نشریه کارآفرینی در کشاورزی
جلد چهارم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶
http://jead.gau.ac.ir

معرفی کشت هیدروپونیک به‌عنوان روشی نوین در توسعه کارآفرینی کشاورزی

*محمد واحدی ترشیزی[۱]، مهران فتحی[۲]، سحر زمانی[۲] و عاطفه حسینی میقانی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]دانشجوی کارشناسی گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۰۶

چکیده

تأمین مواد غذایی برای جمعیت رو به رشد کشور و لزوم رسیدن به خودکفایی در تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی ایجاب می‌کند، میزان تولیدات بخش کشاورزی در کشور افزایش یابد. لازمه این امر تغییر در سیستم‌ها و روش‌های کشاورزی سنتی از جمله کشت‌های خاکی و باز (کشت در مزرعه و باغ) و جایگزین نمودن روش‌های نوین و پربازده همچون کشت‌های هیدروپونیک می‌باشد. کشت هیدروپونیک با وجود نیاز به تخصص کافی و سرمایه اولیه نسبتاً بالا در مقایسه با کشت خاکی، مزایای متعددی مانند عملکرد بالا، نیاز به نیروی کار کم، عدم نیاز به رعایت تناوب کشت، کنترل علف‌های هرز، یکنواختی رشد گیاهان، حداقل اتلاف آب، عدم رقابت گیاهان برای آب و عناصر غذایی، امکان اعمال تأمین مواد غذایی متناسب با نیازهای گیاهان، استفاده کمتر از مواد شیمیایی و در نتیجه سالم‌تر بودن محصولات کشاورزی دارد. مزیت دیگر این سیستم، قابلیت اجرا و استفاده از آن در سطوح مختلف اعم از سطوح وسیع گلخانه‌ای به شکل تجاری و سطوح کوچک خانگی می‌باشد. در محیط‌های خانگی با استفاده از فضاهای بلااستفاده نظیر پشت بام‌های منازل، درون ساختمان‌ها، پارکینگ‌ها و ... نیز می‌توان به راحتی محصولات موردنیاز را به صورت ارگانیک تولید نمود. با در نظر داشتن مزایای متعدد سیستم‌های کشت هیدروپونیک، با استفاده از این روش با بهره‌گیری از افراد متخصص و جوان کشور، ضمن کارآفرینی و ایجاد اشتغال، با تولید محصولات ارزشمند به توسعه اقتصاد کشور نیز می‌توان کمک نمود.

واژه‌های کلیدی: کارآفرینی، کشاورزی، کشت هیدروپونیک، گلخانه

مقدمه

در سراسر جهان روند افزایش جمعیت به‌طور قابل توجه‌ای رو به رشد است. از آن‌جایی که نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری و نیمه شهری زندگی می‌کنند (هرچند این نسبت در کشورهای توسعه یافته به ۹۰ درصد نیز می‌رسد) بنابراین الگوهای مصرفی برای مواد غذایی متفاوت شده است. به همین دلیل عرضه میوه، سبزیجات، گوشت، ماهی، محصولات

*مسئول مکاتبه: mohammadvahedi4130@gmail.com

لبنی و محصولات کشاورزی باید با استانداردهای بالاتری از نظر سلامت مواد غذایی صورت گیرد و باید دارای طراوت و طعم بهتری باشند. با توجه به تحقیقات انجام شده تا سال ۲۰۵۰ جمعیت انسان‌ها در روی کره زمین به چیزی حدود ۹/٦ میلیارد نفر می‌رسد که با افزایش چنین جمعیتی نیاز به تکنیک‌های کشاورزی متناوب برای کمک به تغذیه انسان‌ها و آسیب نرساندن به محیط زیست می‌باشد (Cameron et al., 2012; FAO, 2012; Kadenyeka et al., 2013). نظر به وجود محدودیت‌های منابع آبی و پایین آمدن کیفیت خاک، تولید محصولات کشاورزی و منابع غذایی برای تأمین نیازهای جمعیت در حال رشد جهان مستلزم استفاده از روش‌ها و راهکارهای نوین و پربازده جهت تولید بیشتر و با کیفیت‌تر می‌باشد. بنابراین کشورهای مختلف درصددند با رشد، توسعه و رسیدن به حداکثر تکنولوژی، صنعت و کشاورزی ضمن خودکفایی، نیازهای اساسی جامعه خود (غذا) را تأمین نمایند. از جمله روش‌های مؤثر در این زمینه، تولید و کشت گیاهان به روش هیدروپونیک می‌باشد. چنانچه شرایط رشدی مطلوب و عناصر غذایی موردنیاز گیاهان ضمن اعمال مدیریت باغبانی صحیح تأمین شود، هیدروپونیک می‌تواند به‌عنوان یک روش تولید غذا پیشنهاد و عملی گردد (سوری و کافی، ١٣٨٤؛ سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور، ١٣٩١). از این طریق ضمن افزایش تولید در واحد سطح، تولید بیش از یک محصول در سال، افزایش کیفیت محصول تولیدی، صرفه‌جویی در مصرف آب، استفاده از اراضی غیرقابل کشت، عدم وابستگی تولید به شرایط محیطی، امکان بازاریابی مناسب و تنظیم برنامه کشت مطابق با نیاز بازار، تولید محصول در تمام فصول سال با توجه به امکان کنترل عوامل محیطی، ایجاد فرصت‌های شغلی مناسب برای جوانان و کارآموختگان کشاورزی و هدایت فعالیت‌های بازرگانی جهت جریان کالا یا خدمات از تولید کننده تا مصرف کننده میسر می‌گردد (Beaver, 2002). کشت متداول خاکی و کشاورزی در فضای باز (مزرعه و باغ) دارای مشکلات متعددی از جمله بیماری‌های خاکی، کاهش مواد آلی در خاک و کشت نشدن برخی از محصولات خاص، عدم کنترل دقیق عناصر غذایی در مراحل مختلف رشدی گیاه درون بستر خاکی مزرعه، عدم کنترل علف‌های هرز، کاهش راندمان مصرف آب، عدم کنترل شرایط محیطی نوری و دمایی و ..... می‌باشد (Nistor et a.l, 2009; Farran and Mingo-Castel, 2006). علاوه‌بر این در شرایط کشت خاکی در مزارع و باغات به‌دلیل اثر اقلیم، امکان کشت تمام محصولات در تمام فصول امکان‌پذیر نیست. بنابراین علی‌رغم وجود منابع خاکی و زمین‌های متعدد و مستعد کشاورزی به‌دلیل وجود مشکلات فوق، بررسی و یافتن روش‌های نوین و جایگزین به جهت تولید بیشتر و با کیفیت‌تر محصولات کشاورزی و غذایی ضرورت یافته است. از بهترین راه‌های رسیدن به تولیدات کشاورزی بالا در واحد سطح کم، استفاده از محیط‌های محافظت شده دمائی و اقلیمی می‌باشد تا ضمن افزایش تولید در واحد سطح بتوان یک محصول با کیفیت و کمیت مطلوب را در طول سال تولید نمود (دلشاد، ١٣٨٤). یکی از این شیوه‌های تولید، کشت هیدروپونیک می‌باشد که امروزه در بیشتر کشورها مورد توجه قرار گرفته است و در مطالعات مختلف مزیت‌های آن آشکار شده است (Son et al., 2016). در این تحقیق با توجه به مزیت‌های کشت هیدروپونیک و نقش آن در ایجاد و توسعه کسب و کارهای کوچک در محیط‌های مختلف روستایی و شهری کشور و همچنین تأثیر آن در افزایش تولید و بهبود امنیت غذایی مورد بررسی قرار گرفته است (دلشاد، ١٣٨٤).

در این راستا تحقیق حاضر با هدف معرفی این شیوه تولید و کشت و کار، معرفی مزیت‌ها و معایب آن و همچنین معرفی انواع سیستم‌های کشت هیدروپونیک انجام شده است. در صورت معرفی صحیح هیدروپونیک و توسعه و ترویج آن در سطح جامعه می‌توان نسبت به توسعه کارآفرینی مبتنی بر تولیدات هیدروپونیک در بین افراد جامعه اقدام کرد.

