

چالش‌های سازه‌های گلخانه‌ها در ایران^۱

قاسم زارعی^{۲،۳}

چکیده

در سال‌های اخیر، ساخت گلخانه‌ها برای تولید محصول‌های کشاورزی به دلیل امکان کنترل عامل‌های تأثیرگذار بر محیط مانند تغییرات دمایی، جلوگیری از پدیده‌های سرمازدگی و گرم‌زدگی، استفاده بهینه از منابع آب و خاک، امکان کاربرد مناسب کود و سم، امکان تولید در خارج از فصل و نیز افزایش کمیت و بهبود کیفیت محصول، جایگاه ویژه‌ای به این نوع از تولید بخشیده و کشت گلخانه‌ای در حکم یک روش تولید متفاوت با بهره‌وری بالا رو به گسترش است. در اصل، گلخانه‌های تجاری با هدف تولید انبوه و اقتصادی انواع گیاهان زینتی، سبزی‌ها، صیفی‌ها و میوه‌ها ایجاد می‌شوند. به منظور آماده شدن شرایط محیطی مناسب درون گلخانه‌ها، گزینش محل مناسب، نوع سازه، پوشش و وسایل به کار رفته در آنها، مدیریت و چگونگی بهره‌برداری از گلخانه‌ها اهمیت اساسی دارند. مساحت غیراقتصادی، جهت جغرافیایی نادرست ساخت گلخانه‌ها، ابعاد هندسی نامناسب، سطوح تهویه‌ای نامناسب نسبت به مساحت گلخانه‌ها، مکان قرارگیری نامناسب دریچه‌های تهویه، استفاده از مصالح و پوشش‌های غیراستاندارد، مستحکم نبودن سازه‌ها در برابر عامل‌های محیطی مانند باد و برف و کم‌دوامی سازه‌ها را می‌توان از مشکل‌های عمده در برخی از سازه‌های گلخانه‌ای کشور نام برد. این مشکل‌ها باعث کاهش قابلیت کنترل عامل‌های محیطی و در نتیجه، کاهش بهره‌وری در تولید گردیده‌اند. در این نوشتار، همراه با ارایه و واکاوی شاخص‌های فنی سازه‌ای مورد نیاز در گلخانه‌ها برای رسیدن به کمینه استانداردهای لازم، نتایج بررسی موردی انجام شده در سال ۱۳۹۲ در سه استان خوزستان، بوشهر و فارس ارائه شده‌اند. نتایج این بررسی نشان از آن دارد که بیشتر گلخانه‌های احداث شده در استان خوزستان در حد و اندازه استاندارد نبوده و با معیارها و مبانی مهندسی همسو نیستند. همچنین؛ همراه با ضعف موجود در بیش از نیمی از سازه‌های بررسی شده استان بوشهر، تفاوت‌های سازه‌ای و وسایل کنترلی مشاهده شده در گلخانه‌های این استان کم است و معنی‌دار نیستند. به تازگی، استفاده از گلخانه‌های استان بوشهر برای تولید نشای سبزی و صیفی و نیز نهال بارده و ارسال آنها به دیگر استان‌های کشور معمول شده است. این نوع کاربری، ضعف سازه‌ای و وسایلی گلخانه‌های موجود در استان بوشهر را تا حدی تعدیل کرده است. از سوی دیگر، تفاوت‌های سازه‌ای و وسایل کنترلی مشاهده شده در گلخانه‌های بررسی شده استان فارس نیز کم بود و معنی‌دار نبودند، در ضمن ضعف شاخص‌های فنی یاد شده در حدود نیمی از سازه‌های گلخانه‌ای این استان با توجه به گوناگونی اقلیمی آن مشهود بود.

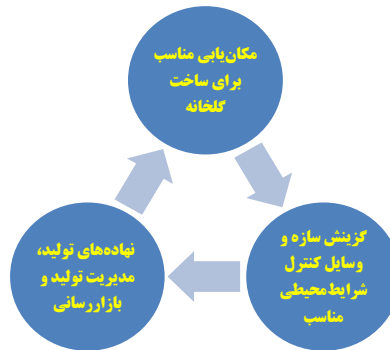
واژه‌های کلیدی: استانداردهای گلخانه، بهره‌وری آب، بهره‌وری انرژی، شاخص‌های فنی.

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت از یک سو و محدودیت آب در گسترش زمین‌های قابل کشت از سوی دیگر، تأمین نیازهای غذایی ایران را با چالش اساسی روبه‌رو کرده است. در چنین شرایطی یکی از راهکارها برای حل این مشکل، بهره‌گیری مؤثر و بهینه از منابع محدود آب و خاک کشور است. تولید محصول‌های کشاورزی در گلخانه‌ها از دیدگاه افزایش بهره‌وری آب، مهم است. در کشور ما استفاده از این فناوری و گسترش تولید محصول‌های گلخانه‌ای با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک آن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برخی از برتری‌های مهم این تولیدها عبارتند از کنترل عامل‌های محیطی و عرضه محصول در خارج از فصل زراعی، افزایش بهره‌وری مصرف آب، استفاده بهینه از تمامی نهاده‌های کشاورزی (بذر، کود، سم، آب، انرژی و غیره)، افزایش بازدهی و عملکرد محصول همراه با بهبود کیفیت، در پایان ایجاد کسب و کار.

افزون بر برتری‌های بالا، موقعیت جغرافیایی و گوناگونی اقلیم کشورمان همراه با طول روز بلند، روشنایی کامل آفتاب، وجود اقلیم‌های مختلف، نزدیکی به بازارهای مصرف منطقه‌ای شرایط و ظرفیت بهینه‌ای را برای انتخاب نقاط مستعد از نظر کاهش هزینه‌های تولید به‌ویژه کاهش مصرف انرژی و گسترش تولید محصول‌های گلخانه‌ای فراهم کرده است. با این شرح، هنوز سطح زیرکشت گلخانه‌های کشور از مرز ۱۰۱۰۰ هکتار فراتر نمی‌رود که با توجه به مساحت زمین‌های قابل کشت و نیز گوناگونی محصول‌های زیرکشت، بسیار ناچیز است و دلایل آن می‌تواند وجود چالش‌های متعدد در مکان‌یابی، طراحی، ساخت، مدیریت و پرورش محصول‌های گلخانه‌ای باشد (۱، ۳، ۷).

در اصل، گلخانه‌های تجاری با هدف تولید انبوه، پایدار اقتصادی انواع گیاهان زینتی، سبزی‌ها، صیفی‌ها و میوه‌ها ساخته و بهره‌برداری می‌شوند (۶، ۱۶). مطابق شکل ۱، برای آماده شدن شرایط محیطی مناسب در داخل گلخانه‌ها، گزینش محل مناسب، نوع سازه، پوشش و وسیله‌های به‌کار رفته در آنها، نهاده‌های تولیدی به‌کار گرفته‌شده، مدیریت اعمال شده در جریان تولید، چگونگی بهره‌برداری از گلخانه‌ها و نیز بازاریابی محصول‌های تولید شده اهمیت اساسی دارند (۵، ۷).

