

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

## تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر رشد و نمو محصول فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای

پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم باغبانی

زینب بزرگر

استاد راهنما

دکتر مصطفی مبلی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته علوم باغبانی خانم زینب برزگر  
تحت عنوان

**تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر رشد و نمو محصول فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای**

در تاریخ ۱۳۹۲/۱۰/۱ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

- |                             |                                       |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| دکتر مصطفی مبلی             | ۱- استاد راهنما پایان نامه            |
| دکتر امیر حسین خوشگفتار منش | ۲- استاد مشاور پایان نامه             |
| دکتر جهانگیر عابدی کوپائی   | ۳- استاد مشاور پایان نامه             |
| دکتر نعمت الله اعتمادی      | ۴- استاد داور                         |
| دکتر حمیدرضا عشقی زاده      | ۵- استاد داور                         |
| دکتر محمد مهدی مجیدی        | سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی |

## شکر و قدردانی

ناب ترین تایم مخصوص خداست که هستی او اول است، بی آن که آن را اول و ابتدایی باشد و آخر است، بی آن که آن را آخر و انتهایی باشد.

از اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر مبللی، جناب آقای دکتر خوشگفتارنش و جناب آقای دکتر عبدی کوپانی که در طی کلیه مراحل انجام این تحقیق از راهنمایی های ارزشمند و بی ثباتشان بهره مند شدم و بهواره با صبر و هدایت فرزانه خود دشواری های راه این تحقیق را بر من بهوار کردند، مراتب شکر و سپاس را دارم.

برای تو که دیدنت تمام معنای زندگیست و من حرکت می کنم تا تو را از تمام زاویه های تمام منظره های دیده باشم.

تقدیم به

مادر مهربانم که نفس خاطر ماکرمی تدر حنطه پایش و برایش خواهد بود

,

پدرم، کسی که اگر چه نیست اما ایمان دارم که امروز از هر روز، بیشتر می‌یند و حنطه تنهایی ام را با بیط بودنش پر کرده است.

**کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.**

## فهرست مطالب

| <u>صفحه</u> | <u>عنوان</u>                          |
|-------------|---------------------------------------|
| هشت         | فهرست مطالب                           |
| دوازده      | فهرست جداول                           |
| سیزده       | فهرست شکل ها                          |
| ۱           | چکیده                                 |
| ۳           | <b>فصل اول مقدمه و بررسی منابع</b>    |
| ۳           | ۱-۱- مقدمه و اهداف                    |
| ۶           | ۲-۱- تاریخچه و گیاهشناسی              |
| ۶           | ۳-۱- اهمیت اقتصادی و ارزش غذایی       |
| ۷           | ۴-۱- شرایط محیطی مورد نیاز برای پرورش |
| ۷           | ۱-۴-۱- دما                            |
| ۸           | ۲-۴-۱- نور                            |
| ۸           | ۳-۴-۱- دی اکسید کربن                  |
| ۸           | ۴-۴-۱- رطوبت                          |
| ۸           | ۵-۴-۱- کاشت بذر و پرورش نشاء          |
| ۹           | ۶-۴-۱- تهیه بستر کاشت                 |
| ۹           | ۷-۴-۱- آبیاری و تغذیه                 |

- ۵-۱- انتقال نشاءها..... ۱۰
- ۶-۱- ارقام فلفل دلمه‌ای..... ۱۰
- ۷-۱- تربیت و هرس بوته‌ها..... ۱۱
- ۸-۱- باردهی دوره‌ای..... ۱۱
- ۹-۱- برداشت..... ۱۲
- ۱۰-۱- اهمیت کشت‌های گلخانه‌ای در دنیا و ایران..... ۱۲
- ۱۱-۱- تاریخچه کشت هیدروپونیک..... ۱۳
- ۱۲-۱- مزایای کشت هیدروپونیک..... ۱۵
- ۱-۱۲-۱- کاهش مشکلات مرتبط با خاک..... ۱۵
- ۲-۱۲-۱- صرفه‌جویی در مصرف آب و کودهای معدنی..... ۱۵
- ۳-۱۲-۱- تسهیل در عملیات کشاورزی..... ۱۵
- ۴-۱۲-۱- پیش‌رسی محصول و سود حاصل از آن..... ۱۶
- ۵-۱۲-۱- تولید محصول با بهترین کیفیت..... ۱۶
- ۶-۱۲-۱- بالا رفتن راندمان..... ۱۶
- ۱۳-۱- معایب کشت هیدروپونیک..... ۱۶
- ۱-۱۳-۱- هزینه‌های نصب و نگهداری بالا..... هشت ۱۶
- ۲-۱۳-۱- نیاز به مهارت و مدیریت بالا..... ۱۶
- ۳-۱۳-۱- کیفیت محصول..... ۱۶
- ۴-۱۳-۱- مشکلات مربوط به بقایای بستر و محلول غذایی..... ۱۶
- ۵-۱۳-۱- عدم وجود خاصیت بافری..... ۱۶
- ۱۴-۱- انواع روش‌های هیدروپونیک..... ۱۶
- ۱-۱۴-۱- روش‌های هیدروپونیک با بستر آبی (آبکشت-بدون مواد متخلخل)..... ۱۶
- ۲-۱۴-۱- روش‌های هیدروپونیک با بستر دانه‌بندی شده (متخلخل)..... ۱۷
- ۱۵-۱- وظایف و خصوصیات بسترهای کاشت..... ۱۸
- ۱-۱۵-۱- خواص مکانیکی بستر..... ۱۸
- ۲-۱۵-۱- خواص فیزیکی بستر..... ۱۸
- ۳-۱۵-۱- خواص شیمیایی بستر..... ۲۰
- ۴-۱۵-۱- خواص بیولوژیک بستر..... ۲۱
- ۱۶-۱- معیار انتخاب یک بستر کاشت..... ۲۱
- ۱۷-۱- انواع بسترهای کاشت..... ۲۲
- ۱-۱۷-۱- پامیس..... ۲۲
- ۲-۱۷-۱- پلیمرهای سوپرجاذب (هیدروژل)..... ۲۴
- ۳-۱۷-۱- پرلیت..... ۲۶