اهمیت و ضرورت توسعه کشت هیدروپونیک: به‌طور کلی در کشت هیدروپونیک با وجود نیاز به تخصص کافی و سرمایه اولیه نسبتاً بالا در مقایسه با کشت خاکی مزایای بسیاری مانند عملکرد بالا، نیاز به نیروی کار کم، آسان بودن کارها، عدم نیاز به رعایت تناوب کشت، کنترل علف‌های هرز، یکنواختی رشد گیاهان، حداقل اتلاف آب، عدم رقابت گیاهان برای آب و عناصر غذایی، امکان اعمال تأمین مواد غذایی متناسب با نیازهای گیاهان و استفاده کمتر از مواد شیمیایی و در نتیجه سالم‌تر بودن محصولات کشاورزی مشاهده می‌گردد. ایران به‌دلیل شرایط خاص آب و هوایی و محدودیت‌های منابع آبی از جمله کشورهایی است که نیازمند تجدیدنظر اساسی در ساختار نظام کشت بوده و در این راستا توسعه کشت‌هایی نظیر کشت هیدروپونیک می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب مطرح باشد (دلشاد، ۱۳۸٤). کشت هیدروپونیک به‌عنوان فشرده‌ترین روش تولید در صنعت کشاورزی امروزی (Dorais and Papadopulos, 2001) و نیز سریع‌ترین بخش در حال رشد کشاورزی است که می‌تواند به خوبی تولید مواد غذایی در آینده را تضمین کند (Butler and Oebker, 2006). استفاده از این روش در کشور ما نیز در حال گسترش است. در برخی از نقاط ایران مانند هشتگرد کرج، کرمانشاه، تهران و جزیره کیش تولید محصولات باغی به روش کشت هیدروپونیک و به‌صورت تجاری گسترش یافته است. هدف از ارائه این مطلب معرفی سیستم کشت هیدروپونیک، مزایا، معایب، انواع سیستم‌های هیدروپونیک، محصولات قابل کشت و استفاده از این سیستم کشت در سطح وسیع جهت افزایش کارایی منابع آبی، افزایش تولید محصولات کشاورزی و باغی با کاهش هزینه‌های فرآیند تولید بوده است. همچنین ساختارهای طراحی شده سیستم کشت هیدروپونیک در سطح کوچک یا خانگی که توسط مؤلفان در این مقاله ارائه شده است با هدف تأمین محصولات موردنیاز فرد به‌صورت ارگانیک، استفاده از فضاهای بلا استفاده، ایجاد پوشش سبز، زیباسازی منزل و تلطیف روحیه به واسطه مشاهده و ارتباط با گیاهان و نیز فرهنگ‌سازی و آشنایی با این سیستم کشت مفید و پربازده بوده است. بهره‌گیری از این سیستم کشت، بسته به توانایی و سرمایه افراد می‌تواند در سطح وسیع با ایجاد اشتغال و درآمدزایی همراه گردد و در سطح خانگی نیز به جهت تامین نیاز خانواده مؤثر است. در مطالعات مختلف نیز اهمیت توسعه کشت هیدروپونیک مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعه‌ای در زمینه امکان‌سنجی هیدروپونیک در منطقه اکوادور، سانچز و همکاران (۲۰۰۲) اذعان داشتند که کشت هیدروپونیک ساده می‌تواند روشی مؤثر به‌منظور تولید میوه و سبزی‌ها باکیفیت بالا و به صورت دائمی طریق رشد و نمو در آب‌های حاوی مواد غذایی باشد. این روش با هدف بهبود تغذیه، کیفیت بالای میوه و سبزی‌ها، امنیت غذایی مناطق روستایی و حومه شهری و شرایط رفاه عمومی جمعیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. طبق گزارش پورترفیلد و بنکز (۲۰۰۸) از برتری‌های سیستم‌های هیدروپونیک قابلیت استفاده و ایجاد ارزش اقتصادی آن در زمین‌های غیرقابل کشت و یا در شرایط نامناسب برای رشد برخی گیاهان است.

کاشت گیاهان خارج از فصل، استفاده بهینه از آب و کودها و نیز استفاده حداکثر از زمین از برتری‌های مهم سیستم‌های بدون خاک در مقایسه با سیستم‌های کشاورزی باز (مزرعه یا باغ) هستند. گزارشی دیگر بیانگر این بود که سیستم‌های کشت سنتی دارای مشکلاتی از قبیل مصرف زیاد نهاده‌ها (نظیر کودهای شیمیایی و مواد اصلاحی) و حجم بالای آب مصرفی می‌باشند. در بعضی از مناطق مانند مناطق شهری، خاک مناسب برای کشت و کار در دسترس نیست. همچنین هزینه بالای به‌کارگیری نیروی انسانی در مزرعه یا باغ مشکل مهم دیگری است. بنابراین هیدروپونیک شرایط مطلوبی برای رشد گیاه فراهم می‌کند تا شاید بتوان محصول بیشتری در مقایسه با سیستم‌های کشت باز در مزرعه یا باغ به دست آورد (خوش‌گفتار و همکاران، ١٣٨٦).

تأثیر کشت هیدروپونیک در توسعه کارآفرینی: توسعه محصولات نوآورانه و کسب و کارهای جدید در کشاورزی، یک اولویت اساسی در سیاست‌گذاری می‌باشد، چرا که ضرورت افزایش نوآوری در تولید محصولات و ایجاد بازارهای جدید بیشتر شده است (Knudson, 2004). کارآفرینی وسیله‌ای برای افزایش ایجاد ارزش در محصولات کشاورزی است (Alsos et al., 2003) و تغییرات صورت گرفته در بازار (جهانی شدن، رشد جمعیت، دگرگونی در بازار کار کشاورزی، امنیت غذایی، رقابتی شدن بازار)، سیاست‌های کشاورزی (فائو، سازمان تجارت جهانی، اتحادیه اروپا و حرکت به سوی کشاورزی تجاری مبتنی بر بازار) و خود جامعه (افزایش بیکاری و کم کاری، مباحث زیست‌محیطی، تنوع زیستی، منابع طبیعی) از عواملی هستند که ضرورت کارآفرینی در کشاورزی را بیش از پیش نمایان می‌سازد (Smith, 2004). سیستم‌های کشت هیدروپونیک از جمله تکنیک‌های نوین بوده که به‌دلیل مزایای ذکرشده از جمله بخش‌های در حال توسعه و رشد در کشاورزی می‌باشند. با بهره‌گیری از این سیستم‌های کشت پربازده می‌توان با بهره‌گیری از نیروهای متخصص نسبت به تولید محصولات کشاورزی ارزشمند اقدام نمود که این امر نقش مهمی در کارآفرینی، تولید و اشتغال‌زایی دارد.

تعریف و تاریخچه کشت هیدروپونیک: پرورش گیاهان به روش گلخانه‌ای بدون خاک یا هیدروپونیک یکی از راهکارهای مهم برای رسیدن به حداکثر محصول در حداقل زمان و با کیفیت عالی است (قائمی و همکاران، ١٣٨٨). اصطلاح هیدروپونیک[1] اولین بار توسط گریک[2] پیشنهاد شد که او موفق گردیده بود در کالیفرنیا تولید نباتات را در معیار تجارتی بدون استفاده از خاک، از رشد اولیه تا مرحله باردهی نشان دهد. این اصطلاح مجموعه‌ای است از یک لغت یونانی هیدرو[3] یعنی آب و کلمه لاتین پونرو[4] یعنی جای دادن که به‌طور خلاصه مفهوم قرار گرفتن چیزی در آب از آن استنباط می‌گردد (ابراهیم‌زاده، ١٣٧٣؛ Son et al., 2016). به‌طور دقیق‌تر هیدروپونیک به پرورش گیاهان در محیط بدون خاک اطلاق می‌شود. در این روش معمولاً موادی برای حفظ و نگهداری سیستم ریشه‌ای به‌کار می‌رود و تغذیه گیاه از طریق محلول غذایی که به محیط اضافه می‌شود صورت می‌گیرد. ماده به‌کار رفته به‌عنوان بستر رشد ممکن است یک ماده آلی (پیت موس، پوست درخت و یا مواد آلی دیگر) و یا یک ماده غیر آلی نظیر پرلایت، ورمی‌کولایت و پشم سنگ باشد (ارزانی، ١٣٨٦). از زمانی که گریک در سال ١٩٢٩ امکان کشت تعدادی از نباتات را بدون استفاده از خاک تا مرحله تکامل و باردهی آنان به ثبت رساند

1- Hydroponicum
2- Gericke
3- Hydro
4- Ponero

تا امروز که در نقاط مختلف جهان تولید با روش آب‌کشت به‌صورت تجاری معمول گردیده، فکر دانشمندان و متخصصین به تکامل این روش و رفع نواقص آن مشغول بوده است. دستگاه یا ظرفی که گریک از آن استفاده کرد در حقیقت جعبه‌ای بود که به جای درب آن یک ورق توری قرار داشت. روی توری بستر بذور و زیر آن مقداری فضای خالی و بعد از فضای خالی محلول غذایی در کف محفظه واقع می‌شد (درویشی و همکاران، ۱۳۹۳).

