشی گیاهان زراعی توسط مصرف کنندگان بلعیده می شوند. يك مطالعه نشان می دهد که کاهش ۵۰ درصدی مصرف آفتکش ها به کاهش ۲۷ درصدی تولید سیب زمینی می انجامد و حذف کامل مصرف آفتکش ها موجب کاهش عملکرد سیب زمینی بمیزان ۵۷ درصد می گردند. بر این اساس مشخص می شود که حفاظت طبیعی از این محصول می تواند از هزینه متوسط ۱۰۰۰ دلاری مصرف نهاده ها در هر ایکر زراعت سیب زمینی بکاهد (۲).



معرفی سیب زمینی های جدید بدو با استقبال کشاورزان مواجه گردید و آنها سعی نمودند که به پرورش اینگونه سیب زمینی ها بپردازند. در سال ۱۹۹۵ میلادی فقط ۱۵۰۰ ایکر از این نوع سیب زمینی ها در ایالات متحده آمریکا کاشته شدند ولیکن سطح زیر کشت آن پس از ۵ دوره در سال ۱۹۹۹ میلادی به ۵۰ هزار هکتار بالغ گردید آنچنانکه ۵ درصد از بازار مصرف را در اختیار گرفت. بسیاری از شرکت ها نظیر : "Gerber" ، "Frito Lay" و "McDonald" با افزایش اعتراضات در اواخر ۱۹۹۹ میلادی و اوایل ۲۰۰۰ میلادی تصمیم گرفتند که خود را از مناسبات متعاقب بکارگیری تکنولوژی نوین خصوصاً در رابطه با

سیب زمینی های تغییر یافته ژنتیکی (GM) کنار بکشند لذا از خریداری محصولات سیب زمینی برگ جدید خودداری نمودند. بدینگونه سطح زیر کشت آنها در سال ۲۰۰۰ میلادی به یک پنجم یعنی ۱۰ هزار ایکر کاهش یافت لذا شرکت "مونسانتو" در سال ۲۰۰۱ میلادی تصمیم به حذف سیب زمینی های برگ جدید تا فرارسیدن زمان مناسب از بازارها نمود. این وضعیت همچنان ادامه دارد درحالیکه بر تعداد افرادی که معتقد به استفاده از محصولات GM نظیر سیب زمینی های برگ جدید هستند، بصورت روزافزون اضافه می گردد. در آینده نزدیک بسیار محتمل است که سیب زمینی های برگ جدید با نتایج بهتر دوباره عرضه گردند تا پاسخگوی نیازهای روزافزون بازار مصرف باشند (۲).

قابل انکار نیست که تمامی بیماری های ویروسی توسط ناقلین (vector) به گیاهان حساس سرایت می یابند. شته ها مهمترین ناقلین بیماری های ویروسی از یک گیاه به گیاه دیگر هستند. هر چه بر شدت بیماری در مزارع افزوده گردد، بر میزان خسارت تا نابودی کامل محصول اضافه می شود آنچنانکه در برخی موارد کشاورزان بیش از بهای فروش محصول مجبور به پرداخت هزینه های سمپاشی بر علیه آفات و بیماری های سیب زمینی می باشند. در پرورش سیب زمینی های سنتی بیش از ۸۰ درصد هزینه های به کنترل آفات در رابطه با سوسك کلرادو و شته ها مربوط می گردند لذا عدم نیاز به چنین مواردی می تواند به صرفه جویی معنی دار هزینه ها در سطوح منطقه، کشور و جهان بینجامد (۲).



در يك پژوهش توسط دانشگاه ايالتی "اوریگون" آمریکا مشخص شد که میانگین هزینه های آفتکش در ناحیه واشنگتن ۵۸۵ دلار برای هر اکر در سال است. در مطالعه دیگری توسط مرکز ملي نظارت بر کشاورزي و غذا (NCFAP) معلوم شد که اگر ایالات : "آیاداهو" ، "اوریگون" و واشنگتن از سیب زمینی های برگ جدید بهره گیرند و سطح زیر کشت را در سطح ۶۲۰ هزار اکر فعلي حفظ کنند آنگاه به صرفه جویی ۵۸ میلیون دلاری در سال دست خواهند یافت. این موضوع همچنین مقدار مصرف آفتکش ها را بمیزان ۱/۴۵ میلیون پوند در سال کاهش می دهد که برای حفاظت محیط زیست بسیار عالی است (۲).

شرکت "مونسانتو" اعلام نموده است که در صدد افزودن ژن های تازه ای به ژنوم سیب زمینی های برگ جدید فعلي علاوه بر مقاومت نسبت به سوسك کلرادو سیب زمینی و بیماری های ۳ گانه ویروسی در موارد زیر می باشد :

الف) برای کاهش میزان کبودشدگی (bruising) غده ها است که معمولاً پس از برداشت در ضمن انبارداری عارض می گردد.

ب) از دیگر خصوصیات مطلوب این است که سیب زمینی های برگ جدید را نسبت به رایج ترین علفکش مصرفی یعنی راندآپ مقاوم سازند آنچنانکه نمونه هایی از گیاهان "راندآپ پذیر" (roundup ready) نظیر : سویا ، ذرت و گندم تاکنون معرفی گردیده و فعلاً در برخی کشورهای جهان کشت می گردند. آنها بیانگر موفقیت زانداالوصفي در تولید محصولات گیاهی ضمن کاهش هزینه ها می باشند و بدینگونه باعث ترغیب دانشمندان به انتقال ویژگی مقاومت به علفکش ها به سایر محصولات زراعی و باغی شده اند.

پ) دانشمندان همچنین درصدد افزودن ژن هایی به سیب زمینی های برگ جدید برای بهبود ترکیب عناصر غذایی و حتی تولید واکسن های زنده (biovaccine) می باشند (۲).

فواید کاشت سیب زمینی های برگ جدید ضمن اولین سال کاشت آنها مشخص گردیده است. برخی از این فواید مستقیماً به کمک زارعین می آیند مثلاً کشاورزان از مقدار نهاده های ورودی به مزارع می کاهند. از جمله اینکه ۸۰ درصد از هزینه های کاربرد آفتکش ها کاسته می شوند که بطور متوسط به صرفه جویی ۱۵۰ دلار در هر اکر منتهی می گردند. تجارب سال های گذشته نشان می دهند که سوسك کلرادو سیب زمینی از جمله آفات منعطفی است که قابلیت کسب مقاومت در مقابل بسیاری از مواد شیمیایی سنتزی قابل مصرف بعنوان آفتکش را دارد درحالیکه سال ها کاربرد Bt نشاندهنده هیچگونه مقاومتی از جانب آفت مزبور در برابر محصولات گیاهی حاوی ژن Bt نبوده اند و این موضوع تداوم کاربرد تکنولوژی انتقال ژن Bt به سایر گیاهان زراعی و باغی را نویدبخش می سازد (۲).

از دیگر فواید بکارگیری سیب زمینی های برگ جدید اینکه جملگی کشاورزان خواهان افزایش تولید محصولات می باشند که این هدف ضمن کاهش بروز صدمات آفات و بیماری های گیاه مزبور نسبت به آنها مقاوم گردیده است، توأم با کاهش میزان هزینه ها و عدم بروز ضایعات برگي حاصل می آید. همچنین در صورتی که غده های سیب زمینی بدینطریق دچار کبودشدگی کمتری در ضمن انبارداری شوند، بر کیفیت و ارزش آنها افزوده می گردد.

ارقام "راندآپ پذیر" سیب زمینی باعث افزایش مدیریت علف های هرز می گردند زیرا راندآپ از جمله علفکش های غیر انتخابی سیستمیک است که باعث نابودی تمامی گیاهان پس از تماس با آنها می شود و بدینگونه فقط ارقام زراعی اصلاح شده و پذیرای راندآپ زنده می مانند.

ارقام سیب زمینی های برگ جدید حاوی ژن Bt باعث کاهش مصرف آفتکش ها می شوند و با این ترتیب به افزایش سلامتی مصرف کنندگان ، زارعین و خانواده هایشان کمک می نمایند. کاهش ۸۰ درصدی مصرف آفتکش ها ضمن استفاده از ارقام سیب زمینی برگ جدید می تواند به سلامتی محیط زیست و موجودات زنده از جمله انسان ها کمک نماید (۲).

از جانب دیگر ۳ دلیل اصلی برای بروز واهمه در بکارگیری سیب زمینی های برگ جدید مطرح می باشند:

(۱) تهدیدی است که از جانب محصولات Bt متوجه محیط زیست می شود زیرا برخی هراس دارند که ژن Bt از گیاهان هدف به گونه های غیر هدف منتقل گردد لذا اثرات جانبی حاصل از بکارگیری گیاهان تغییر یافته ژنتیکی نظیر سیب زمینی برگ جدید در برخی افراد موجب بروز نگرانی نموده است.

(۲) سم Bt می تواند با خاک پیوند یابد و برای یکدوره زمانی فعال باقی بماند و بدینگونه برای ارگانیزم های غیر هدف سبب دشواری نماید. تحقیقات نشان می دهند که بقایای محصولات Bt می توانند برای ۲۰-۵ روز در خاک فعال بمانند. این موضوع می تواند مطلوب نباشد اما بسیاری از آفتکش ها که خطرات و دوام بیشتری دارند، هنوز در کشاورزی مصرف می گردند.



(۳) بقایای محصولات Bt می توانند بسیاری از کشاورزان ارگانیک را تهدید کنند ولیکن تاکنون هیچ مدرکی دلالت بر مقاوم شدن محصولات ارگانیک و دیگر محصولات سنتی وجود ندارد. ضمناً مقاوم شدن گیاهان زراعی نباید موجب نگرانی باشد زیرا غلظت مواد سمی موجود در سیب زمینی های برگ جدید حدوداً ۵۰-

۱۰ برابر دز مورد نیاز برای کشتن سوسك کلرادو سیب زمینی است و با این وجود هیچگونه خطري برای انسان و دام ها نداشته است.

۴) اینکه موجودات مقاوم به آنتي بيوتيك ها بروز یابند و بدینطریق به انسان ها و دام ها صدمه وارد گردد(۲).

البته تمامی نگرانی ها می توانند مثبت واقع گردند و باعث تقویت دقت انسان در تولید و بکارگیری گیاهان و ارگانیزم های تغییر یافته ژنتیکی باشند ولیکن تا منطبق بر نتایج تحقیقاتی و مستندات انکارناپذیر نشوند، نباید حقایق و دستاوردهای علمی را انکار کنند زیرا تمامی اینگونه مشاجرات و منازعات فقط باعث گره خوردگی امور پژوهشی گردیده و نهایتاً موجب افزایش رعب و هراس در میان عامه مردم می شوند (۲).

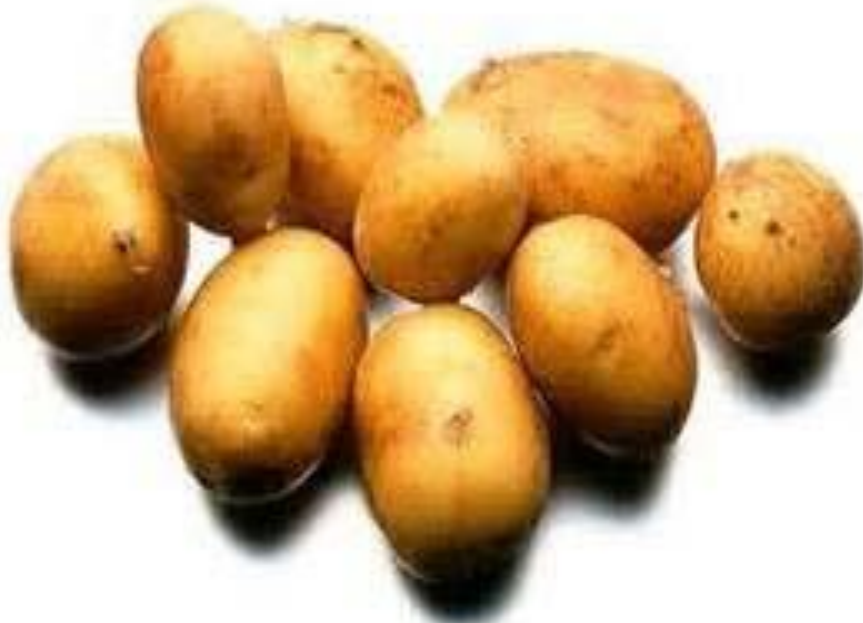
تاکنون ۶ وارسته مختلف از سیب زمینی های برگ جدید توسط وزارت کشاورزی آمریکا (USDA) ، اداره نظارت بر غذا و دارو (FDA) و اداره حفاظت محیط زیست (EPA) گواهی سلامت برای مصارف انسانی و دامی دریافت نموده اند ولیکن شرکت "مونسانتو" به دلیل برخی مناقشات که توسط گروه های حامی محیط زیست عنوان می گردند، موقتاً از گسترش عرضه آنها امتناع می ورزد (۲).



ایمني تغذيه ، تعليف و فراوري :

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. تمرکز پژوهش عمدتاً بر ويژگي هاي جديد يا تغيير يافته 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 که سيب زميني برگ جديد مذکور بسان انواع سنتي ايمن هستند و هيچگونه تفاوتی از نظر مقدار و کیفیت 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 تأييد اضافه گرديدند (۱).

اين موضوع اجازه مي دهد که از سيب زميني هاي برگ جديد براي تغذيه ، تعليف و فراوري استفاده گردد. اجازه کشت و کار اينگونه گياهان در کشورهايي نظير فيليپين تاکنون مجاز نشده اند درحاليکه گواهي استفاده از آنها در تغذيه ، تعليف و تهيه توليدات فرعي از دسامبر ۲۰۰۳ ميلادي مجاز شده اند و طبق آن ايمني زيستي سيب زميني هاي برگ جديد فوق الذکر در غذاي انسان ، علوفه دام ها و مواد فرايندي همانند انواع سنتي کاملاً ايمن و بي خطر تشخيص داده شده اند (۱).



تشریح ویژگی های سیب زمینی Bt :

شرکت "مونسانتو" فیلیپین موفق به معرفی یک رقم از سیب زمینی برگ جدید بنام "Events BT6" حاصل از رقم "Russet Burbank" و یک واریته ممتاز نموده است. ارقام حاصله به شماره های "RBBT 02-06" و "SPBT 02-05" بمنظور کنترل کاهش عملکرد حاصل از خسارت سوسک کلرادو سیب زمینی (CPB) با نام علمی "*Leptinotarsa decemlineata*" بدون کاربرد آفتکش های مرسوم توسعه یافته اند تا نهایتاً شرکت "مونسانتو" فیلیپین در سال ۲۰۰۳ میلادی کارآمدی این ارقام در کنترل آفت "CPB" را تأیید نمود و آنرا از طریق روزنامه های "مالایا" در مالزی و "دیلی تریبیون" در آمریکا منتشر معرفی کرد (۱).

ژن "*cry3A*" موجود در سیب زمینی های برگ جدید را از DNA باکتری Btt جداسازی نموده اند. این ژن قادر به کد کردن پروتئینی با خاصیت آفتکشی همانند پروتئینی است که باکتری مزبور بطور طبیعی در ضمن اسپورزایی تولید می کند. این پروتئین دارای فعالیت انتخابی بر طیف باریکی از گونه های سخت بالپوشان (coleoptera) است. این پروتئین (Btt band 3) بر سیستم گوارش گونه های حساس آفات تأثیر می گذارد و بدینترتیب در تغذیه آنان ایجاد اختلال می کند و آفات پس از مدتی می میرند. آزمایشات متعدد نشان می دهند که پروتئین های *cry3A* و *npt2* هیچکدام برای پستانداران سمی نیستند و ایجاد آلرژی نمی نمایند. هر دو پروتئین مذکور سریعاً در مایعات معده هضم می شوند و متعاقباً هیچگونه اسید آمینه سمی و یا آلرژی زا تولید نمی گردد. مطالعات نشان می دهند که غده های حاصل از سیب زمینی های برگ جدید از نظر خصوصیات غذایی کاملاً معادل انواع سنتی می باشند و از کمترین سطوح مواد ضد تغذیه ای (anti-nutrients) برخوردارند. آنها از نظر مواد سازنده (مواد جامد ، قندها ، ویتامین C و پروتئین) و حاصل از آنالیز (خاکستر ، رطوبت و کالری) در محدوده مورد انتظار برای غده های سیب زمینی معمولی مطابق با دستاوردهای علمی هستند (۱).



سطوح "گلیکو آکالونیدها" نظیر "سولانین" و "چاکونین" در سیب زمینی های مقاوم به سوسک کلرادو سیب زمینی در محدوده قابل قبول قرار دارند. ضمناً غده های مزبور حاوی چندین ممانعت کننده "پروتئاز" (protease inhibitors) هستند که از فعالیت "تریپسین" (trypsin) ، "چیموتریپسین" (chymotrypsin) و سایر "پروتئازها" جلوگیری می نمایند. آنها همچنین موجب کاهش قابلیت هضم و ارزش بیولوژیکی پروتئین های سیب زمینی می گردند. ممانعت کننده های "پروتئاز" موجود در سیب زمینی در اثر آب پز شدن و سایر فرآیندهای گرمایی غیر فعال می شوند. در صورتی که سیب زمینی های برگ جدید را بصورت های خام یا نیم پز به مصرف تغذیه یا تعلیف برسانند، احتمال بروز واکنش های ضد تغذیه ای وجود خواهد داشت (۱).

"لیستین ها" (Lectins) از "گلیکو پروتئین های" هستند که در تمام ارگانیزم های زنده حضور دارند. آنها عموماً در سطح سلول ها دارای پیوندهای ساختاری با کربوهیدرات های خاص هستند و اغلب در زمره سلول های روده ای و خونی محسوب می شوند. "لیستین ها" در ضمن گرمادهی غیر فعال می گردند لذا فقط مصرف غده های سیب زمینی بصورت خام و یا نیم پز ممکن است به اثرات مغایری بینجامد (۱).

منابع و مأخذ :

- 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 علفکش" ؛ "Herbicide resistant crops"

مقدمه :

بسیاری از گیاهان بطور طبیعی در مقابل علفکش های خاصی متحمل هستند درحالیکه سایرین چنین تحملي را در ضمن فرآیندهای تغییر بمنظور سازگاري با شرایط محیطی کسب می کنند بویژه در مواردی که علفکش های خاصی را به میزان کافی که برای علف های هرز کشنده باشند، بکار نمی برند درحالیکه سایر گیاهان متحمل به علفکش از طریق بیوتکنولوژی توسعه می یابند (۲).

تولید گیاهان "ترانس ژن" یا "تراریخته" موسوم به "GM" مقاوم به برخی از علفکش های قابل تجزیه زیستی از بزرگترین دستاوردهای مهندسی ژنتیک در گیاهان زراعی 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 تعدادی از گیاهان مقاوم به علف کش هایی نظیر : گلیفوسیت ، سولفونیل اوره و گلفوسینیت (Phosphinothricin ، Bialaphos) بنحو موفقیت آمیزی برای مقاصد کشاورزی تجاری در آمریکا و سایر کشورهای جهان تولید گردیده اند (۱۲).

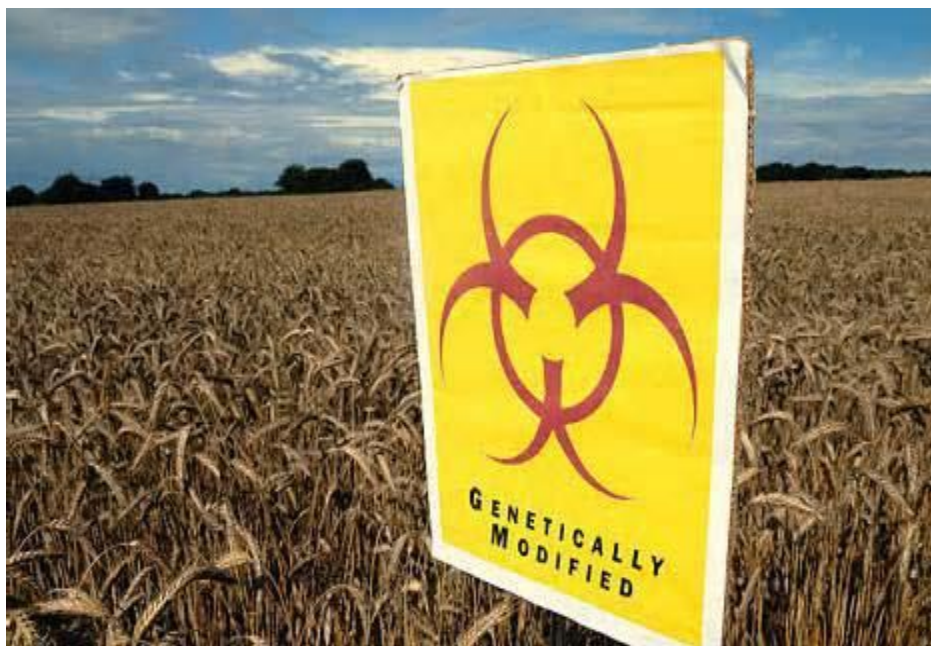
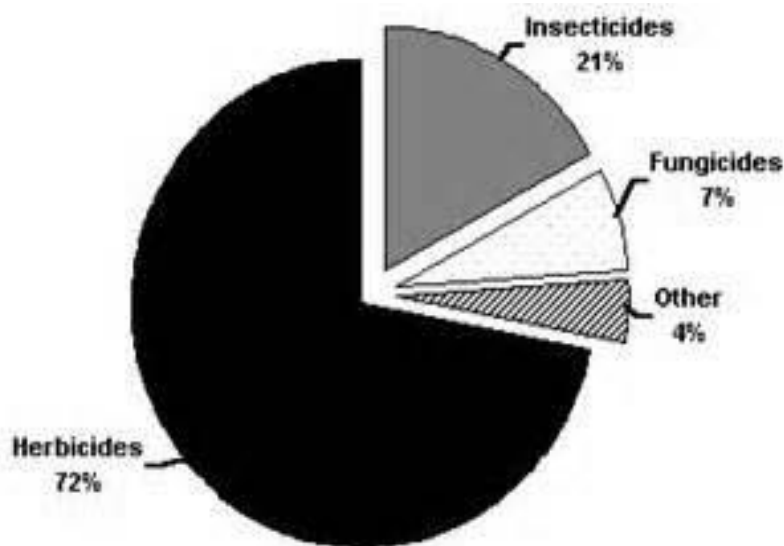
مقاومت به علفکش از ویژگی های نادری است که در اثر تغییرات ژنتیکی گیاهان بوجود می آید و امروزه در کشاورزی تجاری کاربرد یافته است. گیاهان "ترانس ژن" (transgenic) مقاوم به علفکش بعنوان بخشی از سیستم جدید کنترل علف های هرز به شمار می آیند. این سیستم شامل یک علفکش غیر انتخابی و یک محصول زراعی مقاوم به علفکش مزبور است. برای این منظور یک محصول را نسبت به یک علفکش مناسب مقاوم می سازند. این موضوع را از طریق افزودن یک ژن جدید و یا خاموش ساختن یک ژن حاضر انجام می دهند (۵).

علفکش های مکمل طرح همواره از انواع غیر انتخابی هستند. علفکش مورد نظر می تواند بر تمامی گیاهان حساس از طریق قطع فعالیت های متابولیسمی ضروری آنان تأثیر بگذارد. تاکنون دو نوع علفکش برای این منظور کاربرد بیشتری یافته اند که عبارتند از :

- (۱) راندآپ (Roundup) با ماده مؤثره گلیفوسیت (Glyphosate)
- (۲) لیبرتی لینک (Liberty Link) با ماده مؤثره گلفوسینیت (Glufosinate) (۵).