|    |   |
|----|---|
| ۲۷ | ۴-۱۷-۱- پیت.....  |
| ۲۷ | ۵-۱۷-۱- تراشه چوب یا خاک‌آاره.....                              |
| ۳۰ | ۱۸-۱- تأثیر بسترها روی غلظت عناصر.....                          |
| ۳۱ | <b>فصل دوم مواد و روش‌ها.....</b>                               |
| ۳۱ | ۱-۲- طرح آزمایشی.....   |
| ۳۱ | ۲-۲- تیمارهای آزمایش (بسترهای کاشت).....                        |
| ۳۲ | ۳-۲- تهیه نشاء و کاشت.....                                      |
| ۳۲ | ۴-۲- تعیین برخی خصوصیات فیزیکی بسترهای کاشت مورد استفاده.....   |
| ۳۲ | ۱-۴-۲- جرم مخصوص ظاهری و حقیقی.....                             |
| ۳۳ | ۲-۴-۲- ظرفیت نگهداری رطوبت.....                                 |
| ۳۳ | ۳-۴-۲- تخلخل کل.....  |
| ۳۴ | ۵-۲- تعیین برخی خصوصیات شیمیایی بسترهای کاشت.....               |
| ۳۴ | ۱-۵-۲- پ-هاش و قابلیت هدایت الکتریکی.....                       |
| ۳۴ | ۲-۵-۲- اندازه‌گیری نیتروژن کل بستر به روش تقطیر با بخار آب..... |
| ۳۴ | ۳-۵-۲- اندازه‌گیری مقدار کربن آلی بستر (CO).....                |
| ۳۵ | ۶-۲- محلول غذایی و نحوه محلول رسانی..... نه                     |
| ۳۶ | ۷-۲- عملیات داشت.....   |
| ۳۷ | ۸-۲- اندازه‌گیری صفات رویشی بوته‌ها.....                        |
| ۳۷ | ۱-۸-۲- ارتفاع ساقه اصلی.....                                    |
| ۳۷ | ۲-۸-۲- تعداد گره ساقه اصلی.....                                 |
| ۳۷ | ۳-۸-۲- کلروفیل نسبی برگ.....                                    |
| ۳۷ | ۴-۸-۲- وزن تر ریشه و اندام هوایی.....                           |
| ۳۷ | ۵-۸-۲- وزن خشک ریشه و اندام هوایی.....                          |
| ۳۷ | ۹-۲- اندازه‌گیری عملکرد و صفات کیفی میوه‌ها.....                |
| ۳۷ | ۱-۹-۲- شمار روز تا گلدهی.....                                   |
| ۳۷ | ۲-۹-۲- شمار روز تا میوه‌دهی.....                                |
| ۳۷ | ۳-۹-۲- شمار روز تا رنگ‌اندازی.....                              |
| ۳۷ | ۴-۹-۲- عملکرد.....  |
| ۳۷ | ۵-۹-۲- شاخص شکل.....  |
| ۳۸ | ۶-۹-۲- استحکام (سفتی) پریکارپ میوه.....                         |
| ۳۸ | ۷-۹-۲- ضخامت گوشت میوه.....                                     |
| ۳۸ | ۸-۹-۲- تعداد لوب میوه.....                                      |
| ۳۸ | ۹-۹-۲- کل مواد جامد محلول.....                                  |



|    |   |
|----|---|
| ۳۸ | ۲-۹-۱۰- میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث).....                                    |
| ۳۸ | ۲-۱۰-۱- تجزیه گیاه.....   |
| ۳۸ | ۲-۱۰-۱- نمونه برداری برگ.....   |
| ۳۸ | ۲-۱۰-۲- عصاره گیری از نمونه های برگ.....  |
| ۳۹ | ۲-۱۰-۳- اندازه گیری غلظت عناصر.....   |
| ۳۹ | ۲-۱۱- پردازش داده ها.....   |
| ۴۱ | <b>فصل سوم نتایج و بحث.....</b>   |
| ۴۱ | ۳-۱-۱- اثر بسترهای کاشت بر ویژگی های رویشی گیاه.....                            |
| ۴۱ | ۳-۱-۱- طول ساقه.....  |
| ۴۲ | ۳-۱-۲- تعداد گره در ساقه اصلی.....  |
| ۴۳ | ۳-۱-۳- کلروفیل برگ.....   |
| ۴۵ | ۳-۱-۴- وزن تر اندام هوایی.....  |
| ۴۶ | ۳-۱-۵- وزن خشک اندام هوایی.....   |
| ۴۶ | ۳-۱-۶- وزن تر ریشه.....   |
| ۴۷ | ۳-۱-۷- وزن خشک ریشه.....  |
| ۵۰ | ۳-۲-۱- اثر بسترهای کاشت بر ویژگی های زایشی و عملکرد گیاه در آندام.....          |
| ۵۰ | ۳-۲-۱- شمار روز تا گلدهی.....   |
| ۵۰ | ۳-۲-۲- شمار روز تا میوه دهی.....  |
| ۵۱ | ۳-۲-۳- شمار روز تا رنگ اندازی.....  |
| ۵۱ | ۳-۲-۴- تعداد میوه در بوته.....  |
| ۵۱ | ۳-۲-۵- وزن تر هر میوه.....  |
| ۵۲ | ۳-۲-۶- وزن تر میوه در بوته (عملکرد).....  |
| ۵۳ | ۳-۳-۱- اثر بسترهای کاشت بر ویژگی های ظاهری و کیفی میوه.....                     |
| ۵۳ | ۳-۳-۱- طول میوه.....  |
| ۵۴ | ۳-۳-۲- قطر میوه.....  |
| ۵۴ | ۳-۳-۳- شاخص شکل میوه (نسبت طول به قطر).....                                     |
| ۵۵ | ۳-۳-۴- تعداد لوب میوه.....  |
| ۵۵ | ۳-۳-۵- سفتی بافت میوه.....  |
| ۵۶ | ۳-۳-۶- ضخامت پریکارپ میوه.....  |
| ۵۶ | ۳-۳-۷- ویتامین ث.....   |
| ۵۷ | ۳-۳-۸- مواد جامد محلول.....   |
| ۵۸ | ۳-۴-۱- اثر بسترهای کاشت بر غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی (نمونه های برگ)..... |
| ۵۸ | ۳-۴-۱- پتاسیم.....  |