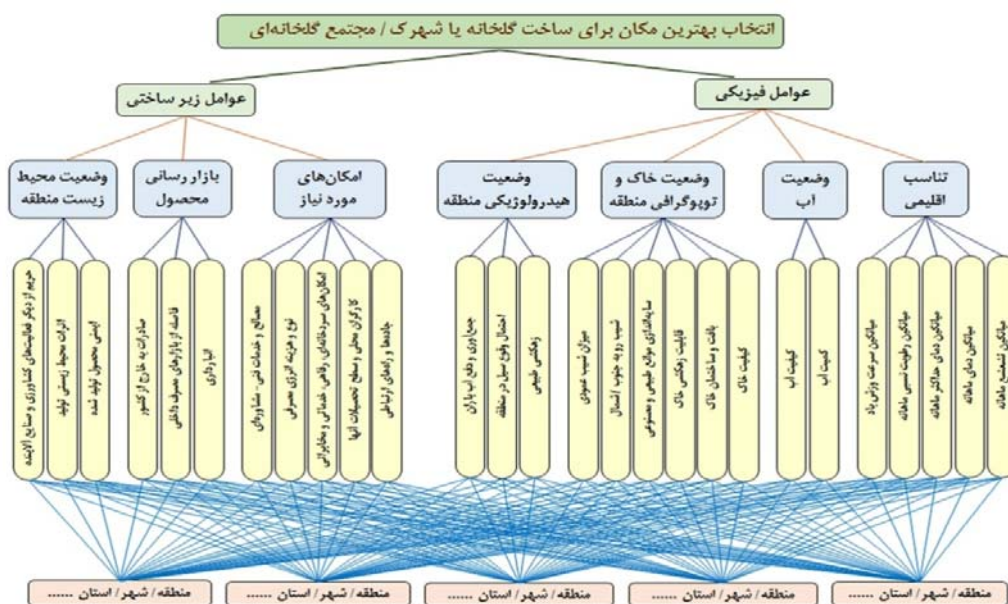


شکل ۱- اجزای زنجیره تولید انبوه، پایدار و اقتصادی در محیط‌های گلخانه‌ای.

نخستین گام در ساخت یک گلخانه تجاری، گزینش محل مناسب برای ساخت آن است. بدیهی است برنامه‌های پیش‌بینی شده برای افزایش کمی و کیفی محصول همراه با کاهش هزینه‌های تولید، به گزینش محل صحیح برای ساخت گلخانه بستگی دارد (۵، ۱۷، ۲۹). گزینش بهترین مکان ممکن برای ساخت گلخانه یا تعیین بهترین محل برای ساخت شهرک یا مجتمع‌های گلخانه‌ای، یکی از مسایل تصمیم‌گیری چندسنجشی است (شکل ۲). این فرآیند به‌طور معمول زیر تأثیر دو دسته از عوامل با شرح زیر قرار می‌گیرند (۵):

- ۱- عامل‌های فیزیکی مانند تناسب اقلیمی، وضعیت آب، وضعیت خاک و توپوگرافی و نیز وضعیت هیدرولوژیکی منطقه.
- ۲- عامل‌های زیرساختی مانند امکان‌های مورد نیاز موجود، بازار رسانی، وضعیت محیط‌زیست منطقه.

گام بعدی، گزینش سازه و وسیله‌های کنترل شرایط محیطی مناسب است (۲۰). در حال حاضر بخشی (حدود ۲۰٪) از سازه‌های گلخانه‌ای کشور که به کشت سبزی و صیفی، میوه و گل و گیاهان زینتی اختصاص دارند، چوبی هستند و باقیمانده به‌طور عمده از نوع سازه فلزی با پوشش پلاستیکی از نوع پلی‌اتیلن هستند که از نظر فنی دارای فناوری‌های مناسب نیستند و به همین دلیل توان کنترل عامل‌های محیطی مؤثر در تولید را ندارند، به‌طوری‌که این سازه‌ها چالش‌های مدیریتی زیادی در زمان تولید ایجاد می‌کنند و به‌طور معمول بهره‌وری نهاده‌ها در آنها پایین است (۷). از سوی دیگر وسیله‌های گلخانه‌ای، نقش کنترل شرایط محیطی درون گلخانه را برعهده دارند. این وسیله‌ها عبارتند از سامانه‌های تهویه، گرمایش، سرمایش، روشنایی تکمیلی، آبیاری و زهکشی و سایر وسیله‌های لازم (شکل ۳).



شکل ۲- عامل‌های مؤثر در انتخاب بهترین مکان ممکن برای ساخت گلخانه‌ها.



شکل ۳- شمایی از وسیله‌های گلخانه‌ای کنترل‌کننده شرایط محیطی درون گلخانه: الف- سرمایش پوشال و پنکه، ب- سرمایش پوشال و پنکه، پ- سامانه گرمایش، ت- سامانه روشنایی تکمیلی، ث- دریچه تهویه سقفی، ج- پنجره‌های تهویه کناری.

گام آخر، نهادهای تولیدی، مدیریت تولید و بازاریابی محصولات تولید شده هستند که از جمله عوامل تأثیرگذار بر کشت‌های گلخانه‌ای به‌شمار می‌روند. این عوامل عبارتند از نهادهای تولید (بذر، سم، کود، آب، انرژی و غیره)، دانش فنی موجود در بین بهره‌برداران،

بسترهای کشت، تغذیه گیاهان، هرس گیاهان، زمان کاشت، آفت‌ها و بیماری‌های گیاهان گلخانه‌ای، برنامه‌ریزی و سامانه‌های آبیاری، برداشت و پس از برداشت محصول، بازار مصرف و قیمت فروش محصول، خطرپذیری تولید، آموزش گلخانه‌دارها و ارائه خدمات‌های مشاوره‌ای و مهندسی مورد نیاز گلخانه‌ای (شکل ۴).