اهداف کشت هیدروپونیک:

۱- تولید میوه و سبزی تازه در زمین‌های خشک، سنگی، باتلاقی و زمین‌های غیرقابل کشت؛

۲- بهره‌برداری از اماکن متروکه مثل انبار، گاراژ و غیره؛

۳- کشت گیاهان علوفه‌ای به‌طور متوالی برای واحدهای کوچک دامداری؛

٤- صرفه‌جویی قابل ملاحظه در مصرف آب در مناطق دارای کمبود آب؛

۵ – بازده بیشتر در تولید سبزیجات و گل‌های خارج از فصل در گلخانه؛

٦- سهولت پیش‌بینی میزان عملکرد؛

۷- کیفیت بهتر محصولات؛

۸- کاهش میزان ابتلا به بیماری‌های ارگانیک و انگلی گیاهان؛

۹- کاهش هزینه نیروی انسانی به‌علت حذف عملیات خاکی؛

۱۰- تولید محصولات ارگانیک و عاری از سموم (ابرندآبادی و همکاران، ۱۳۹٤؛ دین‌پناه و نوری، ۱۳۹۲).

مزایای کشت هیدروپونیک:

۱- **امکان پرورش گیاهان به روش هیدروپونیک در تمام نقاط:** محصولات هیدروپونیک را می‌توان در مناطقی که دارای خاک‌های نامناسب و یا خاک‌های آلوده به بیماری هستند، نیز پرورش داد.

۲- بالابودن تراکم در واحد سطح: در کشت هیدروپونیک می‌توان برخی از محصولات را در مکانی کوچک در مدت کوتاهی، پرورش داد. همچنین در کشت هیدروپونیک این امکان وجود دارد که بتوان محصولات را در چند سطح یا طبقه بر روی یکدیگر، کشت کرد. با توجه به این که هزینه‌های حمل محصولات به بازار هزینه بالایی را شامل می‌شود، می‌توان با احداث گلخانه در مرکز شهر، مقدار بعد مسافت و هزینه حمل را کاهش داد. مزارع هیدروپونیک خود صرف‌نظر از ارزشمندی زمین، دارای ارزش افزوده است.

۳- **کاهش میزان فعالیت سنگین:** فعالیت‌ها و تلاش‌هایی مانند شخم زدن خاک، انجام کشت، ضدعفونی کردن بذر و آبیاری و دیگر فعالیت‌های مرسوم و رایج، در کشت هیدروپونیک بعضاً وجود ندارد.

٤- **حفظ و صرفه‌جویی در مصرف آب:** در یک طرح مناسب هیدروپونیک، آب مورد استفاده در مقایسه با کشت محصولات باغی در خاک به مراتب کاهش می‌یابد.

۵- **کاهش مشکلات ناشی از وجود آفات و بیماری‌ها:** در کشت هیدروپونیک، نیاز به ضدعفونی کاهش می‌یابد. در سیستم‌های کشت در محلول غذایی می‌توان بیماری‌های خاکزی گیاه را به آسانی ریشه کن کرد. همچنین در سیستم‌های کشت هیدروپونیک احتمال مبارزه با بیماری‌های خاکزی انسانی، کاهش می‌یابد. این امکان وجود دارد که بیماری‌ها از

فضولات حیوانات یا میکروارگانیسم‌های خاک به گیاهان سرایت کرده و منجر به بیمار شدن آن‌ها شود که البته وقوع این مسئله در کشورهای توسعه یافته نادر است.

٦- نبود **مشکل علف‌های هرز:** به‌علت خالص بودن بسترهای کشت و امکان ضدعفونی کردن آسان آن، بذر علف‌های هرز در آن وجود ندارند.

٧- **افزایش میزان تولید محصول:** تولید در کشت هیدروپونیک بالا بوده و این مسئله از نظر اقتصادی حتی استفاده از زمین‌های گران قیمت را توجیه‌پذیر می‌سازد.

٨- **حفظ و نگهداری مواد غذایی:** با ایجاد سیستم‌های بازیافتی یا چرخشی همواره می‌توان محلول‌های غذایی هیدروپونیک مورد استفاده مجدد قرار گیرد و امکان آلودگی زمین و آب رودخانه‌ها را به حداقل رساند.

٩- **کنترل شرایط محیطی:** از آنجایی که در گلخانه هیدروپونیک عواملی چون نور، حرارت، رطوبت و ترکیب گازهای جو گلخانه و حتی محلول‌دهی طی یک برنامه زمان بندی شده است سریعاً می‌توان شرایط محیطی را کنترل کرد.

١٠- **کنترل شیمیایی آسان منطقه رشد ریشه:** مسمومیت‌های ناشی از وجود نمک‌های معدنی محلول غذایی را می‌توان با شستشو از محیط ریشه، خارج کرد. همچنین مقادیر pH و EC (قابلیت هدایت الکتریکی) را می‌توان، تنظیم نمود. علاوه‌بر این در سیستم هیدروپونیک، می‌توان از بروز مشکلات ناشی از تجمع نمک‌های معدنی در منطقه رشد ریشه که در کشت‌های خاکی اتفاق می‌افتد جلوگیری نمود، به‌خصوص اگر از محلول غذایی با کیفیت خوب استفاده شود. همچنین محیط از نظر عناصر غذایی کنترل می‌گردد. به‌عبارت دیگر می‌توان هر ماده‌ای با هر نوع غلظتی تهیه و در محلول قرار داد و نسبت بین یون‌ها را به خوبی می‌توان حفظ کرد.

١١- **استقرار آسان‌تر گیاهان جدید:** لطمات ناشی از جابجایی گیاهان در سیستم هیدروپونیک، کاهش می‌یابد.

١٢- **عدم نیاز به آیش در برنامه تناوب کشت:** از تمامی سطح کشت موجود در همه زمان‌ها می‌توان استفاده کرد (جعفری مشهدی و همکاران، ١٣٩٥؛ اعظم و همکاران، ١٣٩٢؛ کازرونیان و همکاران، ١٣٩١؛ خوش‌گفتار و همکاران، ١٣٨٦؛ Ruan et al., 2016; Son et al., 2016 Verdonck and Demeyer; 2004; Yang et al., 2015).

معایب کشت هیدروپونیک: مسأله مهم در کشت بدون خاک سرمایه‌گذاری اولیه بوده زیرا در سطح تجاری و وسیع، تمام سیستم به صورت اتوماتیک می‌باشد. همچنین نیاز به نیروی متخصص در مراحل کار (مانند آماده‌سازی محلول غذایی، تنظیم pH و ...) از دیگر معایب این روش کشت می‌باشد (Son et al., 2016).

تجارب کشورها در زمینه کشت هیدروپونیک: اولین بار هیدروپونیک توسط گریک پیشنهاد شد که او موفق گردیده بود در کالیفرنیا تولید نباتات را در معیار تجارتی بدون استفاده از خاک، از رشد اولیه تا مرحله باردهی نشان دهد. در سال ١٩٤٠ میلادی اولین تجارت تولیدات هیدروپونیک با سطح کشت ١٠ هکتار در دنیا آغاز شد که در سال ١٩٧٠ این مقدار به ٣٠٠ هکتار و در سال ١٩٨٠ به ٦٠٠٠ هکتار افزایش یافت که طی چهل سال افزایش بسیار چشمگیری داشته است و همچنین محاسبه شد که برای زمین‌های بین ٢٠٠٠٠ الی ٢٥٠٠٠ هکتار می‌توان مبلغی بین ٦ الی ٨ میلون دلار تولیدات محصولات هیدروپونیک را انجام داد (Donnan, 1998). تولیدات تجاری هیدروپونیک برای کشورهایی مانند هلند (١٠٠٠٠ هکتار) اسپانیا (٤٠٠٠ هکتار)، کانادا (٢٠٠٠ هکتار)،