|         |   |
|---------|---|
| ۵۸..... | ۲-۴-۳- کلسیم                                |
| ۶۱..... | <b>فصل چهارم نتیجه گیری کلی و پیشنهادها</b> |
| ۶۱..... | ۱-۴- نتیجه گیری                             |
| ۶۲..... | ۲-۴- پیشنهادها                              |
| ۶۳..... | پیوست                                       |
| ۶۷..... | منابع                                       |

## فهرس یازده ل

| <u>صفحه</u> | <u>عنوان</u>  |
|-------------|---|
| ۳۳.....     | جدول ۱-۲- برخی از خصوصیات فیزیکی بسترهای کاشت مورد استفاده.....   |
| ۳۵.....     | جدول ۲-۲- برخی از خصوصیات شیمیایی بسترهای کاشت مورد استفاده.....  |
| ۳۶.....     | جدول ۳-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده و غلظت نهایی عناصر در محلول غذایی جانشون کامل (عناصر پر مصرف).....    |
| ۳۶.....     | جدول ۴-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده و غلظت نهایی عناصر در محلول غذایی جانشون کامل (عناصر کم مصرف).....    |
| ۴۲.....     | جدول ۱-۳- تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر طول ساقه اصلی گیاه فلفل دلمه‌ای در سه نوبت زمانی.....               |
| ۴۳.....     | جدول ۲-۳- تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر ویژگی‌های رویشی گیاه فلفل دلمه‌ای.....                              |
| ۴۷.....     | جدول ۳-۳- تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر ویژگی‌های ریشه گیاه فلفل دلمه‌ای.....                               |
| ۵۰.....     | جدول ۴-۳- تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر ویژگی‌های زایشی و عملکرد گیاه فلفل دلمه‌ای.....                     |
| ۵۴.....     | جدول ۵-۳- تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر ویژگی‌های ظاهری میوه گیاه فلفل دلمه‌ای.....                         |
| ۵۵.....     | جدول ۶-۳- تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر ویژگی‌های کیفی میوه گیاه فلفل دلمه‌ای.....                          |
| ۵۹.....     | جدول ۷-۳- تأثیر بسترهای مختلف کاشت بر غلظت عناصر غذایی اندام هوایی (نمونه‌های برگ) گیاه فلفل دلمه‌ای..... |

## فهرس دوازده

### صفحه

### عنوان

|         |  |
|---------|--|
| ۲۹..... | شکل ۱-۱- بستر کاشت معدنی پامیس.....  |
| ۲۹..... | شکل ۱-۲- بستر کاشت معدنی پرلایت.....   |
| ۲۹..... | شکل ۱-۳- بستر کاشت آلی پیت.....  |
| ۲۹..... | شکل ۱-۴- بستر کاشت آلی خاکاره (تراشه چوب).....   |
| ۴۸..... | شکل ۳-۱- مقایسه رشد ریشه بین بسترهای خاکاره+پامیس (هشت ماه پس از انتقال نشاء).....               |
| ۴۹..... | شکل ۳-۲- مقایسه رشد ریشه بین بستر خاکاره و بستر رایج پیت+پرلایت (هشت ماه پس از انتقال نشاء)..... |
| ۴۹..... | شکل ۳-۳- مقایسه رشد ریشه بین بسترهای خاکاره+بنتونیت (هشت ماه پس از انتقال نشاء).....             |