مفهوم علف های هرز :

علف های هرز (weed) به کلیه گیاهانی گفته می شود که در مزارع می رویند ولیکن مضرات آنها بیش از فوایدشان است (۷).



«جدول ۱) 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 راستای 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 کشنده علفکش ها برای گیاهان وحشی است آنچنانکه به بقای آنها منتهی گردد (۷).

بعبارت دیگر گیاهان متحمل به علفکش گیاهانی می باشند که رشد و نمو آنها بنحو معنی داری توسط علفکش هایی که برای کنترل علف های هرز آنها مصرف می شوند، متأثر نمی گردند. امروزه در کشاورزی از برخی از چنین گیاهانی بهره می برند. البته اکثریت گیاهان دارای توانایی طبیعی تحمل برخی از علفکش های خاص هستند ولی برخی دیگر نظیر کلزاهای متحمل به علفکش از طریق تغییرات ژنتیکی هدفمند نسبت به علفکش ها

متحمل گشته اند. دانشمندان در صدد توسعه نژادهایی از گیاهان هستند که از کاربرد علفکش های خاص تأثیر نیابند (۲).

تحمل پذیری گیاهان نسبت به علفکش ها مقوله جدیدی نیست. دانشمندان و کشاورزان برای سال ها می دانستند که ویژگی تحمل علفکش ها می تواند از يك گیاه زراعی به سایرین و از محصولات زراعی به گیاهان وحشی از طریق دگرلقاحی (crossbreeding) منتقل گردد. این افراد برای سال های مدیدی قبل از اینکه تکنولوژی مدرن برای تغییر ژنتیکی گیاهان بمنظور ایجاد خصوصیات جدید بکار آید، فقط به مشاهده ، مطالعه و مدیریت انتقال تحمل به علفکش ها پرداختند تا زمانی که دانشمندان به چنین مطالعه ای توسعه بخشیدند (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 سمی سازی متابولیکی علفکش (detoxification)

۲) تغییر مولکولی یا سلولی مکان هدف علفکش

۳) محل اثرگذاری تولید اضافی (overproduction) (۷).

ضرورت گیاهان مقاوم به علفکش :

رشد متراکم علف های هرز باعث بروز رقابت شدید آنان با گیاهان زراعی برای کسب : آب ، نور خورشید، مواد غذایی و فضای بیشتر می شود که نتیجتاً به کاهش عملکرد محصول منجر می گردد. علفکش های عمومی قادر به تفاوت گذاری بین گیاهان زراعی و علف های هرز نیستند لذا در کشاورزی مرسوم فقط می توان از علفکش های انتخابی پس از سبز شدن محصول بهره جست. گوا اینکه اینگونه علفکش ها صدمه ای به گیاه اصلی وارد نمی سازند اما توانایی کنترل تمامی انواع علف های هرز را ندارند. در مواردی که کشاورزان از گیاهان زراعی مقاوم به علفکش استفاده می نمایند آنگاه می توانند از علفکش های غیر انتخابی بصورت مصرف یکباره بهره گیرند تا تمامی علف های هرز را به سرعت نابود سازند و بدینگونه کمترین میزان سمپاشی ، ترافیک و هزینه به عمل می آید (۴).

علفکش های غیر انتخابی (non-selective) و بعبارتی وسیع الطیف (broad-spectrum) قادر به تأثیرگذاری بر محدوده وسیعی از انواع علف های هرز هستند اما معضل این است که آنها محصولات ارزشمند را نیز نابود می سازند بنابراین از آنها فقط قبل از کاشت تا سبز شدن بذور زراعی و یا در باغات میوه ، تاکستان ها و قلمستان ها می توان سود جست (۴).



دلایل ضرورت استفاده از گیاهان "ترانس ژن" مقاوم به علفکش عبارتند از :
 الف) خاصیت انتخابی علفکش از معیارهای حائز اهمیت محسوب می 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 هایی که در کشاورزی مرسوم بکار می روند، از انواع انتخابی (selective) هستند یعنی فقط برخی گروه های گیاهی خاص را هدف قرار می دهند لذا بطور معمول برای هر محصول عادی و غیر "تراخته" نیازمند یک ترکیب علفکش ویژه هستند (۵).



گیاهان زراعی متحمل علفکش ها برای کمک به کشاورزان در جهت کنترل علف های هرز توسعه می یابند زیرا علف های هرز با گیاهان اصلی در جهت کسب عوامل ضروری رشد رقابت می نمایند. کشاورزانی که از گیاهان متحمل به علفکش های خاص در زراعت استفاده می کنند، قادر خواهند بود که از آن علفکش ها بدون هیچگونه واکنش ای در مزارع استفاده نمایند. بدینگونه علفکش های مزبور موفق به کنترل علف های هرز بدون آسیب به گیاهان زراعی می شوند و به کشاورزان کمک می کنند تا حداکثر راندمان محصول را کسب نمایند. کشاورزان همچنین ممکن است از گیاهان مقاوم به علفکش ها به دلایل زیست محیطی بهره گیرند زیرا با بکارگیری گیاهان متحمل به علفکش ها ممکن است علفکش های کمتری وارد محیط زیست گردد و یا از علفکش هایی استفاده شود که خسارات کمتری متوجه محیط زیست می نمایند از جمله آنهایی که سریعتر تجزیه می شوند. بعلاوه بدینطریق کشاورزان مجبور به تماس مستقیم با علفکش ها نخواهند بود زیرا در حالت عادی مجبور به استفاده مکرر از آنها هستند (۲).



دانشمندان تاکنون چندین محصول زراعی را از طریق دگرگونی ژنتیکی نسبت به علفکش های غیر انتخابی مقاوم ساخته اند. اینگونه گیاهان "ترانس ژن" حاوی ژن هایی هستند که آنها را قادر به تجزیه ترکیبات فعال علفکش ها می نمایند تا جاییکه موجب حفاظت آنان گردد بنابراین کشاورزان را قادر می سازند تا علف های هرز را به آسانی ضمن فصل رشد کنترل کنند و انعطاف پذیری بیشتری برای تعیین زمان سمپاشی داشته باشند.

محصولات مقاوم به علفکش بی نیاز و یا کم نیاز به اجرای عملیات شخم هستند لذا به ثبات و پایداری خاک و همچنین تولیدات گیاهی کمک می رسانند. فائده دیگر اینکه کشاورزان قادر به مدیریت علف های هرز بدون توسل به کاربرد علفکش هایی هستند که مضمون به آسیب های محیطی می باشند (۴).



گاهاً ادعا می شود که کاربرد گیاهان زراعی مقاوم به علفکش ها به افزایش استفاده از علفکش ها منتهی می گردد و علف های هرز مقاوم به علفکش ها را گسترش می بخشد و همچنین به تنوع زیستی در مزارع آسیب می رساند. بررسی های انجام شده در انگلستان نشان می دهند که علفکش های مختلف و عملیات متفاوت کاربرد آنها می توانند بر میزان علف های هرز مزارع مؤثر باشند. جمعیت علف های هرز و حیوانات با کاربرد چغندر قند و کلزای مقاوم به علفکش در قیاس با سیستم های زراعی مرسوم دچار تأثیرات منفی گردیدند درحالیکه میزان تنوع زیستی با کاربرد ذرت متحمل به علفکش افزایش یافت (۴).

اخیراً سیستم های بکارگیری محصولات مقاوم به علفکش ها نظیر : سویا ، ذرت ، کلزا و پنبه به دو دسته تقسیم شده اند :

- ۱) گیاهان "رانداپ پذیر" که مقاوم به ماده مؤثره گلیفوسیت هستند.
- ۲) گیاهان "لیبرتی لینک" که مقاوم به ماده مؤثره گلو فوسینیت می 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 سمی سازی اجزاء فعال

۴-ب- تولید "آنتی بادی" در مقابله با اجزاء فعال (۷).



تولید گیاهان مقاوم به علفکش راندآپ :

گلیفوسیت با نام تجاری 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 نتایج آنها مقاوم به گلیفوسیت شوند. شرکت "مونسانتو" از این تکنولوژی برای تولید محصولات زراعی تغییر یافته 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 تجاری 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 کمک علفکش های عمومی 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 سلولی 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 می شود (۹).

ب) شیوه های مهندسی ژنتیک (gene engineering) :

گیاهان مقاوم به علفکش حاصل از مهندسی ژنتیک درگیر انتقال یک ژن مسنول 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" و ترکیبات حاوی آن نظیر Lightning بوده اند اما 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 "گلو فوسینیت" را بصورت پاشش از بالا می دهد و بدین طریق 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 سبز شده 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 های تولید گیاهان تراریخته است. این شیوه 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 تکنیک 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 های تصادفی در گیاهان استفاده می گردید سپس از میان آنها به جداسازی با مقاصد تجارتي 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 های سفید ، زرد یا سبز کم رنگ 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 :

مثال ۱) 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 تهیه 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.

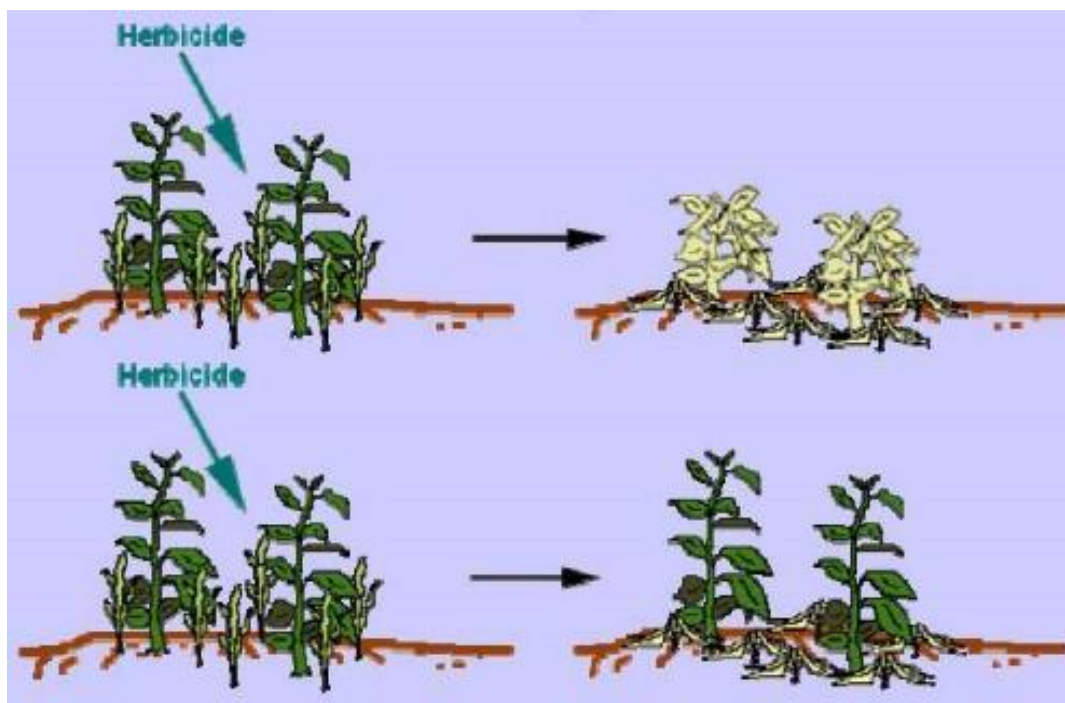
پ) پولن ها را از بساک جدا نموده و در پاکت های تهیه شده از کاغذ مومی شفاف جمع آوری می کنند.

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.

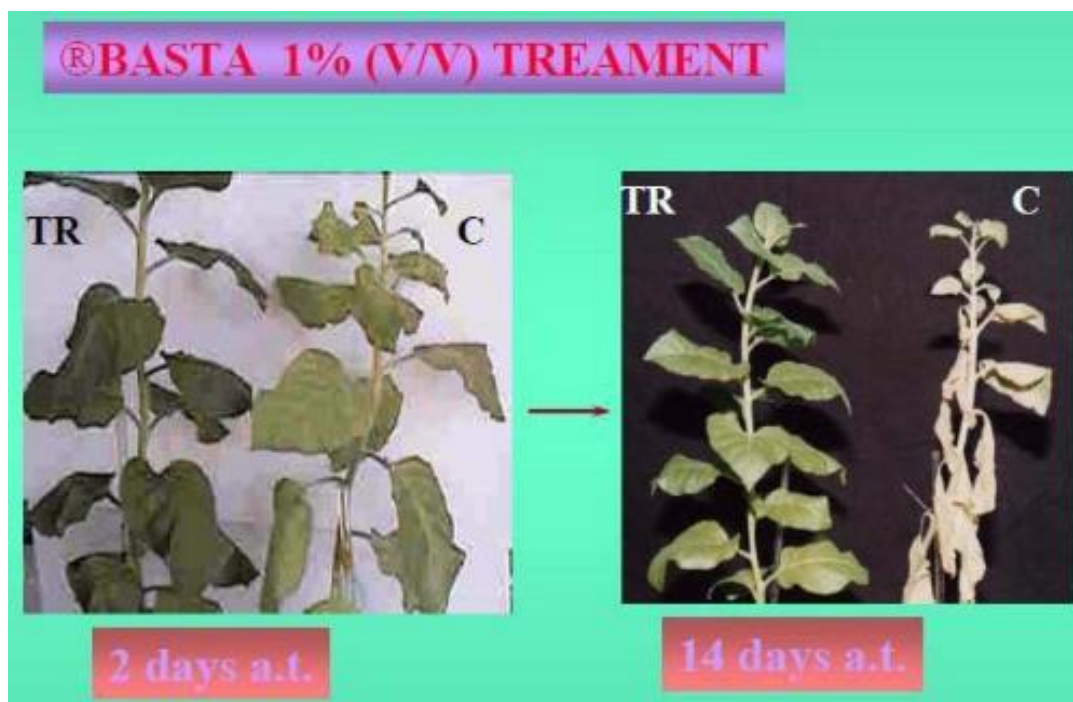
ج) گرده های مزبور را به آرامی بر روی کاکل های ابریشمی والد ماده قرار می دهند.

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. برای این منظور در حدود ۱۵۰ بذر را انتخاب و در یک سینی بدون سوراخ زهکش حاوی حدوداً ۷ کیلوگرم مخلوط ۲:۱ شن و خاک با غچه 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 تجارتي 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 پر 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 خودگشنی ازدیاد نمودند و تحت آنالیز RFLP قرار دادند و متعاقباً با BD 68 "بک کراس" نموده تا بذور BC^۸ حاصل آیند (۱۱).

مثال ۴) آنالیز ژنتیکی بذور BC^۸ :

تعداد ۱۵۰ بذر CLT1 را کشت داده و با محلول "کلومازون" مذکور اسپری کردند آنگاه بعد از ۹ روز به ارزیابی 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 تصور می گردد که یک ژن غالب یا نسبتاً غالب موجب تحمل نسبت به علفکش شده است. ۳۹ عدد گیاهچه مقاوم را پس از انتقال در شرایط گلخانه ای تا مرحله بلوغ پرورش دادند. گیاهان خودگشن مذکور را با گیاه تغییر نیافته UE 95 "بک کراس" دادند تا ژن CLT1 در UE 95 تثبیت گردد. بذور حاصل از "بک کراس" طبق دستورالعمل مذکور غربالگری شدند. در این آزمایش از بستر کشت ۱۰۰ درصد شن برای افزایش اثربخشی دُز مصرفی علفکش بر بوته ها استفاده گردید. بعد از ۹ روز که از رشد بوته ها

گذشت به ارزیابی میزان تحمل آنها نسبت به علفکش پرداخته شد. نتایج مبین تعداد بوته های حساس ، مقاوم هتروزیگوت و مقاوم هموزایگوت به نسبت ۱:۲:۱ بودند لذا نسبت کل بوته های مقاوم به حساس ۳:۱ تعیین گردید که بیانگر حضور ژن منفرد برای تحمل "کلومازون" است. حدود ۱۶۴ گیاه متحمل به "کلومازون" را به مزرعه منتقل و پرورش دادند تا در مرحله بلوغ خودگشني نمایند. گیاهان را از نظر فنوتیپی بر اساس مشابهت با UE 95 جدا ساختند بطوریکه از ۱۶۴ خوشه فقط ۱۰۰ خوشه بجا ماندند. بوته های موجود نیز مجدداً غربالگری گردیدند تا عدم تفرق پذیری ثابت گردد (۱۱).



مثال ۵) مطالعه تفرق پذیری : گیاهان مقاوم را در "بك كراس" دو گانه (reciprocal) با هموزایگوت UE 95 با ویژگی حساسیت به علفکش قرار دادند. فراوانی فرزندان مقاوم در میوتانت های حاصل از "بك كراس های" ۱ و ۲ را می توان با تیمار "کلومازون" و شمارش بقاء یافته ها دریافت. نسبت گیاهان مقاوم به حساس در فرزندان حاصل از "بك كراس" بنحو معنی داری از نسبت ۱:۱ تفاوت نمی یافتند که نشاندهنده کنترل ویژگی مقاومت توسط يك ژن منفرد غالب است (۱۱).

مثال ۶) بوته های میوتانت حاصل از "بك كراس" (M.BC) از طریق خودگشني به تولید نسل پرداختند و مداوماً از نظر خلوص و عدم تفرق صفات و هموزایگوتی بررسی شدند. از هموزایگوت های حاصله برای

تولید هیبریدهایی که برخوردار از مقاومت در برابر "کلومازون" هستند، در کارهای اصلاحی آتی بهره می برند (۱۱).

سویای تغییر یافته ژنتیکی :

سویای تغییر یافته ژنتیکی در حقیقت همان گیاه سویا (soybean) با نام علمی "Glycine max" است که قطعه ای از DNA مطلوب را به کمک تکنیک های مهندسی ژنتیک به داخل هسته اش وارد نموده اند و امروزه برای تولید غذاهای GM بطور وسیع کشت می شود. ساختار ژنتیکی گیاه سویا بگونه ای است که برای مقاصد مختلفی قابل استفاده می باشد لذا دارای خواستاران بسیاری می 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 مهیا شود (۱۰).

برای ساختن یک گیاه سویای GM باید ابتدا ژن مورد نظر برای ادخال در سویا را جداسازی نمود. اگر ژن قادر به بروز قابل مشاهده فنوتیپ و خصوصیت مشهود نباشد آنگاه از یک مارکر متصل (linked) به آن استفاده می گردد تا سلول های تغییر یافته را از سلول های تغییر نیافته متمایز سازد.

پژوهندگان بخش بیولوژی مولکولی دانشگاه "کومینیوس" اسلواکی معتقدند که :

ژن های مارکر که بنحو بارزی باعث انتخاب صفت مقاومت به علفکش ها هستند، غالباً از نوع آنتی بیوتیک ها می باشند لذا در محیط های غذایی خاص فقط به بقای سلول های تغییر یافته ژنتیکی می انجامند (۱۰).

بطور کلی برای شناسایی ژن های تغییر یافته از مارکرهای ژنی بشرح زیر بهره می گیرند :

الف) ژن های مسئول خصوصیات آگرونومیکی نظیر : مقاومت به استرس ، آفات ، علفکش ها

ب) ژن های مسئول خصوصیات کیفی نظیر : مزه ، ماندگاری ، کیفیت عناصر غذایی (۱۰).

ژن های مطلوب را پس از ایزوله سازی به روش های زیر در DNA گیاهان هدف قرار می 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 اما بطور ساده می توان آنرا به یک عمل بریدن و چسباندن تشبیه کرد (۱۰).

پ) معبر الکتریکی (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 رخ 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 کننده عمل ژن جدید در گیاه هدف حضور دارد.

برای نابود کردن یا از پا در آوردن چنین ژن هایی از یک رشته کد نشده 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) کد کردن یک آنزیم EPSPS که متحمل گلیفوسیت است (۱۲).

گلیفوسیت با اخلاص در سنتز آمینواسیدهای ضروری فنیل آلانین ، تیروزین و تربیتوفان موجب مرگ گیاهان می شود. این آمینواسیدها را "ضروری" می خوانند زیرا حیوانات قادر به سنتز آنها نیستند بلکه فقط در گیاهان و برخی میکروارگانیسم ها ساخته می شوند سپس حیوانات از طریق مصرف گیاهان به آنها دست می یابند. گیاهان و گروهی از میکروارگانیسم 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 رانداپ پذیر دارای نسخه ای از آنزیم EPSPS حاصل از "آگروباکتریوم تومیفاسینس" نژاد CP4 هستند که یک تقویت کننده (پروموتور) 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 پلاسما سویا توسط تفنگ ژنی در شرکت های "مونسانتو" و "Asgrow" انتقال داده اند (۱۰).



سویاهای "رانداب پذیر" (roundup ready) با نام های تجاری "GTS 40-3-2" و "MON 04032-6" از ارقام حاصل از مهندسی ژنتیک می باشند که توسط شرکت "مونسانتو" در برابر علفکش رانداب (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 اختلال ورزد (۱۰، ۱۲).

اولین موافقت ها برای کشت سویای تراریخته متحمل به علفکش در سطح تجاری 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 سازنده 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 می باشد که از سال ۲۰۱۰ میلادی وارد بازارهای تجاری گردیده است (۱۰).

ارزیابی گیاهان مقاوم به علفکش :

علفکش های مدرن اینک مشارکت زیادی در تولید جهانی مواد غذایی از طریق حذف علف های هرز و لغو عملیات زراعی منجر به تخریب خاک ها دارند. بهر حال 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 سمی 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 برای استفاده از علفکش ها خواهد شد (۸).

ظهور علف های هرز مقاوم به علفکش :

گیاهان زراعی متحمل به علفکش می توانند با سایر گیاهان زراعی و علف های هرز تلاقی یابند و موجب ظهور علف های هرزی شوند که با دشواری کنترل می گردند و اصطلاحاً علف های هرز فوق العاده یا استثنایی (super weeds) خوانده می شوند. البته انتقال ویژگی تحمل به علفکش ها در حالت طبیعی فقط از محصولات زراعی به گیاهان خویشاوند نزدیک امکان پذیر است. بعنوان مثال برخی گیاهان زراعی ترانس ژن نظیر : ذرت ، گوجه فرنگی ، سیب زمینی و سویا دارای علف های هرز مهم و خویشاوند نزدیک در کشور کانادا نیستند لذا امکان انتقال ویژگی تحمل به علفکش بنحوی که کنترل علف های هرز را با دشواری همراه سازد، عملاً وجود ندارد (۲).

در مواردیکه علف های هرز خویشاوند گیاهان اصلی در مزرعه وجود داشته باشند، می توان از روش های دیگری برای کنترل علف های هرز مقاومت یافته بهره گرفت که عبارتند از :

الف) استفاده از سایر علفکش ها

ب) شخم زدن زمین بلافاصله قبل از مرحله بذردهی علف های هرز

پ) کاربرد مخلوط علفکش ها برای تیمار مزارع

ت) کاربرد متناوب علفکش های مختلف

ث) استفاده از شیوه های غیر شیمیایی علف های هرز نظیر تبدیل محصول به سیلاژ یا کود سبز

ج (استفاده از تناوب زراعي
ج (برداشت بموقع محصولات زراعي (۲).