ژاپن (۱۰۰۰ هکتار)، نیوزلند (۵۵۰ هکتار) گزارش شده است که محصولاتی مانند گوجه فرنگی، خیار، فلفل دلمه، تربچه، توت فرنگی و .... کشت می‌شود (Soundaria, 2011). در تحقیقاتی که در مصر انجام شد نشان دادند که سرانه مصرفی گوجه‌فرنگی برای هر نفر ۹۱ کیلوگرم در سال می‌باشد که ۲۵ کیلوگرم آن به وسیله گوجه‌فرنگی‌های کشت شده به وسیله هیدروپونیک در هایپرمارکت‌های موجود در مصر خریداری و مصرف می‌شود (Soethoudt e al., 2016). در شهر توکیو ژاپن، یک جزیره نه چندان بزرگ را به کشت برنج با روش هیدروپونیک اختصاص دادند. بدین شکل که برنج را در خزانه‌های زیرزمینی در یک محیط بدون خاک کشت نموده و بنابراین با این روش تواستند برنج را چهار بار در سال برداشت کنند. گزارشات اخیر نشان می‌دهد که در حال حاضر بیش از یک میلیون خانواده در امریکا دارای دستگاه‌های کشت بدون خاک بوده که از آن جهت تولید مصرف خانگی استفاده می‌شود. فرانسه، کانادا، افریقای جنوبی، هلند، ژاپن، استرالیا و آلمان از جمله کشورهای پیشرو در زمینه کشت هیدروپونیک می‌باشند. فرانکلین و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقات خود در رابطه با امکان کشت گیاهان به روش هیدروپونیک بیان کردند که تقریباً ۹۶ درصد از محصولات تازه در کانادا وارداتی می‌باشند که شهر تورنتو خود به تنهایی اقدام به خرید هرساله بیش از ۱۵۰ میلیون کاهو می‌کند که ۹۰ درصد آن وارداتی است و به هیچ عنوان به صرفه نیست. در حال حاضر آن‌ها توانستند با ایجاد فناوری‌های پیشرفته با استفاده از گلخانه‌های هیدروپونیک تجاری، رقابت مؤثر در برابر واردات خارجی داشته باشند و قیمت بالای محصول را کاهش دهند. با توجه به افزایش روزمره جمعیت با تغییر سبک زندگی انسان‌ها در شهرهایی مانند نیویورک با استفاده از کشت هیدروپونیک، می‌توان در آینده به کشت پایدار دست یافت و همچنین با استفاده از روش‌های نوین در این نوع کشت می‌توان امنیت اقتصادی و غذایی را برقرار نمود (Lovell, 2010; Goldstein et al., 2011).

نوع محصولات مناسب برای کشت هیدروپونیک: گیاهان مختلفی را می‌توان به‌صورت هیدروپونیک کشت نمود ولی بعضی از آن‌ها موفقیت بیشتری در این سیستم دارند. کشت هیدروپونیک برای میوه‌هایی با محصولات مقاوم از قبیل گوجه‌فرنگی، خیار، فلفل، گیاهان برگی مثل کاهو، سبزی و گیاهانی که رشد سریعی دارند ایده‌آل است (رونقی و مفتون، ۱۳۸۵).

جدول ۱- محصولات قابل کشت در سیستم کشت هیدروپونیک (Singh and Singh, 2012).

نوع محصول	نام محصولات
غلات	برنج، ذرت
میوه‌ها	توت‌فرنگی
سبزی‌ها	گوجه فرنگی، فلفل دلمه، فلفل تند، بادمجان، کلم، گل کلم، خیار، خربزه، تربچه، پیاز لوبیاسبز، چقندر
سبزیجات برگی	کاهو، اسفناج آبی
گیاهان ادویه‌ای	جعفری، نعناع، ریحان شیرین، مرزنجوش
گل و گیاهان زینتی	جعفری، رز، میخک، داوودی
گیاهان دارویی	آلوئه ورا، حسن یوسف
گیاهان زراعی علوفه‌ای	سورگوم، یونجه، جو، برمودا گراس، چمن فرش

بازار محصولات هیدروپونیک: در کشت هیدروپونیک با استفاده از برخی فرمولاسیون‌های غذایی می‌توان در سریع‌ترین زمان به محصول با کیفیت رسید و به بازار عرضه نمود. همچنین عملکرد در واحد سطح در این روش افزایش می‌یابد که خود امری مؤثر در ارزش اقتصادی محصول بوده که تفاوت قابل ملاحظه‌ای با کشت خاکی داشته و از نظر تجاری به صرفه‌تر می‌باشد. اولین محصولاتی که برای کاشت در هیدروپونیک استفاده می‌شد گوجه و فلفل بوده است و با استفاده از تکنیک‌های مختلف محصولات دیگر نیز به بازار عرضه گردید. طی تحقیقاتی در آمریکا گزارش شد که نزدیک به ٢/٤ میلیارد دلار در صنعت هیدروپونیک سرمایه‌گذاری شده است و ٩٥ درصد سبزیجات با استفاده از این روش در گلخانه تهیه شده است (Soundaria et al., 2011). جدول زیر مقایسه عملکرد برخی محصولات را در کشت هیدروپونیک در مقایسه با کشت خاکی نشان می‌دهد. با توجه به جدول، تفاوت میزان عملکرد در روش هیدروپونیک بسیار قابل ملاحظه است که از نظر تجاری و اقتصادی برای تولیدکنندگان بسیار ارزشمند بوده و نقش مهمی در عرضه محصولات به بازار دارد.

جدول ٢- مقایسه محصولات تولید شده در کشت خاکی و هیدروپونیک (Munoz, 2010).

عملکرد با استفاده از هیدروپونیک (تن در هر هکتار در زمان برداشت)	عملکرد با استفاده از خاک (تن در هر هکتار در زمان برداشت)	نوع محصول (تعداد برداشت سالانه از هیدروپونیک)
٣٠٠-٣٣٠	٥٢	کاهو (١٠)
٣٥٠-٤٠٠	٨٠-١٠٠	گوجه‌فرنگی (٢)
٧٠٠-٨٠٠	١٠-٣٠	خیار (٣)
٥٥-٧٥	١٥-٢٠	هویج
١٢	٢٠-٤٠	سیب‌زمینی
٨٥-١٠٥	٢٠-٣٠	فلفل (٣)
١٨٠-١٩٠	٢٠-٤٠	کلم (٣)

هزینه‌های تولید بالا، نیاز به تولیدکنندگان برای شناسایی بازارهای مناسب باعث پرداخت قیمت حق بیمه شده است. چنین موقعیتی در بازار ممکن است زمان را برای توسعه این نوع کشت افزایش دهد. پرورش محصولات با کیفیت بالا و خارج از فصل یا در دسترس بودن این محصول در طول سال یک مزیت بازاریابی است که باعث توسعه در این کشت و کار می‌شود. همچنین تولیدکنندگان محصولات هیدروپونیک باید با فروشندگان تره‌بار و مواد غذایی که علاقه‌مند به محصولات زراعی کشت شده هیدروپونیک می‌باشند رایزنی نموده تا بتوانند محصولاتشان را به فروش برسانند (Coolong, 2012).

انواع سیستم‌های کشت هیدروپونیک

به‌طور کلی دو نوع سیستم هیدروپونیک وجود دارد:

سیستم باز: محلول غذایی پس از تغذیه گیاه به تانک باز نمی‌گردد (مانند کشت در پشم سنگ و کشت کیسه‌ای و کشت در سنگریزه). مزیت این روش جلوگیری از گسترش بیماری است.

سیستم بسته: محلول غذایی پس از تغذیه گیاه به تانک باز می‌گردد و مجدد مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌عبارت دیگر محلول در یک چرخه قرار دارد و به آن مواد غذایی که کاهش می‌یابند و آب اضافه می‌شود.

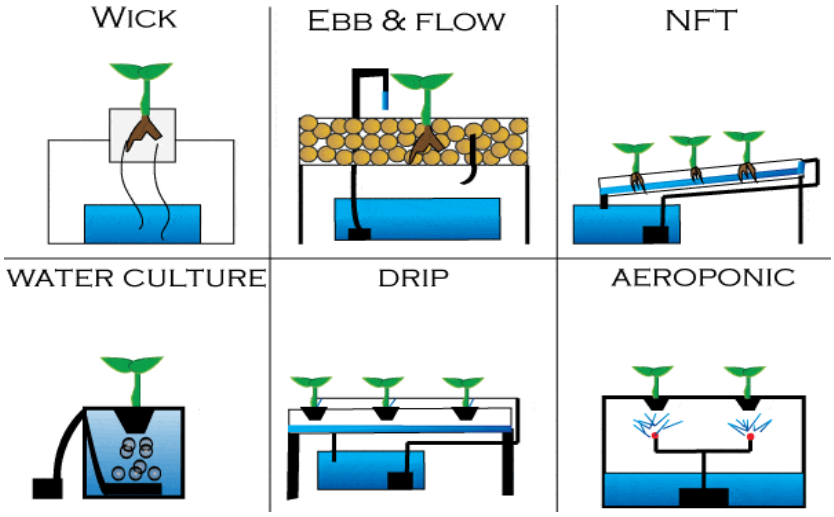
در این روش احتمال شیوع آلودگی گیاهان وجود دارد (ارزانی، ۱۳۸٦؛ رونقی و مفتون، ۱۳۸۵).