وضعیت سازه‌های گلخانه‌های کشور

آمار و داده‌های موجود در دفتر امور گلخانه‌ها، گیاهان دارویی و قارچ معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی نشانگر این است که تا پایان سال ۱۳۹۴، سطح زیرکشت گلخانه‌ها در کشور حدود ۱۰۰۷۰ هکتار بوده است (جدول ۱). از این سطح حدود ۷۲۸۳ هکتار (۷۲/۳٪) به سبزی و صیفی، ۲۲۶۵ هکتار (۲۲/۵٪) به گل و گیاهان زینتی و ۵۲۲ هکتار (۵/۲٪) به سایر گیاهان اختصاص داشته است. در این سال، بیشترین سطح گلخانه‌ها در کشور، به ترتیب در استان‌های تهران (۲۷۶۶ هکتار)، کرمان (شامل جیرفت، کهنوج و سایر مناطق این استان، ۱۶۱۳ هکتار)، اصفهان (۱۴۱۰ هکتار)، یزد (۱۳۳۱ هکتار)، مرکزی (۵۴۰ هکتار)، خوزستان (۴۰۸ هکتار)، مازندران (۲۹۸ هکتار)، سیستان و بلوچستان (۲۵۰ هکتار) و البرز (۲۱۳ هکتار) قرار داشته‌اند، به طوری که می‌توان گفت، حدود ۸۷/۹٪ از کل مساحت گلخانه‌های کشور در این ۹ استان متمرکز بوده‌اند. همچنین؛ از کل گلخانه‌های کشور در این سال، حدود ۲۱۰۰ هکتار آن (به تقریب ۲۰/۹٪) دارای اسکلت چوبی و سنتی (بیشتر در استان‌های تهران، اصفهان، خوزستان، یزد، کرمان مازندران) و باقیمانده دارای اسکلت فلزی (لوله و پروفیل) بوده‌اند. از سوی دیگر، در بیشتر موارد (بیش از ۹۵٪) برای پوشش گلخانه‌ها از پلاستیک (پلی اتیلن) و در بقیه از پوشش‌های پلی کربنات و شیشه استفاده شده است (۳). مساحت غیراقتصادی، جهت جغرافیایی نادرست ساخت گلخانه‌ها، ارتفاع کم، نسبت‌های نامناسب ارتفاع به عرض دهانه گلخانه‌ها (H/W)، طول به عرض دهانه گلخانه‌ها (L/W)، سطح‌های تهویه‌ای نامناسب نسبت به مساحت گلخانه (a/A)، مکان قرارگیری نامناسب دریچه‌های تهویه، استفاده از مصالح و پوشش‌های غیراستاندارد، مستحکم نبودن و کم‌دوامی سازه‌ها در برابر عامل‌های محیطی مانند باد و برف را می‌توان تعدادی از چالش‌های عمده در برخی از سازه‌های گلخانه‌ای کشور دانست که باعث کاهش قدرت و قابلیت کنترل عامل‌های محیطی و در پایان، کاهش بهره‌وری و افزایش هزینه‌های تولید گردیده‌اند (۷). در ادامه، به ترتیب مطالب فنی و مختصری درباره این عامل‌ها بررسی شده است.

۱- مساحت گلخانه‌ها

در تولید اقتصادی از راه کشت‌های متراکم در نقاط مختلف جهان، مساحت‌های متفاوتی برای گلخانه‌ها تعیین و توصیه شده‌اند. در حالی که میانگین سطح یک واحد گلخانه‌ای در بیشتر کشورهای پیشرفته حدود یک هکتار است، در کشور ما واحدهای گلخانه‌ای با سطح بین ۸۳۳ تا ۱۲۷۲۷ مترمربع، وجود دارند به طوری که میانگین کشوری سطح بهره‌برداری از گلخانه‌های کشور معادل ۲۸۴۴ مترمربع به ازای هر بهره‌بردار است (۶). در بعضی از مناطق جهان، یک گلخانه با مساحت کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع اقتصادی است. در ایالات متحده آمریکا، گلخانه با مساحت ۷۰۰۰ تا ۸۰۰۰ مترمربع اقتصادی است. در هلند گلخانه با مساحت ۸۵۰۰ مترمربع یک واحد تجاری با صرفه اقتصادی تلقی می‌شود (۱۸). در ایران براساس محاسبه‌ها و برآوردهای کارشناسی انجام شده، گلخانه‌هایی که مساحت آنها کمتر از ۳۰۰۰ مترمربع باشد، توجیه اقتصادی کافی در تولید سبزی، صیفی، گل و گیاهان زینتی ندارند (۲، ۸).

۲- جهت گلخانه‌ها

جهت گلخانه بستگی به موقعیت جغرافیایی و نیز وضعیت اقلیمی (جهت وزش بادهای شدید) منطقه دارد. در صورتی که منطقه بادخیز باشد، برای به وجود آمدن مقاومت کمتر، بایستی گلخانه را در جهت باد چیره بسازند. در عرض‌های جغرافیایی کمتر از ۴۰ درجه شمالی (همانند تمامی مناطق ایران)، جهت شمالی- جنوبی برای ساخت گلخانه مناسب‌تر است. Chandra و همکاران (۱۳) نیز برای شمال هندوستان، ساخت گلخانه‌ها را در جهت شمالی- جنوبی توصیه کرده‌اند. ساخت گلخانه‌ها در جهت شرقی- غربی در عرض‌های جغرافیایی بیش



شکل ۴- شمایی از نهاده‌های تولید و عامل‌های مدیریتی تأثیرگذار بر کشت‌های گلخانه‌ای. الف- سامانه تهیه محلول غذایی در کشت غیرخاکی، ب- سامانه کودآبیاری در کشت غیرخاکی، پ- سامانه آبیاری قطره‌ای در کشت خاکی، ت- کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشت‌های خاکی و غیرخاکی، ث- بسترهای تهیه شده برای کشت غیرخاکی و ج- مبارزه زیستی با آفت‌های گلخانه‌ای.

جدول ۱- سطح زیرکشت انواع محصول‌های گلخانه‌ای تا پایان سال ۱۳۹۴ (۳).

سطح زیرکشت		نوع محصول
درصد	هکتار	
۷۲/۳۲	۷۲۸۳/۲	سبزی و صیفی
۲۲/۴۹	۲۲۶۴/۶	گل و گیاهان زینتی
۵/۱۹	۵۲۲/۳	سایر گیاهان
۱۰۰	۱۰۰۷۰/۱	جمع کل

از ۴۰ درجه شمالی برای دریافت بیشینه نور خورشید و سایه‌اندازی کمتر سازه‌های گلخانه‌ای (ناودان‌ها) در زمستان، توصیه می‌شود. سایه‌اندازی ناودان‌ها در این ناحیه‌ها ممکن است باعث رشد غیریکنواخت بعضی از گیاهان شود و به همین دلیل، این آرایش گلخانه‌ای در مناطق یاد شده از نظر میزان نور دریافتی در زمستان دارای برتری در مقایسه با آرایش شمالی- جنوبی است. تفاوت دریافت نور خورشید گلخانه‌ها در جهت‌های شرقی- غربی و شمالی- جنوبی در حدود ۱۶٪ تعیین و گزارش شده است. تفاوت در دریافت نور خورشید افزون‌بر جهت جغرافیایی، به شکل هندسی گلخانه (شکل سقف گلخانه، عرض دهانه گلخانه، ارتفاع گلخانه و غیره) نیز بستگی دارد (۱۰، ۱۸).

۳- ارتفاع اسکلت گلخانه

از جمله عامل‌های بسیار مهم در ساخت گلخانه، ارتفاع (H) آن است. در اصل، ارتفاع گلخانه تعیین‌کننده حجم و میزان تهویه (تبادل-های دمایی، گازی و رطوبتی) در آن است. افزایش حجم داخل گلخانه به دلیل بلند بودن ارتفاع آن سبب می‌شود که تغییرها در شرایط درون گلخانه به هنگام تغییرها در شرایط بیرون گلخانه، تدریجی باشد و به همین دلیل دامنه نوسان‌های دمایی، گازی و رطوبتی در آن کمتر رخ دهد. هم‌اکنون در ساخت گلخانه‌ها در مناطق گرمسیری، به منظور تهویه مناسب‌تر، تمایل به افزایش ارتفاع وجود دارد (۱۴). به دلیل اهمیت ارتفاع (۲۲)، این عامل بر اساس جدول ۲ یکی از فراسنجه‌های مهم در تقسیم‌بندی گلخانه‌ها از نظر میزان استفاده از فناوری‌های روز جهان به شرح زیر است (۲۲، ۲۵):

جدول ۲- ویژگی‌های مهم در دسته‌بندی انواع گلخانه‌ها.