مؤسسات تحقیقاتي همواره باید کشاورزان را در مورد ظهور علف های هرز مقاوم به علفکش ها هشدار دهند تا از گسترش علف های هرز مقاوم جلوگیری گردد. اینگونه مؤسسات همچنین باید گیاهان زراعي را نسبت به سایر علفکش های مناسب مقاوم سازند تا بتوان از بذور GM متحمل به علفکش های خاص در قالب تناوب زراعي بهره گرفت. در مواردیکه علف های هرز مقاوم به علفکش خاص با همدیگر تلاقی یابند، احتمالاً به ظهور علف های هرز جدیدی (offspring) می انجامند که نسبت به چند علفکش متحمل می باشند زیرا آنها خصوصیات خویش را از والدین کسب می کنند. دانشمندان چنین پدیده ای را اصطلاحاً "تجمع ژنی" (gene stacking) می گویند. تجمع ژنی برای تمامی گیاهانی که از طریق بیوتکنولوژی توسعه یافته اند، بطور یکسان وقوع نمی یابد (۲).

گیاهان هرز ممکن است در برابر بیش از یک نوع علفکش مقاوم گردند و آن در مواردی است که علفکش های مربوطه را با دُز مناسب برای مدیریت علف های هرز بکار نبرند. این نگرانی زمانی افزایش می یابد که علف های هرز مقاوم شده به زیستگاه طبیعی خویش در خارج از مزارع گسترش یابند و از کنترل خارج گردند. مطالعات نشان می دهند که گیاهان متحمل به علفکش موجب مشکلات بیشتری نسبت به سایرین نمی گردند زیرا کاربرد علفکش های خاص فقط یکی از شیوه های خلاصی از رقابت علف های هرز با گیاهان زراعي است. بررسی ها همچنین نشان می دهند که گیاهان اهلی از جمله گیاهان زراعي بدون حمایت های انسانی قادر به بقا نیستند. این موضوع بدین معنی است که اگر گیاهان زراعي متحمل به علفکش در خارج از مزارع کشاورزان برویند آنگاه از کمترین شانس برای بقا و تلاقی با سایر گیاهان برخوردار می شوند. پژوهش های ۱۰ ساله منتهی به ۲۰۰۱ میلادی در مورد ۴ نوع از محصولات زراعي GM نشان دادند که گیاهان زراعي تراریخته قادر به بقا در شرایط وحشی نیستند و در مقایسه با همتهای معمولی بهیچوجه قادر به تهاجم به سکونتگاه های غیر زراعي نمی باشند (۲).

علف های هرز از قابلیت تغییر و تکامل بهره مندند بطوریکه نسبت به مواد شیمیایی که برای حذف آنها بکار می روند، مقاومت می یابند. این موضوع در مورد گلیفوسیت نیز واقع می شود. بطور کلی به علف های هرزی که نسبت به گلیفوسیت مقاومت یافته اند، علف های هرز فوق العاده (superweeds) گفته می شود. از سال ۱۹۹۶ میلادی بنحو آشکاری بر تعداد علف های هرز که نسبت به گلیفوسیت مقاومند، افزوده شده است. دانشمندان معتقدند که علف های هرز فوق العاده با محصولات زراعي "رانداپ پذیر" مجاورشان دگرگشتی داشته اند و بدین طریق با گذشت زمان دچار تغییر و دگرگونی شده و به علف های هرز استثنایی مقاوم به گلیفوسیت تبدیل گشته اند (۱).

گلیفوسیت موجب بلوکه شدن حرکت مواد غذایی به سمت سیستم ریشه ای گیاهان می گردد ولیکن اگر کاربرد آنها از قدرت یا مقدار کافی برخوردار نباشد آنگاه مواد غذایی همچنان به سیستم ریشه ای گیاه وارد گردیده و موجب تغذیه آن می شوند و بدینگونه گیاه به بقاء خویش ادامه می دهد لذا شاخه و برگ های سفت و خشن برخی گیاهان چندساله نظیر : عشقه (Ivy) ، پروانش (periwinkle) ، تمشک (blackberry) و بلوط سمی (poison oak) باید با گلیفوسیت در پایان فصل رشد تیمار شوند یعنی زمانیکه اکثریت مواد غذایی حاصل از فتوسنتز به سیستم ریشه ها منتقل و ذخیره می گردند. بدین ترتیب بیشترین میزان گلیفوسیت به ریشه ها انتقال یافته و موجب مرگ گیاهان فوق الذکر خواهد شد (۱).

بر طبق تعریف دانشگاه ایالتی کالیفرنیا 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 می 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 تغییر یافته 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 یافته ژنتیکی گیاهان زراعی در قیاس با کاهش نیاز برای علفکش ها با کاربرد روزافزونی مواجه شده اند (۶).

۳) آرچی یا زیلان (Ragweed) :

علف هرز آرچی 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 آرچی 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 سمیت 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 بخوبی کنترل می‌گردد اما اینک حتی در مقابل کاربرد ۲۰ برابری دُز معمول بقاء می‌یابد. این میزان علفکش نه تنها برای خاک و محصولات موجود در مزارع خطرناک است بلکه برای محیط زیست اطراف نیز زیانبخش می‌باشد. با این وجود کشاورزان بزودی دریافتند که بهره‌گیری از یک تناوب زراعی ساده می‌تواند به از بین رفتن و یا لااقل تضعیف بوته‌های سوروف مقاوم تا حد کنترل توسط علفکش پروپانیل با دُز عادی کمک نماید (۳).

مناقشات محصولات تراریخته :

امروزه برخی نگرانی ها و دلوپسی 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 اشتباهی 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).

مقررات 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 تجاری 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 کانادایی بررسی نموده اند که چه مسائلی باعث محدودیت بروز برخی ویژگی های نوظهور در گیاهان زراعی حاصل از بیوتکنولوژی می شوند. آنها همچنین در صدد تدوین دستورالعمل هایی برای تدارک شرایط مناسب جهت مدیریت گیاهان زراعی تراریخته هستند. گروه های تحقیقاتی دولتی و خصوصی با حمایت برخی شرکت ها برای این منظور در سراسر کانادا به فعالیت مشغولند. آنها از کمک های مشاوره ای سازمان های حامی محیط زیست نیز برخوردارند. دولت کانادا خود را متعهد به افزایش اطلاعات در مورد اثرات گیاهان مقاوم به علفکش ها در سلامتی مردم و محیط زیست می داند (۲).

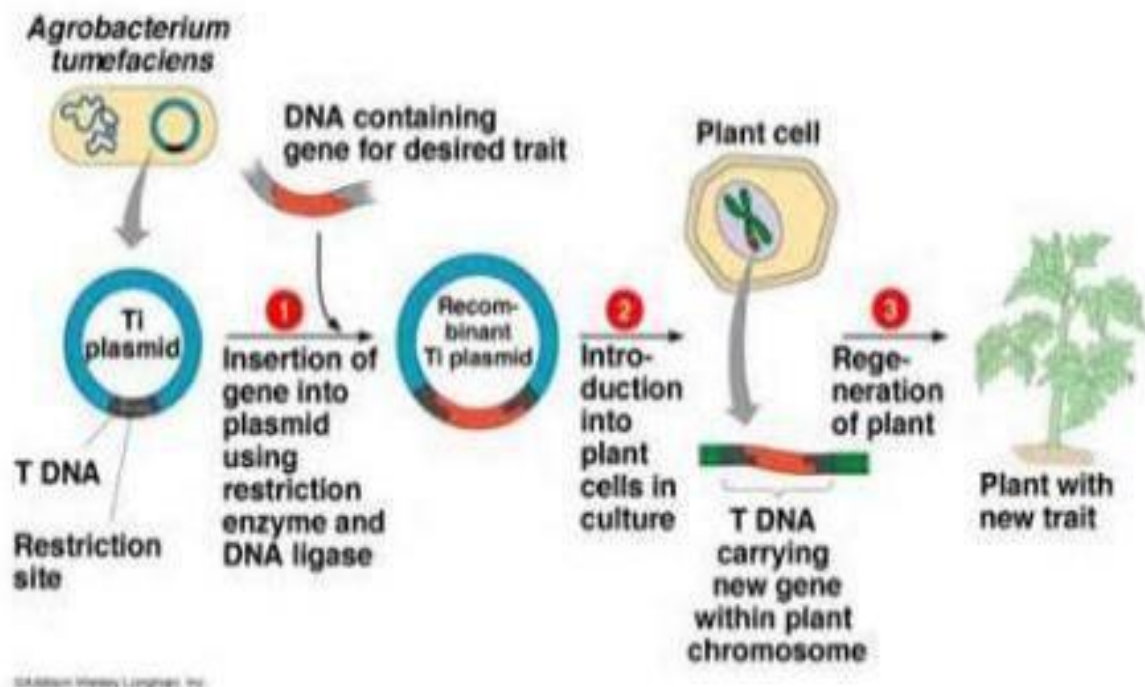
منابع و مأخذ :

- 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>

گیاهان "ترانس ژن" یا "تراریخته" ؛ " Transgenic Plants "

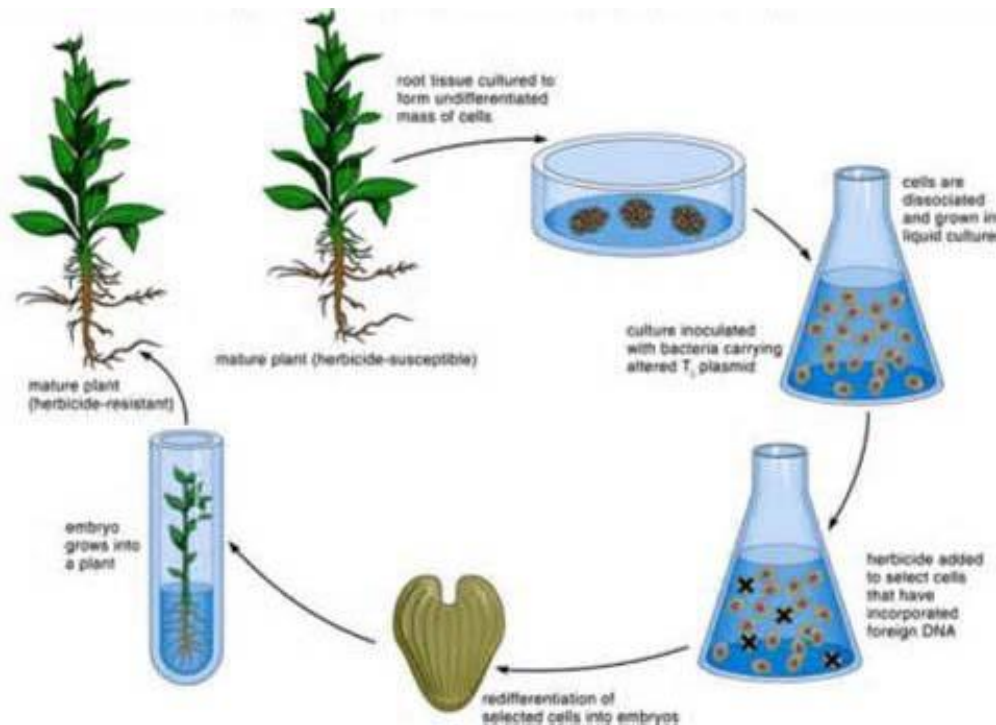
مقدمه :

بیوتکنولوژی گیاهی جنبه های گوناگونی از سودمندی تولیدات کشاورزی در دراز مدت را از طریق ارائه واریته های ترانس ژن حائز خصوصیات تغییر یافته برتر عرضه نموده است. نتایج این تحول جدید موجب بروز ایمنی در محصولات کشاورزی و توسعه سریع تولیدات غذایی گردیده است. این دستاوردها نه تنها ضروری هستند بلکه با تلفیق شیوه های بیوتکنولوژی در گیاهان مرسوم موجب امنیت غذایی جهانی ، مقاومت به بیماری ها ، مقاومت به تنش های زنده و غیر زنده و ارتقاء وضعیت سلامتی مردم می شوند. این موضوع همچنین به تغییر بسیاری از عملیات کشاورزی و کاهش صدمات حاصل از فعالیت های تولید محصولات غذایی بر محیط زیست می گردد (۴).



گیاهان ترانس ژن (TP) :

تاکنون پیشرفت هایی در برخی جنبه ها برای معرفی گیاهان ترانس ژن (transgenic plants) حائز ویژگی های جدید با استفاده از تکنولوژی بازترکیب DNA (DNA recombinant) حاصل آمده اند. دستکاری (manipulation) ژنتیکی گیاهان در صدد گشودن افق های نوینی برای کشاورزی است اما تا سال های اخیر تنها به دگرلقاحی (cross-breeding) متکی بوده است که روندی بسیار کند را به همراه دارد. امروزه مهندسی ژنتیک (genetic engineering) نویدبخش فرآیندهای سریع و چشم اندازی گسترده از پیشرفت در زمینه های مختلف کشاورزی می باشد (۳).

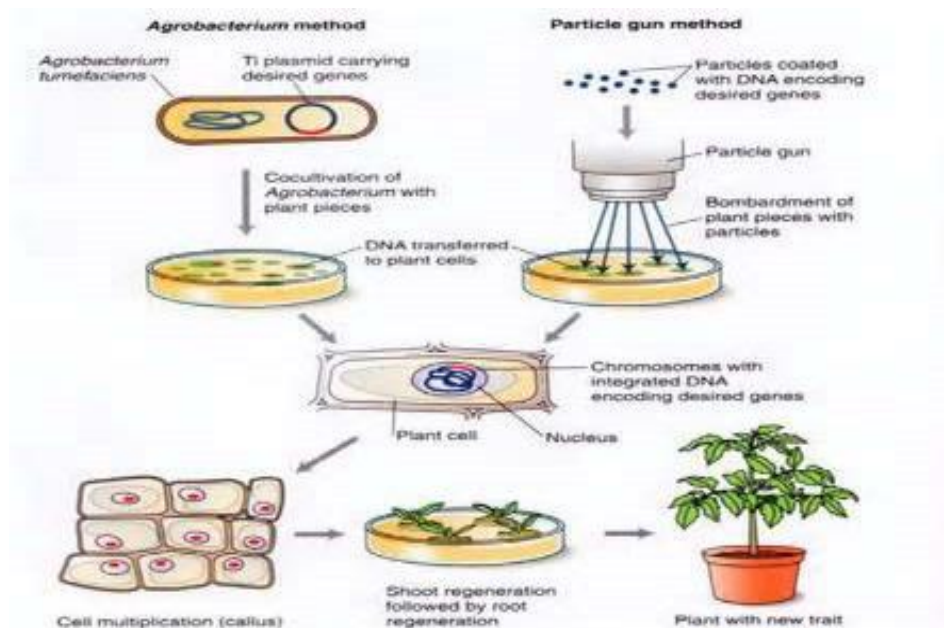


تولید گیاهان ترانس ژن :

از چندین روش برای درج ژن در گیاهان هدف بهره می برند :

الف) آلوده سازی سلول های گیاه با پلاسمیدها (plasmids) بعنوان ناقلین (vectors) ژن های مطلوب
 ب) شلیک ذرات میکروسکوپی حاوی ژن مطلوب بطور مستقیم به داخل سلول هدف .
 اصولاً در گیاهان برخلاف حیوانات هیچگونه ناهمگونی حقیقی بین سلول های غیرجنسی یا "سوماتیک" (somatic) و سلول های بوجود آورنده سلول تخم در شیوه تولید مثل جنسی (germline) وجود ندارد آنچنانکه از بافت "سوماتیک" گیاهان نظیر سلول های ریشه در کشت بافت استفاده می گردد.

پ (ژنوم گیاهان را در آزمایشگاه ها با ژن های مطلوب تغییر می دهند.
 ت (از طریق گل ها در گیاهان بالغ .
 در صورتیکه عمل انتقال ژن مطلوب بخوبی صورت پذیرد آنگاه ژن جدید بعنوان بخشی از گرده ها و سلول تخم گیاه هدف می شود و بدینطریق به نسل های بعدی منتقل خواهد شد. تولید گیاهان ترانس ژن بسیار آسانتر از ایجاد حیوانات ترانس ژن است (۳).



دستاوردهای تولید گیاهان ترانس ژن :

۱) اصلاح کیفیت عناصر غذایی :

برنج سفید (milled rice) ماده غذایی اصلی برای بخش عمده ای از جمعیت زمین می باشد. در ضمن تبدیل شلتوک به برنج سفید اقدام به حذف پوسته (husk) حاوی ماده بتاکاروتن می گردد. بتاکاروتن ماده اولیه ساخت ویتامین A در بدن انسان است لذا بروز عارضه کمبود ویتامین A در بسیاری از مناطق برنج خیز جهان بویژه جنوب شرقی آسیا تعجب آور نیست. سنتز بتاکاروتن نیازمند تعدادی از آنزیم های کاتالیزور است. در ژانویه سال ۲۰۰۰ میلادی گروهی از پژوهندگان اروپایی گزارش نمودند که موفق به درج ۳ ژن به درون سلول گیاه برنج شده اند و بدینطریق آنها را قادر ساخته اند تا بتاکاروتن را در آندوسپرم خویش تولید کنند (۳).

(۲) مقاومت به آفات گیاهی :

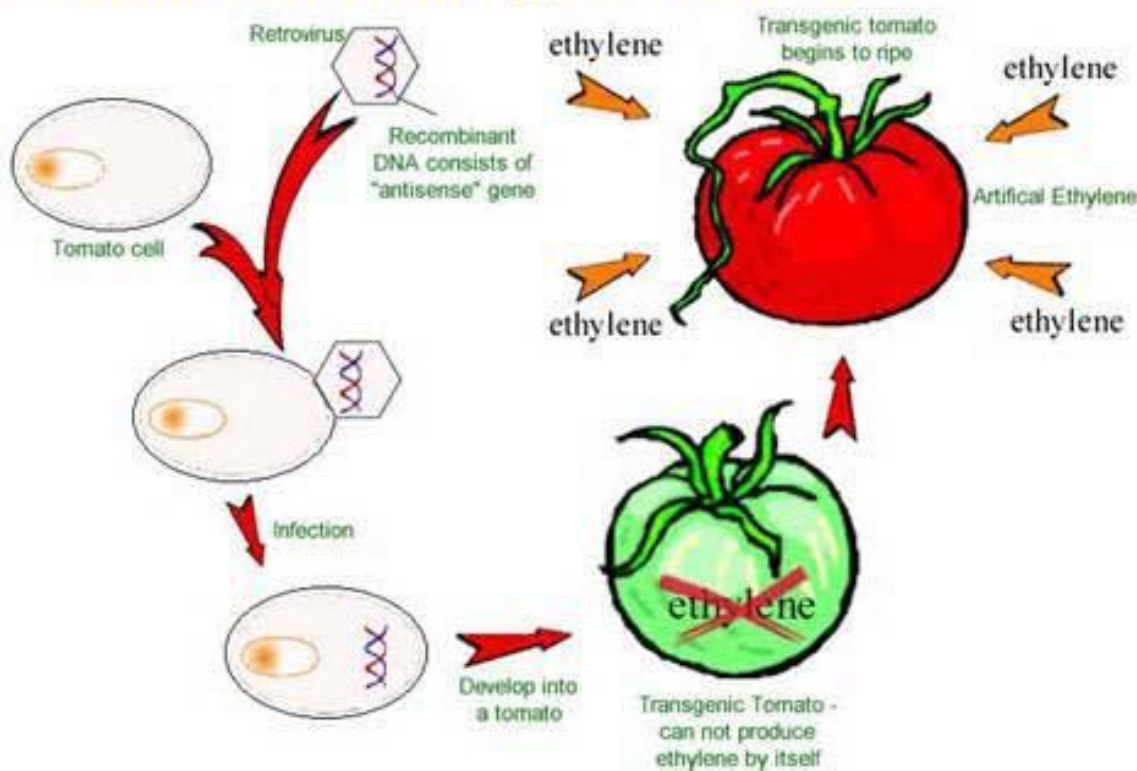
باکتری "باسیلوس تورینجنسیس" یا *Bt* (*Bacillus thuringiensis*) می تواند برای برخی آفات زیان آور باشد. اثرات مهلك این باکتری بواسطه تولید يك نوع پروتئين سمی است. از طریق روش های بازترکیب DNA می توان ژن تولید کننده ماده سمی را از باکتری مزبور مستقیماً بدرون ژنوم گیاهان هدف وارد ساخت تا از این گیاهان در مقابل هجوم آفات مهلك مراقبت کند (۳).



(۳) مقاومت به بیماری های گیاهی :

ژن هایی که به مقاومت گیاهان در مقابل بیماری های ویروسی منجر می گردند، به صورت موفقیت آمیزی در محصولاتی چون : تنباکو ، گوجه فرنگی و سیب زمینی تعبیه شده اند. بعنوان مثال گوجه فرنگی های مقاوم شده شرکت "مونسانتو" (Monsanto) آمریکا نسبت به انواع معمولی در شرایط سرایت بیماری های ویروسی به تولید بیش از ۳ برابری محصول می پردازند زیرا نسبت به بیماری های ویروسی مخرب مقاومت یافته اند (۳).

Production of Transgenic Tomatoes

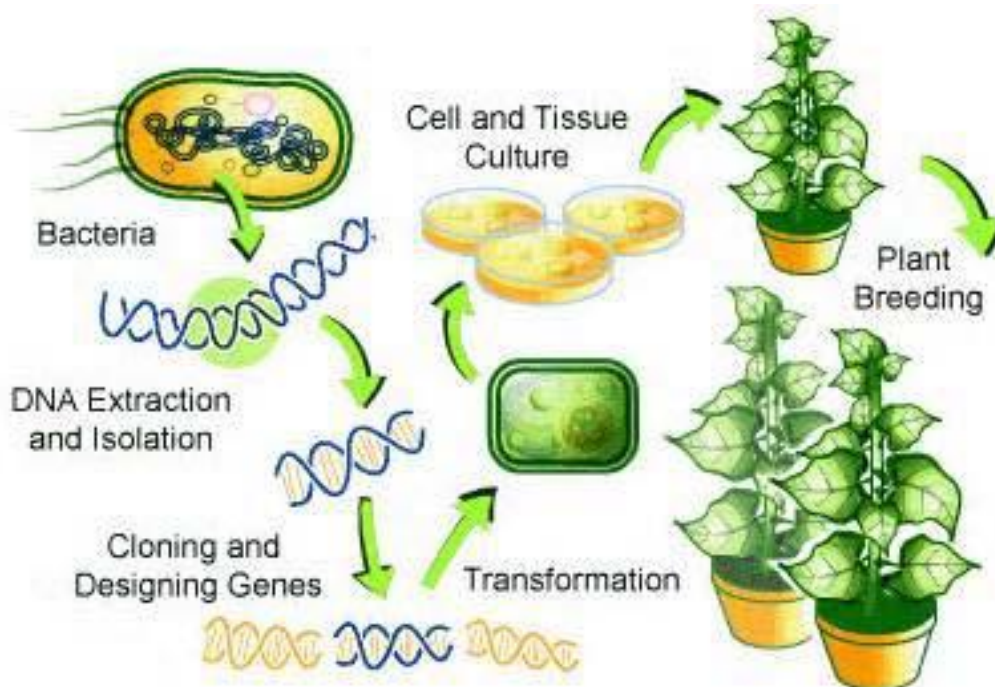


(۴) مقاومت به برخی علفکش ها :

استفهام در مورد ایمنی انسان ها و محیط زیست در مورد برخی علفکش های گیاهان پهن برگ نظیر 2,4-D بوجود آمده است. گواهی علفکش های جایگزین در دسترس هستند اما احتمال خسارت محصولات بموازات آسیب علف های هرز نیز می رود. ژن های مقاومت به علفکش های جدید از برخی گیاهان به محصولات زراعی منتقل گردیده اند تا موجب بقای آنها در مواقع مواجهه با علفکش های خاص گردند. تأثیر علفکش "بروموکسینیل" بر گیاه توتون به کمک یک ژن باکتریایی تغییر یافته است زیرا علفکش مذکور سریعاً توسط گیاه GM تجزیه می گردد (۳).