انواع هیدروپونیک بر اساس نوع محیط نگهدارنده

- **کشت در آب**[1]: در این روش، گیاه از بالای ریشه توسط مقوا، پلاستیک، چوب و یا سیم نگه داشته شده و ریشه به‌طور مداوم یا متناوب در محلول غذایی یا لایه نازکی از آن غوطه ور می‌باشد.
- **کشت در شن**[2]: کشت در موادی مثل ماسه، پرلایت، پلاستیک، پشم سنگ. ریشه گیاهان در داخل مواد جامدی که دارای قطر کوچکتر از ۳ میلی‌متر باشند قرار دارد و این مواد مانند پلاستیک و پشم سنگ و یا هر ماده دیگری که آلی نباشد ممکن است.
- **کشت در شن درشت یا سنگریزه**[3]: ریشه گیاهان در موادی که قطری بیشتر از ۳ میلی‌متر دارند مثل سنگ خارا و گدازه آتشفشانی و بازالت و هر ماده غیر آلی دیگر قرار می‌گیرد. در این روش آبیاری به دو صورت آبیاری لوله‌ای (زیرزمینی) که مواد غذایی در مخزنی بوده و به بستر رشد گیاه پمپ می‌شود و آبیاری سطحی که محلول غذایی رقیق در سطح محیط رشد توسط لوله سوراخداری پخش می‌شود.
- **کشت در ورمی‌کولایت**[4]: کشت در ورمی‌کولایت به تنهایی یا در ترکیب ماده غیر آلی دیگر.
- **کشت در پشم سنگ**[5]: کشت در پشم سنگ یا ماده مشابه آن.
- **کشت در زئولیت**[6]: کشت در زئولیت به تنهایی یا در ترکیب با ماده غیر آلی دیگر.
- **کشت در پلاستیک:** ریشه در داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داشته و مواد اطراف ریشه هم شامل کمپوست یا پیت یا خاک اره و ... می‌باشد.
- **هوا کشت**[7]: ریشه گیاهان در هوا قرار گرفته و محلول غذایی به‌صورت قطرات بسیار ریز، به‌طور مداوم یا غیر مداوم، روی ریشه پاشیده می‌شود. در مورد گوجه‌فرنگی، بادنجان و کاهو نتیجه خوبی مشاهده شده است (ارزانی، ۱۳۸٦؛ رونقی و مفتون، ۱۳۸۵).

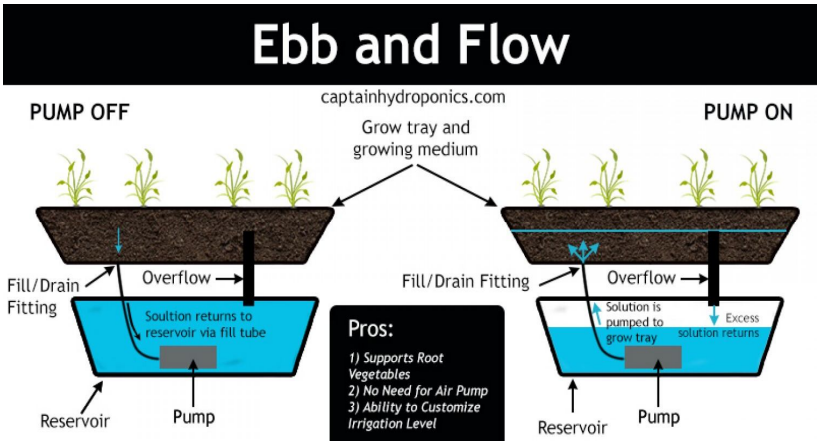
انواع هیدروپونیک از نظر نحوه استعمال محلول غذایی به ریشه‌های گیاه: شش نوع پایه از سیستم‌های هیدروپونیک شامل سیستم جزر و مد، قطره چکانی، ایستا، تکنیک فیلم غذایی، آب کشت و هوا کشت (آئروپونیک) وجود دارد. مدل‌های متنوعی از سیستم‌های هیدروپونیک موجود است که همه این روش‌ها بر اساس این ٦ سیستم پایه طراحی شده‌اند.

1- Water culture
2- Sand culture
3- Gravel culture
4- Vermiculaponics
5- Rockwool culture
6- Zeoponic
7- Aeroponics



شکل ١- شش سیستم پایه هیدروپونیک.

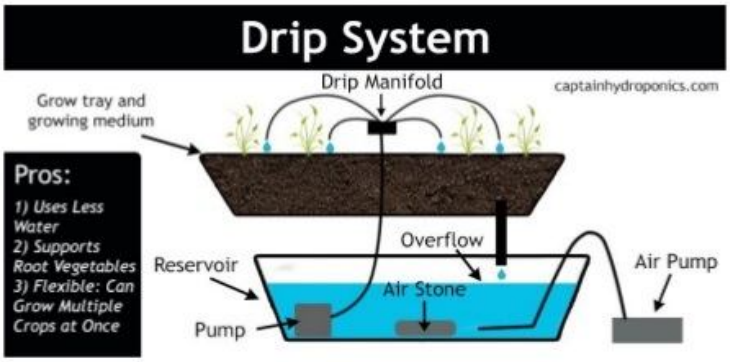
١- **سیستم‌های جذر و مد**[1]: سیستم جذر و مد با شبیه‌سازی یک سیل و جاری‌سازی آب در درون سینی‌های رشد که دارای محلول‌های غذایی است کار می‌کند. این فعالیت با استفاده از یک پمپ که آب را دوباره به مخزن باز می‌گرداند به پایان می‌رسد. زمانی که تایمر پمپ خاموش است محلول‌های غذایی به سمت مخزن جاری شده و تایمر برای کار در هر چند روز تنظیم می‌شود که برای آن اندازه و نوع گیاهان و دماهایشان، رطوبت محیط و رشد متوسط آن‌ها تعریف شده است. از این سیستم می‌توان برای گیاهان با رشدهای مختلف استفاده کرد. یکی از مشکلات این نوع سیستم‌ها که آن‌ها را آسیب‌پذیر کرده است پمپ آب است که با استفاده از برق کار می‌کند و با قطع برق هم پمپ و هم تایمرها از کار می‌افتند و ریشه‌ها به سرعت خشک می‌شوند و چرخه آبیاری قطع می‌گردد. البته می‌توان با استفاده از ورمی‌کولایت، راک وول، کوکوپیت یا یک ترکیب بدون خاک در کف محفظه مدنظر کمی از خشک شدن سریع ریشه‌ها جلوگیری نمود (Wortman, 2015).



شکل ٢- سیستم کشت جذر و مد.

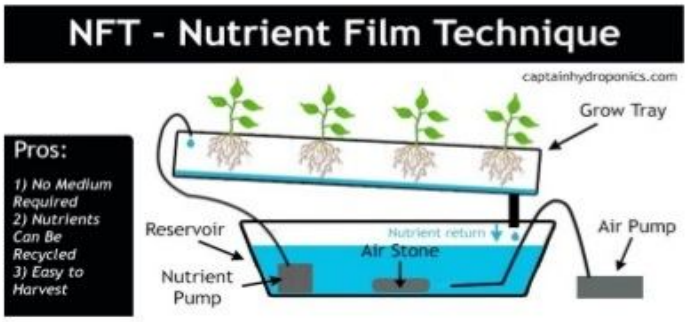
1- Ebb and Flow

۲- **سیستم قطره چکانی**[1]: این سیستم یکی از رایج‌ترین نوع مورد استفاده از سیستم هیدروپونیک در جهان است. عملیات در این نوع کشت بسیار ساده است. این سیستم دارای یک تایمر کنترل پمپ بوده که زمانی که روشن شود مقدار آب و محلول غذایی موردنظر درون آب را به وسیله لوله‌هایی پلاستیکی که بر پایه هر گیاه قرار دارد انتقال می‌دهد. در این سیستم محلول غذایی باقیمانده دوباره به مخزن برگشته و مجدداً به جریان می‌افتد و هدر رفت محلولی بسیار پایینی را این نوع سیستم دارد (Grewal et al., 2015).



شکل ۳- سیستم کشت قطره‌چکانی.