سيزده

## چکیده

در سالهای اخیر، استفاده از سیستم‌های کشت بدون خاک (هیدروپونیک) در دنیا و از جمله ایران به دلیل مزایای متعدد نظیر: امکان کاشت در محل‌هایی که خاک مناسب وجود ندارد یا اساساً ماسه می‌باشد، کنترل تغذیه گیاه، کاهش بروز بیماری‌ها و آفات و افزایش کمیت و کیفیت محصول نسبت به کشت خاکی در حال گسترش است. به طور کلی می‌توان کشت‌های هیدروپونیک را از نقطه نظر محیط کشت به دو گروه کشت در بسترهای مایع و کشت در بسترهای دانه بندی شده تقسیم نمود. کشت سبزی‌های گلخانه‌ای در بسترهای دانه بندی شده رایج‌تر می‌باشد. پژوهش حاضر به منظور ارزیابی امکان استفاده از بستر خاک‌اره و ترکیب آن با بنتونیت و پامیس که در ایران به وفور در دسترس می‌باشند و تأثیر این بسترها بر رشد رویشی، عملکرد و جذب عناصر توسط فلفل دلمه‌ای قرمز رقم *Inspratian* انجام گردید. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و چهار تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. بسترها شامل: خاک‌اره (۱۰۰٪)، خاک‌اره (۹۵٪) + پامیس (۵٪)، خاک‌اره (۹۰٪) + پامیس (۱۰٪)، خاک‌اره (۸۵٪) + بنتونیت (۱۵٪)، خاک‌اره (۸۵٪) + بنتونیت (۱۵٪)، خاک‌اره (۸۰٪) + پرلیت (۲۰٪) بودند. نشاهای فلفل دلمه‌ای قرمز در تاریخ ۹۱/۷/۷ بعد از آماده سازی بسترها در گلدان‌های اصلی منتقل شدند. آبیاری و تغذیه با محلول غذایی جانسون (۵۰٪) به فواصل زمانی ۴۵ دقیقه تا یک ساعت و هر بار به مدت یک دقیقه بر حسب نیاز بوته‌ها و شرایط دمایی گلخانه انجام شد. در طول آزمایش و پایان دوره فاکتورهای رشد رویشی، زایشی و عملکرد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، زودترین گلدهی، میوه‌دهی و رنگ‌اندازی مربوط به تیمار خاک‌اره (۸۵٪) + پامیس (۱۵٪) بود. نتایج همچنین نشان داد پس از پیت بیشترین میزان کلروفیل مربوط به تیمارهای خاک‌اره (۹۵٪) + پامیس (۵٪) و خاک‌اره (۹۰٪) + بنتونیت (۱۰٪) بود. بسترهای مختلف اثر معنی‌داری روی تعداد میوه در بوته، وزن تر هر میوه و عملکرد نداشتند با این حال بستر خاک‌اره (۹۰٪) + پامیس (۱۰٪) پس از پیت دارای بیشترین تعداد میوه در بوته بود. همچنین بستر خاک‌اره (۸۵٪) + پامیس (۱۵٪) پس از پیت دارای بیشترین عملکرد بود که با بستر پیت و خاک‌اره خالص تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین طول میوه پس از پیت مربوط به تیمار خاک-اره (۹۵٪) + پامیس (۵٪) و کمترین طول میوه در بستر خاک‌اره خالص اندازه‌گیری شد. بیشترین قطر میوه مربوط به تیمار خاک-اره (۹۰٪) + بنتونیت (۱۰٪) و کمترین قطر میوه پس از پیت مربوط به تیمار خاک‌اره (۸۵٪) + بنتونیت (۱۵٪) بود. بیشترین تعداد لوب میوه در بستر خاک‌اره (۹۰٪) + پامیس (۱۰٪) و کمترین تعداد لوب میوه در بستر خاک‌اره (۸۵٪) + بنتونیت (۱۵٪) مشاهده شد. نتایج همچنین نشان داد اگرچه ضخامت پریکارپ میوه تحت تأثیر بسترها بطور معنی‌دار قرار نگیرد در بستر خاک-اره (۹۰٪) + بنتونیت (۱۰٪) بیشترین و در بستر خاک‌اره (۸۵٪) + پامیس (۱۵٪) کمترین مقدار را پس از پیت داشت. همچنین بستر خاک‌اره (۹۰٪) + بنتونیت (۱۰٪) دارای بیشترین ویتامین ث و مواد جامد محلول و بستر خاک‌اره (۹۵٪) + بنتونیت (۵٪) دارای کمترین ویتامین ث بود. علاوه بر آن نتایج نشان داد بیشترین غلظت پتاسیم اندام هوایی مربوط به بستر خاک‌اره (۹۰٪) + بنتونیت (۱۰٪) و بیشترین غلظت کلسیم اندام هوایی مربوط به بستر خاک‌اره (۹۵٪) + پامیس (۵٪) بود. در مجموع نتایج نشان داد که پس از پیت، در بیشتر موارد گیاهان کاشته شده در بستر خاک‌اره به همراه پامیس ۱۵٪ نسبت به تیمارهای خاک‌اره خالص و خاک‌اره به همراه بنتونیت دارای رشد رویشی و زایشی بهتری بودند.

**کلمات کلیدی:** بستر کاشت، خاک‌اره، بنتونیت، پامیس، فلفل دلمه‌ای

## فصل اول

### مقدمه و بررسی منابع

#### ۱-۱- مقدمه و اهداف

با افزایش جمعیت جهان و کمبود منابع غذایی، بحث تولید با کیفیت بالا و در سطح کمتر، بیش از پیش توجه همه را به خود جلب کرده است. کشت گیاهان گلخانه‌ای در یک سیستم کنترل شده از نظر تغذیه، بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز به دلیل برخورداری از محاسن زیر مورد استفاده قرار گرفته است: افزایش تولید در واحد سطح در مقایسه با تولید در هوای آزاد، افزایش کیفیت محصول تولیدی، استفاده از اراضی غیر قابل کشت به کمک روش‌های هیدروپونیک یا کشت بدون خاک، عدم وابستگی تولید به شرایط محیطی خارج گلخانه و امکان تنظیم زمان برداشت، تداوم کار و تولید محصول در تمام فصل‌های سال، صرفه‌جویی در زمین و آزادسازی زمین اضافی برای کشت‌های استراتژیک و غیره [۵، ۱۸ و ۹۸].

بشر از زمان رومیان قدیم (حدود قرن اول میلادی) علاقمند به تغییر محیط جهت پرورش گیاهان بوده است. اولین استفاده از محیط کنترل شده مربوط به قرن اول میلادی است لیکن از این تکنولوژی تا سال‌های ۱۶۰۰ (قرن هفدهم) کمتر استفاده شده است. این صنعت در قرن هفدهم در هلند پا به عرصه ظهور گذاشت.