۵) تحمل شوری :

بخش بزرگی از اراضی فاریاب محصولات زراعی در معرض شوری قرار دارند بطوریکه امکان کاشت بسیاری از محصولات مهم در آنها وجود ندارد. پژوهندگان دانشگاه کالیفرنیا موفق به تولید گوجه فرنگی ترانس ژنی شده اند که قادر به رشد در اراضی شور هستند. ژن ترانس یافته باعث تشکیل نوعی پمپ پروتونی ضد سکونی سدیم (sodium/proton antiport) می شود که قادر به مصادره سدیم مازاد در داخل واکوئول سلول ها است. در این حالت هیچگونه سدیمی در میوه ها تجمع نمی یابند (۳).



۶) ژن های نابودگر :

انتقال ژن های نابودگر بموازات انتقال ژن های مطلوب به داخل گیاهان GM انجام می گیرد تا موجب عقیم شدن بذور تغییر یافته ژنتیکی گردند و بدینگونه قابلیت نگهداری بخشی از بذور تولید شده هر سال جهت کاشت در سال بعد منتفی می شود و کشاورزان را مجبور به خرید بذور جدید از شرکت های تولید کننده بذور به صورت هر ساله می کنند. چنین فرآیندی درگیر با انتقال ۳ ترانس ژن به داخل گیاه است :

الف- ژن کدکننده مواد سمی که برای بذور در حال نمو بسیار مهلك است اما برای بذور بالغ و گیاه زیان آور نمی باشد.

ب - این ژن بطور معمول غیر فعال است زیرا قطعه ای از DNA در بین ژن مزبور و بخش فعال کننده اش (promoter) قرار دارد.

پ - يك ژن کدکننده آنزیم بازترکیب (recombinase) که باعث حذف قطعه مابین می شود و بدینگونه به ژن نابودگر (terminator) اجازه ظهور می دهد.

ت - ژن محدود کننده (repressor) که پروتئین تولیدی را به ماده فعال کننده پیوند می دهد و بدینگونه آنرا غیر فعال می سازد (۳).

چگونگی کاربرد آنها بشرح زیر است :

الف) بذور را قبل از فروش در محلولی از "تتراسیکلین" می خیسانند.

ب) سنتز ماده محدودکننده مختومه می گردد.

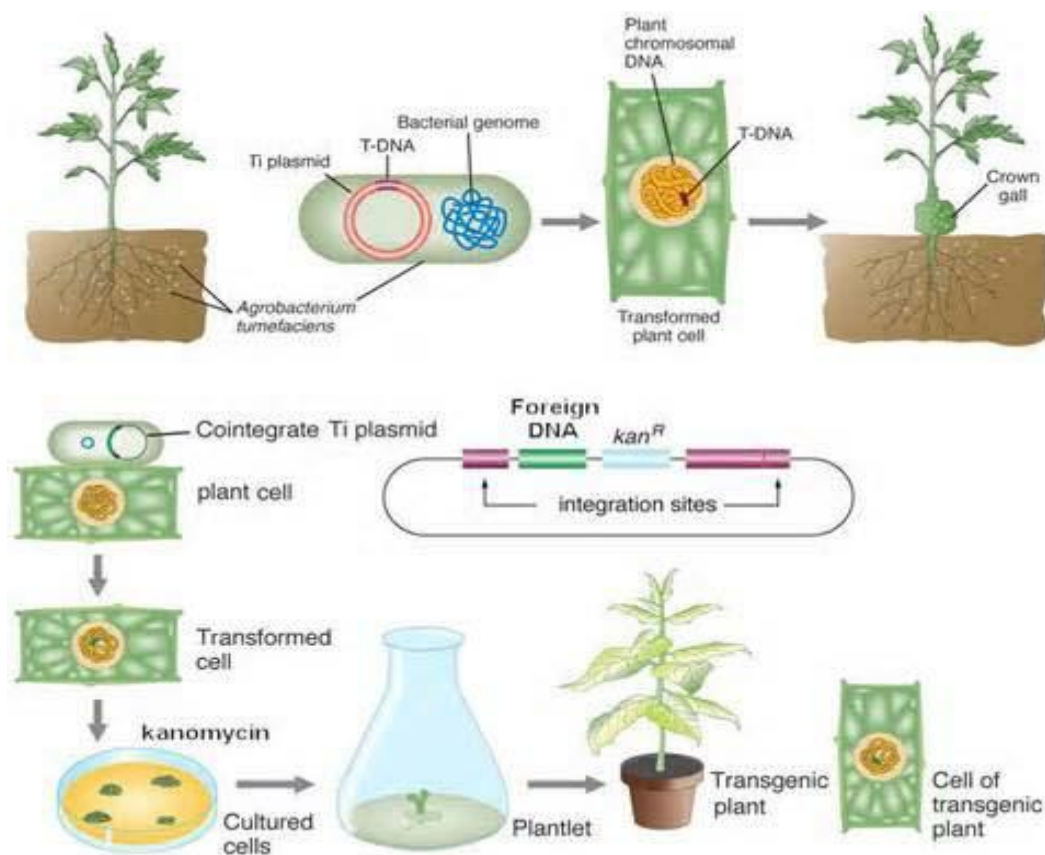
پ) ژن آنزیم بازترکیب فعال می شود.

ت) قطعه فاصله انداز از ژن سمیت زا (toxigene) برچیده می شود تا بدینطریق فعال شود زیرا سم حاصله به گیاه در حال رشد صدمه نمی زند و گیاه می تواند به حالت عادی رشد یابد بجز اینکه بذورش در مرحله نمو عقیم می شوند (۳).

استفاده از ژن های نابودگر (terminator) باعث بروز مناقشاتی بشرح زیر شده است :

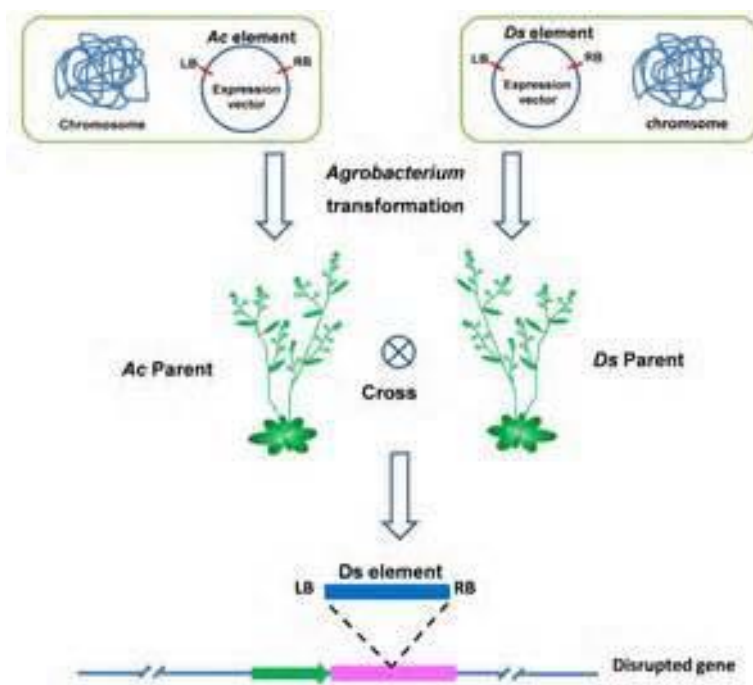
الف) کشاورزان بویژه در کشورهای در حال توسعه همواره تمایل دارند تا بخشی از محصول مکتسبه را برای کاشت در سال بعد ذخیره سازند.

ب) شرکت های تولیدکننده بذور متقابلاً علاقمند به حفظ بازار فروش بصورت هرساله هستند (۳).



۷) ترانس ژن های کدکننده زنجیره ضد فعالیت RNA (antisense RNA) .
این زنجیره شامل يك رشته از نوكلئوتیدها است كه به RNA پیامبر متصل مي گردد و بدینگونه آنرا غیر فعال مي سازد (۳).

۸) داروهای زیستی :
ژن های مسئول ساخت پروتئین های مؤثر در ساخت داروهای زیستی (biopharmaceutical) مصرفی انسان و دام ها را مي توان داخل گیاهان مناسب قرار داد و توسط آنها به اهداف مربوطه نائل آمد . فواید اینکار عبارتند از :
الف- گلیکوپروتئین ها (glycoproteins) را بدینطریق مي توان تولید نمود درحالیكه بطور عادي باكتري هایی نظیر "اشرشیا كولي" (E . Coli) قادر به اینکار نیستند.
ب - مقادیر واقعاً نامحدودي از آنها را مي توان در مزارع پرورش داد درحالیكه تولیدشان در مخازن تخمیر بسیار گران تمام مي شود.
پ - از خطرات آلودگی سلول های پستانداران (mammalian) و محیط های کشت بافت توسط عوامل مسری اجتناب مي گردد.
ت - خالص سازی (purification) با سهولت بیشتری انجام مي پذیرد.
ذرت مطلوب ترین گیاه برای این منظور است اما سلول های توتون ، گوجه فرنگی ، سیب زمینی ، برنج و هویج نیز با پرورش در شیوه کشت بافت برای این منظور استفاده مي گردند (۳).



برخی از پروتئین‌هایی که توسط گیاهان ترانس ژن تولید می‌شوند عبارتند از :
الف) هورمون‌های رشد انسانی از طریق وارد نمودن ژن‌های مربوطه در DNA کلروپلاست گیاه توتون
ب) آنتی‌بادی‌های انسانی برای مقابله با بیماری‌های مسری نظیر :

۱-ب- ایدز (HIV)

۲-ب- ویروس پیوستگی تنفس (RSV)

۳-ب- نابودی اسپرم

۴-ب- ویروس HSV عامل تبخال (cold sore)

۵-ب- ویروس "ابولا" (Ebola) عامل تب خونریزی دهنده (hemorrhagic fever)

پ- پروتئین‌های آنتی ژن برای استفاده در واکسن‌های نظیر : واکسن ضد سرطان غدد لنفاوی
(antilymphoma) که در این مورد از گیاه توتون ترانس ژن برای تولید پروتئین‌های ضد آنتی‌بادی
مربوطه بهره می‌برند.

ت- سایر پروتئین‌های مفید نظیر : لیزوزیم (lysozyme) و تریپسین (trypsin)

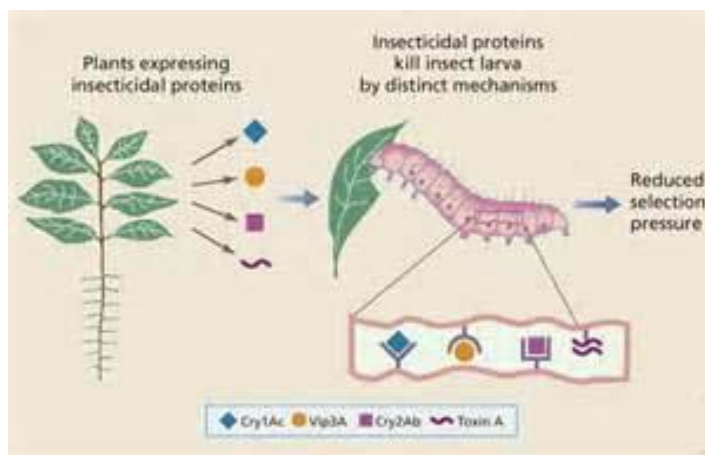
ث- تولید نوعی آنزیم بنام "گلوکوسربروسیداز" (Glucocerebrosidase) در سلول‌های هویج ترانس
ژن در روش کشت بافت برای درمان عارضه ژنتیکی "تجمع مولکول‌های چربی در طحال" موسوم به "گاچر"
(Gaucher) (۳).

مناقشات تولید گیاهان ترانس ژن :

معرفی گیاهان ترانس ژن در کشاورزی با مناقشات و منازعات شدیدی مواجه گردیده است. برخی معتقدند که
گیاهان ترانس ژن ممکن است گیاهان بومی و غیر هدف را به مخاطره بیندازد. بعنوان مثال :

الف) در صورتیکه ژن مقاومت به علفکش از گیاه دگرگشن ذرت به گیاهان هرز منتقل گردد، باعث دشواری در
کنترل علف‌های هرز مزبور خواهد شد.

ب) ژن مولد سم Bt می‌تواند از طریق گرده‌ها در ضمن گرده افشانی باعث نابودی حشرات مفید از جمله
زنبوران عسل گردد (۳).

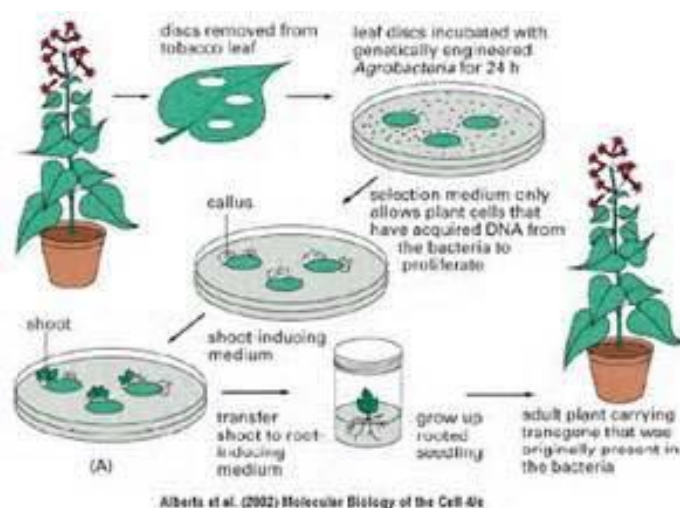


مطالعات مزرعه‌ای بر پنبه و ذرت حاوی ژن Bt نشان داد که از تعداد برخی حشرات غیر هدف در مزارع کاسته شده است گواهی‌کننده قابل مقایسه با حالت کاربرد آفتکش‌های شیمیایی نبوده‌اند. نگرانی دیگر در مورد تلفیق غیر عمدی محصولات ترانس ژن با محصولات غذایی عادی است اگر چه این موضوع بصورت دوره‌ای وقوع یافته است اما مطلقاً شواهدی برای تهدید سلامتی انسان موجود نیست (۳).

بسیاری از کشاورزان سراسر جهان با وجود مناقشات مذکور از محصولات ترانس ژن استقبال نموده‌اند بطوریکه امروزه بیش از ۸۰ درصد ذرت، سویا و پنبه زراعی ایالات متحده آمریکا را محصولات تغییر یافته ژنتیکی یا "GM" (genetically modified) تشکیل می‌دهند از جمله:

الف) گیاهان مقاوم به علفکش گلیفوسیت موسوم به گیاهان "راندآپ پذیر" (roundup ready) آنچنانکه با سمپاشی اینگونه مزارع باعث می‌شوند تا تمامی علف‌های هرز بدون هیچگونه آسیبی به گیاهان اصلی نابود گردند.

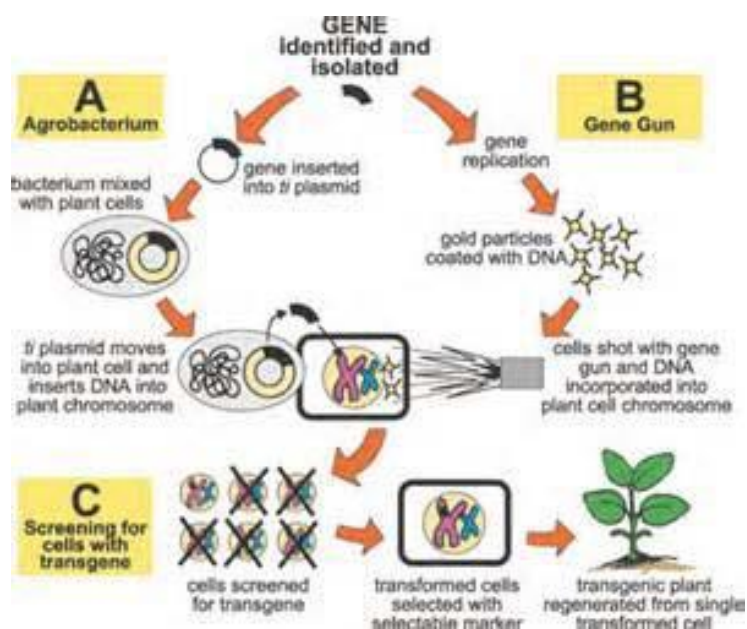
ب) مقاومت گیاهان به هجوم آفات خطرناک از طریق تولید سم Bt یا "باسیلوس تورینجنسیس" (۳).



گیاهان ترانس ژن بعنوان بیورآکتورهای تولید واکسن خوراکی:

استفاده از گیاهان بعنوان رآکتورهای زنده بمنظور تولید پروتئین‌های بازترکیب با کمک متخصصین ژنتیک گیاهی، بیولوژی مولکولی و بیوتکنولوژی در حال گسترش است. بر اساس یک نظریه مطروحه در دهه اخیر، بیورآکتورهای گیاهی از جمله گیاهان تغییر یافته ژنتیکی هستند که مجموعه ژنی یا ژنوم‌های آنها (genomes) بصورت مصنوعی دستکاری گردیده‌اند تا بتوانند بعنوان منابع تولید بیولوژیکی پروتئین‌ها و برخی دیگر از مواد ایمن‌ساز عمل نمایند. در این رابطه، سیستم بیورآکتور مبتنی بر گیاهان دارای فواید عدیده‌ای در مقایسه با سایر شیوه‌های بیولوژیکی تولید پروتئین خواهند بود. بیورآکتورهای گیاهی را می‌

توان در اراضي کشاورزي و يا گلخانه ها پرورش داد و از كمترين انرژي هاي ورودی نظیر : نور ، آب و عناصر کودی بهره گرفت (۱).



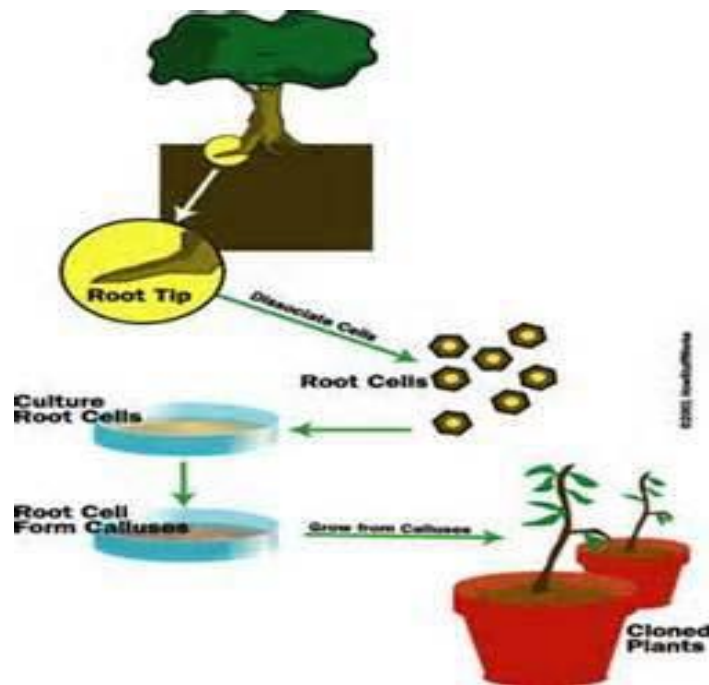
سیستم های بیورآکتور گیاهی را به آسانی می توان در اراضی وسیع با تعداد فراوانی از گیاهان پرورش داد. بعنوان مثال : با وضعیت تکنولوژی موجود می توان واکسن کافی حاوی آنتی ژن های بیماری هپاتیت B را برای ۱۳۳ میلیون نوزادی که هر ساله متولد می شوند ، در زمینی به وسعت ۲۰۰ ایکر بدست آورد. سلول های مولد از کمترین آلودگی با سموم بالقوه یا پاتوژن های انسانی مورد استفاده در سیستم های بیورآکتور گیاهی مواجه می شوند. توزیع واکسن های خوراکی (edible ، oral) نشان داده است که کارایی بیشتری در قیاس با واکسن هایی دارد که بصورت تزریق زیر پوستی (subcutaneous) و یا عضلانی (intramuscular) باعث برخی واکنش های پوستی می گردند (۱).

از دیگر فواید مهم تکنولوژی واکسن های خوراکی این است که آنها را می توان از طریق تلاقی لینه های مختلف گیاهی بصورت واکسن های چندگانه (multi-component) تولید نمود. واکسن های چندگانه دارای آنتی ژن های متعددی هستند و می توانند بصورت همزمان برای ایمن سازی بر علیه چندین پاتوژن بکار روند و انسان و دام ها را بر علیه چندین بیماری از جمله موارد زیر مصون مصون دارند :

- الف) مسمومیت باکتریایی روده ای یا "ETEC" (Enterotoxigenic E.Coli)
- ب) وبا (Cholera)
- پ) Tota virus (۱).

استفاده از آنتی ژن ها (antigen) بعنوان واکسن در جهت ایمن سازی بر علیه آنتی بادی ها (antibody) با کمک گیاهان ترانس ژن بسان رآکتورهای زنده بسیار آسان و ارزان است و منتج به تولید مولکول های ایمن

ساز با کیفیت بالا می گردد. در راستای توسعه واکسن های خوراکی (edible vaccine) توانسته اند آنتی بادی ها و آنتی ژن های گوناگون را بنحو موفقیت آمیزی در گیاهان ترانس ژن تولید سازند بطوریکه وظایف سنتی را نیز بخوبی انجام می دهند (۱).



تاکنون آنتی ژن های مربوط به چندین پاتوژن را از تعدادی انسان و دام به گیاهان ترانس ژن منتقل ساخته اند که برخی از آنها عبارتند از :

infection ، anthrax ، hepatitis B ، measles ، HIV ، rabies ، Norwalk virus
avian influenza virus ، avian reo virus ، bursal disease virus (۱).

چالش برای ساخت گیاهان قابل پرورش مولد پروتئین های دارویی توسط اتحادیه اروپا در چارچوب برنامه های ۲۰۱۳-۲۰۰۷ میلادی مورد تأیید قرار گرفته و تأکید ورزیده اند که عملکرد پروتئین های بازترکیب باید به موازات تولید بیوماس گیاهان ترانس ژن بهبود یابد. پژوهش های جاری تلاش دارند تا موجب افزایش بیوماس گیاهان ترانس ژن از جمله "شاهی گوش موشی" (*Arabidopsis thaliana*) بعنوان یک سیستم بیورآکتور گیاهی مناسب گردند (۱).

پروتئین های با ارزشی که قابل تولید در سیستم های بیورآکتور گیاهی بمنظور اهداف دارویی در مبارزه با بیماری های انسان و دام ها هستند عبارتند از :

الف) انسولین (Insulin)

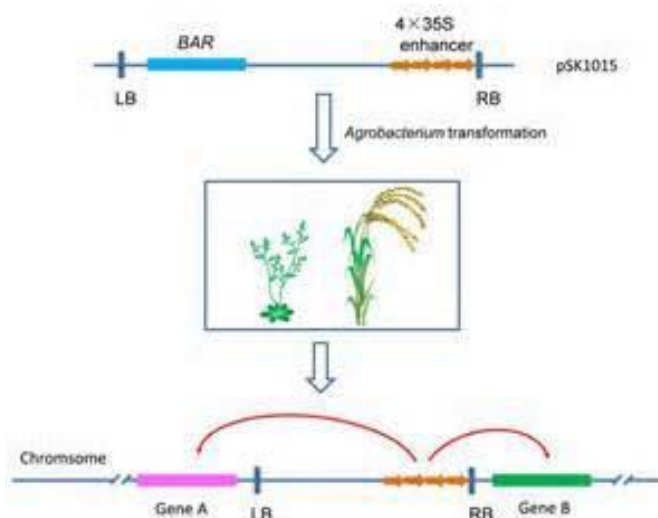
ب) هورمون رشد انسانی (HGH)

پ) پروتئین های ضد کم خونی (antihemopoietic) نظیر فاکتور ۸

ت) آنتی بادی ها

ث) واکسن های خوراکی (۱).