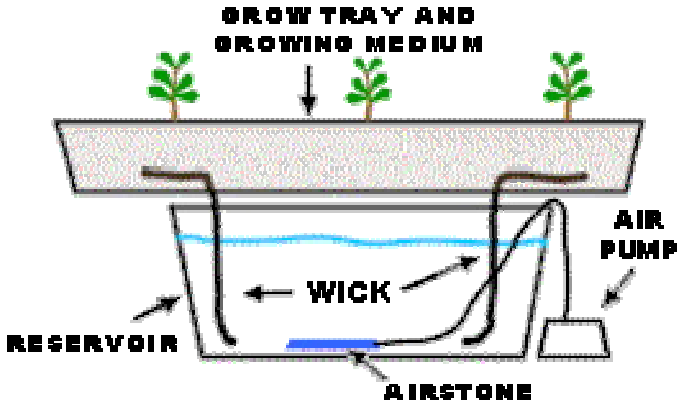
۳- **تکنیک فیلم غذایی**[2]: برای این نوع کشت نیاز به یک مخزن، یک سینی، پمپ هوا و پمپ آب است که باید سینی‌های کشت را به گونه‌ای با شیب خاص بر بالای مخزن قرار داد تا زمانی که آب و محلول از مخزن به وسیله پمپ محلول غذایی به داخل سینی کشیده می‌شود آب به آرامی درون سینی حرکت کرده به‌طوری که نه باعث جمع شدگی آب درون سینی و خفه شدن گیاه شود و نه با سرعت بسیار زیادی از کنار ریشه‌های گیاهان رد شود و دوباره آب و محلول غذایی از درون سینی‌ها به درون مخزن برمی‌گردند. این روش شاید بسیار ساده و اجرایی باشد. یکی از معایب این نوع سیستم‌ها وجود پمپ‌های آن است که با قطع شدن برق از کار افتاده و در کار اخلال ایجاد می‌کنند (Suhardiyanto, 2008; Mosa et al., 2016).



شکل ٤- سیستم کشت تکنیک فیلم غذایی.

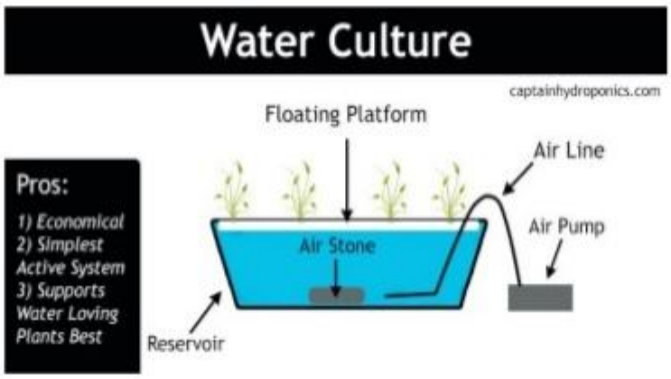
1- Drip System
2- NFT- Nutrient Film Technique

٤- **سیستم ایستا**[1]: سیستم ایستایی به مراتب ساده‌ترین نوع سیستم هیدروپونیک بوده و یک سیستم غیر فعال می‌باشد که به معنی این است که قطعات متحرکی در این سیستم وجود دارد. محلول غذایی در حال رشد از مخزن کشیده شده است. از این سیستم می‌توان برای گیاهانی که رشد متوسط دارند استفاده شود. در این روش گیاه به صورت آزاد در محلول غذایی قرار دارد. اکسیژن باید در پایین ریشه موجود باشد که اغلب به وسیله یک پمپ این عمل انجام می‌شود. تلفات آب باید روزانه جبران گردد. بزرگترین نقطه ضعف این سیستم این بوده که گیاهانی که بزرگ هستند و یا نیاز آبی زیادی دارند به‌دلیل سرعت بالای انتقال بالای آب به خوبی مواد غذایی محلول به آن‌ها نمی‌رسد (Sikawa and Yakupitiyage, 2010; Semananda et al., 2016).



شکل ٥- سیستم کشت ایستا.

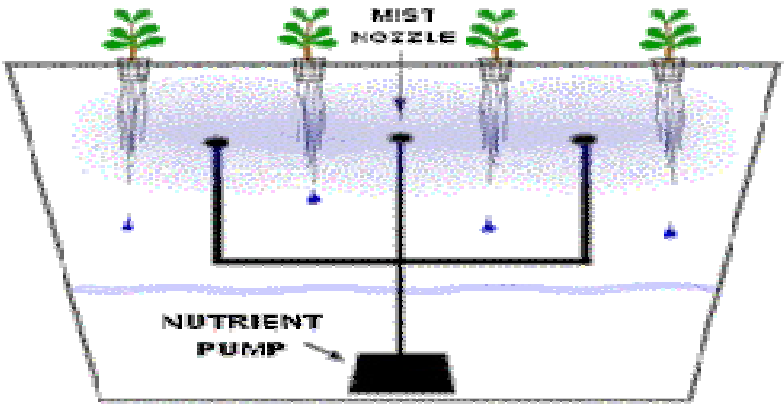
٥- **آب کشت**[2]: سیستم آب کشت یکی از ساده‌ترین سیستم‌های هیدروپونیک فعال است و از صفحاتی تشکیل شده است که گیاه درون آن قرار گرفته و روی آب شناور می‌ماند و می‌تواند از محلول‌های غذایی استفاده نماید. برای تأمین هوای موردنیاز این گیاهان در درون آب یک پمپ هوا قرار داده شده است که اکسیژن را وارد آب می‌نماید. این سیستم برای رشد گیاهانی مانند کاهو مناسب است. این سیستم به‌دلیل سادگی و ارزان بودن به راحتی قابل ساخت بوده و می‌توان با استفاده از یک آکوریوم قدیمی و یا ظرف بزرگ این سیستم را راه‌اندازی نمود (Lee and Lee, 2015).



شکل ٦- سیستم آب کشت.

1- Passive System or wicking
2- Water culture

٦- هوا کشت یا آئروپونیک[1]: در این سیستم، ریشه‌ها در هوا معلق است و محلول غذایی به‌صورت کوچک‌ترین ذرات قابل جذب توسط ریشه در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. از طرف دیگر، گازها و مواد غذایی موردنیاز گیاه، به طور کامل در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در آئروپونیک، مواد مغذی و آب به صورت ذرات ریز پودرمانندی به ریشه گیاه منتقل می‌شود و از آنجا که مقادیر بیشتری اکسیژن و مواد مغذی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، منجربه رشد سریع آن می‌شود (رونقی و مفتون، ۱۳۸۵).



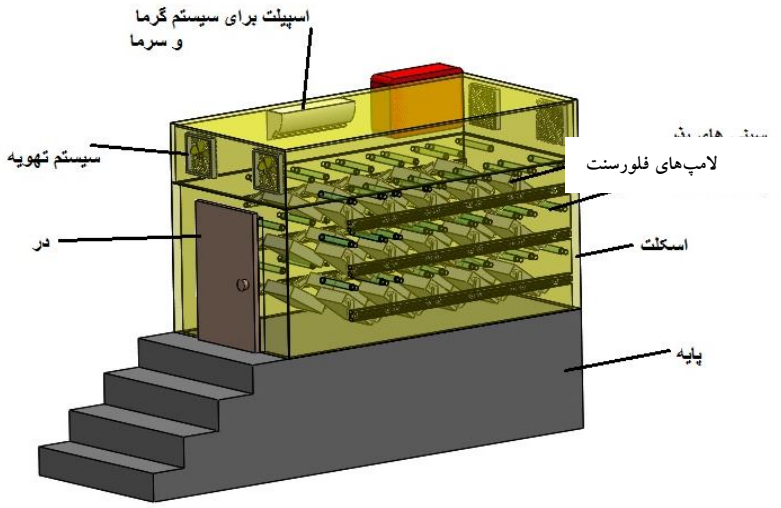
شکل ۷- سیستم هواکشت (آئروپونیک).

سیستم کشت هیدروپونیک خانگی: رشد روز افزودن جمعیت انسانی، ثابت بودن زمین‌های مسکونی، ساخت آپارتمان‌های بلند و تراکم عمودی جمعیت در حال افزایش است. در نتیجه در ساختمان‌های مسکونی در فضاهایی نظیر بام، انبار و ... امکان راه‌اندازی این سیستم وجود دارد. همچنین به‌دلیل ثابت بودن سطح زمین‌های کشاورزی و برطرف نشدن نیاز غذایی با توجه به افزایش جمعیت، لزوم بهره‌گیری از تکنیک‌های نوین و پربازده همچون کشت هیدروپونیک که در محیط‌های سربسته نیز قابلیت اجرا دارد ضرورت می‌یابد. سیستم‌های هیدروپونیک در سطوح پیشرفته و تجاری در گلخانه‌ها تا سطوح خانگی با صرف هزینه‌ی محدود و ایجاد شرایط مناسب رشد گیاهان مورد نظر قابل اجراست. در شکل زیر یک دستگاه کشت خانگی هیدروپونیک برای محصولات صیفی نشان داده شده است.