اولین گلخانه‌ها با سیستم‌های آزمایشی هیدروپونیک در فرانسه و انگلستان در قرن هفدهم بکار گرفته شدند. لیکن گسترش تولید سبزی‌های گلخانه‌ای به قرن ۱۹ برمی‌گردد [۱۹]. کشت‌های حفاظت شده در ابتدای قرن بیستم میلادی در اروپای شمالی مورد توجه واقع شد و پس از جنگ جهانی دوم در سراسر جهان گسترش یافت [۸۰]. در سال ۱۹۸۰ حدود ۱۵۰ هزار هکتار گلخانه در سرتاسر دنیا زیر کشت بود، سطح کل زیر کشت محصولات گلخانه‌ای تا پایان سال ۲۰۰۴ به ۳۰۷ هزار هکتار رسید که سبزیجات ۶۵ درصد و گیاهان زینتی ۳۵ درصد این محصولات را تشکیل می‌داد. در ایران براساس آمار وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت سبزی‌های گلخانه‌ای در سال ۱۳۸۰ حدود ۱۵۰۰ هکتار و در سال ۱۳۸۲ حدود ۲۰۰۰ هکتار بوده است. این مساحت تا پایان سال ۱۳۸۸ به ۵۰۵۸ هکتار رسیده است [۱۹].

به علت عدم دسترسی به خاک مناسب در بسیاری از مناطق و همچنین کنترل بهتر و دقیق‌تر عوامل مؤثر در تولید تمایل زیادی برای مجهز کردن گلخانه‌های خاکی به سیستم‌های هیدروپونیک وجود دارد. هیدروپونیک یا کشت بدون خاک، روشی است که گیاهان بدون استفاده از خاک به عنوان محیط کشت پرورش می‌یابند. به عبارت دیگر به مجموعه روش‌های کشت گیاهان در آب (محلول غذایی) یا بستر غیر از خاک هیدروپونیک اطلاق می‌شود که از لحاظ تاریخی سابقه نسبتاً طولانی دارد. شاید سابقه کشت هیدروپونیک به اندازه اهرام مصر باشد. به عنوان مثال، باغ‌های آویزان بابلی‌ها، شکل اولیه‌ای از هیدروپونیک بوده است. کشت بدون خاک گیاهان در دهه ۱۹۳۰ توسط دانشمندان کالیفرنایی رونق یافت، به طوری که هیدروپونیک مدرن شکل گرفت و در طی جنگ جهانی دوم، ارتش آمریکا باغ‌های هیدروپونیک بزرگی را در چندین جزیره برای تأمین سبزی سربازان منطقه ایجاد نمود [۱].

کشت هیدروپونیک از حدود چهل سال قبل به طور تجاری برای تولید سبزی و تولید گیاهان زینتی بکار رفت [۱].

مطالعات نشان داده است که تولید تجاری هیدروپونیک در سطح جهان بسیار موفق عمل نموده است و صنعت هیدروپونیک به طور روز افزونی در حال توسعه است، به طوری که در سال ۱۹۴۰ میلادی سطح زیر کشت هیدروپونیک جهانی ۴۰ هکتار بود. در دهه ۱۹۷۰ این سطح به ۳۰۰ هکتار و در دهه ۱۹۸۰ به ۶۰۰۰ هکتار رسیده است. برآورده می‌شود تا سال ۲۰۰۱، مساحت هیدروپونیک در سطح جهان برابر با ۲۵۰۰۰ هکتار گردیده است. بر اساس آمار سال ۲۰۰۱، تولید کنندگان اصلی هیدروپونیک در دنیا به ترتیب کشورهای هلند (۱۰۰۰۰ هکتار)، اسپانیا (۴۰۰۰ هکتار)، کانادا (۲۰۰۰ هکتار)، ژاپن (۱۰۰۰ هکتار)، فرانسه (۱۰۰۰ هکتار)، زلاندنو (۵۵۰ هکتار)، استرالیا (۵۰۰ هکتار)، انگلستان (۴۶۰ هکتار)، آمریکا (۴۰۰ هکتار) و ایتالیا (۴۰۰ هکتار) گزارش شده است [۱].

در ایران در پایان سال ۱۳۸۳ سطح زیر کشت گلخانه‌های تولید کننده انواع سبزی در کشور بیش از ۳۱۰۰ هکتار بوده است و از این میان سهم استان اصفهان ۷۴۲ هکتار می‌باشد که در بسیاری از این گلخانه‌ها کاشت در بستر خاک محل گلخانه انجام شده است. در این شرایط پس از چندین سال کشت پی در پی در گلخانه، مشکلاتی نظیر آلودگی خاک، شوری و تضعیف بستر به وجود می‌آید [۲۲].

از طرفی استفاده از انواع مواد ضد عفونی کننده خاک، آفت کش ها و کودها در سیستم خاکی، خطرات جدی برای محیط زیست، تولید کنندگان و مصرف کنندگان شده است [۳۷].

به همین علت در کشور نیز تمایل به کشت هیدروپونیک گسترش یافته است اما اطلاعات اندکی در مورد بسترهای کاشت بهینه برای پرورش محصولات عمده از قبیل فلفل دلمه‌ای، گوجه فرنگی، خیار و سایر محصولات گلخانه‌ای وجود دارد. از طرفی استفاده از بسترهایی مانند پیت و کوکوپیت باعث خروج سرمایه از کشور می‌شود که در صورت جایگزین کردن این بسترها و سایر بسترهای کاشت با مواد محلی و ارزان قیمت به کاهش هزینه‌های تولید کمک مؤثر خواهد شد. بنابراین پژوهش حاضر با اهداف زیر انجام گردید:

۱- بررسی امکان استفاده از بسترهای سبک و ارزان قیمت داخلی مثل خاک‌اره به همراه پامیس و بتونیت به جای بسترهای خارجی نظیر پیت.