ویژگی‌ها	نوع گلخانه	فناوری پایین	فناوری میانه	فناوری پیشرفته
نوع پوشش	پلاستیک یک لایه	پلاستیک دو لایه	پلاستیک یک لایه	پلاستیک دو لایه
بلندی گلخانه (متر) از	زیر ناودانی	سقف		
	≤ 2	≤ 3	$4 < H \leq 6$	$6 < H \leq 9$
شکل سطح مقطع هندسی	تونل‌های کوتاه یک دهانه گلخانه‌های چند دهانه چوبی یا فلزی	گلخانه‌های انحنادار چنددهانه (قوسی یا گنبدی) به نسبت بلند	گلخانه‌های انحنادار چنددهانه (قوسی یا گنبدی) بدون انحنای چنددهانه (طرح ونلو هلندی) بلند	گلخانه‌های انحنادار چند دهانه (قوسی یا گنبدی) بلند
سطح اتوماسیون و مکانیزاسیون	ضعیف	متفاوت و در حد میانه	پیشرفته	
شیوه کنترل آفت‌ها و بیماری‌ها	شیمیایی	بیشتر شیمیایی و در موارد کمی غیر شیمیایی	بیشتر غیر شیمیایی و در موارد کمی شیمیایی	بیشتر غیر شیمیایی و در موارد کمی شیمیایی (کنترل تلفیقی قوی)
وسایل کنترل شرایط محیطی (گرمایش، سرمایش، تهویه و غیره)	به‌طور معمول ندارند.	به‌طور معمول دارند.	کامل هستند.	
روش کشت	خاکی	خاکی یا غیرخاکی باز (غیر چرخشی)	غیرخاکی بسته (چرخشی)	

الف- گلخانه با فناوری پایین - اسکلت این گلخانه‌ها سنتی (فلزی ساده و یا چوبی) و بیشتر تک‌دهانه است و توسط پلاستیک یک لایه پوشیده می‌شوند. بلندی کف تا زیر ناودانی (h) آنها گاهی از ۲ متر و نیز بلندی کف تا سقف (H) آنها گاهی از ۳ متر بیشتر می‌شود ($H \leq 3\text{ m}$ و $h \leq 2\text{ m}$). هزینه ساخت آنها پایین (کمترین هزینه لازم) است و وسیله‌های کنترل شرایط محیطی (گرمایش، سرمایش و غیره) ندارند. سطح اتوماسیون و مکانیزاسیون به کار رفته در این گلخانه‌ها بسیار پایین بوده و آفت‌ها و بیماری‌ها در آنها بیشتر به روش شیمیایی کنترل می‌شوند. کشت در این گلخانه‌ها خاکی است و در بیشتر موارد سبزی‌ها و گیاهان زینتی در آنها کشت می‌شوند.

ب- گلخانه با فناوری میانه - اسکلت این گلخانه‌ها فلزی بوده، پوشش آنها پلاستیک (پلی‌اتیلن) یک یا دو لایه، پلی‌کربنات یا شیشه است و بیشتر به صورت چنددهانه ساخته می‌شوند. بلندی کف تا زیر ناودانی در این نوع گلخانه‌ها ۴ متر یا کمتر و بلندی آنها تا سقف ۶ متر یا کمتر است ($4\text{ m} < H \leq 6\text{ m}$ و $h \leq 4\text{ m}$). هزینه ساخت آنها بیشتر از (چندین برابر) گلخانه با فناوری پایین است و وسیله‌های کنترل شرایط محیطی (گرمایش، سرمایش، تهویه و غیره) در آنها وجود دارد. سطح استفاده از اتوماسیون و مکانیزاسیون آنها متفاوت و پذیرفتنی است. در این نوع از گلخانه‌ها، کنترل آفت و بیماری به روش غیرشیمیایی نیز امکان‌پذیر است. کشت در این گونه از گلخانه‌ها خاکی یا غیرخاکی باز (غیرچرخشی) است و بیشتر سبزی‌ها، گیاهان زینتی و میوه‌ها در آنها کشت می‌شوند.

پ- گلخانه با فناوری پیشرفته - اسکلت چنددهانه این گلخانه‌ها از نوع فلزی پیشرفته و بیشتر به شکل طرح هلندی (ونلو) با پوشش شیشه‌ای است. اسکلت انحنادار این نوع گلخانه‌ها نیز دارای پوشش پلاستیک دو لایه یا پلی‌کربنات است. در این نوع گلخانه‌ها بلندی کف تا زیر ناودان دستکم ۵ متر است و بلندی تا سقف ممکن است به ۹ متر نیز برسد ($5\text{ m} \leq H < 6\text{ m}$). تبادل هوا و تهویه در این گلخانه‌ها به شکل مناسب و کافی صورت می‌گیرد. سطح استفاده از اتوماسیون و مکانیزاسیون برای کنترل عامل‌های محیطی (گرمایش، سرمایش، تهویه، سایه‌اندازی، نور تکمیلی و غیره) این نوع گلخانه‌ها پیشرفته بوده و به همین دلیل شرایط برای مدیریت کنترل تلفیقی آفت‌ها و بیماری‌ها فراهم است. کشت در این گلخانه‌ها غیرخاکی بسته (چرخشی) است و انواع محصول‌های سبزی، گیاهان زینتی، میوه‌ها و غیره در آنها کشت می‌شوند. در حال حاضر برای ساخت گلخانه‌ها در کشور، براساس نظام گلخانه‌ای کشور که از سوی وزارت جهاد کشاورزی به سازمان‌های نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی استان‌ها ابلاغ شده است، بلندی از کف تا زیر ناودانی و تا سقف به ترتیب بیش از ۳/۵ متر و دستکم ۵/۵ متر توصیه شده است (۲).