تولید پروتئین های با ارزش مبتنی بر گیاهان بعنوان مواد خام داروهای بیولوژیک از دستاوردهای بنیادینی می باشد که اخیراً توجه جهانی را بخود معطوف داشته است. موضوع کشاورزی مولکولی (molecular farming) به توضیح تولیدات ترانس ژن از نوع پروتئین های بازترکیب در گیاهان می پردازد. برخی مطالعات برای تولید پروتئین ها در گیاهان ضمن سال های اخیر بیانگر زیست پذیری تکنیک ها از منظر علمی و عملی هستند. پروتئین هایی نظیر : "سوماتروپین" (somatropin) و سم تتانوس (tetanus) بسادگی قابل تولید در گیاهان می باشند (۱).



تعداد زیادی از آنتی ژن های واکسنی را می توان بنحو موفقیت آمیزی در گیاهان تولید نمود و این عمل از تکنیک های مطلوب در آینده خواهد بود. از چنین آنتی ژن هایی می توان به موارد زیر اشاره داشت :

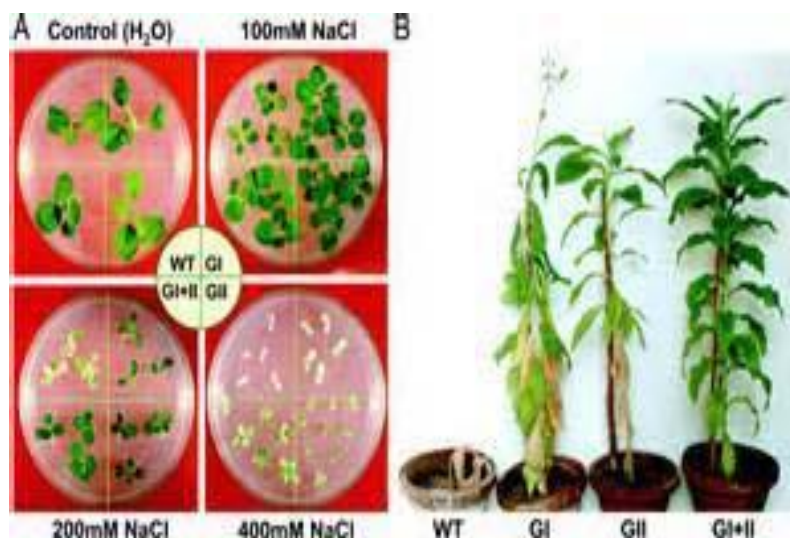
الف) پروتئین "Ospa" از باکتری "Borrelia burgdorferi"

ب) آنتی ژن سطحی ویروس هپاتیت B

پ) واحدهای وابسته به سم "E.Coli" ناپایدار در برابر گرما

ت) آنتی ژن ویروس "Norwalk"

ث) آنتی ژن سرخک (measles) (۱).



ایمنی سازی دهانی (oral یا feeding) حیوانات کوچک با برخی از آنتی ژن های خوراکی به واکنش های معنی داری در ایجاد ایمنی مطلوب منتهی گردیده اند. آزمایشات مقدماتی بر انسان نشاندهنده واکنش های آنتی بادی سرمی بعد از مصرف خوراکی آنتی ژن های حاصل از گیاهان ترانس ژن بوده اند (۱).

بیشترین ملاحظات این است که می توان با کمک گیاهان ترانس ژن و چالش های تکنیکی با کمترین محدودیت به تولید پروتئین های عامل ایمنی پرداخت. با این طریق می توان گیاهان را به راکتورهای زنده مولد واکسن های آینده مبدل ساخت و تولیدات آنها را جایگزین واکسن های سنتی نمود. تولید واکسن های خوراکی بازترکیب بصورت های : برگ یا میوه می تواند کارآمدتر ، سهل تر و با قابلیت حمل و نقل و انبارداری بهتر انجام پذیرد. چنین واکسن هایی بدون نیاز به شرایط یخچالی در عین عدم تنزل کیفیت در ضمن حمل و نقل خواهند بود (۱).



تولید واکسن های خوراکی تجارتي بنحو بارزي به نيروي انساني حداقل و کمترین آموزش های تخصصي داروني نیازمند است و نیازی به حضور دام ها ندارد. با این وجود چالش هایی بشرح زیر در جهت تولید واکسن های خوراکی وجود دارند :

الف) دستیابی به حداکثر میزان کارآمدی

ب) میزان تحمل ایمنی

پ) میزان بروز آلرژی

ت) امکان بروز آلودگی های محیطی (۱).

امروزه تلاش های زیادی برای تولید واکسن های خوراکی جهت برخی بیماری های انسانی و دامی انجام می گیرد که از جمله آنها می توان به تولید واکسن خوراکی بیماری مسری ویروسی "تورم عفونی بورسال" یا "گامبرو" ماکیان موسوم به "IBDV" (Infectious Bursal Disease Virus) در گیاه "شاهی گوش موشی" موسوم به "گیاه مین یاب" از خانواده "براسیکاسه" با نام علمی "Arabiodopsis thaliana" می باشد (۱).

تولید واکسن خوراکی از گیاهان 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 سازی واکسن های خوراکی از طریق گیاهان ترانس ژن عبارتند از :

۱) انتخاب ژن و گیاه مطلوب :

در مرحله اول باید به انتقال ژن مطلوب به داخل گیاه مورد نظر پرداخت سپس گیاه تغییر ژنتیک یافته را وادار به تولید پروتئین های آنتی ژن نمود. این پدیده را "تغییر یافتگی" (transformation) و گیاهان حاصله

را گیاهان ترانس ژن (transgenic plants) می نامند. در راستای توسعه واکسن های پروتئینی باید بخش مورد نظر از گیاه (epitope) را که به تولید بیشترین مقدار آنتی ژن می پردازد ، با دقت انتخاب نمود.

واکسن های خوراکی مطلوب باید بسیار ایمن ، فاقد پاتوژن و قادر به توانایی ایمن سازی از طرق گوارشی و تزریقی باشند. واکسن های خوراکی ثمربخش باید به شرایط اسیدی شدید داخل معده مقاوم باشند و بتوانند بفرم زیستی فعال به سلول های هدف برسند. ژن های آنتی ژن مورد نظر باید با گیاه منتخب سازگار باشند(۱).



آنتی ژن های تولیدی گیاهان ترانس ژن را از پیکره گیاهان استخراج نموده و بصورت کپسول های زیستی در می آورند. تولید کپسول های زیستی از آنتی ژن های گیاهان ترانس ژن اجازه می دهد که آنها از تأثیرات نامطلوب ترشحات معده تا رسیدن به دیوارهای روده بصورت سالم باقی بمانند. دام هایی که از گیاهان ترانس ژن نظیر : یونجه ، سیب زمینی و "شاهی گوش موشی" تعلیف شدند به بروز آنتی ژن مربوطه پرداختند و آنها را در برابر بیماری های زیر مقاوم ساختند :

الف) Bovine Rota Virus (BRV)

ب) Bovine Viral Diarrhea Virus (BVDV) (۱).

گیاهان ایده آل برای تولید واکسن های خوراکی باید دارای برخی خصوصیات زیر باشند :

الف) قابلیت تجمع آنتی ژن های تولیدی به میزان مؤثر

ب) حفظ خاصیت ایمن سازی آنتی ژن های بازترکیب

ت) عدم تولید آنتی ژن های مختل کننده (۱).



۲) حاملین با تشدید کننده های خاص گیاهی :

توسعه واکسن های خوراکی در چالش با بروز سطوح کم پروتئین های خارجی در گیاهان ترانس ژن است. بر اساس گزارشات مقادیری از ۰/۰۱-۲ درصد کل پروتئین محلول (TSP) می توانند موجب کاهش میزان ایمن سازی شوند. فعالیت تشدید کننده ها در ریشه های توتون و ذرت بسیار بیشتر از برگ ها بوده اند. همچنین میزان فعالیت تشدید کننده ها در برگ های بالغ توتون بیشتر از برگ های جوان اندازه گیری شده اند درحالیکه میزان فعالیت تشدید کننده ها در بخش های مختلف هوایی گیاه ذرت تفاوت بسیار اندکی داشتند و میزان فعالیت تشدید کننده های ذرت از آنچه فعلاً بکار می روند، بیشتر بوده اند (۱).

۳) تولیدات گیاهان ترانس ژن مشابه محصولات کشاورزی مرسوم می باشند و تنها تفاوت آنها در فرآیند آهسته پروتئین های تغییر یافته است. امروزه سه روش برای تولید گیاهان ترانس ژن وجود دارند :

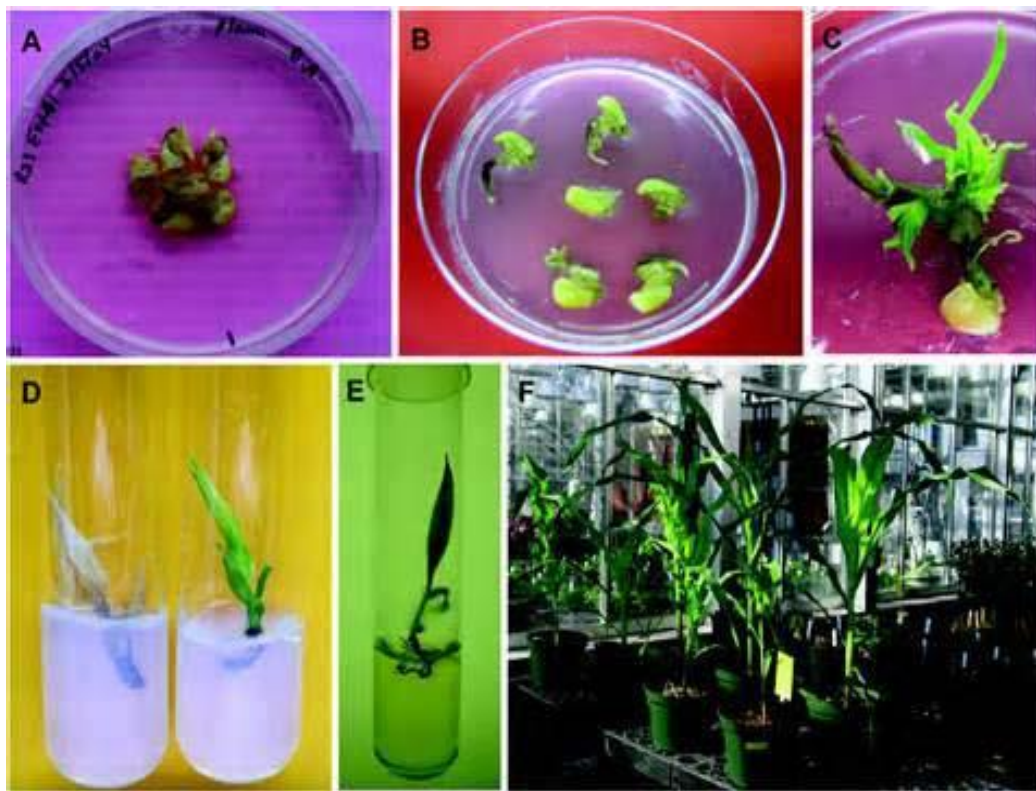
الف- هدایت ذرات ژنی توسط تفنگ ژنی (gene-gun)

ب - استفاده از باکتری "آگروباکتریوم تومیفاسینس" (*Agrobacterium tumefaciens*) بعنوان تسهیل کننده

پ - شیوه هدایت الکترونی (electroporation) که عمومیت بیشتری از دو شیوه قبلی دارد (۱).

تفنگ ژنی در راستای تغییرات ژنی به درج DNA مطلوب به داخل ژنوم گیاهان هدف از طریق بمباران سوسپانسیون جنینی کشت سلول انجام می گیرد. در موارد درج ژن ها به صورت مکرر و چندگانه یعنی "multi-site" یا "multi-copy" ژن های خاموش معمولاً از روش تفنگ ژنی بهره می گیرند (۱).

تغییر پذیری با میانجیگری "آگروباکتریوم" در تولید گیاهان ترانس ژن بسیار معمول است. "آگروباکتریوم" ها بطور طبیعی در خاک ها حضور دارند و قادر به درج قطعاتی از DNA خارجی به درون گیاهان از طریق زخم هایی نظیر خراشیدگی ها هستند و بدین طریق در ژنوم گیاهان وارد شده و جزئی از آن می گردند (۱).



۴) غربالگری گیاهان ترانس ژن :

از ژن های مقاوم به آنتی بیوتیک ها و علفکش ها بعنوان مارکر استفاده می گردد. ژن های مطلوب بصورت تصادفی به داخل ژنوم گیاهان منتقل می گردند و بدینگونه آنتی ژن های متفاوتی اجازه تولید و بروز می یابند. در اینگونه موارد معمولاً ۱۰۰-۵۰ گیاه بصورت همزمان تغییر می یابند که تکثیر آنها بر اساس گونه ها به ۳-۹ ماه زمان نیازمند است (۱).

۵) ارزیابی پروتئین آنتی ژن با مدل حیوانی :

هر آنتی ژن حاصل از گیاهان ترانس ژن را باید بصورت جداگانه و منفرد با شیوه ای خاص آزمایش نمود زیرا ممکن است در مطالعات حیوانی به نتایج مغایری بینجامند. آنتی ژن ها را غالباً توسط آزمایش "Elisa" (enzyme-linked immune-sorbent assay) ارزیابی می نمایند. از ضروریاتی که در این مرحله احساس می گردد اینکه پروتکل های جدید و مناسبی باید برای واکسن های خوراکی انسانی و دامی حاصل از گیاهان ترانس ژن وضع گردند تا از نظر مقدار مواد و میزان تأثیرات یکسان سازی شوند (۱).



برخي موارد ديگر نيز قبل از اينكه واكسن هاي خوراكي بتوانند جايجاه 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 دورنمای آینده گیاهان TP :

برای موفقیت در تغییر شکل ژنتیکی گیاهان به برخی دستاوردهای علمی از جمله میانجیگری "آگروباکتریوم" برای انتقال ژن های مطلوب به گیاهان هدف نیاز می باشد. "آگروباکتریوم" نه تنها بعنوان يك ابزار پایه در مهندسی ژنتیک و پژوهش های علمی بکار می رود بلکه می تواند وسیعاً بعنوان يك سیستم تجربی در مطالعات مرتبط با فرایندهای بیولوژیکی زیر در سلول های گیاهی استفاده گردد :

الف) تشخیص سلول از سلول (cell-cell recognition)

ب) انتقال از سلول به سلول (cell-to-cell transport)

پ) وارد کردن ژن به سلول (nuclear import)

ت) همگذاری و غیر همگذاری ترکیبات پروتئین-DNA assembly & disassembly protein- (DNA)

ث) بازترکیب DNA (DNA recombination)

ج) تنظیم بروز ژن ها (regulation of gene expression) (۴).

بسیاری از گونه های گیاهان بویژه درختان از سطوح بالایی از هتروزیگوتی ، نقصان باروری و دوره جوانی طولی مدت (گاهاً تا ۲۰ سال) برخوردارند لذا اصلاح آنها بروش های سنتی بسیار دشوار و طولانی است. بعلاوه متخصصین اصلاح نباتات تحت شرایط دشواری چون "چند جنینی" (polyembryony) و برخی ناسازگاری های بین گونه ای نیز قرار دارند. بنابراین از تغییرات ژنتیکی بعنوان روشی کارآمد در جهت ایجاد ویژگی های جدید و مورد علاقه در گونه های مختلف گیاهی بدون توجه به تفاوت های ژنتیکی آنها استفاده می کنند (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 تمرکز 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 تجمع فلزات شده است. در توليد گياهان ترانس ژن به ايجاد خصيصه افزايش تحمل و تجمع 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 تغيير يافته از تغيير نيافته ها مي باشد. براي تشخيص چنين مواردی 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 ميانجيجري 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 نوک ساقه هاي جوان (shoot apex) از ژن gus بعنوان خبر دهنده و از ژن npt2 بعنوان ماركر منتخب استفاده گرديد (۴).

در طی دهه های اخیر به پیشرفت های شایانی در شناسایی ژن های جدید جهت افزایش رشد ، متابولیسم و نمو گیاهان ، درک طبیعت تنظیم ژن ها ، فرآیند سرایت آگروباکتریوم و تغییرات ژنتیکی دست یافته اند لذا این امیدواری وجود دارد که مطالعات فراگیر بتوانند برانگیزاننده پژوهش های علمی بیشتر و تصحیح توافقی نامه های جاری شوند. پیشرفت هایی که در زمینه علوم ژنومی انجام می گیرد ، می تواند به ژنوم های مختلفی از گونه های گیاهی منتهی گردند و این موضوع می تواند با افزایش درک موجود به شناسایی و کلون سازی ژن های مطلوب بینجامد. سرانجام اینکه اینگونه ژن ها را می توان برای اصلاح ساختار ژنی گیاهان با ایجاد تغییرات ژنتیکی بکار گرفت (۴).

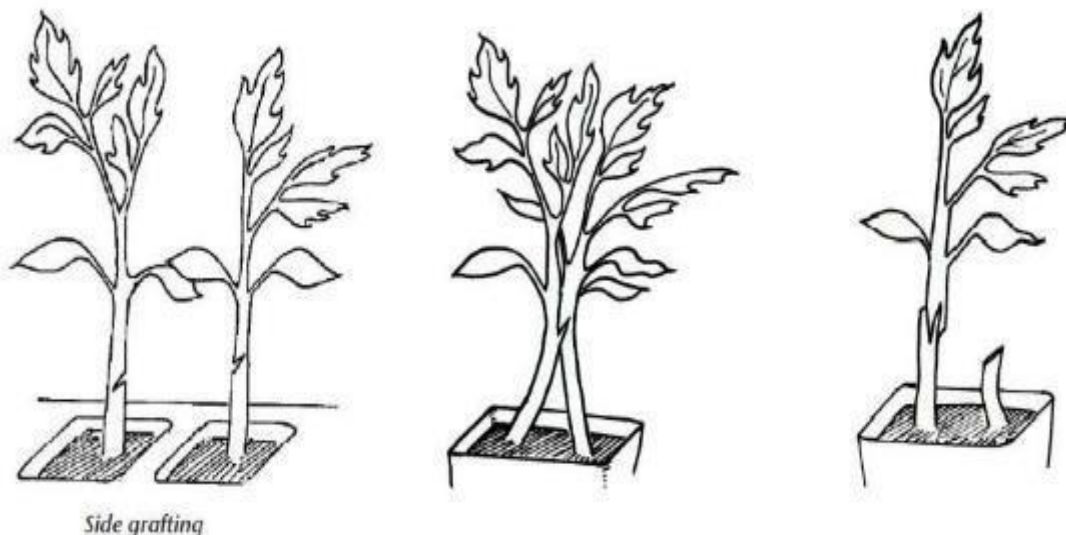
منابع و مأخذ :

- 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>

"پیوند زدن سبزیجات " ؛ "vegetable grafting"

مقدمه :

از پیوند بوته های گوجه فرنگی (tomato grafting) در گستره جهانی از جمله در آسیا ، اروپا و ایالات متحده آمریکا برای تولید محصولات بیشتر گلخانه ای و تونل های بلند بهره می گیرند. برای این منظور معمولاً از بخش ابتدایی ساقه های جوان (stock) یعنی ناحیه ریشه و طوقه ارقام بومی (heirloom) بواسطه قابلیت مقابله با آفات خاکزی و توانایی افزایش عملکرد بعنوان پایه (rootstock) استفاده می گردد. پیوندك (scion) را نیز از بخش های فوقانی ارقامی از گیاه گوجه فرنگی برمی گزینند که میوه های کمی و کیفی بهتری عرضه می کنند. پیوند زدن بوته های جوان سبزیجات به چند صورت انجام می گیرد که هر کدام دارای مزایا و معایب خاصی هستند. گیاهچه های پیوند شده را باید به داخل اتاقک هایی با رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد و روشنائی ناچیز منتقل نمود تا تنش رطوبتی بروز نیابد و اتصال پیوند (graft union) بتدریج کامل 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).



تاریخچه پیوند زدن گیاهان :

پیوند زدن گیاهان معمولاً در بین گونه های مختلف يك جنس مرسوم است و پیوند گیاهان درون خانوادگی نیز ندرتاً وجود دارد ولیکن پیوند گیاهان متعلق به خانواده های متفاوت همواره با ناسازگاری (incompatible) همراه می گردد. بروز سازگاری در پیوند گیاهان خواهان قرابت تاکسونومی (taxonomic affinity) فی مابین است. بعنوان مثال ارقام مختلف "افرای قندی" (sugar maple) را می توان به همدیگر پیوند زد اما ارقام مختلف افرای قرمز (red maple) از این نظر دارای خصیصه ناسازگاری هستند. همچنین گیاه بادام درختی قابل پیوند زدن به درخت هلو است ولی گیاه بادام درختی برای پیوند با زردآلو ناسازگار می باشد (۸).



Rootstock and scion stems are severed at a 45-degree angle and united with a silicon clip.

"آندریو" و "مارکز" (۱۹۹۳) به دسته بندی عوامل مختلف ناسازگاری گیاهان از جهت پیوند زدن بشرح زیر پرداخته اند :

- (۱) تقبل سلولي (cellular recognition)
 - (۲) واکنش به زخم (wounding response)
 - (۳) تنظیم کننده های رشد (growth regulators)
 - (۴) سموم ناسازگاری (incompatibility toxins)
- بعلاوه موارد زیر نیز در این راستا مؤثرند :

- ۵) اتصال نادرست (mismatching)
۶) عدم مهارت (poor craftsmanship)
۷) شرایط اقلیمی (environmental condition)
۸) بیماریهای گیاهی (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 :
۱-۱۳) دمای زیاد
۲-۱۳) رطوبت نسبی زیاد
۳-۱۳) آبپاشی از بالا
۴-۱۳) نوردهی مازاد
۵-۱۳) نور ناکافی (۱).



کاربردهای پیوند گیاهان :

از پیوند زدن گیاهان غالباً برای موارد زیر بهره می جویند :

۱) تکثیر غیر جنسی یا رویشی (vegetative propagation) :

این شیوه می تواند بمنظور تکثیر گیاهانی که در روند ازدیاد دچار مشکلاتی هستند ، بکار گرفته شود که در ضمن آن از بخش های زاید گیاهان بعنوان عامل تکثیر یا پیوندك بهره می گیرند.

۲) پرهیز از جوان سازی گیاهان چوبی (avoidance of juvenility) :

در این شیوه از قطع گیاهان مسن که موجب جوان سازی آنها گردد بطوریکه تا چندین سال از ثمردهی باز می مانند، جلوگیری می شود.

۳) تغییر ارقام گیاهان (cultivar change) :

در این طریقه می توان با پیوند زدن ارقام مرغوب بر پایه های نامرغوب بمنظور تغییر ارقام موجود اقدام ورزید.

۴) ایجاد نحوه رشد مطلوب (unusual growth form) :

در این روش که بویژه در مورد گیاهان زینتی رُخ می دهد ، می توان ارقام مجنون (weeping) و کوتوله (dwarf) را بر ساقه های ارقام بلند مرتبه و سازگار پیوند زد.

۵) ترمیم بخش های آسیب دیده (repair) :

در مواردی که بخشی از پوست درختان دچار آسیب شده اند ، با کمک "پیوند پلی" (bridge grafting) می توان به ترمیم آسیب ها پرداخت.