۲- بررسی تأثیر این بسترها بر رشد و نمو، صفات کمی و کیفی فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای.



## ۲-۱- تاریخچه و گیاهشناسی

فلفل دلمه‌ای به نامهای Bell pepper و Sweet pepper نامیده می‌شود. نام علمی آن *Capsicum annum* و از خانواده سولاناسه<sup>۱</sup> می‌باشد. تمام گونه‌های کاپسیکوم دارای  $2n=24$  کروموزوم هستند. اکثر گونه‌های فلفل مورد کاشت در نواحی معتدله و گرمسیری به این گونه تعلق دارند که تصور می‌رود از مکزیک و آمریکای مرکزی منشأ گرفته باشد. آثار باقی مانده از میوه این گیاه به ۷ هزار سال قبل از میلاد بر می‌گردد که در غارهای این نواحی یافت شده است و شواهد مورد دسترس برای کاشت این گیاه در ۳۵۰۰ تا ۴۵۰۰ سال قبل از میلاد نیز به دست آمده است. کریستف کلمب کاشف، فلفل را به جنوب اروپا آورد و سپس در خاورمیانه، آفریقا و آسیا توزیع شد و از آنجا نیز به قسمت‌های شمالی‌تر آمریکای شمالی برگشت [۵، ۸].

فلفل دلمه‌ای گیاهی علفی و یکساله است که درجه حرارت پایین باعث کم شدن دوره‌ی رشدش می‌شود. در بعضی از مناطق که آب و هوا مساعد باشد، ممکن است ساقه خشبی شود و بیش از یک سال عمر کند و به صورت گیاه دوساله درآید. وقتی که ساقه اصلی آن، ۱۰ تا ۱۲ برگ تولید کرد به گل می‌رود و تولید میوه می‌کند. سپس شاخه‌های جانبی آن به وجود می‌آیند که در انتهای آنها گل‌ها ظاهر می‌شوند. این گیاه دارای گل‌های کامل و ساقه منشعب به طول ۱۵۰ تا ۱۸۰ سانتی‌متر است. برگ‌ها بدون بریدگی بوده، منفرد، تخم مرغی یا بیضی شکل و متناوب روی ساقه قرار دارند. در فضای آزاد این گیاه از اواخر بهار تا اوایل تابستان گل می‌دهد. گل‌های فلفل به عنوان گل‌های خودگشن مورد توجه هستند اگرچه بر خلاف گوجه‌فرنگی بساک و کلاله اغلب همدیگر را لمس نمی‌کنند در اکثر ارقام گلها به صورت افقی یا آویزان قرار می‌گیرند، بنابراین گرده می‌تواند بر روی سطح کلاله بچسبد. گل‌های آن مانند گوجه‌فرنگی به صورت مرکب (پنج قسمتی) است و به رنگ‌های سفید، زرد، سبز روشن و بنفش دیده می‌شود. پرچم‌ها مجزا از هم و دارای میله بنفش رنگ هستند. تخمدان ۳ برچه‌ای و طول خامه آن بین ۴ تا ۵ میلی‌متر است. از نظر گرده‌افشانی اغلب خودگشن است ولی به علت بزرگی گل، قدرت زیاد و مدت طولانی تلقیح دگر گرده‌افشانی نیز وجود دارد. پارتوکاری بندرت در این گیاه به وجود می‌آید. میوه از نظر گیاهشناسی یک نوع سته است و به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود. وزن هزار دانه بین ۶ تا ۷ گرم است و جوانه‌زنی آن بصورت برون‌زمینی (Epigynous) است [۵].

ریشه اصلی عمیق و حداکثر تا ۸۰ سانتی‌متر عمق دارد. قدرت تولید ریشه نابجا در آن ضعیف است و به همین دلیل کاشت عمیق نشاء بی‌فایده است [۵].

## ۳-۱- اهمیت اقتصادی و ارزش غذایی

سطح زیر کشت این گیاه در جهان از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ حدود ۳۰ درصد افزایش داشته است. در حال حاضر سطح زیر کشت آن حدود یک میلیون هکتار برآورد می‌شود که ۵۶ درصد آن در آسیا، ۱۷ درصد در اروپا، ۱۵٪ در آفریقا، ۱۰٪ در آمریکای شمالی و مرکزی و ۲ درصد در آمریکای جنوبی است [۵].