۴- مساحت تهویه‌ای

در ارتباط با نسبت بین مساحت پنجره‌های سقفی و جانبی به سطح کف گلخانه (a/A) برای انجام تهویه کافی، اعداد مختلفی بسته به اقلیم یا عرض جغرافیایی منطقه مورد نظر، گزارش شده‌اند (جدول ۳). Von Zabeltitz (۲۸) کمینه نسبت سطح تهویه را برای کشور آلمان ۱۵ تا ۲۵٪ گزارش کرده‌است. White (۳۰)، Hanan (۱۸) و Kittas (۲۳)، نسبت سطح تهویه را برای کشور نیوزلند و کشورهای واقع در حوزه دریای مدیترانه، حدود ۳۰٪ گزارش کرده‌اند. براساس استاندارد ایالات متحده آمریکا، نسبت سطح تهویه برای گلخانه‌های این کشور ۱۵ تا ۲۵٪ تعیین شده است (۱۱). Montero (۲۴) نسبت سطح تهویه را برای نواحی جنوبی اروپا ۳۰ تا ۳۳٪ گزارش کرده است. Connellan (۱۴) کمینه نسبت سطح پنجره‌ها به سطح کف گلخانه را برای نزدیک کردن دمای بیرون و درون گلخانه در کشور استرالیا، ۲۰٪ اعلام کرده‌است. Speetjens و همکاران (۲۶) نسبت سطح تهویه را برای مناطق نیمه‌گرمسیری همانند کشور تایوان، در حدود ۴۰ تا ۵۵٪ گزارش کرده‌اند. نتایج پژوهش Kamarudin و همکاران (۲۱) نشان داد برای انجام تهویه مناسب (پیشگیری از افزایش دما و رطوبت) در گلخانه‌های مناطق گرمسیری، نسبت روزنه‌های موجود در توری‌های به‌کار رفته در دیواره‌ها می‌تواند ۵۳ تا ۶۸٪ باشند تا افت فشار مجاز هوا و سرعت جریان بین درون و بیرون گلخانه، پذیرفتنی باشد. بعضی از پژوهشگران لزوم رسیدن این نسبت را تا کمینه ۶۰٪ برای مناطق گرمسیر مرطوب مانند کشور تایلند نیز گزارش کرده‌اند (۱۹). در ایران، این نسبت ۲۵٪ توصیه شده است که به ویژه در مناطق جنوبی کشور با اقلیم‌های گرم و خشک یا گرم و مرطوب کمتر از حد استاندارد به نظر می‌رسد (۲).

جدول ۳- سطوح تهویه‌ای لازم توصیه‌شده برای گلخانه‌ها در اقلیم یا عرض‌های جغرافیایی مختلف.

منبع	درصد سطوح تهویه‌ای لازم (%)	عرض جغرافیایی یا اقلیم
(۱۸)	>۱۰	عرض‌های جغرافیایی حدود ۵۰ درجه (شمال اروپا)
(۲۸ و ۱۴، ۱۱)	۱۵-۲۵	عرض‌های جغرافیایی میانه (اروپای مرکزی، ایالات متحده آمریکا، استرالیا و غیره)
(۳۰ و ۲۴، ۲۳، ۱۸)	۲۰-۳۵	اقلیم‌های معتدل (نواحی مدیترانه‌ای و جنوبی اروپا)
(۲۶)	۴۰-۵۵	اقلیم‌های نیمه‌گرمسیری
(۲۱ و ۱۹، ۷)	>۶۰	اقلیم‌های گرمسیری

۵- نسبت‌های ابعادی گلخانه‌ها

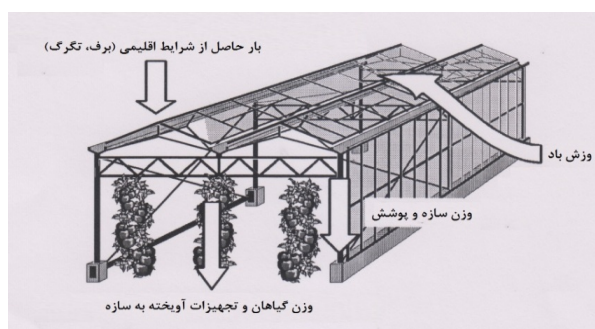
در گلخانه‌های شرقی- غربی در نسبت‌های $>0.5H/W$ ، میزان تابش ورودی به این نوع گلخانه‌ها بیشتر می‌گردد. در این رابطه، H ارتفاع گلخانه و W عرض دهانه گلخانه است. همچنین؛ با زیاد شدن تعداد دهانه‌های^۱ گلخانه، میزان تابش ورودی به این نوع گلخانه‌ها کمتر می‌شود. از سوی دیگر در گلخانه‌های شمالی- جنوبی، در نسبت‌های $L/W < 5$ ، میزان تابش ورودی به گلخانه کمتر می‌گردد. در این رابطه، L طول گلخانه است. همچنین؛ در این حالت تعداد دهانه‌های گلخانه تأثیر زیادی بر میزان تابش ورودی به گلخانه ندارند. به‌طور کلی، می‌توان بیان کرد که یکنواختی توزیع تابش خورشیدی در گلخانه‌های شرقی- غربی کمتر از گلخانه‌های شمالی- جنوبی است. همچنین؛ از نظر تابش ورودی، حساسیت گلخانه‌های یک دهانه به موقعیت جغرافیایی بیشتر از گلخانه‌های چند دهانه است (۱۸).

طول گلخانه‌ها (L) از نظر عملکرد و کارایی سامانه‌های سرمایشی پوشال- پنکه^۲ نیز اهمیت دارد. در گلخانه‌ها به‌طور معمول فاصله پوشال از پنکه باید ۳۰ تا ۴۵ متر باشد (۳۰). در طول‌های کمتر از این دامنه، فرصت کافی برای تبادل گرما بین هوای خنک عبور کرده از پوشال و هوای گرم درون گلخانه به وجود نمی‌آید. در طول‌های بیشتر از این دامنه، حجم و دمای هوای خنک عبور کرده از پوشال، توان خنک‌سازی حجم هوای داخل گلخانه را در طول عبور و خارج شدن به وسیله پنکه نخواهد داشت. در عمل، طول گلخانه تعیین‌کننده این فاصله است. برای گلخانه‌هایی با طول زیاد، نصب پنکه‌های سقفی در وسط طول گلخانه و قرار دادن پوشال‌ها در دو طرف گلخانه پذیرفتنی است (۹، ۱۱).

نسبت ارتفاع به عرض دهانه گلخانه (H/W) از دیدگاه سنجش میزان تهویه در گلخانه‌ها نیز مهم است. به‌طور تقریبی نسبت ارتفاع به عرض باید حدود ۳۳٪ باشد. اگر این نسبت کمتر از ۳۳٪ باشد، حجم هوای درون گلخانه کافی نبوده و شرایط مناسبی برای گسترش بیماری‌ها فراهم خواهد شد (۴). تهویه، فرآیند تعویض هوا و ورود هوای تازه به گلخانه است. وسیله‌های تهویه طبیعی در عمل بخشی از سازه گلخانه هستند (دریچه‌های سقفی و جانبی). در واقع کوتاهی در پیش‌بینی و محاسبه صحیح تهویه در هنگام طراحی و ساخت، موجب کاهش مطلوبیت عامل‌های محیطی در گلخانه می‌شود. تهویه به منظور کاهش دمای گلخانه در روزهای آفتابی، تهیه CO_2 لازم برای فتوسنتز، خارج کردن هوای گرم و مرطوب گلخانه و جایگزین کردن با هوای خشک‌تر و خنک‌تر و در نتیجه نامساعد کردن شرایط برای رشد و نمو قارچ‌ها و کاهش بیماری‌ها انجام می‌گیرد (۲۴). براساس اقلیم، منطقه و نوع محصول تهویه به یکی از روش‌های تهویه با حرکت طبیعی هوا (پنجره‌های سقفی و جانبی)، تهویه با پنکه، تهویه با پنکه - جت و سامانه خارج‌کننده هوای گلخانه به بیرون صورت می‌گیرد (۱۸).