شکل ۸- سیستم کشت هیدروپونیک خانگی

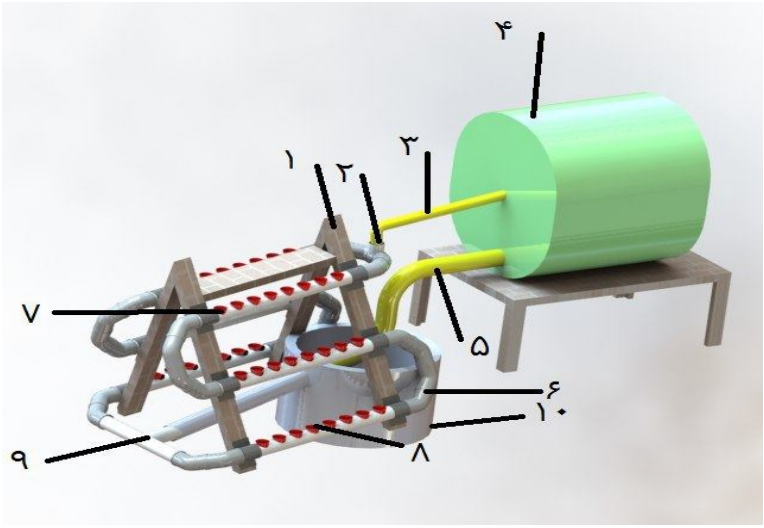
1- Aeroponics

شکل ۹ طرح پیشنهادی مولفان برای استفاده در فضاهای سربسته و محصور و بلااستفاده در ساختمان می‌باشد. در این ساختار می‌توان علاوه‌بر تأمین نیاز روزمره، با کشت صیفی‌جات و برخی از محصولات کشاورزی دیگر، منبع درآمدی نیز فراهم نمود. ممکن است هزینه اولیه ساخت سیستم هیدروپونیک کمی بالا باشد اما با توجه به قابلیت استفاده چندین ساله از آن‌ها، می‌توان از هزینه اولیه آن صرف نظر نمود. نکته مهم دیگر تولید محصول طبیعی و ارگانیک با این روش بوده که امری ضروری در سلامت غذایی جامعه امروزه به شمار می‌رود. در این شکل هدف از استفاده از اسپلیت تامین گرما و سرما است تا شرایط محیطی و دمایی مطلوب برای رشد گیاه فراهم گردد و همچنین تسریع رشد در گیاهان می‌باشد. سیستم تهویه برای برقرای جریان هوا، جلوگیری از تجمع رطوبت و انجام تنفس ضروری است. لامپ‌های فلورسنت جهت تأمین نیاز نوری گیاه موردنیاز می‌باشد. سینی‌های کشت بذر که در این سیستم تعبیه شده باید سبک بوده تا امکان جابجایی آسان آن میسر گردد. همچنین در طراحی و جای‌گذاری سینی‌ها باید دقت داشت تا بتوان گیاهانی با اندازه‌های متفاوت را درون این سینی‌ها کشت نمود و سیستم هیدروپونیک را مختص یک محصول نکرد تا بتوان گستره کار را افزایش داد.



شکل ۹- طرح پیشنهادی برای گلخانه هیدروپونیک در فضاهای محصور.

شکل ۱۰ طرح پیشنهادی مؤلفان با استفاده از سیستم بسته و با به‌کارگیری لوله‌های پلی‌اتیلنی قابل دسترس با قیمت مناسب و بسترهای کشت فانتزی از قبیل پرلیت و پوکه معدنی است. در این سیستم آب به‌عنوان حلال عناصر غذایی از طریق مخزن در مسیر لوله‌های پلی‌اتیلنی جریان می‌یابد و ریشه‌های گیاهان کشت شده در گلدان‌های نشایی با مواد غذایی محلول در آب هوادهی شده در تماس مستقیم بوده و در نهایت آب و مواد غذایی در انتها به مخزن خروجی رسیده و مجدداً توسط پمپ کف کش به مخزن اولیه بازگردانده می‌شوند. با توجه به کارآمدی این سیستم در راندمان مصرف آب و انرژی می‌توان از آن به عنوان یک الگوی کشت خانگی بهره برد. از ویژگی‌های این طرح ساده بودن ساختمان آن بوده که به راحتی امکان ساخت آن وجود دارد.



شکل ۱۰- طرح پیشنهادی هیدروپونیک با لوله‌های پلی‌اتیلنی.

۱- بدنه چوبی ۲- محل ورود آب ۳- لوله انتقال آب ٤- مخزن آب و مواد غذایی ۵- پمپاژ آب و مواد غذایی از منبع به مخزن ٦- زانویی برای چرخش بهتر آب ۷ و ۸- گلدان ۹- محل خروج آب از لوله‌ها به منبع ۱۰- منبع دارای پمپ

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت، تولید محصولات کشاورزی و منابع غذایی از مسائل بسیار مهم می‌باشد. کشت سنتی به روش خاکی در فضای باز، باغ یا گلخانه با برخی مشکلات و محدودیت‌ها مواجه است، بنابراین استفاده از روش‌های نوین و پربازده به جهت دستیابی به بالاترین کمیت و کیفیت ضرورت می‌یابد. یکی از سیستم‌های پربازده، کشت هیدروپونیک بوده که به‌دلیل عملکرد بالا، نیاز به نیروی کار کم، آسان بودن کارها، عدم نیاز به رعایت تناوب کشت، کنترل علف‌های هرز، یکنواختی رشد گیاهان، صرفه‌جویی در مصرف آب، عدم رقابت گیاهان برای آب و عناصر غذایی، امکان اعمال تأمین مواد غذایی متناسب با نیازهای گیاهان و استفاده کمتر از مواد شیمیایی و در نتیجه سالم‌تر بودن محصولات کشاورزی بسیار قابل توجه می‌باشد. کشت هیدروپونیک در مساحت وسیع و نیز در سطح کم به‌صورت خانگی قابل اجراست. با توجه به تغییر سبک زندگی در ساختمان‌های مسکونی دارای فضاهای بلا استفاده، بام و ... می‌توان از این روش استفاده نمود که علاوه‌بر تأمین محصولات غذایی موردنیاز سبب ایجاد پوشش سبز در ساختمان و زیبایی نما و تلطیف روحیه می‌گردد. علاوه‌بر موارد فوق و کاربرد فراوان این نوع کشت می‌توان با استفاده از این کار با بهره‌گیری از نیروهای متخصص و جوان کشور می‌توان سبب کارآفرینی و ایجاد اشتغال و نیز تولید محصولات ارزشمند و اقتصادی کشور شد.

منابع

۱. ابراهیم‌زاده، ح. ۱۳۷۳. فیزیولوژی گیاهی (محلول غذایی). دانشگاه تهران.

۲. ابرندآبادی، س.ع.، پورمیرزایی، ح.ر.، فضائلی، ح. ۱۳۹٤. عملکرد بره‌های پرواری تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی علوفه هیدروپونیک. نشریه علوم دامی، ۱۰٦: ۱۵۷–۱٦۸.

٣. ارزانی، م. ١٣٨٦. کشت بدون خاک (هیدروپونیک) تجاری و خانگی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

٤. اعظم، س.م.، علی، ع.، مصباح، ب. ١٣٩٢. بررسی اثر سطوح پتاسیم محلو غذایی، تراکم کاشت و فصل برداشت بر کیفیت و کمیت میوه توت فرنگی رقم سلوا در سیستم کشت هیدروپونیک. نشریه علوم باغبانی ایران، ٤٤: ٤٢٣-٤٢٩.

٥. خوش‌گفتار، ا.خ.، آقاجانی، ر، حسینی، ف. ١٣٨٦. روش‌های کشت بدون خاک. جهاد دانشگاهی اصفهان.

٦. درویشی، ب.، پوستینی، ک.، احمدی، ع.، افشاری، ر.ت.، شاطریان، ج. ١٣٩٣. بررسی امکان جانشینی روش تجاری مینی تیوبر با روش هیدروپونیک باز در تولید سیب‌زمینی. نشریه علوم گیاهان زراعی ایران، ٤٥: ٣١–٣٨.

٧. دلشاد، م. ١٣٨٤. واکنش‌های فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای پیوندی و غیر پیوندی به شیوه محلول‌رسانی در سیستم هیدروپونیک. پایان‌نامه دکتری تخصصی دانشگاه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی تهران.

٨. دین‌پناه، غ.، نوری، آ. ١٣٩٢. عوامل مؤثر بر امکان‌سنجی کشت هیدروپونیک از لحاظ زیر ساخت‌ها از دیدگاه کارشناسان باغبانی وزارت جهاد کشاورزی. پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی، ٧: ٨٤–٩٢.