۶) کنترل اندازه گیاه (size control) :

برخی پایه ها می توانند موجب کاهش رشد پیوندك ها گردند. مثلاً با تعداد پیوندهایی که بر روی درخت سیب انجام می دهند ، می توانند ارتفاع آنها از ۱۰-۲ متر کنترل نمایند. همچنین پیوند برخی گیاهان نظیر گلابی بر روی به و پرتقال معمولی بر روی مرکبات سه برگ می توانند به کوتولگی منجر گردند.

۷) مقاومت به تنش های زنده و غیرزنده :

در این روش از گیاهانی که نسبت به تنش ها مقاوم یا متحمل هستند، بعنوان پایه و از گیاهانی که محصول مرغوب تری در شرایط عدم تنش ها تولید می کنند، بعنوان پیوندك بهره می گیرند.

۸) تولید گیاهان عاری از ویروس :

گیاهان مبتلا به ویروس ها را می توان از طریق بخش های مرستمی که دیرتر به ویروس آلوده می شوند، تکثیر نمود و گیاهان سالم تری بدست آورد.

۹) مطالعات فیزیولوژی گیاهی :

از پیوند زدن بطور گسترده ای در مطالعات ژنتیکی و فیزیولوژیکی برای تعیین انتقال عناصر متحرک در گیاهان از جمله آکالوئیدها و متابولیت های ثانویه بهره می گیرند (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 کارایی 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).



تاریخچه پیوند سبزیجات :

پیوند زدن گیاهان چوبی از قرن ۱۷ میلادی بصورت معمول انجام می گرفت اما پیوند گیاهان علفی در سیستم های کشاورزی جدید مرسوم شده است. پرورش سبزیجات پیوندی از اواخر دهه ۱۹۲۰ میلادی در کره جنوبی و ژاپن آغاز گردید بطوریکه بوته های هندوانه را بر ساقه های کدو حلوائی پیوند می زدند. این تکنیک متعاقباً به سراسر آسیا و اروپا گسترش یافت. امروزه حدود ۸۱ درصد سبزیجات پرورشی کره جنوبی و ۵۴ درصد آنها در ژاپن از طریق پیوند زدن حاصل می آیند. بر طبق اطلاعات موجود ، گیاه بادمجان از اولین سبزیجاتی بوده اند که در سال های ۱۹۵۰ میلادی در سطح وسیع پیوند گردید و گوجه فرنگی و خیار ضمن سال های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی در مراتب بعدی به مرحله پیوند تجارتی رسیدند (۱۱،۶).

استفاده از این شیوه پرورش گیاهان اصولاً در سیستم های کشاورزی فشرده (intensive) از جمله در گلخانه ها و تونل های بلند مرسوم شده است. پرورش سبزیجات پیوندی بویژه در کشورهای شرق آسیا بشدت طرفدار دارد بگونه ای که در سال ۱۹۹۸ میلادی بطور تخمین ۵۴۰ میلیون گیاهچه در کره جنوبی و ۷۵۰ میلیون از آنها در ژاپن پیوند شدند. این تکنیک تدریجاً به نواحی خاور میانه ، اروپای غربی و ایالات متحده آمریکا گسترش یافت و بعنوان شیوه ای جهت افزایش تولیدات گیاهی و مدیریت بیماریهای خاکزاد (soilborn) متداول شد. نهال های پیوندی گوجه فرنگی در اسپانیا از یک میلیون بوته در سال ۲۰۰۰- ۱۹۹۹ میلادی به بیش از ۴۵ میلیون بوته در سال ۴-۲۰۰۳ میلادی و به ۱۲۹ میلیون بوته در سال ۲۰۰۹ میلادی افزایش یافت. گوجه فرنگی پیوندی در فرانسه و ایتالیا پرورش می یابند بطوریکه به سال ۲۰۰۹ میلادی در ایتالیا به ۴۷ میلیون بوته و در فرانسه به ۲۸ میلیون بوته بالغ گشتند. ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۰۵ میلادی با ۴۵-۴۰ میلیون بوته از جایگاه ارزنده ای در این رابطه برخوردار شده است. همچنین بیش از ۲۰ میلیون بوته آنها طی سال ۲۰۰۴ میلادی در مراکش بکار گرفته شدند (۱۱،۷).



پیوند زدن را می توان بر روی بسیاری از سبزیجات انجام داد گوا اینکه این عمل بر میزان هزینه های تولید می افزاید. امروزه بسیاری از گیاهان خانواده کدوئیان نظیر خربزه و گیاهان خانواده تاجریزی نظیر بادمجان و گوجه فرنگی را پیوند می زنند. پیوند بوته های گوجه فرنگی از دهه ۱۹۶۰ میلادی با هدف کاهش بیماریهای خاکزاد نظیر "*Raletonia solanacearum*" رواج یافت ولیکن امروزه آنرا عمدتاً برای متحمل ساختن گیاهان در برابر تنش های غیر زنده (abiotic) نظیر : خشکی ، شوری و شرایط غرقابی بکار می برند(۱۱).



نخستین پیوند سبزیجات در اوایل قرن بیستم بمنظور کاهش مهاجم میکروارگانیسم های نظیر "فوزاریوم" عامل بوته میری در هندوانه یعنی "*Fusarium oxysporum*" انجام پذیرفت. پژوهش ها نشان دادند که پیوند سبزیجات می تواند در مقابله با انواع بیماریهای قارچی ، باکتریایی ، ویروسی و نماتدی مؤثر واقع شود. بررسی ها تأیید نمودند که بکارگیری پایه هایی از ارقام مقاوم می تواند جایگزین کاربرد سموم تدخینی ضد عفونی خاک (soil fumigant) نظیر "متیل بروماید" گردد. پیوند سبزیجات می تواند تأثیرات بارزی در غلبه بر تنش های غیر زنده مثل : شوری ، حرارت زیاد و رطوبت مازاد خاک داشته باشد. از پیوند سبزیجات بمنظور کاهش اثر شرایط غرقابی در مناطقی با فصول مرطوب استفاده می شود. پیوند گوجه فرنگی بر پایه های متحمل به شوری دارای تأثیرات شگرفی بر میزان تولید ارقام هیبرید حساس به اینگونه تنش دارد زیرا پژوهش ها روشن ساخته اند که برخی پایه ها از انتقال سدیم و کلرید به داخل ساقه ها جلوگیری می کنند (۱۱).



بسیاری از سبزیجات حائز اهمیت اقتصادی نظیر : گوجه فرنگی ، کدو حلوائی ، خیار و هندوانه حساسیت زیادی به تنش دمایی ریشه ها در سراسر دوره های رشد و نمو دارند ولیکن استفاده از پایه های متحمل به گرما و سرما می تواند باعث افزایش دوره رشد آنان گردد که منجر به عملکرد بیشتر و ثبات اقتصادی بالاتر

در طول سال خواهد شد. اگر چه پیوند سبزیجات عمدتاً بمنظور کاهش خسارات بیماریهای گیاهی و تنش های غیر زنده انجام می گیرد اما نهایتاً در عدم حضور چنین منابع استرس زائی نیز به عملکرد بیشتر نائل می شوند (۱۱).

افزایش عملکرد میوه های گوجه فرنگی عمدتاً بصورت افزایش اندازه میوه ها بروز می یابد. پژوهش ها نشان می دهند که مکانیزم های ممکن برای افزایش عملکرد محصول احتمالاً به سبب تزاید جذب آب و عناصر غذایی از طریق بکارگیری پایه هایی با ژنوتیپ قوی میسر می شوند. مثلاً هدایت روزنه ای در گیاه گوجه فرنگی پس از پیوند بر پایه های قوی بهبود می یابد و جذب ماکروالمنت های نظیر: فسفر و نیتروژن در اثر پیوند زدن فزونی می پذیرد (۱۱).

پیوند سبزیجات ؛ شیوه قدیمی با تکنیک جدید :

گوجه فرنگی های رسمی (heirloom) فاقد مقاومت ژنتیکی نسبت به بیماریهای گیاهی هستند لذا در شرایط شیوع مزرعه ای آنها بسیار حساس می باشند. کشاورزان به این موضوع بسیار اهمیت می دهند اما حاضر به دست کشیدن از میوه های باکیفیت چنین ارقامی نیستند. پیوند زدن در چنین مواقعی می تواند علاوه بر حفظ کیفیت محصول موجب افزایش راندمان محصول و مقاومت گیاهان نسبت به آفات و بیماریهای خاکزی گردد (۱۰).



در این شیوه بدواً به انتخاب ارقامی که مقاوم به بیماریها و آفات خاکزاد هستند ، بعنوان پایه پیوند می پردازند درحالیکه پیوندك ها را بواسطه قابلیت تولید میوه هایی با کیفیت و کمیت برتر برمی گزینند. پیوند نیمانیم (tube grafting) یا پیوند رأسي ژاپني (Japanese top grafting) محبوب ترین شیوه پیوند گوجه فرنگي در سطوح تجارتي بویژه در گلخانه های مدرن جهان بنابر دلایل زیر می باشد :

- (۱) سهولت و آسانی پیوند
- (۲) سرعت زیاد جهت تهیه تعداد زیاد بوته های پیوندي
- (۳) امکان مدیریت در سرتاسر دوره التیام بخشي (۱۰).



در این شیوه ابتدا بوته ها را از قسمت بالای برگ های لپه ای قطع می کنند آنگاه بخش فوقانی گیاهی که از نظر باردهی مطلوب (پیوندک) است ، بر روی گیاهی که از نظر مقاومت به آفات ، بیماریها و تنش های محیطی برتر (پایه) است، مستقر می سازند. متعاقباً به نگهداری از بوته های پیوندی تا مرحله التیام پیوند می پردازند سپس بوته ها را به بستر دائمی منتقل می نمایند تا تحت مراقبت های مرحله داشت به تولید محصول بپردازند. اگرچه پیوند سبزیجات موضوعی نسبتاً جدید است ولی مبتنی بر اصول قدیمی می باشد (۱۰).



پیوند زدن از قرون گذشته معمولاً در باغبانی برای اصلاح گونه های چوبی نظیر سیب و انگور استفاده می گردید. از پیوند سبزیجات در سال های ۱۹۰۰ میلادی برای کاهش پژمردگی فوزاریومی در بوته های هندوانه بهره می گرفتند درحالیکه امروزه از پیوند سبزیجات در موارد بسیاری استفاده می شود که موجب کاهش کیفیت و اندازه میوه ها می گردند و از آن جمله برای کاهش شیوع بیماری پژمردگی باکتریایی ناشی از "*Ralstonia solanacearum*" در گوجه فرنگی بهره می گیرند. این بیماری از این جهت حائز اهمیت است که :

اولاً) دارای مجموعه وسیعی از میزبان ها است.

ثانیاً) قادر به بقاء در طی دوره های طولانی تناوب زراعی می باشد.

بعلاوه ارقام گوجه فرنگی مقاوم به پژمردگی باکتریایی از توانایی تولید میوه های درشت و بازارپسند بی بهره اند. امروزه استفاده گسترده از پیوند بر پایه های مقاوم بنحو معنی داری موجب کاهش پژمردگی باکتریایی شایع گردیده است درحالیکه کیفیت میوه های گوجه فرنگی حتی در شدیدترین وضعیت ابتلا همچنان محفوظ می باشد (۱۰).

مهمترین فواید پیوند سبزیجات عبارتند از :

(۱) مقاومت به بیماریهای گیاهی :
 پژوهش ها نشان می دهند که پیوند سبزیجات می تواند در کاهش خسارات بسیاری از قارچ های خاکزاد ،
 باکتریها ، ویروس ها و نماتدها مؤثر باشد. پیوندزدن توانسته است باعث حذف پژمردگی ورتیسیلیومی و
 فوزاریومی کدوئیان و گوجه فرنگی در سیستم های پرورش سبزیجات کشورهای ژاپن ، کره جنوبی و یونان
 گردد. از پیوند سبزیجات در نیوزیلند برای کاهش سطوح پوسیدگی چوب پنبه ای ریشه (corky root rot)
 استفاده می شود. در کشورهای مراکش و یونان از پیوند سبزیجات جهت کنترل نماتد غده ریشه (root-knot)
 با عاملیت "Meloidogyne sp" در بوته های گوجه فرنگی و کدوئیان سود می جویند (۱۰).



بسیاری از پژوهندگان توصیه نموده اند که پیوند سبزیجات باید وسیعاً جایگزین استفاده از گاز "متیل
 بروماید" در مدیریت بیماریهای خاکزاد گردد. از پیوندزدن سبزیجات در تولیدات باغبانی قاره آسیا برای حذف
 پژمردگی باکتریایی گیاهان خانواده سولاناسه نظیر فلفل و گوجه فرنگی استفاده می شود. از پیوندزدن
 سبزیجات در مناطق گرمسیری جهان نظیر برونئی در شرق آسیا که پژمردگی باکتریایی بشدت شایع و
 خسارتزا است، بهره می گیرند. در يك بررسی با استفاده از بوته های پیوندی و غیر پیوندی گوجه فرنگی
 برای مقابله با بیماری پژمردگی باکتریایی در هندوستان مشخص شد که ۱۰۰٪ بوته های غیرپیوندی در طی
 يك دوره بسیار کوتاه نابود می شوند درحالیکه بوته های پیوندی به مرحله تولید رسیده و ۴ برابر حالت عادی
 بوته های رسمی به تولید محصول می پردازند (۱۰).

۲) تحمل تنش های غیرزنده :

پیوند سبزیجات می تواند تأثیرات شگرفی بر تولیدات گیاهی در شرایط تنش های غیر زنده یا محیطی بگذارد و عملکرد را از کاهش برهاند. باید توجه داشت که بیش از يك سوّم كل اراضي فاریاب جهان متأثر از شوری هستند که موجب نزول کمی و کیفی تولیدات کشاورزی می شوند درحالیکه پیوند سبزیجات بر روی پایه های متحمل به شوری می تواند از کاهش راندمان محصول در چنین شرایطی بکاهد. پیوند سبزیجات برای کاهش اثرات منفی تنش رطوبت اشباع خاک نیز کاربرد یافته است. پیوند سبزیجات نشان داده است که گیاهان را نسبت به محیط های بسیار گرم و نسبتاً سرد متحمل می سازد و بدینگونه بر دوره رشد گیاهان و نتیجتاً میزان تولیدات گیاهی و درآمدهای حاصله زارعین افزوده می گردد (۱۰).

۳) افزایش تولیدات گیاهی :

عملکرد محصول در برخی ارقام هندوانه با استفاده از پایه های مقاوم بمیزان ۱۰۶ درصد در استرالیا افزایش داشته است. ارقامی نظیر "Maxifor" برای استفاده بعنوان پایه پیوند اصلاح گردیده اند و جهت استفاده در گلخانه ها مناسبند. چنین ارقامی دارای توانایی بیشتری در جذب آب و عناصر غذایی هستند (۱۰).



«جدول ۱) ویگوریته و مقاومت به بیماریها در ارقام تجارتي گوجه فرنگي (۱۰):»

شرکت تولیدکننده	ارقام تجارتي	موزائيك ويروسي	ريشه چوب پنبه اي	پژمردگي فوزاريومي	پژمردگي ويرتيسيليومي	پژمردگي باکتريايي	نماتدها	ويگوريتيه
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

«جدول ۲) کدهاي مقاومت سنتي و بين المللي ۲۰۰۵ ارقام گوجه فرنگي (۱۰):»

نام عمومي بيماري	کد سنتي	کد بين المللي ۲۰۰۵
موزائيك ويروسي	Tm	ToMV
پژمردگي خالدار ويروسي	Tswv	Tswv
پژمردگي باکتريايي	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 پیوند زدن سبزیجات :

اگرچه پیوند سبزیجات بسیار سهل و ساده است اما باید طی مراحل پیوند زدن : انتخاب پایه ، تاریخ بذرکاری ، زمان پیوند ، دوره التیام و زمان انتقال به مزرعه بشرح زیر با دقت مدیریت گردد :

۱) انتخاب پایه و پیوندك مناسب :

معمولاً از ارقامی بعنوان پیوندك بهره می گیرند که دارای خصوصیات میوه دهی مطلوب باشند لذا در گروه گوجه فرنگی های رسمی ارقامی نظیر : "Clude german Johnson" ، "Cherokee purple" و "Kellogg`s breakfast" از سایرین بارزترند.

ضمناً ارقامی بعنوان پایه پیوند انتخاب می گردند که از توانایی مقاومت در برابر شیوع بیماریها و آفات خاکزاد و تنش های غیر زنده و همچنین قابلیت تولید محصول مناسب حتی در عدم حضور عوامل پارانیتی برخوردار باشند. برای انتخاب بهترین پایه ها ضرورت دارد که پتانسیل حضور پاتوژن ها در مزارع شناسایی 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 و يرتيسيليومي 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 اما 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 (۱۰).

۲) 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 ۲ هفته قبل از آغاز فرايند پيوندزني 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 ۵-۲ روز زمان بيشتري نسبت به پيوندك ها نياز دارند لذا زودتر كاشته مي شوند. گواينكه سرعت رشد پايه هاي هيبريد نسبت به پايه هاي رسمي بيشتري است وليكن كاهش دماي محيط نيز مي تواند از سرعت رشد گياهچه ها بكاهد و باعث تغييراتي در برنامه پيوندزني گردد (۱۰).



گاهاً ضرورت دارد که بمنظور تهیه 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 برای کاشت آنها به درستی محاسبه گردد. بطور معمول برای تهیه 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 پیوندزنی :

پیوند نیمانی را زمانی انجام می دهند که گیاهچه ها (seedlings) دارای ۴-۲ برگ حقیقی با ساقه ای به قطر ۲-۱/۵ میلیمتر باشند. برای اینکه التیام زخم پیوند بخوبی انجام پذیرد، باید بافت آوندی پایه و پیوندک بنحوی تراز شوند تا بتوانند به سهولت در همدیگر رشد یابند و مسیر انتقال آب و عناصر غذایی جذب شده را هموار سازند. پایه و پیوندک در زمان پیوند زدن باید از نظر اندازه قطر ساقه مشابه باشند. گیاهچه ها در زمان پیوند زنی نباید تحت تنش رطوبتی قرار گیرند لذا اوایل و انتهای روز توصیه می گردند زیرا تعرق گیاهان در این زمان ها بشدت نقصان می یابد. عملیات پیوند زنی باید در شرایط سایه و ترجیحاً در محیط های بسته (indoor) انجام پذیرد. در صورتیکه ملزم به انجام عملیات پیوندزنی در شرایط روشنایی روز بواسطه تسریع در کارها و استفاده بهینه از نیروی انسانی هستید، باید گیاهچه ها را قبل از افزایش تعرق به مکان سایه منتقل سازید تا در طی مدت پیوندزنی تحت تنش رطوبتی قرار نگیرند (۴، ۱۰).



۴) فرآیند پیوندزنی گیاهچه ها :

پایه و پیوندک را ۲۴-۱۲ ساعت قبل از پیوند زدن بخوبی آبیاری می کنند. مگر در مواقع ضرورت هیچگاه دقیقاً قبل از پیوند زدن به آبیاری پایه و پیوندک نپردازید. رعایت مسائل بهداشتی در طی فرآیند پیوندزنی حائز اهمیت است. همواره از دستکش لاستیکی استفاده کنید و ابزارهای پیوند از جمله تیغ و گیره ها را بخوبی با صابون ضد میکرب پاکیزه سازید تا گیاهچه ها در معرض پاتوژن های گیاهی نظیر قارچ ها ، باکتریها و ویروس ها قرار نگیرند. پیوندزنی را در شرایط سایه و دور از وزش باد انجام دهید. برای انجام پیوند ابتدا ساقه گیاه پایه را با زاویه ۴۵ درجه از بالای برگ های لپه ای قطع کنید سپس گیاه پیوندک حائز ساقه ای با قطر مشابه را انتخاب و آنرا بسان گیاه پایه قطع نمایید و متعاقباً گیاه پایه و پیوندک را به همدیگر متصل ساخته و محل اتصال را با گیره لاستیکی یا سیلیکونی مستحکم سازید. محل پیوند را همواره در بالای برگ های لپه ای در نظر می گیرند تا از ایجاد ریشه های نابجا (adventitious) در ناحیه پیوندک که حساس به بیماریهای خاکزاد است، جلوگیری گردد. گیاهچه های پیوندشده را تا زمان انتقال به مزرعه ضرورتاً در محفظه التیام بخشی نگهداری می کنند تا محل پیوند بخوبی 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 مي پذيرند اما تكنولوژي ماشيني كردن پيوند سبزيجات بسرعت در حال پيشرفت مي باشد (۷).



۴-۱) پیوند مجاورتی :

در روش پیوند مجاورتی (tongue approach ، side by side grafting ، side grafting) اقدام به ایجاد يك برش با عمقی معادل $3/4$ قطر ساقه 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 نیمانی است (۴).



در پیوند مجاورتی ساده موسوم "approach grafting" با بریدن بخش کوچکی از سطح ساقه 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 های ناخواسته پایه و پیوندک مجزا ساخت (۱۱).

۴-۲) پیوند نیمانیم :

در روش پیوند نیمانیم (Tube grafting ، Japanese top grafting ، Slant cut grafting) اقدام به قطع ساقه 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 ۲-۳ هفته پس از انتقال بوته ها به مزرعه از روی 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 آنها 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 ۸۵-۹۰ درصد پیوندها به موفقیت 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 می 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).

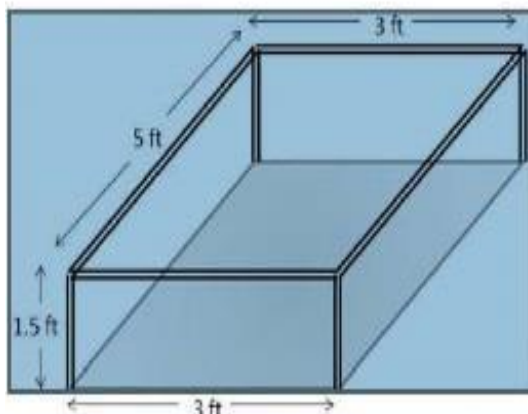


(۵) ساخت و مدیریت محفظه التیام :

امروزه بسیاری از سبزیجات نظیر بادمجان ، گوجه فرنگی رسمی و هندوانه تریپل‌واید را بمنظور افزایش ویگوریته و عملکرد ، تحمل شوری و حرارت و مقاومت نسبت به بیماریها پیوند می زنند. پیوندك در ضمن هفته اول پس از پیوند از توانایی كسب آب و مواد غذایی كافی از طریق پایه برخوردار نیست لذا كنترل شرایط محیطی می تواند از تلفات رطوبتی گیاهچه پیوندي بكاهد و التیام زخم پیوند را تسريع بخشد. اندازه لازم برای ساختن محفظه های التیام بخشی خانگی بصورت ۳-۱/۵ فوت عرض ، ۸-۶ اینچ فاصله بین نوك گیاهچه ها تا سقف و حدوداً ۵ فوت طول می باشد (۳).