۶- استحکام سازه‌های گلخانه

با عنایت به گوناگونی محصول‌های گلخانه‌ای، نیازهای متفاوت اقلیمی این محصول‌ها و نیز تفاوت بارهای وارده بر گلخانه‌ها، ضرورت دارد که نوع گلخانه با توجه به نوع محصول، معیارهای اقلیمی و شرایط مالی بهره‌بردار گزینش شود (۶). اگرچه هر محصولی را می‌توان در هر گلخانه‌ای تولید کرد، اما در عمل محدودیت‌هایی (فنی و اقتصادی) در این باره به وجود می‌آیند که بهتر است پیش از گزینش نوع سازه، به آنها دقت شود. برابر شکل ۵، سازه گلخانه باید طوری طراحی و ساخته شود که بتواند تمامی بارها و فشارهای بیرونی و درونی وارد بر آن را که شامل وزن اسکلت و پوشش گلخانه (بار مرده^۱)، وزن محصول و تجهیزات آویخته به آن، وزن برف و تگرگ و نیروی حاصل از وزش باد است را تحمل کند (۱). توصیه‌های فنی لازم انجام‌شده در این باره، در جدول ۴ آمده است (۱۰، ۱۵).



شکل ۵- نمایش شماتیک از عامل‌های مؤثر بر استحکام و انواع نیروهای واردشده به یک سازه گلخانه‌ای (۲۷).

جدول ۴- میزان تحمل یک سازه گلخانه‌ای در برابر انواع نیروهای وارده (۱، ۱۰، ۱۵).

مقدار نیروی وارده (کیلو نیوتون بر مترمربع)	نوع بار وارده
۰/۵۰ تا ۰/۶۰	وزش باد (۱۰۰ تا ۱۲۰ کیلومتر بر متر مربع)
۱/۰ تا ۱/۱۵	بارش برف (برای اقلیم‌های سرد و معتدل)
۱/۱۰ تا ۰/۲۰	وزن گیاهان و تجهیزات آویخته به سازه گلخانه
۰/۲۰ تا ۰/۱۰	بار مرده ناشی از وزن اسکلت و پوشش گلخانه

به‌طور کلی، برای تولید محصول در گلخانه و ارتباط آن با سازه گلخانه‌ای باید به موارد زیر توجه شود:

- ۱- تفاوت در دامنه دمایی، رطوبتی و نوری مورد نیاز است.
- ۲- تفاوت بارهای وارده به گلخانه به‌دلیل نوع محصول است.
- ۳- در یک گلخانه هنگام تولید محصول داربستی، به اسکلت گلخانه بار وارد می‌شود در صورتی‌که برای تولید گل‌های بریدنی یا زینتی (بدون گلدان‌های آویز) باری به گلخانه وارد نمی‌شود.
- ۴- گلخانه‌ای که حجم زیادی از آن از کف تا سقف به‌وسیله محصول‌های داربستی پر شده است، نیاز به حجم تهویه بیشتری در مقایسه با یک گلخانه تولید گل‌های بریدنی یا زینتی دارد.
- ۵- برای گیاهان بزرگ (درخت‌هایی نظیر موز)، تهیه نشا (خزانه داری)، ایجاد باغ‌های گیاه‌شناسی و موارد دیگر به طرح‌های ویژه‌ای از گلخانه‌ها نیاز است.

از نظر متخصصان، فراسنجه‌های اصلی طراحی گلخانه‌ها عبارتند از: فراسنجه‌های اقلیمی (مانند باد، برف، تگرگ، رگبار، دما، رطوبت نسبی، شدت تابش خورشید، شمار ساعت‌ها و غیره) و تأثیر آنها روی سازه گلخانه‌ای، نوع بارهای وارد شده به سازه گلخانه‌ای، نوع کاربری و گیاهان زیرکشت گلخانه و نیز استانداردهای موجود (۱۰، ۱۲).

نتیجه‌گیری

در این نوشتار شاخص‌های فنی سازه‌ای بیان شده برای گلخانه‌ها، در یک بررسی موردی در سه استان خوزستان، بوشهر و فارس در سال ۱۳۹۲ ارزیابی شدند (جدول ۵). بدین منظور ۱۵ گلخانه در استان خوزستان، ۱۰ گلخانه در استان بوشهر و ۲۰ گلخانه در استان فارس به‌طور تصادفی انتخاب شدند. برای گرفتن اطلاعات میدانی، پرسش‌نامه‌ای تهیه و در هنگام مراجعه به گلخانه‌های برگزیده (به‌صورت نمونه‌ای از وضعیت گلخانه‌های استان)، اقدام به تکمیل آنها گردید. برای این کار از پرسشنامه‌های ساخت‌یافته‌ای که روایی و پایایی آنها از راه آزمون‌های آماری واکاوی عامل و ضریب‌های Cronbach's α (alpha) سنجیده شد، استفاده گردید (۷). نتایج نشان داد که: حدود ۶۶/۷٪ گلخانه‌های استان خوزستان، ۷۵٪ گلخانه‌های استان بوشهر و ۸۶٪ گلخانه‌های استان فارس با توجه به عرض جغرافیایی آنها، در جهت جغرافیایی صحیح (شمالی - جنوبی) احداث شده‌اند. همچنین، میانگین مساحت گلخانه‌های بررسی شده این سه استان بیشتر از کمینه لازم ۳۰۰۰ مترمربع (به ترتیب ۴۹۶۳، ۷۴۷۹ و ۵۳۱۱ مترمربع) بود. میانگین عرض دهانه گلخانه‌های این سه استان به ترتیب ۸/۲۰، ۸/۲۵ و ۸/۳۷ متر بود. از دیدگاه ارتفاع سازه گلخانه تا زیرناودان و سقف، تمام گلخانه‌های بررسی شده استان خوزستان در دسته گلخانه‌هایی با فناوری میانه، به ترتیب ۱۰٪ و ۹۰٪ گلخانه‌های بررسی شده استان بوشهر، در دسته گلخانه‌هایی با فناوری پایین و میانه و نیز همه گلخانه‌های بررسی شده استان فارس در دسته گلخانه‌هایی با فناوری میانه قرار داشتند.

میانگین نسبت ارتفاع به عرض گلخانه‌های بررسی شده استان‌های خوزستان، بوشهر و فارس با توجه به شاخص ارائه شده از نظر نورگیری $(\frac{H}{W} > 0.5)$ و تهویه $(\frac{H}{W} \geq 0.33)$ مناسب بودند. همچنین؛ میانگین نسبت طول به عرض گلخانه‌های بررسی شده در این سه استان با توجه به شاخص ارائه شده $(\frac{L}{W} < 5)$ برای کارکرد سامانه خنک‌کننده تبخیری پوشال و پنکه و نیز کم شدن میزان تابش ورودی به گلخانه‌ها در فصل‌های گرم، مناسب بودند.