٩. رونقی، ع.م.، مفتون، م. ١٣٨٥. هیدروپونیک (آبکشتی) راهنمای عملی برای پرورش دهندگان کشت بدون خاک. (بتنون جونز). انتشارات دانشگاه شیراز.

١٠. سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور. ١٣٩١. مدیر تولید گلخانه‌های هوشمند هیدروپونیک تولید گل. معاونت آموزش، دفتر امور آموزش روستایی، ١–١٢.

١١. سوری، ن.ا.، کافی، م. ١٣٨٤. ضرورت توجه به هیدروپونیک در گلخانه و انواع سیستم‌های کشت بدون خاک. اولین همایش ملی تکنولوژی تولیدات گلخانه‌ای، رشت، جهاد دانشگاهی واحد استان گیلان.

١٢. قائمی، م.، بخش کلارستاقی، ک.، نبوی، س.م. ١٣٨٨. مقایسه چند بستر کاشت در خواص کمی خیار گلخانه‌ای رقم نگین در روش آبکشت. یافته‌های نوین کشاورزی، ٤(٢): ١٥٧–١٦٦.

١٣. کازرونیان، ر.، خلیقی، ا.، کلاته، س.، خصوصی، م. ١٣٩١. تاثیر روش مدیریت تاج پوشش و حجم گلدان بر عملکرد و کیفیت دو رقم رز در شرایط هیدروپونیک. مجله علوم باغبانی ایران، ٤٣: ٢٣–٣٢.

١٤. مشهدی جعفرلو،ع.، هناره، م.، صمدی، ع. ١٣٩٥. اثر تراکم و بستر کشت بر صفات کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم سلوا در کشت هیدروپونیک. پژوهش در میوه‌کاری، ١: ٣٠–٤٢.

15. Alsos, G.A., Liunggren, E., and Pettersen, L.T. 2003. Farm-based entrepreneurs: What triggers the start-up of new business activities. Journal of Small Business and Enterprise Development, 10(4): 433-435.

16. Beaver, G. 2002. Small business, entrepreneurship and enterprise development. Person, Education, Horlow.

17. Butler, J.D., and Oebker, N.F. 2006. Hydroponics as a Hobby— Growing Plants Without Soil||. Circular. Information Office, College of Agriculture, University of Illinois, Urbana, IL.

18. Cameron, R.W.F., Blanuša, T., Taylor, J.E., Salisbury, A., Halstead, A.J., Henricot, B., and Thompson, K. 2012. The domestic garden-Its contribution to urban green infrastructure. Urban For Urban Green, 11: 129–137.

19. Coolong, T. 2012. Hydroponic Lettuce. Univeristy of Kentucky Cooperative Sxtention Service, 1–4.

20. Donnan, R. 1998. Hydroponics around the world. Practical Hydroponics and Greenhouses, 41: 18–25.

21. Dorais, M., and Papadopoulos, A.P. 2001 Greenhouse tomato fruit quality. Horticultural Review, 26: 239-319.
22. FAO, W.F.P., IFAD. 2012. The State of Food Insecurity in the World 2012. Economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition. Rome, FAO.
23. Farran, I., and Mingo-Castel, A.M. 2006. Potato minituber production using aeroponics: Effect of plant density and harvesting intervals. American Journal of Potato Research, 83: 47–53.
24. Grewal, H.S., Maheshwari, B., and Parks, S.E. 2015. Water and nutrient use efficiency of a low-cost hydroponic greenhouse for a cucumber crop: An Australian case study. Agricultural Water Management, 98: 841–846.
25. Goldstein, M., Bellis, J., Morse, S., Myers, A., Ura, E. 2011. Urban Agriculture: A Sixteen City Survey of Urban Agriculture Practices across the Country; Turner Environmental Law Clinic: Atlanta, GA, USA.
26. Jaenaksorn, T., and Ikeda, H. 2004. Possibility of substituting soil less fertilizer with soil fertilizer for growing vegetables and ornamental pot-plants in a heated greenhouse in western Macedonia, Greece. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 3: 559-565.
27. Kadenyeka, M.V., Omutimba, D., and Harriet, N. 2013. Urban agriculture livelihoods and household food security: A case of Eldoret, Kenya. Journal of Agricultural and Biological Science, 8: 90–96.
28. Knudson, M. 2004. Entrepreneurship and innovation in the agri-food system. American. Journal of Agricultural Economic, 86(5): 1330-1336.
29. Lee. S., and Lee, J. 2015. Beneficial bacteria and fungi in hydroponic systems: Types and characteristics of hydroponic food production methods. Scientia Horticulturae, 195: 206–215.
30. Lovell, S.T. 2010. Multifunctional urban agriculture for sustainable land use planning in the United States. Sustainability, 2: 2499–2522.
31. Miceli, A., Mancada, A., Vetrano, F., and Danna, F. 2003. First results on yield and quality response of Basil grown in a floating system. Acta Horticulture, 699: 377-381.
32. Mosa, A., El-Banna, M.F., and Gao, B. 2016. Biochar filters reduced the toxic effects of nickel on tomato (Lycopersicon esculentum L.) grown in nutrient film technique hydroponic system. Chemosphere, 149: 254–262.
33. Munoz, H. 2010. Hydroponics Manual. Hydroponics Manual Home-Based Vegetable Production System. Inter-American Institue for Cooperation on Agriculture (IICA).
34. Nistor, A., Chiru, N., Karacsonyi, D., Campeanu, G., and Atanasiu, N.E. 2009. Production of Potato Minitubers Through Hydroponic. New research in biotechnology, Special Volume: 102–110.
35. Paraskevopoulou, G., and Grafiadellis, M. 1995. Precocity, plant productivity and fruit quality of strawberry plant grown in soil and soil less culture. Mendeley, 408: 109.117.
36. Porterfield, D.M., and Banks, M.K. 2009. Outdoor hydroponics growing of strawberries. Retrieved from http://www.gardening-tipsidea.
37. Ruan, X., Yang, E., and Zuo, J. 2016. Hydroponic removal of organic contaminants from water by using ryegrass and organobentonites simultaneously. Applied Clay Science, 119: 333–337.
38. Sanchez, P., Oller, S., Malato, J., and Maldonado, W. 2002. The environmental relevance of capital goods in life cycle assessments of products and services. Plant and soil, 86: 207-216.
39. Semananda, N., Ward, J., and Myers, B. 2016. Evaluating the Efficiency of Wicking Bed Irrigation Systems for Small-Scale Urban Agriculture. Horticulturae; 2(4): 13-21.
40. Sikawa, D.C., and Yakupitiyage, A. 2010. The hydroponic production of lettuce (Lactuca sativa L) by using hybrid catfish (Clarias macrocephalus × C. gariepinus) pond water: Potentials and constraints. Agricultural Water Management, 97: 1317–25.

41. Singh, S., and Singh, B.S. 2012. Hydroponics– A technique for cultivation of vegetables and medicinal plants. Proceedings of 4th Global conference on Horticulture for Food, Nutrition and Livelihood Options Bhubaneshwar, Odisha, India.
42. Smith, A.B. 2004. Changing external conditions requires high level of enterpreneurship in agriculture. Lelystad, the Netherlands.
43. Soethoudt, J.M., Hendricks, J., and Waldhauer, N. 2016. Opportunities for hydro- and aquaponics in Egypt. Food and Biobased Research, Wageningen UR.
44. Son, J.E., Kim, H.J., and Ahn, T.I. 2016. Hydroponic Systems. Plant Factory, 213–221.
45. Soundaria, M., Maheswari, V., Santhakumari, P., and Gopal, V. 2011. Hydroponics a Novel Alternative for Geoponic Cultivation of Medicinal Plants and Food Crops; 2: 286–96.
46. Suhardiyanto, H. 2008. Application of Deep Sea Water for Multi-Trusses Cultivation of Tomato Using A Nutrient Film Technique. HAYATI Journal of Biosciences, 15: 49–55.
47. Takeda, F. 2000. Out of-season greenhouse strawberry production in soilless substrate. Advance in strawberry Science: 18: 4-15.
48. Verdonck, O., and Demeyer, P. 2004. The influence of the particle size on the physical properties of growing media. Acta Horticulture, 644: 99-101.
49. Wortman, S. 2015. Crop physiological response to nutrient solution electrical conductivity and pH in an ebb-and-flow hydroponic system. Scientia Horticulturae, 195: 34-42.
50. Yang, L., Giannis, A., and Chang, V.W.C. 2015. Application of hydroponic systems for the treatment of source-separated human urine. Ecological Engineering, 81: 182–191.