بعد از اینکه پایه و پیوندك به همدیگر متصل شدند ، باید بافت های آوندي (vascular tissue) آنها به همدیگر متصل گردند تا آب و مواد غذایی بتوانند از پایه به پیوندك منتقل شوند. این فرآیند در محفظه التیام انجام می گیرد زیرا نور ، دما و رطوبت نسبی آنها می توان بخوبی كنترل نمود. گرچه ساختن محفظه های التیام با وجود گرانی نسبتاً ساده است اما کشاورزان ممكن است برای انتقال آن به محل مزرعه دچار مشكل گردند لذا ساخت آنها در محل استقرار توصیه می کنند (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 ۸۵-۸۰ درصد
- (۲) حداقل برخورداري از نور مستقيم خورشيد
- (۳) محدوده دمائي ۷۰-۸۰ 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 نمايند بطوريكه قطرات آب از آنها بچكند. سرپوش و درب محفظه را بمحض انتقال گياهچه ها كاملاً مسدود نمايند. گياهچه ها را پس از يك هفته از محفظه به داخل گلخانه منتقل كنيد تا با شرايط رطوبت نسبي کمتر 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 متورم مي شوند و بصورت يك توده كالوس در مي آيند. اين عارضه برگشت پذير نيست اما با کاهش رطوبت نسبي از بروز آن برگ هاي جديد جلوگیری 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 طی 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 گرمائي قرار داد و از لامپ هاي فلورسنت جهت نوردهي بهره گرفت. محفظه هاي التيام را بويژه در طی بهار و پائيز مي توان در داخل گلخانه ها تعبيه نمود زيرا گلخانه ها

از تجهیزات لازم جهت گرمادهی و سایه دهی برخوردارند. کف محفظه های التیام باید مرطوب نگهداشته شوند. سطح محفظه در طی روزهای اولیه باید با لایه ای غیر شفاف پوشش یابد تا بوته های پیوند شده را از نور خارجی محفوظ دارد (۱۰).

محفظه های التیام بخشی همواره دارای رطوبت نسبی و گرمای بیشتری هستند لذا برای رشد پاتوژن ها و کپک ها مناسبند. بنابراین توصیه می گردد که در مواقع عدم استفاده نسبت به ضد عفونی آنها با محلول سفید کننده ۱۰٪ و یا محلول "ایزو پروپیل الکل" ۷۰٪ اقدام گردد (۳).

گیاهچه ها بلافاصله پس از انجام پیوند به تولید بافت کالوس مبادرت می ورزند تا دسته های آوندی را به همدیگر مرتبط سازد و بدین طریق امکان تغذیه پیوندک فراهم آورند. هدف از محفظه التیام بخشی این است که گیاهچه های پیوندی را در طی دوره التیام بخشی از تنش رطوبتی محفوظ دارند و این موضوع از طریق کاهش میزان تعرق گیاهچه ها یعنی کاهش انتشار آب از گیاه به اتمسفر انجام می پذیرد. بهترین شیوه برای دستیابی به چنین هدفی عبارت از افزایش رطوبت نسبی، کاهش نور و کاهش دمای محیط می باشد. با کاهش دما از شدت شکل گیری بافت کالوس کاسته می گردد بنابراین کلید موفقیت محفظه التیام بخشی شامل فراهم سازی رطوبت نسبی بالا و جلوگیری از تابش مستقیم نور خورشید در طی ۲-۴ روز اولیه پس از پیوندنی 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 بويژه 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 اول التيام بخشي امري طبيعي و قابل قبول است. رطوبت نسبي بالا در محفظه التيام بخشي ضمن روزهاي ۲-۴ پس از پيوندزني مي تواند باعث ايجاد فشار تورژسانس كافي در پيوندك گردد و آثار پژمردگي را تخفيف بخشد(۱۰).



گياهچه هاي پيوندي براي ۲-۴ 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 ۲-۴ روز كه فشار تورژسانس در گياهچه ها به حد طبيعي رسيد آنگاه مي بايست از مقدار رطوبت نسبي محفظه التيام كاست و بر ميزان نور محيط افزود. البته ايجاد سريع چنين تغييراتي مي تواند براي موفقيت پيوند خسارتزا باشد. آغاز نوردهي بهتر است بصورت غير مستقيم و از ورای محفظه ها و يا در خلاف جهت تابش خورشيد انجام پذيرد. اگر محفظه ها در فضاي بسته قرار دارند، بهتر است از لامپ هاي فلورسنت براي روشنايي استفاده شود بگونه اي كه

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 می آورند و یا از دستگاه خنک کننده تبخیری (cool water vaporizer) بهره می گیرند (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 های مزبور را در شرایط آبیاری میست تحت پوششی از پلاستیک شفاف قرار داد تا با شرایط نور طبیعی سازگار شوند (۷).



گياهچه های پيوندی حداقل به مدت ۲ روز بايد 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 آبیاری 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 بدین طریق گیره ها بر زمین می افتند. گیاهچه ها را پس از ۵-۷ روز نگهداری در گلخانه ها می توان به مزرعه و یا گلخانه های اصلی پرورش محصول انتقال داد (۱۰).



۷) اجتناب از خطرات غیر منتظره :

پایه های پیوند اگر چه مقاوم به بیماریها هستند اما ممکن است در ضمن انتقال با برخی مخاطرات غیر منتظره (pitfalls) نظیر آماس برگ (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 نمایند 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 برگ موجب ظهور نقاط متورم بر سطح برگ های گیاهچه های پیوندی می شود که به سبب نگهداری بیش از حد گیاهچه ها در محفظه رُخ می دهد. آماس برگ نوعی اختلال فیزیولوژیکی در اثر رطوبت نسبی مازاد است و

ضایعه ای جدی برای سلامتی 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 اما گاهی 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 نسبی 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 مضرات احتمالی آن بررسی و تحقیق نمایید (۶).

۸) بازرسی گیاهچه های پیوندی در مزرعه :

گیاهچه های پیوندی را در مزرعه و سایر محل های 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 ناخواسته حاصل از پایه پیوند حاصل می شوند، موجب گوناگونی و ناخالصی محصول می گردند (۱۰).



پیوند گیاهچه های بادمجان :

شیوه های پیوند گیاهچه های بادمجان و گوجه فرنگی بسیار مشابهند لذا پیوند نیمانیم (splice grafting) از مرسوم ترین شیوه هایی است که در مورد بادمجان و گوجه فرنگی کاربرد یافته است زیرا میزان موفقیت آن تا ۹۵ درصد می رسد. پیوند نیمانیم روشی نسبتاً ساده است و آنرا می توان برای پیوند تعداد بسیار زیادی از بوته ها در طی يك مدت کوتاه بکار گرفت. برای دستیابی به پیوندهای موفقیت آمیز باید کامبیوم (cambium) پایه و پیوندك بخوبی با یکدیگر تراز گردیده و کاملاً مماس شوند. کامبیوم لایه ای نازك از سلول های در حال تقسیم و فعال است که بلافاصله در زیر پوست ساقه قرار دارد. پایه و پیوندك باید از نظر قطر ساقه در زمان پیوند زدن یکسان باشند لذا الزاماً نباید دارای جوانه زنی و سبز شدن همزمان بذورشان باشند. بنابراین ابتدا به تعیین تجربی سرعت رشد ارقام مختلف می پردازند تا به امکان کاشت همزمان یا غیر همزمان بذور آنها واقف گردند. بذور پایه و پیوندك را حدوداً ۲۱-۱۴ روز قبل از پیوند زدن می کارند. بندرت ممکن است ۱۰۰٪ پیوندها موفقیت آمیز باشند لذا توصیه می گردد که همواره تعداد بیشتری از بوته ها را به نسبت نیاز تدارك نمایند. بوته هایی که دارای ۴-۲ برگ حقیقی هستند، برای پیوند زدن آمادگی دارند. پیوند زدن را اغلب صبحگاهان انجام می دهند تا گیاه با کمترین تنش رطوبتی مواجه گردد (۲).



بوته های پایه و پیوندك را ۲۴-۱۲ ساعت قبل از پیوند زدن آبیاری می کنند. بجز در مواقع ضروری نباید گیاهچه ها را بلافاصله قبل از پیوند زدن آبیاری کرد. گیره های (clips) بکار رفته را قبل از کاربرد مجدد ضد عفونی می کنند. چند ساعت قبل از پیوند زدن باید سطوح محافظه التیام بخشی گیاهچه های پیوندي (healing chamber) را آبیاری نمود تا از رطوبت نسبی کافی برخوردار گردند. لبه تیغ ها را کاملاً

پاکیزه سازید و دست ها را با صابون ضد باکتری یا ژل بهداشتی تمیز کنید. همواره ۲-۱ محفظه اسپری را با آب لوله کشی پر کنید تا سطح برگ های گیاهچه ها را در زمان پیوند زدن مکرراً مرطوب نمایید (۲).

گیاهچه پایه را با زاویه ۴۵ درجه از زیر برگ های لپه ای قطع کنید تا مانع رشد مجدد گردد. پیوندک را با قطر مشابه پایه انتخاب نمایید و ساقه آنرا با زاویه ۴۵ درجه از بالا یا زیر برگ های لپه ای قطع کنید. محل قطع شدن پیوندک باید دارای قطری معادل محل قطع شدن ساقه گیاهچه پایه باشد. یک گیره سیلیکونی را بر روی ساقه گیاهچه پایه مستقر سازید و پیوندک را در داخل گیره بنحوی قرار دهید که سطوح برش کاملاً در مجاورت همدیگر قرار گرفته و بخوبی چفت شوند بطوریکه هیچگونه هوایی در بین آنها محبوس نباشد (۲).

در صورتیکه سطوح برش نسبتاً خشک شوند، از موفقیت و گیرایی پیوند بشدت کاسته می گردد. هرگاه در فرآیند پیوند زدن تبحر یافتید آنگاه می توانید چندین پایه و پیوندک را همزمان قطع کنید تا در روند پیوند زدن تسریع گردد. برای کاهش آشفته گی و درهم ریختگی بهتر است بخش های قطع شده گیاهچه های پایه را بفوریت دور بریزید. مکرراً به آبپاشی بوته های پایه و پیوندک بصورت ذرات بسیار ریز و غبار مانند (میست) پردازید تا کمترین تنش رطوبتی حاصل گردد. پس از اینکه پیوند زدن گیاهچه های محتوی یک سینی به اتمام رسید، باید بفوریت آنها را به داخل محفظه التیام بخشی انتقال دهید (۲).

بلافاصله قبل از اینکه گیاهچه های پیوند شده را درون محفظه التیام بخشی قرار دهید، باید دیواره ها و سقف محفظه التیام را بصورت میست آبپاشی نمایید سپس محفظه را برای مدت ۲ روز مسدود سازید و در این مدت از هر گونه آشفته سازی محفظه بپرهیزید. درب محفظه را در روز سوم بگشائید و دیواره های پلاستیکی آنرا مجدداً آبپاشی کنید تا رطوبت نسبی در حد بالا حفظ گردد. جمع شدن آب در محل پیوند می تواند باعث بافت مردگی و شیوع بیماری های گیاهی گردد و عمل پیوند را با شکست توأم نماید. در صورتیکه هر گونه علامت غیر طبیعی ملاحظه شد، باید از پاشیدن مستقیم آب خودداری ورزید. محفظه را در روز چهارم بحال خویش رها سازید ولیکن آنرا در روز پنجم به مدت ۳۰ دقیقه بگشائید و پس از این مدت باید محفظه را بخوبی آبپاشی نموده و مجدداً مسدود سازید. محفظه را در روز هشتم به مدت یک ساعت مفتوح سازید و در پایان پس از آبپاشی کاملاً مسدود نمایید. محفظه را در روز هفتم برای ۸-۶ ساعت باز کنید و در انتهای مدت بدو آبپاشی و سپس کاملاً ببندید. گیاهچه ها را در روز هشتم از محفظه التیام بخشی خارج نمایید. برنامه های التیام بخشی برای شرایط محیطی گوناگون متفاوتند ولیکن عدم سازگاری بوته های پیوندی بشرح مذکور می تواند سریعاً موجب پژمردگی آنها گردد (۲).

گیاهچه ها حدوداً ۱۴ روز پس از پیوند زدن به التیام کامل محل پیوند نائل می آیند. پس از خروج بوته های پیوندی از محفظه التیام بخشی باید آنها را برای ۲-۱ روز به گلخانه منتقل سازید سپس قبل از نشاء در زمین اصلی برای ۷-۵ روز در شرایط طبیعی قرار دهید تا با محیط سازگار (hardening) گردند. بوته های پیوندی را در شرایط وزش باد به مزرعه انتقال ندهید. در صورتیکه منطقه در معرض وزش دائمی بادهای قرار دارد، نسبت به باقی گذاردن گیره مخصوص پیوند و یا بستن محل پیوند با نوارهای مناسب اقدام ورزید. نوارهای ویژه ای که برای این منظور بکار می روند، غالباً با افزایش قطر ساقه بخودی خود گسیخته می شوند. گیره های سیلیکونی را پس از افزایش قطر ساقه ها بردارید. در زمان انتقال بوته های پیوندی 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 مواردی که گیره ها را در محل پیوندها باقي گذارده اید، باید مرتباً به بازرسی بوته ها بپردازید تا موجب بریدگی ساقه ها در ضمن افزایش رشد گیاه نشوند. گیره ها را حداکثر ۲-۳ هفته پس از انتقال گیاهچه های پیوندی به مزرعه بر می دارند. بوته ها را یکبار در هر ۱-۲ هفته بازرسی کنید تا اگر پایه ها از زیر محل پیوند به شاخه دهی پرداخته اند ، بلافاصله نسبت به حذف آنها اقدام نمائید زیرا برخی پایه های تجارتي آنچنان قوي هستند که 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 موفقیت پیوند بیفزایند.
- ۲) استفاده از بستر مناسب برای کاشت بذور می تواند باعث سبز شدن یکنواخت و رشد بهینه گیاهچه ها گردد.
- ۳) جهت گیری صحیح زاویه کاشت (sowing angle) دارای نقش بسزایی در یکنواختی جوانه زنی و یگوریته بذور کدوئیان دارد.
- ۴) پیوند سبزیجات در ژاپن سابقه ای ۸۰ ساله دارد بطوریکه اینک (۲۰۱۱ میلادی) 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 ۲-۳ 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 تهیه 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 موفقیت 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 michiganensis" 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" (Controlled Low-Air temperature) 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 نشان داد که پیوند طالبی (muskmelon) رقم "Olympic gold" بر کدو حلوائی 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 اهمیت دارد.

پیوند سبزیجات همچنین می تواند باعث افزایش ویگوریته و تسریع در باردهی گیاهچه ها گردد. مطالعات بر روی گوجه فرنگی رسمی در کالیفرنیا شمالی نشان داد که بوته های پیوندی بر روی پایه "Maxifort" در طی یک دوره 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 حاکی از افزایش ۵۰-۲۵ درصدی عملکرد بوته های پیوندی گوجه فرنگی ، خربزه ، هندوانه ، فلفل و بادمجان در مقایسه با بوته های غیرپیوندی هستند.

افزایش تولید حاصل از پیوند سبزیجات غالباً منبعت از : بهبود رشد گیاهچه ها ، کاهش خسارات آفات و بیماریها و نزول تولید میوه های بدشکل (deformed) بوده است.

سایر فواید پیوند سبزیجات شامل : افزایش مقاومت به دماهای بالا و پائین ، بهبود جذب عناصر غذایی ، افزایش تحمل به شرایط تنش خشکی و غرقابی ، بهبود کارایی مصرف آب ، افزایش تحمل به PH بالا خاک و تنش نمک ها می باشند. بکارگیری تجارتي پایه های کدو قلیانی برگ انجیری (figleaf gourd) موجب افزایش تحمل بوته های هندوانه ، خیار ، خربزه و کدو حلوايي در شرایط کاهش دماي خاک می گردد. افراد علاقمند به فعالیت های ذوقی و هنری (hobbyists) با استفاده از تکنیک پیوند سبزیجاتي نظیر : گوجه فرنگی ، بادمجان و فلفل بر روی سیب زمینی و همچنین پیوند کلم چینی و کلم برگ بر روی تربچه به تولید چندین نوع سبزی از يك گیاه پرداخته اند (۷).



هزینه های پیوند سبزیجات :

"ریوارد" و همکاران در سال ۲۰۱۰ میلادی به تحقیق در مورد هزینه های اقتصادی گوجه فرنگی های پیوندی در کشاورزی ارگاتیک منطقه کارولینای شمالی و کشاورزی سنتی منطقه پنسیلوانیا پرداختند. آنها هزینه تولید بوته های غیرپیوندی را در مناطق مذکور به ترتیب ۱۳ و ۵۱ سنت و هزینه تولید بوته های پیوندی را به ترتیب ۵۹ و ۱۲۵ سنت برآورد کردند. آنالیز هزینه ها نشان داد که ۳۷ درصد برای تدارکات پیوند ، ۴۵ درصد برای تهیه بذور ، ۱۲ درصد برای تأمین نیروی انسانی و ۱۰ درصد برای هزینه های متفرقه مصرف شده اند. نتایج مزبور حاکی از آن است که هزینه تدارکات و تهیه بذور بسیار بیشتر از هزینه های کارگری برای پیوندزنی گیاهچه ها بوده اند. اخیراً تعداد محدودی از ارقام سبزیجات برای تولید پایه های مناسب هندوانه ، خربزه ، گوجه فرنگی ، فلفل دلمه ای و خیار به بازار عرضه شده و در دسترس قرار گرفته اند لذا انتظار می رود که با افزایش تقاضا از هزینه های تهیه بذور و تدارکات پیوندزنی کاسته گردد (۷).

منابع و مأخذ :

- 1) Chaudhari , sushila & et al – 2012 – Tomato grafting technique – Department 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.I – 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 "

مقدمه :

"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 اما 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 نمایید. 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 : *Rugula* ، *Rucola* ، *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.vesicaria* و *E.sativa* 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 ۵-۷/۲۰ 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 ۲-۴ 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 باز شدن 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).



«جدول ۱) مشخصات گیاهشناسی گوجه فرنگی درختی (۹):»

مشخصات		موارد	
Plantae	گیاهان	Kingdom	سلسله
Angiosperms	نهاندانگان	---	---
Eudicots	دو لپه ای ها	Division	شاخه
Rosids	---	---	---
Brassicales	---	order	راسته
Brassicaceae	کلم ها	Family	خانواده
Eruca	اروکا	Genus	جنس
sativa	ساتیوا	Species	گونه
Eruca vesicaria		اسامی مشابه	
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 ۲-۳ 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 بذرهايش بصورت محدود کاشته می شد. از بذرهاي آراگولا برای تهیه روغن معطر استفاده می گردید. از این بذرها در تهیه 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 تهیه 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 اما 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 ۲۰-۳۰ 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 سبز شدن گیاهچه های آراگولا نسبتاً سریع است و در مدت کوتاهی به مرحله برداشت می رسد. از برگ های تازه و شاداب آراگولا برای تهیه سالاد استفاده می شود اما 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 می 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 گواينکه پوشش کمتری نسبت به شلغم و کلزا بر سطح زمین ایجاد می کند اما بهتر از آنها باعث ضد عفونی زیستی خاک (biofumigation) می گردد. گلوکوزینولات های (glucosinolates) موجود در براسیکاها از ترکیبات مسئول جلوگیری بسیاری 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 ایگر که باید در عمق ۱-۵/۰ 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 سبزینگی آنرا در بهار پس از گرم شدن هوا و قبل از بذردهی موور بزنند سپس خاک را شخم نمایند تا بقایای گیاه در خاک مدفون شوند. آراگولا طبق برخی گزارشات علمی موجب کاهش نماتدهای مولد غده ریشه در محصولات 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 پرهیزید (۲).

آراگولا را می توان حتی زمستان ها در گلخانه ها پرورش داد اما در مزارع آزاد و شرایط طبیعی مناطق معتدله بخوبی در فاصله زمانی اواخر بهار تا اواسط پائیز بعمل می آید. آراگولا قابلیت نگهداری در یخچال بصورت تازه به مدت ۵-۳ روز را دارد اما 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 تهیه سالاد استفاده می شود اما 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 ببیچید تا بدینگونه امکان نگهداری چند روزه را در یخچال بیابند. آراگولا در تهیه 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 می دهید، باید از برداشت ساقه های گلدار گیاه خودداری ورزید زیرا چنین برگ هایی نسبتاً خشن و تلخ مزه هستند. آراگولا 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 می توان نظیر کلم پیچ ، اسفناج و جعفری نگهداری نمائید. چنین سبزیجاتی باید در طبقاتی از یخچال که رطوبت نسبتاً بالایی 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 می 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 می 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 اما 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 نوعی علف هرز محسوب می 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 پرهیزید زیرا سریعاً پژمرده و فاسد خواهند شد. فقط از برگ های آراگولا برای مصرف استفاده نمایید و از مصرف ساقه هایش به دلیل تجمع مقادیر زیاد نیترات پرهیزید. باقیمانده سالاد آراگولا را بیش از یکروز نگهداری نکنید (۶).



مهمترین موارد استفاده از آراگولا عبارتند از :

- ۱- در برزیل بوفور در تهیه سالاد همراه با سایر سبزیجات بکار می رود.
- ۲- در غرب ایتالیا و غرب اسلونی 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 اسلونی با سیب زمینی آب پز می کنند و برای تهیه 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 تهیه سالاد و از دانه های پخته اش (seed cake) برای تغذیه حیوانات اهلی استفاده می گردد (۹).
- ۹- برگ های تازه و ظریف آراگولا را در تهیه 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 بزر در تهیه مایه ماکارونی بهره می گیرند.
- ۱۲- از آراگولا همراه با تره فرنگی و سیر سرخ کرده در تهیه سوپ ویشی (vichyssoise) استفاده می گردد (۷).
- ۱۳- از آن مایه ماکارونی (pesto) تهیه و همراه با رشته های ماکارونی (pasta) ، سیب زمینی و یا گوشت سرخ شده می خورند (۸).

ارزش غذایی آراگولا :

آراگولا همانند سایر سبزیجات برگ‌ای از کالری کمی برخوردار است بطوریکه ۱۰۰ گرم از برگ‌های سبز آن فقط ۲۵ کالری انرژی تولید می‌کنند اما 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 رادیکال‌های اکسیژن" یا "ORAC value" (Oxygen Radical Absorbance Capacity) معادل ۱۹۰۴ میکرومول تی‌لوریوم (μmol TE) در هر ۱۰۰ گرم می 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 (Human Papilloma Virus) HPV 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 قوه 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 های 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 مهمی از هموگلوبین را تشکیل می دهد. هموگلوبین وظیفه انتقال اکسیژن از ریه ها به سلول های بدن را متقبل است. آهن بخش مهمی از آنزیم های ضروری بدن را برای شرکت در واکنش های شیمیایی بدن تشکیل می دهد.

کلسیم از عناصر معدنی سازنده 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 دهنده 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 راستای تهیه سوپ و مایه ماکارونی موجب کاهش طعم و مزه طبیعی آنها می شود (۵).

«جدول ۲) 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	۰/۳ میکروگرم	۱%
تیامین	۰/۰۴ میلیگرم	۴%	روی	۰/۵ میلی گرم	۵%
ویتامین C	۱۵ میلی گرم	۲۵%	بتاکاروتن	۱۴۲۴ میکروگرم	---
ویتامین A	۲۳۷۳ IU	۷۹%	لوتنین	۳۵۵۵ میکروگرم	---
ویتامین E	۰/۴ میلی گرم	۳%	---	---	---

طرز تهیه 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 تهیه می گردد و آنرا پس از رنده کردن بر سطح غذاها می ریزند (۱).



ب) روش تهیه :

- 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 رنده مناسبی به رنده کردن پنیر پارمیزان بر سطح سالاد بپردازید (۱).