میانگین نسبت سطح تهویه $(\frac{a}{A})$ گلخانه‌های بررسی شده استان‌های خوزستان و بوشهر با عنایت به شاخص سطح تهویه لازم برای مناطق گرم (۰/۴۰ - ۰/۵۵)، مناسب نبوده و در حدود یک‌چهارم تا یک سوم سطح تهویه مورد نیاز برای چنین مناطقی است. میانگین نسبت سطح تهویه گلخانه‌های بررسی شده استان فارس نیز با توجه به تخصیص سطح تهویه لازم برای مناطق سرد (بیشتر از ۰/۱۰)، معتدل (۰/۳۵ - ۰/۲۰) و گرم (۰/۴۰ - ۰/۵۵) برای مناطق سردسیر شمالی آن (اقلید، آباد و غیره) مناسب، ولی برای مناطق معتدل میانی (شیراز، ارسنجان و غیره) و به ویژه مناطق جنوبی استان با اقلیم گرم (لارستان، لامرد، مَهر و غیره) مناسب نیست. سطح تهویه پیش‌بینی شده برای گلخانه‌های دو اقلیم اخیر، به ترتیب در حدود یک‌سوم تا یک دوم و یک سوم تا یک چهارم سطح تهویه لازم و توصیه شده برای چنین مناطقی است.

در کل نتایج این بررسی نشانگر این است که گلخانه‌های ساخته شده در استان خوزستان در حد و اندازه استانداردها نبوده و بیشتر با معیارها و اصول مهندسی سازگار نیستند. همچنین؛ افزون‌بر وجود ضعف در بیش از نیمی از سازه‌های بررسی شده استان بوشهر، تفاوت‌های سازه‌ای و وسیله‌های کنترلی مشاهده شده در گلخانه‌های این استان، کم بوده و معنی‌دار نیستند. به تازگی، استفاده از گلخانه‌های این استان برای تولید نشای سبزی و صیفی و نیز نهال بارده و ارسال آنها به سایر استان‌های کشور معمول شده است. این مهم، ضعف سازه‌ای و وسیله‌های کنترلی موجود در استان بوشهر را تا حدی تعدیل کرده است. از سوی دیگر، تفاوت‌های سازه‌ای و وسیله‌های کنترلی دیده شده در گلخانه‌های بررسی شده استان فارس نیز کم بوده و معنی‌دار نبودند، افزون‌بر این که ضعف شاخص‌های فنی یاد شده در حدود نیمی از سازه‌های گلخانه‌ای این استان با توجه به گوناگونی اقلیمی آن مشهود بود.

- با عنایت به بهره‌وری بالای آب در فرآیند تولید محصول‌های گلخانه‌ای، اولویت‌های مهم و مورد نیاز برای گسترش تجاری، پایدار و گوناگونی بخشی به کشت‌های گلخانه‌ای به شرح زیر تعیین و معرفی می‌شوند:
- ۱- پهنه‌بندی و امکان‌سنجی مناطق مختلف کشور برای انجام کشت‌های گلخانه‌ای.
 - ۲- تدوین استانداردهای ملی به منظور طراحی، ساخت و بهره‌برداری از سازه و وسیله‌های کنترلی گلخانه‌ای.
 - ۳- طراحی و معرفی انواع سازه‌های گلخانه‌ای مناسب برای مناطق مختلف اقلیمی کشور.
 - ۴- ارتقای دانش فنی بهره‌برداران در راستای تولید پایدار و اقتصادی در گلخانه‌ها.
 - ۵- شناسایی و ساماندهی بازار مصرف تولیدهای گلخانه‌ای.
 - ۶- ایجاد گوناگونی کشت در تولیدهای گلخانه‌ای کشور (خریزه، طالبی، بادنجان، کدو، لوبیا سبز، سبزی‌های برگ‌ی، میوه‌ها و غیره).
 - ۷- حرکت به سوی مصرف کمتر آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی برای تولید محصول سالم.
 - ۸- حرکت به سوی افزایش بهره‌وری انرژی در کشت‌های گلخانه‌ای.
 - ۹- افزایش درجه اتوماسیون و مکانیزاسیون در کشت‌های گلخانه‌ای.
 - ۱۰- راه‌اندازی رشته‌های جدید دانشگاهی درباره مهندسی گلخانه و تولیدهای گلخانه‌ای.

منابع

۱. بی‌نام، ۱۳۸۷. مبانی و ضوابط توسعه گلخانه‌ها (مبانی و ضوابط طراحی). معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، نشریه شماره ۴۷۴، ۱۳۳ صفحه.
۲. بی‌نام، ۱۳۹۱. مبانی و ضوابط توسعه گلخانه‌ها (نظام گلخانه‌ای، پرورش قارچ خوراکی و کمپوست کشور). معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، نشریه شماره ۴۷۲، ۱۴۳ صفحه.
۳. بی‌نام، ۱۳۹۵. سطح زیرکشت انواع محصولات گلخانه‌ای تا پایان سال ۱۳۹۴. دفتر امور گلخانه‌ها، گیاهان دارویی و قارچ معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۵ صفحه.
۴. حسندخت، م. ۱۳۸۴. مدیریت گلخانه (تکنولوژی تولید محصولات گلخانه‌ای). انتشارات مرز دانش، ۳۲۰ صفحه.
۵. زارعی، ق. و د. مومنی. ۱۳۹۵. راهنمای جامع مکان‌یابی برای احداث گلخانه‌ها. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۷۸ صفحه.
۶. زارعی، ق.، ح. دهقانی، و ا. بنی‌عامری، م. عابدی، م. بصیرت، ر. فامیل‌مومن، ع. م. جعفری، ک. شرافتی، ع. ا. پالوج، م. م. نخجوانی و ن. حیدری. ۱۳۸۷. برنامه راهبردی تحقیقات گلخانه، گزارش شماره ۸۷/۶۵۸ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۴۷۸ صفحه.
۷. زارعی، ق.، آ. عزیزی، م. ع. شاهرخ‌نیاو م. پوزش‌شیرازی. ۱۳۹۴. تعیین معیارهای طراحی بهینه سازه‌های گلخانه‌ای برای مناطق گرمسیر کشور. گزارش پژوهشی شماره ۴۸۶۰۰ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۱۹۷ صفحه.
۸. سالم، ج. ۱۳۷۹. بررسی اقتصادی محصولات گلخانه‌ای و مقایسه آن با کشت‌های غیرگلخانه‌ای و تعیین حداقل وسعت اقتصادی آن با تاکید بر کشت‌های خیار سبز درختی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد، ۶۸ صفحه.
۹. صادقی، ص.، س. ن. ا. مرتضوی و ق. زارعی. ۱۳۹۲. ارزیابی راندمان سیستم سرمایش فن و پد گلخانه‌ای در منطقه محلات. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۱۳-۱۶(۴).
10. ASAE. 1993. ASAE engineering practice: Commercial greenhouse design and layout. ASAE. 7 p.
11. ASAE. 2003. ASAE engineering practice: Heating, ventilation and cooling greenhouses. Hahn, R.H. and E.E. Rosentreter, eds. 35th edition. ASAE. 10 p.
12. Castilla, N. 2012. Greenhouse technology and management. CABI Press, Wallingford, Oxfordshire, England. 374 p.