فلفل دلمه‌ای یک محصول مهم کشاورزی است که نه تنها بخاطر ارزش اقتصادی بلکه بخاطر ارزش میوه های آن و همچنین منبع عالی رنگ های طبیعی و ترکیبات آنتی اکسیدانی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. تعداد زیادی از ترکیبات آنتی اکسیدانی شامل ترکیبات فنولی، ویتامین ث و کارتنوئیدها در میوه فلفل وجود دارد. استفاده از این ترکیبات در رژیم غذایی در حفظ سلامتی انسان بسیار مفید است [۳۲]. تمایل به مصرف میوه فلفل به دلیل داشتن مواد حیاتی و ترکیبات آنتی اکسیدانی رو به افزایش است. فلفل دارای انواع ویتامینهای A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, نیاسین و C می‌باشد [۸]. فلفل دلمه‌ای همچنین دارای املاح کانی فراوان است. عناصری همچون کلسیم، فسفر، آهن، سدیم و به خصوص پتاسیم در فلفل به حد وفور وجود دارد. همچنین فلفل دلمه‌ای دارای پروتئین، چربی، کربوهیدرات و ترکیبات فیبری می‌باشد. بیش از ۹۰ درصد وزن آن را آب تشکیل می‌دهد [۸]. باید توجه داشت که فلفل‌های دلمه‌ای با رنگ‌های متفاوت حاوی مقادیر مختلفی ویتامین ث می‌باشند. گزارش شده است که مقدار ویتامین ث در ۱۰۰ گرم فلفل دلمه‌ای رنگی و کاملاً رسیده ۱۹۰ میلی گرم بوده و مقدار ویتامین آ در ۱۰۰ گرم فلفل دلمه‌ای قرمز و زرد رنگ به ترتیب ۵۶۶ و ۲۴ واحد رتینول می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد فلفل دلمه‌ای زرد رنگ و قرمز به ترتیب دارای ۲۶ و ۲۱ میلی گرم اسید فولیک می‌باشند [۳۲، ۶۸]. رنگ قرمز فلفل مربوط به ماده کاپسانتین (Capsanthin) با فرمول شیمیایی C<sub>40</sub>H<sub>58</sub>O<sub>3</sub> است که متعلق به گروه رنگدانه زانتوفیل است [۸].

غلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر نیز در ۱۰۰ گرم فلفل دلمه‌ای به ترتیب ۲۱۰، ۱۰، ۱۲ و ۲۴ میلی گرم می‌باشد [۶۸]. البته لازم به یادآوری است که میزان ویتامین ث، کل مواد جامد محلول و درصد ماده خشک در میوه‌ها در طی مراحل مختلف رشد متفاوت می‌باشد [۷۴].

#### ۱-۴- شرایط محیطی مورد نیاز برای پرورش

۱-۴-۱- دما

فلفل محصول فصل گرم است و دمای نسبتاً زیاد را می‌پسندد. برای نمو گیاهان در روز دمای ۲۶-۲۴ درجه سانتی گراد و در شب دمای ۱۸-۱۶ درجه سانتی گراد مناسب است [۵]. دمای بیشتر از ۳۲ درجه سانتی گراد در روز به علت ایجاد دانه‌های گرده عقیم و کمتر از ۱۵ - ۱۰ درجه سانتی گراد در شب باعث کاهش شدید تشکیل میوه (Fruit set) و ریزش گل‌ها می‌شود [۵، ۷۱].

دمای کم حدود ۴-۱۵ درجه سانتی گراد، در ابتدای گلدهی و تشکیل میوه باعث پهن شدن میوه‌ها و ایجاد میوه‌های پارتنوکارپ می‌شود [۵۹]. بنابراین انتخاب و یا استفاده از ارقام با میوه‌های کشیده‌تر برای تولید زمستانه مطلوب است [۵۴]. در هر حال بهترین دما برای میوه بندی ۲۲-۱۸ درجه سانتی گراد است [۵، ۷۱].

تعداد برگ‌ها در اولین گره سمپودیال ساقه و تا حدودی نیز تعداد گل‌ها توسط میزان دما تنظیم می‌شود. این گیاه در مقابل دمای نسبی پایین (۲۰-۱۶ درجه سانتی گراد) با کاهش تعداد برگ‌ها و با افزایش تعداد گل‌ها مواجه می‌شود. در دمای بالا (۲۶-۲۲ درجه سانتی گراد) افزایش تعداد برگ‌ها و کاهش تعداد گل‌ها صورت می‌گیرد [۵].

## ۱-۴-۲- نور

نور کم در ماه‌های زمستان باعث ریزش گل‌ها و غنچه‌ها و حتی گاه باعث ریزش برگ‌ها می‌شود. در مناطق معتدل در ماه‌های زمستان از نور مصنوعی استفاده می‌شود که حداقل شدت نور ۵۰۰۰ لوکس را تأمین کند. کاهش نور در تابستان به علت سایه اندازی، رشد رویشی گیاه را افزایش می‌دهد ولی باعث کاهش تشکیل گل و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود [۵]. فلفل در هوای سرد بسیار حساس به نور شدید است [۷۱].

## ۱-۴-۳- دی اکسید کربن

تغییر هوای گلخانه به‌ویژه در ساعات روز پر اهمیت است. وقتی هوای درون گلخانه به دمای ۲۱-۲۰ درجه سانتیگراد رسید باید بادبزنها بکار انداخته شوند. در این زمان مقدار CO<sub>2</sub> در حدود ۱۲۰۰-۵۰۰ ppm است. اگر بادبزنها کار نکنند این مقدار به ۳۰۰ ppm می‌رسد. در صبح روزهای آفتابی زمستان که به علت سردی هوای بیرون پنجره‌ها بسته است، به دلیل کم بودن CO<sub>2</sub> هوا باید درون هوای گلخانه CO<sub>2</sub> تزریق گردد [۸۴].

## ۱-۴-۴- رطوبت

رطوبت نسبی در هفته‌های اول رشد ۷۰-۸۰ درصد مناسب است [۶۹]. فلفل سیستم ریشه‌ای ضعیفی دارد و گسترش آن در خاک نیز کم است. از این نظر به آب زیادی نیاز دارد. این نیاز به ویژه در اوایل دوره رشد محسوس است. رشد خوب و عملکرد مناسب زمانی به وجود می‌آید که مقدار آب موجود در خاک بین ۶۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه (Field capacity) باشد [۵].