منابع و مأخذ :

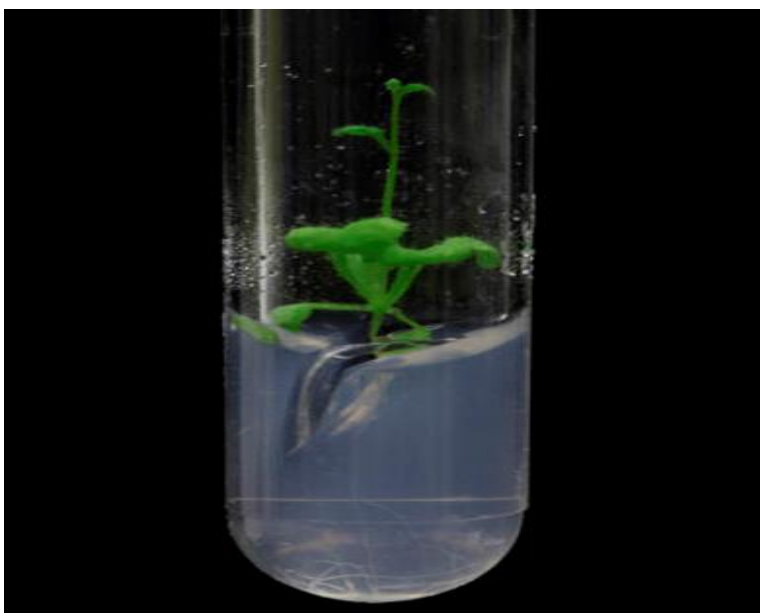
- 1) Ann Marie , F – 2004 – Arugula (Rocket) and Parmesan salad – <http://www.food.com>
- 2) Bjorkman , Thomas – 2009 – Arugula – Cornell University ; College of Agriculture and Life Sciences
- 3) Bowman , Barbara – 2015 – Arugula – <http://www.gourmetsleuth.com>
- 4) H . F – 2013 – Arugula (Rocket) – <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://farsillookup.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"

مقدمه :

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 زمره گیاهان خوراکی برای انسان محسوب می شود لذا آنرا نظیر سایر گیاهان خانواده خردل بعنوان سبزی خوردن (green) و یا جهت تهیه 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 یکساله 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 (۳، ۵، ۶).



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 (۵، ۶).

«جدول ۱) مشخصات گیاهشناسی گیاه رشادی (۷):»

مشخصات		موارد	
Plantae	گیاهان	Kingdom	سلسله
Angiosperms	نهاندانگان	---	---
Eudicots	دو لپه ای ها	Division	شاخه
Rosids	---	---	---
Brassicales	---	order	راسته
Brassicaceae	صلیبیان	Family	خانواده
Arabidopsis	رشادی	Genus	جنس
thaliana	---	Species	گونه

مشخصات ژنتیکی گیاه رشادی :

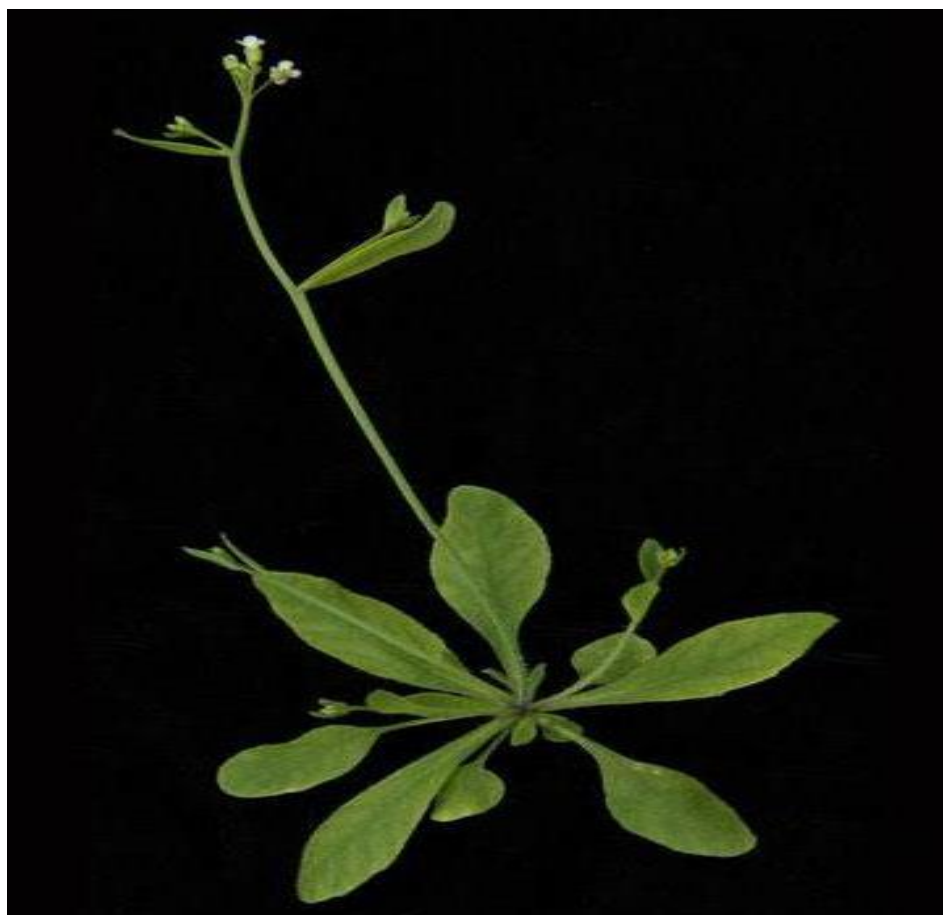
جنس "*Arabidopsis*" دارای ۱۰ گونه و ۸ زیر گونه می باشد که بر اساس خصوصیات مورفولوژی و فیلوژنی (phylogenies) مولکولی توسط "اوکان" و "آلشپاز" در سال ۲۰۰۳ میلادی تشخیص داده شدند. گونه های ده گانه جنس "رشادی" عبارتند از :

- (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).

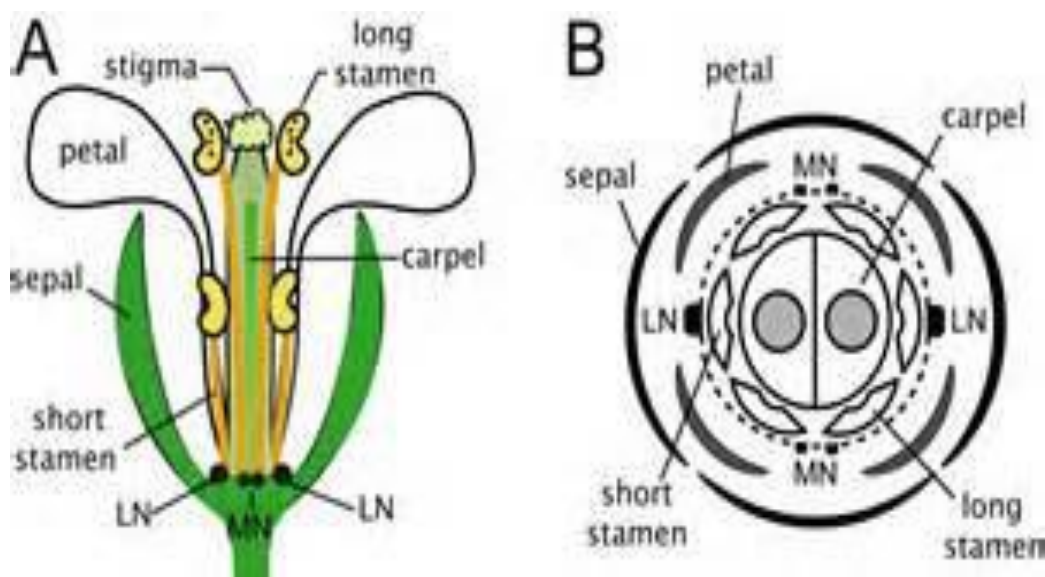


سکونتگاه و مورفولوژی :

"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 $2n = 10$ 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 ۲۰-۲۵ سانتیمتر می رسد، می تواند دوره کامل رشد خود را ضمن ۶ هفته سپری سازد (۳،۶).



ریشه های "رشادی" ساختار ساده ای دارند بطوریکه بدو 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 ۲۰-۳۰ 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 تهیه شده است و شامل بیش از ۳۰ اکوتیپ می باشد (۵).



رشادی بعنوان ارگانیسم مدل :

"رشادی" در زمره گیاهان گل‌دهنده کوچکی محسوب می‌شود که بعنوان ارگانیسم مدل در بیولوژی گیاهی کاربرد یافته است. این گیاه عضو خانواده صلیبیان که از خویشاوندان گیاهانی نظیر : تربچه ، کلم ، خردل ، کلزا ، شلغم و ... محسوب می‌شود، اصولاً نقش بارزی در گروه گیاهان زراعی برعهده ندارد بلکه اهمیت آن بواسطه فواید بسیار مهمی است که در پژوهش‌های پایه از جمله بیولوژی مولکولی و ژنتیک عرضه می‌دارد (۴).

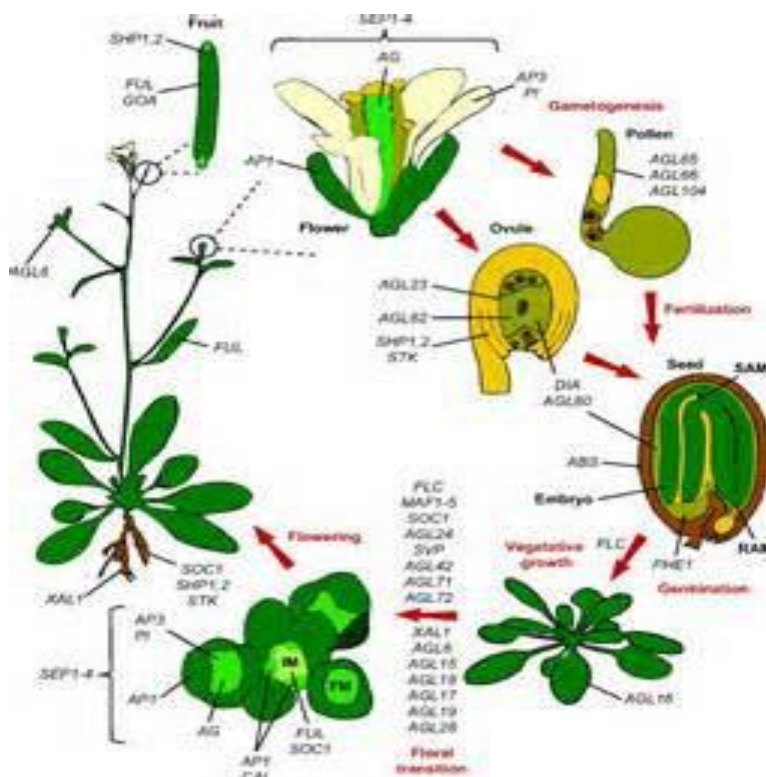


گیاهشناسان و زیست شناسان پژوهش های خویش را از اوایل سال های ۱۹۰۰ میلادی در رابطه با گیاه "*A.thaliana*" آغاز کردند و اولین کلکسیون سیستماتیک آنرا در حوالی سال ۱۹۴۵ میلادی فراهم ساختند آنچنانکه امروزه از آنها وسیعاً برای پژوهش های علوم گیاهی نظیر: ژنتیک ، تکامل ، رشد و نمو گیاهان بهره می گیرند. نقشی که 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 ارگانیسم مدل (model organism) در پژوهش هایی نظیر: بیولوژی سلولی ، مولکولی و ژنتیک گیاهان گلدار است :

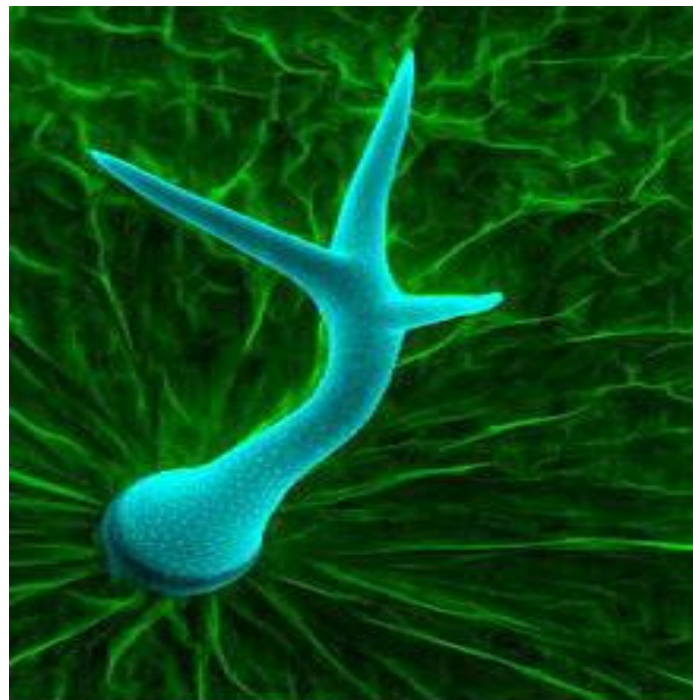
- (۱) اندازه کوچک
- (۲) سیکل زندگی کوتاه
- (۳) دیپلوئیدی
- (۴) تولید بذور فراوان
- (۵) ژنوم کوچک و ساده
- (۶) دسترسی به میوتانت های متعدد (۳، ۶).



از گیاه "رشادی" برای تهیه 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 "مگابیت" (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 اولین 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 (۴،۶).

"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 بهاره 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 (۴،۶).



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 پذیر 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. آرانس 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 لاپاچ" تعیین شد و نامبرده در سال ۱۹۴۳ میلادی پیشنهاد نمود که از گیاه "رشادی" بعنوان ارگانیسم 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 کرنبه) توانست بصورت سازمان یافته ای به جمع آوری ۷۵۰ عدد از انساب طبیعی گیاه "A.thaliana" از سراسر جهان توفیق 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 (۵، ۶).

اولین 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).

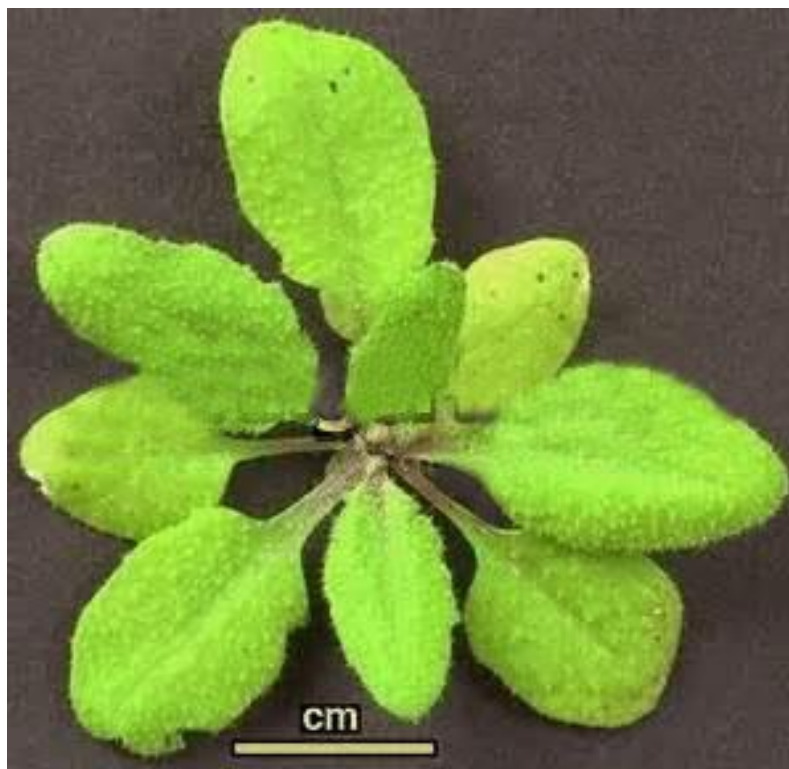
گیاه "رشادی" نظیر سایر اعضاء خانواده صلیبیان (کروسيفره) دارای ۴ کاسبرگ (sepals) ، ۴ گلبرگ (petals) و ۶ پرچم (stamens) و مادگی (pistils) است.

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 اما 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 ۶ سال به وضعیت اولیه یا اجدادی بر می گردند. از گیاه "رشادی" در مطالعات درک واکنش های متقابل گیاهان با پاتوژن هایی نظیر: باکتری ها، قارچ ها، آمایست 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 دگرگشتی را پذیرا می گردد (۶).

منابع و مأخذ :

- 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://farsillookup.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 مقدس" (St. David's day) بر سر می گذارند (۶، ۲).

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 شهلای" 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 سمی 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" (projection ، hypanthium) هستند که قاعده گل ها را تشکیل می دهد. برگها از اوایل تا اواخر بهار ظهور می یابند و تولید ۱-۲۰ غنچه می کنند. ساقه های گیاه نرگس از نوع گرد ، توخالی و قائم هستند اما 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 ۵-۸۰ سانتیمتر می رسد که بستگی به نوع گونه ها دارد بطوریکه گونه "N. asturiensis" به ارتفاع ۵-۸ 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 (۵، ۶).

گل های نرگس در انتهای ساقه های بدون برگ (scapose) و توخالی گیاه ظاهر می شوند. گل های نرگس کاملاً واضح و نمایان (conspicuous) هستند. آنها غالباً منفرد (solitary) می باشند اما گاهی به شکل مجموعه ای از گل ها بفرم چتر شامل ۱۵-۲۰ لغایت ۲۰ گل دیده می شوند (۶).

گل های نرگس تا قبل از باز شدن 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 (actinomorphic ، radial) تا گاهی "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 فنجانیه شکل گل های نرگس گاهی با رنگی متمایز و متغایر از رنگ گل هایش مشاهده می گردند. گل های نرگس غالباً معطرند (۵، ۶، ۲).

میوه گیاه نرگس از نوع کپسول خشک است که پس از شکافته شدن باعث آزادسازی تعداد زیادی بذور سیاه رنگ می گردد (۴، ۶).



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 سبز شدن 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).

«جدول ۱) مشخصات رده بندی گیاه نرگس (۵، ۶):»

سلسله (kingdom)	گیاهان (Plantae)
زیر سلسله (subkingdom)	آوندداران (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 "ژانکویل" (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).



"جدول ۲) مهمترین انواع نرگس ها (۵):"

نام علمی	نام عمومی	ردیف
Narcissus cyclamineus	Cyclamineus daffodil	۱
Narcissus Sp.double flowered cultivars	Double-flowered daffodil	۲
Narcissus jonquilla	Jonquil	۳
Narcissus poeticus	Poet`s Narcissus , Poet`s flower , Pheasant`s eye Narcissus ,	۴
Narcissus tazetta	Tazetta Narcissus	۵
Narcissus Sp.trumpet flowered cultivars	Trumpet-flowered daffodil	۶
Narcissus bulbocodium	Hoop-petticoat daffodil	۷
Narcissus triandrus	Triandrus daffodil	۸
Narcissus tazetta papyraceous	Paper white Narcissus	۹
Narcissus odorus	Campernelle Jonquil	۱۰
Narcissus intermedius	Texas star Jonquil	۱۱



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. (۵، ۲).

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 ۵-۱۵ 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 ۵-۱۰ 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 قاعده 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 جست (۱).

مراقبت از گیاه نرگس :

گواینکه گیاه نرگس نیاز چندانی به نگهداری و مراقبت ندارد ولیکن گاه‌ها در معرض هجوم حشرات، قارچ‌ها، کنه‌ها و نماتدها واقع می‌گردد. نرگس‌ها 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 می‌رساند، سرشاخه‌هایش خشک می‌شوند و هم‌زمان به تولید بذور پیازی جدید می‌پردازند.

گل‌ها و برگ‌های خشک شده گیاه نرگس را جدا نمی‌سازند زیرا آنها می‌توانند مواد غذایی ذخیره را به گیاه برگردانند و باعث سلامت ماندن آن تا سال بعد شوند. در مواردی که الزام به حذف برگ‌های پژمرده نرگس‌ها دارند، لااقل آنها را باید تا ۶ هفته پس از گلدهی برجا بگذارند (۲، ۵).

اصولاً زمانی که سرشاخه‌های گیاه نرگس پژمرده (faded) می‌شوند، در حقیقت بهترین موقع برای بیرون آوردن گیاه از خاک است زیرا این زمان تمامی انرژی سرشاخه‌ها برای ذخیره شدن به پیازها منتقل می‌گردند 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 جست. 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 در زمین 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*)
- (۱). *oxysporum f.sp. Narcissii* موسوم به "FON" (۱).



"جدول ۳) 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 پرهیزید.
		خشکیدگی زودهنگام سرشاخه ها	از پیازهایی استفاده نمائید که تحت تیمار آب داغ واقع شده اند.
		قهوه ای شدن ریشه ها	
		فساد صفحه قاعده ای	
آتشک (fire)	Botryotinia polyblastis	ظهور لایه ای از قارچ های سفید تا صورتی بین فلس ها	
		گل ها خالدار و قهوه ای می شوند سپس خشک می گردند.	گیاهان آلوده را منهدم سازید.
		نقاط کوچک و مدور به رنگ قهوه ای سوخته در نزدیکی انتهای برگها ظاهر می شوند.	برای محافظت از بقیه بوته های گیاه نرگس از قارچکش های مناسب بهره گیرید.
نماتد زخم (lesion) (nematode)	Pratylenchus penetrans	بخش انتهایی برگها دارای نوارهای زرد روشن می شوند.	
		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 سبز شدن	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.
نماتدهای ساقه و پیاز (stem & bulb) (nematodes)	Ditylenchus dipsaci	نقاط بسیار ریز و قهوه ای در داخل لکه ها دیده می شوند.	
		ظهور برگهای کوچک از پیازهای آلوده	از پیازهایی استفاده نمائید که تحت تیمار آب داغ واقع شده اند.
		برگها خمیده و متورم می شوند.	برای محافظت از سایر بوته های نرگس از قارچکش مناسب سود جوئید.
ویروس ها (viruses)	نوار سفید (white streak) نکروز انتهایی (tip necrosis) موزائیک خیار (cucumber mosaic)	برگها دارای نوارهای سفید می گردند.	گیاهان آلوده را منهدم سازید.
		نوک برگها خشک می شود.	
		برگها به حالت موزائیک دیده می شوند.	
		برگها دارای نوارهای زرد می گردند.	کنترل مناسبی بر آفات داشته باشید.
لکه حلقوی توتون (tobacco ring spot) لکه حلقوی گوجه فرنگی (tomato ring spot)	نوار زرد (yellow stripe) لکه حلقوی توتون (tobacco ring spot) لکه حلقوی گوجه فرنگی (tomato ring spot)	سرشاخه ها قبل از بلوغ از بین می روند.	
		سرشاخه ها قبل از بلوغ از بین می روند.	
		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 آکالوئیدی (alkaloids) می پردازد که می تواند برای گیاهان مجاور موجب محافظت شوند ولیکن در صورت مصارف انسانی می توانند ایجاد مسمومیت نمایند (۵، ۶). اولین نوع از این قبیل آکالوئیدها به نام "لیکورین" (lycorine) در سال ۱۸۷۷ میلادی شناخته شد و متعاقباً به کشف آکالوئیدهای دیگری نظیر "ایزوکیونولین" (isoquinoline) انجامید. تاکنون نزدیک به ۱۰۰ نوع آکالوئید در گیاهان جنس نرگس شناخته شده اند (۶).

از ترکیبات شیمیایی گیاه نرگس در تهیه داروهای 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 سمی 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 سمیت گیاه نرگس را آکالوئیدهای "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 اما ناراحتی های پوستی ناشی از تماس با اندام های مختلف گیاه نرگس می تواند شدید باشد. مهمترین علائم مسمومیت با پیاز نرگس عبارتند از :

تهوع (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 ۱-۳ 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 ۷۰-۸۵ درجه فارنهایت و خنکی ۴۰-۵۵ 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).

گلهی 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 مأخذ :

- 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>