جدول ۵- برآورد میانگین، حد پایین و حد بالای ویژگی‌های هندسی و فنی نمونه سازه‌های گلخانه‌ای بررسی شده در استان‌های خوزستان، بوشهر و فارس در فاصله‌های اطمینان ۹۵٪.

شاخص	استان			خوزستان			بوشهر			فارس		
	میانگین	حد بالا	حد پایین	میانگین	حد بالا	حد پایین	میانگین	حد بالا	حد پایین	میانگین	حد بالا	حد پایین
مساحت گلخانه (مترمربع)	۴۹۶۳/۳۳	۵۹۶۶/۷۸	۳۹۵۹/۹۰	۷۴۷۹/۴۰	۱۱۹۹۸/۹۳	۲۹۵۹/۸۷	۵۳۱۰/۹۱	۶۹۴۱/۹۸	۳۶۷۹/۸۳			
عرض دهانه (متر)	۸/۲۰	۸/۳۴	۸/۰۶	۸/۲۵	۸/۵۵	۷/۹۵	۸/۳۷	۸/۵۶	۸/۱۷			
ارتفاع کف تا زیر ناودان (متر)	۲/۸۱	۳/۱۱	۲/۵۱	۳/۵۰	۳/۸۴	۳/۱۶	۳/۱۷	۳/۳۴	۳/۰۰			
ارتفاع کف تا سقف (متر)	۴/۲۸	۴/۵۱	۴/۰۵	۵/۱۶	۵/۴۴	۴/۸۸	۴/۶۶	۴/۸۲	۴/۵۰			
نسبت ارتفاع به عرض گلخانه	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۵۰	۰/۴۵			
نسبت طول به عرض گلخانه	۴/۹۸	۵/۱۸	۴/۷۹	۴/۹۱	۵/۱۱	۴/۷۱	۴/۸۷	۵/۰۱	۴/۷۴			
نسبت سطح تهویه به مساحت گلخانه	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۲			

13. Chandra, P., P.C. Serivastava and R.C. Maheshvari. 1982. Solar greenhouse design consideration. In: ISAE XIXI Annual Convention, Udaipur, India.
14. Connellan, G.J. 2002. Selection of greenhouse design and technology options for high temperature regions. *Acta Hort.* 578: 113-117.
15. European Standard. 1997. Greenhouses: Design and Construction-Part 1: Commercial Production Greenhouses. 67 p.
16. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1990. Protected cultivation in the Mediterranean climate. FAO Plant Production and Protection Division, Paper 90. Rome, Italy.
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2013. Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: Principles for Mediterranean climate areas. Plant Production and Protection Division, Paper 217. Rome, Italy.
18. Hanan, J. 1998. Greenhouse advanced technology for protected horticulture. CRC Press, Boca Raton Florida, USA. 684 p.
19. Harmanto, L., H.J. Tantau and V.M. Salokh. 2006. Optimization of ventilation opening area of a naturally greenhouse in humid tropical environment. *Acta Hort.* 719:166-172.
20. Kacira, M. 2013. Choose the right greenhouse style. Retrieved from <http://www.growingproduce.com/article/32536/choose-the-right-greenhouse-style>.
21. Kamarudin, R., B.J. Baily and M.P Douglas. 2000. Physical properties of covering materials for naturally ventilated tropical greenhouse. *J. Trop. Agr. Food Sci.* 28 (1): 55-69.
22. Kipp, J. 2010. Optimal climate regions in Mexico for greenhouse crop production. Wageningen UR Greenhouse Hort., The Netherlands. 31 p.
23. Kittas, C., N. Katsoulas and T. Bartzanas. 2012. Greenhouse Climate Control in Mediterranean Greenhouses. *CEA03*: 89-114.
24. Montero, J.I., A. Anton, R. Kamaruddin and B.J. Bailey. 2001. Analysis of thermally driven ventilation in tunnel greenhouses using small scale models. *J. Agr. Eng. Res.* 79 (2): 213 – 222.
25. Pardossi, A., F. Tognoni and L. Incrocci. 2004. Mediterranean greenhouse technology. *Chronica Hort.* 44 (2): 28-34.
26. Speetjens, B., S. Hemming, D. Wang and J.R. Tsay. 2012. Design of a vegetable greenhouse system for subtropical conditions in Taiwan. Wageningen UR Greenhouse Hort., The Netherlands. 60 p.
27. Van der Sanden, J. 2002. Greenhouses with flexible claddings: Structural aspects and demands for greenhouses. *IPC PLANT DIER.* Ede, The Netherlands. 15 p.
28. Von Zabeltitz, C. 1999. Greenhouse Structures. *Ecosystems of the World's 20 Greenhouses*, Elsevier Publication, Amsterdam, The Netherlands. 117 p.
29. Von Zabeltitz, C. 2011. Integrated greenhouse systems for mild climates: Climate conditions, design, construction, maintenance and climate control. Springer, Berlin, Germany. 363 p.
30. White, R.A.J. 1975. Effect of ventilation on maximum air temperatures in twelve identical glasshouses. *Acta Hort.* 46: 63–70.
31. Worley, J. 2011. Greenhouse heating, cooling and ventilation. Cooperative Extension, University of Georgia. College of Agriculture and Environmental Science, Bulletin 792, 10 p.

Structural Challenges of Greenhouses in Iran

Gh. Zarei^{1,2}

In recent years, greenhouses are developing in Iran because of a high productivity technology due to the possibility of controlling environmental factors for agricultural production such as temperature, prevention of frostbite and heat exhaustion phenomena, efficient use of water and soil resources, appropriate use of fertilizers and pesticides and off-season production. Generally, commercial greenhouses are used for high economical and physical production of ornamental plants, vegetables, and fruits. Proper location, type of structure, covering and equipment as well as management and operation are very important to achieve proper environmental conditions inside greenhouses. Some of the main issues of greenhouses in Iran are greenhouses size, geographic orientation, greenhouse height, improper ratio of height to width (H/W) and length to width (L/W), poor ventilation areas, location for ventilation systems, substandard materials and coverings, structural strength against environmental factors such as wind and snow loads, and depreciation of structures. This paper presents technical parameters analysis which required in greenhouse to achieve the minimum standards. Then based on a case study in three provinces include Khuzestan, Bushehr, and Fars, these parameters were investigated during 2014. The results showed greenhouses which were constructed in Khuzestan province generally are not standard and related engineering principles and indices are not considered properly. More than half of the studied greenhouse structures in Bushehr had weakness in structures. The structural and equipment differences which observed in the greenhouses of this province were low and not statistically significant. During last few years, nursery activities for exporting vegetables and fruits propagation to other provinces are expanding in Bushehr. These activities moderated the structural and equipment weakness in this province. The structural and equipment differences which observed in Fars province green houses were low and not statistically significant while weakness in technical indicators in about half of the greenhouses was evident due to climatic diversity in this province.

Key Words: Energy productivity, Greenhouse standards, Technical indices, Water productivity.

1. Corresponding author, Email: g.zarei@aeri.ir

2. Associate Professor of Research, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, I.R. Iran.