## ۱-۴-۵- کاشت بذر و پرورش نشاء

بذر فلفل دلمه‌ای در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد طی مدت دو هفته جوانه می‌زند. مدت زمان پرورش نشاء بستگی به میزان دما و زمان تنک کردن دارد. این زمان پرورش طی فصل زمستان با استفاده از منابع نور مصنوعی حدود ۱/۳ کوتاه‌تر می‌شود [۵]. بذرکاری در سینی کاشت<sup>۱</sup> در مخلوط ۹۰٪-۸۰٪ پیت و ۲۰٪-۱۰٪ پرلیت ریز یا مخلوط پیت و ورمیکولیت انجام می‌شود [۵۴]. دمای لازم برای جوانه زنی بذر ۲۹-۲۶ درجه سانتی‌گراد بوده و طی ۲۵-۸ روز جوانه‌زنی انجام می‌شود، بهترین دما برای نمو نشاءها ۲۴ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب می‌باشد. ۶ تا ۸ هفته زمان لازم است تا نشاءها آماده شود. با اولین نشانه ظهور غنچه گل، نشاءها به اندازه کافی رشد کرده‌اند و می‌توانند به زمین اصلی منتقل شوند. چنانچه نشاءها مدت زیادتری در خزانه نگهداری شوند، کلاهک ریشه که در حالت معمولی سفید است، به رنگ قهوه‌ای در می‌آید که این خود باعث کندی رشد گیاه و دیررس شدن محصول می‌شود [۵]. نشاءهای بزرگ تر زودتر به میوه خواهند رفت اما اقتصادی نیست [۵۴].

## ۱-۴-۶- تهیه بستر کاشت

کشت هم در بسترهای خاکی و هم در محیط‌های بدون خاک انجام می‌شود. خاک مورد نیاز برای کاشت فلفل دلمه‌ای باید زهکش مناسب داشته و قابلیت نگهداری آب در آن مناسب باشد. معمولاً خاک‌های لوم شنی و حتی لوم رسی مناسب است. pH مناسب ۶/۸ - ۶ و گاه ۶/۶ - ۵/۸ ذکر شده است [۵]. خاک‌های قلیایی نیز برای کاشت فلفل مناسب نیست. فلفل به خاک‌های با حاصل‌خیزی زیاد نیاز ندارد. خاک اسیدی باعث کاهش کلیم و در نتیجه بروز پوسیدگی گلگاه و نیز باعث کاهش منیزیم می‌شود. در روش کشت بدون خاک، کاشت در گلدان یا کیسه‌های پلی اتیلنی حاوی بستر انجام می‌شود برای این منظور از گلدان‌های ۱۵ - ۱۲ لیتری و یا کیسه‌های پلی اتیلنی به طول ۱ متر استفاده شده و توسط پرلایت، پوست درخت کاج و یا مخلوط پیت پر می‌شود این بسترها ۲ تا ۳ بار قابل استفاده هستند [۱۹].

در صورتی که کشت در گلدان یا کیسه انجام شود باید میزان زهکش گلدانها حدود ۲۰٪ - ۱۵٪ محلول داده شده به گلدانها باشد تا اطمینان حاصل شود که گیاهان مواد کافی دریافت کنند و هم از تجمع املاح ممانعت شود. استفاده از کشت بدون خاک باعث به حداقل رسیدن بیماری‌های خاکزی می‌شود اما نوع بستر و محلول-دهی، عمق کاشت، فاصله قطره چکانها و ... می‌تواند منجر به آسیب‌های موضعی در گیاه شود که متعاقباً باعث آلودگی‌های قارچی و اختلال در جذب نرمال آب و محلول غذایی خواهد شد [۵۹].

## ۱-۴-۷- آبیاری و تغذیه

میزان نیاز هر بوته به آب، بسته به مرحله رشد گیاه، شرایط محیطی و نوع محیط کشت متفاوت است. عمدتاً در گلخانه‌ها آبیاری بصورت قطره‌ای انجام می‌شود. در صورتی که کاشت در خاک شنی انجام شود در ابتدای هر هفته ۲۵ - ۱۲ میلی‌متر آب و در زمان میوه‌دهی ۳۸ - ۲۵ میلی‌متر آب نیاز دارد [۱۹]. در محیط کشت بدون خاک ۳۰ - ۱ بار در روز محلول‌دهی توسط سیستم آبیاری قطره‌ای انجام می‌شود. در بررسی‌های انجام شده بهترین دور آبیاری در بسترهای خاکی برای فلفل‌های گلخانه‌ای ۳ روز یکبار است که باعث ماکزیم بقای گیاهچه‌ها، ارتفاع بوته‌ها، تعداد و سطح برگ و حداکثر تعداد و وزن میوه‌ها می‌شود. آب ناکافی و دمای نامناسب باعث ریزش جوانه‌ها، گل‌ها و میوه‌ها خواهد شد. همچنین کاهش آبیاری باعث پوسیدگی گلگاه<sup>۱</sup> میوه به علت کاهش جذب و انتقال کلیم به این ناحیه می‌شود [۱۹]. در سیستم‌های هیدروپونیک غلظت محلول غذایی پیشنهادی برای فلفل شبیه به گوجه‌فرنگی است که با رشد گیاه بر غلظت محلول افزوده می‌شود. pH محلول باید ۶/۵ - ۵/۵ و EC آن بسته به غلظت املاح حدود ۱/۲ - ۲/۵ ms/cm باشد [۱۹].

در کشت خاکی نیز احتیاجات کودی فلفل دلمه‌ای مشابه گوجه‌فرنگی است. فلفل دلمه‌ای در مقابل کودهای کلردار حساس است. میزان مورد نیاز کودها پس از تجزیه دقیق خاک مشخص می‌شود. کود از ته را به